



Parc floral, Orléans - Copyright Lucas Goy

MASTER BIOTERRE 2020 - 2021

De la trame noire à l'environnement nocturne : s'approprier l'éclairage pour apprécier l'obscurité

*Retour sur une année d'alternance à l'Institut Paris Region
Laëtitia Touzain*

Tutrice universitaire
CATHERINE CARRE

06/10/2021

Tuteur professionnel
NICOLAS CORNET



Résumé / Abstract

Résumé

Tandis que l'éclairage artificiel nocturne ne cesse de progresser dans le monde et en France, les effets de la pollution lumineuse sont de plus en plus étudiés et décriés par la communauté scientifique et les associations de la protection de l'environnement. Pourtant, les territoires qui se saisissent de l'éclairage public en vue de le rendre moins impactant pour le vivant restent relativement peu nombreux. Dans le but de recenser les pratiques en Ile-de-France et de mieux comprendre les logiques qui poussent certains acteurs à se positionner et à agir sur l'éclairage à différentes échelles territoriales, l'Institut Paris Region a lancé plusieurs enquêtes parallèles et étudié les états de l'art des domaines jouant un rôle sur la thématique : biodiversité, sécurité, santé, conception-lumière, énergie ou encore sociologie. Il en ressort qu'une bonne appropriation de l'éclairage - comprise comme une appartenance et une adaptation de ce dernier - dépend avant tout d'une bonne compréhension des enjeux, qui dépassent largement ceux présentés par une discipline en particulier pour devenir un problème d'ordre sociétal. La mise en place de mesures d'éclairage public durables ne peut se résumer à la planification d'une trame noire, qui est un outil parmi d'autres pour protéger et habiter l'environnement nocturne. En l'absence de politique commune et d'une réglementation suffisante, le développement de sensibilités, la valorisation de la nuit et la participation du public sont autant de voies qui peuvent être empruntés par les territoires nocturnes innovants en vue d'améliorer le bien-être des habitants et les fonctionnalités écologiques des espaces.

Abstract

As night-time artificial lighting continues to progress in the world and in France, the effects of light pollution are increasingly studied and decried by the scientific community and environmental protection associations. However, the territories which take a grip of public lighting in order to make it less impacting on people and biodiversity remain relatively few. In order to inventory practices in Ile-de-France and to better understand the logics explaining why certain actors position themselves and act on lighting at different territorial scales, the "Institut Paris Region" has launched several parallel surveys and studied the state of the art of fields playing a role on lighting: biodiversity, safety, health, lighting design, energy or sociology. It appears that a good appropriation of lighting - understood as a belonging and an adaptation of the latter - depends firstly on a good understanding of the issues, which greatly exceed a particular discipline to become a problem of societal magnitude. The implementation of sustainable public lighting measures cannot be summed up by planning a dark ecological network, which is one tool among others for protecting and inhabiting the night-time environment. In the absence of a common policy and sufficient regulations, the development of sensitivities, the promotion of the night and the participation of the public are all ways for innovative nocturnal territories to improve the well-being of inhabitants and the ecological functions of spaces.

Remerciements

La réalisation de ce mémoire, aussi bien dans ses résultats que dans sa rédaction, n'aurait pas été possible sans Nicolas Cornet, que je tiens à remercier tout particulièrement pour son rôle de tuteur d'alternance et de collègue de travail tout au long de l'année. Son ouverture d'esprit, son dynamisme et sa curiosité ont posé un cadre de travail motivant et inspirant, et sa volonté de s'approprier le sujet de l'éclairage sous toutes ses coutures m'a permis d'étudier la question plus en profondeur que je ne l'aurais imaginé en acceptant ce poste, ce qui s'est aligné parfaitement avec mes valeurs et mon bagage universitaire. Travailler en binôme s'est avéré aussi efficace qu'agréable, et cette année a laissé entrevoir tout ce qu'il était possible de faire sur la question de l'éclairage artificiel, donnant envie de suivre les évolutions futures de ce que produira l'Institut Paris Region en la matière. Je peux en dire autant d'Antoine Dupré et de Clara Cambay, tous deux stagiaires ayant principalement travaillé avec nous sur l'enquête auprès des communes de la région mais aussi sur d'autres points. Sans eux et leur solide implication nous n'aurions pas été capables d'atteindre de tels résultats, et je tiens à les remercier pour le dynamisme qu'il et elle ont apporté à l'équipe.

Je remercie aussi mes camarades de classe de la promotion 2020/2021 du master Bioterre, ainsi que Catherine Carré et Laurent Simon à la direction du master, et tous les intervenants qui ont participé à faire de cette année une expérience riche d'apprentissages et de bons moments malgré les conditions plus que particulières imposées par la crise sanitaire. Les exposés, les réalisations de projets communs, les échanges formels de la classe ou informels des instants de détente, et le maintien du contact à distance lors des périodes de confinement en ont fait l'année la plus mémorable de ma scolarité, ce qui m'a été d'une grande aide dans ma vie professionnelle à l'institut. C'est à se demander pourquoi tous·tes les professeurs·es ne vont pas boire un coup avec leurs élèves à la fin des cours...

Enfin je tiens à remercier l'ensemble de l'Institut Paris Region pour avoir fourni un environnement de travail agréable, engageant et propice aux interactions. Je remercie tout particulièrement Virginie Palisse pour son aide si précieuse sur la constitution d'une base documentaire intelligente, solide et à jour, Sylvain Braud pour son soutien technique à la mise en ligne et à la gestion de nos questionnaires, Camille Gosselin et Hélène Heurtel pour leur collaboration sur les questions de sécurité, et enfin l'ensemble du département environnement pour l'ambiance joyeuse qui y rythme les journées.

Sommaire

GLOSSAIRE	4
INTRODUCTION	7
I. POSER LE PROBLEME : L'ACCROISSEMENT DE L'ECLAIRAGE ET SES EFFETS	11
A) Un besoin ancestral auquel répond une innovation constante	12
1. Eclairer les villes, de la peur du loup à la standardisation de l'espace public	12
2. Le glissement de l'utilitaire vers l'esthétique et le marketing, vers le confort et l'événementiel	14
3. L'apparition des technologies LED et leurs effets sur les parcs d'éclairage	17
B) La lumière, un spectre sur le vivant qui s'oppose au besoin d'obscurité	19
1. Première caractéristique de la lumière : sa temporalité	20
2. L'importance de la prise en compte d'un espace en trois dimensions	21
3. Effets indirects et caractéristiques de la lumière	23
C) Justifier l'utilisation du terme de pollution lumineuse	25
1. La lumière artificielle comme source de dégradations de l'environnement	25
2. Spécificités de la pollution lumineuse : instantanée et contextuelle	28
3. Des externalités négatives qui dépassent la lumière même	28
II. CONNAITRE LES OUTILS : TRAME NOIRE, REGLEMENTATION, PLANIFICATION ET MOYENS TECHNIQUES	30
A) Chronologie de l'émergence de la trame noire	31
1. Une première entrée par l'astronomie et le mouvement Dark Sky	31
2. Nuisances lumineuse et continuités écologiques obscures dans les textes français	33
3. L'intégration territoriale de la trame noire dans les documents et outils de planification et d'aménagement	34
B) Paysage des acteurs de l'éclairage public en Ile-de-France	36
1. Du maire au conseil régional, les échelles imbriquées du secteur public	36
2. Eclairage public, acteurs privés	38
3. Les usagers, un groupe à conjuguer au pluriel	40
C) Les leviers d'action engagés dans le processus de contrôle de l'éclairage public	42
1. Avoir une vision éclairée de son territoire, un premier défi pour les collectivités	42
2. Panel d'outils techniques mis à disposition des gestionnaires	44
3. Extinction et diminution dans les communes franciliennes : peut-on parler de trame noire ?	46
III. DONNER CORPS A LA NOTION D'ECLAIRAGE « JUSTE » : L'APPROPRIATION DE L'ENVIRONNEMENT NOCTURNE	49
A) La trame noire doit être un outil parmi d'autres intégré dans des projets de territoires	50
1. Interroger les limites techniques et sémantiques de la trame noire	50
2. Agir en-dehors des continuités écologiques planifiées	51
3. Trame sombre ou trame lumineuse : inverser le mode de pensée	52
B) Pour une gestion plus participative de l'éclairage public	55
1. Questionner les besoins des usagers selon leurs expériences des espaces	55
2. Savoir prendre en compte la dimension sensible	58
3. Accepter la spatialisation de l'éclairage pour mettre en valeur la spécificité d'un territoire	61
C) Combien coûte un ciel étoilé ?	63
1. Valorisation territoriale de l'environnement nocturne	63
2. Permettre un attachement personnel à la nuit	66
3. Remettre les pendules à l'heure	68
CONCLUSION ET BILAN PERSONNEL	71
SOURCES	73
TABLES DES IMAGES, FIGURES ET ANNEXES	78
ANNEXES	81

Glossaire

ACV (analyse de cycle de vie) : méthode d'évaluation normalisée permettant de réaliser un bilan environnemental multicritère et multi-étape d'un système (produit, service, entreprise ou procédé) sur l'ensemble de son cycle de vie.

AFE (Association Française de l'Eclairage) : fondée en 1930, elle rassemble des spécialistes et professionnels d'activités diverses en lien avec l'éclairage (éclairagistes, fabricants, concepteurs lumière, médecins notamment).

ANPCEN (Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturnes) : fondée en 1999, elle rassemble principalement des astronomes et des écologues dans le but de lutter contre les pollutions lumineuses.

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

IDA (International Dark-sky Association) : fondée en 1988, elle rassemble principalement des astronomes et a pour but de lutter contre les pollutions lumineuses.

IRC (indice de rendu des couleurs) : indice caractérisant une source de lumière selon sa capacité à représenter les couleurs. Un indice de 0 désigne une source lumineuse monochrome, un indice de 1 désigne une source lumineuse blanche (la lumière du jour a une valeur proche de 1).

LED (light-emitting diode) ou **DEL** (diode électroluminescente) : dispositif opto-électronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique, technologie d'éclairage opérationnelle mais aussi encore en développement.

Lumen : unité de mesure caractérisant un flux lumineux (symbole lm).

Lux : unité de mesure caractérisant l'intensité lumineuse reçue par unité de surface (en lumens par m^2 , symbole lx).

OAP (orientations d'aménagement et de programmation) : outils propres aux PLU(i) qui permettent d'exprimer qualitativement les ambitions d'un territoire en matière d'aménagement.

ODD (document d'orientations et d'objectifs) : document d'un SCoT, il traduit sous forme prescriptive le projet formalisé à travers le PADD.

OFB (Office Français de la Biodiversité) : établissement public de l'État qui contribue, s'agissant des milieux terrestres, aquatiques et marins, à la surveillance, la préservation, la gestion et la restauration de la biodiversité

ORE (obligation réelle environnementale) : dispositif foncier de protection de l'environnement par la signature d'un contrat entre un propriétaire et un établissement public ou une personne morale de droit privé agissant pour la protection de l'environnement.

PADD (projet d'aménagement et de développement durable) : document obligatoire d'un SCoT ou d'un PLU(i), il contient les orientations générales d'aménagement et d'urbanisme retenues pour l'ensemble de la ou des communes.

PLU (plan local d'urbanisme) ou **PLUi** (plan local d'urbanisme intercommunal) : principal document de planification de l'urbanisme au niveau communal (PLU) ou intercommunal (PLUi), il décrit le projet global d'aménagement du territoire de la ou des communes dans un souci de respect du développement durable, tout en respectant les politiques d'urbanisme, d'habitat et de déplacements urbains

SCoT (schéma de cohérence territoriale) : document d'urbanisme français qui détermine, à l'échelle de plusieurs communes ou groupements de communes, un projet de territoire visant à mettre en cohérence l'ensemble des politiques sectorielles, notamment en matière d'habitat, de mobilité, d'aménagement commercial, d'environnement et de paysage.

SDAL (schéma directeur d'aménagement lumière) : exercice volontaire qui fixe les grandes orientations en matière d'éclairage urbain. Il permet de contrôler et d'anticiper la lumière afin de révéler l'identité propre à chaque ville.

Spectre de la lumière visible : spectre électromagnétique composé de l'ensemble des longueurs d'ondes visibles par l'œil humain.

SRADET (schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires) : schéma régional de planification qui fusionne plusieurs documents sectoriels ou schémas existants, dont le SRCE.

SRCE (schéma régional de cohérence écologique) : documents cadres élaborés par les régions et l'Etat, visant à préserver et restaurer les continuités écologiques.

Température de couleur : caractérise une source de lumière par comparaison à un matériau idéal émettant de la lumière uniquement par l'effet de la chaleur (autrement dit, caractérise la proportion de rouge dans une lumière). Mesurée en kelvins (K), la température de couleur d'un luminaire va d'environ 1 800 K pour une bougie à approximativement 10 000 K pour un arc électrique ; le rayonnement solaire direct a une température de couleur d'environ 5 500 K.

Introduction

*« Sois sage, ô ma douleur, et tiens-toi tranquille.
Tu réclamais le soir, il descend, le voici :
Une atmosphère obscure enveloppe la ville,
Aux uns portant la paix, aux autres le souci. »*

Charles Baudelaire,
Recueillement, 1868

L'éclairage public fait partie intégrante de la vie des sociétés développées. Au même titre que les routes ou les réseaux d'eau courante et d'électricité, l'éclairage s'est même démocratisé comme un bien commun indicateur du niveau de développement et de croissance économique des pays (Vernon Henderson *et al*, 2012), d'autant plus facile à quantifier qu'il est aisément visible depuis l'espace pour chaque région du globe. En France, on compte aujourd'hui environ 9 à 11 millions de points lumineux associés à l'éclairage public, pour une moyenne de 33 points lumineux/km de voie éclairée, ce chiffre pouvant varier de plus de 10 points suivant les contextes (AFE, 2019). Sachant que l'âge moyen du parc d'éclairage public français est de 20 à 30 ans (*idem*), il n'est pas étonnant qu'une large portion de ces points lumineux ne soient pas à jour par rapport aux avancées techniques, scientifiques ou politiques et réglementaires. Les conséquences de cette vétusté sont multiples, mais la plus décriée est sans aucun doute le gaspillage énergétique, puisqu'on estime la réduction potentielle d'énergie dépensée à 40 à 70% par le renouvellement des points lumineux selon les standards actuels. Cependant, ce gain potentiel en énergie -et par conséquent en économies financières et en gaz à effet de serre- n'est pas la seule conséquence : un grand nombre des points lumineux du parc d'éclairage français n'ont initialement pas été conçus pour limiter la pollution lumineuse, dégradant leur environnement nocturne immédiat mais aussi la qualité du ciel étoilé s'étendant au-dessus de leurs zones d'éclairage.

En effet, s'il est possible de mesurer le développement économique des pays à la luminosité qu'ils dégagent vers l'espace, c'est justement parce qu'une partie de la lumière générée s'échappe de la zone même que les points lumineux sont supposés éclairer, soit parce que ces derniers sont orientés directement vers le ciel soit parce qu'une partie des rayonnements est réfléchi par diverses surfaces : revêtements artificiels des sols, trottoirs, routes, murs et autres parkings en sont les exemples les plus courants. Or, les effets de cette lumière excessive, intrusive, tantôt diffuse, tantôt éblouissante, commencent à être bien connus de la communauté scientifique et en viennent à remettre en question le bienfondé de la lutte que nous menons contre l'obscurité. Dans ce contexte, la notion de trame noire, réseau écologique constitué de réservoirs et de corridors nocturnes, est apparue récemment dans un nombre croissant de publications, de réglementations et de politiques territoriales. Soucieux de cet enjeu montant au niveau national, l'Institut Paris Region a décidé de se positionner pour répertorier les actions et aider à une meilleure appropriation du sujet au sein de la région Ile-de-France, sous

L'Institut Paris Région, anciennement IAU Île-de-France, est la principale agence d'urbanisme de la région. Association de loi 1901, elle regroupe des experts travaillant sur une multitude de sujets allant de l'environnement au sport, en passant par l'urbanisme, la santé, l'énergie, les transports ou la sécurité par exemple.

l'impulsion de Nicolas Cornet, écologue au département environnement. C'est dans ce cadre que les travaux de ce mémoire d'alternance s'inscrivent.

Avec l'ambition de créer un Observatoire régional de l'environnement nocturne en Ile-de-France, l'enjeu de cette prise en main du sujet a véritablement été de faire un état de l'art des connaissances et des initiatives locales, départementales ou régionales en lien avec l'éclairage public. Pour cette raison, il nous a été nécessaire d'étudier les savoirs existants autant que de produire nos propres connaissances. Nous avons donc commencé par mettre en place une veille médiatique pour étudier les publications qui paraissent régulièrement sous la forme d'articles scientifiques, de guides divers ou de revues médiatiques, ainsi qu'une bibliographie pour recenser les publications disponibles.

Un manque de données identifiées sur certains sujets nous a permis d'identifier le besoin de réaliser plusieurs enquêtes. La première a pris la forme d'un questionnaire en ligne aux usagers de l'espace public nocturne, étude quantitative diffusée à l'échelle nationale dans le but de mieux comprendre les besoins en éclairage public en mettant ces derniers en relation avec le sentiment d'insécurité qui peut être induit par l'obscurité. Nous avons cherché à définir les préférences en matière d'éclairage ainsi que les représentations associées à la nuit et à l'insécurité, tout en mettant cela en relation avec différents facteurs comme des informations personnelles, la fréquentation de l'espace public nocturne, le lieu de résidence, ainsi que des facteurs contextuels. La deuxième enquête a pris la forme d'un questionnaire à destination des communes d'Ile-de-France, étude quantitative répliquable dans le temps dont le but est de dresser un inventaire des mesures actives de réduction et d'extinction des éclairages publics à l'échelle de la commune ou de l'intercommunalité, ainsi que des motivations associées à ces mesures. Enfin, des entretiens semi-directifs auprès de référents sûreté¹ organisés par la mission sécurité de l'Institut Paris Region : nous avons confié à cette dernière la réalisation d'une série d'entretiens avec des contacts au sein des référents sûreté ainsi que d'autres agents en dehors de la région.

En parallèle, nous avons eu l'occasion de participer à diverses initiatives : d'une part un partenariat avec la ville d'Aulnay-sous-Bois pour la mise en place d'une éventuelle trame noire envisagée par la mairie (qui n'a pour le moment pas pu aboutir à cause de divers facteurs dont la crise sanitaire), et d'autre part un appui technique au Syndicat Départemental des Energies de Seine-et-Marne (SDESM) pour le lancement d'un appel d'offres de prises de vues aériennes nocturnes auprès des intercommunalités départementales. Plusieurs autres territoires ayant pris la décision de commander des cartographies satellites des émissions de lumière, nous avons pris l'initiative de faire remonter ces volontés à l'échelle régionale et de mettre en contact les producteurs de ces cartographies pour tenter de coordonner une action sur l'ensemble de la région.

Enfin, la thématique de la médiation, de la transmission d'information et de l'appropriation du sujet nous ayant paru fondamentale, nous avons décidé d'organiser une journée sur le thème de l'environnement nocturne : nous préparons une journée d'échange, de sensibilisation et d'expression autour du thème de l'environnement nocturne vu sous différents angles, à destination des maires franciliens, qui se déroulera sûrement au premier trimestre de 2022.

¹ Diplômé en prévention technique de la malveillance et spécialisé dans le domaine de la vidéo protection, les référents sûreté de la gendarmerie nationale conseillent notamment les communes sur la protection de leurs territoires.

Travailler sur le sujet des trames noires et, plus généralement, de l'environnement nocturne et des pollutions lumineuses, m'a amenée à questionner l'éclairage public, un objet généralement considéré comme une réponse à un besoin élémentaire, comme un élément fondamental de l'urbanité au point d'en devenir une partie intégrante du décor. Ainsi il m'a fallu apprendre à remettre en question un acquis pour en soulever les failles, prendre conscience de ses dimensions néfastes et pouvoir dépasser ce constat critique pour se diriger vers des solutions, des possibilités d'évolution, et des moyens d'y parvenir. Aussi, plus que pour toute autre forme de pollution peut être, la question de l'appropriation de la notion m'est apparue centrale : réduire les pollutions lumineuses ne peut se faire sans un changement de mode de pensée, sans une réappropriation de notre rapport à la lumière et à la nuit. L'appropriation peut se définir de deux manières différentes. D'une part, s'approprier une chose est en faire sa propriété, se l'attribuer, s'en emparer. D'une autre part, cela désigne le fait de convenir, d'être adapté à une méthode, à un discours, à un objet. S'approprier la thématique de l'éclairage revient donc non seulement à redonner l'éclairage à celles et ceux qui l'utilisent, mais aussi à le rendre plus adapté à leurs demandes, à leurs besoins. A travers les travaux réalisés au cours de mon alternance, je souhaite montrer que cette appropriation de la thématique, que j'ai vécu comme un processus passif de réception d'information mais aussi comme un processus actif de recherche et d'interaction, est un prérequis pour parvenir à mettre en place une gestion durable de l'éclairage public, mêlant enjeux écologiques, économiques, sociaux, sécuritaires, sanitaires, astronomiques et philosophiques.

Cette appropriation de la thématique de l'éclairage et de la nuit, qui est à la fois personnelle mais aussi collective (dans le cadre de l'Institut Paris Region pour l'alternance sujet de ce mémoire) et territoriale (pour les communes, intercommunalités et autres échelles impliquées dans la gestion de l'éclairage), sera abordée en trois temps. En premier lieu il est important de poser le problème, de montrer en quoi l'éclairage nocturne n'a pas que des effets bénéfiques et de s'interroger sur la place qu'il prend dans notre société, poste de dépense tantôt enjeu sécuritaire tantôt générateur de pollutions (I). L'étude de publications scientifiques et des extraits d'enquêtes que nous avons réalisées nous permettent de dresser un portrait de l'éclairage public et de son influence sur la biodiversité et l'être humain. Pour réduire les pollutions dues à l'éclairage, un panel diversifié d'outils et d'acteurs offre des possibilités d'action tant du point de vue de la technique que de la planification, panel dans lequel s'inscrit timidement la trame noire (II). De très nombreux guides parus ces dernières années illustrent ces possibilités, que nous pourrions croiser avec la réalité observée du terrain en portant un intérêt spécifique à l'Ile-de-France. Cependant, la prise en main de la trame noire ne suffit pas à aborder la question de la lumière de manière durable : il s'agit alors d'élargir le champ sémantique à l'environnement nocturne pour « faire atterrir » (Challéat, 2019) le débat dans les territoires (III). Nous entendons par là qu'il est nécessaire de replacer la question de l'éclairage public au sein d'une appropriation de l'environnement nocturne propre à chaque territoire et adaptée à l'implication des habitants.

Méthodologies des enquêtes

Questionnaire au grand public

Accessible à la France métropolitaine d'avril à juillet 2021, le questionnaire en ligne « Eclairage public : préférences et attentes des usagers » a été diffusé sur les réseaux et envoyé pour relai à plusieurs acteurs (région, PNR, Syndicats d'énergie, associations). 2778 participants ont répondu à l'ensemble des 50 questions portant sur leurs pratiques, leurs représentations et leurs besoins. Ces réponses ont pu être exploitées à l'aide de méthodes statistiques conventionnelles (tris croisés, ACM) ou plus expérimentale (« score de dissonance » visant à comparer les contradictions internes aux interrogés). Il est à noter que l'échantillon final n'est pas pleinement représentatif de la population française : la variable du genre, particulièrement importante ici, a été redressée, mais ce n'est pas le cas pour la surreprésentation de cadres et profession intellectuelles supérieures par rapport aux ouvriers, ou pour la surreprésentation de répondants sensibles aux questions environnementales. Ces variables n'ont pas été redressées par manque de moyens et parce qu'elles pesaient moins sur les réponses.

Questionnaire aux communes d'Ile-de-France

Ouvert à partir du premier avril 2021, le questionnaire « Eclairage public des communes d'Ile-de-France » a été adressé directement aux communes de la région par vagues successives de relances sous forme d'e-mails. Il est destiné à rester en ligne et à être mis à jour à mesure que de nouvelles communes répondent ou font évoluer leurs pratiques d'éclairage. A ce jour, 498 communes sur 1287 ont complété le questionnaire, composé de 9 questions factuelles. Cependant, en recoupant nos informations avec celles déjà récoltées et partagées par d'autres organismes (PNR et syndicats), nous obtenons 626 réponses. Ces dernières sont exploitées principalement sous la forme d'une cartographie de la région.

Entretiens auprès des référents sûretés et autres acteurs

Une grille d'entretiens semi-directifs a été rédigée et explicitée auprès du département de la mission sécurité de l'institut Paris Region. Camille Gosselin s'est chargée de contacter des référents sûretés et d'autres acteurs associés pour réaliser ces entretiens. Cependant ceux-ci ne se sont pas montrés réactifs sur ce sujet, ce qui peut aussi s'expliquer par le contexte de tension lié à la crise sanitaire. Deux référents sûretés des Yvelines ont pu être interrogés, ainsi que deux conseillers municipaux, une chargée de mission de l'ADAV (Association Droit Au Vélo), et Magalie Franchomme, maîtresse de conférences à l'université de Lille.

I. Poser le problème : l'accroissement de l'éclairage et ses effets

Comme indiqué en introduction la France compte environ 11 millions de points lumineux pour le parc d'éclairage public, et selon l'Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturnes (ANPCEN) ce chiffre a augmenté de 89% en 20 ans. Cette tendance à l'augmentation est observable à toutes les échelles, et de nombreuses ressources étudient ces évolutions en Europe (image ci-dessous) mais aussi dans le reste du monde, en élargissant parfois à d'autres sources de lumières comme les incendies ou les navires de pêche en haute mer (voir annexe 1, [Longcore et Rich, 2004](#)). Il s'agit donc dans un premier temps de comprendre les raisons de cet accroissement et les effets multiples de cette lumière sur le vivant ; pour cette raison, cette première partie se concentre en large partie sur l'état de l'art que nous avons réalisé préalablement et en parallèle de nos travaux.

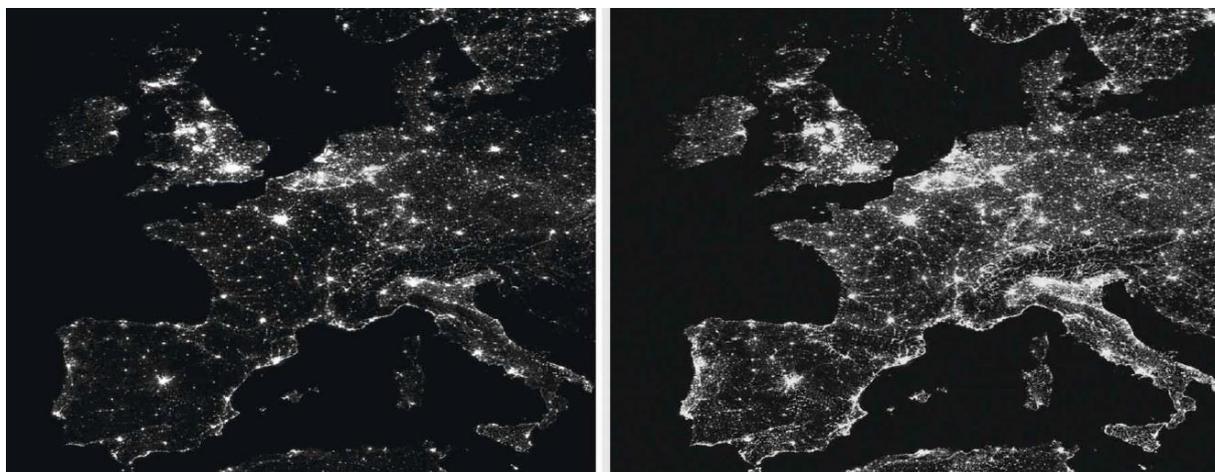


Image 1 : évolution de l'éclairage artificiel dans l'ouest de l'Europe. À gauche : 1992 ; à droite : 2013. Source : Centre de données national du National Oceanic and Atmospheric Administration, US Air Force Weather Agency, et La TeleScop. (Extrait du guide Trame noire de l'OFB, Sordello et al, 2021)

A) Un besoin ancestral auquel répond une innovation constante

*« Vive Clopin, roi de Thune !
Vivent les gueux de Paris !
Faisons nos coups à la brune,
Heure où tous les chats sont gris. »*

Victor Hugo, *La Esmeralda*,
Acte I scène1 (le cœur des truands), 1880

Pourquoi s'éclaire-t-on la nuit ? D'où nous est venu ce besoin de dépenser ressources et énergie pour combattre le cycle naturel d'alternance entre diurne et nocturne ? Si aujourd'hui la lumière est un enjeu d'urbanisme fort, reconfigurant la ville et entraînant son extension temporelle, spatiale et économique (Deleuil, 2009), elle n'a pas toujours eu cette place au cours de l'histoire, et cette histoire continue d'évoluer au pas des innovations techniques : alors que la Cour des comptes constatait en mars dernier la vétusté de l'équipement des parcs d'éclairage public dans son rapport annuel², certaines villes s'engagent dans des plans de rénovation ambitieux et onéreux, comme Cergy-Pontoise, en Ile-de-France, dont le plan d'investissement pour l'éclairage public s'élève à près de 200 millions d'euro sur 18 ans. Revenons donc d'abord sur l'histoire de l'éclairage et sur sa trajectoire à l'heure des nouvelles technologies.

1. Eclairer les villes, de la peur du loup à la standardisation de l'espace public

Pour remonter aux origines de l'éclairage, il nous faut remonter aux origines de ses fonctions. L'une des premières fonctions de l'éclairage -si ce n'est la première- a été l'utilisation du feu pour se défendre et éloigner les prédateurs. C'est du moins l'une des premières images qui vient en tête lorsque sont évoqués les premiers hommes et les premières femmes, nomades vivants de la cueillette et de la chasse dans un environnement hostile, et c'est aussi sûrement l'image la plus représentative du rôle qu'a eu l'éclairage dans la sédentarisation et l'évolution des sociétés. Contrairement à d'autres espèces, de nuit, le sens visuel de l'être humain est moins performant. Cela laisse plus de place aux autres sens, mais aussi à l'imagination et à la peur, et de nombreuses histoires et légendes de monstres, de tueurs, transmises de générations en générations, ont pour toile de fond le noir, l'obscurité et la nuit. Ainsi l'éclairage a d'abord été un moyen de repousser l'inconnu et le danger, et le langage conserve d'ailleurs cette opposition entre l'obscurité sauvage, irrationnelle et la lumière civilisée, raisonnable : « éclairer une pensée », « faire toute la lumière sur... », « ce n'est pas une lumière ! » (Auricoste *et al*, 2018). Si la première ordonnance liée à l'éclairage public date de 1258, ce n'est qu'au cours des siècles suivants que l'éclairage devient monnaie courante et s'expose même comme signe de prospérité, jusqu'à être généralisé au 17^e siècle³ sous Louis XIV. L'éclairage, enjeu de sécurité, se fait alors progressivement outil de soumission au contrôle de l'état, suivant la maxime « après minuit, chaque lanterne vaut un veilleur de nuit ». Il s'inscrit ensuite dans les volontés hygiénistes du 19^e siècle sous forme de réseau avec l'invention et la distribution du gaz, avant de

² Rapport public annuel 2021 de la Cour des comptes, Tome II : « La nécessaire optimisation de la gestion des éclairages publics : l'exemple de communes d'Auvergne- Rhône-Alpes »

³ L'installation en 1667 de lampes aux coins des maisons parisiennes par Gabriel Nicolas de La Reynie (premier lieutenant général de police de Paris) peut être considéré comme la naissance de l'éclairage public moderne

devenir enjeu de sécurité pour les réseaux viaires qui se développent rapidement à mesure que les innovations du monde des transports révolutionnent les mobilités.

Ironiquement, selon l'historien Alain Cabantous, la multiplication des lumières nocturnes aurait favorisé la criminalité en permettant une activité nouvelle après la fin des heures de la journée ainsi que le repérage de cibles et proies potentielles (Cabantous, 2009). En effet, l'illumination fixe des rues (que cela soit à l'huile, au gaz ou à l'électricité), a permis l'émergence d'une nouvelle vie nocturne. Pour autant l'éclairage public n'a cessé d'être synonyme de sécurité et de contrôle de l'espace tant dans l'imaginaire collectif que dans le monde de la recherche -depuis les années 1980 tout particulièrement. Dans la littérature anglo-saxonne, de nombreux travaux construisent le champ de la *night-time economy* (économie de la nuit) en portant la focale tour à tour sur les questions de sécurité et sur les politiques de prévention (de la criminalité mais aussi par rapport à la santé et à l'hygiène publiques) (Challéat, 2018).

Ainsi, durant un des entretiens réalisés par la mission prévention-sécurité de l'Institut Paris Region avec un référent sureté d'Ile-de-France au sujet de l'éclairage, celui-ci a pu invoquer des notions issues de cette littérature comme celle de l'espace défendable. Selon lui « le délinquant a horreur de la lumière », et l'éclairage fait partie intégrante de l'environnement urbain en jouant un rôle important dans l'appropriation de cet espace par les habitants : l'éclairage concourt à la surveillance, au contrôle social (qui est souvent perçu par les gendarmes et policiers comme le premier stade de la surveillance), entendant par-là que la multiplication des regards d'habitants et de passants participe à ce que les codes de bases soient communément admis, aboutissent à une surveillance naturelle opérée par chacun d'entre nous⁴. L'éclairage public nocturne permet à ces regards d'exister et d'opérer leur influence sur les comportements. Autrement dit, l'éclairage participe à la dimension normative des interactions sociales nocturnes. Le responsable de la sécurité à la mairie d'Aulnay-sous-Bois, de même, évoque l'importance de l'éclairage public pour l'utilisation de la surveillance vidéo, autre outil de prévention de la criminalité selon la police ; l'éclairage public sert autant à voir qu'à être vu.

Cet éclairage, qui s'est intensifié depuis les années 1960 avec le développement des banlieues, est devenu un bien commun, un service public considéré comme acquis par les populations. Dépassant le cadre de la lutte contre la délinquance et la criminalité, il est aujourd'hui en lien avec de nouvelles peurs -ou, du moins, des peurs qui apparaissent de manière croissante sur le devant de la scène médiatique. Une réduction de l'éclairage peut par exemple entraîner un sentiment de rejet par certaines populations, interprétant la diminution de lumière comme un abandon supplémentaire, un désengagement des services publics sur le territoire, ce qui n'est pas sans faire de parallèle avec le mouvement des Gilets jaunes apparu en 2018. Cette même réduction de l'éclairage peut aussi susciter de vives réactions de la part de populations marginalisés et victimes de violences systémiques, plus susceptibles de subir des situations d'insécurité voire de danger dans l'espace public. Les résultats du questionnaire que nous avons lancé à destination des usagers de l'espace public, par exemple, montrent des différences de vécu et de représentation marquées selon le genre de l'interrogé, et nombre de ceux qui se déclarent défavorables à une réduction ou une extinction de l'éclairage public le font au nom du droit des femmes à accéder à l'espace public en toute sécurité. Le graphique ci-dessous illustre la différence de ressentis face à l'obscurité que l'on peut observer de manière frappante selon le genre.

⁴ Extrait d'un entretien réalisé par la mission sécurité de l'Institut Paris Region

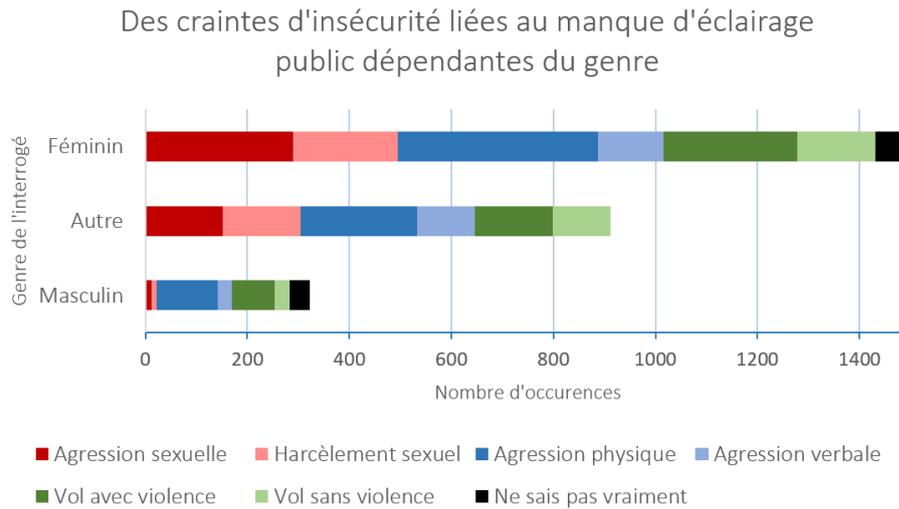


Figure 1: Les 2778 interrogés ont été invités à sélectionner autant de craintes (liées à un manque d'éclairage dans un espace public) que voulu parmi une liste. Afin de respecter les proportions entre les genres, chacun d'entre eux a dû être redressé à proportion égale; aussi, l'option de genre « autre » ayant dû être redressée massivement, elle n'est laissée ici qu'à titre indicatif.

La sécurisation de l'espace par l'éclairage a mené à la standardisation de ce dernier, à la mise en place de normes visant à l'uniformiser (Narboni et Guérard, 2021). Ce processus a été facilité par la création d'institutions de réflexion sur l'éclairage public (Commission Internationale de l'Eclairage -CIE- et Association Française de l'Eclairage -AFE), capables de fournir une expertise auprès des acteurs impliqués dans les processus de décision, notamment auprès des référents sûretés et des maires. Enfin, l'inscription de l'éclairage dans les documents de planification comme le Schéma Directeur d'Aménagement Lumière (SDAL) a parachevé cette standardisation à l'échelle urbaine en tendant à supprimer les actions individuelles sur l'éclairage au profit d'aménagements urbains de grande ampleur visant une certaine cohérence des ambiances nocturnes.

2. Le glissement de l'utilitaire vers l'esthétique et le marketing, vers le confort et l'événementiel

Si la prévention technique de la malveillance -d'abord en tant que prévention situationnelle⁵ de la délinquance puis accentuée par la lutte contre le terrorisme- a pu constituer la toile de fond de l'éclairage public à partir des années 1980⁶, celle-ci n'a cependant pas été l'unique enjeu en la matière. La suppression des éléments de l'environnement supposés favoriser le passage à l'acte des délinquants et le recours croissants aux technologies de la sécurité (vidéosurveillance, contrôle d'accès, dispositifs dits intelligents) se sont faits en parallèle d'une recherche plus générale d'optimisation du confort urbain par l'augmentation des bénéfices ou la réduction des inconvénients générés par la ville nocturne (Franchomme *et al*, 2019). Contrairement à la recherche anglo-saxonne, la recherche française s'est concentrée sur l'influence de l'éclairage sur la fabrique politique de l'espace, notamment en termes d'aménités économiques et d'ajustement des temporalités urbaines ou de mobilités. Loin des questions environnementales en dehors des considérations énergétiques, l'éclairage apparaît comme un bien support d'activités, pouvant générer des conflits d'usages des espace-temps nocturnes mais aussi des opportunités de configuration et d'aménagement de l'espace en vue de valoriser certaines fonctions propres à la nuit ou jusque-là dépendantes du jour.

⁵ Traduction formalisée de méthodes orientées vers la prise en compte de la sécurité dans les aménagements des espaces publics ou privés, son application est censée réduire le sentiment d'insécurité

⁶ Extrait d'un entretien réalisé par la mission sécurité de l'Institut Paris Region

L'éclairage public a ainsi, par exemple, une fonction esthétique en plus de ses fonctions utilitaires et sécuritaires de base. La première manifestation de cette dernière est l'éclairage extérieur de bâtiments ou de monuments. Jugés comme importants, centraux, ou symboles de valeurs importantes pour les communes de toutes les tailles, les hôtels de villes, les places, les cathédrales et les églises font souvent l'objet d'éclairages extérieurs particulièrement intenses et soignés. La dimension esthétique de l'éclairage est alors employée pour renforcer le positionnement central, cardinal, de symboles culturels forts pour la configuration et le fonctionnement des villes et villages. Ils sont ensuite rejoints par d'autres bâtiments -publics ou privés- représentatifs des patrimoines communaux et territoriaux mais aussi de leur dynamisme économique, et dont l'architecture est mise en valeur pour les faire surgir au sein du bâti : musées, théâtres et cinémas, bibliothèques, mais aussi équipements sportifs remarquables en font partie. Bien que les fonctions de ces édifices soient mises en pause durant la nuit, l'importance ici est de fabriquer une vitrine nocturne de la ville, créant un nouveau regard sur le capital architectural et économique souvent souligné par une dimension artistique de la lumière, et rappelant que ce patrimoine ne disparaît jamais, même durant les heures les plus sombres. De même, les monuments des villes peuvent faire l'objet d'éclairages spécifiques : monuments aux morts ou commémoratifs, œuvres d'arts, ronds-points et installations éphémères deviennent autant de marqueurs des paysages nocturnes urbains.

Le code de bonne pratique d'éclairage public et de signalisation lumineuse, édité par EDF en 1958, témoigne déjà à cette date d'une telle philosophie : « Quant aux monuments historiques, aux parcs publics, aux beaux sites, dont la ville est justement fière, leur mise en valeur devra être particulièrement soignée, et réalisée de manière à constituer aux yeux des promeneurs, de véritables tableaux où les jeux d'ombres, de lumières, de couleurs, et les rapports de luminance (inconscients pour le spectateur, mais scrupuleusement étudiés) concourront à révéler l'âme des choses, et à créer l'émotion recherchée » (Challéat et Lapostolle, 2014). Cette conception de l'éclairage est proche de la vision de certains SDAL visant à promouvoir une identité et une attractivité par la mise en lumière.

Par extension, ce type d'éclairage tissant la vitrine nocturne des villes peut s'étendre aux territoires entiers, même en milieux ruraux ou péri-urbains. Les marqueurs du paysage nocturne se font alors plus volumineux et visibles de plus loin pour correspondre à un changement d'échelle : qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique, cela peut concerner des falaises en bord de mer, des monts, pics et reliefs escarpés dans les zones montagneuses, des châteaux, des forts, et des tours d'époques et d'architectures diverses -d'ailleurs souvent juxtaposés aux reliefs mentionnés précédemment- mais aussi des ponts et infrastructures de transport remarquables. Cela n'est pas sans effets sur la biodiversité, nous y reviendrons plus tard. Au même titre que la mise en valeur du patrimoine urbain, ces éclairages participent de la création d'un capital paysager nocturne et d'un marketing territorial, utilisant le temps de la nuit pour mettre en scène les espaces et leur conférer une certaine attractivité, ou du moins un certain rayonnement.

La dimension temporelle de cet usage est d'autant plus importante qu'elle permet un jeu sur son aspect événementiel. Une fois les équipements d'éclairage installés il est possible de ne les allumer qu'en des occasions spéciales, ou de les modifier selon les besoins et les envies du moment. Ainsi, les falaises du Tréport ont pu ces derniers mois se colorer tour à tour des couleurs de Noël pendant les fêtes de fin d'année ou du drapeau tricolore durant l'Euro de football. D'autres communes décident de n'allumer leurs éclairages de ce type que pendant les weekends ou les jours fériés pour profiter des sorties et des déplacements des habitants ou visiteurs. D'autres, enfin, organisent des festivités

spécifiquement autour du thème de l'éclairage. C'est le cas pour la Fête des lumières organisée chaque année par la ville de Lyon, événement capable d'attirer un tourisme d'échelle nationale voire internationale et dont la renommée participe à donner à la ville l'image de « ville-lumière », appellation dont elle se sert pour augmenter son rayonnement. En Eure-et-Loir, nous pouvons citer par exemple Chartres en lumières, événement organisé par la ville du même nom au cours duquel la cathédrale, entre autres, est illuminée de somptueux effets de lumières colorés et animés (voir affiches ci-dessous). La cathédrale de Chartres, monument d'importance régionale, est ici utilisée pour créer un nouveau capital touristique à partir d'un capital architectural ancien par le biais de l'éclairage.

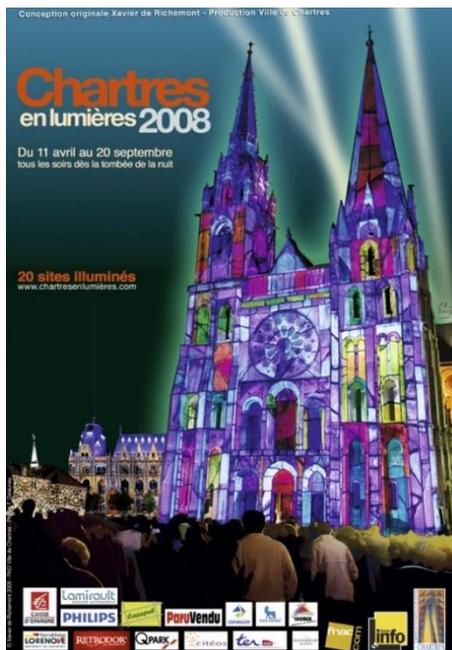
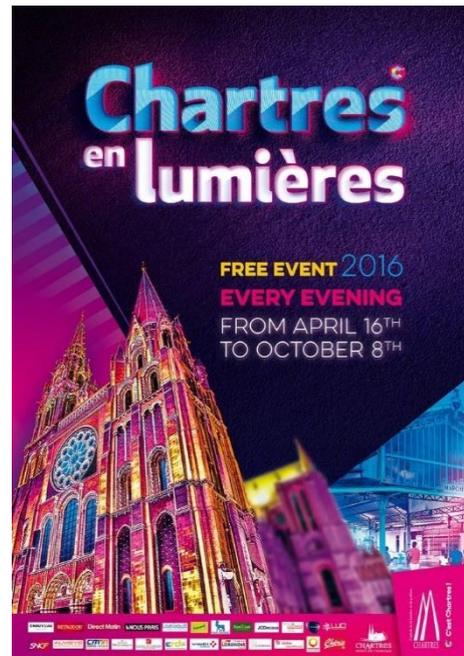


Image 2: A gauche, l'affiche de promotion de Chartres en Lumières de 2008, à droite celle de 2016. On peut remarquer l'aspect plus professionnel et standardisé de l'affiche la plus récente, ainsi que l'augmentation du nombre de sponsors et l'utilisation de la langue anglaise, illustrant une prise d'ampleur de l'événement et une recherche d'internationalisation des flux touristiques.



De manière plus générale, l'éclairage public urbain tend à être condition mais aussi moteur de festivités nocturnes, et ce depuis son développement au Moyen-Age : l'éclairage représente la chaleur du foyer (dont le domicile, par métonymie, a d'ailleurs pris le nom), et confère par là même une dimension familière et sociale à un espace nocturne alors jugé inconnu et effrayant. A l'échelle de l'histoire de l'éclairage, ce n'est cependant que récemment que le « monde de la nuit » -à savoir celui des festivités- a connu un développement exponentiel, brouillant de plus en plus la limite entre le diurne et le nocturne. Le temps de sommeil quotidien moyen des Français a ainsi diminué d'environ une heure à une heure-et-demi en 50 ans selon Santé Publique France, atteignant 7h14 en moyenne en 2019. Dans le même temps, la proportion d'emplois incluant du travail nocturne n'a cessé d'augmenter : selon la Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (Dares), le nombre de travailleurs de nuit a augmenté d'1 million d'individus entre 1991 et 2009, atteignant 15,2% des salariés, et ce chiffre atteint aujourd'hui 22% pour les hommes (Deckmyn, 2020). Ce phénomène est d'autant plus accentué à mesure que l'on s'approche des centres des grandes villes. La santé, la sécurité et les transports sont les principaux secteurs d'activités nocturne, illustrant l'importance des services dans l'utilisation nouvelle et croissante de la nuit. Selon Luc Gwiazdzinski : « Le sens du temps, autrefois dicté par la nature, est de plus en plus souvent déterminé par les comportements sociaux de la société de consommation et l'horloge de l'économie et des réseaux »

(Gwiazdzinski, 2005), ce qui n'est pas, comme il le rappelle, sans effets sur nos rythmes biologiques et sur notre santé.

3. L'apparition des technologies LED et leurs effets sur les parcs d'éclairage

La diffusion et le rôle de l'éclairage dans l'espace public n'ont cessé d'être conditionnés par les innovations techniques, même avant l'arrivée de l'électricité : d'abord la bougie, puis la lanterne chandelle en 1667, le réverbère à l'huile en 1766 et ses modifications successives, et le gaz d'éclairage adapté en réverbères en 1829 sont les étapes les plus importantes. Cependant c'est bien l'arrivée de l'éclairage électrique, à partir des années 1840 (et les premiers modèles d'éclairage permanent par lampe à arc en 1873), qui révolutionne le domaine de l'éclairage et lance une série d'innovations diverses en termes de technologies, de rendements et de nature de lumière produite : lampes à incandescence en 1878, tubes luminescents en 1910, mercure haute pression en 1929, sodium basse pression en 1932, source fluorescente basse pression en 1936, tubes fluorescents en 1947 et enfin technologie LED à lumière visible en 1962. L'arrivée même de l'électricité, qui supprime rapidement l'utilisation de combustibles grâce à l'important gain d'intensité lumineuse et les avantages de cette source d'énergie, engendre de nombreuses modifications dans l'éclairage urbain, avec une augmentation générale forte en termes de quantité mais aussi l'apparition de nouvelles fonctions, comme les publicités lumineuses dès la fin du 19^e siècle (Challéat, 2010). La recherche actuelle ouvre des portes vers d'autres formes d'éclairage expérimentales comme la peinture photoluminescente par exemple, posant la question de la forme que prendra l'éclairage public dans le futur. La ville de Rambouillet, elle, commence à expérimenter la bioluminescence par les algues.

L'éclairage public est en permanente mutation, soumise en partie aux innovations technologiques, et l'innovation qui influence le plus l'éclairage à notre époque est sans conteste la technologie LED, ouvrant de nouvelles possibilités mais créant aussi de nouvelles conditions d'éclairage pouvant induire des effets néfastes. Selon le Syndicat Français de l'Eclairage, le nombre de lampes LED vendues a augmenté de près de 46 % (passant de 87 millions à 127 millions d'unités) en France entre 2016 et 2017. Pour ce qui est de l'éclairage public, l'AFE estimait le taux de pénétration des LED à 15% en France en 2019⁷, et ce chiffre est en forte augmentation. Il est donc important d'étudier cette technologie et ses mutations pour comprendre ce qu'elle a à offrir aux gestionnaires de l'éclairage public et, au contraire, ses désavantages par rapport à d'autres technologies plus anciennes.

L'appellation commune « LED » désigne une diode électroluminescente (DEL) reposant sur la polarisation d'un semi-conducteur et produisant une lumière presque monochromatique qui doit donc être modifiée pour la transformer en lumière blanche. Cette technologie présente des caractéristiques très différentes de celles usuellement employées en éclairage publique. Parmi les avantages techniques des LED, un de leurs principaux atouts est la pilotabilité : contrairement aux ampoules traditionnelles, qui ont une mise en régime de plusieurs minutes, les ampoules LED ont une vitesse d'allumage instantanée et ne s'usent pas ou peu avec l'allumage et l'extinction, ce qui permet de les allumer et de les éteindre de manière plus fréquente pour des résultats plus rapides. D'autre part il est nettement plus aisé de piloter l'intensité lumineuse des ampoules LED afin de les adapter selon les besoins, comme le niveau de luminosité extérieure, l'heure de la nuit, ou la présence d'individus à éclairer. Enfin, il est plus facile de modifier la couleur de l'éclairage, soit à l'aide de filtres soit avec un

⁷ Le taux de pénétration indique le pourcentage de foyers, d'individus, d'entreprises ou de consommateurs ayant acheté un produit ou utilisé un service sur une période de référence.

jeu de différentes LED de couleurs, ce qui permet de créer des ambiances plus diversifiées. La capacité de pilotage des LED s'inscrit parfaitement dans l'urbanisme 2.0 et la recherche de smart-cities parce qu'elle permet non seulement des usages différenciés, mais aussi et surtout capables d'être modifiés dans le temps et de s'adapter en fonction des circonstances et des besoins. Aussi, l'installation de LED est un enjeu de modernisation fort à travers toutes les promesses que ces ampoules offrent en vue de fabriquer des villes dites intelligentes.

L'atout le plus souvent mis en avant au sujet des LED est cependant leur excellent rendement énergétique. L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) évalue cette dernière entre 150 et 300 lm/watt -efficacité évoluant rapidement à mesure que la recherche d'innovations se poursuit- contre 100 à 130 pour une lampe sodium haute pression (SHP) par exemple. Cette rentabilité énergétique compense le processus relativement énergivore de fabrication de l'ampoule, et permet aux collectivités optant pour l'éclairage LED d'affirmer un objectif de protection de l'environnement au nom de la réduction de l'énergie consommée. Elle est d'autant plus importante que les LED ont des durées de vie affichées nettement supérieures à celles des ampoules traditionnelles, à raison de 40 000 heures contre 2 000 pour les lampes halogènes. Enfin, on peut noter que leur miniaturisation permet de les utiliser dans de nombreux domaines et sous des formes diversifiées.

Cependant, ces hauts rendements et cette facilité d'utilisation engendrent un effet rebond inhérent à une telle innovation technologique. La diminution drastique de la consommation énergétique par point lumineux peut encourager une collectivité à augmenter le nombre de ces derniers, tout en réalisant des économies pour autant. Ce risque est d'autant plus important que le prix relativement élevé de l'éclairage LED en comparaison à ses prédécesseurs ne cesse de diminuer, facilitant l'installation massive d'ampoules. L'augmentation de points lumineux engendre pourtant des effets néfastes tant pour la santé humaine que pour la biodiversité, comme nous le développeront plus loin. Un tel effet rebond peut être observé sur les parcs d'éclairages de manière générale : au Royaume-Uni, par exemple, la consommation d'électricité par habitant consacrée à l'éclairage a quadruplé durant les cinquante dernières années quand, dans le même temps, l'efficacité lumineuse des lampes produites a doublé (Fouquet et Pearson, 2006). En outre, ces caractéristiques des LED permettent aussi leur installation dans des situations où la mise en place d'un éclairage fixe aurait été trop coûteux, voire impossible. On peut penser par exemple aux éclairages LED solaires dans les jardins en tant que veilleuses de cheminement, ou en tant qu'appliques murales, ou encore à la multiplication des décorations de Noël tant pour les particuliers que pour les collectivités.

Il est important de noter que les éclairages LED présentent d'autres inconvénients, bien que les innovations successives en la matière tendent à réduire certains d'entre eux. Le bilan environnemental est particulièrement problématique pour la biodiversité quand l'éclairage n'est pas adapté : fortes luminosités et éblouissement, multiplication des points lumineux, forts contrastes, et spectres de couleurs larges dans les bleus sont autant de perturbations pour les écosystèmes. Le bilan environnemental est aussi discutable si l'on prend en compte la fabrication et le recyclage des ampoules, qui demandent plus de ressources que les ampoules traditionnelles -dont l'indium, matériau rare et non recyclable. La filière de recyclage des LED gagne en importance mais n'est pas encore aussi développée que pour d'autres types d'éclairage comme les lampes à sodium. De même, bien que la durée de vie théorique d'une LED dépasse considérablement celle d'une ampoule classique, son remplacement reste nettement plus coûteux et implique une dépendance vis-à-vis du fabricant, ce dernier étant chargé d'installer ses propres branchements en blocs lumineux. Enfin, du

côté de l'usage, bien que la lumière blanche offre un excellent indice de rendu des couleurs (IRC pouvant aller de 85 à 98 sur un total de 100), le phénomène de papillotement lumineux et l'éblouissement peuvent aussi poser un problème de confort, voire un danger dans certaines situations.

Bien que l'éclairage LED soit généralement plébiscité par l'AFE pour ses qualités, L'ANPCEN, dans les points « à améliorer » de son dossier de presse du 27 mai 2021, écrit : « Beaucoup trop souvent des LEDs trop puissantes, éblouissantes, trop blanches sont prescrites et installées. Ces technologies, malgré les allégations écologiques qui les entourent, contribuent trop souvent à augmenter la quantité de lumière émise la nuit » (ANPCEN, 2021). Elle reconnaît cependant qu'un éclairage LED bien pensé peut répondre de manière pertinente aux enjeux de l'éclairage public. De nombreuses collectivités font en tout cas le choix des LED lors du renouvellement de leur parc, dont Paris, qui a mis en place un marché à hauteur de 82 millions d'euros sur 10 ans avec pour objectif de réduire les consommations d'énergie de 30% par rapport à 2004. La ville de Vaucresson, dans les Hauts-de-Seine, a de son côté opté en 2015 pour un éclairage à 100% constitué de LED blanches permettant une réduction des consommations de 46%. Cette démarche, que l'on pouvait alors voir décrite comme « une avancée qui s'intègre complètement dans sa politique en faveur du développement durable dans toutes ses dimensions environnementales, économiques et sociales »⁸, s'alignait à une volonté d'ouverture vers la smart city en permettant la remontée d'informations diverses, comme la pollution de l'air ou les bruits, via le réseau d'éclairage piloté à distance.

La généralisation des LED n'en reste pas moins débattue pour ses effets potentiellement néfastes et le manque de connaissances du public et des professionnelles à leur attention. L'assimilation de cette innovation technologique n'a pas encore atteint maturité, et à ce titre le Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD) concluait en 2018 : « L'accélération technologique est un puissant facteur de changement qui recèle des risques de mise sur le marché de produits disparates aux effets environnementaux et sanitaires non évalués. Elle obéit à une logique économique d'industrialisation des process et de grande distribution, mais aussi, au fur à mesure d'une maturation du marché, d'une sélection qui doit s'accompagner d'une meilleure information des consommateurs et des installateurs d'éclairage, tant sur les produits que sur les précautions d'usage » (Auricoste *et al*, 2018).

B) La lumière, un spectre sur le vivant qui s'oppose au besoin d'obscurité

« Là où il y a de la lumière, il y a nécessairement de l'ombre, là où il y a de l'ombre, il y a nécessairement de la lumière. »

Haruki Murakami, *1q84*, 2009

La lumière, en tant qu'éclairage public abordé tel quel par la géographie, l'urbanisme et l'aménagement, apparaît donc avant tout comme une sécurité, une aménité économique et

⁸ Arnaud I., 2015, « Eclairage public : une solution 100% LED pour Vaucresson », *La Gazette (des communes, des départements, des régions)*

esthétique, et est synonyme d'un certain niveau de confort et d'accès à l'espace public (Challéat, 2018). Pour autant, de nombreuses études de biologie s'attachent à étudier ses effets depuis les années 1970. Il s'agit donc ici d'étudier les effets de la lumière et de l'obscurité, et tout particulièrement ceux qu'elles exercent sur le vivant, ce que Bidwell définit par la scotobiologie (Bidwell, 2010). Rappelons que 30 % des vertébrés et 65 % des invertébrés sont nocturnes et dépendent au moins en partie de la nuit (Holker *et al*, 2010) (voir détail en annexe 2), et que ce chiffre a tendance à augmenter à mesure que des espèces animales diurnes deviennent nocturnes pour éviter les activités humaines. Le rôle de l'obscurité d'un point de vue écologique est un champ d'étude encore en cours de développement, et des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer les effets de long-terme de l'éclairage sur le vivant. Nous utiliserons la typologie des processus du vivant influencés par la lumière de Gaston *et al* (2013) (et reprise par Longcore et Rich, 2016), en les répartissant selon leur composante temporelle, spatiale ou indirecte.

1. Première caractéristique de la lumière : sa temporalité

L'alternance jour/nuit influencée par le rythme des saisons causé par la rotation de la Terre ayant été un élément constant et fondamental dans les processus de fonctionnement du vivant depuis son apparition, il n'est pas étonnant que la caractéristique principale de la lumière soit sa temporalité. Le projet Deep Time initié par le chercheur Christian Clot, qui s'est déroulé en mars et avril derniers, et qui a consisté à faire vivre 15 personnes dans une grotte coupée du monde extérieur pendant 40 jours, montre d'ailleurs à quel point la perte de l'alternance jour/nuit peut altérer le fonctionnement de l'activité humaine. Sans ce repère et sans soleil, il a semblé aux participants que l'expérience avait duré 30 jours et leur corps s'est habitué à ce rythme de fonctionnement, en plus des effets sur la santé mentale par exemple. La désynchronisation temporelle due à l'absence de lumière n'est cependant que le pendant opposé de celle due à l'absence d'obscurité, et une telle désynchronisation peut entraîner de multiples effets selon l'espèce animale ou végétale -ou selon les interactions entre ces mêmes espèces- et leur rapport à la lumière.

Ainsi, la présence d'un éclairage nocturne peut elle aussi supprimer au moins partiellement l'influence du cycle circadien et du photopériodisme naturel, perturbant les rythmes qui y sont associés. Ceci constitue le premier processus de perturbation biologique associé à la pollution lumineuse : les signaux lumineux déclenchent des réponses physiologiques associées aux changements de saisons pour les espèces habitués aux environnements dépendants de celles-ci, entraînant des modifications de réponses immunitaires, de métabolisme et de niveau de stress. Une des conséquences de cette désynchronisation peut par exemple être l'activation de défenses immunitaires au mauvais moment ou une floraison trop précoce chez les plantes. Chez les animaux, cela peut entraîner un glissement temporel des chants d'oiseau à l'aube, modifiant leurs comportements de reproduction.

Le second effet de la composante temporelle de l'éclairage est la modification du repos et de la récupération nocturnes. Le repos et la récupération nocturnes désignent l'ensemble des processus physiologiques essentiels au bon fonctionnement des organismes inactifs durant la nuit, et l'exposition à une lumière artificielle durant la période de repos, même courte ou de faible intensité, peut troubler ces processus et entraîner des conséquences néfastes. Les troubles les plus importants sont liés à la production d'hormones, notamment la mélatonine, hormone du sommeil, présente dans de nombreux organismes plus ou moins complexes dont l'homme. La diminution de la mélatonine empêche de

profiter d'une période de repos saine, risquant d'entraîner des troubles mentaux comme la dépression, et peut même favoriser l'apparition d'obésité ou de cancers hormono-dépendants chez l'homme et la femme, comme les cancers de la prostate (Kloog *et al*, 2009) ou du sein (Kwiatkowi *et al*, 2004), plus importants chez individus travaillant de nuit. Plusieurs études portant sur l'avifaune signalent également que la lumière artificielle nocturne tend à modifier les capacités de reproduction des oiseaux (retards de croissance pour la Mésange charbonnière (Raap *et al*, 2016), perturbation de la reproduction pour le merle noir (Dominoni *et al*, 2013) et stimulation de la reproduction pour les poules d'élevage (Shoup, 1918) par exemple).

Une autre conséquence de l'éclairage nocturne est la modification du partitionnement des niches écologiques associé aux niveaux de lumière, initialement créé par un paterne prévisible de lumière et d'obscurité que l'on retrouve avec le cycle circadien. Certaines espèces d'animaux diurnes peuvent ainsi profiter de la lumière artificielle pour étendre leurs périodes d'activité dans le temps et occuper une « niche lumineuse nocturne ». Cela a pour effet de perturber les interactions écosystémiques normalement observées durant ces périodes. De nombreux amphibiens et reptiles exploitent ces niches nocturnes (Perry *et al*, 2008), chassant et se déplaçant à des horaires anormaux, mais c'est aussi le cas pour des espèces de poissons autours de zones aquatiques éclairées, comme des plateformes en pleine mer par exemple. L'exploitation de niches nocturnes par des espèces diurnes peut certes être bénéfique pour ces espèces, augmentant leur activité, mais elle est aussi néfaste pour les espèces nocturnes qui occupaient déjà ces niches et qui se retrouvent mises en concurrence, repoussées par l'éclairage. La conséquence est donc une érosion de la biodiversité quand l'ensemble du spectre de luminosité (allant de la nuit noire au jour ensoleillé) se trouve réduit artificiellement.

Enfin, il est important de signaler que la lumière nocturne perturbe la photosynthèse des plantes. Cet effet est recherché et exploité au sein des serres de production agricole, mais il peut aussi être induit en conditions extérieurs par l'éclairage public, bien que cela soit en quantité moindre et dans un périmètre proche de la source lumineuse. Ce problème se pose donc par exemple lorsqu'un luminaire avec un haut mat se trouve à proximité directe d'un arbre (voir image à côté), ou dans le cas de lampes de jardin basses en contact avec les strates herbacées et arbustives.



Image 3 : exemple de perturbation due à la lumière artificielle sur un arbre, visible par la présence feuilles à proximité de l'ampoule. Parc Jean-Baptiste Lebas à Lille, photo par Lamiot.

2. L'importance de la prise en compte d'un espace en trois dimensions

Si la composante temporelle de la lumière est cruciale, des dimensions spatiales sont tout aussi importante et peuvent induire d'autres effets spécifiques, notamment la fragmentation de l'espace qu'une trame noire vise justement à limiter. La lumière se propageant dans toutes les directions à moins d'être bloquée, il est important de ne pas réfléchir uniquement en termes de surface mais de considérer l'espace en trois dimensions pour inclure les espèces volantes ainsi que les espèces aquatiques. Il faut pour cela réfléchir en termes de lumière directe et de lumière diffuse, celle-ci

pouvant se réfléchir sur les surfaces et former des halos lumineux. De même, il est nécessaire de mettre en relation ces trois dimensions spatiales avec la quatrième, le temps, parce que les espèces mobiles peuvent entrer ou sortir des zones d'influence des sources de lumière au cours de la nuit.

Le premier effet spatial de la lumière, qui est aussi le plus structurant au niveau territorial, est la perturbation de l'orientation spatiale. Le mouvement et la distribution de la faune sur un espace est limité par leur capacité à s'orienter dans l'environnement, et les différentes sortes de lumières sont utilisées par la très grande majorité de la faune pour fournir une information spatiale plus ou moins précise. Aussi, la faune nocturne habituée aux faibles intensités lumineuses (étoiles, lune) durant sa période d'activité et la faune diurne habituée à la pénombre durant sa période de repos peuvent se trouver désorientés lorsqu'elles sont illuminées de manière trop intense par un éclairage artificiel inhabituel. Certaines espèces parviennent même à s'orienter visuellement par nuit noire et sans lune (Nørgaard *et al*, 2008). La plupart du temps, un effet de désorientation se traduit par une attraction de l'individu vers la source de lumière.

Le cas des insectes est particulièrement illustratif, puisqu'il suffit d'allumer une ampoule en été pour attirer progressivement un nuage d'insectes volants. Cependant de nombreuses autres espèces peuvent se trouver désorientés par les lumières artificielles, comme les oiseaux migrateurs. Quand ces derniers ne peuvent se repérer grâce aux étoiles à cause d'une couverture nuageuse ou d'un halo lumineux, les lumières artificielles ont un rôle d'attraction pour ces oiseaux qui peuvent alors voler autour jusqu'à mourir d'épuisement ou entrer en collision avec la source (plateformes pétrolières, bateaux de croisière, tours de communication, immeubles, stades sportifs) (Longcore et Rich, 2016). L'éclosion de tortues de mer sur des plages à proximité d'un éclairage artificiel peut aussi être fortement perturbée (Salmon, 2003) : ces dernières prenant l'éclairage pour la lumière de la lune se reflétant sur la mer, elles se dirigent en réalité dans la direction opposée vers l'intérieur des terres et meurent de la prédation ou du milieu inadapté. Dans le cas de désorientation par l'attraction d'une lumière artificielle nocturne il est possible de parler de « piège » lumineux, les animaux étant bloqués dans le rayon d'influence de l'éclairage.

Outre la désorientation, l'augmentation de la luminosité a aussi pour effet d'augmenter la visibilité pour les espèces n'ayant d'habitude pas la capacité de voir à la nuit tombée, ce qui modifie leur utilisation des espaces éclairés, et, en conséquence, leurs interactions avec les autres espèces présentes sur cet espace. En d'autres termes, l'éclairage artificiel modifie la disposition spatiale des espèces animales et de leur activité nocturne. Différentes espèces peuvent s'adapter de différentes manières mais la raison principale pour la modification des paternes d'activité est le risque de prédation, les prédateurs ayant tendance à être aidés par l'éclairage pour repérer les proies. La sensibilité de la vision joue aussi un rôle, puisque les espèces habituées à des faibles luminosités évitent les zones éclairées pour ne pas être éblouies ou repérées. Les insectes, massivement attirés par les lumières artificielles, font des proies d'autant plus faciles qu'ils peuvent se trouver éblouis, et on compte alors un plus grand nombre de leurs prédateurs dans les zones éclairées (Davies *et al*, 2012). Le chouette effraie aussi peut subir les conséquences d'un éblouissement, et sa première cause de mortalité est la collision routière : celle-ci appréciant chasser en bordure d'infrastructures et ayant une vision adaptée à l'obscurité, les phares des véhicules ont de grandes chances d'augmenter les collisions en plein vol (Guinard et Pineau, 2006). Il est aussi possible pour certaines espèces de chiroptères (Stone *et al*, 2009), de salamandres (Wise, 2007), ou de marsupiaux (Berber-Mayer, 2007) de repousser leur

période d'activité dans le temps sur les espaces éclairés, aboutissant à des activités différenciées en fonction des espaces.

En combinant ces deux effets de la lumière artificielle nocturne, l'éclairage joue un rôle de barrière écologique et de fragmentation de l'habitat par un couple attraction/répulsion, fragilisant les écosystèmes nocturnes en ajoutant une nouvelle forme de rugosité à l'environnement (voir annexe 3 pour une schématisation de ce principe). Les routes éclairées représentent ainsi des murs lumineux partiellement -voire totalement- infranchissables autant pour les espèces dites lucifuges (repoussées par la lumière) que pour les espèces luciphiles (attirées par la lumière). A court terme ces perturbations augmentent la mortalité directe violente de nombreux individus : 30 à 40% des insectes s'approchant d'une source lumineuse meurent en peu de temps (Busson *et al*, 2020), et on estime la mort d'un milliard d'insectes chaque nuit d'été. Pour les oiseaux, ce sont plusieurs millions d'individus qui meurt par collision ou épuisement et prédation chaque année (Auricoste *et al*, 2018). A moyen et long termes ces perturbations participent à un isolement des populations voire à leur extinction par la limitation des échanges de populations (Sordello *et al*, 2014).

Les effets sont aussi différents selon l'échelle de l'éclairage : là où les points lumineux individuels ne peuvent avoir d'effets que sur des colonies ciblées, les ensembles de points lumineux tels que les infrastructures de transport peuvent avoir des effets sur des groupes d'individus entiers, et les halos lumineux avoir des effets sur tout un écosystème (voir partie supérieure de l'annexe 4). Il est possible de mesurer des perturbations sur les zones naturelles à plusieurs dizaines de kilomètres de villes éclairées, comme par exemple dans le cas d'altérations de migrations verticales du zooplancton observées à plus de 16km d'une zone urbaine (Moore *et al*, 2000). Enfin, il est important de noter que ces effets dépendent grandement du type de milieu naturel dans lequel se trouve la source d'éclairage : ils peuvent varier fortement suivant l'ouverture du milieu, la présence et le type de végétation, la nature du sol et la présence d'un manteau neigeux, ou encore la proportion de surfaces aquatiques (Longcore et Rich, 2016), la lumière s'y propageant et s'y réfléchissant plus ou moins facilement.

3. Effets indirects et caractéristiques de la lumière

Pour finir, la lumière artificielle a aussi des effets plus indirects sur le vivant, parmi lesquels ceux que l'on peut qualifier de réactions en chaîne (Sordello *et al*, 2014). La modification des horaires d'activité d'une espèce entraînera par exemple une diminution de sa capacité de déplacement, qui elle-même rendra plus difficile son approvisionnement, ou sa reproduction par manque d'interaction avec d'autres membres de son espèce. Pour illustrer cette idée, Boldogh *et al*. (2007) étudient le Murin à oreilles échanrées (*Myotis emarginatus*) : quand un accès à une colonie est éclairé la nuit, les femelles sortent de leur gîte plus tardivement et ne bénéficient pas du pic d'abondance de leurs proies au crépuscule, induisant indirectement un décalage des dates de naissance et de croissance des juvéniles plus faibles, marquant une fragilité et une surmortalité accrues.

En outre, il est aussi possible d'observer des effets que l'on peut qualifier d'effets cascades (Bennie *et al*, 2015). Comme nous l'avons vu précédemment, la lumière peut avoir pour conséquence de modifier la répartition des individus, le comportement des individus et même la santé des individus. Aussi, l'ensemble de ces caractéristiques fait que le fonctionnement même de l'écosystème se trouve modifié à plusieurs niveaux. D'un point de vue général, la résistance des milieux est augmentée, ce qui signifie que les espèces impactées ont de plus grandes difficultés à se déplacer, à se nourrir et à se reproduire,

ce qui altère leur développement et peut même les faire régresser en termes de nombre d'individus. Aussi, tous les paramètres de l'écosystème en interaction avec les espèces sensibles à la lumière sont à leur tour impactés par l'éclairage de manière indirecte, soit à travers la chaîne trophique soit à travers les autres fonctions de régulation du système habituellement remplies par les espèces sensibles aux changements de luminosité.

Les processus de synergie au sein des écosystème sont donc affaiblis par l'éclairage nocturne. Le développement de la flore est particulièrement impacté par cet effet, puisque les perturbations des insectes pollinisateurs (comme les papillons de nuit (Young, 2002)) et des mammifères disséminateurs de graines (comme certains chiroptères (Levanzik et Voigt, 2014)) diminuent leur capacité à remplir ces fonctions essentielles, ce qui peut remettre en question la survie de populations végétales qui ne sont pas en contact avec des sources lumineuses. Moins intuitif encore, même les espèces diurnes se trouvent concernées par l'éclairage artificiel nocturne, puisqu'elles dépendent elles-aussi du bon fonctionnement de leur écosystème et de sa composante nocturne, notamment pour se nourrir. L'utilisation de LED blanches sur des prairies fleuries montre que leurs « effets négatifs sur la pollinisation nocturne risquent de se propager à la communauté des insectes pollinisateurs diurne, aggravant son déclin » (Knop *et al*, 2017).

Enfin, bien qu'aucune étude n'ait été faite à ce jour en la matière, il serait intéressant de se pencher sur les effets négatifs de l'éclairage artificiel nocturne qui entrent en synergie avec d'autres formes de pollution (herbicides, insecticides, pollution de l'air et des eaux) et autres menaces pour l'équilibre des écosystèmes (espèces exotiques envahissantes, destruction des habitats).

Les études actuelles sur les effets de la lumière artificielle s'intéressent plutôt aux différences liées aux types d'éclairage, tant par rapport à leur intensité qu'à leur température de couleur. L'intensité de la lumière, mesurée le plus souvent en lux (flux lumineux par unité de surface, soit des lumens/m²), est un paramètre fondamental : certaines espèces animales peuvent adapter leur comportement selon les cycles de la lune (Clarke *et al*, 1996), ce qui laisse imaginer des adaptations d'autant plus fortes en cas d'éclairage artificiel, nettement plus intense que la clarté lunaire. L'enjeu de l'intensité lumineuse est de déterminer à partir de quel seuil la lumière engendre des conséquences sur le vivant ; à partir de quelle intensité lumineuse ambiante les vers luisants ne parviennent-ils plus à se repérer les uns et les autres, entraînant un déclin de leur population ?

La température de couleur, elle, n'est pas liée à l'intensité mais au spectre caractéristique de la source d'éclairage. Elle désigne la couleur perçue de la lumière et est mesurée en degrés kelvin (K), pouvant aller en général de 1000 à 12000K, du plus chaud au plus froid. Plus que la température elle-même, c'est le spectre qui la compose qui joue un rôle dans les effets de la lumière sur le vivant, toutes les espèces ne percevant pas de la même manière les longueurs d'onde (voir tableau en annexe 5), elles mesurées en nanomètres (nm). Bien que de nombreuses zones d'ombre subsistent et que certains taxons présentent des résultats contradictoires, il semble que les longueurs d'onde les moins impactantes sont celles autour du rouge et de l'orange (580-700nm) tandis que les plus à risque sont celles autour du bleu (380-500nm). Autrement dit, les éclairages les plus froids, c'est-à-dire ceux qui présentent des pics d'émission importants dans les bleus, sont ceux qui provoquent le plus d'effets néfastes pour le vivant ; cela s'explique par leur rapprochement avec la lumière du jour, elle aussi chargée en lumière bleue. Plus un éclairage artificiel est proche de la lumière naturelle, plus ses effets perturbent les organismes nocturnes en brisant le cycle circadien.

Les LED, souvent de couleur froide -à moins qu'elles soient tamisées par un filtre ambré- et sources de lumières plus intenses que les autres ampoules, apparaissent donc comme les types d'éclairage pouvant avoir le plus d'effets négatifs sur la faune et la flore mais aussi sur l'être humain. Pour autant, leur flexibilité en termes d'intensité et la possibilité de réduire ou supprimer leur pic de bleu pour en faire des éclairages ambrés peuvent nuancer ce constat.

C) Justifier l'utilisation du terme de pollution lumineuse

« Je gagnai les Champs-Élysées où les cafés-concerts semblaient des foyers d'incendie dans les feuillages. Les marronniers frottés de lumière jaune avaient l'air peints, un air d'arbres phosphorescents. Et les globes électriques, pareils à des lunes éclatantes et pâles, à des œufs de lune tombés du ciel, à des perles monstrueuses, vivantes, faisaient pâlir sous leur clarté nacrée, mystérieuse et royale, les filets de gaz, de vilain gaz sale. »

Guy de Maupassant,
« Clair de lune », 1889

Bien que la présence d'effets néfastes de la lumière sur le vivant ait été prouvée aussi bien en laboratoire qu'*in situ* (synthèse de la majorité de ces effets en annexe 6), cela ne suffit pas à faire adopter le terme de pollution lumineuse par tous les acteurs de l'éclairage en dehors des milieux de l'astronomie ou de l'écologie ; dans ces derniers, on parle de pollution lumineuse ou de photopollution (Verheijen, 1985) depuis la seconde moitié du XXe siècle et plus particulièrement les années 1980. Le débat sémantique autour des effets de l'éclairage est un enjeu avant tout politique et économique : parler de nuisance ou de pollution ne fait pas aborder l'éclairage de la même manière et ne lui donne pas la même responsabilité en termes de dégradations environnementales ou de danger sur la santé humaine. Il est donc important de fixer cette controverse sémantique pour justifier la prise en charge de la question de l'éclairage public en tant que pollution par les institutions publiques aussi bien que les acteurs privés.

1. La lumière artificielle comme source de dégradations de l'environnement

En France, le débat sur le choix du terme à associer aux nuisances causées par la lumière s'illustre par l'opposition entre l'ANPCEN et l'AFE, la première appuyant une vision « environnementaliste » tandis que la seconde soutient un point de vue « techniciste » (Challéat et Lapostolle, 2014). Quand l'AFE (regroupement de « plus de 1000 architectes, urbanistes, concepteurs, décorateurs, médecins, chercheurs, ophtalmologistes, ingénieurs des villes, fonctionnaires de l'équipement routier et urbain, installateurs, distributeurs d'énergie électrique, grossistes

distributeurs, fabricants de lampes, de luminaires, de systèmes de gestion et de composants », selon leur site internet) édite en 2010 une plaquette intitulée « Éclairage public : Réponses à 40 questions trop souvent dévoyées » (Remande, 2010), la première question posée est : « Les nuisances dues à la lumière artificielle en éclairage public peuvent-elles être qualifiées de 'pollution lumineuse' ? ». La réponse donnée est sans équivoque : non, le terme de pollution lumineuse est incorrect. L'ANPCEN publie ensuite un document (Bessolaz *et al*, 2010) faisant réponse à cette plaquette de l'AFE et offrant un point de vue diamétralement opposé sur cette question en particulier :

Réponse de l'AFE : « NON - Une pollution concerne simultanément les hommes, les animaux, les végétaux, là où elle se produit et son traitement ne peut être que long et unique comme celui de toutes les pollutions telles celles de l'air ou de l'eau, par exemple. La lumière ne pollue pas, la lumière est invisible ; mais elle peut générer des nuisances multiples et variées dont les effets, autant que les remèdes sont spécifiques et différents dans chaque cas. Dès que la lumière cesse, ses nuisances éventuelles disparaissent. »

Réponse de l'ANPCEN : « OUI - Car la lumière en excès envoyée en dehors de la zone utile à éclairer et lorsqu'elle dépasse un certain seuil (en termes de flux et composition spectrale) altère l'environnement nocturne tout d'abord via un effet de répulsion ou d'attraction sur la faune nocturne suivant l'espèce considérée et en modifiant les cycles d'alternance jour/nuit avec un effet sur la flore et le sommeil chez l'homme via la lumière intrusive. »

Cette opposition se traduit aussi en termes politiques lorsque ces deux acteurs majeurs se positionnent vis-à-vis des textes (comme la norme expérimentale Afnor XP X90-013 en application de la loi Grenelle II), l'un demandant un seuil minimal d'éclairage par principe de précaution de sécurité (des biens et des individus), l'autre demandant un seuil maximal d'éclairage par principe de précaution environnemental. La confusion autour de l'enjeu du terme de pollution est aussi entretenu par l'idée que la lumière n'est pas une pollution en soi parce qu'elle est invisible, mais qu'elle est justement rendue visible par la matière en suspension dans l'air ; autrement dit, le débat est reporté vers la pollution de l'air, ignorant tous les effets de la lumière qui ne sont pas dus aux halos lumineux.

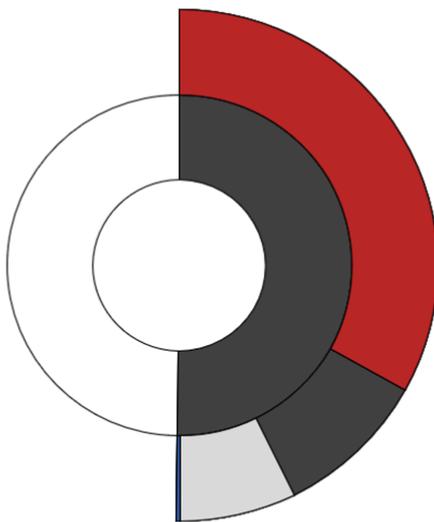
De fait, la question de la pollution lumineuse ne peut être évacuée simplement à travers la pollution de l'air car elle est un problème multiforme. La lumière diffuse forme certes un halo lumineux, mais il faut aussi prendre en compte la lumière projetée (illumination par unité de surface), la lumière ambiante (visibilité générale d'un milieu), la lumière précise (point lumineux) et la lumière directe (éblouissement par contact avec la rétine). Comme nous l'avons vu précédemment, chacune de ces formes de lumière peut provoquer des effets différents sur le vivant. On parle alors de pollution lumineuse « écologique » (Longcore et Rich, 2004) d'un côté, et de pollution « astronomique » pour désigner la dégradation du ciel nocturne. Pour justifier l'emploi du terme de pollution, il faut en prendre une définition non pas relative, dépendante de ce que l'on qualifie comme « excès » et de ce qui tient du « bon sens », mais une définition basée sur l'idée de perturbation d'une ressource obscurité, qui elle est scientifiquement prouvée et en accord avec la définition d'autres formes de pollution (de l'air, de l'eau, des sols) : « La pollution lumineuse est la perturbation corrélative à l'usage de lumière artificielle des usages humains et non humains de l'obscurité en tant que ressource multiforme répondant à des besoins fondamentaux interdépendants et relevant des champs socioculturel, écologique et sanitaire » (Challéat, 2019).

Il est donc bien justifié de parler de pollution lumineuse et non de nuisance, les nuisances ne présentant pas d'impact écotoxicologiques mais simplement des gênes perçues comme telles par les individus qui y sont exposés (Ramade, 2009). Au-delà de la gêne, il est aujourd'hui établi que la lumière artificielle nocturne affecte la santé humaine par le dérèglement des rythmes circadien et nyctéméral⁹ : par le dérèglement de la sécrétion de mélatonine, la sécrétion de cortisol, la température corporelle, le système immunitaire, la pression sanguine, les métabolismes cellulaires et osseux subissent des conséquences bien réelles.

Malgré les innovations techniques en matière d'éclairage, ce dernier continue de convenir à la définition de la pollution lumineuse précédemment évoquée, et les éclairages avec une forte composante de lumière bleue ajoutent même des risques supplémentaires sur la santé, comme la baisse de la vue ou l'augmentation des risques de dégénérescence maculaire liée à l'âge. Le rapport de l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement, du travail (Anses) de 2019 sur les effets des LED sur la santé humaine et l'environnement rajoute que « l'éclairage artificiel est l'une des multiples pressions anthropiques exercées sur le vivant, longtemps sous-estimée et toujours insuffisamment explorée. Elle doit être réévaluée aujourd'hui suite à l'émergence de la technologie LED. [...] Les observations révèlent qu'un éclairage LED, utilisé à des intensités de l'ordre de celles des éclairages conventionnels, induit un remodelage des espèces et un appauvrissement général de la biodiversité présente » (Anses, 2019).

Un sondage de la population comme celui que nous avons réalisé permet de montrer qu'une large part des interrogés déclarent être dérangés par l'intrusion, dans leur chambre à coucher, d'une lumière

Part des usagers déclarant moins bien dormir à cause d'un éclairage public intrusif



La nuit à votre domicile, est-ce que de la lumière provenant de l'éclairage public éclaire votre chambre à coucher ?

□ Non ■ Oui

Diriez-vous que cette lumière altère la qualité de votre sommeil ?

■ Oui, je dors mieux ■ Oui, je dors moins bien ■ Non ■ Ne sais pas

artificielle nocturne provenant de l'éclairage public au point de moins bien dormir (voir figure ci-dessous). Bien qu'une telle statistique basée sur du déclaratif soit à relativiser, il est important de retenir que même un éclairage extérieur peut avoir des conséquences sur les lieux intérieurs -sans compter bien sûr la population en situation précaire vivant directement dans la rue. Pour une part des interrogés, même le fait d'avoir des rideaux ou des volets ne peut régler le problème quand, en été, ils sont contraints de choisir entre une chambre éclairée mais rafraîchie et une chambre obscure mais surchauffée.

Figure 2 : La part des usagers interrogés déclarant moins bien dormir à cause d'un éclairage public intrusif s'élève à 33%. Au contraire, 9,6% déclarent ne pas être gênés par l'éclairage intrusif, et moins de 0,3% déclarent mieux dormir. 49,8% ne sont pas concernés par une situation d'éclairage intrusif dans leur chambre.

⁹ Rythme fonctionnel des espèces suivant l'intensité lumineuse liée à l'alternance du jour et de la nuit.

2. Spécificités de la pollution lumineuse : instantanée et contextuelle

La pollution lumineuse présente cependant certaines spécificités dues à sa nature qui la différencie d'autres formes de pollution. Contrairement à ces autres pollutions, celle due à la lumière apparaît réversible : celle-ci ne laisse pas de traces physiques ou chimiques dans l'environnement et ses effets directs cessent sur une échelle de temps courte dès que la lumière est éteinte. Cette idée doit être nuancée pour les effets plus indirects que nous avons vus précédemment, comme les effets en cascade sur les écosystèmes, qui ont des conséquences plus durables, mais il reste important de noter que cette pollution étant de nature immatérielle (la lumière est un rayonnement électromagnétique) il est nettement plus simple de résorber ses effets que ceux d'une autre pollution aux produits chimiques ou aux métaux lourds par exemple. Pour « dépolluer » un milieu soumis à une pollution lumineuse, il suffit d'éteindre la lumière ou de modifier ses caractéristiques techniques (intensité, température de couleur, spectre) pour limiter ses effets à un certain seuil de tolérance du milieu. En comparaison, la dépollution d'un sol, d'une masse d'air ou d'un volume d'eau demande plus de temps, de ressources et parfois de solutions techniques avancées.

Il est cependant nécessaire de poursuivre la recherche sur les effets persistants de la lumière ainsi que sur les effets d'une lumière intermittente, caractérisée par une alternance d'allumages et d'extinctions au cours d'une même nuit. En effet, il reste encore à prouver qu'un éclairage intermittent comme ceux causés par la détection de présence (s'allumant quand il y a un individu à éclairer et s'éteignant quand plus aucun individu n'est présent) cause moins d'effets qu'un éclairage constant à intensité égale, ou si un éclairage constant mais de plus faible intensité ne serait pas plus favorable pour la biodiversité. Le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) lance pour cette raison un programme de recherche sur ce sujet.

La pollution lumineuse étant due à un rayonnement instantané ne laissant pas -ou peu- de traces dans l'environnement, il est tout aussi instantané de supprimer la source de pollution que de la créer. Pour cette raison, il est possible de qualifier la pollution lumineuse de contextuelle : un même type d'éclairage peut constituer ou non une pollution lumineuse selon l'heure à laquelle il est allumé, le lieu dans lequel il est allumé et la présence ou l'absence d'individus susceptibles de subir des effets dus à l'éclairage. Si on reprend la définition de la pollution lumineuse comme perturbation de la ressource obscurité, il apparaît que la lumière ne devient source de pollution que quand il y a effectivement une ressource obscurité à perturber, c'est-à-dire quand un individu humain ou non-humain ne peut plus totalement ou partiellement profiter des bienfaits de la nuit sur sa santé ou son activité vitale. La subtilité d'un éclairage que l'on pourrait qualifier de « non-polluant » serait donc de n'être effectif que dans des contextes où il ne perturbe pas cette ressource obscurité.

3. Des externalités négatives qui dépassent la lumière même

L'éclairage public, entendu au sens large, est aussi source d'autres formes de pollutions que celle purement due à la lumière. Le choix du type et de la quantité d'éclairage doit donc se faire non seulement en conséquence de ses effets sur le vivant, mais aussi selon les avantages et inconvénients de son cycle de vie et selon son empreinte écologique totale. Le processus de production, d'utilisation, d'entretien et de recyclage n'est pas écologiquement neutre et dépend en partie du choix de l'éclairage, comme nous l'avons vu précédemment dans le cas des LED. La législation européenne sur l'éco-conception encourage d'ailleurs la transformation des technologies employées en éclairage vers

une plus haute efficacité, poussant à un abandon progressif des technologies à faible rendement comme les lampes à incandescences ou les lampes à mercure à haute pression pour privilégier des technologies plus efficaces comme les LED.

Pourtant autant d'autres types d'éclairage offrent des rendements intéressants même s'ils sont légèrement moindres par rapport à ces dernières, comme les lampes à sodium à basse pression, qui présentent par ailleurs un spectre lumineux avantageux (exempt de lumière bleu et centré sur l'orange). La consommation d'énergie durant l'utilisation étant le critère environnemental global le plus important selon les analyses de cycle de vie (ACV) liées aux lampes et luminaires -et cela même dans le cas des LED (Anses, 2019)- l'efficacité doit généralement être le premier critère pris en compte ; cependant, ce critère dépend en grande partie du moyen utilisé pour produire l'électricité : si on prend en compte l'électricité française, ce n'est plus la consommation liée à l'utilisation qui est le critère environnemental le plus important mais la fabrication du luminaire. Cela s'explique par le mix énergétique français qui se repose en plus grande partie sur l'énergie nucléaire que ceux de ses voisins européens, générant donc moins de gaz à effet de serre. Le processus de fabrication du luminaire compte alors pour 76% de l'impact environnemental moyen de ce dernier (Tähkämö, 2013).

Même en prenant cette distinction en compte et en y ajoutant les contraintes d'entretien vues précédemment, il apparaît dans les ACV des différents types de sources lumineuses que ce sont les LED qui ont les impacts environnementaux les plus faibles. Une simulation du renouvellement du parc mondial d'éclairage pour la technologie LED doit cependant encore être réalisée pour évaluer les capacités globales en termes de ressources matérielles.

Enfin d'autre part signalons que la pollution lumineuse atteint l'être humain sur d'autres plans que celui des effets de la lumière même : l'utilisation d'un éclairage artificiel nocturne n'est pas sans conséquences sur les aspects culturels et philosophiques de la nuit et de notre rapport au ciel étoilé. Celui-ci, qui se retrouve voilé par un masque jaunâtre, perd son rôle de repère et de mise en perspective qu'il a eu pour les hommes et les femmes depuis l'aube de nos civilisations. Pour reprendre les mots de l'astrophysicien Hubert Reeves : la pollution lumineuse « coupe le ciel, les gens ne voient plus le ciel. Vous avez des quantités de gens qui n'ont jamais vu la Voie lactée, qui n'ont jamais vu la lumière zodiacale. Des fois, je demande aux gens : est-ce que vous savez ce que c'est que la lumière zodiacale ? Les trois quarts ne savent même pas, n'ont jamais entendu le mot. C'est quelque chose qui était très présent dans le passé. C'est ce contact avec le ciel, cette espèce d'émotion que vous avez quand vous sortez par une belle nuit étoilée avec la Voie lactée et tout. Ce contact, c'est quelque chose qui était présent dans toute l'humanité, jusqu'à peut-être quelques décennies, qui est absent et qui est quelque chose qu'il faut redonner aux gens »¹⁰. Cette perte de contact avec le ciel étoilé ne passe pas inaperçue auprès de la population : au sein des individus ayant répondu au questionnaire que nous avons lancé à destination des usagers, 97,8% de celles et ceux qui n'ont pas ou peu accès à un ciel étoilé depuis leur domicile aimerait pouvoir mieux voir les étoiles. Les questions qu'il reste à résoudre sont : comment, et à quel prix ?

¹⁰ Reeves, H. La pollution lumineuse [en ligne], http://astro-canada.ca/_fr/a3800.html

II. Connaître les outils : trame noire, réglementation, planification et moyens techniques

Après avoir saisi les enjeux de la pollution lumineuse, il faut pour agir connaître le champ des possibles. Une multitude de solutions existent pour maîtriser et réduire ces pollutions à différentes échelles des territoires à travers des outils diversifiés, qu'ils soient d'ordre technique (aussi bien *low-tech* que *high-tech*) ou de l'ordre de la planification et de la réglementation. L'étude de ces solutions et des ceux qui les pratiquent ou les préconisent est passée, encore une fois, par un état de l'art, mais aussi par un contact direct avec les acteurs de l'Ile-de-France et les enquêtes que nous avons menées.

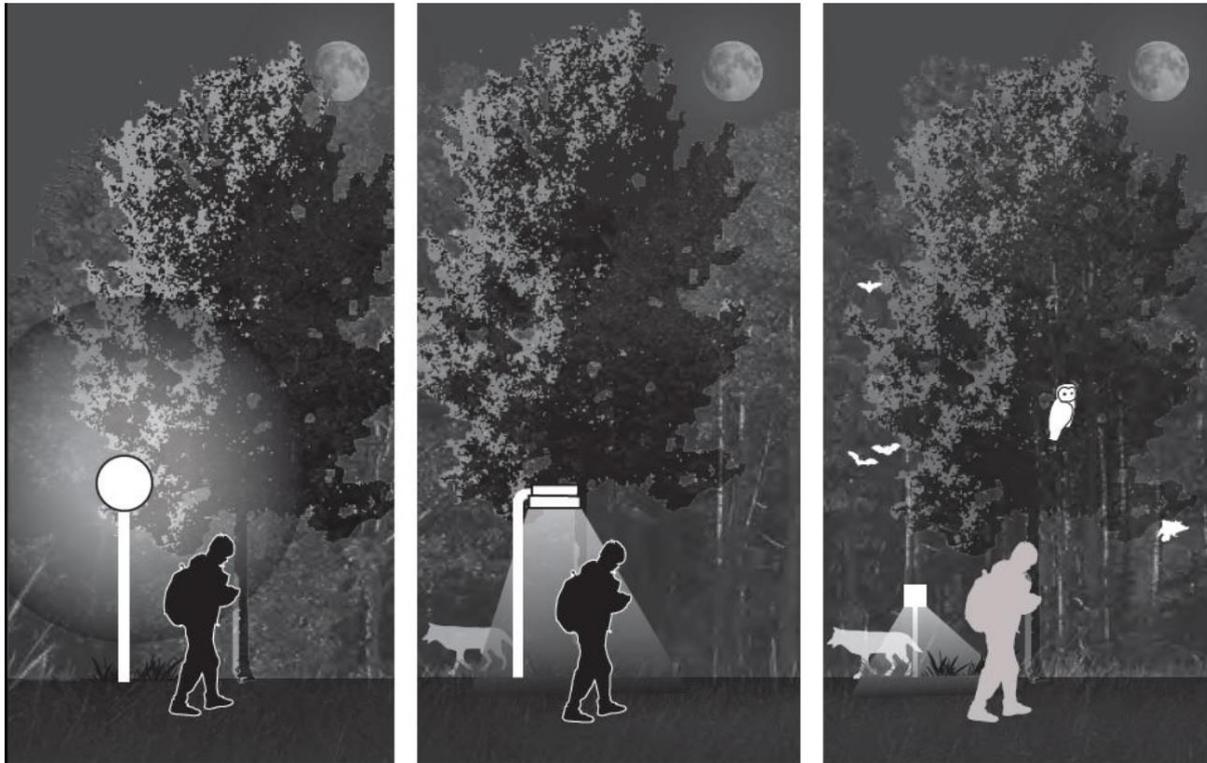


Image 4 : Schématisation des effets sur la faune et l'humain d'un changement de forme de l'éclairage artificiel allant vers une réduction des pollutions lumineuses. Source : illustration par Leigha DelBusso (Longcore et Rich, 2016).

A) Chronologie de l'émergence de la trame noire

« À l'interface avec la nécessaire croissance des économies d'énergie, avec une meilleure appropriation de l'environnement par les citoyens en lien avec leur santé, avec un engagement des élus dans la transition énergétique et avec le recours à l'innovation, la mise en place d'une Trame noire est une formidable opportunité pour décloisonner les disciplines »

Pierre Dubreuil (Directeur général de l'OFB), Guide Trame Noire, 2021

La trame noire est à ce jour l'outil de préservation et de restauration des espaces d'obscurité le plus structurant à disposition des collectivités. Déclinaison temporelle des autres trames écologiques vertes et bleues, qui elles sont essentiellement spatiales, la trame noire désigne un réseau de corridors et de réservoirs exempts d'éclairage artificiel au sein d'une matrice éclairée. Les réseaux écologiques, concept appliqué de l'écologie du paysage, se sont imposés dans les politiques de planification depuis la fin des années 1990 en Europe (en 2007 en France avec le Grenelle de l'environnement). Pour autant la trame noire est restée jusqu'à récemment en retrait par rapport à ses consœurs vertes et bleues : cette évolution correspond au glissement du concept de pollution lumineuse du champ de l'astronomie vers celui de l'écologie dans sa mise à l'agenda politique.

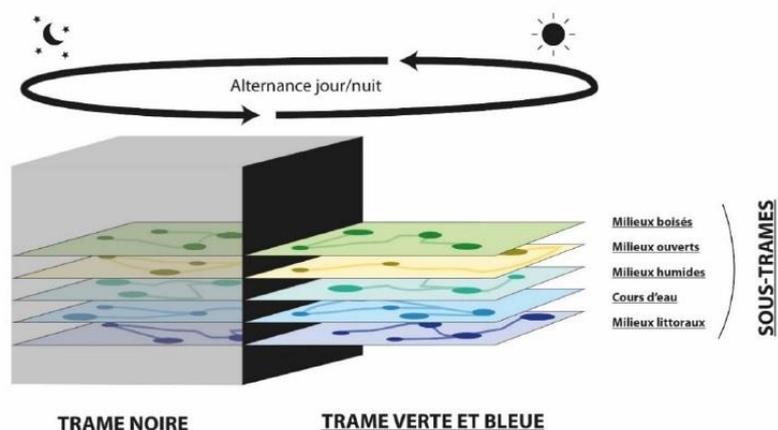
1. Une première entrée par l'astronomie et le mouvement Dark Sky

La remise en question de l'éclairage public au nom de la pollution que ce dernier génère a trouvé racine aux Etats-Unis à la fin des années 1950, quand les astronomes professionnels de l'observatoire Lowell, en Arizona, ont obtenu de la ville de Flagstaff une réglementation de l'éclairage public en 1958 (Challéat, 2018). L'observatoire, célèbre pour être à l'origine de la découverte de Pluton en 1930, voyait en effet son activité menacée par l'urbanisation croissante de la ville à proximité et par la multiplication des éclairages électriques et des phares automobiles circulant dans ses rues. L'observatoire de Kitt Peak, de manière similaire, est à l'origine de la réglementation de l'éclairage de la ville de Tucson en 1972, et c'est David Crawford, du même observatoire, qui crée l'International Dark-Sky Association (IDA) en 1988. Entre-temps la problématisation de l'éclairage artificiel par le milieu de l'astronomie s'internationalise, et se développe notamment en Europe et en France, où est fondée en 1976 l'Union astronomique internationale. A partir de cette internationalisation et surtout à travers l'International Dark-Sky Association, les astronomes professionnels cherchent à diffuser leurs revendications en-dehors du milieu spécifique de l'astronomie professionnelle : d'abord vers l'astronomie amateur puis vers les gestionnaires des aires protégées et les décideurs politiques, et enfin vers les particuliers et le grand public, posant ainsi les bases de la formulation du problème politique que représente la pollution lumineuse.

L'ANPCEN actuelle (Association nationale pour la protection du ciel et de l'environnement nocturnes) était à l'origine ANPCN (pour Association nationale pour la protection du ciel nocturne) lors de sa fondation en 1999 par des astronomes. Ce n'est qu'avec l'arrivée de naturalistes, de chercheurs, de techniciens et d'élus que ses horizons se sont ouverts vers une prise en compte plus large des effets de la pollution lumineuse, lui permettant de prendre part au débat en s'appuyant sur un socle plus solide et étendu de revendications : la pollution lumineuse n'est plus l'affaire d'une niche de scientifiques et observateurs amateurs mais bien un problème public menaçant le bien-être du vivant dans son ensemble, y compris l'être humain. Cela conduit à son changement de nom en 2006 puis à son changement de logo et le remplacement de Paul Blu à la tête de l'association par Anne-Marie-Ducroux, dont le parcours n'est pas lié à l'astronomie mais à la communication et aux médias. Cette implication de l'ANPCEN en politique passe par la participation aux débats (notamment lors du Grenelle en 2007), la communication au public et la mise en place du label Villes et villages étoilés, décernant une à cinq étoiles aux communes selon leur implication dans la réduction des pollutions lumineuses.

L'émergence de champs de recherche en écologie puis en médecine sur le rôle des cycles quotidiens et les effets de la lumière dans les années 1980 et 1990, et la réappropriation des résultats de ces champs de recherche par les acteurs politisés de l'astronomie ont permis le décloisonnement du débat et la reconnaissance des pollutions lumineuses comme une problématique d'ordre politique et sociale (Challéat et Lapostolle, 2014). Découplée de l'approche par l'astronomie, la prise en compte de la pollution lumineuse en aménagement a glissé vers le domaine de l'écologie : l'outil de la trame écologique, déjà reconnu dans les textes et largement adopté par les collectivités territoriales pour ses composantes vertes et bleues, est aujourd'hui de plus en plus préconisé avec la prise en compte de l'éclairage artificiel. L'Office Français de la Biodiversité (OFB) a publié cette année un guide d'une centaine de page sur les méthodes d'élaboration et les outils de mise en œuvre des trames noires (Sordello et al, 2021) dans sa collection *Comprendre pour agir* à destination des collectivités, soulignant l'importance de la dimension temporelle dans le bon fonctionnement des continuités écologiques et la fragmentation effective de l'espace par les activités anthropiques (figure ci-contre).

Figure 3 : Schématisation de l'intégration de la dimension temporelle dans le fonctionnement des trames écologiques : la trame noire vient se superposer à ses homologues vertes et bleues. (Extrait du guide Trame noire de l'OFB, Sordello et al, 2021)



A travers de multiples guides, communiqués, visioconférences et journées de formation, la trame noire est aujourd'hui érigée par les écologues en fer de lance des outils territoriaux structurants dans la lutte contre les pollutions lumineuses. Bien que sa promotion soit souvent l'occasion de lister et expliciter les effets néfastes de l'éclairage artificiel ou les bienfaits de l'obscurité, c'est donc l'enjeu des continuités écologiques qui a pris le pas sur celui de l'observation des étoiles, laissant souvent peu de place dans les discours pour appuyer l'interdisciplinarité liée à la thématique. Nous verrons plus loin

que le discours environnementaliste autour de la trame noire et la négligence des approches plus sensibles et populaires de l'espace peuvent poser problème dans l'appropriation de l'environnement nocturne en créant une opacité entre la planification et le public.

2. Nuisances lumineuse et continuités écologiques obscures dans les textes français

Pourtant la trame noire n'est mentionnée nulle part dans la législation française, si ce n'est de manière implicite à travers la notion de trame verte et bleue, et aucune politique ne place d'objectif concret de mise en place, de mesure et de suivi des trames noires. Bien que la pollution lumineuse, aujourd'hui portée par la direction générale de la prévention des risques (DGPR) et concernant plusieurs directions du ministère de la transition écologique ainsi que d'autres ministères (comme la santé, les sports, la culture ou l'intérieur), il existe relativement peu de liens entre ces différentes directions sur le sujet des pollutions lumineuses (Auricoste *et al*, 2018) ; à ce jour la pollution lumineuse n'est pas élevée au même rang d'intérêt que la qualité de l'air ou la transition énergétique par exemple, et elle est traitée de manière ponctuelle et sectorielle.

Le dispositif législatif et réglementaire de régulation des nuisances lumineuses est principalement issu des lois Grenelle 1 et 2. La première mention de cette pollution -bien qu'elle ne soit pas explicitement appelée comme telle- dans la loi se trouve dans l'article 41 de la loi n° 2009-967, qui prévoit que « Les émissions de lumière artificielle de nature à présenter des dangers ou à causer un trouble excessif aux personnes, à la faune, à la flore ou aux écosystèmes, entraînant un gaspillage énergétique ou empêchant l'observation du ciel nocturne feront l'objet de mesures de prévention, de suppression ou de limitation ». Celle-ci est ensuite complétée par l'article 173 de la loi n° 2010-788 du Grenelle 2, qui ajoute un chapitre au code de l'environnement dédié à la « Prévention des nuisances lumineuses » (le ministre chargé de l'environnement acquiert la compétence pour définir des spécifications techniques aux installations et ouvrages, les arrêtés ministériels ont la possibilité de décliner cette compétence aux préfets pour des spécificités locales, et le pouvoir de contrôle est conféré aux maires).

D'autres législations mentionnent les nuisances lumineuses, ne les appelant pollution que dans le cadre de la pollution marine : la loi de 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (TECV) intègre une réflexion sur l'éclairage dans les plans climat-air-énergie territoriaux (PCAET) et la loi de 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages inscrit explicitement la notion d'environnement nocturne dans le code de l'environnement, soulignant au passage qu'« il est du devoir de chacun de veiller à la sauvegarde et de contribuer à la protection de l'environnement, y compris nocturne ». C'est aussi cette loi qui justifie d'un point de vue législatif l'importance des trames noires et ajoutant « la gestion de la lumière artificielle la nuit » à la définition des trames vertes et bleues du code de l'environnement (premier alinéa du I de l'article L. 371-1).

Cette législation se traduit à travers plusieurs décrets et arrêtés, mais là encore aucun de ces derniers ne traite des continuités écologiques. Ils concernent des mesures de restriction des éclairages en classant ceux-ci selon une typologie (éclairage extérieur destiné à la sécurité, éclairage de mise en valeur du patrimoine, éclairage des équipements sportifs en plein air, et ainsi de suite). L'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses, qui abroge celui de 2013, précise et complète cette réglementation : il définit des prescriptions temporelles (voir annexe 7), détaille des prescriptions techniques (flux de lumière orienté vers le ciel, flux CIE et température de couleur) et ajoute des prescriptions particulières pour des sites à enjeux de biodiversité ou d'astronomie.

L'application de ces prescriptions est aujourd'hui effective pour les nouveaux équipements d'éclairage et sera même en partie rétroactive pour les anciens équipements à partir de 2025.

En somme, la réglementation française, saluée par les acteurs internationaux de la lutte contre les pollutions lumineuse, passe par des prescriptions techniques et temporelles générales plus que par la planification et le suivi des territoires, et la seule mention des continuités écologiques obscure n'existe qu'à travers les notions de trames vertes et bleues ou, plus indirectement, d'environnement nocturne. Les prescriptions particulières de l'arrêté de 2018 ne concernent que des espaces déjà identifiés comme sensibles ou à forts enjeux, et ne mentionne pas l'importance éventuelle de leur mise en réseau au sein d'une trame cohérente.

3. L'intégration territoriale de la trame noire dans les documents et outils de planification et d'aménagement

Sans fondement législatif, réglementation ou politique nationale, la trame noire est interprétée et mise en place à l'initiative des territoires. Comme pour les trames vertes et bleues, les trames noires peuvent prendre des échelles et des définitions variables selon les territoires, allant du parc naturel régional à la ville moyenne en passant par la métropole. Elle est le plus souvent comprise comme l'optimisation des corridors naturels d'obscurité dans le but de maintenir ou créer un réseau écologique nocturne aussi fonctionnel que possible sans remettre en question la structuration anthropique du paysage, à l'image de la simulation ci-dessous (Challéat, 2018) : le bâti, les rues et les routes restent inchangées mais l'éclairage artificiel est réduit en intensité et en extension afin de remplir plusieurs objectifs favorables à la biodiversité.

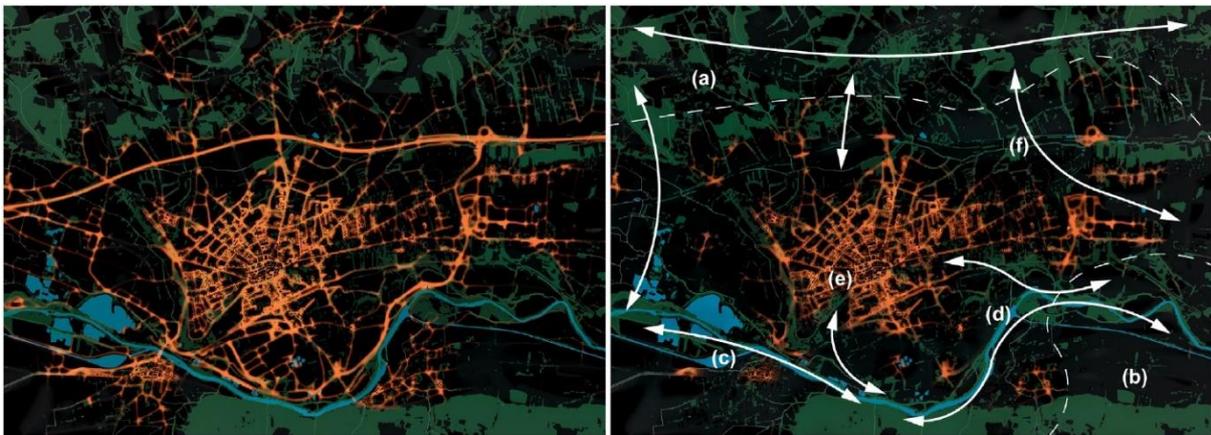


Image 5 : Simulation d'une politique de trame noire à l'échelle urbaine et de ses effets : réduction du mitage des espaces (a), identification et protection des réservoirs de biodiversité nocturne (b), restauration des continuités écologiques (f) et de corridors noirs (c et d), augmentation de la perméabilité écologique entre espaces urbains et ruraux (e). (Challéat, 2018)

La définition d'une trame noire se fait ainsi souvent en se calquant sur les espaces naturels existant et en recoupant ces derniers avec l'éclairage artificiel pour en déduire les points de conflit où il est nécessaire d'intervenir. Plusieurs méthodes existent pour dessiner ainsi une trame noire, plus ou moins en lien avec les trames écologiques existantes ou potentielles (voir schématisation de ces méthodes en annexe 8) : il est possible de se limiter aux points de conflit entre zones d'éclairage et zones à enjeux de biodiversité, d'opter pour une approche déductive en recoupant une trame verte et bleue avec les points d'éclairage, ou d'opter pour une méthode intégrative en identifiant les réservoirs et corridors de biodiversité avec un critère d'obscurité en plus de ceux habituels. Chacune de ces méthodes présente des avantages et inconvénients qui lui sont propres.

En cela, il est important de signaler que les méthodes choisies n'aboutissent pas toujours *stricto sensu* à des trames noires puisque les mobilités des espèces faunistiques nocturnes ne sont pas toujours étudiées en soi. Le fait est que les méthodes de mesure et d'élaboration des trames noires, les indicateurs utilisés et les protocoles de suivi sont encore au stade expérimental, aussi bien dans les publications scientifiques que dans les expériences concrètes des territoires, et les recommandations évoluent au grès des nouveaux projets (Sordello *et al*, 2021), ne produisant pas toujours les mêmes résultats. Le projet Tramenoire de la métropole européenne de Lille a même montré, à travers son étude des différentes espèces de chiroptères, qu'il n'y avait pas une trame noire unique mais bien un réseau de corridors aux caractéristiques variables selon les espèces étudiées. En l'absence d'un cadrage national, l'aspect expérimental ne facilite pas la prise en main de cette notion par les collectivités, qui doivent faire preuve d'initiative et d'imagination en travaillant avec des acteurs spécialisés externes maîtrisant mieux le sujet.

Plusieurs documents permettent d'inscrire une trame noire identifiée dans des réflexions d'urbanisme et d'aménagement suivant la méthode choisie, l'échelle de cette dernière et l'objectif recherché par le territoire. A l'échelle de la région tout d'abord, les SRCE (Schémas Régionaux de Cohérence Ecologique, maintenant SRADDET pour Schémas Régionaux d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires), ont la possibilité d'intégrer la lumière artificielle au sein de différentes étapes de l'élaboration d'un réseau écologique (Sordello *et al*, 2014), comme lors des phases de diagnostic et de définition des enjeux, de l'identification des réservoirs et des corridors ou encore dans le plan d'actions pour la préservation et la restauration de ces réseaux. Pourtant, si la grande majorité des SRCE et SRADDET reconnaissent la prise en compte de la pollution lumineuse comme enjeu important, aucun à ce jour n'intègre cette dernière dans l'identification des continuités écologiques. Un cadrage national par les ONTVB (Orientations Nationales Trame Verte et Bleue) pourrait au contraire donner les outils pour traiter cette question au sein des SRADDET (Sordello, 2017).

A l'échelle intercommunale ou communale, cependant, plusieurs exemples illustrent la prise en main progressive de la notion de trame noire. Les documents de planification comme le SCoT (Schéma de Cohérence Territoriale) ou le PLU(i) (Plan Local d'Urbanisme intercommunal) permettent, à l'instar du cas des trames vertes et bleues, d'inscrire plusieurs points clés d'une trame noire. Le projet d'aménagement et de développement durable (PADD), en particulier, permet de définir les grands objectifs du document, ce qui légitime ensuite la prescription de mesures, de recommandations et d'objectifs chiffrés par rapport à l'éclairage (horaires d'allumage, types de lampes, nombre et intensité des points lumineux) dans le document d'orientations et d'objectifs (DOO) pour le SCoT et les orientations d'aménagement et de programmation (OAP) ou le règlement pour le PLU(i). Le SCoT des Vosges Centrales est une bonne illustration de ce qu'il est possible de faire, grâce à ces documents, en termes de prescriptions et de communication sur la trame noire auprès des élus : sensibilisation sur les enjeux et résultats de l'étude, inventaire des mesures existantes, recommandations techniques d'éclairage, de mesure et de suivi de ce dernier, et mise en place d'une charte « éclairer juste ».

Ces documents de planification peuvent être appuyés par d'autres documents ou outils d'aménagement. Le schéma directeur d'aménagement lumière (SDAL), par exemple, consiste en une étude approfondie sur la lumière urbaine, la lisibilité des structures paysagères et la mise en valeur du patrimoine à l'échelle d'une ville et est donc susceptible d'inclure une réflexion sur la trame noire pour intégrer cette dernière dans les ambiances nocturnes. C'est le cas du SDAL de Rennes, pensé dans le but créer une ville nocturne agréable pour les habitants et respectueux de la biodiversité. Cependant aujourd'hui de nombreux SDAL ne prennent pas ou peu la biodiversité en compte -et encore moins la trame noire-, oubliant de penser la lumière en termes de risques sanitaires et environnementaux.

D'autres outils, comme les obligations réelles environnementales (ORE) ou les diverses chartes d'éclairage durable proposées par des associations ou des collectivités peuvent être employés pour ancrer la trame noire d'un point de vue contractuel auprès des acteurs privés ou publics.

Enfin, les trames noires peuvent être intégrées dans les chartes territoriales, notamment celles des parcs nationaux ou des parcs naturels régionaux (PNR). Ces dernières ont pour but d'assurer la cohérence des actions menées sur les parcs ou leur aire d'adhésion, elles fixent les objectifs à atteindre, les orientations de protection, notamment en matière de continuités écologiques. Ces documents étant issus de la concertation avec les communes adhérentes, elles sont un moyen efficace d'organiser une trame noire à l'échelle d'un territoire recouvrant un grand nombre de collectivités.

En somme, cette énonciation d'une multitude de documents et d'outils (qui plus est non exhaustive) montre que les territoires ont les outils nécessaires pour promouvoir, mettre en place et faire respecter des trames noires, et cela quelle que soit l'échelle d'action ou le niveau de précision recherché. La définition d'une trame noire à travers des documents qui ne lui sont pas dédiés renforce de plus sa capacité à mobiliser des acteurs divers issus de disciplines éloignées : l'étude de la biodiversité peut se voir confrontée aux enjeux sociaux d'ambiances nocturnes, aux enjeux économiques des innovations technologiques, et se trouver ainsi renforcée par cette transversalité qui lui donne légitimité. Cependant la multiplication des approches possibles rend aussi la notion plus complexe et floue pour des élus qui ne sont pas toujours sensibilisés aux enjeux écologiques de l'éclairage artificiel : sans politique de cadrage national, la mise en place de trames noires est d'autant plus conditionnée par l'appropriation de la question de l'environnement nocturne par les acteurs locaux, véritables moteurs de l'action.

B) Paysage des acteurs de l'éclairage public en Ile-de-France

« La pollution lumineuse est un sujet émergent. [...] C'est surtout un sujet très transversal qui 'embarque' beaucoup d'acteurs, sans portage unique, sans constats et indicateurs partagés, ce qui engendre une dilution des responsabilités. »

Auricoste et al, 2018

Comme ailleurs, le paysage des acteurs franciliens de la trame noire, et plus généralement de l'éclairage public, est rendu complexe par la multiplicité de ces derniers, les différences dans leurs échelles et capacités d'action, la répartition des responsabilités et des marchés. Nos interactions avec les acteurs d'Ile-de-France que nous avons pu rencontrer nous ont montré qu'il existe de grandes disparités en termes de connaissances et de sensibilités vis-à-vis de l'environnement nocturne et de la lumière artificielle, et que l'enjeu de cette connaissance est crucial tant pour les associations et chercheurs défendant une approche environnementaliste que pour les éclairagistes, fournisseurs et concepteurs lumière défendant leurs gains potentiels sur le marché de l'éclairage.

1. Du maire au conseil régional, les échelles imbriquées du secteur public

Le maire est le point de départ et l'acteur central de l'éclairage public : c'est lui ou elle qui prend la décision et la responsabilité d'éclairer sur les espaces communaux, ce qui représente la grande majorité des points lumineux de l'éclairage public. Aucun texte n'impose au maire le besoin d'éclairer, mais il est la seule autorité compétente en matière d'institution d'allumage et d'extinction de l'éclairage public, même en cas de délégation de la gestion. Le maire ayant par ailleurs, selon les articles 121-2 et 121-3 du code pénal, l'obligation de moyens pour garantir l'ordre public et prévenir la mise en danger délibérée d'autrui, il incombe au maire la responsabilité de déterminer quel éclairage permet ou non de répondre à ces besoins. Autrement dit, le maire accompagné de ses forces de police se doit d'arbitrer le rôle que prend l'éclairage dans le maintien de l'ordre et de la sécurité.

L'article 583-2 du code de l'environnement imposant le portage de politiques destinées à réduire les nuisances lumineuses et les consommations d'énergies, ainsi que les restrictions budgétaires qui frappent les communes et les poussent à chercher des économies là où elles peuvent en faire créent un contexte politique dans lequel l'arbitrage du maire ne peut se résumer à une question d'ordre public et de sécurité, et se trouve influencé par d'autres facteurs externes. Les mesures d'éclairage, d'extinction ou de rallumage apparaissent même comme des arguments dans les programmes politiques durant les périodes d'élections municipales, soulignant la contingence et la subjectivité des décisions liées aux éclairages publics, et il peut arriver que les maires ne fassent pas respecter les réglementations en vigueur, notamment concernant les enseignes et publicités lumineuses privées, soit par manque de moyens, soit par manque de connaissances, soit par intérêt pour le dynamisme de la ville.

La délégation de la compétence de l'éclairage public à l'intercommunalité peut mener à une confusion accrue du rôle et de la responsabilité des acteurs locaux : le code pénal, entre autres, confère la responsabilité de la sécurité au maire, et chaque commune exerce sa compétence de manière autonome, mais la délégation de la compétence à l'intercommunalité ajoute une responsabilité à cette dernière vis-à-vis de l'aménagement et de la cohérence des voiries et du zonage intercommunal. Ainsi, bien que la commune conserve son pouvoir de police sur l'éclairage, plusieurs niveaux d'enjeux d'aménagement se trouvent imbriqués, ce qui peut pousser les communes rurales notamment à ne pas déléguer leur compétence de l'éclairage public à une intercommunalité pour éviter cette relation ambiguë et floue.

Si le maire est l'acteur central de l'éclairage public, la commune -ou l'intercommunalité si la compétence est déléguée- est aussi en lien avec d'autres échelles territoriales de l'action publique. Plusieurs syndicats mixtes jouent souvent un rôle important, suivant le territoire en question. Les Parcs Naturels Régionaux (PNR), premièrement, peuvent avoir un rôle de pionnier et de moteur vers la prise en compte des enjeux de biodiversité et d'économies d'énergie, en incluant ces derniers dans leur charte et leurs mesures. Ces organismes territoriaux peuvent participer à la mise en cohérence des prises d'initiatives des communes en sensibilisant les maires (par des communiqués, des articles dans les journaux des parcs ou des rencontres) et en les incitant par le biais d'aides financières (ou le conditionnement de leurs aides financières selon des critères environnementaux comme une extinction de l'éclairage en cœur de nuit par exemple). En Ile-de-France, les parcs du Gâtinais Français et de la Haute Vallée de Chevreuse ont mené des campagnes particulièrement pionnières en la matière, suivis par le parc du Vexin Français et bientôt du parc d'Oise Pays-de-France, faisant accéder leur territoire à des statuts de protection de l'environnement nocturne plus élevés que sur le reste du territoire de la région. Sur les 70 communes composant le parc du Gâtinais Français, 67 pratiquent une

extinction de l'éclairage public au cours de la nuit (voir annexe 9), et le parc a reçu le label « Territoire de villes et villages étoilés » décerné par l'ANPCEN.

Les syndicats de gestion énergétique peuvent aussi jouer un rôle dans les choix d'éclairage public des communes, et différents syndicats ne s'engagent pas de la même manière vis-à-vis des enjeux environnementaux. Pourtant leur rôle peut être crucial pour fournir un cadre d'action et des moyens adaptés aux communes de petites tailles, pour lesquelles une mesure d'adaptation de l'éclairage public ne peut souvent passer que par une extinction, mesure peu coûteuse. Une adhésion à un syndicat d'énergie leur permet d'installer des équipements plus coûteux et d'élargir leur panel d'action : renouvellement du parc d'éclairage pour un matériel moderne, types d'éclairages et gestions différenciées selon les secteurs, ou installation de détecteurs de présence par exemple. Leur sensibilisation au bon usage des normes et à la prise en compte des effets indésirables de la lumière artificielle doit cependant encore être renforcée (Auricoste *et al*, 2018).

Nos échanges avec le SDESM (Syndicat Départemental des Energies de Seine-et-Marne) ont pu nous fournir un exemple d'une telle prise de compétence sur les enjeux environnementaux au niveau d'un département : déjà engagé sur la recensement et la promotion des mesures de régulation responsable de l'éclairage (notamment des extinctions ciblées et de l'installation de détecteurs de présence), le syndicat a lancé cette année un appel d'offre pour la photographie aérienne nocturne des éclairages publics des communes, permettant un diagnostic des pollutions lumineuses et une gestion plus fine du territoire. Le Sipperec (Syndicat intercommunal de la périphérie de Paris pour l'électricité et les réseaux de communication), de même, impose des critères de réduction des pollutions lumineuses pour accorder ses subventions liées au renouvellement des parcs d'éclairage.

L'échelle de la région Ile-de-France, enfin, bien que n'influençant directement que peu les choix d'éclairage, privilégie certaines orientations à travers ses programmes de financement et d'appel à projet. Cependant ce rôle peut être ambigu, les aides régionales pouvant mener à des contradictions entre les différents enjeux environnementaux : l'économie d'énergie, orientation importante de la région pour se rapprocher d'un objectif de sobriété, peut mener les communes à privilégier des éclairages par LED blanches, très rentables d'un point de vue énergétique mais aussi plus néfastes pour la biodiversité que des éclairages ambrés. Cette ambiguïté se retrouve à l'échelle étatique, les aides liées à l'éclairage ayant jusqu'à maintenant privilégié l'efficacité énergétiques aux autres critères de ce dernier (par le cadre des conventions signées avec les territoires à énergie positive pour la croissance verte -TEPCV- ou par l'intermédiaire de structures rattachées comme l'Ademe).

2. Eclairage public, acteurs privés

L'éclairage public représente un marché important à l'échelle nationale (2,3 milliards d'euros selon le Syndicat de l'éclairage), et les acteurs privés, aussi bien du côté des entreprises que des associations, participent à une mise en tension des questions d'éclairage en appuyant des points de vue qui leur sont propres sur la scène politique ou dans la production de données. Comme décrit précédemment, on peut souvent séparer les avis divergents des acteurs privés selon des perspectives « environnementalistes » ou « technicistes » (Challéat et Lapostolle, 2014), bien qu'une telle opposition ne soit en aucun cas revendiquée par ces mêmes acteurs. Il est aussi important de noter que cette opposition s'inscrit, pour de nombreux acteurs privés de l'éclairage, dans des logiques de rentabilité et de maintien de l'activité : face aux constats des effets néfastes que peut avoir la lumière artificielle et à la diffusion de ces constats auprès du public et des décideurs, les professionnels de

l'éclairage peuvent se sentir menacés par l'idée que l'éclairage doit être maîtrisé et réduit, et vouloir défendre leur source de revenu.

L'opposition la plus marquante, et qui a déjà été discutée un peu plus tôt, est celle entre l'AFE et l'ANPCEN. Elle n'est cependant pas spécifique à l'Ile-de-France, et n'influence l'éclairage public de la région qu'à travers un échange d'idées peu spatialisées (à travers des guides de bonnes pratiques, des fiches techniques, des conférences pour spécialistes ou élus). L'ANPCEN parvient tout de même à territorialiser son action grâce à sa charte de l'éclairage durable et à son label « Villes et Villages Etoilés », particulièrement présent en Ile-de-France au sein des PNR, tandis que l'AFE s'assure une diffusion de ses idées par ses nombreux adhérents, la publication de sa revue *Lux* et ses interactions avec les directions des services techniques et syndicats de l'éclairage. Son positionnement est ambigu, cherchant à concilier les aspects les plus problématiques de l'éclairage (ses effets sur la santé et la biodiversité) avec les logiques économiques des fabricants et concepteurs d'éclairage. La recherche de rentabilité de ces derniers, quand elle passe par l'orientation de la communication d'une association puissante comme l'AFE, a même été qualifiée de lobbying par plusieurs acteurs interrogés lors des entretiens menés par la mission sécurité de l'Institut Paris Region ou par certains concepteurs-lumière (Narboni et Guérard, 2021).

Le qualificatif est cependant renvoyé vers les défenseurs de la perspective environnementaliste par les concepteurs lumière et les éclairagistes. Roger Narboni concepteur lumière et président de Concepto (a qui le renouvellement du parc d'éclairage de Paris a été attribué) écrit ainsi en juin dernier dans un article consacré aux trames noires : « Le premier Grenelle de l'environnement en 2007 et les suivants, ainsi que les nombreuses commissions de travail et de préparation des arrêtés et des décrets sur les nuisances lumineuses auxquelles j'ai participé en tant que représentant de l'ACE m'ont fait prendre alors conscience de l'importance des sujets environnementaux pour notre profession et de l'impérieuse nécessité de s'en emparer pour éviter que d'autres (astronomes amateurs, biologistes et écologues) ne décident à notre place des prescriptions à établir en termes d'éclairages publics durables ». Les acteurs issus de l'étude et de la protection de l'environnement peuvent ainsi être écartés du débat, considérés comme non-qualifiés pour prendre des décisions d'aménagement. Dans le même temps, Concepto s'approprie les enjeux environnementaux pour les intégrer dans leurs travaux avec une perspective de concepteur et de technicien, ce qui peut mener à des approximations ou des contresens du point de vue de l'écologie.

Pour autant les effets environnementaux de la lumière artificielle restent principalement le champ d'action des associations et bureaux d'étude dont le domaine est spécifiquement l'environnement. L'association Noé, en particulier, conseille les élus et les PNR et les invite à s'engager avec sa propre charte de l'éclairage durable. Le bureau d'étude DarkSkyLab, quant à lui mené par Sébastien Vauclair, astrophysicien, est régulièrement sollicité pour réaliser des études comme les prises de vues satellites des pollutions lumineuses, notamment en Ile-de-France, et celui-ci intervient dans de nombreuses formations et colloques pour militer contre la dégradation de l'environnement et du ciel nocturnes. D'autres bureaux d'études et organismes travaillent aussi à la réalisation de trames noires, comme Audicé biodiversité et TerrOïko dans le cas du projet de trame noire de l'intercommunalité de Marne-et-Gondoire, et Seine-et-Marne.

Les acteurs privés ajoutent donc à la complexité des acteurs publics une répartition inégale et une fragmentation des savoirs et des approches. En se positionnant par rapport à des polémiques -telles que l'usage du terme de pollution lumineuse- et à des problèmes identifiés par la communauté

scientifique mais encore peu appropriés par les usagers ou les élus, les acteurs privés offrent un paysage hétérogène, qui peut rendre l'appropriation de l'éclairage artificiel plus complexe à travers l'expression d'engagements ou d'intérêts personnels, qu'ils soient liés à un militantisme environnemental ou à une recherche de rentabilité économique.

3. Les usagers, un groupe à conjuguer au pluriel

Les usagers de l'espace public, la cible même de l'éclairage public, ne sont que peu évoqués, quel que soit le support de communication, la mesure ou la politique. Ils apparaissent souvent comme un corps uniforme, et leurs motivations, préférences ou besoins sont systématiquement écartés des débats, chaque acteur supposant les connaître. Si les besoins biologiques d'obscurité commencent à être étudiés pour les maladies que peut provoquer un excès de lumière artificiel, les besoins sociaux, économiques, et sécuritaires de lumière restent obscurs. Les résultats de notre enquête montrent que la relation des usagers à leur éclairage devrait être étudiée de manière plus approfondie pour mieux prendre en compte leurs besoins réels, qui apparaissent plus complexes que ne le laissent entendre les discours publics. Si certains points peuvent faire consensus, il est impossible de définir de grandes tendances pour un bon nombre d'entrées du questionnaire, et il est nécessaire de croiser les réponses des interrogés avec d'autres informations les concernant pour mieux comprendre et catégoriser leurs choix.

La relation des usagers à la nuit est nuancée parce qu'elle dépend du public en question mais aussi de facteurs contextuels complexes, inscrits dans l'espace (type de quartier, morphologie, architecture), dans le temps (périodes d'activité ou de sommeil), et dans des systèmes de représentation (folklores, peurs, esthétisme). Quand certaines populations se sentent et vivent plus en insécurité la nuit (34,9% des interrogés ont été victimes ou témoin d'une situation d'agression, de vol ou d'incivilité de nuit dans un espace public), d'autres soulignent leur besoin d'un environnement nocturne à la luminosité plus naturelle et moins intrusive (70% des interrogés trouvent les lieux qu'ils ou elles fréquentent trop éclairés, et 33% déclarent moins bien dormir à cause d'un éclairage public intrusif). D'autres, enfin, combinent ces deux perspectives.

Dans le but de déterminer quels facteurs ont le plus d'influence sur les réponses des interrogés nous avons réalisé une analyse des correspondances multiples (ACM), traitement statistique mettant en valeur les rapprochements dans les types de réponse possibles. A partir de celle-ci nous avons aussi pu déduire trois grands profils d'usagers ayant une perception différente de l'éclairage et de la nuit. Il est à noter que ces profils ne sont pas strictement départagés et que certaines de leurs caractéristiques sont plus définies que d'autres.

Le premier profil est plus proche de la nature et des étoiles, généralement indifférent voire hostile à l'éclairage, et se sent à l'aise dans l'obscurité. Légèrement plus masculin et ayant tendance à habiter un territoire moins dense, ce profil de répondant est favorable à une extinction de l'éclairage public une partie voire toute la nuit au nom de la protection du ciel étoilé, de la biodiversité et de la santé. L'éclairage public, quand il est intense et continu, est perçu comme inutile et dommageable, et son extinction comme une mesure de bon sens.

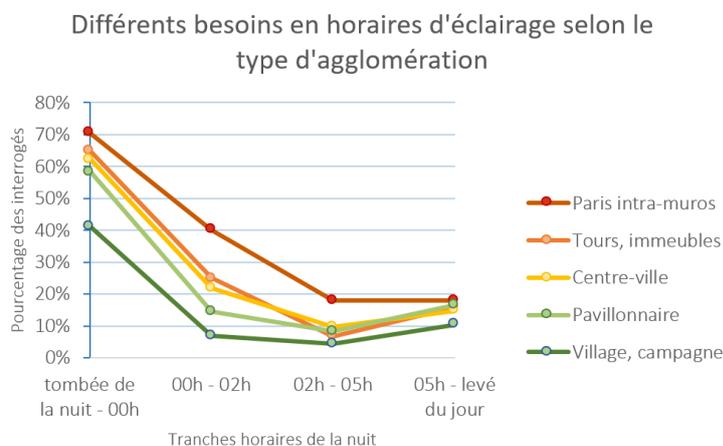
Le deuxième profil est moins facile à définir par des caractéristiques personnelles. Plus ambivalent que les deux autres profils, il a tendance à être favorable à une réduction générale de l'éclairage public sans pour autant aller systématiquement jusqu'à l'extinction. Une recherche de compromis apparaît souvent dans ses réponses, cherchant à allier le besoin d'une réduction de l'éclairage d'un point de

vue du sommeil et de l'économie d'énergie avec le besoin d'un maintien de lumière au nom de la sécurité des déplacements.

Le troisième profil habite plutôt en milieu urbain et est généralement très dépendant de l'éclairage pour se déplacer. Légèrement plus féminin, ce profil d'interrogé exprime une inquiétude liée à l'obscurité et un sentiment d'insécurité parfois fort et appuyé par des expériences personnelles. Il est défavorable à une extinction de l'éclairage public, qui est perçue comme un garant de la sécurité et une présence rassurante. L'accent est mis sur le placement judicieux des sources lumineuses.

Les facteurs qui apparaissent comme les plus importants dans le positionnement de l'utilisateur vis-à-vis de l'éclairage public sont le type d'environnement dans lequel il habite (densité du tissu urbain, type de quartier, proximité d'un parc naturel) et le genre. L'âge et la CSP n'apparaissent pas comme des facteurs en soi, bien qu'ils puissent en expliquer partiellement d'autres ayant une importance, comme la sensibilité aux questions environnementales et aux solutions alternatives.

La variable du genre joue un rôle central dans la nature et l'intensité du sentiment d'insécurité nocturne (voir figure 1). Les femmes ont tendance à exprimer plus de craintes liées à un manque d'éclairage que les hommes, et ces craintes sont plus diversifiées. Cette différence est liée à une insécurité vécue plus forte en tant que victime ou témoin. Une partie des opposants à l'extinction de l'éclairage public -hommes ou femmes- le sont donc au nom de l'égalité du droit d'accès à l'espace public en toute sécurité. Les femmes étant souvent les premières victimes de l'insécurité nocturne vécue ou ressentie, leur expérience doit être prise en compte dans l'élaboration d'un éclairage public. La variable de l'environnement d'habitat de l'utilisateur, elle, traduit à la fois un gradient de proximité à la nature et un gradient d'appréciation de l'éclairage pour son utilité perçue. Ainsi les besoins en



éclairage exprimés sont généralement de plus en plus faibles et l'acceptabilité d'une extinction de plus en plus forte à mesure que l'on s'éloigne des centres urbains denses.

Figure 4 : représentation graphique des besoins exprimés en éclairage selon l'heure de la nuit et le type d'agglomération ou de quartier d'habitat de l'interrogé. Le gradient de densité urbaine se traduit par un gradient de besoins en lumière artificielle.

De plus, qu'un usager déclare se sentir en insécurité dans une situation d'obscurité ne signifie pas qu'il ou elle ne puisse pas être favorable à une réduction des pollutions lumineuses. En d'autres termes, un usager peut vouloir simultanément augmenter et réduire l'éclairage public, ou percevoir la nuit comme à la fois apaisante et dangereuse. On parle dans ce cas de dissonances cognitives : des motifs différents conduisent les usagers à formuler des contradictions dans leurs modes de pensées. Notre étude révèle que les profils 2 et surtout 3 sont les plus susceptibles d'exprimer de telles contradictions. Il convient alors de concevoir un éclairage ambivalent, capable de répondre aux différents motifs d'action formulés par les usagers sans que l'un contredise l'autre. Cette démarche relève de ce que l'on peut appeler « l'éclairer juste » : ne pas chercher à éclairer plus ou moins, mais à éclairer mieux, de manière adaptée à chaque situation.

C) Les leviers d'action engagés dans le processus de contrôle de l'éclairage public

« Pour explorer le champ des possibles, le bricolage est la méthode la plus efficace. »

Hubert Reeves, *L'Espace prend la forme de mon regard*, 1995

L'extinction de l'éclairage public est une mesure possible pour réduire les pollutions lumineuses émises de nuit -et elle est sans doute la plus efficace pour atteindre cet objectif- mais elle n'est pas toujours adaptée aux espaces et à leurs usages. D'autres solutions existent pour faire coexister les activités humaines et le respect de la biodiversité nocturne, pour sécuriser les espaces sans voiler le ciel et les étoiles d'une couche orangée opaque. En plus de l'extinction, il s'agit donc de contrôler, maîtriser la lumière en vue de « l'éclairer juste ». Si la planification des espaces d'obscurité au niveau régional (SRCE/SRADDET) est encore embryonnaire, de nombreux territoires expérimentent de nouvelles manières d'éclairer au niveau local (Franchomme *et al*, 2019) ; comment se manifeste cette diffusion des pratiques par le bas ?

1. Avoir une vision éclairée de son territoire, un premier défi pour les collectivités

La première étape d'un passage à l'action est un état des lieux, souvent double : état des lieux de l'éclairage public en place d'une part et état des lieux de la biodiversité nocturne ou diurne présente sur le territoire et susceptible d'être impacté par l'éclairage d'autre part (plus loin nous soulignerons l'importance d'un autre état des lieux, celui des besoins des usagers). Ces états des lieux représentent un premier défi pour les collectivités, demandant une connaissance fine du territoire et un investissement conséquent : s'il peut parfois exister des données exploitables concernant la biodiversité (à travers les bases de données existantes, comme le réseau Natura 2000, les ZNIEFF ou l'inventaire national du patrimoine naturel), il n'existe aucune donnée d'ensemble de l'éclairage public, et seulement quelques rares collectivités ouvrent ces données à leur échelle en Open Data. La ville de Paris a de cette manière rendu public l'ensemble de ses données géolocalisées sur son éclairage public (positionnement de chaque point lumineux, lampadaires et mâts), mais chaque collectivité n'a pas les moyens de s'engager de la même manière.

Différentes cartographies des pollutions lumineuses sont accessibles en ligne gratuitement, comme l'atlas mondial dédié à cette question de Falchi, publié en 2016. Cependant ces cartographies, issues d'observations satellites à l'échelle globales, n'ont pour intérêt que de donner un point de vue général de la diffusion des éclairages et de leur évolution, et n'offrent pas un niveau de précision suffisant pour servir de base à des actions locales. Il est possible de créer des

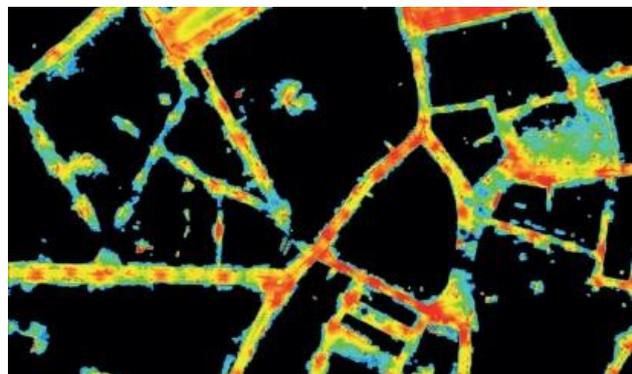


Image 6 : exemple de cartographie des luminances d'un parc d'éclairage issue de prises de vues aériennes, en 256 couleurs.
Source : LNE.

cartographies plus précises à l'aide de photographies satellites plus détaillées ou même de prises de vue aériennes nocturnes. Ces dernières, appelées ortho-luminoplans, permettent de représenter et géoréférencer un parc d'éclairage avec un niveau de précision au point lumineux (résolution de 15 à 30cm) mais aussi de cartographier les pollutions lumineuses à l'aide d'un traitement de l'image basé sur la luminance du terrain (voir exemple ci-contre). Cet outil est intéressant pour mettre en place des actions mais il est très coûteux pour les petites collectivités, son prix au km² diminuant à mesure que le territoire pris en compte augmente en superficie (un avion peut photographier jusqu'à 500km² par soirée de vol).

De plus, il doit être couplé d'une visite de terrain car il ne permet pas de déterminer pleinement les spécificités des espaces et des équipements d'éclairage. Au niveau d'une collectivité, un gestionnaire a besoin de connaître son parc d'éclairage de manière précise pour savoir qui allumer et comment : caractéristiques de chaque point lumineux (hauteur, orientation, couleur, vétusté, efficacité énergétique, sécurité), intégration de ces points lumineux dans les espaces qu'ils éclairent, et caractéristiques du réseau d'éclairage comme les armoires électriques, le système de gestion et les zonages. Un tel inventaire, s'il n'a pas été fait au moment de renouveler le parc d'éclairage, représente un coût élevé pour les petites collectivités, contrairement aux grandes agglomérations pour lesquelles ces pratiques se sont développées ces dernières années.

Plusieurs acteurs peuvent aider à faire l'état des lieux des parcs d'éclairage, comme les syndicats d'énergie en appui aux collectivités au niveau départemental (c'est le cas du SDESM par exemple) ou des établissements publics tels que l'Ademe, qui finance des diagnostics dans le cadre des certificats d'économie d'énergie. Des associations environnementales, comme FNE ou l'ANPCEN, mettent aussi à disposition des collectivités des guides et des ressources, dont des étiquetages spécifiques aux

qualités environnementales des luminaires (exemple ci-contre).

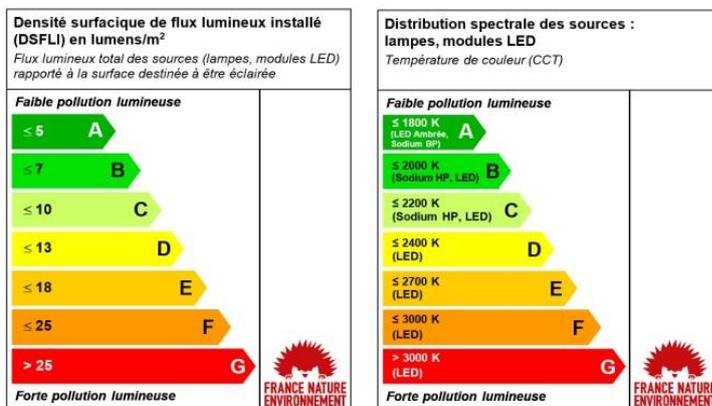


Image 7 : Etiquetage des qualités environnementales d'un éclairage, fournissant des informations sur son intensité et sa température d'éclairage. On remarque d'ailleurs une faiblesse aussi présente dans la réglementation : le flux lumineux est rapporté à la « surface destinée à être éclairée », justifiant toutes sortes d'intensités lumineuses Source : FNE.

L'état des lieux de la biodiversité, lui, vise à déterminer quelles sont les espèces présentes sur le territoire, quels sont leurs habitats et leurs corridors de déplacement, et quelle est leur sensibilité à la lumière. Pour cette raison, les coûts associés à un inventaire exhaustif étant élevés, il est utile pour les collectivités de réfléchir en termes d'espèces modèles lorsqu'elles cherchent à mettre en place des trames noires notamment. Une espèce modèle peut être identifiée pour chaque sous-trame des milieux naturels, mais dans la réalité se sont souvent les chiroptères, dont les espèces sont très sensibles aux variations de luminosité et relativement faciles à observer, qui sont choisies comme espèces modèles pour déterminer les seuils d'obscurité à respecter. Une fois ces seuils déterminés et les habitats localisés, il est possible de modéliser la connectivité obscure d'un territoire en croisant cette donnée avec la cartographie du parc d'éclairage évoquée précédemment.

La définition de ces seuils peut nécessiter des démarches scientifiques, du matériel et des professionnels qui ne sont pas toujours à la portée des collectivités, et passer par un maillage fin et complexe demandant de nombreux relevés de terrain. Les exemples les plus aboutis en France métropolitaine sont l'œuvre de territoires aux enjeux importants (comme dans le Parc national des Pyrénées : deux nuits de relevés pour chacune des 286 mailles identifiées) ou aux moyens particulièrement engagés sur la question de l'éclairage (comme pour la métropole européenne de Lille : une nuit de relevé pour 305 mailles). Ces démarches n'étant pas répliquables pour des territoires possédant moins de ressources, il apparaît nécessaire de mettre en place une base de données centralisées pour mutualiser les connaissances et ainsi permettre l'appropriation des savoirs par les acteurs locaux.

L'appropriation du vocabulaire parfois technique de l'éclairage (intensité lumineuse, flux lumineux, luminance de la source, luminance de l'objet, éclairement et densité surfacique de flux lumineux sont autant de paramètres différents) et des données de biodiversité (espèces modèles, sous-trames et seuils de sensibilité à la lumière) représentent un premier défi pour les collectivités, ce qui pose la question de la nécessité de tels états des lieux comme connaissances préalables à l'action, d'autant qu'ils ne prennent pas encore en compte la raison même pour laquelle l'éclairage existe, à savoir les besoins en lumière des usagers selon les espaces et leurs pratiques. Les mesures possibles de réduction de l'éclairage public pouvant s'avérer relativement peu coûteuses et même rentables à moyen terme, il est regrettable que des collectivités puissent être bloquées par manque de moyens pour réaliser des études poussées de leurs parcs et de la biodiversité présente sur leur territoire.

2. Panel d'outils techniques mis à disposition des gestionnaires

Bien que l'état des lieux du parc d'éclairage public et de ses effets sur la faune et la flore soit une étape importante pour mener à bien des mesures cohérentes et efficaces, certaines actions sur l'éclairage peuvent être entreprises indépendamment ou de manière préventive. Celles-ci sont notamment permises par les récentes innovations des technologies d'éclairage plus flexibles mais elles peuvent aussi tenir d'une simple recherche de sobriété. Ce nouveau référentiel d'action, que l'on peut qualifier « d'éclairer juste »¹¹, tend à formuler une meilleure maîtrise des flux lumineux dans l'espace et dans le temps pour les faire correspondre à des logiques dépendantes des circonstances - contrairement à un éclairage uniforme en toutes situations. La prégnance de ce référentiel d'action dans les territoires dépend grandement de l'appropriation des enjeux de l'éclairage : un grand nombre de possibilités techniques existent pour réduire les pollutions lumineuses, d'autant qu'elles peuvent souvent s'additionner les unes aux autres, et la création ou l'adaptation de parcs d'éclairages respectueux de l'environnement passe avant tout par ce qu'on pourrait qualifier de bricolage.

Cinq grandes caractéristiques de la lumière peuvent être modifiées pour réduire les pollutions lumineuses. La première est la temporalité d'éclairement : bien que les effets bénéfiques d'un éclairage intermittent soient à nuancer, certaines espèces pouvant se montrer plus sensibles à des variations subites de luminosité, une diminution générale des durées d'éclairement assure une réduction des pollutions diffuse, en particulier dans l'atmosphère sous forme de halo lumineux. Cette mesure peut passer par l'installation de détecteurs de présence, programmant l'éclairage à ne s'allumer que lorsqu'une présence est détectée, ou un peu avant dans le cadre d'une installation à

¹¹ Formulation, par l'Ademe, des volontés d'évolutions économiques, sociales et environnementales de l'éclairage urbain. Reprise par [Challéat, 2018](#)

l'échelle d'une rue ou d'une route, et à s'éteindre peu après que cette présence ne soit plus détectée. Une autre solution, largement diffusée en Ile-de-France ou ailleurs parmi les communes réduisant leur éclairage public, est l'extinction en cœur de nuit : l'éclairage est conditionné pour ne s'allumer qu'aux premières et dernières heures de la nuit, périodes durant lesquels les activités anthropiques sont encore les plus fortes durant la nuit. Là aussi, comme nous le verrons en interrogeant la présence d'une trame noire en Ile-de-France, les effets bénéfiques doivent être nuancés. L'éclairage public peut aussi être totalement coupé durant la période estivale dans certaines communes rurales, contournant tout effet potentiellement néfaste de l'éclairage public.

Il est aussi intéressant de maîtriser l'éclairage public d'un point de vue directionnel : le choix de luminaires peut modifier drastiquement le pourcentage de lumière émise vers le ciel ou les surfaces environnantes (voir annexe 10). L'installation de coupe-flux aide à n'orienter l'émission de lumière que vers les directions souhaitées, illuminant les surfaces dont l'éclairage est pertinent et ne laissant les autres surfaces éclairées que par la lumière diffuse, réfléchie, plutôt que par une lumière directe. L'installation de coupe-flux, souvent peu chère, peut se faire sur de nouveaux équipements mais aussi d'autres plus anciens, inadaptés aux enjeux actuels de l'éclairage. Ils sont particulièrement intéressants pour ne pas éclairer des zones très sensibles à la lumière artificielle nocturne, comme les plans d'eau.

Image 8 : Lampadaire LED muni d'un coupe-flux, installé par la ville de Lille dans le cadre du projet Luciole. Extrait du guide Trame noire de l'OFB. Source : Yohann Tison, ville de Lille.



Troisièmement, il est possible de moduler l'intensité lumineuse des lampes employées, soit en jouant directement sur l'alimentation de ces dernières soit selon leurs caractéristiques techniques. Les lampes LED, de ce point de vue, offrent une flexibilité supplémentaire. Des variateurs d'intensité peuvent aider à ajuster l'intensité lumineuse des lampes selon des critères prédéfinis, comme la luminosité ambiante, l'heure de la nuit ou la détection de présence. Moduler l'intensité lumineuse vers des niveaux relativement bas par rapport aux standards actuels permet de réduire drastiquement la pollution lumineuse émise, et cette mesure est d'autant plus intéressante que même des niveaux d'intensité lumineuse bas satisfont les activités humaines. Bien que le contexte d'éclairage soit différent, il est intéressant de noter qu'une étude dans la ville de Tucson aux États-Unis a montré qu'une réduction de 90% à 30% de l'intensité lumineuse n'a même pas été remarquée par les habitants. Il est aussi important de noter qu'un des critères les plus importants pour les activités humaines la nuit est l'absence de contrastes forts aboutissant à des éblouissements et à une perte d'habitude de la vision à l'obscurité, ce qui pousse à une réduction générale des intensités lumineuses.

Quatrièmement, le spectre lumineux des équipements d'éclairage peut être choisi aussi réduit que possible pour minimiser les effets sur la faune et la flore (voir annexe 11 pour le détail des spectres lumineux selon les sources d'éclairage) : aucune solution parfaite n'existant en termes de spectres lumineux, choisir un éclairage aussi monochrome que possible permet de réduire au mieux les effets de la pollution lumineuse sur les écosystèmes. Les bandes spectrales les plus importantes à éviter sont

les ultraviolets et les infrarouges (invisibles pour l'œil humain mais pas pour d'autres espèces) et le bleu, responsables d'une part des effets néfastes de la pollution lumineuse. Le choix de la couleur même peut être adapté en fonction des espèces locales, mais à défaut de posséder cette connaissance il semble en l'état que les lumières jaunes ou oranges aient le moins d'effets sur la plupart des taxons.

Enfin, il peut être judicieux d'adapter les revêtements des sols d'une manière ou d'une autres. Dans les zones nécessitant de fortes intensités lumineuses, un revêtement sombre a tendance à absorber la lumière et à en renvoyer une plus faible partie qu'un revêtement clair, limitant la pollution lumineuse diffuse. Dans les zones ne nécessitant pas ou peu d'éclairage, un revêtement clair permet de faire ressortir les voies et les sentiers sans avoir à les éclairer, ces derniers apparaissant naturellement plus visibles dans des environnements obscurs, réduisant donc à terme les besoins en éclairage.

3. Extinction et diminution dans les communes franciliennes : peut-on parler de trame noire ?

En date du 25 septembre 2021, 626 communes franciliennes sur 1287 ont répondu à notre enquête à destination des collectivités, soit près d'une commune sur deux. Sans obligation et de réponse et sur une base déclarative, cette enquête représente tout de même une base de données intéressante pour étudier les mesures d'extinction et de modulation de l'éclairage public pour les communes, ainsi que leurs motivations et les évolutions dans le temps. Sur ces 626 communes 45,5% déclarent mettre en place une extinction de l'éclairage public en cœur de nuit à l'année sur au moins un secteur de leur parc d'éclairage (et 35,6% sur tout leur parc d'éclairage), et 10,2% déclarent prévoir de mettre en place une extinction sur leur parc d'éclairage à l'avenir. De plus, 21,2% des communes déclarent mettre en place une extinction totale durant la période estivale sur au moins un secteur de leur parc d'éclairage (et 17,9% sur tout leur parc d'éclairage). Concernant la modulation de l'éclairage 52,4% des communes déclarent avoir adopté un mobilier limitant les pollutions lumineuses, et 11,5% des communes avoir installé des détecteurs de présence sur une partie de leur parc d'éclairage. Les principaux résultats de cette étude régionale ont été représentés sur la carte suivante :

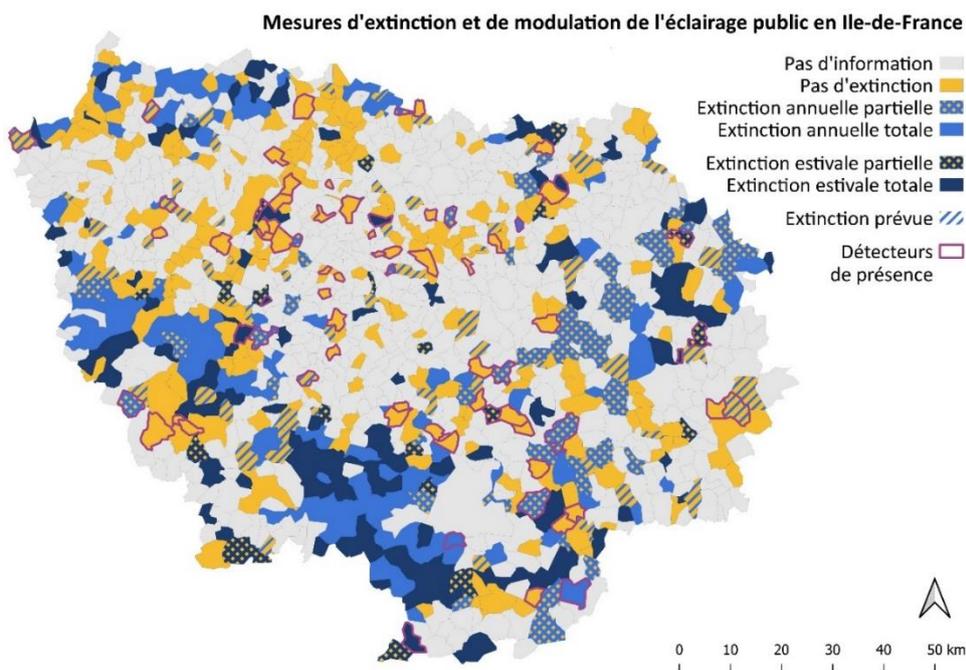


Figure 5 : Cartographie des principaux résultats de l'enquête diffusée auprès des communes d'Ile-de-France. Les adjectifs « partielle » et « totale » concernent la dimension spatiale de l'extinction (et non temporelle). Plusieurs territoires ressortent particulièrement en termes d'extinction de l'éclairage public (les PNR du Gâtinais Français, de la Haute Vallée de Chevreuse et du Vexin Français). Ce sont aussi ces territoires qui ont eu tendance à répondre le plus à notre questionnaire.

On observe ainsi une diffusion des pratiques d'extinction de l'éclairage public en-dehors des PNR, bien que ces derniers en concentrent encore la majorité. L'installation de détecteurs de présence, elle, semble être privilégiée par les communes ne réalisant pas d'extinction, particulièrement en petite couronne. Cette distinction spatiale entre extinction et adaptation de l'éclairage semble traduire des manières différentes de s'approprier les environnements nocturnes et de moduler l'éclairage public en conséquence, la première pratique s'inscrivant dans la logique de sobriété tandis que la deuxième tend à s'inscrire dans les logiques de modernisation et de villes intelligentes. On retrouve ici des stratégies différenciées selon le contexte urbain ou rural de la commune.

Cette diffusion des pratiques permet-elle pour autant de parler de trame noire à l'échelle régionale ? Si certaines communes ou intercommunalités prennent l'initiative de mettre en place des trames noires à leur échelle, comme la communauté d'agglomération de Marne-et-Gondoire dont le projet est en cours de réalisation ou la commune d'Aulnay-sous-Bois qui a commencé à réfléchir à un périmètre, il est difficile d'étendre ce constat à l'échelle de la région. Un manque de concertation et de motivations communes place ces initiatives entre les mains des communes ou intercommunalités elles-mêmes -à moins qu'une entité n'organise cette mise en cohérence à l'échelle territoriale, comme les parcs naturels régionaux, qui, à défaut d'obtenir une trame noire à proprement parlé, peuvent obtenir une uniformisation des mesures d'extinction de l'éclairage public, participant à une réduction globale des pollutions lumineuses.

Les mesures d'extinction, bien que bénéfiques pour la biodiversité, ne sont en général pas suffisantes pour assurer les fonctions écologiques d'un environnement nocturne parce qu'elles ne sont que partielles dans l'espace et/ou dans le temps. Les effets bénéfiques des extinctions en cœur de nuit sont limités par les périodes d'activité crépusculaires de nombreuses espèces, dont des chiroptères (Azam *et al*, 2016). Ainsi, une étude menée dans le PNR du Gâtinais Français montre que sur 8 groupes de chiroptères, deux fuient la lumière et commencent leur période d'activité après l'extinction, à minuit (les Murins et les Oreillards), un est attiré par la lumière qui lui permet de chasser plus d'insectes (les pipistrelles communes), et cinq ont les mêmes comportements quel que soit la configuration lumineuse, extinction en cœur de nuit ou non (Azam *et al*, 2015). Cela s'explique par le caractère crépusculaire de l'activité, qui se trouve empêchée par l'éclairage public avant minuit.

Autrement dit, pour qu'une extinction en cœur de nuit puisse être efficace du point de vue de la protection de la biodiversité, elle devrait être adaptée aux réseaux écologiques nocturnes pour commencer plus tôt dans les zones à enjeux de biodiversité. Or il apparaît que les extinctions en cœur de nuit sont encore plus souvent motivées par les économies financières réalisées grâce à la diminution des dépenses énergétiques qu'elles ne le sont pour des motifs environnementaux, et les collectivités ne réalisent pas toujours d'état des lieux de leur biodiversité locale ou d'extinction différenciée selon les secteurs. L'extinction de l'éclairage public est encore parfois considérée par le public, les médias ou les communes elles-mêmes comme un renoncement, une solution facile pour réaliser des économies financières, opportunisme apparent renforcé par le couvre-feu mis en place durant la crise sanitaire liée au covid 19.

Bien que de plus en plus de communes se positionnent sur les enjeux environnementaux de l'éclairage public et notamment ceux liés à la biodiversité, les économies financières restent le premier moteur d'action, priorité motivée par des budgets communaux restreints. Ces résultats sont en cohérence avec ceux du projet Tramenoire de la métropole européenne de Lille : les économies budgétaires et/ou d'énergie y constituent la plus grande part des justifications des communes pour modifier leur éclairage. Les collectivités ont tendance à avoir peu de connaissances au sujet des effets de l'éclairage artificiel sur la biodiversité et la santé, et les évolutions de l'éclairage traduisent en partie une adaptation au contexte économique actuel à travers les innovations de l'éclairage (Franchomme *et al*, 2019). Les enjeux environnementaux n'apparaissent aux yeux de la majorité des communes que

comme des objectifs secondaires, derrière la réduction de la facture et l'optimisation de la sécurité des habitants et des biens. La santé et le sommeil des habitants sont encore derrière.

Priorité(s) lors du renouvellement du parc d'éclairage

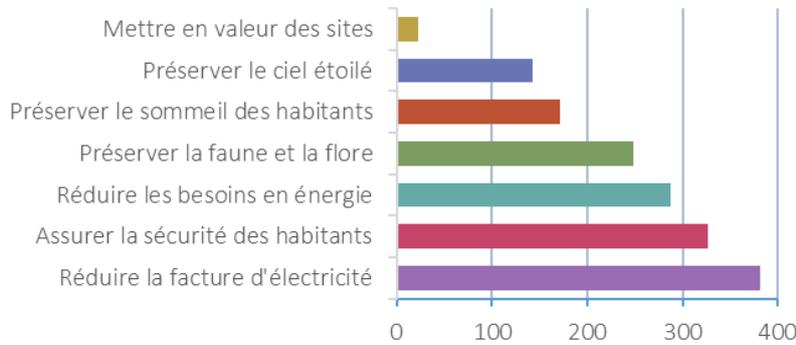


Figure 6 : Priorités exprimées par les collectivités lors du renouvellement de leur parc d'éclairage. Chaque commune interrogée pouvait choisir entre une et trois options, les options « ciel étoilé », « sommeil des habitants » et « faune et flore » étant une seule et même option (« réduire les pollutions lumineuses ») détaillée en trois items différents.

La réduction des pollutions lumineuses est d'abord vue comme une source d'économie financière (Mallet, 2011), ce qui est aussi valable quand les collectivités sont motivées par les subventions des syndicats mixtes (syndicats d'énergie ou PNR) conditionnées par des critères environnementaux. Si l'absence de cohérence régionale n'empêche pas certaines communes de s'approprier les enjeux environnementaux et d'agir en faveur de la biodiversité, sans toujours aller jusqu'à mettre en place une trame noire, ces initiatives apparaissent coûteuses et ambitieuses dès lors qu'elles ne reposent pas que sur une simple extinction de l'éclairage public. La commune de Bougival, par exemple, avait pu rénover son parc d'éclairage en y intégrant des éléments intéressants d'un point de vue environnemental et social (réduction de la hauteur des mâts, orientation des flux vers la chaussée, réduction des points lumineux, travail sur l'éclairage minimum, variation de l'intensité des flux de 22h à 5h, détection de présence avec panneaux photovoltaïques) à l'aide d'un partenariat public-privé ambitieux et d'aides de l'Ademe. En 2018, le maire déclarait que dans le contexte de tension des finances des collectivités de l'époque, un tel partenariat n'était plus possible (Auricoste et al, 2018), soulignant la contingence aux contextes économiques de tels projets ambitieux.

III. Donner corps à la notion d'éclairage « juste » : l'appropriation de l'environnement nocturne

Les mesures de réduction de l'éclairage public, souvent motivée par les économies financières ou simplement effectuée dans des contextes économiques incertains, n'ont pas toujours les moyens d'être structurées au sein de trames noires cohérentes à l'échelle des communes, et encore moins aux échelles départementales ou régionales. Pour autant, il reste possible d'agir sur l'éclairage public à travers de nombreuses actions plus ou moins techniques et coûteuses, même en dehors des continuités écologiques planifiées. Pour rattacher ces actions à la protection de la biodiversité -et même du vivant en général, l'être humain profitant aussi d'un environnement nocturne sain- et les ancrer dans des processus durables et acceptés par les habitants, il faut parvenir à créer une concertation territoriale impliquant tous les acteurs, notamment privés, vers une vision commune de l'environnement nocturne. Les enjeux de l'éclairage, les effets de la pollution lumineuse, les bienfaits de l'obscurité restent trop souvent abordés par les points de vue des spécialistes et des techniciens : il faut démocratiser l'accès à ces notions pour en permettre une appropriation commune.

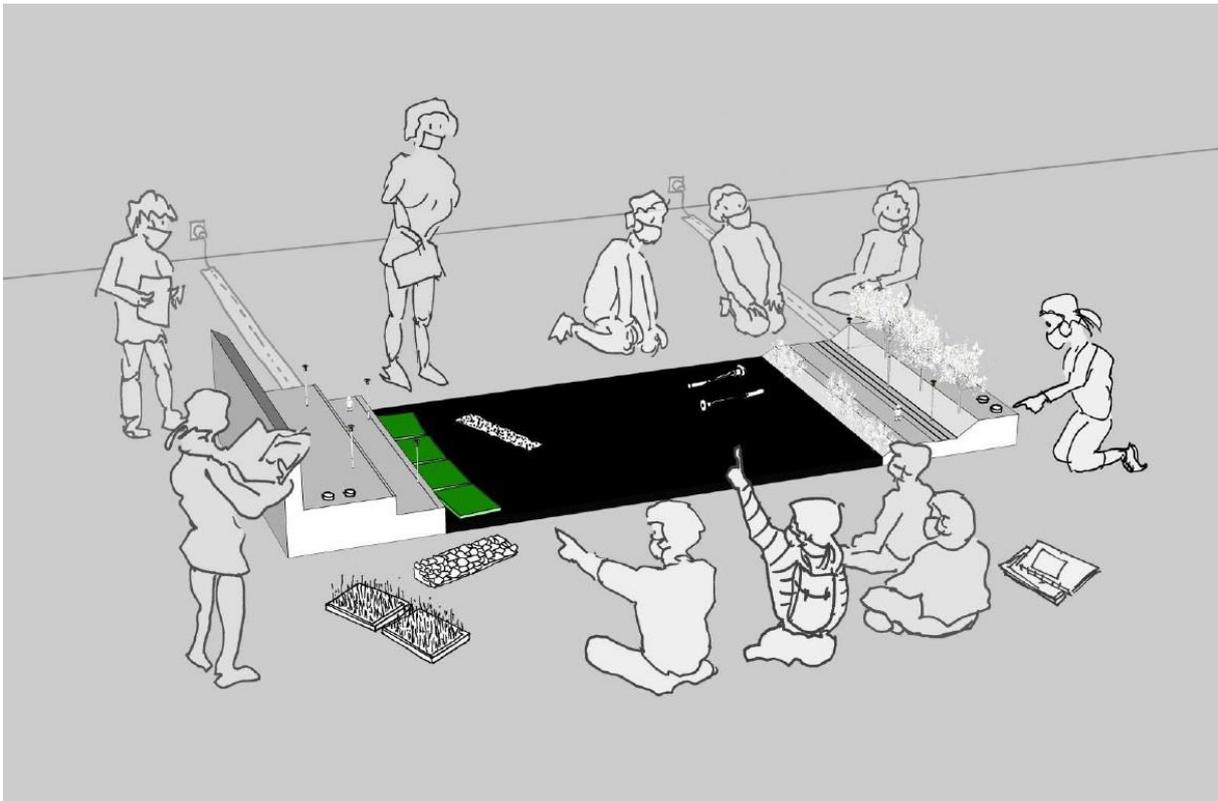


Image 9 : Vue d'artiste d'une exposition de sensibilisation à la trame étoilée (métropole européenne de Lille), illustrant un groupe d'enfants discutant autour d'une maquette d'un espace public de chemin le long du canal de la Deûle. Source : Frédéric Remaud, compte-rendu de l'atelier #4 sur les outils de sensibilisation à la trame étoilée.

A) La trame noire doit être un outil parmi d'autres intégré dans des projets de territoires

« Une approche interdisciplinaire forte est la condition sine qua non pour espérer dépasser les approches techniques des problèmes environnementaux afférents à la pollution lumineuse et leurs traitements, souvent fragmentés et disséminés. »

Samuel Challéat, 2017

La trame écologique et sa composante nocturne sont des outils recommandés par le corps scientifique dans le but de protéger la biodiversité nocturne, mais son efficacité n'est pas encore démontrée à toutes les échelles, surtout en milieu urbain dense. Aussi, il est important de rappeler qu'elle n'est qu'un outil parmi d'autres pour lutter contre les pollutions lumineuses au sens large : depuis les années 2000, les expériences territoriales se multiplient et élargissent leur action à l'ensemble de l'environnement nocturne, notion floue englobant de multiples dimensions socioculturelles, écologiques et sanitaires (Challéat, 2018).

1. Interroger les limites techniques et sémantiques de la trame noire

Il peut être intéressant d'interroger les limites de la notion de trame noire, tant dans son efficacité sur le terrain que dans son appropriation par les acteurs locaux. Prise individuellement, elle peut se limiter à l'application mécanique d'une méthodologie prédéfinie par les guides qui lui sont dédiés, faisant d'elle une mesure hors-sol, déconnectée d'une réflexion territorialisée plus globale sur l'éclairage et justifiant par sa dimension écologique forte, aux yeux des acteurs éloignés de la recherche en écologie, les excès d'éclairage dans les zones où elle ne s'applique pas.

D'un point de vue technique, ses effets bénéfiques sur les continuités écologiques peuvent être nuancés, ou du moins interrogés : comment prévoir et influencer les déplacements des espèces animales qui échappent à notre contrôle ? La trame noire vise à créer un réseau géographique favorable aux déplacements mais la recherche sur les seuils de sensibilité à la lumière, la portée d'influence des points lumineux sur les espèces, ou les relations interspécifiques nocturnes en milieux anthropiques sont encore partielles. Les luminaires pouvant avoir une influence sur les déplacements et les activités des insectes situés à plusieurs centaines de mètres, la pertinence d'une trame noire dédiée aux chiroptères en milieu urbain peut être interrogée, ces derniers se nourrissant en grande partie d'insectes volants. De même, les effets des trames noires sur les espèces migratrices ou les espèces diurnes dépendant d'écosystèmes nocturnes restent à étudier, et la dimension diffuse de la lumière semble difficile à réguler par les trames noires sur des échelles plus larges (les effets des halos lumineux s'étendent sur plusieurs dizaines de kilomètres) ou selon les conditions météorologiques (la présence de nuages ou d'un manteau neigeux recouvrant le sol influencent la diffusion de la lumière).

D'un point de vue opérationnel, la trame noire peut aussi être limitée par sa portée purement écologique : comment convaincre d'agir sur l'éclairage, souvent perçu comme un prérequis à la modernité, la sécurité, le confort, par le seul argument de favoriser les conditions de vie d'espèces animales mal connues du public -d'autant que les chiroptères, la plupart du temps érigés en effigie de la biodiversité nocturne motivant la mise en place des trames noires, inspirent culturellement la crainte et le dégoût ? La trame noire, outil écologique de protection de la biodiversité, a de problématique qu'il n'aborde pas directement les intérêts des populations profitant de l'éclairage artificiel nocturne. Sans connaissances préalables des services écosystémiques ou attachement personnel à la biodiversité, il est difficile de justifier la mise en place d'une trame noire, et encore plus difficile de justifier la mise en place d'autres mesures de réduction de l'éclairage public une fois qu'une trame noire est déjà présente. Autrement dit, l'acceptabilité sociale peut poser problème, et une méconnaissance des effets de la pollution lumineuse peut mener à considérer la mise en place d'une trame noire comme un droit d'émission de lumière en-dehors des continuités écologiques identifiées.

En l'absence de réglementation ou de politique nationale imposant la mise en place de trames noires aux collectivités, le manque d'appropriation de la notion de trame noire par le public est un problème important car il se traduit par une inaction politique ou des actions inappropriées. Le terme de trame noire, bien que de plus en plus diffusé dans la presse, reste peu connu, et ses implications sont plus obscures encore dans l'esprit du grand public. L'enjeu sémantique est ici central : la pollution lumineuse étant encore l'affaire des techniciens, il est nécessaire d'inventer un vocabulaire explicite et engageant pour le grand public, et le terme de trame noir remplit difficilement ce rôle. Quand il n'est pas connu, le terme fait peur, le « noir » sous-entend la mort de la lumière, la fin de la vie nocturne, de la sécurité, de la civilisation éclairée.

A Lille, tout un pan du programme de recherche a été consacré au nom qui serait utilisé par la ville et la Métropole pour désigner son expérimentation sur l'éclairage public : la trame noire étant trop effrayante, et le terme de « trame nocturne », plus neutre idéologiquement, étant breveté par l'ANPCEN, il a fallu se montrer plus imaginatif pour trouver une appellation acceptable par le public. La Métropole a ainsi proposé « la trame étoilée » (appellation également déposée par l'ANPCEN), perçue comme plus poétique, ou encore « le chemin des lucioles ». Finalement, la ville de Lille a gardé « le projet luciole » pour son projet de renouvellement de l'éclairage du parc de la Citadelle, et à la Métropole utilise le terme de « trame étoilée » pour la modulation de l'éclairage public le long du canal de la Deûle. D'autres territoires utilisent le terme de « trame sombre » (parcs nationaux des Pyrénées et des Cévennes, syndicat d'énergie de la Vendée) ou de « trame nuit » (SRCE de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur).

La recherche du juste terme traduit la nécessité pour les collectivités de faire accepter de tels projets par les populations, la réduction de l'éclairage public étant un sujet polémique motivant des plaintes et crispations de la part des habitants. La cacophonie de termes existant pour désigner des trames noires participe aussi à rendre l'appropriation de cette notion plus complexe par les habitants, mais permet d'un autre côté une certaine flexibilité dans la création de projets personnalisés et adaptés à chaque territoire, à leur identité et à leurs orientations vis-à-vis de l'éclairage public.

2. Agir en-dehors des continuités écologiques planifiées

Les trames noires réduisent les halos lumineux en réduisant la quantité totale de lumière émise, mais elle ne les annule pas, et ne les réduit pas autant qu'ils pourraient l'être. La pollution

lumineuse est une pollution diffuse, difficile à contrôler, surtout si on prend en compte les nombreuses sources d'éclairage privé. Pour cette raison et celle du manque de connaissances des élus pratiquant l'extinction sur leurs communes, la trame noire, en tant qu'outil territorial compris comme un réseau obscur, peut avoir une influence mitigée sur les espaces ou les moments de transition, les écotones et chronotones (Sordello *et al*, 2014), à savoir les espaces charnières entre zones anthropisées éclairées et zones naturelles sombres, et les moments charnières, crépusculaires, entre le jour et la nuit. Pour lutter efficacement contre les pollutions lumineuses, il est nécessaire d'agir aussi en-dehors des continuités écologiques identifiées et planifiées mais aussi d'inclure la ressource obscurité des êtres humains (par leur santé, la qualité de leur sommeil et leur rapport à l'environnement nocturne et au ciel étoilé) dans les actions sur l'éclairage.

Comme nous l'avons souligné précédemment, une multitude de solutions techniques existent pour contrôler, adapter, moduler l'éclairage dans l'espace et dans le temps. Des outils d'aménagement et de planification existent déjà pour inclure une réflexion sur les enjeux environnementaux, sanitaires et sociaux liés à l'éclairage public dans un projet de territoire, comme les SRADDET, les SCoT, les PLU(i). De même, des outils existent pour engager des acteurs privés dans ces projets, que cela soit par la réglementation ou par les incitations et les chartes.

Prendre en compte l'ensemble de ces outils techniques, de planification, d'aménagement et d'incitation pour dépasser le cadre de la trame noire mène à appliquer la logique selon laquelle toute réduction ou extinction de sources lumineuses est intéressante pour réduire les pollutions lumineuses, qu'elles se trouvent dans des continuités écologiques ou non, et cette perspective invite d'autant plus à impliquer les acteurs privés et publics à réfléchir ensemble à un projet de territoire. La pollution lumineuse pourrait par exemple être intégrée dans la responsabilité sociétale des entreprises (RSE), ce qui n'est pas encore chose commune et pourrait pourtant mener à des actions concrètes par les salariés et les dirigeants des entreprises, mais aussi par leurs clients et leurs fournisseurs (Auricoste *et al*, 2018). Elle pourrait aussi être mitigée par les particuliers, que cela soit à travers les éclairages domestiques émis vers l'extérieurs, les lumières de jardins ou les décorations lumineuses, mais aussi à travers leurs demandes en éclairage public.

Les réflexions menées sur la trame noire émanent des champs de recherche de sciences dites dures (du vivant ou même de la santé), focalisées sur la destruction de la ressource obscurité et le dérèglement des cycles biologiques, mais elles ne peuvent pas se passer des sciences de la société, de la sociologie et de l'économie ou même de la philosophie pour mener à des actions efficaces et durables, proches des territoires et des individus qui les composent (Challéat, 2018). A l'interface entre les changements scientifiques (recherches sur les effets de la lumière artificielle nocturne) et les changements technologiques (innovations techniques et LED, gestion différenciée et réseaux intelligents), les changements territoriaux, qui sont l'appropriation des enjeux locaux et des outils d'action, doivent orchestrer la mise en musique de projets cohérents et impliquant l'ensemble des populations, y compris dans les milieux privés ou les espaces éloignés des réseaux écologiques. Autrement dit, ils doivent participer à un changement de mentalités par une approche interdisciplinaire proche des populations aussi bien humaines que non-humaines.

3. Trame sombre ou trame lumineuse : inverser le mode de pensée

La trame sombre, ou trame noire, se définit comme toute trame écologique par un réseau de corridors reliant des réservoirs au sein d'une matrice. Dans son cas précis, les corridors et réservoirs

sont des espaces d'obscurité, faisant contraste avec la matrice lumineuse sur laquelle ils se superposent. Travailler à définir, protéger et développer une trame noire sur un territoire revient donc à défendre et restaurer les zones d'obscurité intégrées au réseau sombre face à l'expansion d'une matrice lumineuse toujours croissante. Or, comme nous l'avons vu précédemment, il est tout aussi important de lutter contre les pollutions lumineuses de manière générale, indistinctement de leurs effets sur les trames écologiques identifiées, car la diffusion de ces pollutions et leurs conséquences sur la faune et la flore aussi bien que sur les humains sont difficiles à contrôler. Il en va alors de la volonté de chacun et chacune de mettre en place et faire respecter des pratiques limitant les effets négatifs de la lumière sur la vie, dépassant ainsi le cadre de la trame noire. En posant ce raisonnement de la sorte, le fait de se limiter à la trame écologique pour lutter contre les pollutions lumineuses apparaît même contre-productif : bien qu'utile en tant qu'outil de préservation des fonctionnalités du vivant sur un réseau donné, elle ne permet pas de saisir tous les enjeux associés aux pollutions lumineuses. Dans le but d'élargir le champ de vision et d'embrasser tout le champ des possibles en matière de lutte contre les pollutions, nous pouvons imaginer de coupler le concept de trame noire à sa sœur opposée : la trame lumineuse.

Entendue ainsi, la trame lumineuse -concept expérimental que nous proposons- désigne le réseau écologique humain, partant du principe qu'à l'instar des espèces faunistique nécessitant un certain niveau d'obscurité pour se repérer, se déplacer, se nourrir, se reproduire et échapper aux prédateurs, les usagers de l'espace public nécessitent au contraire, en un sens, un certain niveau de luminosité pour se déplacer et se divertir avec un niveau de sécurité convenable. Le concept de trame lumineuse a pour premier avantage d'inverser le mode de pensée et de faire de l'obscurité la matrice même composant les paysages nocturnes : il n'appartient plus aux espèces animales et végétales de s'adapter dans une vision du monde anthropisée, mais bien aux êtres humains de tisser leur propre réseau dans la nuit, matrice originelle et élément fondateur essentiel du vivant sur Terre. Suivant l'échelle considérée, les « réservoirs » peuvent ainsi prendre tour à tour la forme de villes, villages, centres-villes, zones d'activité, rues commerçantes et places. Les « corridors », quant à eux, sont alors routes nationales et départementales, artères principales et secondaires, rues et ruelles, voies cyclables et piétonnes. Chaque élément du réseau ainsi constitué représente une fonction plus ou moins importante dans le temps et plus ou moins demandeuse de lumière. Aussi, la question n'est plus de savoir quels lampadaires éteindre (comme dans un schéma classique de trame noire) mais plutôt de se demander où placer les sources lumineuses pour qu'elles soient aussi utiles et efficaces que possible. Cette question se pose lors de la construction ou la rénovation de rues et de quartiers, mais il est aussi important de se la poser à propos du mobilier d'éclairage existant, qu'il est souvent possible de moduler et d'adapter à moindre coût.

L'objectif d'un tel concept étant la sobriété lumineuse à travers la réappropriation d'un double besoin de lumière et d'obscurité, il va de soi que cette recherche d'utilité et d'efficacité ne peut se traduire par un éclairage à outrance, manifestation concrète du « qui peut le plus peut le moins ». De la même manière que la définition d'une trame noire passe par la recherche de seuils de tolérance à la lumière des espèces animales et végétales (afin d'éteindre juste assez pour garantir la bonne santé de l'écosystème), la définition d'une trame lumineuse doit passer par la recherche de seuils de tolérance à l'obscurité des usagers de l'espace public nocturne (afin d'éclairer juste assez pour garantir le bon fonctionnement du socio-système). Là où la définition de seuils d'obscurité spécifiques -souvent centrés sur des espèces de chiroptères- demande un protocole de relevés écologiques en divers endroits d'un territoire pour mesurer les effets de la lumière artificielle sur la répartition des espèces,

la définition de seuils de luminosité pour les usagers, elle, passe par une connaissance fine des habitants, de leurs modes de vie, de leurs habitudes de déplacement et de leurs peurs et représentations, ainsi que leurs environnements de travail, de loisir et d'habitat. Par ailleurs, il est aussi important de noter que si nous ne pouvons qu'observer les seuils de tolérance à la luminosité de la faune et de la flore, nous pouvons influencer et modifier les seuils de tolérance à l'obscurité des usagers de l'espace public à l'aide d'actions de sensibilisation, de communication, ou d'un urbanisme pensé pour limiter les situations dangereuses et inconfortables.

Plusieurs villes appliquent déjà un principe relativement similaire sans le formuler ainsi, cherchant à remettre en question l'éclairage actuel pour le faire correspondre à des besoins réels tout en respectant l'environnement nocturne. Le confinement lié à la crise sanitaire du Covid-19 a, par ailleurs, été un moteur intéressant pour de nombreuses communes en Ile-de-France ou ailleurs, comme la ville de Lambersart par exemple : « On va équiper la ville en LEDs : au lieu d'avoir une extinction homogène, on pourra moduler et installer des détecteurs de présence là où il y a du passage. Certaines artères particulièrement fréquentées la nuit (transports en communs, commerces, etc.) ne seront donc pas dans le noir total, et pourront être éclairées un minimum (baisse de l'intensité lumineuse) ou être équipées de détecteur de présence » (entretien avec Nicolas Burlion, Conseiller municipal à la ville de Lambersart, réalisé le 30/04/2021 par Camille Gosselin de la mission sécurité de l'Institut Paris Region). Un bon exemple de cette démarche a été réalisé non pas en Ile-de-France mais à la Métropole Européenne de Lille (MEL) par l'organisation d'ateliers réunissant des groupes d'habitants autour de l'éclairage de certains espaces et voies de circulation de la ville dans le cadre des projets Trame étoilée et LUCIOLE à partir de 2017. Ces ateliers ont notamment consisté en des balades nocturnes, débats, sensibilisation et réalisation de maquettes pour prévisualiser les différentes configurations d'éclairage possible, afin de choisir celle qui allie au mieux le respect de l'environnement et des besoins des usagers.

La visualisation d'une trame lumineuse ne remplace pas la planification d'une trame noire, qui reste un outil privilégié pour la préservation du vivant, mais vient plutôt se superposer à cette dernière : une fois que les deux trames sont dessinées (l'une présentant les intérêts fonctionnels, sociaux et économiques de l'éclairage, l'autre les intérêts écologiques de l'obscurité) il est alors possible de les recouper pour en déduire les points de conflit qu'il s'agit de résoudre selon leurs enjeux sociologiques, économiques et écologiques. Là où la pollution atmosphérique, par exemple, est un effet secondaire d'activités humaines, la pollution lumineuse est, elle, l'effet même recherché lors de la mise en place de l'éclairage vu à travers les yeux de celui ou celle qui s'en trouve dérangée : une route éclairée est certes une barrière écologique, mais elle est avant tout pensée comme un corridor anthropique. Tout l'enjeu de penser la trame lumineuse revient à interroger la pertinence de ces corridors lumineux en parallèle de ceux, plus sombres, qui sont empruntés par la faune, la flore et les amateurs d'obscurité. Une telle approche permet de dépasser la simple considération écologique de la trame noire pour considérer l'ensemble du socio-écosystème dans lequel elle s'inscrit et ainsi mobiliser une « communauté de destin », une certaine éthique de vivre-ensemble (Mathevet *et al*, 2010) alliant les intérêts du vivant, des sociétés humaines et de leurs interactions. En d'autres termes, elle permet de passer d'une approche purement écologique, souvent technique et détachée des processus de décision impliquant les populations, à une approche plus participative de la gestion de l'éclairage public et à une méthode de conservation qui s'inscrit dans le domaine de l'écologie politique (Challéat *et al*, 2021) : il s'agit de définir ensemble et selon les besoins de chacun (en lumière ou en obscurité) l'espace nocturne que l'on partage avec l'humain et le non-humain.

B) Pour une gestion plus participative de l'éclairage public

*« Nous avons trop aimé les étoiles
pour avoir peur de la nuit. »*

Galilée

A l'heure actuelle, il n'existe pas de décision commune d'éclairer les espaces mais plutôt un contrat tacite : le maire décide d'éclairer selon sa vision du territoire et de ses électeurs, l'éclairagiste le conseille et répond à la demande, et l'utilisateur reçoit l'éclairage comme un dû, sans avoir voix au chapitre (si ce n'est de manière ponctuelle par le biais de plaintes ou de conseils de quartiers). Pourtant ce sont bien les usagers, en plus de profiter directement de l'éclairage, qui le financent par leurs impôts, tandis que ce même éclairage peut en venir à dégrader leur ressource obscurité ou être en inadéquation avec leurs besoins. La lumière et l'obscurité devraient être interrogés par le prisme des biens publics : qui les financent, qui les dégradent et qui en profite ? Les mesures d'allumage ou d'extinction de l'éclairage proposées unilatéralement par les collectivités souffrent de l'image qu'ont les usagers de ces acteurs, et dans le milieu associatif on voit apparaître depuis les années 2000 des collectifs de jeunes militant pour l'extinction des devantures lumineuses allumées toute la nuit. Plutôt que se limiter à des interactions décideurs/public basées sur la réaction, l'aménagement de l'éclairage public gagnerait à mettre en place des processus de co-construction, interrogeant l'acceptabilité sociale de l'éclairage autant que celle de sa réduction et accroissant le rôle des échelles individuelles et de quartier (annexe 4) dans la prise de décision.

1. Questionner les besoins des usagers selon leurs expériences des espaces

Depuis l'apparition de l'urbanisme-lumière dans les années 1980, celui-ci s'est plus attaché à la création de paysages nocturnes idéaux, sublimés par une mise en lumière élégante, qu'à répondre aux besoins, aux usages et aux vécus des usagers de l'espace public (Mallet, 2011) : une « doctrine opérationnelle » s'est constituée, s'accordant sur ce que doit être et faire l'éclairage mais interrogeant peu la manière dont il est vécu au quotidien (Mosser, 2005). Cependant, durant la dernière décennie, les processus de concertation et de participation autour de l'éclairage public se sont multipliés, principalement dans des grandes villes mais aussi dans des communes de taille plus modestes, au bon vouloir des élus locaux.

Le passage d'un éclairage planifié par des techniciens et des élus à un éclairage discuté par et pour les habitants leur donne une voix. Cette approche *bottom-up* remplace les problématiques de l'éclairage, ses implications et ses effets -bénéfiques ou non- entre les mains des usagers qui en profitent, extrayant ainsi la lumière de sa confiscation cognitive par les professionnels, les techniciens et les décideurs (Challéat, 2018) : « La 'confiscation cognitive' se rencontre dans les démarches expertes, techniques et standardisées d'un urbanisme de plan qui, par la pratique du zonage fonctionnaliste, cible davantage les territoires que les populations et leurs diversités d'usages. Sortir de la confiscation

cognitive de la fabrique de l'espace, c'est porter attention, accorder une valeur et donner une voix à l'ensemble des usagers – humains et non humains –, par exemple dans les projets d'éclairage » (Challéat et Lapostolle, 2017). En d'autres termes, une telle approche s'écarte d'une réflexion basée sur l'usager type, conglomérat de statistiques lissées par les grands nombres, pour se rapprocher des usagers incarnés, spatialisés, avec leurs spécificités, leurs personnalités, leurs aspirations et leurs valeurs. Cela répond par ailleurs à deux des dix points de recommandations émis par le CGEDD en 2018 : « sensibiliser les publics aux enjeux de la pollution lumineuse par la formation, l'information et par l'association des citoyens aux décisions d'investissement et de gestion » et « inciter les collectivités à réaliser un diagnostic intégré (dont besoins réels [...]) ».

Concrètement, inclure les usagers dans la conception et la gestion de l'éclairage public peut se faire de multiples manières : enquêtes de terrain, balades nocturnes, ateliers de conception, observations participantes, questionnaires et réunions publiques par exemple. En 2015, la ville de Crolle (Isère), a ainsi réalisé une période d'expérimentation et de concertation durant dix mois, comprenant des réunions publiques autour des craintes et des attentes, des questionnaires sur les expérimentations et des balades nocturnes pour connaître les habitudes des habitants en mobilités douces. En plus d'inclure les habitants dans la prise de décision, ces démarches ont aussi permis de donner des conseils en éclairage domestique, de dépasser certaines représentations anxiogènes et de diffuser des savoir scientifiques (Challéat, 2018). Plus proche de l'Ile-de-France et à une autre échelle, le parc naturel régional du Gâtinais Français a axé une part importante de son action contre les pollutions lumineuse autour de la sensibilisation auprès du grand public, afin de faire de cette pollution une problématique commune et d'inviter les usagers à prendre part à sa réduction. Plusieurs conférences, réunions publiques et articles ont été dédiés à cette thématique, et le parc a largement contribué à l'organisation et la diffusion d'évènements ouverts au public tels que le Jour de la Nuit et la Nuit de la Chouette (Sordello *et al*, 2021). Les mesures d'extinction ou de réduction de l'éclairage public peuvent aussi être accompagnée d'un suivi de l'acceptabilité et des avis d'habitants : la commune de Bois-le-Roi (Seine-et-Marne), par exemple, a mis en place en juillet dernier un journal de bord de nuit pour que les volontaires puissent faire part à la mairie de leurs interrogations, leurs suggestions et leurs réactions par rapport à l'extinction de l'éclairage public de la ville.

Passer d'une simple consultation ou réaction par rapport à des plaintes d'habitants à de véritables processus participatifs incluant un dialogue et une sensibilisation permet aussi d'éviter certains écueils conditionnés par une mauvaise information des habitants, comme le cercle vicieux qui a poussé la ville de Saint-Denis, autour des années 2000, à augmenter toujours plus son éclairage public sur demande des habitants sans que cela ne parvienne à réduire effectivement la criminalité (Mallet, 2011). La ville est passée de 6400 à 15000 points lumineux entre 1989 et 2008, et les intensités lumineuses n'ont cessé d'augmenter : « les gens sont de plus en plus exigeants, ils veulent de plus en plus... on est quasiment dans de la surenchère de lux. On éclaire par exemple les espaces piétons depuis bien longtemps à 20 lux. Or la réglementation ne nous impose pas de les éclairer à 20 lux mais à 7 lux, en gros... On impose cela aux aménageurs aussi. Or 20 lux, il s'avère que c'est insuffisant » (entretien avec un éclairagiste réalisé par S. Mallet en 2008).

Le sondage que nous avons diffusé à destination du grand public s'inscrit justement dans le processus d'inclusion des usagers dans les prises de décision sur l'éclairage public, son but ayant été d'analyser leurs rapports à la nuit, à l'éclairage et au sentiment d'insécurité selon leurs usages, les contextes et leurs informations personnelles. Les résultats confirment d'autant plus la nécessité de multiplier ce

type de démarches, pour deux raisons. La première est le mécontentement des interrogés vis-à-vis de la pollution lumineuse (96% se disent favorables à l'idée de réduire la pollution lumineuse de manière générale, et 91,4% dans le cas d'une pollution lumineuse du type éblouissement à hauteur d'individus), et de l'éclairage public tel qu'il est mis en place (70% trouvent les lieux qu'ils ou elles fréquentent trop éclairés et 36% trouve l'éclairage public tel qu'il est mis en place inadapté pour assurer la sécurité des biens ou des personnes). L'éclairage public semble ne pas correspondre aux attentes et aux valeurs des usagers, et devrait donc être modifié en conséquence. La seconde est la difficulté à synthétiser les réponses pour savoir comment modifier ledit éclairage : la diversité des profils et la multitude de contextes conduisent à la préconisation de mesures contradictoires ou incompatibles, qui doivent donc être adaptées aux types d'usagers auxquels elles s'adressent et à leurs lieux d'activités. Si 96% des interrogés se disent favorables à une diminution de l'intensité lumineuse de manière générale, tous et toutes ne sont pas d'accord pour dire quand, où et comment.

Le motif qui a tendance à influencer le plus sur les différences de représentations et d'expression des usagers est le sentiment d'insécurité, et les référents sûreté interrogés par la mission sécurité de l'Institut Paris Region s'appuient sur ce sentiment pour justifier les normes d'éclairage qu'ils préconisent, en prenant des exemples de cas d'usagers mécontents de l'éclairage public. Le vocabulaire utilisé pour décrire l'espace public nocturne est celui d'un terrain d'opération : « Un des premiers enseignements en tant que militaire c'est la notion de camouflage –un bon camouflage sombre dans l'ombre, c'est un avantage tactique la nuit que de maîtriser son camouflage. Les grands assauts, les grandes manœuvres militaires ont toujours lieu la nuit, car c'est plus avantageux. La délinquance pense pareil et elle va en profiter, car elle aura un sentiment d'impunité » (entretien réalisé le 18/03/2021 par Camille Gosselin). Pourtant, même si une minorité des usagers interrogés sont contents de l'éclairage public actuel, une large part exprime aussi son mécontentement. Les démarches participatives ont justement pour avantage de faire dialoguer les idées et de trouver des compromis : il s'agit de mettre en place un éclairage moins intense mais aussi plus rassurant -ce qui passe avant tout, selon les usagers interrogés, par le placement judicieux des sources lumineuses (84,1% du volume de réponses, contre 2,1% pour une intensité lumineuse forte).

De même, les démarches participatives permettent de donner la parole et d'inclure des populations qui ne sont pas toujours considérées dans les mesures d'aménagement et qui sont les plus à risques ou soumises à des rapports de force et d'inégalités : les femmes et les personnes malvoyantes notamment, mais aussi les individus sans domicile ou en situation précaire comme les travailleuses du sexe ou les toxicomanes. Du point de vue de la sociologie, les études montrent que la nuit appartient aux plus jeunes, aux plus riches, et aux hommes plutôt qu'aux femmes (Deckmyn, 2020), et l'aménagement, notamment à travers l'éclairage, est un moyen de concevoir des espaces plus hospitaliers et inclusifs -à condition de prêter l'oreille aux demandes des habitants. Il peut être complexe de répondre à toutes les demandes, surtout quand certaines d'entre elles apparaissent contradictoires, et rendre la nuit habitable pour tout le monde c'est aussi, en quelques sortes, justifier que des individus puissent être contraints d'y vivre (travailleurs de nuits, sans domiciles) alors même que cela est dommageable pour leur santé. Une bonne connaissance des habitants est nécessaire pour trouver un juste équilibre entre lumière et obscurité, entre caractère rassurant et sain de la nuit subie et aspect excitant et mystérieux de la nuit choisie. Un réseau lumineux reliant de manière plus ou moins lâche des « phares urbains » (Deckmyn, 2020) -correspondant à des pôles éclairés et fréquentés la nuit comme des gares, lieux de culte, monuments, boutiques, bars, spectacles, pharmacies, toilettes, et ainsi de suite- et coordonné avec le réseau de transports publics nocturnes est une bonne solution

pour articuler éclairages publics et privés et fournir par la même occasion des lieux de vie, de repli ou de rassemblement pour les actifs nocturnes.

Sur un territoire il est possible d'aller bien plus loin qu'un sondage comme celui que nous avons diffusé, et de spatialiser une donnée plus fine. La méthode des sociotopes, créée en Suède à la fin des années 1990, paraît être une méthode adaptée pour concevoir un éclairage public adapté au mieux aux besoins des habitants. Le sociotope -pendant social du biotope- désigne l'espace extérieur décrit tel qu'il est pratiqué et vécu par les habitants, et la méthode associée à leur définition peut tout à fait être transposée pour décrire la composante nocturne de l'espace et ainsi fournir une cartographie des usages, de la qualité, l'accessibilité et la gestion des espaces, et des dysfonctionnements qui freinent leur bon usage. Une telle méthode, applicable aussi bien à l'échelle d'un SCoT que d'un PLU ou d'un quartier, pourrait aussi être intégrée aux SDAL dans le cadre d'une réflexion associant la trame noire à sa composante sociale. Elle permet de prendre pleinement en compte les territorialités nocturnes dans l'aménagement, définies comme « les pratiques et usages quotidiens *dans et de* la nuit » (Challéat et Lapostolle, 2017), certaines activités étant conditionnées à cette dernière, théâtre où s'affrontent parfois ceux qui dorment, ceux qui s'amusent et ceux qui travaillent (Gwiadzinski, 2005).

Une approche de l'aménagement de l'éclairage par et pour les usagers des espaces publics redonne ainsi à la question de l'acceptabilité sociale (définie par Corinne Gendron comme l'« assentiment de la population à un projet ou à une décision résultant du jugement collectif que ce projet ou cette décision est supérieur aux alternatives connues, incluant le statu quo ») sa juste place par rapport à la conception de l'éclairage public ; à savoir la recherche d'une marge de manœuvre supplémentaire au sujet de la protection de la biodiversité par exemple, et non comme une porte d'entrée préalable à l'action. Le fait de prendre les intérêts des usagers eux-mêmes comme point de départ des politiques d'éclairage permet d'agir de manière plus sereine et directe. Il faut cependant prêter une attention particulière aux connaissances des usagers pour minimiser les biais auxquels ils et elles sont soumis, et leur fournir les informations requises à la prise de décisions éclairées.

2. Savoir prendre en compte la dimension sensible

L'insécurité effective et l'insécurité ressentie sont deux choses bien différentes, et les deux doivent être prises en compte à part entière lors de la conception d'un éclairage : chacune à ses propres sources, facteurs aggravants et facteurs atténuants, et confondre l'une avec l'autre risque d'aboutir à des carences dans l'aménagement d'un espace. Les chiffres des sondages d'opinion que l'on retrouve généralement dans la presse ou dans les guides pratiques au sujet du lien entre insécurité et éclairage public jouent souvent sur cette confusion pour appuyer un message. On peut ainsi lire, par exemple, que « pour 91% des Français, l'éclairage public est un enjeu central de sécurité » (données issues d'un sondage IPSOS de 2015) dans un contexte établissant un lien entre éclairage et insécurité -alors que cette donnée montre en réalité un lien entre éclairage et sentiment d'insécurité. Cette distinction ne doit pas être prise à la légère car elle est révélatrice du rapport des usagers à la nuit et à l'obscurité, et elle possède un pouvoir réel sur la prise de décision des maires notamment : « justifier l'éclairage par la sécurité est une réalité plus sociologique que technique » (Auricoste *et al*, 2018).

En réalité les données statistiques de sécurité sur l'éclairage public sont fluctuantes et les études présentent des résultats contrastés selon les contextes locaux : aucune tendance globale ne se dégage et ne montre clairement une corrélation entre des caractéristiques de l'éclairage public et la quantité de délinquance ou de criminalité (Mosser, 2007). Au sein de l'état de l'art que nous avons réalisé,

aucune expérimentation d'extinction ou de réduction de l'éclairage public ne s'est traduit par une augmentation de l'insécurité effective. Pour autant, la logique simpliste qui associe une amélioration de l'éclairage public à une augmentation de son intensité persiste, alors même qu'individuellement ce critère n'est que très peu perçu par les usagers comme ayant un rôle sur la sécurisation d'un espace (selon les données explicitées plus haut). Une ambiance lumineuse est caractérisée par une multitude de caractéristiques, et non uniquement par un niveau moyen d'éclairement au sol : nombre et placement des sources lumineuses, températures de couleur, motifs et textures des lampes, contrastes avec les zones d'obscurité, contexte spatial et éléments de décor sont autant de caractéristiques qui jouent un rôle aussi bien sur l'insécurité effective que ressentie. L'augmentation de l'intensité lumineuse n'est pas une panacée. Mosser souligne aussi que même lorsque des études plus proches des populations locales (et plus éloignées des simples critères quantitatifs) sont menées, elles abordent le sujet d'une manière simpliste et négligent la nuance entre insécurité effective et ressentie, aussi bien que l'effet Hawthorne¹² -pourtant assez ironiquement mis en évidence à partir d'une expérience sur l'éclairage.

Une lacune existe ici dans la recherche sociologique sur le sentiment d'insécurité nocturne et ses facteurs. Un tel champ de recherche gagnerait à se rapprocher des professionnels de l'éclairage, des agents de sécurité publique et des psychologues, ainsi qu'à mettre en place des protocoles d'expérimentation plus subtiles et plus riches. L'étude que nous avons menée à notre échelle montre que la présence d'un sentiment d'insécurité est indissociable de la personne interrogée (le genre, comme illustré dans ci-contre, est le paramètre le plus important, devant l'âge ou le lieu d'habitat).

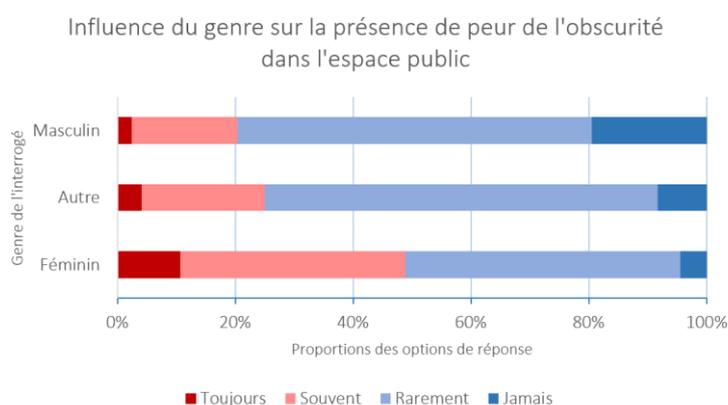
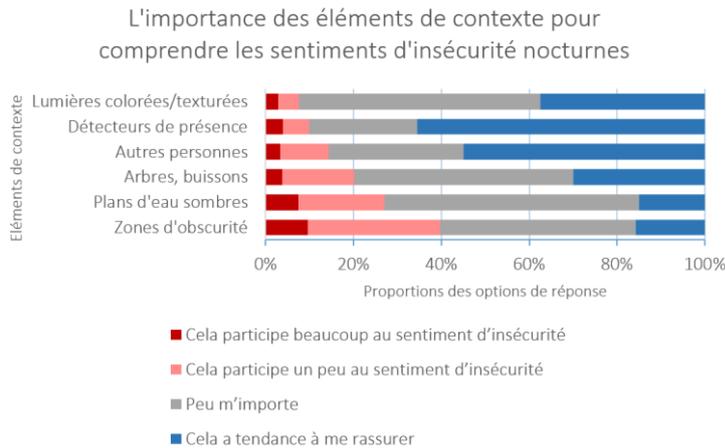


Figure 7 : Fréquence à laquelle l'interrogé déclare avoir peur en l'absence d'éclairage public selon son genre. Cette fréquence est plus que doublée pour les femmes par rapport aux hommes.

De même, un sentiment d'insécurité nocturne est étroitement lié au contexte et à l'espace dans lequel se situe l'utilisateur (voir la figure ci-dessous) : certains éléments de contextes génèrent plus de sentiments d'insécurité que d'autres, comme les contrastes forts entre zones éclairées et zones d'obscurité (augmentent le sentiment d'insécurité pour 39,7% des interrogés), les plans d'eau sombre (27%) et la végétation arborée ou arbustive (20,2%). Pour cette dernière, il est possible que le sentiment d'insécurité renvoie à un imaginaire du sauvage autant qu'il émane d'une peur des cachettes que représentent ces espaces. D'autres, au contraire, tendent à rassurer les usagers, comme les détecteurs de présence (diminue le sentiment d'insécurité pour 65,4% des interrogés), la présence

¹² Effet désignant le biais associé au fait qu'une population interrogée soit consciente de participer à une étude visant à caractériser certains facteurs expérimentaux : la conscience de participer à une expérimentation pousse les interrogés à formuler des opinions qui ne sont pas toujours appuyées par la réalité. En éclairage public, il pourrait être intéressant de mesurer cet effet en remplaçant des luminaires existants par des lampes identiques tout en communiquant sur « l'amélioration de l'éclairage » et en sondant la population.



d'autres personnes (55%) et les lumières colorées ou texturées (37,5%). Là encore, un même élément peut produire des résultats différents selon les usagers et être tantôt effrayant tantôt rassurant.

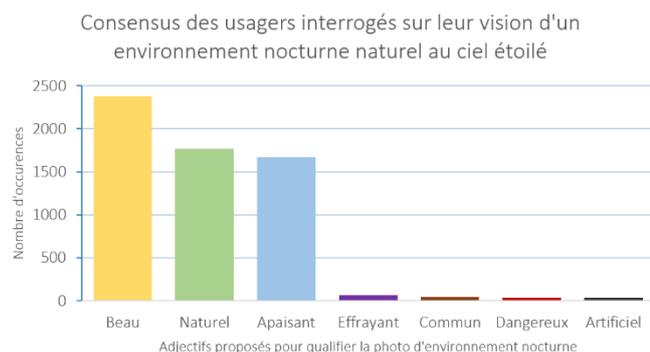
Figure 8 : Influence des éléments de contexte sur le sentiment d'insécurité nocturne ressenti par les interrogés.

Sans études plus poussées sur les caractéristiques des éclairages réduisant effectivement les passages à l'acte de la criminalité et la délinquance, les tentatives de sécurisation d'un espace par l'éclairage passent trop souvent par une simple augmentation de la luminosité. En revanche, une approche participative de la conception de l'éclairage public permet de prendre en compte les nuances entre insécurité ressentie et insécurité effective et déterminer localement les points clés d'un espace à éclairer -et la manière de les éclairer- pour minimiser au mieux les sentiments d'insécurité nocturne. La conception d'un éclairage personnalisé et artistique, qui peut d'ailleurs être renforcé par un travail sur la dimension sonore des espaces, apparaît même comme un outil efficace pour créer des ambiances rassurantes et faciliter l'appréciation et l'appropriation des environnements nocturnes par les habitants.

Il apparaît aussi utile de communiquer et sensibiliser sur la nature et les causes des sentiments d'insécurité nocturnes, certains faits étant contre-intuitifs. Les usagers ayant répondu au questionnaire ont par exemple parfois justifié leur avis défavorable à l'extinction de l'éclairage public par la peur d'une augmentation des accidents de la route. En réalité, aux endroits où l'extinction a été expérimentée, les accidents n'ont soit pas augmenté soit même diminué. C'est le cas pour les autoroutes autour de Paris, qui ont été contraintes d'éteindre une partie de leur linéaire en 2007 après que des câbles électriques ont été volés ; ceux-ci n'ayant pas été remplacés pour des raisons budgétaires, deux ans après, la Dirif avait alors constaté une baisse du nombre d'accidents de 30% et décidé d'étendre l'extinction à d'autres tronçons. La lumière, en plus de pouvoir éblouir dans certains cas, donne un sentiment de sécurité aux conducteurs, qui ont alors tendance à rouler plus vite et à provoquer plus d'accidents graves. Ce constat doit être nuancé selon les types de routes.

Enfin, signalons que la dimension sensible de l'éclairage et de l'environnement nocturne ne s'arrête pas au sentiment d'insécurité, et qu'elle peut aussi être un levier d'action vers une réduction des pollutions lumineuses. L'attachement au ciel étoilé, en particulier, reste très présent, même chez les populations qui n'y ont pas accès au quotidien : 97,8% des interrogés n'ayant pas d'accès ou ayant un

Figure 9 : Les interrogés ont dû choisir deux adjectifs pour qualifier une photo d'une lisière d'arbres plongés dans l'obscurité sous un ciel étoilé. Un consensus se dégage sur la naturalité, la beauté et le caractère apaisant d'un tel paysage.



accès partiel à un ciel étoilé depuis leur domicile aimerait pouvoir mieux voir les étoiles. Si on en croit le choix des adjectifs qualifiant un paysage nocturne sous les étoiles (figure ci-dessus), la vue d'un ciel étoilé a même tendance à apaiser les usagers (en plus de conférer une valeur esthétique au paysage).

3. Accepter la spatialisation de l'éclairage pour mettre en valeur la spécificité d'un territoire

L'uniformisation de l'éclairage public projette une même lumière sur des espaces différents. Pourtant, chaque espace est perçu et pratiqué de manière spécifique, par des publics hétérogènes. Si l'éclairage ne reflète pas ces spécificités dans l'espace, il participe à rendre leur lisibilité plus confuse et à leur ôter ce qui les rends uniques -donc familiers- ce qui n'est pas sans impacts sur le climat anxiogène qui peut être ressenti la nuit. La conception de l'éclairage ne peut donc se réduire à une démarche unilatérale d'illumination généralisée, qui en plus d'être inefficace d'un point de vue sécuritaire ne reflète pas les pratiques et les représentations des habitants : « si l'éclairage peut avoir un rôle à jouer vis-à-vis de la sécurité en ville, ce n'est certainement pas comme panacée universelle ni comme pansement local, mais comme un instrument d'aménagement parmi d'autres, entendu à travers les prétentions de l'urbanisme à déclencher et accompagner des processus d'élaboration collective de l'organisation de notre vie collective, et non pas à travers l'acception réductrice d'un urbanisme sécuritaire chargé d'imposer l'ordre social » (Mosser, 2007). L'éclairage est un outil ; en tant que tel, et pour être utilisé dans son plein potentiel et intégré de manière constructive aux différents aménagements, il doit être au service des espaces et des habitants qu'il éclaire -et non l'inverse. Pour reprendre la célèbre formulation de Bourdieu à propos de l'école, c'est en étant « indifférent aux différences » que l'éclairage ne parvient pas à répondre à ses objectifs.

La gestion différenciée de l'éclairage peut être pensée à plusieurs échelles afin de créer des cohérences dans les structures territoriales qui se déclinent et s'affinent à l'échelle des rues ou même des points lumineux. Les résultats de notre enquête auprès des usagers montrent des différences de besoins en éclairage et d'acceptabilité des mesures marquées selon le type de quartier ou d'agglomération dans laquelle habite l'interrogé (figure ci-contre). Bien qu'ils puissent varier selon les territoires étudiés et qu'ils méritent d'être affinés, on peut tout de même imaginer à titre d'exemple une répartition des extinctions en Ile-de-France qui suivrait cette gradation : extinction de 02h00 à 05h00 dans une partie des rues de Paris avec installation de détecteurs de présence pour les plus fréquentées, extinction de 00h00 à 06h00 dans les quartiers de centre-ville ou pavillonnaires avec installation de détecteurs de présence dans les artères principales, extinction de 00h00 à 06h00 ou de 23h00 à 07h00 dans les quartiers d'immeubles et de tours, et enfin extinction totale dans les villages et la campagne sauf de 23h00 à 07h00 pour les centres et les routes les plus fréquentées.

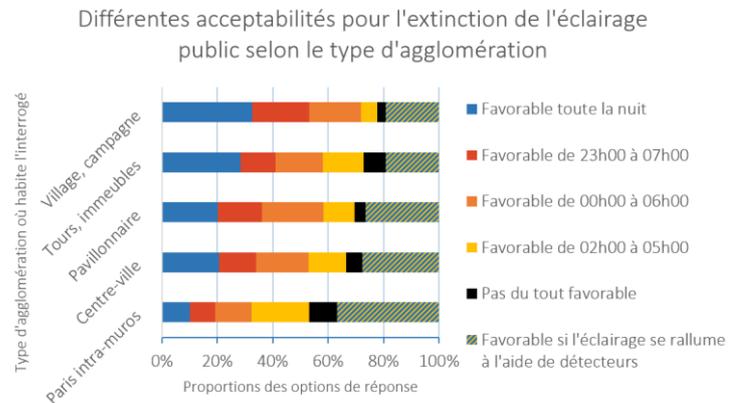


Figure 10 : Gradation de l'acceptabilité d'une mesure d'extinction partielle, totale ou intermittente selon le type de quartier ou d'agglomération où habite l'interrogé.

A l'échelle de l'espace public considéré au sein du quartier ou de l'agglomération la conception de l'éclairage peut être encore affinée pour répondre au mieux aux préférences et aux besoins exprimés.

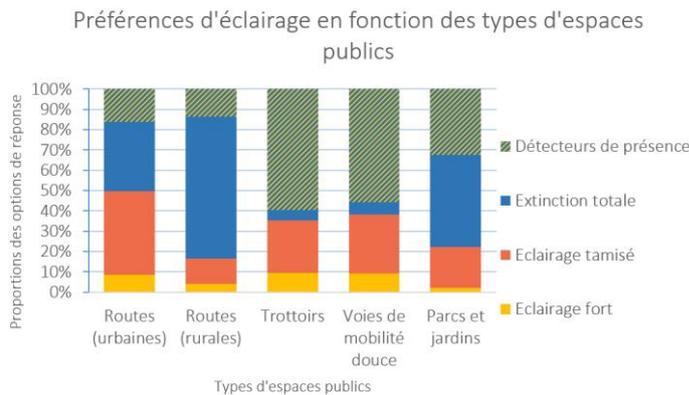


Figure 11 : Différentiation des préférences d'éclairage exprimée selon les espaces public concernés. On observe une double gradation, d'une part selon le type de mobilité et d'autre part selon la naturalité.

s'appuyer sur différents critères pour affiner la gestion différenciée, comme la hiérarchisation des axes de transports (véhiculés ou non), le degré de naturalité ou encore la volonté de redynamiser certains espaces ou de les dresser en lieux de refuge et de rassemblement. Dans la perspective d'une « trame lumineuse » comme décrite précédemment, il convient d'intégrer les enjeux écologiques et sanitaires pour pondérer la prise de décision en conséquence.

Lorsqu'une diminution de l'éclairage est décidée sans consulter les habitants ces derniers peuvent avoir l'impression que les autorités publiques se désengagent de la gestion des espaces qui sont à leur charge, ce qui n'est pas sans rappeler l'impression d'abandon et les plaintes que peut susciter un espace vert en libre évolution, en gestion écologique ou différenciée. Cependant, la réciproque est aussi vraie : une augmentation ou une gestion de l'éclairage décidée par une autorité supérieure de manière unilatérale, voire même « hors-sol », déconnectée des réalités et des pratiques populaires, est tout autant problématique pour les populations lorsqu'elle en est trop éloignée. Mallet, en 2011, utilisait l'exemple de Bordeaux pour montrer qu'une gestion différenciée de l'éclairage gagne à accompagner les populations dans leurs conceptions de la ville : tandis que les quais centraux de Bordeaux bénéficiaient d'une politique de mise en lumière ambitieuse (dans une logique de création d'une vitrine nocturne de la ville), les quais de Paludate, au sud, recevaient peu d'attention en termes d'éclairage, alors même que ce sont ces quais qui concentrent la plupart des activités nocturnes comme les discothèques, bars et restaurants (Mallet, 2011). L'éclairage routier n'y était pas pensé pour les piétons et n'avait pas été modifié malgré les transformations du quartier, résultant en une prise de la responsabilité de l'éclairage par les acteurs privés sous la forme de néons et d'enseignes lumineuses, éclairages souvent atypiques, intenses, non coordonnés avec l'éclairage public routier en place, et parfois orientés vers le ciel.

Une coopération entre acteurs publics et acteurs privés peut être intéressante pour adapter les éclairages selon les pratiques de l'espace et l'intensité des activités festives nocturnes tout en faisant appliquer des normes respectueuses de l'environnement. Dans l'optique de travailler à réduire les sentiments d'insécurité et rendre la ville nocturne plus hospitalière, il est aussi intéressant de faire communiquer l'aménagement lumineux urbain et les agents locaux, public ou privés : les « gardiens pacifiques », présences non-policières que sont les balayeurs à pied, commerçants de kiosques, de

Différentes mesures de réduction ou d'extinction pouvant généralement être additionnées sur un même éclairage (un point lumineux peut par exemple être à la fois tamisé et conditionné à une détection de présence à partir d'une certaine heure), il n'est pas incohérent de superposer les différentes échelles de préconisations. Cependant, dans certains cas, un arbitrage doit être fait. Les décideurs (qui peuvent d'ailleurs ici être les usagers eux-mêmes) ont alors la possibilité de

cafés, gardiens de nuit ou transporteurs (Deckmyn, 2020). Les présences humaines ont tendance à se montrer rassurantes pour les usagers, plus rassurantes que la vidéosurveillance.

La gestion différenciée s'accommode bien des enjeux sociaux et sanitaires, mais aussi des enjeux environnementaux par l'adaptation de l'éclairage selon la richesse spécifique et la connectivité des espaces. En revanche, une telle gestion peut coûter cher en termes de diagnostic, d'équipements et de maintien en bon état. Aussi, il est important de noter que sur le long terme une gestion qualitative de l'éclairage peut aussi s'avérer rentable, d'une part à l'aide des économies d'énergie réalisées grâce à la quantité d'éclairage diffusée moindre et d'autre part à travers le marketing territorial qu'elle peut représenter. La conception d'ambiances uniques et la mise en valeur des espaces publics (en plus de celle, déjà souvent travaillée, du patrimoine architectural) participent à la création et au rayonnement de territoires associés à la lumière, au monde de la nuit ou aux activités liées à l'environnement nocturne.

C) Combien coûte un ciel étoilé ?

« La nuit, c'est le salut de l'âme. »

Anonyme, Les Mille et une nuits

Quelle valeur attribuer à la voûte céleste, aux constellations, à la voie lactée ? Est-il possible de rendre compte de l'importance de ces phénomènes et de ces corps célestes pour l'histoire humaine, la philosophie, la religion, la science ? Bien que l'Unesco (Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture) ait finalement tranché sur l'impossibilité d'inscrire le ciel nocturne sur la liste du patrimoine mondial de l'humanité en 2007 après plusieurs années de travail des astronomes, celle-ci a souligné que l'interprétation du ciel n'en est pas moins un thème important dans le patrimoine mondial et la relation entre l'humanité et son environnement. Le caractère intangible, lointain du ciel, de l'espace et des objets qui l'animent rend leur caractérisation et leur appropriation institutionnelle difficilement concevable -si ce n'est peut-être par la formulation d'un droit fondamental d'accès au ciel étoilé. Pourtant, la reconnaissance et l'expression des valeurs que l'on peut attribuer au ciel étoilé et à l'environnement nocturne de manière générale ne sont pas impossibles, si ce n'est de manière partielle, et la meilleure manière d'installer une gestion durable de l'éclairage reste peut-être de montrer qu'il y a tout à y gagner.

1. Valorisation territoriale de l'environnement nocturne

La protection de l'environnement nocturne représente tout d'abord, pour de nombreux territoires qui y travaillent, une économie énergétique, ce qui équivaut à une rentabilité économique à court, moyen ou long terme selon les configurations locales et les choix en matière d'éclairage (une simple extinction de l'éclairage public coûte moins cher à mettre en place qu'un renouvellement de parc d'éclairage intelligent et connecté). Selon l'Ademe, l'énergie consommée par l'éclairage public représente 41% des consommations d'électricité des collectivités territoriales, ce qui correspond à 16% de leurs consommations toutes énergies confondues et à 37% de leur facture d'électricité. Si l'efficacité croissante des installations a permis, en moyenne, de diminuer la consommation d'une

commune de 6% par rapport à 2005, leurs dépenses en éclairage public sont restées stables en raison de l'augmentation du coût de l'électricité. Cette moyenne cache en réalité des situations très disparates : 40% des luminaires en service ont plus de vingt ans et plus de la moitié du parc est encore obsolète et sur-consommateur d'énergie, notamment à cause des boules diffusantes et des lampes à vapeur de mercure. La rénovation du parc d'éclairage représente un coût parfois très élevé pour les communes, qui privilégient alors leur extinction à leur remplacement ; plusieurs solutions existent pour réaliser des économies et les collectivités adaptent leurs stratégies en conséquence, cherchant pour la plupart, comme nous l'avons vu précédemment, à générer un gain économique avant de protéger la biodiversité ou la santé des habitants.

De plus en plus de territoires se mettent cependant à considérer la valeur, économique ou non, que représente la protection de l'environnement nocturne de manière générale. Bien qu'une étude holistique des services écosystémiques que remplissent les différents environnements nocturnes reste à réaliser, il apparaît au moins que l'attachement culturel, esthétique et psychologique à la nuit et au ciel étoilé reste important pour une large part de la population, même quand elle s'en retrouve coupée à cause de la pollution lumineuse (pour rappel, bien que 69% des usagers interrogés déclarent voir partiellement ou pas du tout les étoiles depuis leur domicile, 97,8% d'entre eux le regrettent). Plusieurs approches de valorisation territoriales de l'environnement existent, que cela soit par la promotion d'activités récréatives s'appuyant sur la nuit « naturelle » et sur les phénomènes qui y sont associés (observation de la voûte céleste et de ses phénomènes, observation de la faune nocturne), ou par l'obtention de labels englobant diverses caractéristiques d'un environnement nocturne sain (Challéat, 2018). Ces différentes approches peuvent se combiner à plusieurs échelles et ainsi créer une cohérence du rayonnement de la composante nocturne d'un territoire, participant à la promotion de son (éco)tourisme et de la qualité de vie dont profitent ses habitants.

Le label « Villes et Villages Etoilés », distribué sur concours par l'ANPCEN et soutenu par le ministère de la transition écologique, est le plus répandu et reconnu en France à l'échelle communale. L'édition 2021 du label recense 722 communes, un chiffre en forte augmentation : il a progressé de 26% par rapport aux résultats de 2018 (voir l'évolution totale en annexe 12). Le label est aujourd'hui présent sur presque tous les départements français (voir carte ci-contre), principalement dans des zones rurales peu denses et au patrimoine naturel intéressant, comme dans les zones montagneuses ou dans les aires d'adhésion des PNR et de parcs nationaux. Certains territoires

Communes labellisées et territoires distingués : une trame étoilée en France

Labels valides toutes éditions

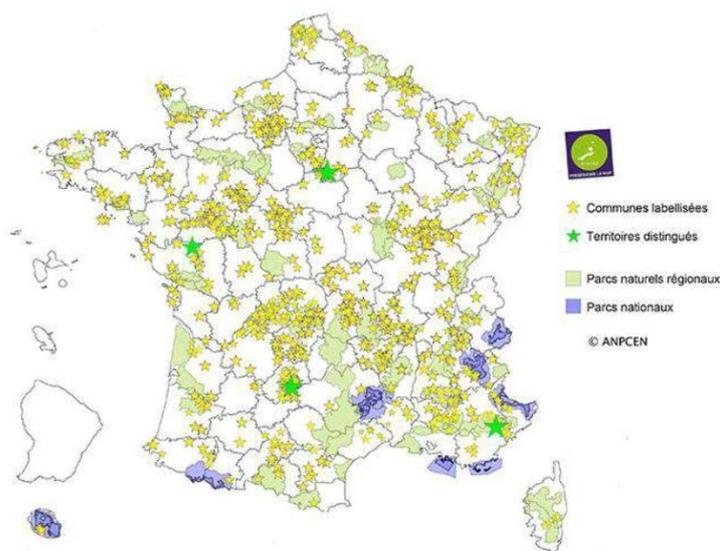


Figure 12 : Cartographie des communes et territoires labellisés « Villes et Villages Etoilés » en métropole et en outre-mer. Source : Dossier de presse du 27 mai 2021 de l'ANPCEN.

labellisés sont cependant aussi présents autour d'agglomérations importantes (la ville de Strasbourg, avec ses 280 000 habitants, est la plus grande commune labellisée). Le label décerne une à cinq étoiles à des communes ou des territoires appliquant des démarches d'amélioration de la qualité de l'environnement nocturne pour les humains et la biodiversité, et incite à mettre en place une pédagogie active auprès des habitants et autres acteurs territoriaux sur les effets de la pollution lumineuse (44% des communes déclarent inciter les acteurs privés à mettre en œuvre une extinction et près de 40% indiquent mener des actions de découverte ou prise en compte de la biodiversité nocturne). Selon les données de l'ANPCEN recoupées avec celles de l'Ademe, les communes labellisées éclairent en moyenne 34% en moins que la moyenne nationale.

Cette labellisation, ainsi que la mise en tourisme de l'environnement nocturne et du ciel étoilé par la communication des acteurs du tourisme sur cet aspect de leur offre (offices du tourisme, ou hôtels mettant à disposition des lunettes astronomiques par exemple), se conjuguent d'ailleurs avec les équivalents diurnes de ces démarches. En France, l'exemple le plus abouti est la Réserve Internationale de Ciel Etoilé (ou RICE, autre labellisation d'ampleur internationale décernée par l'IDA) du Pic du Midi de Bigorre, dans les Pyrénées, qui s'est articulée avec le Parc national du massif et a renforcé cette articulation par le biais de sa trame nocturne. L'observatoire du pic s'appuie sur cette intégration de l'environnement nocturne dans le rayonnement du territoire pour proposer des visites touristiques, incluant des « nuits à la belle étoile » avec une réservation de chambre à plusieurs centaines d'euros la nuit. L'offre touristique locale profite de la dimension nocturne du paysage érigée en ressource reconnue par la réserve pour renforcer les activités d'écotourisme existantes et générer des activités de niche comme l'astrotourisme.

En Ile-de-France, une telle valorisation est rendue complexe par la taille et l'intensité des halos lumineux générés par l'agglomération parisienne, qui empêche une observation des étoiles aussi qualitative que dans des régions moins artificialisées. Pour autant cela n'empêche pas certains territoires de tirer leur épingle du jeu, justement parce que les halos lumineux sont tels qu'ils réduisent la ressource obscurité : « Si ce qui est rare est cher, alors ce qui se raréfie prend de la valeur. Plus



Image 10 : Diplôme de « Territoire de Villes et Villages Etoilés » reçu par le PNR du Gâtinais Français lors de l'édition 2019-2020 du label de l'ANPCEN

exactement, et parce qu'il n'est pas de création ex nihilo, la valeur de cette chose, jusqu'alors méconnue ou négligée, se trouve révélée par la menace de son érosion » (Challéat et Poméon, 2020). Le PNR du Gâtinais Français a ainsi obtenu l'un des rares labels « Territoire de Villes et Villages Etoilés » décernés, déclinaison territoriale du label de l'ANPCEN, qui à son tour, dans un cercle vertueux, renforce la légitimité du parc à organiser des événements dédiés à l'environnement nocturne et à adopter des mesures de réduction des pollutions lumineuses.

Une approche de la valorisation territoriale de l'environnement nocturne par la recherche d'une reconnaissance externe quantifiable et comparable (la labellisation) et l'attraction de capitaux sous la forme d'un tourisme plus ou moins dense pose cependant la question de l'exploitation -ou la surexploitation- de la ressource obscurité. En faisant de l'environnement nocturne une ressource

territoriale notamment économique, cette démarche peut être lue comme la création d'un « hypertourisme », mise en tourisme d'un espace-temps jusque-là inexploité, dont la diffusion se fait sous couvert de la protection de l'environnement (Challéat et al, 2018). La ressource territoriale de l'obscurité est une potentialité d'action, de dynamisme et d'organisation qui peut être appropriée par les acteurs locaux de diverses manières, soit à travers des activités récréatives « *de la nuit* » (reposant intrinsèquement sur une expérience de la nature de nuit), soit à travers des activités récréatives « *dans la nuit* » (prenant appui sur la nuit pour étendre et diversifier les expériences anthropocentrées diurnes), répondant à des logiques diamétralement opposées de la gestion de la ressource obscurité. La modélisation ci-dessous expose ces oppositions en se basant sur trois exemples d'activités touristiques liées à la mise en ressource de l'environnement nocturne :

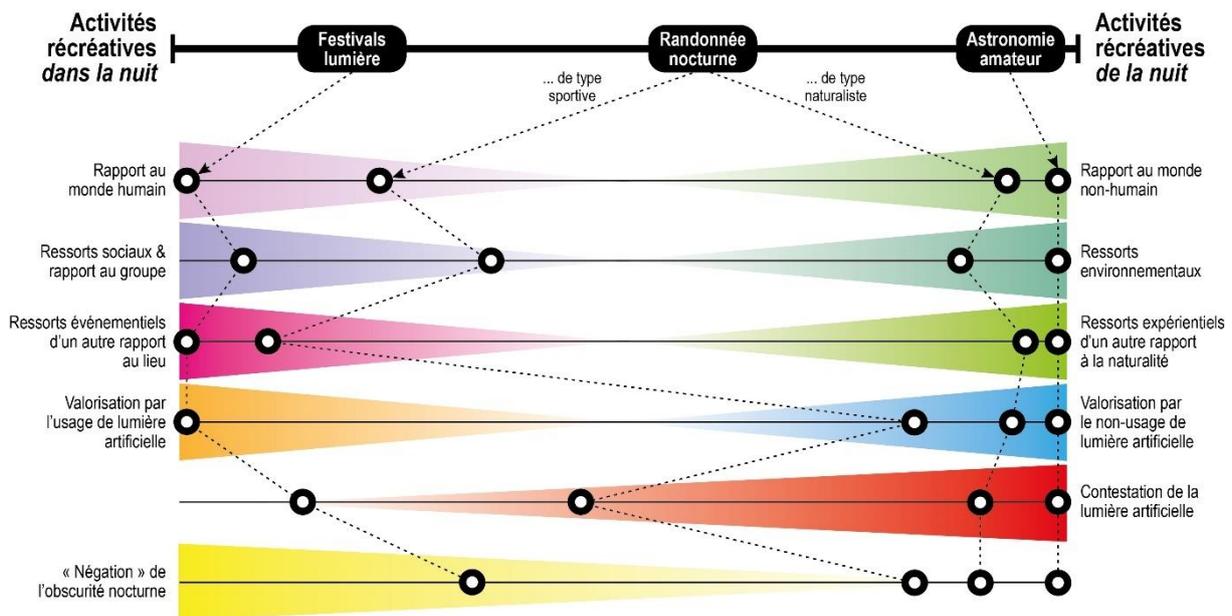


Figure 13 : Modélisation du continuum entre activités récréatives dans la nuit et activités récréatives de la nuit. Source : Challéat et al, 2018.

Ces oppositions, non seulement résultent en des manières différentes d'éclairer -ou non- la nuit, mais traduisent et produisent aussi des manières différentes de se la représenter et de l'apprécier. Là où les activités récréatives *dans* la nuit font de l'obscurité une ressource exploitable adjointe aux activités humaines et malléable selon les besoins de ces activités, les activités récréatives *de* la nuit participent à la prise de conscience de la spécificité de l'environnement nocturne et à un rapport affectif et hédoniste à la nature.

Il n'en reste pas moins que ces deux approches ont l'avantage de rassembler des acteurs d'un territoire derrière un objectif commun (quel qu'il soit) en vue de faire de l'environnement nocturne une ressource à valoriser. L'appropriation collective de la nuit, de son éclairage ou de son obscurité, et de ses activités est un pas important vers une gestion plus durable des espace-temps nocturnes. La labellisation, en tant qu'outil de valorisation ou même de financement, fixe un objectif à atteindre ou une base d'action et pérennise la collaboration des acteurs territoriaux.

2. Permettre un attachement personnel à la nuit

Outre la valeur économique attribuable à l'environnement nocturne, il en est une autre, intrinsèque à ses dimensions naturelles et tout autant importante dans les changements de pratiques d'éclairage. Le rapport personnel à la nuit, à sa faune et à ses phénomènes peut se traduire par un

attachement sentimental composé d'émerveillements, de mystères, de souvenirs. Difficile à étudier et encore plus à quantifier, la prise en compte de tels sentiments est pourtant essentielle pour comprendre la place accordée à l'environnement nocturne par les acteurs individuels et collectifs. En cela, le rapport à l'environnement nocturne peut apparaître similaire à celui avec le sauvage : selon les parcours individuels et les sensibilités de chacun et de chacune, ces notions et les espaces auxquels elles se rapportent peuvent être perçus tantôt avec crainte et dégoût, tantôt avec enthousiasme et admiration, ce qui n'est pas sans influencer les actions, les mesures et les politiques adoptées. La question de la « juste place » accordée à la nature et à ses dimensions pouvant être considérées comme plus inhospitalières joue nécessairement sur la valeur accordée à l'environnement nocturne. Or, les impacts de la pollution lumineuse apparaissent encore largement méconnus du grand public, aussi bien que les enjeux sanitaires et sécuritaires réels de l'éclairage, et la rénovation d'un parc d'éclairage sur 30 ans s'inscrit dans un travail de temps long supérieur à une classe d'âge (Auricoste *et al*, 2018).

Mettre en place un cadre favorable à l'apprentissage, à la sensibilisation, à la rencontre entre le public et la nuit est donc un enjeu central pour l'avenir des luttes contre les pollutions lumineuses. Se limiter aux intérêts scientifiques liés aux pollutions lumineuses rend la récolte de fonds et l'obtention d'une acceptabilité sociale pour protéger les écosystèmes nocturnes d'autant plus laborieuses, et les effets néfastes de l'éclairage artificiel ne peuvent être considérés comme des problèmes publics que si les habitants ressentent un intérêt pour cette thématique. Il ne suffit pas qu'une ressource obscurité soit dégradée pour que l'on parle politiquement de pollution lumineuse, il faut aussi avoir une conscience collective de cette dégradation : « de toute évidence, sans éducation du public, aucune action politique ne sera engagée » (Bidwell, 2010, traduit par S. Challéat).

La disparition de l'accès au ciel étoilé est un phénomène intéressant pour initier cette prise de conscience collective étant donné qu'elle est facilement observable dans la plupart des espaces soumis à une pollution lumineuse et que l'effet de l'éclairage est clairement déterminé dans la dégradation d'un repère important de nos vies culturelles. L'aspect de l'environnement nocturne qui est souvent perçu comme le plus merveilleux, à savoir le ciel étoilé, est justement celui qui est rendu le plus inaccessible à cause des pollutions lumineuses ; cela pourrait entraîner un cercle vicieux de perte du lien à l'environnement pour les populations qui n'ont jamais ou peu eu accès à un ciel étoilé immaculé et qui n'y ont pas développé de sensibilité particulière. La contemplation de l'infinité de l'espace, source de multiples questionnements sur notre place dans l'univers et sur la planète Terre, apparaît comme un levier de sensibilisation à développer pour renforcer ou recréer un lien entre le public et l'environnement nocturne, et, par extension, l'environnement et la nature de manière générale.

De nombreux récits d'engagement dans la lutte contre les pollutions lumineuses commencent d'ailleurs par des souvenirs d'expériences personnelles de communion ou d'émerveillement face à l'environnement nocturne. Le témoignage de la secrétaire générale d'une commune de la RICE du Pic du Midi de Bigorre est un exemple explicite : « Indépendamment des questions professionnelles, j'ai été très sensible à la question du retour à la visibilité du ciel étoilé. J'ai eu la chance de grandir dans un tout petit village de montagne où il n'y avait, depuis chez moi, aucun éclairage public visible. Je me souviens très bien avoir souvent contemplé la beauté du ciel étoilé avec mes parents (je suis parfaitement inculte en la matière) ; les nuits claires où il gelait, avec le paysage enneigé, c'était encore plus beau. [...] Pardon pour cette parenthèse un peu sentimentale, mais c'est effectivement le premier sentiment bien réel que j'ai eu en découvrant le projet de protection du ciel étoilé. Un sentiment qui

a primé avant toute réflexion ! » [Extrait de courriel envoyé par la secrétaire générale d'une commune de la RICE, février 2014] (Challéat *et al*, 2018). Les sentiments personnels, bien que cruciaux pour l'action individuelle ou collective, sont cependant encore peu pris en compte.

La création d'un cadre favorable à la sensibilisation du public, visant à provoquer ou faciliter le vécu d'expériences personnelles, peut passer par de multiples canaux selon les objectifs visés. Dans le but de mettre en place des politiques d'aménagement tout d'abord, il est possible de mettre en place une sensibilisation que l'on pourrait qualifier d'opérationnelle : l'organisation de balades nocturnes et d'ateliers participatifs permet d'impliquer les habitants directement dans les processus de conception de l'espace en leur donnant un rôle d'aménageur à leur échelle, en provoquant et interrogeant leur vécu des espaces et en leur fournissant les ressources conceptuelles pour replacer leur propre réflexion dans une expérience concrète.

Ces actions de sensibilisation peuvent être étendues dans des contextes qui ne sont pas directement liés à des mesures d'aménagement. Il est notamment possible d'intégrer une réflexion sur la pollution lumineuse dans les enseignements aux plus jeunes lors de classes vertes, de colonies de vacances ou d'évènements dédiés à la nuit. Ces derniers peuvent être l'occasion de pratiquer des activités inhabituelles dans des espaces relativement proches du public, créant une nouvelle perception de l'environnement proche et de la biodiversité ordinaire : le Jour de la Nuit par exemple, organisé depuis 2009 par l'association Agir pour l'environnement et relayé par des institutions territoriales, regroupe de nombreuses animations comme des sorties nature, des écoutes d'animaux et découvertes de la biodiversité nocturne, et des observations d'étoiles (en plus de conférences et d'expositions). Ils sont aussi une occasion pour expérimenter de nouveaux modes d'éclairages publics, en proposant une extinction ponctuelle. La Nuit des étoiles, évènement organisé par l'association française d'astronomie, est, elle, plus centrée sur l'observation de l'espace et donne rendez-vous aux astronomes amateurs dans environ 300 lieux en France pour observer la voie lactée en mettant du matériel à disposition.

Enfin, il est possible de sensibiliser le public à travers diverses expériences spécifiques à la nuit, comme l'installation d'œuvres et d'expositions nocturnes par des artistes urbains, répondant souvent elles-aussi à des logiques de l'événementiel : les Nuits blanches organisées à Paris en sont un bon exemple, permettant aux habitants et aux touristes de redécouvrir la ville et ses lieux phares à travers une relecture nocturne placée sous le signe du sensoriel, de l'esthétisme et de l'expérimental (Deckmyn, 2020). Diverses activités usuellement diurnes peuvent être déclinées dans des temporalités nocturnes pour donner la possibilité d'expérimenter un vécu conditionné selon celles-ci, comme des mariages, des bivouacs dans des jardins publics, ou des marchés plus ou moins informels.

3. Remettre les pendules à l'heure

Mettre en place un cadre favorable à la création d'un nouveau rapport à la nuit ne peut cependant pas se faire sans poser la question de la nature du rapport que nous voulons avoir en tant que société. Non seulement le cycle biologique de l'alternance entre le jour et la nuit est bouleversé par la lumière artificielle (par la modification de la production de mélatonine et toutes les implications que cela a pour le corps humain et sa santé mentale) mais c'est aussi le cas pour les aspects sociologiques, culturels et professionnels de ce cycle. En quelques décennies les évolutions techniques de l'éclairage et de l'informatique ont, notamment à travers la mondialisation, réduit la nuit traditionnelle en ville et installé une nouvelle vie éveillée à la place. Aujourd'hui la nuit telle qu'on

l'entendait comme un temps de repos et d'inactivité atteint à peine trois heures dans les grandes villes (Deckmyn, 2020) : « la Bourse reste ouverte, les avions volent, les écrans des portables, de la télévision et d'internet luisent... ». La ville diurne et la ville nocturne ne sont pas les mêmes, elles ne sont pas fréquentées par les mêmes individus ni de la même manière, elles répondent à des logiques différentes, possèdent des écosystèmes sociaux et des topologies propres. La nuit urbaine, active, n'est pas l'envers du jour ou son absence.

En cela, il semble irréaliste de prôner dans l'immédiat un retour à une nuit plus traditionnelle pour tous et toutes. Les nouvelles pratiques de la nuit, marquée par l'extension des activités diurnes (soin, services, transport, surveillance), l'apparition d'activités nocturnes (bars, boîtes de nuit, événements) ou le transfert d'activités illégales vers des temporalités de moindre contrôle social (trafics, prostitution, crimes et délits) reflètent des bouleversements culturels ancrés dans l'histoire ancienne et récente et représentent une part importante de la vie sociale et professionnelle d'un grand nombre d'individus. Pour autant, les vies humaines ne sauraient être simplement transférées du jour vers la nuit -autant d'un point de vue biologique que social-, le travail de nuit représente un réel danger sanitaire, et les activités nocturnes participent à étendre les pollutions humaines à des temporalités jusque-là encore vierges. L'éclairage artificiel joue ici autant un rôle autant bénéfique -permettant les activités et leur relative sécurisation- que néfaste à travers les nombreuses pollutions que nous avons abordées.

Aussi, il est nécessaire d'arbitrer sur la place que doit avoir la nuit dans nos vies individuelles et collectives et sur le rôle que l'on souhaite attribuer à l'éclairage. Est-il nécessaire de voir de nuit comme on voit de jour ? Ou bien doit-on marier la lumière et l'obscurité pour créer des perceptions nouvelles des espaces ? L'éclairage urbain doit-il tendre à supprimer l'influence de la nuit ? Ou bien doit-il, au contraire, la renforcer en créant des contextes et des lectures qui lui sont propres ? L'accès au ciel étoilé doit-il être réservé aux zones naturelles ? Ou est-il souhaitable de réguler l'éclairage dans les zones urbanisées au risque de diminuer le confort de certains habitants ? La valeur attribuée à l'environnement nocturne et à ses multiples dimensions est au centre d'un débat de société qui n'a pas réellement eu lieu, sauf en des instances locales ponctuelles et éparses. Les travaux scientifiques et associatifs poussent vers un changement de braquet de l'éclairage public pour une plus grande sobriété, mais ce choix -s'il est fait- ne dit pas ou peu comment et selon quelles priorités concrètes le réaliser : la qualité de sommeil d'un habitant doit-elle primer sur l'évitement potentiel d'une éventuelle agression sous ses fenêtres ? La reproduction d'un ver luisant doit-elle prendre le pas sur la volonté d'un artisan à illuminer la vitrine de sa boutique ?

Les réponses données à ces questions peuvent être très tranchées si on les pose aux premiers intéressés, mais elles peuvent aussi être bien plus nuancées pour le grand public qui trouve souvent ses intérêts dans des sources multiples. Les oppositions ne sont pas toujours là où on les attend et les dissonances cognitives, contradictions propres à chaque individu résultant d'une intersection d'intérêts dissociés, nous invitent à abandonner la réflexion en termes de guerres de clans. Pour dépasser les solutions simplistes qui consistent à éclairer toujours plus ou à tout éteindre, et démêler ces conflits internes à chaque individu, une bonne appropriation des enjeux et des effets de la lumière doit être jumelée à une multiplication des interactions entre les acteurs, d'origines diverses et travaillant ou utilisant l'éclairage de près ou de loin. Ces discussions et ces diffusions d'idées doivent aussi permettre de remettre en question les idées préconçues qui font de l'éclairage une solution pour des problèmes qui n'y sont pas toujours liés, comme la sécurisation des espaces : il existe dans

l'opinion publique une fusion théorique implicite entre la lumière et la sécurité, entre le moyen et la fin, ce qui ne se vérifie pourtant pas systématiquement dans la réalité et qui complexifie la formulation d'un avis en créant une opposition qui n'a pas lieu d'être. La conception d'un éclairage plus respectueux de l'environnement et de la santé humaine gagnerait ainsi à décroiser les disciplines dans les débats, à croiser les regards d'éclairagistes, d'écologues, de médecins, d'astronomes, de sociologues, de psychologues, d'historiens et d'anthropologues, mais aussi d'usagers qui ne sont pas aux faits de la recherche scientifique ou des avancées réglementaires et politiques.

Pour conclure sur la question qui a donné le titre de cette dernière partie, un ciel étoilé n'a pas de prix, ou du moins pas d'autre prix que celui que l'on veut lui donner en tant que sociétés habitant des territoires du nocturne. Le ciel et ses astres peuvent être tour à tour des aménités économiques, des ressources du point de vue de la santé et du cadre de vie, ou des repères de notre lien à l'environnement, possédant une valeur intrinsèque propre à notre existence et à nos histoires personnelles. Les partages, les échanges et la compréhension d'idées sur ce que peut nous apporter l'environnement nocturne permettent de mettre en musique les motivations des acteurs et de leur donner un idéal à défendre.

Conclusion

*« Sa mutation de nature et d'identité, la prospérité
Se souviendra du jour, de ce jour où le jour devint la nuit
Où la clarté s'obscurcit
Des anciens créneaux furent balayés très vite
De nouveaux discours, de nouveaux chants sémantiques
De nouveaux domaines un horizon déchiré par des comètes
Des ténèbres naquirent une nation de nouveaux poètes »*

IAM,
Ombre est lumière, 1993

Résorber les pollutions lumineuses ne peut se résumer à appuyer sur un interrupteur, et ne peut pas non plus se réduire à installer des luminaires aux normes, peu intenses, tamisés ou des détecteurs de présence, ni à planifier une trame écologique de l'obscurité. En somme, pour résorber les pollutions lumineuses, il est nécessaire de comprendre ce qui fait pollution. La lumière, en soi, est une composante physique de l'univers, un rayonnement qui s'écoule dans l'espace depuis sa création et c'est à partir d'elle que la vie a tiré son énergie la plus primaire. Elle est aussi un outil qui a façonné les civilisations, des plus anciennes aux plus développées, et qui a accompagné les sociétés à chaque étape de leurs évolutions techniques, scientifiques, religieuses, sociales, géographiques, philosophiques. Elle est un paramètre d'une grande équation, d'autant plus étroitement encadrée dans nos modes de vie à l'heure de la généralisation des réseaux électriques, de la mondialisation des échanges, du développement numérique et des systèmes intelligents. A la nuit tombée, enfin, elle est un phare, un repère, un foyer autour duquel se rassembler, se connaître et se reconnaître, se voir pour mieux se surveiller, se positionner, se comprendre.

La lumière ne peut véritablement devenir pollution à nos yeux qu'à condition de prendre conscience qu'elle contrebalance l'obscurité. Il ne peut y avoir de jour sans nuit. Dans cette balance, qui oppose le savoir à l'inconnu, la solidité du confort à la fugacité du mystère, le rationnel à l'imaginaire, l'action au rêve, tout excès risque de déséquilibrer un système construit sur l'habitude, la stabilité de cette alternance naturelle. Comprendre que l'obscurité a joué un rôle tout aussi important que la lumière dans le façonnement du vivant et l'histoire humaine est la première étape préalable à l'appropriation de l'éclairage artificiel nocturne et à la mise en place de pratiques durables. Elle permet de ne plus aborder la problématique des pollutions lumineuse que par son aspect le plus négatif (la dégradation d'une ressource) mais aussi par ses aspects les plus entraînants et constructifs (la valorisation - monétaire ou non- d'une ressource). Que cela soit à travers le bien être des habitants, la mise en tourisme ou la protection d'un patrimoine naturel, les territoires du nocturne les plus innovants s'approprient l'obscurité pour mieux s'en rapprocher, mais aussi, de manière complémentaire, pour mieux éclairer.

Aussi, si des lacunes persistent sur certains aspects de la recherche et de la réglementation, il s'avère que la plus grande lacune dans la lutte contre les pollutions lumineuses reste le manque d'appropriation de l'environnement nocturne par les populations, les entreprises et les acteurs publics, que cela soit par manque de moyens, à cause d'une mauvaise transmission des connaissances ou une faible répartition des compétences. De nombreuses manières d'éclairer et d'explorer la nuit restent à expérimenter et à adapter selon les contextes locaux, et les discours sur l'éclairage et ses controverses

traduisent encore trop souvent une réflexion en silos, un manque de transversalité entre les disciplines et les corps de métier. Les parcs d'éclairage publics mais aussi privés, pour tout ce qu'ils peuvent nous apporter -ou nous retirer- gagneraient à ne plus se résumer à un usage purement fonctionnel de l'espace mais à être aussi soignés que le vivant qui l'habite, humain ou non.

Bilan personnel

Cette année d'alternance a pour moi été une expérience d'un grand intérêt, aussi bien d'un point de vue professionnel que personnel. Professionnellement d'abord, elle a représenté une expérience nouvelle, valorisante et enrichissante. A mon arrivée en octobre 2020 je ne connaissais encore rien de la faune nocturne, de la pollution lumineuse, ou même des enjeux de l'éclairage : ma prise de compétence sur le sujet a été, pour ainsi dire, totale. Le travail en équipe resserrée s'est avéré être un excellent compromis entre interactions et autonomie pour s'emparer du sujet, l'interroger, le discuter et le fixer dans un champ sémantique et un discours qui nous ont semblés aussi fédérateurs et humains que possible. Il nous a tenu à cœur d'élargir nos compétences à tous les domaines liés à l'éclairage pour ne pas rester dans le vase clos de l'étude de la biodiversité et pour mieux l'inscrire dans une démarche cohérente de protection du vivant sous tous ses aspects. En cela l'Institut Paris Region a été un cadre idéal, aussi bien en interne qu'à travers son réseau régional, pour faire intervenir des perspectives issues de disciplines éloignées, de la biodiversité à l'énergie en passant par la santé et la sécurité. Mon unique regret aura été de ne pas avoir pu me rapprocher plus du terrain, ce qui s'explique en partie par les bouleversements qu'ont engendrés les confinements successifs et les mesures de distanciation liées à la crise sanitaire qu'a traversé le pays.

D'un point de vue personnel ensuite, la commande de l'alternance m'a invitée à travailler ma prise d'initiative et mon autonomie dans le travail au quotidien. Concernant l'enquête menée auprès des usagers de l'espace public, j'ai même eu la chance de pouvoir jouer un rôle central durant toutes les étapes de sa conception, de l'identification du besoin à l'exploitation des données et à la formulation et la communication des résultats. Ces dernières étapes ont par ailleurs mis à l'épreuve mon esprit de synthèse et mon esprit critique par rapport à notre travail. De manière général, il a été satisfaisant de pouvoir m'impliquer personnellement dans les démarches entreprises, apportant mes qualités et mes connaissances, qu'elles soient issues de mes expériences passées ou de mes apprentissages universitaires. Bien qu'il me reste encore une longue route à parcourir, j'ai aussi pu travailler certains de mes défauts, comme mon manque de capacités relationnelles ou ma difficulté à fournir une qualité et une quantité de travail stable dans le temps. A l'avenir, enrichie de cette expérience, je connaîtrai l'importance d'un environnement de travail qui, en plus d'être détendu et agréable, met l'accent sur le partage des savoirs, la curiosité et la mise en valeur des spécialités individuelles. Je m'orienterai aussi peut être vers des domaines plus appliqués, plus proches des terrains et de leurs habitants.

Sources

- AFE (Association Française de l'Éclairage), 2019. Fiche n°1, éclairage dans les collectivités : chiffres clés. <http://www.afe-eclairage.fr/docs/2019/11/27/11-27-19-10-43-AFE%20-%20FICHES%20PRATIQUES%202019-2020-V2%20-%20BD.pdf>
- ANPCEN, Dossier de presse du 27 mai 2021
- Anses, 2019. Effets sur la santé humaine et sur l'environnement (faune et flore) des diodes électroluminescentes (LED). ISBN 979-10-286-0289-5
- ARNAUD I., 2015. « Eclairage public : une solution 100% LED pour Vaucluse », La Gazette (des communes, des départements, des régions)
- AURICOSTE I., LANDEL J.-F., SIMONE M., 2018. A la reconquête de la nuit. La pollution lumineuse : état des lieux et propositions. Rapport du CGEDD
- AZAM C., KERBIRIOU C., VERNET A., JULIEN J.F., BAS Y., MARATRAT J., LE VIOL I., 2015. Is part-night lighting an effective measure to limit the impacts of artificial lighting on bats? *Global Change Biology*, 21, 4333–4341. DOI: 10.1111/gcb.13036
- AZAM C., LE VIOL I., JULIEN J.F., 2016. Disentangling the relative effect of light pollution, impervious surfaces and intensive agriculture on bat activity with a national-scale monitoring program. *Landscape Ecol* 31, 2471–2483 <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0417-3>
- BARBER-MAYER S.M., 2007. Photopollution impacts on the nocturnal behaviour of the sugar glider (*Petaurus breviceps*). *Pacific Conservation Biology* 13: 171–176
- BENNIE J., DAVIES T.W., CRUSE D., INGER R., GASTON K.J., 2015. Cascading effects of artificial light at night: resource-mediated control of herbivores in a grassland ecosystem. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 370: 20140131. DOI: 10.1098/rstb.2014.0131
- BESSOLAZ N., LEVILLAIN N., MARTIN-BRISSET C., 2010. Les réponses de l'ANPCEN aux 40 questions soulevées par l'AFE sur l'éclairage public
- BIDWELL R.G.S., 2010. Scotobiology: The ecology and sociology of light pollution, in *Ecosystem Based Management: Beyond Boundaries. Proceedings of the Sixth International Conference of Science and the Management of Protected Areas, 21-26 May 2007, Acadia University, Wolfville, Canada, 425-428.*
- BOLDOGH S., DOBROSI D., SAMU P., 2007. The effects of the illumination of buildings on house-dwelling bats and its conservation consequences. *Acta chiropterologica*. Volume 9. Numéro 2. Pages 527-534.
- BRETAUD J.-F., IODICE M., VERNY P., BUSSON S., 2020. Fiche AUBE n°3 : Choisir une source d'éclairage en considérant l'impact de son spectre lumineux sur la biodiversité. Cerema
- BUSSON S., BRETAUD J.-F., SORDELLO R., 2020. Fiche AUBE n°1 : Adapter l'éclairage aux enjeux de biodiversité du territoire. Cerema
- BUSSON S., CARAT D., 2020. Fiche AUBE n°2 : Intégrer les enjeux de biodiversité nocturne dans la planification et les outils opérationnels. Cerema
- BUSSON S., IODICE M., VERNY P., BORROD R., 2020. Fiche AUBE n°4 : Comprendre l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses. Cerema
- CABANTOUS A., 2009. Histoire de la nuit : Europe occidentale. XVIIe-XVIIIe siècle. Fayard

- CAMAIL N., DUMAS L., GRONDAHL J., JACQUOT L., LUKASEK T., MAURY C., VAUCLAIR S., 2018. Mettre en Lumière l'Univers de la Nuit : Guide pour une sobriété de l'éclairage public dans les Vosges Centrales. Syndicat mixte du SCoT des Vosges Centrales
- CHALLEAT S., 2010. "Sauver la nuit" : empreinte lumineuse, urbanisme et gouvernance des territoires. Histoire. Université de Bourgogne.
- CHALLEAT S., LAPOSTOLLE D., 2014. (Ré)concilier éclairage urbain et environnement nocturne : les enjeux d'une controverse sociotechnique. *Natures Sciences Sociétés*, 22, 317-328 <https://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2014-4-page-317.htm>
- CHALLEAT S., LAPOSTOLLE D., 2017. Prendre en compte les usages pour mieux éclairer la nuit, *Métropolitiques*
- CHALLEAT S., 2018. Le socioécosystème environnement nocturne : un objet de recherche interdisciplinaire. *EDP Sciences, Natures Sciences Sociétés*. <https://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2018-3-page-257.htm>
- CHALLEAT S., LAPOSTOLLE D., MILIAN J., 2018. L'environnement nocturne dans les territoires de montagne français, ressource et opérateur de transition vers la durabilité. *Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine [En ligne]*, 106-1 DOI : <https://doi.org/10.4000/rga.3895> ; URL : <http://journals.openedition.org/rga/3895>
- CHALLEAT S., 2019. Sauver la nuit. Premier Parallèle
- CHALLEAT S., POMEON T., 2020. Et que fais-tu de cinq cents millions d'étoiles ? , *Ateliers d'anthropologie [En ligne]*, 48 ; DOI : <https://doi.org/10.4000/ateliers.13410> URL : <http://journals.openedition.org/ateliers/13410>
- CHALLEAT S., BARRE K., LAFORGE A., LAPOSTOLLE D., FRANCHOMME M., SIRAMI C., LE VIOL I., MILIAN J., KERBIRIOU C., 2021. Grasping darkness: the dark ecological network as a social-ecological framework to limit the impacts of light pollution on biodiversity. *Ecology and Society* 26(1):15. <https://doi.org/10.5751/ES-12156-260115>
- CLARKE J.A., CHOPKO J.T., MACKESSY S.P., 1996. The Effect of Moonlight on Activity Patterns of Adult and Juvenile Prairie Rattlesnakes (*Crotalus viridis viridis*). *Journal of Herpetology*. Volume 30. Numéro 2. Pages 192-197.
- DAVIES T.W., BENNIE J., GASTON K.J., 2012. Street lighting changes the composition of invertebrate communities. *Biology Letters* 8: 764–767. DOI: 10.1098/rsbl.2012.0216
- DECKMYN C., 2020. Lire la ville : manuel pour une hospitalité de l'espace public. La Découverte
- DELEUIL J.-M., 2009. Éclairer la ville autrement. Innovations et expérimentations en éclairage public. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes
- DOMINONI D. et al., 2013. Urban-like night illumination reduces melatonin release in European blackbirds (*Turdus merula*). *Frontiers in Zoology* 2013, 10:60
- FOUQUET R., PEARSON P.J.G., 2006. Seven centuries of energy services: the price and use of light in the United Kingdom (1300-2000), *The Energy Journal*, 27, 1, 139-177, www.jstor.org/stable/23296980.
- FRANCHOMME M., HINNEWINKEL C., CHALLEAT S., 2019. La trame noire, un indicateur de la place de la nature dans l'aménagement du territoire. *Bulletin de l'association de géographes français*, 96-2. <http://journals.openedition.org/bagf/4764> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/bagf.4764>
- GASTON K.J., BENNIE J., DAVIES T.W., HOPKINS J., 2013. The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal. *Biol Rev Camb Philos Soc*. 88(4):912-27. doi: 10.1111/brv.12036. Epub 2013 Apr 8. PMID: 23565807

GUINARD E., PINEAU C., 2006. Mesures de limitation de la mortalité de la Chouette effraie sur le réseau routier. Service d'études techniques des routes et autoroutes (SETRA). 11 pages

GWIAZDZINSKI L., 2005. La nuit, dernière frontière de la ville. Editions de l'Aube

HOLKER F., WOLTER C., PERKIN E.K., TOCKNER K., 2010. Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology and Evolution* Vol.25 No.12

KLOOG I., HAIM A., STEVENS R.G., PORTNOV B.A., 2009. Global co-distribution of light at night (LAN) and cancers of prostate, colon, and lung in men. *Chronobiology International*, vol. 26, n° 1, p. 108-125.

KNOP E., ZOLLER L., RYSER R. et al. 2017. Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature* 548, 206–209. <https://doi.org/10.1038/nature23288>

KWIATKOWSKI F., ABRIAL C., GACHON F., CHEVRIER R., CURE H., CHOLLET P., 2004. Stress, cancer et rythme circadien de la mélatonine. *Pathologie Biologie*, n° 53, pp. 269-272.

LEWANZIK D., VOIGT C.C., 2014. Artificial light puts ecosystem services of frugivorous bats at risk. *Journal of applied ecology*. Volume 51. Numéro 2. Pages 388–394.

LONGCORE T., RICH C., 2004. Ecological Light Pollution. *Frontiers in ecology and the Environment*, 2(4): 191–198. https://www.researchgate.net/publication/221959079_Ecological_Light_Pollution

LONGCORE T., RICH C., 2016. Artificial night lighting and protected lands: ecological effects and management approaches. *Natural Resource Report NPS/NRSS/NSNS/NRR—2016/1213*. National Park Service, Fort Collins, Colorado, pp. 1–51

LONGCORE T., RICH C., 2016. *Ecological and Organismic Effects of Light Pollution*. eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. DOI: 10.1002/9780470015902.a0026328. <https://www.researchgate.net/publication/310454902>

MALLET S., 2011. Paysage-lumière et environnement urbain nocturne. *Espaces et sociétés*, 2011/3 (n° 146), p. 35-52. DOI : 10.3917/esp.146.0035. URL : <https://www.cairn.info/revue-espaces-et-societes-2011-3-page-35.htm>

MATHEVET R., THOMPSON J., DELANOE O., CHEVLAN M., GIL-FOURRIER C., BONNIN M., 2010. La solidarité écologique : un nouveau concept pour une gestion intégrée des parcs nationaux et des territoires. *Natures Sciences Sociétés* 18:424-433. <https://doi.org/10.1051/nss/2011006>

MOORE M.V., PIERCE S.M., WASH H.M., KWALVIK S.K., LIM J.D., 2000. Urban light pollution alters the diel vertical migration of *Daphnia*. *Verhandlungen Internationale Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie*. Numéro 27 pages 1-4.

MOSSER S., 2005. Les configurations lumineuses de la ville la nuit : quelle construction sociale ? *Espace et sociétés*, n° 122 (4/2005).

MOSSER S., 2007. Eclairage et sécurité en ville : l'état des savoirs. *Déviance et Société*, vol.31, pp. 77-100.

NARBONI R., 2021. Trame noire – Le temps de la maturité. Filière 3e. <https://www.filiere-3e.fr/2021/06/16/trame-noire-le-temps-de-la-maturite/>

NARBONI R., GUERARD F., 2021. Les défis de l'éclairage public, contexte, acteurs, stratégies et outils. Editions Territorial, collection Dossier d'experts

NORGAARD T., NILSSON D-E., HENSCHEL J.R., GARM A., WEHNER R., 2008. Vision in the nocturnal wandering spider *Leucorchestris arenicola* (Araneae: Sparassidae). *Journal of Experimental Biology* 211: 816–823. DOI: 10.1242/jeb.010546

PERRY G., BUCHANAN B.W., FISHER R.N., SALMON M., WISE S.E., 2008. Effects of artificial night lighting on amphibians and reptiles in urban environments. *Herpetological Conservation* 3: 239–256.

- RAAP T. et al., 2016. Artificial light at night disrupts sleep in female great tits (*Parus major*) during the nestling period. *Environmental Pollution* 215:125-134
- RAMADE F., 2009. « Pollution », *Encyclopaedia Universalis*
- REEVES, H. La pollution lumineuse [en ligne], http://astro-canada.ca/_fr/a3800.html
- REMANDE C., 2010. Éclairage public : Réponses à 40 questions trop souvent dévoyées. *Lux, la revue de l'éclairage*. AFE.
- SALMON M., 2003. Artificial night lighting and sea turtles. *Biologist* 50: 163–168.
- SHOUP G., 1918. Artificial Lighting of Poultry Houses in Washington. *Journal of the American Association of Instructors and Investigators of Poultry Husbandry*. Vol 4, Issue 6, pp. 44-47
- SORDELLO R., VANPEENE S., AZAM C., KERBIRIOU C., LE VIOL I., LE TALLEC T., 2014. Effet fragmentant de la lumière artificielle : Quels impacts sur la mobilité des espèces et comment peuvent-ils être pris en compte dans les réseaux écologiques ? MNHN, Rapport SPN
- SORDELLO R., 2017. Pollution lumineuse et trame verte et bleue : vers une trame noire en France ? *Territoire en mouvement, Revue de géographie et aménagement*
- SORDELLO R., PAQUIER F., DALOZ A., 2021. Trame noire, méthodes d'élaboration et outils pour sa mise en œuvre. Office Français de la Biodiversité.
- STONE E.L., JONES G., HARRIS S., 2009. Street lighting disturbs commuting bats. *Current Biology* 19: 1123–1127. DOI: 10.1016/j.cub.2009.05.058
- TAHKAMO L., 2013. Life cycle assessment of light sources - Case studies and review of the analyses. *The International Journal of Life Cycle Assessment* June 2013, Volume 18, Issue 5, pp 1009–1018, 2013. https://www.researchgate.net/publication/257679886_Life_cycle_assessment_of_lightemitting_diode_downlight_luminaire_-_A_case_study.
- VERHEIJEN F.J., 1985. Photopollution: artificial light optic spatial control systems fail to cope with. Incidents, causation, remedies. *Experimental Biology* ;44(1):1-18. PMID: 3896840.
- VERNON HENDERSON J., STOREYGARD A., N.WEIL D., 2012. Measuring Economic Growth from Outer Space. *American Economic Review* 102(2):994-1028. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.102.2.994>
- WISE S., 2007. Studying the ecological impacts of light pollution on wildlife: amphibians as models. Dans : *StarLight: A Common Heritage*, pp. 107–116. Canary Islands, Spain: StarLight Initiative, La Palma Biosphere Reserve, Instituto de Astrofísica de Canarias, Government of the Canary Islands, Spanish Ministry of the Environment, UNESCO – MaB.
- YOUNG H.J., 2002. Diurnal and nocturnal pollination of *Silene alba* (Caryophyllaceae). *American Journal of Botany*. Volume 89. Numéro 3. Pages 433-440.

Table des images

Image 1 : Evolution de l'éclairage artificiel dans l'ouest de l'Europe (extrait du guide Trame noire de l'OFB, Sordello et al, 2021)	11
Image 2 : Affiches de promotion de Chartres en Lumières de 2008 et 2016..	16
Image 3 : Exemple de perturbation due à la lumière artificielle sur un arbre (parc Jean-Baptiste Lebas à Lille, photo par Lamiot).....	21
Image 4 : Schématisation des effets sur la faune et l'humain d'un changement de forme de l'éclairage artificiel (illustration par Leigha DelBusso, dans Longcore et Rich, 2016).	30
Image 5 : Simulation d'une politique de trame noire à l'échelle urbaine et de ses effets (Challéat, 2018)	34
Image 6 : Exemple de cartographie des luminances d'un parc d'éclairage issue de prises de vues aériennes (LNE)	42
Image 7 : Etiquetage des qualités environnementales d'un éclairage, fournissant des informations sur son intensité et sa température d'éclairage (FNE).....	43
Image 8 : Lampadaire LED muni d'un coupe-flux, installé par la ville de Lille dans le cadre du projet Luciole (extrait du guide Trame noire de l'OFB, Yohann Tison, ville de Lille)	45
Image 9 : Vue d'artiste d'une exposition de sensibilisation à la trame étoilée (métropole européenne de Lille, Frédéric Remaud).....	49
Image 10 : Diplôme de « Territoire de Villes et Villages Etoilés » reçu par le PNR du Gâtinais Français lors de l'édition 2019-2020 du label de l'ANPCEN	65

Table des figures

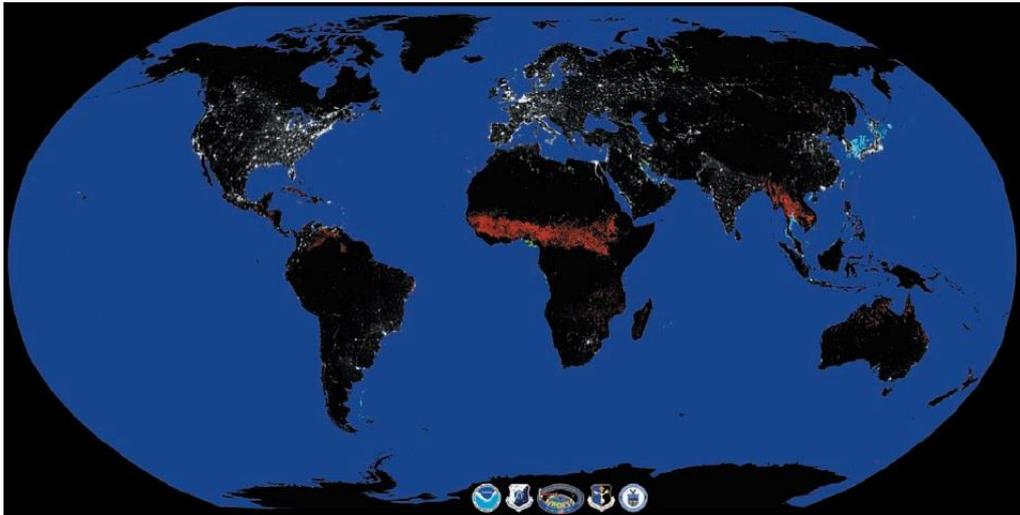
Figure 1 : Des craintes d'insécurité liées au manque d'éclairage public dépendantes du genre	14
Figure 2 : Part des usagers interrogés déclarant moins bien dormir à cause d'un éclairage public intrusif	27
Figure 3 : Schématisation de l'intégration de la dimension temporelle dans le fonctionnement des trames écologiques (extrait du guide Trame noire de l'OFB, Sordello et al, 2021)	32
Figure 4 : Différents besoins en horaires d'éclairage selon le type d'agglomération ou de quartier d'habitat de l'utilisateur.....	41
Figure 5 : Cartographie des principaux résultats de l'enquête diffusée auprès des communes d'Ile-de-France	46
Figure 6 : Priorités exprimées par les collectivités lors du renouvellement de leur parc d'éclairage ..	48
Figure 7 : Influence du genre sur la présence de peur de l'obscurité dans l'espace public.....	59
Figure 8 : Importance des éléments de contexte pour comprendre les sentiments d'insécurité nocturnes.....	60
Figure 9 : Consensus des usagers interrogés sur leur vision d'un environnement nocturne naturel au ciel étoilé	60
Figure 10 : Différentes acceptabilités pour l'extinction de l'éclairage public selon le type d'agglomération ou de quartier de son habitat	61
Figure 11 : Préférences d'éclairage en fonction des types d'espaces publics	62
Figure 12 : Communes labellisées et territoires distingués : une trame étoilée en France (dossier de presse du 27 mai 2021 de l'ANPCEN).....	64
Figure 13 : Modélisation du continuum entre activités récréatives <i>dans</i> la nuit et activités récréatives <i>de</i> la nuit (Challéat et al, 2018)	66

Table des annexes

Annexe 1 : Distribution des lumières artificielles visibles depuis l'espace (image par le National Oceanic and Atmospheric Administration's National Geophysical Data Center)	81
Annexe 2 : Distribution des espèces animales nocturnes réparties selon les grands groupes d'animaux (Hölker <i>et al</i> , 2010).....	81
Annexe 3 : Schématisation de la rugosité induite par la lumière artificielle nocturne (Romain Sordello)	83
Annexe 4 : Effets multiscalaires de la lumière artificielle nocturne et les échelles de territorialisation d'une gestion « bottom-up » de l'éclairage public (Challéat <i>et al</i> , 2021)	84
Annexe 5 : Effets des différentes longueurs d'onde sur les taxons (Bretaud <i>et al</i> , 2020)	85
Annexe 6 : Synthèse de la majeure partie des effets connus de la lumière artificielle nocturne sur les différents taxons (Sordello <i>et al</i> , 2021)	87
Annexe 7 : Plages horaires d'extinction prescrites par l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses (Busson <i>et al</i> , 2020)	88
Annexe 8 : Méthodes de définition d'une trame noire (Sordello <i>et al</i> , 2021).....	89
Annexe 9 : Mesures d'extinction de l'éclairage public dans les communes du PNR du Gâtinais Français (PNR du Gâtinais Français).	90
Annexe 10 : Influence du choix de luminaire sur la production de pollutions lumineuse en fonction du pourcentage de lumière émise vers le ciel ou vers le sol (Acere)	90
Annexe 11 : Spectres lumineux des principales technologies d'éclairage sur le marché (Sordello <i>et al</i> , 2021).....	91
Annexe 12 : Evolution du label « Villes et Villages Etoilés » depuis sa création en 2009 jusqu'à aujourd'hui (ANPCEN)	92

Annexes

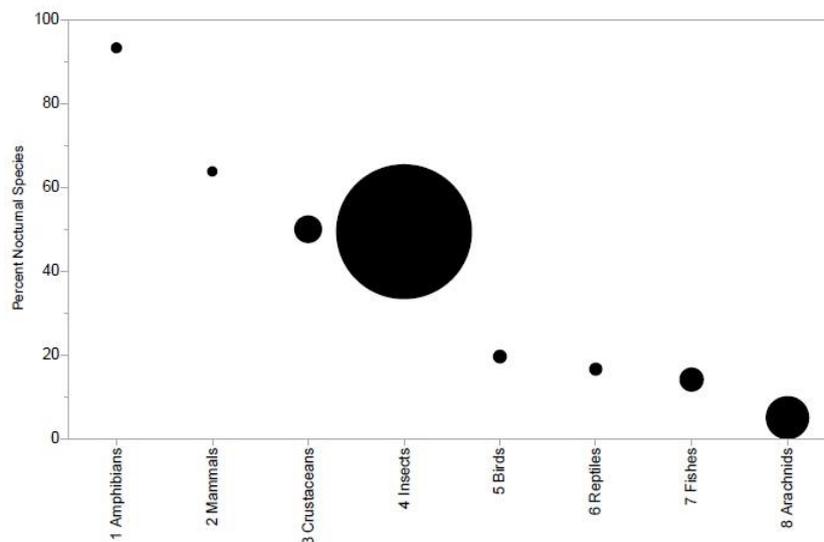
Annexe 1 : Distribution des lumières artificielles visibles depuis l'espace



Annexe 1 : (légende originale) Produced using cloud-free portions of low-light imaging data acquired by the US Air Force Defense Meteorological Satellite Program Operational Linescan System. Four types of lights are identified: (1) human settlements – cities, towns, and villages (white), (2) fires – defined as ephemeral lights on land (red), (3) gas flares (green), and (4) heavily lit fishing boats (blue). See Elvidge et al. (2001) for details. Image, data processing, and descriptive text by the National Oceanic and Atmospheric Administration's National Geophysical Data Center.

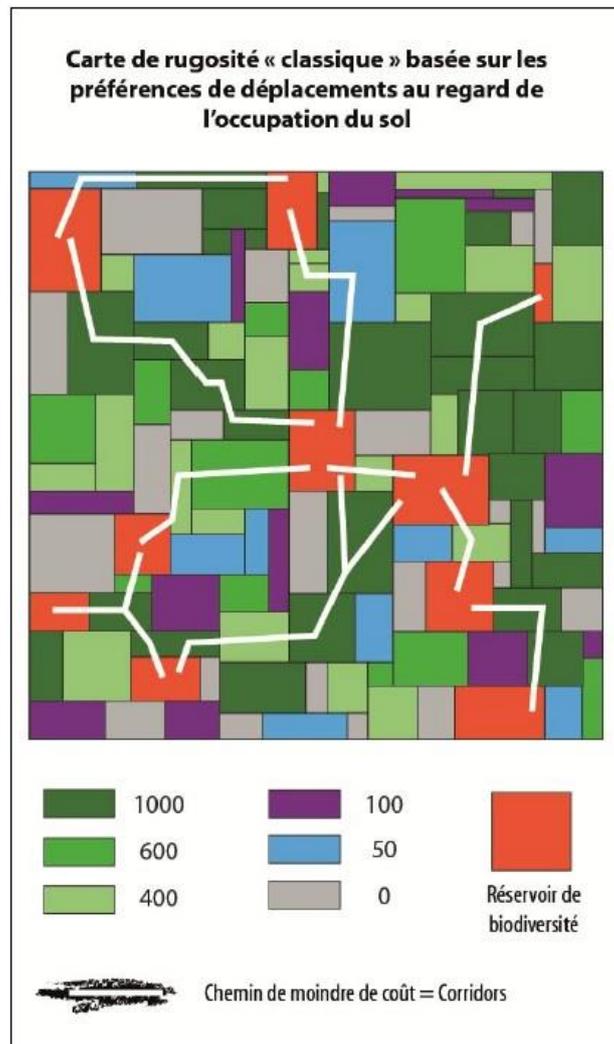
Source : Longcore T., Rich C., 2004. Ecological Light Pollution. *Frontiers in ecology and the Environment*, 2(4): 191–198. https://www.researchgate.net/publication/221959079_Ecological_Light_Pollution

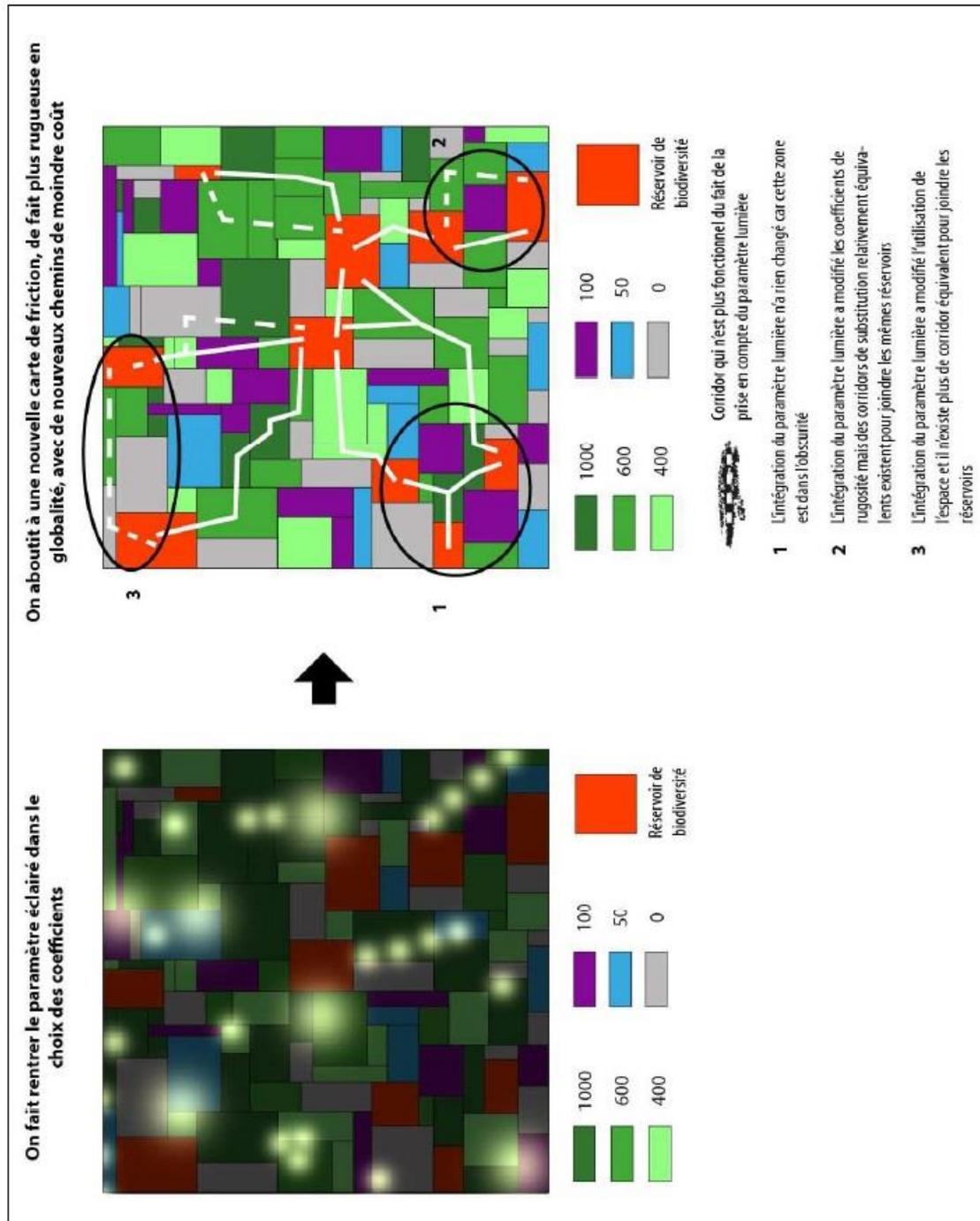
Annexe 2 : Distribution des espèces animales nocturnes réparties selon les grands groupes d'animaux



Annexe 2 : (légende originale) Proportion of major animal groups that are nocturnal. Area of markers is proportional to the number of species known in the group. Data from Hölker et al. (2010).

Source : Longcore T., Rich C., 2016. Artificial Night Lighting and Protected Lands: Ecological Effects and Management Approaches. Natural Resource Report NPS/NRSS/NSNS/NRR—2016/1213. National Park Service, Fort Collins, Colorado.

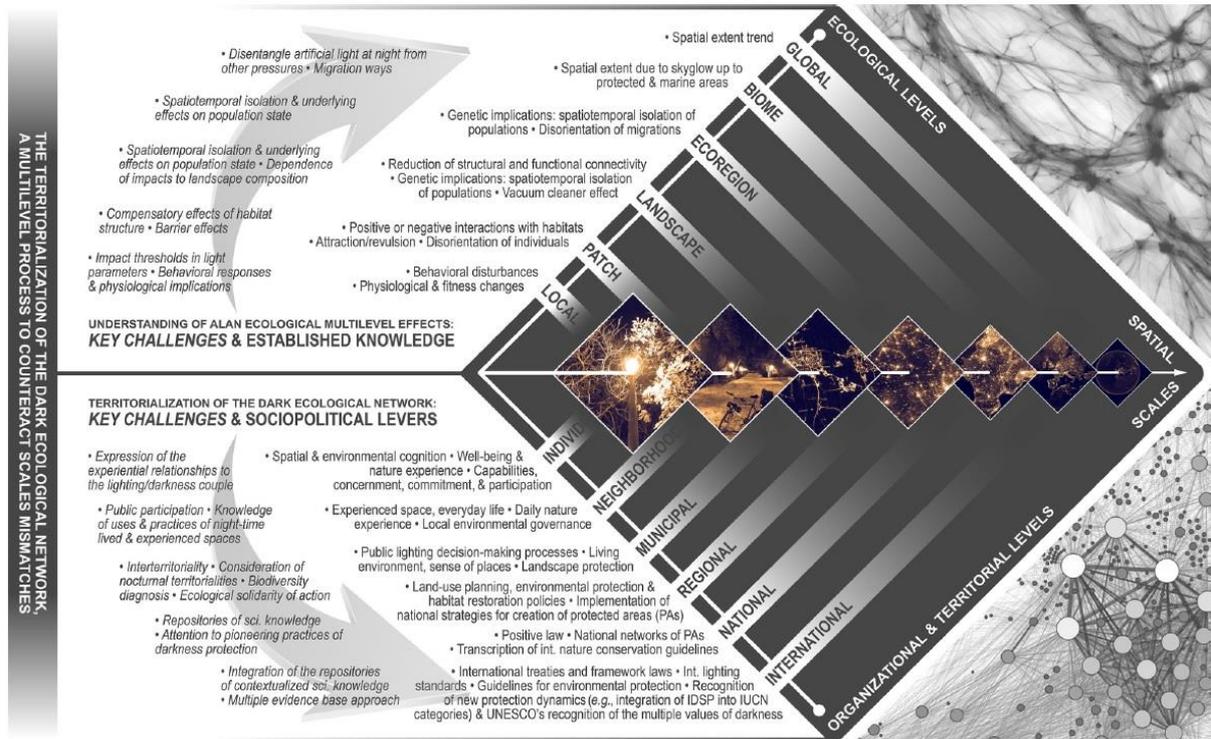
Annexe 3 : Schématisation de la rugosité induite par la lumière artificielle nocturne



Annexe 3 : En haut : méthode du chemin de moindre coût pour l'identification des corridors (ici sans prise en compte de la lumière). En bas : Méthode du chemin de moindre coût pour l'identification des corridors (ici avec prise en compte de la lumière). Plus le coefficient est fort plus le milieu est facilitant. Crédit : Romain Sordello

Source : Sordello R., Vanpeene S., Azam C., Kerbirou C., Le Viol I., Le Tallec T., 2014. Effet fragmentant de la lumière artificielle : Quels impacts sur la mobilité des espèces et comment peuvent-ils être pris en compte dans les réseaux écologiques ? MNHN, Rapport SPN

Annexe 4 : Les effets multiscales de la lumière artificielle nocturne et les échelles de territorialisation d'une gestion « bottom-up » de l'éclairage public



Annexe 4 : (titre original) Synthesis diagram pointing out the multilevel effects of ALAN and the challenges of articulating organizational levels for a bottom-up approach of the dark ecological network.

Source : Challéat, S., Barré K., Laforge A., Lapostolle D., Franchomme M., Sirami C., Le Viol I., Milian J., Kerbiriou C., 2021. Grasping darkness: the dark ecological network as a social-ecological framework to limit the impacts of light pollution on biodiversity. Ecology and Society 26(1):15. <https://doi.org/10.5751/ES-12156-260115>

Annexe 5 : Effets des différentes longueurs d'onde sur les taxons

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

Source: rapport d'étude AUBE - étude bibliographique, Cerema, 2018

Annexe 5 : Bandes spectrales et leurs impacts par taxon. Légende : X- effet constaté ; O- pas ou peu d'effet identifié ; ?- pas d'information.

Source : Etude bibliographique du rapport d'étude AUBE du Cerema : Bretaud J-F., Iodice M., Verny P., Busson S., 2020. Fiche AUBE n°3 : Choisir une source d'éclairage en considérant l'impact de son spectre lumineux sur la biodiversité. Cerema

Annexe 6 : Synthèse de la majeure partie des effets connus de la lumière artificielle nocturne sur les différents taxons



La biodiversité menacée par la pollution

© Claude Bourdon – OFB

1. Oiseaux

Pendant leur voyage, les oiseaux migrateurs se repèrent grâce au ciel étoilé. Deboussolés par les lumières des villes, ils peuvent tourner pendant des heures autour de points lumineux et mourir d'épuisement ou de collision (tours éclairées, phares). Les oiseaux urbains diurnes ont leur rythme journalier perturbé par les éclairages artificiels. Ne sachant plus faire la différence entre l'aube et la nuit, les mâles chantent jusqu'à l'épuisement toute la nuit.

2. Insectes volants

Les insectes volants s'orientent la nuit grâce au ciel étoilé ou à la lune. Ils sont ainsi irrémédiablement attirés par tous les éclairages artificiels ou la plupart d'entre eux meurent d'épuisement ou brûlés par la chaleur des lampes.

3. Chauves-souris

Exclusivement nocturnes, les chauves-souris européennes, insectivores, sont extrêmement sensibles à la lumière. Ce sont des animaux qui fuient la lumière, certaines espèces cessent même leur activité en période de pleine lune. Cependant, localement, certains chauves-souris tolèrent la lumière car celle-ci attire les insectes.

4. Serpents

Les serpents utilisent en partie une vision infrarouge leur permettant de décrypter le rayonnement thermique dans leur environnement. Selon les ampoules utilisées, les éclairages artificiels peuvent donc être susceptibles de brouiller cette perception. Les jeunes serpents quant à eux fuient la lumière pour éviter d'être repérés par leurs prédateurs.

5. Lucioles

Les lucioles émettent de la lumière par leur abdomen (de même que les vers luisants). Cette lumière sert surtout à la communication entre mâles et femelles. Leur communication étant brouillée par la pollution lumineuse, ces animaux désertent les espaces éclairés.

6. Plantes

Un excédent de lumière désynchronise fortement la saisonnalité des végétaux (apparition/disparition des fleurs et des feuilles) mais induit également un stress chez certaines espèces pouvant conduire à des maladies.

De plus, une partie des insectes qui pollinisent les plantes, et dont dépendent 90 % des plantes à fleurs, vivent la nuit et sont très impactés par la lumière artificielle. Les fleurs soumises à des éclairages sont moins visitées par les pollinisateurs nocturnes que dans une prairie dépourvue de lumière. Cette pollinisation réduite se répercute sur la production de fruits.

7. Araignées

Naturellement, une araignée tisse sa toile dans les zones obscures à l'abri des regards indiscrets. Un comportement qui tend à évoluer pour près de la moitié des espèces citadines. Ces dernières semblent tirer parti de la pollution lumineuse puisqu'elles installent désormais leur toile à proximité de sources de lumière pour avoir plus de chance de capturer de la nourriture.

8. Mammifères terrestres

Les cervidés (cerf, chevreuil...) ont des difficultés à franchir une route éclairée. Le rayon d'action de ces espèces animales est donc restreint par la lumière artificielle, limitant ainsi leur accès à la nourriture. Les éclairages affectent également le rythme de vie des mammifères (sommeil/temps d'activité).

9. Amphibiens

La lumière contraint les femelles d'amphibiens à s'accoupler avec le premier mâle venu pour éviter la prédation. Les mâles, d'ordinaire très vocaux et bien visibles, se font plus discrets. Conséquences : les accouplements se font plus rares chez certaines espèces.

10. Tortues marines

À leur naissance, les jeunes tortues s'orientent spontanément vers la lumière. Celle-ci les guide naturellement vers la mer, plus lumineuse que la terre grâce à la réverbération de l'eau et la blancheur de l'écume. Sur un littoral éclairé, ce contraste terre/mer est inversé, les petites tortues tout juste écloses sont désorientées et se dirigent vers l'intérieur des terres.

11. Poissons

Les poissons peuvent être très attirés par la lumière ce qui peut provoquer un épuisement ou une augmentation de la prédation. Les pêcheurs ont d'ailleurs certaines techniques qui utilisent la lumière pour attirer les poissons.

Annexe 6 : Illustration de quelques effets de la pollution lumineuse sur la biodiversité

Source : Sordello R., Paquier F., Daloz A., 2021. Trame noire, méthodes d'élaboration et outils pour sa mise en œuvre. Office Français de la Biodiversité.

Annexe 7 : plages horaires d'extinction prescrites par l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses

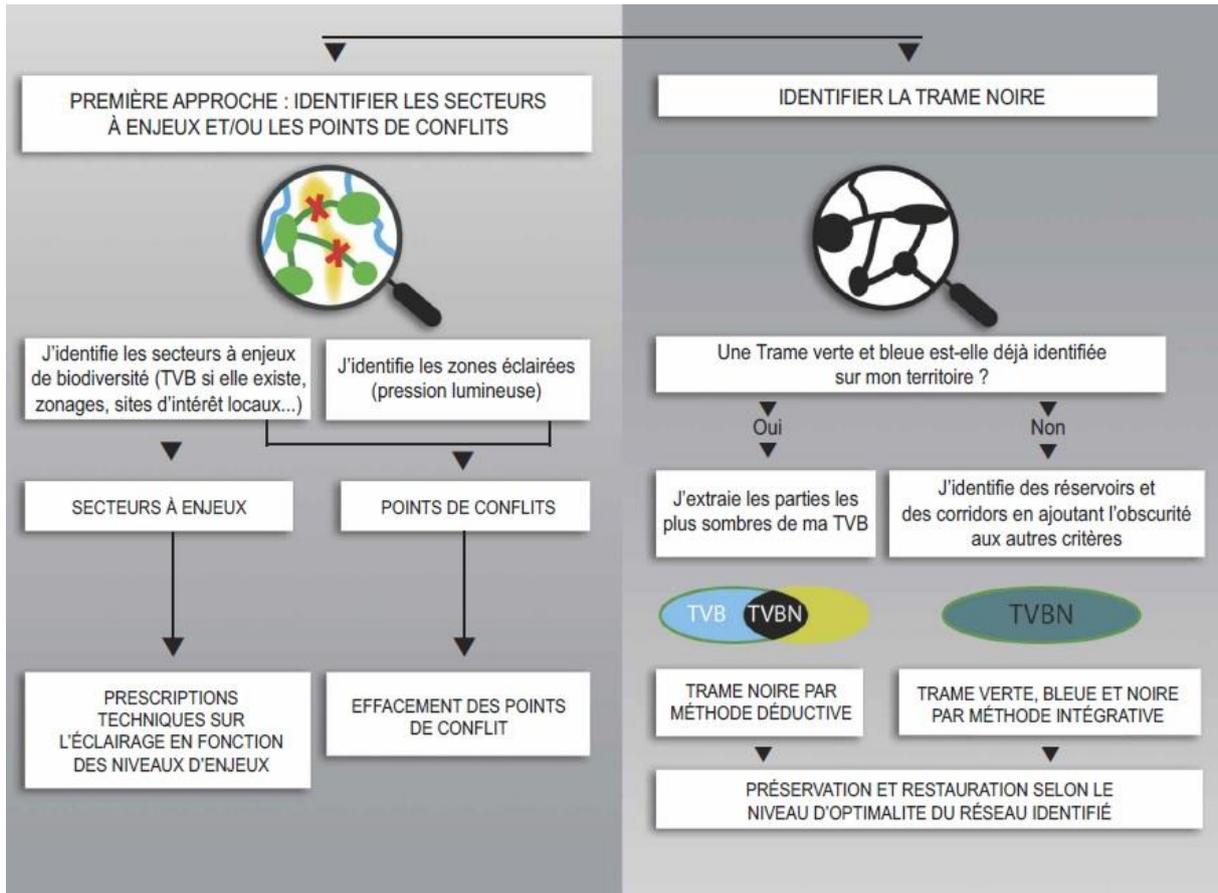
Où ? Cas général, sur tout le territoire	Installations d'éclairage auxquelles les dispositions s'appliquent	Allumage (Icône = au plus tôt au coucher du soleil)	Extinction (de nuit) Au plus tard :	Allumage (matinal) Au plus tôt :
	Eclairages extérieurs (a) liés à une activité économique et situés dans un espace clos		 1h après la fin d'activité	 OU  à 7h du matin OU 1h avant le début d'activité
	Eclairage de mise en lumière du patrimoine et des parcs et jardins (b)		 OU  à 1h du matin OU 1h après la fermeture des parcs et jardins	
	Éclairage des bâtiments non résidentiels (d)		 à 1h du matin	
	Éclairage intérieur des locaux à usage professionnel (d)		 1h après la fin d'occupation des locaux	 OU  à 7h du matin OU 1h avant le début d'activité
	Eclairage de vitrines de magasins de commerce ou d'exposition (d)		 OU  à 1h du matin OU 1h après la fin d'activité	 OU  à 7h du matin OU 1h avant le début d'activité
	Eclairage des parcs de stationnement (e) annexés à un lieu ou zone d'activité		 2h après la fin d'activité	 OU  à 7h du matin OU 1h avant le début d'activité
	Eclairage des chantiers extérieurs (g)		 1h après la fin d'activité	

Icônes créées par freepik et ibrandify/freepik

Annexe 7 : prescriptions temporelles de l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 selon la typologie d'éclairage utilisée par l'arrêté.

Source : Busson S., Iodice M., Verny P., Borrod R., 2020. Fiche AUBE n°4 : Comprendre l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses. Cerema

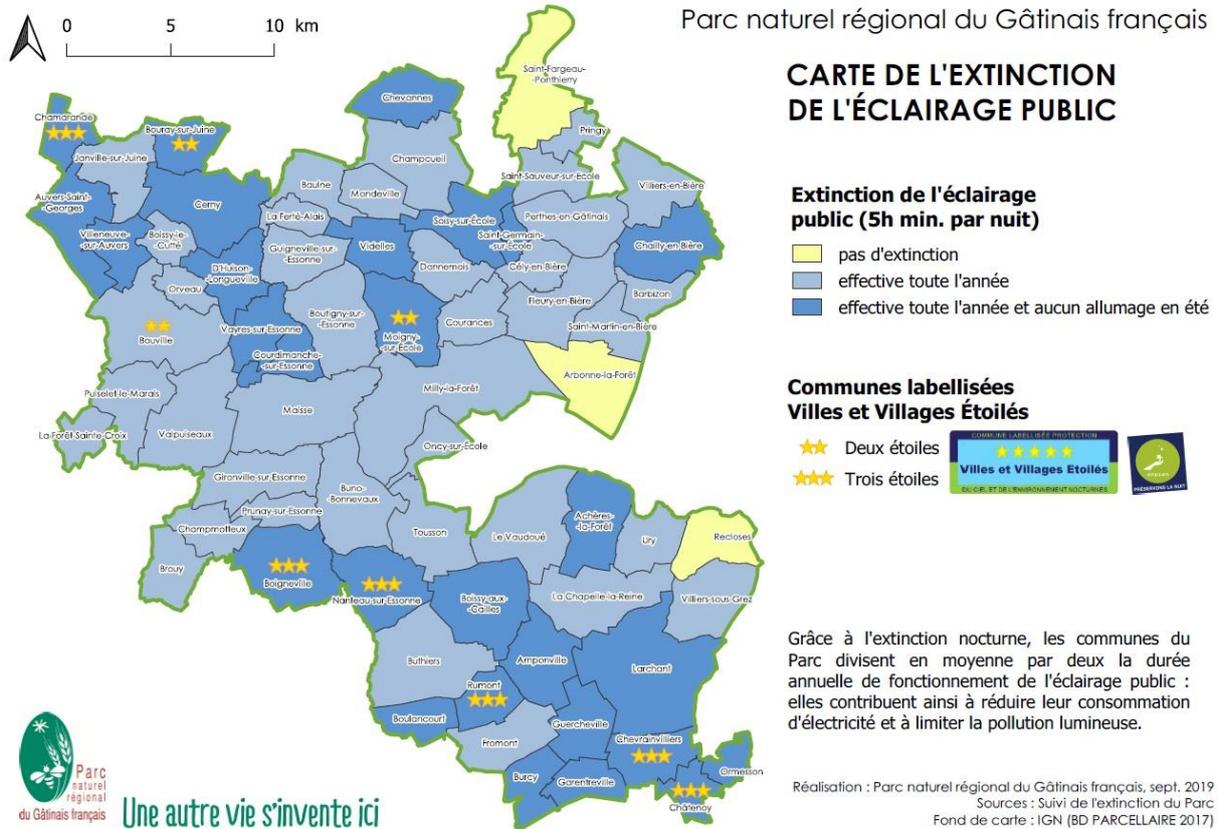
Annexe 8 : Méthodes de définition d'une trame noire



Annexe 8 : arbre de décision pour adopter une des approches possibles de définition d'une trame noire sur un territoire, en se basant ou non sur des documents de trames vertes et bleues existant.

Source : Sordello R., Paquier F., Daloz A., 2021. Trame noire, méthodes d'élaboration et outils pour sa mise en œuvre. Office Français de la Biodiversité.

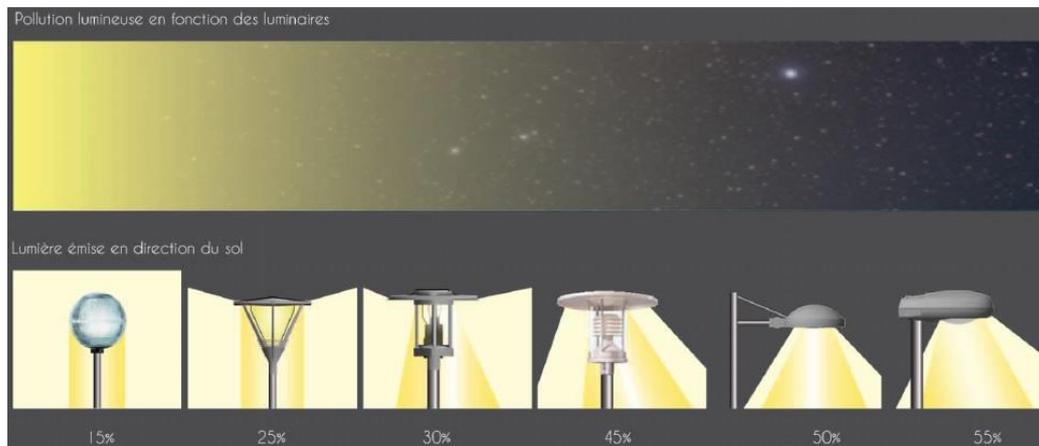
Annexe 9 : Mesures d'extinction de l'éclairage public dans les communes du PNR du Gâtinais Français



Annexe 9 : Cartographie des communes du PNR du Gâtinais Français et de leurs mesures d'extinction de l'éclairage public et de leur labellisation Villes et Villages Étoilés (label décerné par l'ANPCEN).

Source : Parc Naturel Régional du Gâtinais Français, 2019. Fond de carte de l'IGN.

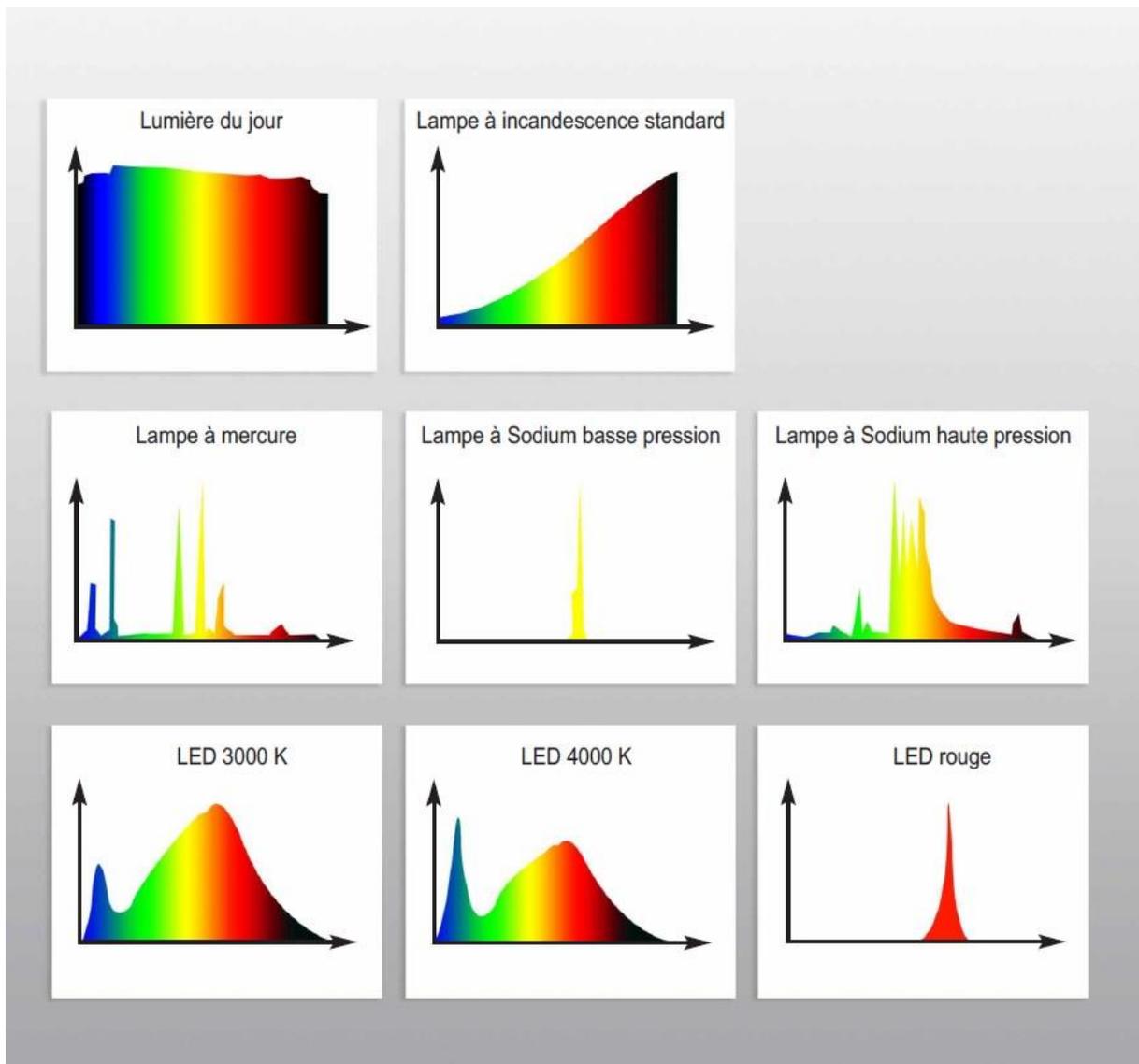
Annexe 10 : Influence du choix de luminaire sur la production de pollution lumineuse en fonction du pourcentage de lumière émise vers le ciel ou vers le sol



Annexe 10 : Efficacité de flux et pollution lumineuse en fonction du type de luminaire.

Source : Acere (extrait du guide Trame Noire de l'OFB)

Annexe 11 : Spectres lumineux des principales technologies d'éclairage sur le marché



Annexe 11 : spectres produits par la lumière du jour et les principales technologies d'éclairage public, avec les longueurs d'onde en abscisse et la puissance relative en ordonnée.

Source : Sordello R., Paquier F., Daloz A., 2021. Trame noire, méthodes d'élaboration et outils pour sa mise en œuvre. Office Français de la Biodiversité.

Annexe 12 : Evolution du label « Villes et Villages Etoilés » depuis sa création en 2009 jusqu'à aujourd'hui



Annexe 12 : Evolution de toutes les éditions du label « Villes et Villages Etoilés » distribué par l'ANPCEN depuis 2009 à des communes de toutes tailles ou à des territoires plus larges.

Source : Dossier de presse du 27 mai 2021 de l'ANPCE