



**PRÉFET
DE LA RÉGION
GRAND EST**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



ENGEES

L'école de l'eau et de l'environnement

Mémoire de fin d'études

Impact de la pollution lumineuse sur les continuités écologiques : état des lieux et pistes de travail sur la trame noire en Grand Est

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de l'ENGEES



Stage réalisé au sein de la DREAL Grand Est
Service Eau, Biodiversité, Paysages
Février – Août 2022

Camille Halais
Promotion Dakar 2019-2022

Référente ENGEES : Cybill Staentzel
Maître de stage : Audrey Stéphan

Remerciements

Je tiens à remercier Audrey Stéphan, ma tutrice de stage à Strasbourg pour tout ce qu'elle m'a appris à travers son accompagnement quotidien mais aussi pour son attitude pédagogique, spontanée et bienveillante.

Je remercie bien sûr Grégoire Palierse, qui a encadré mon travail depuis Metz, pour sa disponibilité, sa patience et ses multiples remarques constructives, particulièrement admirables comptes tenus de notre collaboration à distance.

Je remercie l'ensemble de mes collègues du SEBP pour toutes les connaissances qu'ils m'ont apportées sur leurs thématiques de travail respectives mais aussi pour l'atmosphère conviviale qu'ils créent chaque jour au sein du service.

Je remercie Juliette Aspar pour ses nombreux conseils, son soutien et sa bonne humeur qui ont été très précieux durant cette période de stage.

Je remercie les acteurs naturalistes et de l'aménagement du territoire qui ont accepté d'échanger à une ou plusieurs reprises sur leur vision de la trame noire, apportant à mon travail toute sa portée opérationnelle et me permettant de mieux appréhender l'ensemble des enjeux à envisager dans cette étude.

Je remercie également Cybill Staentzel pour son accompagnement dans ma recherche de stage ainsi que ses conseils qui m'ont guidé ces six derniers mois.

Impact de la pollution lumineuse sur les continuités écologiques : état des lieux et pistes de travail sur la trame noire en Grand Est

L'éclairage artificiel est aujourd'hui reconnu comme une pollution qui nuit au fonctionnement des écosystèmes. La pollution lumineuse progresse pourtant d'environ 6% chaque année en Europe, menaçant une biodiversité déjà fragilisée par l'artificialisation des sols ou le changement climatique. La Région Grand Est présente une diversité d'habitats abritant de nombreuses espèces et n'est pas épargnée par la pollution lumineuse, particulièrement dans les sillons rhénan et mosellan.

La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Grand Est, service déconcentré du Ministère de la Transition écologique en Région Grand Est, intervient auprès des collectivités afin de promouvoir les politiques publiques et soutenir financièrement des projets de restauration de milieux naturels. Une « trame noire » est un réseau d'habitats écologiquement fonctionnels au sein duquel l'obscurité est suffisante pour ne pas perturber les espèces qui y vivent. Afin de pouvoir apporter une expertise sur les projets de trame noire, la DREAL souhaite réaliser un état des lieux des connaissances existantes ainsi que des initiatives de construction de trames noires sur le territoire du Grand Est.

Dans ce travail, nous réaliserons donc une synthèse bibliographique puis nous échangerons avec les acteurs de l'aménagement du territoire pour identifier les actions déjà entreprises localement. Nous identifierons les attentes de ces acteurs ainsi que des élus et des citoyens. A la suite de ces échanges, nous synthétiserons les freins et leviers qui se présentent lors de la construction de trames noires. Parallèlement à cela, nous chercherons à comprendre la multiplicité des enjeux liés à la trame noire. Nous cartographierons d'abord les émissions lumineuses à partir de données satellites. Ensuite, nous utiliserons la Trame Verte et Bleue du SRADDET Grand Est pour évaluer l'impact de la pollution lumineuse sur les réservoirs de biodiversité et corridors écologiques régionaux. Enfin, nous discuterons de la pertinence de ces représentations cartographiques.

Impact of light pollution on ecological networks : assessment of the current situation and working areas on the dark infrastructure in Grand Est, France

Artificial Light At Night (ALAN) is now considered as a source of pollution which reduces ecological functionality. Light pollution still keeps increasing by about 6% per year in Europe, threatening a biodiversity which is already affected by land artificialisation and climate change. The Region Grand Est, France, includes a diversity of habitats in which a lot of species live and like most of the country, suffers from light pollution, especially in the Rhine and Moselle corridors.

The DREAL Grand Est, which is a local state organ of the French Ministry of Ecology, works with the local communities to promote public policies and financially support projects of ecological restauration. A « dark infrastructure » is a network of ecologically functional habitats which are dark enough for species not to be disturb by lighting. As the DREAL aims at providing a sector-specific expertise about dark infrastructures' projects, it wants to conduct an inventory of general knowledge about light pollution and already existing actions in favor of the dark infrastructure in the Grand Est area.

First of all, we are going to start this study with a bibliographical synthesis and exchange with the actors of spatial planning to have an overview of local initiatives of ALAN reduction or dark infrastructure protection. Then we will sum up the brakes and levers that actors identified in their projects. In the meantime, thanks to satellite data, we will be able to map light emissions on the Grand Est territory and we will assess the impact of light pollution on the regional green and blue infrastructure from the regional planning and development scheme. Finally, we will discuss the relevance of our maps and the multiple issues related to the dark infrastructures preservation.

Table des matières

REMERCIEMENTS	1
RESUME	3
ABSTRACT	5
TABLE DES MATIERES	7
Liste des figures	9
Liste des tableaux	11
Liste des sigles et abréviations	13
I. INTRODUCTION	15
II. CONTEXTE : UN INTERET CROISSANT POUR LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION LUMINEUSE	16
1. <i>Une pollution lumineuse en augmentation</i>	16
2. <i>Définitions physiques de l'éclairage</i>	18
3. <i>Point sur la réglementation en matière d'éclairage</i>	20
4. <i>Recommandations existantes pour la mise en place d'éclairages plus sobres</i>	23
III. PRESERVER LA BIODIVERSITE : DE LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION LUMINEUSE A LA CONSTRUCTION DE TRAMES NOIRES	25
1. <i>La politique Trame Verte et Bleue</i>	25
2. <i>Les impacts de la lumière artificielle sur la biodiversité</i>	26
3. <i>L'intégration d'un critère d'obscurité à la TVB : vers une trame noire</i>	30
4. <i>Intégrer la trame noire dans les documents de planification</i>	32
IV. ANALYSE CARTOGRAPHIQUE A L'ECHELLE REGIONALE : POLLUTION LUMINEUSE ET TRAME NOIRE .	37
1. <i>Territoire d'étude : la Région Grand Est</i>	37
2. <i>Données disponibles</i>	38
3. <i>Cartographies de la pollution lumineuse</i>	45
4. <i>Vers une cartographie de trame noire</i>	53
V. ETAT DES LIEUX DES INITIATIVES EN FAVEUR DE LA TRAME NOIRE	56
1. <i>Panel d'acteurs rencontrés</i>	56
2. <i>Bilan des échanges</i>	58
3. <i>Communication</i>	61
VI. DISCUSSION ET PERSPECTIVES : CONCILIER LES MULTIPLES ENJEUX LIES A LA TRAME NOIRE	65
1. <i>Freins à l'identification de la trame noire</i>	65
2. <i>L'enjeu économique : un levier important qui ne doit pas faire oublier l'enjeu écologique</i>	67
3. <i>L'acceptabilité sociale de la trame noire, un élément essentiel pour sa préservation</i> ..	67
CONCLUSION	71
BIBLIOGRAPHIE	73
ANNEXES	77

Liste des figures

FIGURE 1 : EVOLUTION DE L'ECLAIRAGE ARTIFICIEL DANS L'OUEST DE L'EUROPE ENTRE 1992 (A GAUCHE) ET 2012 (A DROITE) (3).	16
FIGURE 2 : COMMUNE D'ÉPINAL AVANT ET APRES EXTINCTION DE L'ECLAIRAGE PUBLIC (7).	17
FIGURE 3 : DEFINITION DU CODE FLUX CIE N°3 (9)	18
FIGURE 4 : DEFINITION DE L'ULR (9)	18
FIGURE 5 : DEFINITION DE LA DENSITE SURFACIQUE DE FLUX INSTALLE (9)	19
FIGURE 6 : LONGUEURS D'ONDES ET SPECTRE DE LA LUMIERE VISIBLE PAR L'ŒIL HUMAIN (10)	19
FIGURE 7 : ILLUSTRATION DE LA VARIATION DE TEMPERATURE DE COULEUR (9)	19
FIGURE 8 : TEXTES DE LOIS RELATIF A LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION LUMINEUSE	20
FIGURE 9 : LUMINAIRE DE TYPE "BOULE", A REMPLACER D'ICI 2025 EN RAISON DE SON EMISSION IMPORTANTE DE LUMIERE VERS LE CIEL (10)	22
FIGURE 10 : PRESCRIPTIONS TECHNIQUES FIXEES PAR L'ARRETE DU 27/12/2018 (9)	22
FIGURE 11 : EXEMPLE DE RUE INTEGRALEMENT ECLAIREE (48)	23
FIGURE 12 : SPECTRE D'EMISSION DE LED "BLANC FROID" (DROITE), "BLANC CHAUD" (MILIEU) ET "AMBREE" (GAUCHE)	24
FIGURE 13 : COMMUNE D'AULON (65) AVANT ET APRES LA MISE EN ŒUVRE DE SA POLITIQUE D'ECLAIRAGE PUBLIC (17), DARKSKYLAB.	25
FIGURE 14 : LA TRAME VERTE ET BLEUE, UN RESEAU DE RESERVOIRS DE BIODIVERSITE ET DE CORRIDORS ECOLOGIQUES. ILLUSTRATION DE FANNY LE BAGOUSSE POUR LA FRAPNA ISERE.	26
FIGURE 15 : (A) ARAIGNEE AYANT PRIS AU PIEGE DE NOMBREUX INSECTES EN TISSANT SA TOILE SUR UNE ENSEIGNE LUMINEUSE A STRASBOURG (67) ET (B) GECKOS CHASSANT A PROXIMITE D'UNE SOURCE D'ECLAIRAGE PRIVEE AU POUGET (34) (C. HALAIS, 2022).	27
FIGURE 16 : EFFET DE FRAGMENTATION D'UNE INFRASTRUCTURE ECLAIREE PAR ATTRACTION OU REPULSION (20)	29
FIGURE 17 : SYNTHESE DES EFFETS DES DIFFERENTES LONGUEURS SUR LA BIODIVERSITE (10)	30
FIGURE 18 : ARBRE DE DECISION POUR LE CHOIX D'UNE METHODE D'APPROCHE DE LA TRAME NOIRE (24)	31
FIGURE 19 : LA PLACE DU SRADDET DANS LA HIERARCHIE DES NORMES (26)	32
FIGURE 20 : LOCALISATION DE LA REGION GRAND EST	37
FIGURE 21 : DECOUPAGE DEPARTEMENTAL DU GRAND EST	38
FIGURE 22 : CAPTURE D'ECRAN DU SITE WWW.LIGHTPOLLUTIONMAP.INFO (37)	39
FIGURE 23 : RADIANCE MESUREE AU-DESSUS DE LA FRANCE PAR LE SATELLITE VIIRS EN 2012 (A) ET EN 2021 (B), WWW.LIGHTPOLLUTIONMAP.INFO	40
FIGURE 24 : ATLAS MONDIAL DE LA POLLUTION LUMINEUSE DE FALCHI ET AL., 2016, WWW.LIGHTPOLLUTIONMAP.INFO	42
FIGURE 25 : RESERVOIRS DE BIODIVERSITE DE LA REGION GRAND EST	43
FIGURE 26 : CORRIDORS ECOLOGIQUES DE LA REGION GRAND EST	44
FIGURE 27 : CARTE DES EMISSIONS LUMINEUSES VERS LE CIEL EN REGION GRAND EST A PARTIR DES DONNEES SATELLITES VIIRS 2021	48
FIGURE 28 : QUALITE DU CIEL DE LA REGION GRAND EST A PARTIR DES DONNEES DE L'ATLAS MONDIAL DE LA POLLUTION LUMINEUSE	49
FIGURE 29 : REPARTITION DE LA SURFACE RECOUVERTE PAR CHACUNE DES CLASSES DE QUALITE DU CIEL EN REGION GRAND EST EN MILIEU DE NUIT, EN POURCENTAGES.	50

FIGURE 30 : VISUEL DE L'OBSERVATOIRE NATIONAL DE LA BIODIVERSITE SUR L'EXPOSITION DU TERRITOIRE METROPOLITAIN A LA POLLUTION LUMINEUSE, 2021 (40).....	51
FIGURE 31 : EXPOSITION DE LA REGION GRAND EST A LA POLLUTION LUMINEUSE A PARTIR DES DONNEES DE L'ATLAS MONDIAL DE LA POLLUTION LUMINEUSE.....	52
FIGURE 32 : EXPOSITION DES TRAMES VERTES ET BLEUES DU GRAND EST A LA POLLUTION LUMINEUSE EN MILIEU DE NUIT.....	53
FIGURE 33 : CARTE DES EMISSIONS LUMINEUSES VERS LE CIEL SUR LE TRACE DES TRAMES VERTES ET BLEUES DU GRAND EST EN MILIEU DE NUIT	54
FIGURE 34 : POLLUTION LUMINEUSE SUR LE TERRITOIRE DU PNR DE LA MONTAGNE DE REIMS AUX ECHELLES REGIONALE (A) ET LOCALE (B) (44).....	55
FIGURE 35 : CARTOGRAPHIE DE L'IMPACT DE LA POLLUTION LUMINEUSE SUR LES RESERVOIRS ET CORRIDORS DE LA TVB A L'ECHELLE DU SCOT DES VOSGES CENTRALES REALISEE LORS DE CETTE ETUDE (GAUCHE) ET EN 2018 PAR UN GROUPEMENT DE BUREAUX D'ETUDES (DROITE).....	55
FIGURE 36 : LOCALISATION DES TERRITOIRES D' ACTIONS DES ACTEURS RENCONTRES, HORS ASSOCIATIONS	57
FIGURE 37 : THEMATIQUE DE TRAVAIL DES ACTEURS RENCONTRES DANS LE CADRE DE CETTE ETUDE, HORS ASSOCIATIONS.....	58
FIGURE 38 : APERÇU DE LA FICHE "TRAME NOIRE - DEFINITION ET ENJEUX"	62
FIGURE 39 : APERÇU DE LA FICHE "TRAME NOIRE - OUTILS POUR SA MISE EN ŒUVRE"	63
FIGURE 40 : APERÇU DE LA FICHE "TRAME NOIRE - MISE EN OEUVRE DANS LES DOCUMENTS DE PLANIFICATION".....	63
FIGURE 41 : APERÇU DE LA FICHE DE RETOUR D'EXPERIENCE DU PNR DES ARDENNES - PARTIE 1	64
FIGURE 43 : INFLUENCE DU CONTEXTE SUR LE SENTIMENT D'INSECURITE (46).....	68
FIGURE 44 : CRAINTES EXPRIMEES VIS-A-VIS DE L'ESPACE PUBLIC DE NUIT SELON LE GENRE (46).....	69
FIGURE 45 : EXEMPLES DE BESOINS EN ECLAIRAGE EXPRIMES PAR LES CITOYENS (46).....	70
FIGURE 46 : EXEMPLE DE PANNEAU INFORMANT SUR L'EXTINCTION DE L'ECLAIRAGE PUBLIC.....	70

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : PRINCIPALES GRANDEURS DE L'ECLAIRAGE	18
TABLEAU 2 : AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES DIFFERENTES SOURCES DE DONNEES SUR L'ECLAIRAGE DISPONIBLES A L'EHELLE REGIONALE.....	41
TABLEAU 3 : AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES DIFFERENTES SOURCES DE DONNEES SUR LA BIODIVERSITE DISPONIBLES A L'EHELLE REGIONALE.....	45
TABLEAU 4 : ETAPES DE VECTORISATION DE L'ATLAS MONDIAL DE LA POLLUTION LUMINEUSE DE FALCHI ET AL., 2016.....	46
TABLEAU 5 : CLASSES DE QUANTITE DE LUMIERE DETECTEE UTILISEES POUR CARTOGRAPHIER LA RADIANCE SATELLITE SUR LA REGION GRAND EST.....	47
TABLEAU 6 : CLASSES DE QUALITE DU CIEL NOCTURNE DE LA REGION GRAND EST EN FONCTION DE LA VALEUR DE NOIRCEUR DU CIEL NOCTURNE.....	49
TABLEAU 7 : CLASSES D'EXPOSITION A LA POLLUTION LUMINEUSE EN FONCTION DE LA VALEUR DE NOIRCEUR DU CIEL NOCTURNE.....	51
TABLEAU 8 : ACTEURS RENCONTRES DANS LE CADRE DE CETTE ETUDE	57

Liste des sigles et abréviations

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
ANPCEN : Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturnes
ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail
CPEPESC : Commission de Protection des Eaux, du Patrimoine, de l'Environnement, du Sous-sol et des Chiroptères
CEREMA : Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
DCE : Directive Cadre sur l'Eau
DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
GEPMA : Groupe d'Etude et de Protection des Mammifères d'Alsace
IPBES : Plateforme Intergouvernementale Scientifique et Politique sur la Biodiversité et les services écosystémiques
LOANA : Lorraine Association Nature
LPO : Ligue de Protection des Oiseaux
MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle
NSB : Night Sky Brightness, ou Noirceur du Ciel Nocturne
ODONAT : Office des Données Naturalistes
OFB : Office Français de la Biodiversité
ONTVB : Orientations Nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques
PLU(I) : Plan Local d'Urbanisme Intercommunal
RENARD : Regroupement des naturalistes ardennais
RICE : Réserve Internationale de Ciel Etoilé
RLP : Règlement Local de Publicité
SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale
SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SINP : Système d'Information de l'Inventaire du Patrimoine naturel
SRADDET : Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires
SRCAE : Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie
SRCE : Schéma Régional de Cohérence Ecologique
TVB : Trame Verte et Bleue
UMS PatriNat : Unité Mixte de Service Patrimoine Naturel
ZICO : Zone d'Importance pour la Conservation des Oiseaux
ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique

I. Introduction

L'IPBES estime dans son rapport de l'évaluation mondiale de la biodiversité qu'environ 25% des espèces animales et végétales sont menacées d'extinction et ce alors que les écosystèmes ont déjà décliné de 47 % par rapport à leur état initial estimé. La destruction de la qualité de l'habitat est reconnue comme l'un des principaux facteurs d'érosion de la biodiversité. Le changement d'utilisation des terres est en effet le facteur direct qui impacte le plus les écosystèmes terrestres et aquatiques (1). Les trames vertes et bleues, réseaux écologiques présentant des habitats fonctionnels permettant aux espèces de réaliser leurs cycles biologiques, sont un outil réglementaire instauré par la loi Grenelle II (2010). La préservation et la restauration de ces trames vise à enrayer la perte de biodiversité.

La loi n°2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages reconnaît le caractère polluant des sources lumineuses artificielles (2) et l'existence d'une trame nocturne, ou « trame noire », c'est-à-dire un réseau écologique au sein duquel les espèces animales et végétales sont préservées de la lumière artificielle. L'éclairage nocturne est en effet problématique pour la biodiversité puisqu'il peut avoir des conséquences défavorables sur l'ensemble des groupes d'espèces étudiées dans la littérature scientifique (3). Dans ce contexte de prise de conscience globale du caractère néfaste de l'éclairage nocturne couplée à la hausse des prix de l'énergie, de nombreux territoires décident d'agir pour limiter la pollution lumineuse et préserver les trames noires. De plus en plus de documents de planification intègrent la lutte contre la pollution lumineuse dans leurs objectifs, ce qui favorise cette dynamique. L'arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses définit des prescriptions techniques et temporelles à respecter pour plusieurs catégories d'installations d'éclairage.

La Région Grand Est présente une mosaïque de milieux abritant une biodiversité riche, parmi laquelle de nombreuses espèces sont menacées (4). Les trames vertes, bleues et noires apparaissent comme un outil complémentaire à la création d'aires protégées pour préserver la biodiversité régionale.

Le Service Eau, Biodiversité, Paysages (SEBP) de la DREAL Grand Est, dans son rôle d'accompagnement des collectivités pour la préservation et la restauration de trames vertes et bleues, est sollicité pour la mise en place de projets de trames noires. L'objectif de ce stage au sein de la DREAL sera de réaliser un état des lieux de la pollution lumineuse ainsi que des initiatives en faveur de la préservation de la trame noire à l'échelle régionale. Via de multiples échanges avec les acteurs de l'aménagement du territoire, nous identifierons les leviers et les freins à la préservation de la trame noire en Grand Est ainsi que les attentes des collectivités territoriales vis-à-vis de l'Etat. L'étude sera restituée par l'intermédiaire d'une série de fiches explicatives afin de mutualiser les expériences des personnes rencontrées. Cela permettra à la DREAL d'apporter par la suite le meilleur appui possible aux projets d'identification et de restauration de trames noires.

Nous expliciterons les notions de trame noire et de pollution lumineuse puis réaliserons un travail cartographique à l'échelle régionale. Nous synthétiserons ensuite les échanges ayant été menés avec les acteurs de la biodiversité, de l'énergie et de l'aménagement du Grand Est pour analyser les enjeux sociaux, économiques et écologiques liés à la trame noire.

II. Contexte : un intérêt croissant pour la lutte contre la pollution lumineuse

1. Une pollution lumineuse en augmentation

Ce sont les astronomes qui, ayant de plus en plus de difficulté à observer les étoiles, ont été les premiers à alerter sur les nuisances lumineuses.

On estime que la pollution lumineuse augmente chaque année d'environ 6% en Europe, continent sur lequel 99% de la population vit dans des secteurs disposant d'un éclairage nocturne (3). La figure 1 ci-dessous nous montre l'observation de ce phénomène depuis l'espace¹.



Figure 1 : évolution de l'éclairage artificiel dans l'ouest de l'Europe entre 1992 (à gauche) et 2012 (à droite) (3).

L'Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturnes (ANPCEN), reconnue d'intérêt générale, milite pour la reconnaissance des enjeux liés à la préservation du ciel nocturne et a contribué à la démocratisation de cette notion par ses actions de sensibilisation.

Les manifestations sur le thème de la protection du ciel nocturne se font de plus en plus nombreuses. Depuis 2009, l'association Agir pour l'environnement organise « Le Jour de la Nuit », qui est une campagne de sensibilisation à destination des collectivités et des citoyens sur les nuisances lumineuses (5). Cet événement consiste en de nombreuses animations : conférences, expositions, sorties d'observation des étoiles ou de sensibilisation à la biodiversité nocturne... C'est aussi l'occasion pour les communes participantes d'éteindre leur éclairage public, et pourquoi pas, de pérenniser cette mesure par la suite.

D'après l'Association Française de l'Eclairage, 62% des métropoles françaises ont déjà entamé ou terminé un travail sur la « trame sombre » et 70% prennent en compte la biodiversité dans leurs politiques d'éclairage (6). Si l'éclairage public est de plus en plus

¹ Image and data processing by NOAA's National Geophysical Data Center. DMSP data collected by US Air Force Weather Agency. Acquisition & Production par La TeleScop.

réglementé, la prise en compte de l'éclairage privé est récente. En 2018, 58% des « lumières excessives » de la Ville de Paris étaient d'origine privée (7). A Epinal, la réalisation d'une photographie nocturne avant et après extinction de l'éclairage public permet de montrer que si l'extinction réduit fortement le halo lumineux, il reste toujours une quantité non négligeable de lumière privée émise (figure 2).

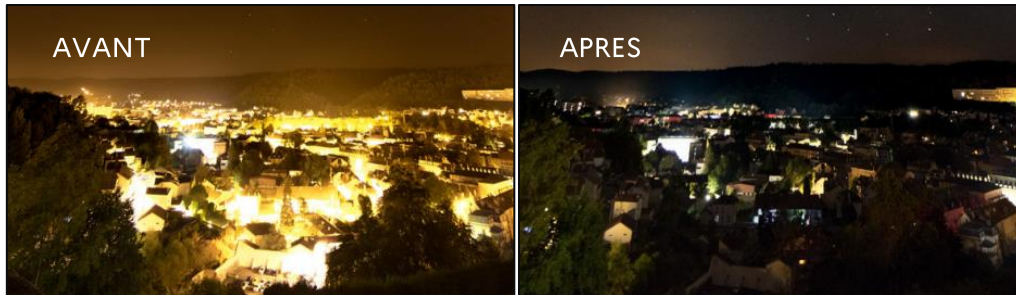


Figure 2 : commune d'Épinal avant et après extinction de l'éclairage public (8).

C'est parallèlement à ces premières actions de sensibilisation que la lutte contre la pollution lumineuse a été peu à peu intégrée dans les textes réglementaires et que de nombreux guides de l'éclairage ont été édités par divers acteurs.

Les termes « trame noire », « corridor écologique nocturne », « pollution lumineuse », « réserve de ciel étoilé » et « empreinte lumineuse » ont été inscrits au Journal Officiel le 4 août 2022 (9) (Annexe 1 : définitions en lien avec la trame noire publiées au Journal Officiel du 04/08/2022.).

2. Définitions physiques de l'éclairage

Quatre grandeurs principales permettent de caractériser une source lumineuse (3) :

Grandeur	Définition	Unité	Méthode de définition	Perception par l'œil humain
Intensité lumineuse	Quantité de lumière émise dans une direction donnée en une seconde, également appelée « rayon lumineux »	Candela (cd)	Mesurée en laboratoire	Grandeur dont dépend l'éblouissement (voire « luminance »), liée à la sensibilité spectrale de l'œil
Flux lumineux	Somme des intensités lumineuses	Lumen (lm)	Non mesurable, grandeur déclarée par le fabricant.	Non perceptible
Luminance	Intensité lumineuse rapportée à une surface	Cd/m ²	Calcul intensité/surface	Caractérise bien l'éblouissement et le contraste
Eclairement	Flux lumineux rapporté à une surface	Lux (lm/m ²)	Calcul flux/surface	Caractérise le niveau de visibilité de l'environnement

Tableau 1 : principales grandeurs de l'éclairage

Les grandeurs suivantes seront également utiles pour aborder la problématique de la pollution lumineuse (10) :

L'**ULR**, ou **Upward Light Ratio**, est la proportion du flux lumineux d'une source émis au-dessus de l'horizontale. Le flux émis au-dessus de l'horizontale est à la fois une perte d'énergie et une source de nuisances lumineuses.

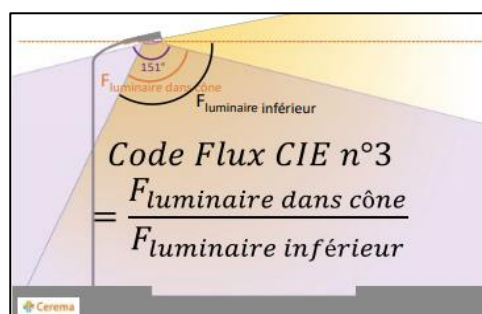


Figure 3 : définition du code flux CIE n°3 (10)

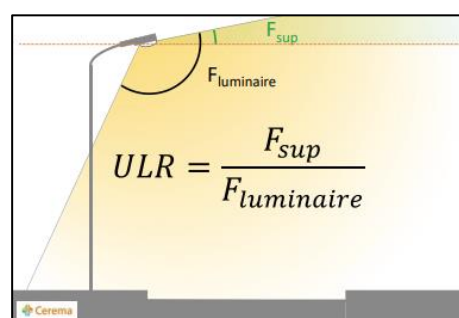


Figure 4 : définition de l'ULR (10)

Le **code flux CIE n°3** désigne la proportion de flux lumineux émise dans un angle solide de 151° orienté vers le sol, plus celui-ci est important, plus l'éclairage est efficace car la lumière émise hors de ce cône est considérée comme perdue.

La **densité surfacique de flux installé** est le rapport entre le flux total émis sur une surface et cette surface.

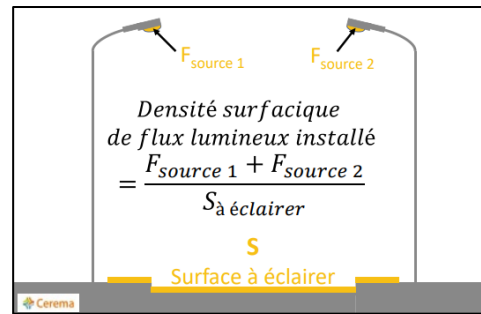


Figure 5 : définition de la densité surfacique de flux installé (10)

Enfin, la **température de couleur** est une grandeur à prendre en compte. Le spectre de la lumière visible s'étend de 380 à 800 nm de longueurs d'ondes environ et la proportion de chacune des longueurs d'ondes présentes détermine la couleur perçue par l'œil.

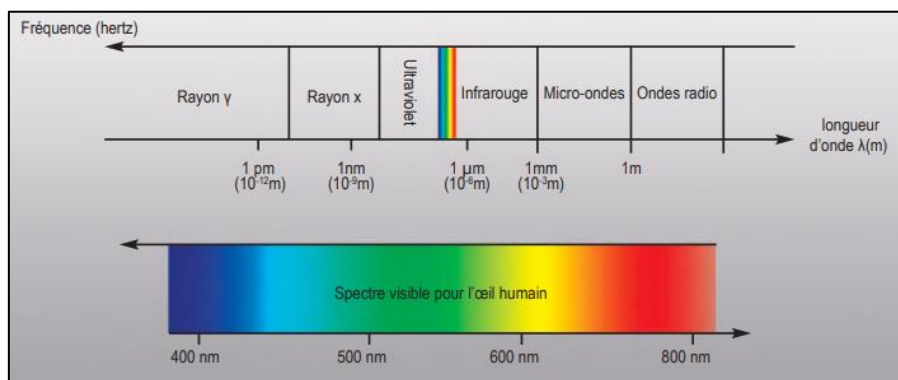


Figure 6 : longueurs d'ondes et spectre de la lumière visible par l'œil humain (11)

Ainsi, selon la composition spectrale d'une lumière, la couleur perçue par un observateur sera différente. La température de couleur, exprimée en Kelvins, quantifie le caractère « chaud » ou « froid » d'une lumière blanche. Plus la température est élevée, plus la lumière est dite « froide », c'est-à-dire riche en longueurs d'ondes bleues.



Figure 7 : illustration de la variation de température de couleur (10)

3. Point sur la réglementation en matière d'éclairage

➤ **Compétences « éclairage public » et obligations du maire**

L'investissement et la maintenance de l'éclairage public sont deux compétences communales. Le maire a la possibilité de transférer une seule de ces compétences ou les deux à une intercommunalité ou à un syndicat. La situation est très variable en Grand Est. La Métropole du Grand Nancy est par exemple en charge de l'éclairage public. Au contraire, sur le territoire de l'Eurométropole de Metz, certaines communes ont conservé ces compétences alors que d'autres les ont transférées à l'usine d'électricité de Metz. Au sein des Parcs, les situations sont également diverses. Les communes du Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges ont majoritairement conservé les compétences mais certaines les ont déléguées à des syndicats départementaux.

Le maire n'a pas d'obligation d'éclairer ; les dépenses de l'éclairage public ne figurent pas parmi les dépenses obligatoires d'une commune énumérées à l'article L.2321-2 du Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT). Cependant, l'article L.2212-2 du CGCT mentionne que « la police municipale a pour objet d'assurer le bon ordre, la sûreté et la salubrité publics. Elle comprend notamment [...] l'éclairage. ». L'éclairage de la commune relève donc de la police du Maire. Il incombe au Maire de définir les lieux nécessitant des installations d'éclairage public. Le Maire peut donc choisir d'éclairer ou non certains secteurs en fonction des enjeux locaux. Ce choix lui appartient toujours, pour l'ensemble du territoire communal, même en cas de délégation des compétences éclairage public. Le choix de l'installation d'un éclairage public est généralement fait pour la sécurité des piétons et des cyclistes, le maire étant responsable de la sécurité sur sa commune. Les lieux et horaires d'extinction sont définis par arrêté et publiés dans le bulletin municipal ; ils peuvent aussi être affichés dans la commune (12). Le pouvoir de police du Maire est placé sous le contrôle du préfet (CGCT, Article L.2212-1).

➤ **Textes de lois relatifs à la pollution lumineuse**

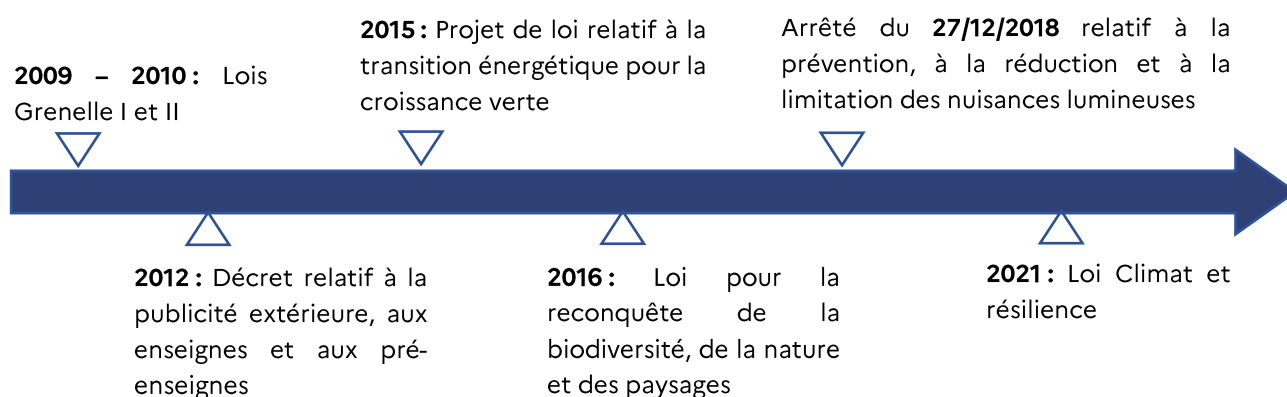


Figure 8 : textes de lois relatif à la lutte contre la pollution lumineuse



L'article 41 de la **loi Grenelle II** définit trois raisons pour prévenir, supprimer ou réduire les nuisances lumineuses, inscrites dans le Code de l'environnement (5). Celles-ci sont concernées par la loi si elles :

- « sont de nature à présenter des dangers ou à causer un trouble excessif aux personnes, à la faune, à la flore ou aux écosystèmes » ;
- « entraînent un gaspillage énergétique » ;
- « empêchent l'observation du ciel nocturne ».

Si on trouve déjà un objectif écologique, la notion de trame noire n'est pas encore définie. De plus le « trouble excessif » est laissé à l'appréciation de chacun. Cette loi a permis de faire connaître le sujet des nuisances lumineuses. Le Code de l'environnement précise les types d'éclairage pouvant être sources de nuisances et stipule que des arrêtés peuvent être fixés pour réduire celles-ci, en particulier dans certains espaces à enjeux écologiques : Parcs nationaux, Parcs naturels régionaux, Réserves naturelles, Parcs naturels marins, sites Natura 2000, sites classés et inscrits (annexe à l'article R583-4 du Code de l'environnement, en vigueur depuis le 14/07/2011).



Le **Décret relatif à la publicité extérieure, aux enseignes et aux pré-enseignes de 2012** (13) concerne tous les acteurs, publics comme privés. Ce texte interdit notamment les publicités lumineuses entre 1h et 6h du matin, à l'exception des gares, des aéroports et des agglomérations de plus de 800 000 habitants. Les contrevenants risquent 1500 € d'amende. Le Règlement Local de Publicité (RLP), communal ou intercommunal, permet de fixer des dispositions relatives à la publicité extérieure plus adaptées au contexte local. Ce document peut être adopté à l'initiative du maire et doit être approuvé et rendu public. Le RLP est annexé au PLU ou au PLUi (14).



En 2015, le **projet de loi relatif à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (TEPCV)** (15) incite à viser la sobriété énergétique et non plus l'efficacité énergétique, comme cela était le cas auparavant. La sobriété énergétique est un concept plus global. Contrairement à l'efficacité énergétique, qui peut être atteinte en adoptant des éclairages moins gourmands en énergie, la sobriété consiste à tendre vers un éclairage plus adapté aux besoins en limitant les nuisances liées à cet éclairage.



En 2016, la **loi pour la reconquête de la nature, de la biodiversité et des paysages** (2) inscrit les paysages nocturnes comme patrimoine commun de la nation et reconnaît la trame nocturne.



L'**arrêté du 27/12/2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses** (16) est le document de référence concernant les types d'éclairage suivant : éclairages extérieurs destinés à favoriser la sécurité des déplacements, des personnes et des biens et le confort des usagers sur l'espace public ou privé (l'éclairage public rentre dans cette catégorie), les équipements de mise en lumière du patrimoine, les équipements sportifs extérieurs, l'éclairage des bâtiments non-résidentiels à l'exception des gares de péage, des parcs de stationnement non-couverts ou semi-couverts, de l'évènementiel extérieur





(manifestations artistiques, culturelles, commerciales, sportives ou de loisirs) et des chantiers en extérieur. Pour les publicités et enseignes lumineuses, le décret de 2012 reste en vigueur.

Pour chacun de ces types d'éclairages, l'arrêté définit des **prescriptions temporelles** : par exemple, les vitrines de magasins doivent être éteintes à 1h du matin au plus tard ou une heure après la cessation de l'activité si celle-ci est plus tardive et allumées à 7h du matin au plus tôt, ou une heure avant le début de l'activité si celle-ci commence plus tôt. L'arrêté fixe également des **prescriptions techniques** sur l'orientation du flux lumineux, la température de couleur des éclairages et la densité surfacique de flux. L'arrêté stipule que les préfets peuvent adopter localement des consignes plus restrictives. L'autorité administrative compétente pour contrôler le respect de ces prescriptions est le Maire, sauf pour les installations communales, où il s'agit de l'Etat, représenté par les préfets.



Figure 9 : luminaire de type "boule", à remplacer d'ici 2025 en raison de son émission importante de lumière vers le ciel (10)

La fiche n°04 de la série AUBE (Aménagement, Urbanisme, Biodiversité, Eclairage) du CEREMA synthétise les différentes mesures imposées par cet arrêté (10).

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

Icônes créées par freepik et ibrandify/freepik

Figure 10 : Prescriptions techniques fixées par l'arrêté du 27/12/2018 (10)



L'article 19 de la **loi Climat et résilience** du 22/08/2021 (17) impose l'intégration d'actions spécifiques à la maîtrise de la consommation énergétique de l'éclairage public et de ses nuisances lumineuses dans les Plans Climat Air Energie Territoriaux (PCAET). Cette loi donne

également aux élus la possibilité d'intégrer dans leur Règlement Local de Publicité des prescriptions techniques à respecter pour les publicités et enseignes lumineuses situées à l'intérieur des vitrines des commerces.

4. Recommandations existantes pour la mise en place d'éclairages plus sobres

Nous avons vu que des obligations réglementaires existaient pour la mise en place d'éclairages plus sobres. Voyons plus en détail quelles pratiques sont recommandées pour éclairer de façon raisonnée.

➤ Limiter les intensités lumineuses

L'intensité lumineuse rapportée à une surface, ou luminance, est responsable de l'éblouissement et du contraste. En fonction du niveau de visibilité souhaitée, on peut choisir des éclairages d'intensité lumineuse plus ou moins importante. Réduire cette intensité permet de limiter le contraste entre les espaces sombres et la surface éclairée ainsi que de réduire la quantité de lumière qui va être renvoyée vers le ciel par le sol.

➤ Eclairer vers le sol et non pas vers le ciel

Une lumière émise vers le ciel représente à la fois une perte énergétique et une source importante de pollution lumineuse. En effet, cette lumière n'éclairant pas directement le sol est « perdue » et va se diffuser sur plusieurs kilomètres dans l'atmosphère. Les luminaires dont l'ULR est nul sont à privilégier. Il est aussi recommandé d'abaisser les mâts d'éclairage afin de davantage concentrer la lumière vers le sol.

➤ Limiter le nombre de sources lumineuses

Les guides à destination des aménageurs recommandent de réduire le nombre de sources lumineuses lorsque cela est possible. En effet, s'il y a dans certaines zones un besoin en éclairage public pour les déplacements des personnes par exemple, il n'est pas forcément nécessaire d'avoir une visibilité parfaite sur une rue entière. Certaines communes testent l'extinction d'un lampadaire sur deux. Dans les nouveaux projets d'aménagement, il est recommandé d'espacer davantage les points lumineux.



Figure 11 : exemple de rue intégralement éclairée (53)

➤ Limiter la durée d'éclairage

Cette mesure est de plus en plus appliquée notamment dans les communes rurales. Il est en effet possible d'éteindre totalement l'éclairage public en cœur de nuit dans les zones géographiques où le besoin ne s'en fait pas ressentir. Cela permet de totalement supprimer l'impact de la lumière sur la biodiversité pendant la durée de l'extinction. Cette mesure est également la plus efficace pour réaliser facilement d'importantes économies d'électricité. Une autre façon de limiter la durée d'éclairage est d'installer un système de détection pour qu'un éclairage s'allume et s'éteigne automatiquement en fonction du passage de personnes.

➤ Favoriser des températures de couleur basses

Les lumières froides sont riches en longueurs d'ondes courtes, qui sont les plus impactantes pour la biodiversité. Il est conseillé d'utiliser des lumières jaunes-orangées qui vont avoir un impact plus limité. Avec le développement des LED, l'installation de LED froides a été massive car celles-ci éclairent beaucoup et ont un faible coût énergétique. Les ampoules à Sodium Basse Pression (SBP) présentent la couleur la moins défavorable à la biodiversité mais ne sont presque plus commercialisées. Les ampoules à Sodium Haute Pression présentent un spectre un peu plus large et sont donc moins intéressantes mais elles restent plus vertueuses que les LED froides. L'utilisation des lampes à Iodure Métallique peut être envisagée pour des installations nécessitant un rendu de couleur blanc et un fort éclairage. Leur spectre présente des longueurs d'ondes courtes mais reste toutefois moins riche en rayons bleus que les LED froides. Les LED séduisent toutefois à cause de leur forte efficacité énergétique et de possibilités de gestion plus importante que d'autres types de lampe : le flux lumineux d'une LED est relativement facile à diriger et elle peut s'allumer ou s'éteindre instantanément contrairement aux SHP. Elles peuvent donc être couplées à des détecteurs de présence et allumées uniquement lorsqu'un usager a besoin d'éclairage. Les LED ambrées sont un bon compromis entre objectifs de réduction de la consommation énergétique et maintien d'une température de couleur basse (10). De plus, les LED présentent l'avantage de pouvoir être instantanément allumées et éteintes, ce qui peut permettre d'envisager leur utilisation dans des systèmes d'allumage/extinction par détection.

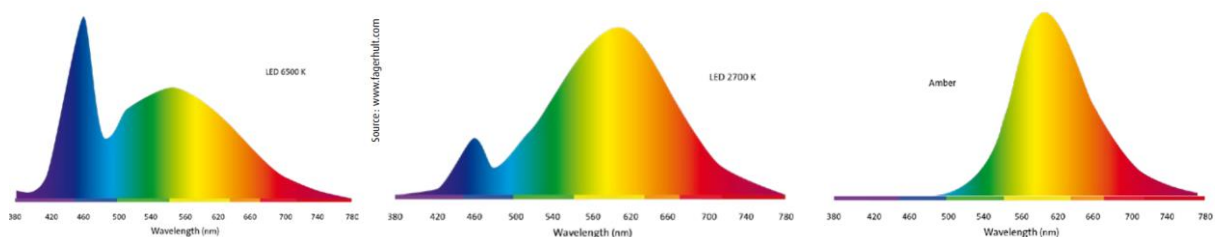


Figure 12 : spectre d'émission de LED "blanc froid" (droite), "blanc chaud" (milieu) et "ambrée" (gauche)

La mise en œuvre de l'ensemble de ces mesures permet de répondre aux besoins des usagers tout en limitant la pollution lumineuse, comme l'illustre la figure 13 ci-dessous, sur laquelle nous pouvons observer la diminution de la pollution lumineuse à la suite d'une diminution du nombre de mâts et une meilleure orientation du flux lumineux.



Figure 13 : Commune d'Aulon (65) avant et après la mise en œuvre de sa politique d'éclairage public (18), DarkSkyLab.

III. Préserver la biodiversité : de la lutte contre la pollution lumineuse à la construction de trames noires

1. La politique Trame Verte et Bleue

La Trame Verte et Bleue est un outil d'aménagement durable du territoire qui vise à préserver et restaurer les continuités écologiques à différentes échelles.

La TVB est constituée de deux types d'espaces, les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques. Les réservoirs de biodiversité sont des espaces écologiquement riches. Ils doivent être d'une taille suffisante pour abriter des noyaux de population d'espèces et leur permettre d'effectuer tout ou partie de leur cycle de vie. Selon les espèces considérées, différents types de milieux peuvent constituer des réservoirs de biodiversité : forêts, zones humides ou prairies par exemple. L'article L.371-1 du code de l'environnement définit les typologies d'espaces pouvant constituer des réservoirs de biodiversité ou des corridors. Les corridors écologiques relient les réservoirs de biodiversité : on parle de « continuités écologiques » pour désigner les réseaux favorables au déplacement des espèces. L'objectif de la TVB est de préserver les continuités existantes et d'en restaurer afin d'améliorer la fonctionnalité des milieux, dans un contexte où l'artificialisation croissante isole les réservoirs de biodiversité. Notons que certains corridors intégrés dans la TVB sont classés comme « à restaurer » et ne représentent pas des couloirs de déplacements fonctionnels actuellement.

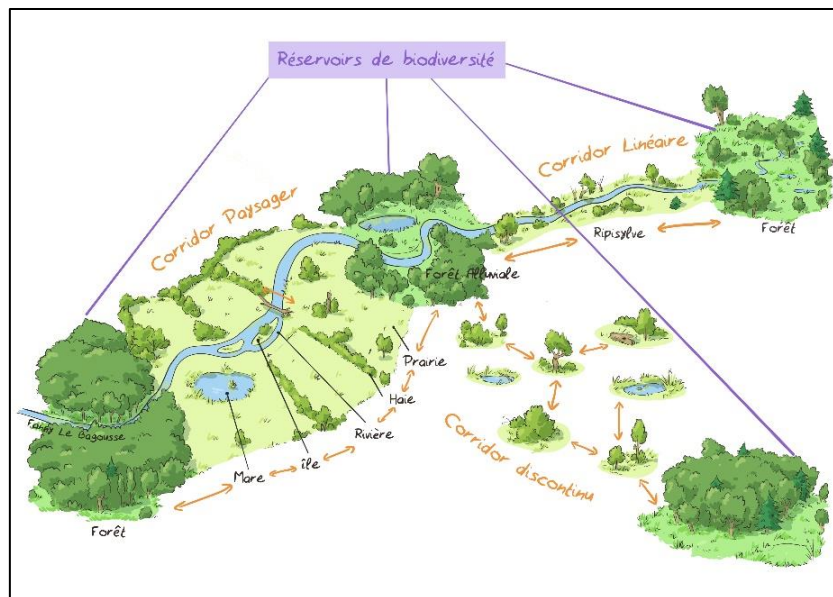


Figure 14 : la trame verte et bleue, un réseau de réservoirs de biodiversité et de corridors écologiques. Illustration de Fanny Le Bagousse pour la FRAPNA Isère.

On parle de « trame bleue » pour les milieux aquatiques et de « trame verte » pour les milieux terrestres. Le code de l'environnement décline la trame verte et bleue en cinq sous-trames : les milieux boisés, les milieux ouverts, les milieux humides, les cours d'eau et les milieux littoraux. La superposition de ces milieux constitue une trame verte et bleue.

La politique TVB est instaurée par la loi Grenelle 1 en 2009 et précisée par la loi Grenelle 2 en 2010. Le document-cadre « Orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques » (ONTVB) identifie des continuités écologiques d'importance nationale et définit un cadre pour l'identification de trames vertes et bleues plus localisées. En particulier, les ONTVB guident l'élaboration des trames vertes et bleues des SRCE. La loi du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République (NOTRe) confie aux nouvelles régions administratives de la métropole, à l'exception de l'Île-de-France et de la Corse, l'élaboration du SRADDET, qui doit prendre en compte les ONTVB. Les documents d'urbanisme locaux (SCoT et PLU(i)) doivent prendre en compte le rapport d'objectif du SRADDET et être compatibles avec son fascicule des règles générales. La prise en compte signifie « ne pas s'écarter des orientations fondamentales sauf, sous le contrôle du juge, pour un motif tiré de l'intérêt [de l'opération] et dans la mesure où cet intérêt le justifie ». La compatibilité implique une non contrariété vis-à-vis du document de rang supérieur et laisse une certaine marge de manœuvre pour développer les orientations suivies (19).

2. Les impacts de la lumière artificielle sur la biodiversité

Bien que l'érosion de la biodiversité soit multifactorielle, un large éventail d'effets défavorables de l'éclairage artificiel sur la biodiversité a déjà été identifié. L'objectif de cette partie est de réaliser un panorama des effets relevés afin de mieux identifier les enjeux écologiques.

Les phénomènes d'attraction et de répulsion des individus sont à l'origine d'un certain nombre de conséquences néfastes de l'éclairage artificiel. Plusieurs groupes d'espèces sont attirés localement par la lumière : on parle de « phototactisme positif ». Cela est facilement observable en été lorsque de nombreux insectes se regroupent autour de sources lumineuses. De faibles niveaux d'éclairage à attirer ou repousser certains groupes d'espèces. Une synthèse des effets connus de l'éclairage artificiel sur la biodiversité est disponible en annexe (Annexe 2 : synthèse des effets des différents aspects de la pollution lumineuse sur la biodiversité et réflexion sur la limitation de ces effets ()).

➤ **La lumière artificielle déséquilibre les relations proies/prédateurs**

L'attraction des insectes par les sources lumineuses a pour conséquence une augmentation de la pression de prédation autour de celles-ci. Les araignées mais également certaines espèces de chauve-souris plus tolérantes à la lumière concentrent leur effort de chasse autour des lampadaires et enseignes lumineuses. Ces sources lumineuses constituent un piège mortel pour les insectes, puisqu'en plus de rencontrer de nombreux prédateurs, ils meurent souvent d'épuisement ou brûlés par la chaleur des lampes. La lumière artificielle et les pesticides constituent les principales causes de mortalité des insectes. Cela n'est pas non plus sans conséquence pour les végétaux : le piégeage des insectes entraîne une forte réduction de la pollinisation, qui se fait majoritairement la nuit. Une étude a estimé à environ 62% la diminution de la pollinisation et à 13% la réduction de la formation de fruits en présence d'éclairage nocturne (21).

Même si ce phénomène peut localement profiter aux prédateurs, la lumière artificielle est tout de même néfaste pour eux à une échelle plus large (22) (23).

La forte pression de prédation dans les zones éclairées conduit certaines espèces à moins s'exposer, ce qui a des répercussions sur leur cycle biologique. Lors de la recherche de partenaire chez les amphibiens, les mâles coassent fort et se rendent bien visibles, mais l'exposition à la lumière les pousse à limiter ce temps de parade. En conséquence, les accouplements se raréfient.



Figure 15 : (a) Araignée ayant pris au piège de nombreux insectes en tissant sa toile sur une enseigne lumineuse à Strasbourg (67) et (b) geckos chassant à proximité d'une source d'éclairage privée au Pouget (34) (C. Halais, 2022).

Certains poissons ont aussi des traits luciphiles ; des pêcheurs utilisent même la lumière comme appât. Les poissons attirés par la lumière peuvent, comme les insectes, mourir d'épuisement ou être victimes de leurs prédateurs.

➤ **La lumière artificielle désoriente certaines espèces**

La lumière naturelle du ciel est un facteur essentiel pour l'orientation de nombreuses espèces, en particulier pour les oiseaux migrateurs. Ils peuvent mourir d'épuisement ou de collision avec du mobilier urbain lorsqu'ils sont induits en erreur par des fortes émissions de lumière artificielle. En effet, ils peuvent rester des heures à voler en cercle autour de points lumineux. Le Grand Est étant traversé par un important couloir de migration, il sera essentiel de tenir compte de cet impact dans l'aménagement du territoire.

Les serpents s'orientent en partie grâce à leur vision infrarouge, qui peut être brouillée par l'éclairage artificiel. Quant aux lucioles, leur communication entre mâles et femelles, basée sur des émissions de lumières par l'abdomen, est rendue impossible.

Les tortues marines sont aussi victimes de ce phénomène de désorientation. Après leur éclosion, elles rejoignent la mer rendue lumineuse par les reflets du ciel sur l'eau. La présence de villes éclairées à proximité des littoraux leur fait perdre leurs repères et elles s'égarer vers l'intérieur des terres.

➤ **La lumière artificielle fragmente les milieux naturels**

L'identification de la Trame Verte et Bleue a pour objectif de préserver les continuités écologiques et de limiter la fragmentation des milieux naturels. Les principales menaces pour ces continuités sont l'urbanisation croissante, l'artificialisation des sols ou encore les infrastructures de transport.

L'éclairage et l'artificialisation étant souvent corrélés, il n'est pas toujours facile d'identifier le paramètre fragmentant. Dans le cas d'une route éclairée, les perturbations du milieu sont multiples : modification du revêtement du sol, lumière, bruit. Les études indiquent cependant que la lumière est un élément fragmentant à part entière. De nombreux mammifères et amphibiens ont des difficultés à franchir une infrastructure éclairée. Une étude a démontré que certaines espèces communes de chauve-souris sont plus impactées par la lumière artificielle que par l'imperméabilisation des sols (22). Une autre a montré qu'un passage à faune régulièrement emprunté par des mammifères devenait inutilisé lorsqu'il était éclairé (24). Le phénomène d'attraction participe aussi à la fragmentation des milieux.

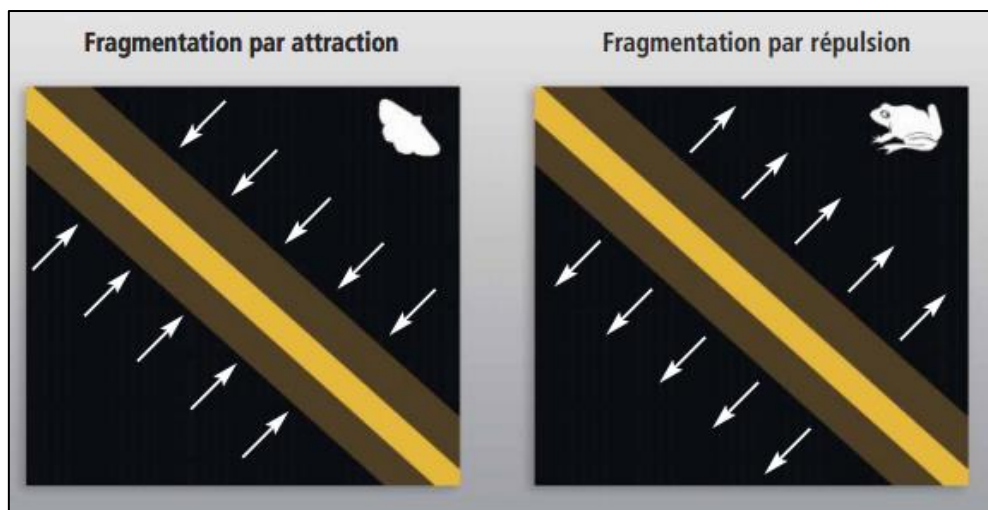


Figure 16 : effet de fragmentation d'une infrastructure éclairée par attraction ou répulsion (23)

➤ La lumière artificielle perturbe les rythmes biologiques

L'alternance jour/nuit est un paramètre essentiel dans la définition des phases de vie de l'ensemble de la biodiversité. Le rythme circadien définit les différentes activités comme les temps de chasse, de repos, d'interactions, de défense du territoire... La chronobiologie de certains oiseaux normalement diurnes s'en trouve affectée. Une hausse conséquente d'activités nocturnes est observée notamment à la période du crépuscule où l'éclairage artificiel est fortement prégnant. Chez les végétaux, ce sont l'ouverture des bourgeons et la chute des feuilles qui peuvent être désynchronisées à proximité de points lumineux.

Une étude menée en laboratoire sur des hamsters d'Alsace (*Cricetus cricetus*) dans le cadre du programme LIFE Alister a montré plusieurs impacts de l'éclairage artificiel sur cette espèce (25) :

- Les hamster soumis à un éclairage entrent en hibernation plus tardivement que les autres et ont un sommeil moins profond ;
- Les femelles ont moins de portées et moins de petits par an ;
- Les épisodes de vigilance sont plus longs et plus nombreux hors du terrier ;

Lors de cette étude, des lâchers de hamster ont été réalisés en milieu péri-urbain. Les hamsters ont eu tendance à s'approcher de l'éclairage artificiel car celui-ci dissuade leurs prédateurs.

L'ANSES reconnaît la lumière comme un perturbateur biologique du sommeil chez les humains (26). Les études manquent à ce sujet pour certains groupes d'espèces, mais il semble que des impacts existent sur la régulation hormonale de nombreuses espèces, et ce à partir de très faibles niveaux d'éclairement.

	Ultraviolet (< 380 nm)	Violet (380-450 nm)	Bleu (450-500 nm)	Vert (500-550 nm)	Jaune (550-600 nm)	Orange (600-650 nm)	Rouge (650-750 nm)	Infrarouge (> 750 nm)
Plantes	• Croissance	• Croissance	• Croissance	• Croissance			• Croissance • Horloge circadienne	• Croissance • Horloge circadienne • Horloge circannuelle • Rapports proies/prédateurs
Crustacés				• Phototactisme			• Activité • Phototactisme	
Arachnides		• Phototactisme	• Horloge circadienne • Phototactisme	• Phototactisme	• Horloge circadienne • Phototactisme	• Horloge circadienne • Phototactisme	• Horloge circadienne • Phototactisme	
Insectes	• Phototactisme • Orientation		• Phototactisme • Orientation	• Phototactisme	• Phototactisme		• Phototactisme	
Amphibiens	• Activité	• Horloge circadienne • Orientation • Phototactisme	• Horloge circadienne • Orientation • Phototactisme	• Horloge circadienne • Orientation • Phototactisme	• Orientation • Phototactisme	• Orientation • Phototactisme	• Phototactisme	
Oiseaux	• Régulation hormonale • Orientation	• Orientation	• Croissance • Horloge circannuelle • Phototactisme • Orientation	• Croissance • Horloge circannuelle • Phototactisme • Orientation	• Orientation	• Orientation	• Horloge circannuelle • Phototactisme • Orientation	• Croissance
Poissons			• Régulation hormonale • Croissance • Phototactisme	• Croissance • Phototactisme	• Phototactisme		• Phototactisme	
Mammifères (hors chauve-souris)	• Horloge circadienne	• Horloge circadienne	• Régulation hormonale • Horloge circadienne		• Horloge circadienne • Activité • Phototactisme	• Horloge circadienne • Activité • Phototactisme	• Horloge circadienne • Activité	• Horloge circadienne
Chiroptères		• Horloge circadienne	• Horloge circadienne	• Horloge circadienne	• Horloge circadienne	• Activité	• Horloge circadienne	
Reptiles		• Phototactisme	• Phototactisme	• Phototactisme	• Activité			

Figure 17 : Synthèse des effets des différentes longueurs sur la biodiversité (11)

L'ensemble des longueurs d'ondes ultraviolettes, visibles par l'œil humain et infrarouges présentent au minimum un type d'impact sur un groupe d'espèces. On constate cependant que le bleu est la couleur la plus impactante puisqu'elle a des effets multiples sur la totalité des groupes étudiés à l'exception des crustacés. Le rouge présente également de nombreux impacts. Cette synthèse illustre l'intérêt de favoriser des lumières jaunes-orangées, qui perturbent moins les groupes d'espèces étudiés. Cela est un enjeu majeur aujourd'hui : les lampadaires de type « boule » étant à remplacer d'ici 2025, de nombreuses communes renouvellent aujourd'hui leur parc d'éclairage. Celles-ci s'orientent souvent vers des LED dont le spectre est riche en lumière.

L'impact des sources lumineuses ponctuelles et/ou clignotantes est un sujet de recherche encore peu documenté.

3. L'intégration d'un critère d'obscurité à la TVB : vers une trame noire

La « trame noire », également appelée « trame nocturne » ou « trame sombre » désigne un ensemble de réservoirs de biodiversité et corridors écologiques où l'obscurité est suffisante pour la biodiversité nocturne (3). Notons que si les espèces dites « nocturnes » sont souvent les principales cibles des projets de trame noire, travailler sur la réduction de la lumière artificielle est également très bénéfique pour la biodiversité diurne. Le terme de trame noire s'inscrit dans la continuité des terminologies « trame verte » et « trame bleue ». Il semble ainsi

pertinent d'employer ce terme, cependant il peut paraître péjoratif car l'obscurité est historiquement source de contraintes. Pour cette raison, on préfère parler de « trame sombre » ou « nocturne » sur certains territoires. L'Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturnes (ANPCEN) a déposé le terme « trame nocturne » en tant que marque à l'Institut national de la propriété industrielle.

Il s'agit de bien distinguer les trames noires des mesures de réduction de la pollution lumineuse. En effet, ce dernier concept ne vise pas forcément la biodiversité : on peut chercher à réduire la pollution lumineuse pour avoir un ciel de meilleure qualité paysagère sans pour autant intégrer d'étude environnementale. En l'absence de connaissance sur les espèces présentes, ou si la temporalité des enjeux écologiques n'est pas prise en compte, on ne peut pas parler de trame noire. Les projets de réduction de l'éclairage visent souvent à réduire la facture d'électricité des collectivités. Là encore, il y a un risque de réaliser des économies d'énergie au détriment de la trame noire s'il n'y a pas une réflexion en parallèle sur les objectifs de préservation de la biodiversité.

La trame noire vise à prendre en compte l'alternance jour/nuit qui a longtemps été ignorée dans les trames vertes et bleues. Une première approche pour préserver la biodiversité nocturne consiste à identifier les points de conflits entre secteurs à fort enjeu de biodiversité et éclairage artificiel. Cette méthode ne constitue pas une définition de trame noire mais est facile à mettre en œuvre et très opérationnelle puisqu'elle peut rapidement conduire à la mise en place d'actions concrètes. L'OFB et l'UMS PatriNat proposent deux méthodes de définition de la trame noire à proprement parler. Le choix d'une méthode est à faire selon la disponibilité des données et le contexte local. La méthode dite « déductive » consiste à superposer la TVB avec une carte de pollution lumineuse et extraire la partie la plus sombre de la TVB. Cette méthode nécessite d'avoir une TVB déjà définie. Si c'est le cas, elle est alors assez simple à mettre en œuvre. La méthode dite « intégrative », plus complexe et encore en phase de développement, vise à définir une Trame Verte, Bleue et Noire (3). Il s'agit d'intégrer l'obscurité comme un critère de qualité d'un milieu, au même titre que d'autres critères comme l'occupation du sol.

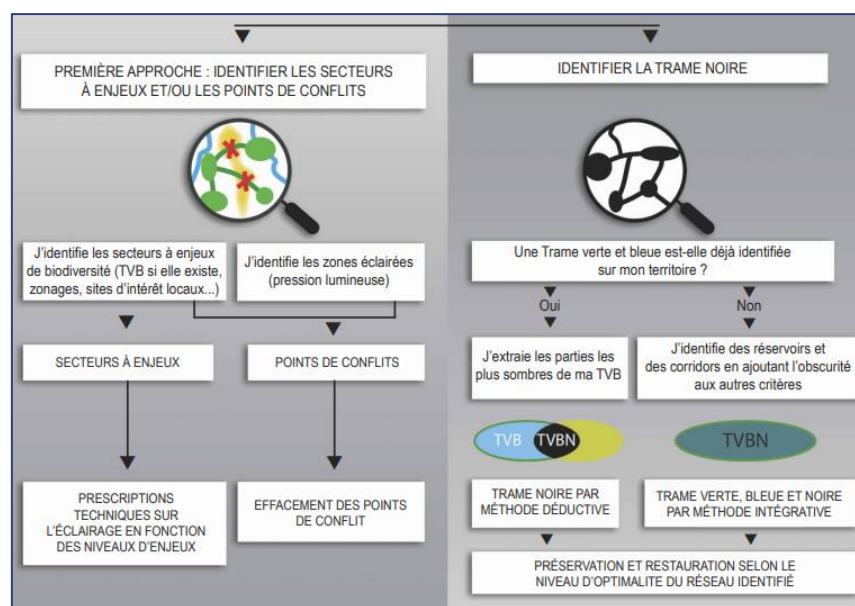


Figure 18 : Arbre de décision pour le choix d'une méthode d'approche de la trame noire (27)

En plus de la construction de la trame noire existante, il est intéressant de rechercher les points de conflits entre TVB et éclairage artificiel afin d'identifier des corridors sombres pouvant être restaurés en travaillant sur la réduction des émissions lumineuses.

A l'échelle nationale, les projets d'identification des zones de conflit sont de plus en plus nombreux mais les réelles définitions de trames noires restent rares. Au 20/05/2022, le [Centre de Ressources Trame Verte et Bleue](#) recense 12 « territoires impliqués dans une démarche trame noire » en métropole.

Il existe aujourd'hui un fort enjeu de communication autour de la trame noire, qui reste largement méconnue : sur 300 riverains interrogés par la Métropole Européenne de Lille lors de la réalisation de son étude trame noire en 2016, 63.3% connaissaient la notion de pollution lumineuse, mais seuls 3% avaient déjà entendu parler de trame noire (28).

4. Intégrer la trame noire dans les documents de planification

Les documents de planification doivent permettre d'harmoniser l'aménagement du territoire tout en intégrant les spécificités locales.

La figure 19 ci-dessous synthétise les documents existants à différentes échelles et les liens hiérarchiques entre eux. Un lien de « prise en compte » signifie « ne pas s'écarter des orientations fondamentales sauf pour un motif tiré de l'intérêt général et dans la mesure où cet intérêt le justifie » d'après le Conseil d'Etat. Un rapport de « compatibilité » signifie que la norme inférieure doit respecter la norme supérieure, elle peut s'en écarter mais sans la remettre en cause (29).

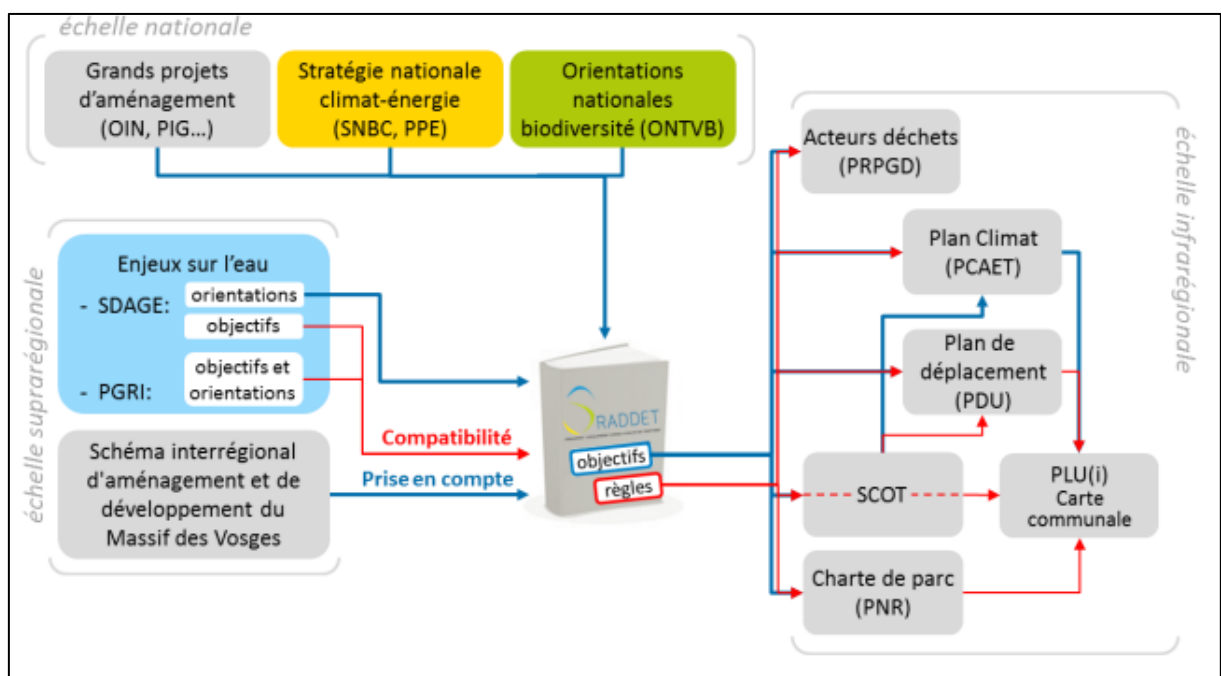


Figure 19 : La place du SRADDET dans la hiérarchie des normes (29)

➤ Intégrer la trame noire dans les documents de planification régionale

L'article 10 de la loi portant nouvelle organisation territoriale de la République (NOTRe) confie aux régions fusionnées, parmi lesquelles le Grand Est, fusion des anciennes régions Champagne-Ardenne, Lorraine et Alsace, l'élaboration d'un Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET). Il intègre et remplace plusieurs documents de planification qui existaient auparavant et notamment le Schéma Régional de Cohérence Écologique (SRCE) auquel nous nous intéresserons dans le cadre de cette étude (30). Il faut noter que les SRCE couvraient les périmètres des anciennes régions administratives. Le SRADDET Grand Est a été adopté le 22 novembre 2019 et approuvé par le Préfet le 24/01/2020. Le SRADDET doit prendre en compte les ONTVB, mises à jour par décret le 17 décembre 2019, qui identifient la préservation de la trame noire comme un enjeu phare : « la pollution lumineuse est identifiée comme un obstacle possible aux continuités écologiques, responsable de la fragmentation des habitats et de la limitation voire l'impossibilité pour certaines espèces de se déplacer » ; la TVB doit permettre « de conserver et d'améliorer la qualité écologique des milieux et de garantir la circulation des espèces de faune et flore sauvage [...] en préservant de la pollution lumineuse les continuités écologiques » (31). Les nouvelles régions administratives doivent également, depuis la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages de 2016, rédiger des Stratégies Régionales Biodiversité (SRB). Ces documents sont construits par et pour les acteurs régionaux pour identifier les enjeux et objectifs de préservation de la biodiversité sur leur territoire. Notons que contrairement aux SRADDET, ils n'ont pas de portée réglementaire (32).

En 2017, la pollution lumineuse est évoquée dans 21 des 22 Schémas Régionaux de Cohérence Écologique de France métropolitaine, ce qui démontre un fort intérêt pour cette thématique. Ces 21 SRCE intègrent la pollution lumineuse dans leur partie diagnostic/enjeux : le caractère polluant de l'éclairage artificiel fait consensus. Cependant, en l'absence de méthodologies disponibles, aucun document n'avait à cette époque pris en compte la pollution lumineuse dans l'identification des continuités écologiques, ni identifié de zones de conflits entre lumière et continuités. Six SRCE prévoyaient des actions de réduction de la pollution lumineuse à mettre en œuvre dans les continuités écologiques (orientation du flux lumineux vers le sol, extinctions nocturnes par exemple). Quatre avaient pour projet d'étudier l'effet fragmentant de la pollution lumineuse. Trois avaient pour ambition de sensibiliser, accompagner, encourager les élus et les citoyens à prendre des mesures pour limiter cette pollution. Quatre SRCE souhaitaient développer des indicateurs de suivi et d'évaluation, comme la Région Nord-Pas-de-Calais avec son « Suivi de l'évolution de la pollution lumineuse ». (27). Si cet objectif n'est pas repris dans le SRADDET de la Région Hauts-de-France, celui-ci « incite à la prise en compte de la trame noire par les collectivités locales dans la gestion des espaces relevant de leurs prérogatives et dans leurs projets d'aménagement » (33).

En Grand Est, la règle n°7 du SRADDET, intitulée « Décliner localement la Trame Verte et Bleue », vise à répondre aux deux objectifs « Protéger et valoriser le patrimoine naturel » et « Préserver et reconquérir la Trame Verte et Bleue ». Il y est préconisé, en exemple de déclinaison de cette règle, de « Travailler sur l'identification de la sous-trame noire » (34). La Stratégie Régionale Biodiversité évoque l'impact de la pollution lumineuse sur certains groupes d'espèces, en particulier les chiroptères. L'objectif B7 de cette stratégie intègre la lutte contre la pollution lumineuse via « la gestion de l'éclairage public et des grandes enseignes ». L'une des actions structurantes de cet objectif est d' « évaluer l'impact de la pollution lumineuse en

Grand Est en identifiant les sites à enjeux forts et en définissant une stratégie d'actions renforcée sur ces sites ». L'identification de la trame noire, même si elle n'y est pas mentionnée explicitement, s'inscrit aussi dans la règle n°8, « Préserver et restaurer la trame verte et bleue ». Pour répondre à cet objectif, la Région Grand Est, la DREAL et les Agences de l'eau Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée-Corse et Seine-Normandie organisent chaque année deux sessions d'Appel à projets en faveur de la trame verte et bleue (AAP TVB) (35). Cet AAP permet de financer des travaux de restauration de la TVB. Les dernières sessions ont vu émerger plusieurs projets d'identification et de préservation de trames noires. Cet intérêt croissant pour cette thématique a motivé la réalisation de la présente étude.

Le SRADDET de la Région Bourgogne-Franche-Comté a intégré en février 2022 une première fiche technique sur la trame noire et la pollution lumineuse qui détaille les enjeux de préservation de la trame noire et dresse un bilan régional (36). L'intégration d'autres fiches sur ce thème est prévue.

La Région Occitanie s'est également engagée dans la lutte contre la pollution lumineuse en entamant une démarche d'identification de sa trame noire, en lien avec sa Stratégie Régionale Biodiversité. De nombreux acteurs sont déjà mobilisés puisque cette Région abrite deux des trois Réserves Internationales de Ciel Etoilé² (RICE) de France – la RICE des Cévennes et la RICE du Pic du Midi. Dans ce cadre, la Région Occitanie a commandé au groupement de bureau d'études DarkSkyLab et La TeleScop une étude préalable à l'élaboration de la trame noire. Ceux-ci ont diagnostiqué l'impact de la pollution lumineuse sur les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques des SRCE. Il est apparu que la quasi-totalité des espaces étudiés subissent une pollution lumineuse élevée ou très élevée. La pollution lumineuse a été modélisée à partir de données satellitaires à basse résolution. Les bureaux d'études ont également testé une cartographie de la pollution lumineuse à partir de données satellites à Très Haute Résolution Spatiale à l'échelle de Montpellier Métropole Méditerranée (37).

La Région Provence Alpes Côte d'Azur travaille également sur le choix d'espèces cibles pour la construction d'une trame noire régionale. Le SRADDET PACA a intégré la trame noire dans son objectif n°50 : « promouvoir et préserver une trame noire » ; « établir un plan de sauvegarde de l'obscurité nécessaire au développement de la faune et de la flore ».

➤ Intégrer la trame noire dans les SCOT

Le territoire d'un SCOT peut regrouper une ou plusieurs communautés de communes. Il regroupe des thématiques économiques, sociales et environnementales. La trame noire, qui concerne une diversité d'acteurs travaillant sur ces thématiques, a toute sa place dans le SCOT, qui permet d'envisager ce sujet de manière transversale. Le SCOT des Vosges Centrales a

² Le label « Réserve Internationale de Ciel Etoilé » est attribué par l'association américaine International Dark-Sky Association (IDA) aux territoires dont le ciel permet une très bonne observation des étoiles et qui mettent en place des politiques strictes pour protéger ce patrimoine. Il s'agit de l'un des labels les plus exigeants en termes de qualité du ciel (55).

intégré dans son Document d'Orientations et d'Objectifs (DOO) approuvé le 6 juillet 2021 l'objectif 2.4 : « Limiter la pollution lumineuse ». Les orientations suivantes sont données :

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

Cet objectif fait suite à une étude « trame noire » réalisée en 2018. L'impact de l'éclairage nocturne sur les réservoirs de biodiversité et corridors écologiques du territoire a été identifié. Le DOO précise aussi que les documents d'urbanisme plus locaux comme les PLU doivent tenir compte de la sensibilité des espèces à la pollution lumineuse et intégrer les sources lumineuses artificielles comme des éléments fragmentants, ce qui revient à construire une trame noire. Il est préconisé d'adopter des éclairages aussi sobres que possible. Le syndicat mixte du SCoT a édité le guide de bonnes pratiques « Mettre en Lumière l'Univers de la Nuit » pour orienter les collectivités vers la sobriété demandée (18).

➤ **Intégrer la trame noire dans les PLU**

Le Plan Local d'Urbanisme fixe les règles d'occupation du sol sur une commune ou un Etablissement Public de Coopération Intercommunale (EPCI) et permet de définir une stratégie urbaine pour 10 à 15 ans. Il est possible d'intégrer dans les PLU le même type de directives que dans le SRADDET ou le SCoT. Le PLU doit adapter à son échelle les mesures définies par ces documents. Par exemple, le PLU de Saint-Louis dans le Haut-Rhin prescrit une limitation de l'éclairage au strict nécessaire, dans l'objectif de constituer une trame noire (31). Le Règlement Local de Publicité, qui, lorsqu'il existe, est annexé au PLU, peut participer à la préservation de la trame noire s'il fixe des restrictions strictes sur les publicités lumineuses. Il existe un lien important entre restauration de la trame noire et du paysage nocturne ; ce qui permet d'intégrer dans le RLP et donc dans le PLU des mesures permettant de répondre simultanément à ces deux objectifs. L'Eurométropole de Metz a d'ailleurs intégré dans son Plan Paysage des Côtes de Moselle deux volets directement en lien avec les trames verte, bleue et noire : l'exploration des paysages nocturnes et de notre rapport à la nuit et la préservation du patrimoine naturel.

➤ **Intégrer la trame noire dans les PCAET**

Les Plans Climat Air Energie Territoriaux ont l'obligation, depuis la loi Climat et Résilience du 28/08/2021, d'intégrer « un volet spécifique à la maîtrise des consommations énergétiques de l'éclairage public et de ses nuisances lumineuses ». Ainsi, de nombreux EPCI ont déjà intégré dans leur PCAET des objectifs énergétiques de rénovation de l'éclairage, avec ou sans prise en

compte de la biodiversité. On retrouve fréquemment les actions et objectifs suivants dans les PCAET du Grand Est : « réduire les consommations énergétiques de l'éclairage public », « optimiser la gestion de l'éclairage public », « limiter la pollution lumineuse ». Quelques PCAET intègrent explicitement les enjeux de préservation de la biodiversité. La communauté de communes des crêtes pré ardennaises encourage à « poursuivre les actions en lien avec la Trame Verte et Bleue » et à « poursuivre le programme Natura 2000 ». Le PCAET de la communauté de communes de Sundgau comprend également une action « Préserver la trame verte et bleue ». L'intégration de ce type d'objectifs dans les PCAET est récente et à encourager pour concilier les enjeux économiques et écologiques (31).

➤ Intégrer la trame noire dans les chartes de Parcs

L'aménagement des Parcs Nationaux et des Parcs Naturels Régionaux (PNR) est régi par une charte, valable 15 ans, qui fixe les objectifs de développement du territoire. Selon la fédération des PNR, « Un Parc Naturel Régional est un territoire habité, aux patrimoines remarquables mais menacés, et à ce titre reconnu au niveau national, où les élus et les partenaires s'organisent pour écrire puis mettre en œuvre la charte qui est le contrat concrétisant le projet de protection et de développement durable élaboré pour le territoire concerné assurant ainsi durablement sa protection, sa gestion et son développement. » Ainsi, les PNR sont des acteurs clés pour l'aménagement durable du territoire. Ils sont des espaces d'expérimentation privilégiés pour la mise en place de mesures de préservation de la trame noire car ceux-ci travaillent sur les thématiques économiques, écologiques et liées à la qualité du cadre de vie. Les trois RICE de France sont d'ailleurs toutes situées dans des Parcs Nationaux.

Les fédérations des Parcs naturels régionaux de France et des Parcs nationaux de France ont toutes deux signé en 2012 une convention de collaboration avec l'ANPCEN pour limiter les nuisances et améliorer la qualité du ciel nocturne dans les Parcs (38). Il a été convenu de diffuser aux acteurs de l'aménagement de ces territoires la charte de l'Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturnes et le label « Villes et Villages Etoilés »³ de l'association.

La lutte contre la pollution lumineuse est de plus en plus intégrée dans les chartes de Parcs, qui doivent être compatibles avec les règles du SRADDET : « limiter la pollution lumineuse et rendre plus efficace l'éclairage public tout en visant la préservation des trames écologiques nocturnes » (charte 2014-2025 du PNR des Vosges du Nord); « Pour réduire la pollution lumineuse et économiser l'énergie, l'éclairage artificiel des pistes se limite aux pistes connectées au front de neige » (charte 2012-2027 du PNR des Ballons des Vosges); « Amélioration des connaissances sur la fragmentation des réseaux écologiques par

³ L'ANPCEN a organisé depuis 2009 quatre éditions du label « Villes et Villages Etoilés ». Cette distinction est attribuée pour 5 ans et récompense les communes et territoires engagés dans une démarche de préservation de l'environnement nocturne. L'édition 2019-2020 a labellisé 364 communes, parmi lesquelles 28 communes du Grand Est (54). Les communes qui s'engagent dans cette démarche bénéficient d'un retour personnalisé et de conseil pour améliorer leurs pratiques d'éclairages.

la pollution lumineuse » (charte 2015-2027 du PNR de Lorraine). Plusieurs chartes vont être révisées dans les prochaines années, l'intégration de la trame noire dans celles-ci est à encourager pour favoriser la mise en place de mesures plus ambitieuses.

➤ **Intégrer la trame noire dans les documents non réglementaires de planification de l'éclairage**

Le Schéma Directeur d'Aménagement Lumière (SDAL) est un document de planification de l'éclairage non réglementaire. C'est un outil volontaire, il n'a pas de valeur juridique mais permet à une collectivité de fixer ses ambitions en matière de paysage nocturne (31). Il prend en compte l'éclairage urbain, architectural, de balisage, publicitaire et sportif. L'élaboration d'un SDAL comprend un diagnostic de l'éclairage existant sur le territoire. Si le SDAL est avant tout une étude d'urbanisme visant à travailler sur la mise en valeur de l'espace public, il constitue une bonne opportunité pour prendre des mesures bénéfiques pour la trame noire, voire pour démarrer un projet d'identification de celle-ci (39). Les Plans Lumière sont également des documents d'urbanisme non réglementaires visant à planifier l'éclairage. Ils ont une visée esthétique mais ils peuvent représenter une opportunité de réfléchir à des possibilités de mises en valeur du patrimoine plus respectueuses de la biodiversité.

IV. Analyse cartographique à l'échelle régionale : pollution lumineuse et trame noire

1. Territoire d'étude : la Région Grand Est

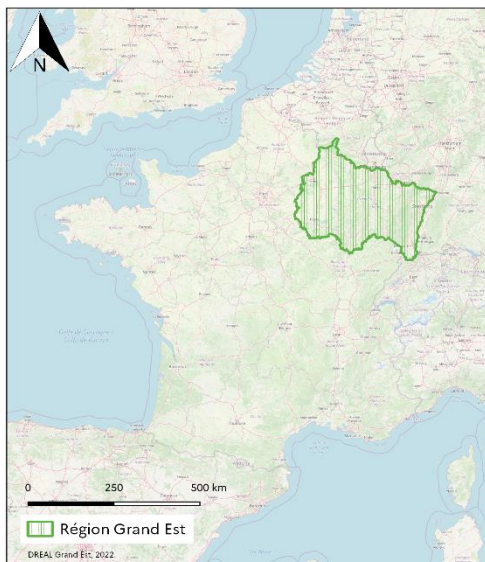


Figure 20 : Localisation de la Région Grand Est

La Région Grand Est, créée lors de la fusion des régions au 1^{er} janvier 2016, est le regroupement des trois anciennes régions Alsace (départements du Bas-Rhin et du Haut-Rhin), Lorraine (départements de la Meurthe-et-Moselle, de la Meuse, de la Moselle et des Vosges) et Champagne-Ardenne (départements des Ardennes, de l'Aube, de la Haute-Marne et de la Marne) (figure 21). Cette région est frontalière avec l'Allemagne, la Belgique, le Luxembourg et la Suisse et occupe une place centrale dans la coopération européenne. Les densités de population y sont très hétérogènes ; les métropoles de Strasbourg, Reims, Mulhouse, Nancy, Metz et Troyes regroupent un tiers de la population régionale (29). Au contraire, certains espaces de Champagne ou de Lorraine présentent des densités de population très faibles (Annexe 3 : densité de population de la Région Grand Est et des territoires voisins – SRADDET Grand Est, Diagnostic territorial, 2019.).

La Région présente aussi une importante diversité paysagère : on y trouve des massifs forestiers, des vallées alluviales, des milieux ouverts, des côtes, de nombreuses zones humides, des lacs et étangs (Annexe 4 : grandes familles de paysages de la Région Grand Est – SRADDET Grand Est, Diagnostic territorial, 2019.). Elle est traversée par plusieurs continuités écologiques nationales : les continuités nationales boisées, thermophiles, bocagères, celles des milieux ouverts frais à froids et abrite également un axe de migration des oiseaux à enjeu majeur. Cette variété paysagère s'accompagne logiquement d'une forte diversité spécifique

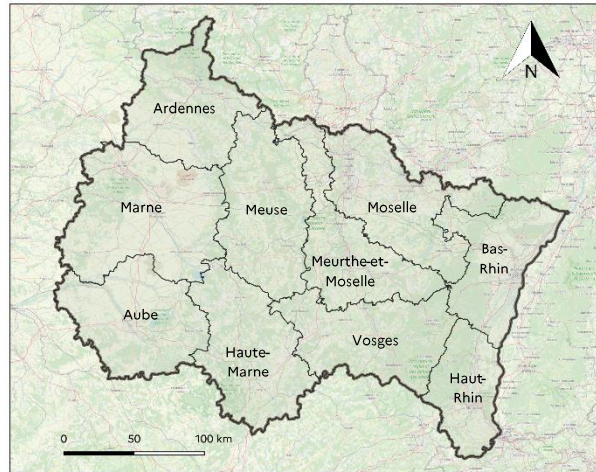


Figure 21 : découpage départemental du Grand Est

qui se traduit par un nombre important de zones de protection et d'inventaires, même si le pourcentage de surface protégée reste inférieur à la moyenne nationale (0,5 % du territoire est couvert par une protection réglementaire dite « forte » contre 1,5 % à l'échelle nationale). 10,7 % du territoire est couvert par le réseau européen Natura 2000, qui vise à préserver les espèces et les habitats remarquables tout en maintenant des activités socio-économiques (40). La Région est également couverte par de nombreux zonages d'inventaire, qui n'ont pas de portée réglementaire mais doivent faire l'objet d'une attention particulière dans les projets d'aménagement : plus de 2 100 ZNIEFF (26,3 % du territoire en 2015), des ZICO (12,6 % du territoire en 2015), 290 000 hectares de sites RAMSAR (zones humides d'importance internationale), des Espaces Naturels Sensibles et des Réserves Nationales de Chasse et de Faune Sauvage.

Le Parc National de Forêts, créé en 2019, est le seul Parc National situé en partie en Grand Est. Le Grand Est compte aussi six Parcs Naturels Régionaux, qui ont engagé en 2019 une réflexion en réseau pour travailler ensemble sur la trame noire. Si le projet collectif ne s'est pas concrétisé, certains ont d'ores et déjà pris des initiatives individuelles pour la préservation et la restauration de leurs trames noires.

2. Données disponibles

➤ Données sur l'éclairage

Une première source de données utilisable est l'imagerie satellite. Le satellite VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) de la NASA mesure la radiance satellite émise par la surface de la Terre. L'avantage de l'imagerie satellite est qu'elle ne fait pas de distinction en fonction de l'origine des sources lumineuses ; elle intègre à la fois l'éclairage public et privé. En revanche, les capteurs utilisés détectent mal les longueurs d'ondes inférieures à 500 nm. Or ces longueurs d'ondes sont de plus en plus utilisées en éclairage à cause du déploiement massif des LED, les images satellites sous-estiment donc parfois la pollution lumineuse. En outre, la précision est d'environ 400 mètres. Enfin, ces mesures ne rendent compte que de la lumière émise vers le ciel alors que de nombreuses espèces animales et végétales subissent aussi la lumière dirigée

vers le sol. Ces données permettent un bon diagnostic régional de la pollution lumineuse mais sont trop peu précises pour réaliser des diagnostics plus fins. Les mesures sont réalisées aux environs d'1h30 du matin.



Radiance : sur les images satellites ou les photographies aériennes, on emploie comme grandeur la radiance (luminance énergétique) qui correspond à la quantité de lumière rayonnant d'une surface donnée et perçue par le capteur photographique utilisé dans la prise de vue. Il s'agit donc de la valeur pour chaque pixel de l'image prise. La radiance est exprimée en nanowatt/cm²/sr (3).

Les données sont consultables gratuitement sur le site www.lightpollutionmap.info et téléchargeables au format SHP.

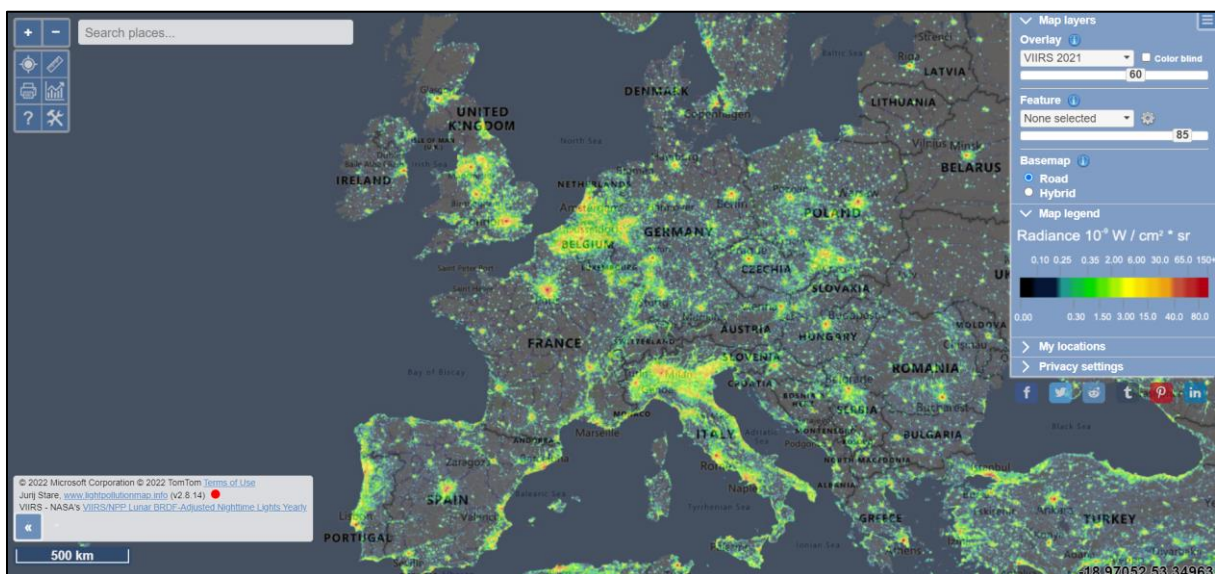


Figure 22 : capture d'écran du site www.lightpollutionmap.info (41)

La figure 22 montre les radiances satellites mesurées par le satellite VIIRS en 2021 sur l'Europe. Le rouge correspond aux radiances les plus fortes. On distingue aisément les régions émettant le plus de lumière : Angleterre, Belgique, Pays-Bas, Portugal, nord de l'Italie. En France, ce sont principalement la région parisienne, les grandes métropoles, la vallée du Rhône, le littoral méditerranéen, l'Alsace et le sillon mosellan.

La comparaison des données de 2012 et 2021 (figure 23) montre une diminution de la lumière émise en France. Pourtant, les photographies satellites comme celles présentées en II. 1. et les études montrent une nette augmentation de la pollution lumineuse sur cette même période. En revanche, les couleurs émises sont différentes. La popularisation des LED, très efficaces énergétiquement, a eu pour conséquence un déploiement massif de lumière froides qui sont moins bien détectées par les capteurs VIIRS, ce qui explique la comparaison ci-dessous.

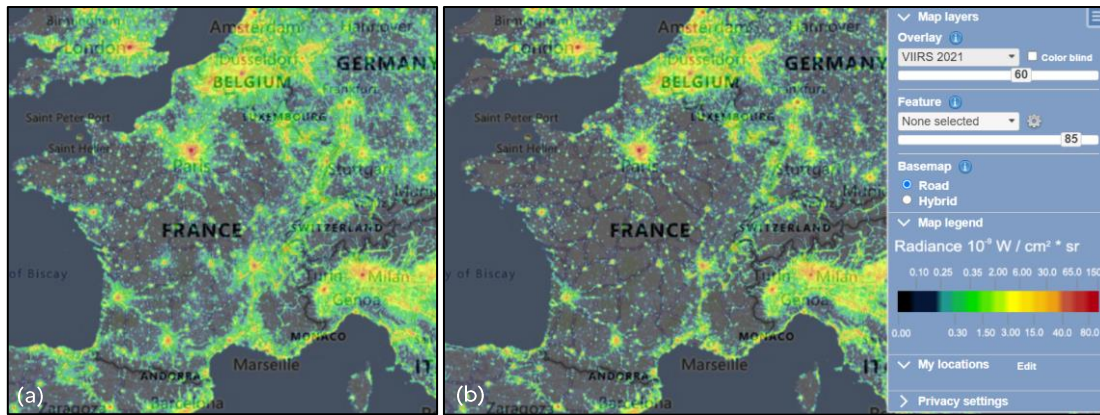


Figure 23 : Radiance mesurée au-dessus de la France par le satellite VIIRS en 2012 (a) et en 2021 (b), www.lightpollutionmap.info

Plus récemment, d'autres capteurs satellites israéliens et chinois de meilleure résolution (moins d'un mètre pour le satellite chinois JILIN) ont été mis au point mais ils sont encore peu utilisés car le coût des images est élevé.

Les photographies aériennes présentent également l'avantage d'intégrer les sources lumineuses quelle que soit leur origine et l'inconvénient de ne rendre compte que de la lumière émise vers le ciel. Elles sont plus pertinentes localement que les images satellites. Malgré un coût relativement élevé (100 à 500€/km², selon le type d'image fournie et le contexte géographique), plusieurs agglomérations françaises comme le Grand Anney, Nantes Métropole ou l'Eurométropole de Strasbourg ont choisi d'investir dans ce type de données (3). Leur précision permet de pallier à un éventuel manque d'informations sur les sources lumineuses des territoires.

En effet, les données sur les points lumineux peuvent être difficiles à obtenir. Celles-ci peuvent ne pas exister pour les installations les plus anciennes. L'article 5 de l'arrêté du 27 décembre 2018 oblige les gestionnaires d'éclairage à tenir à la disposition des agents municipaux réalisant des contrôles de conformité les informations suivantes sur l'éclairage public :

- L'ULR ;
- Le Code de flux CIE n° 3 ;
- La température de couleur (en kelvins) nominale de la lumière émise par la source, celle-ci peut également être mesurée ;
- La puissance électrique (en watts) du luminaire en fonctionnement au régime maximal ;
- Le flux lumineux (en lumens) nominal de la source en fonctionnement au régime maximal ;
- La date d'installation de la tête du luminaire.

Le Préfet en tant que police administrative peut contrôler que les communes ayant conservé la compétence respectent la réglementation ou qu'elles la font respecter si elles ont délégué la gestion de leur éclairage public.

Les gestionnaires d'éclairages pouvant être divers sur un territoire (commune, intercommunalité, syndicat d'énergie), le regroupement des données pour la réalisation d'une étude trame noire peut être laborieux.

Type de donnée	Avantages pour une cartographie sur le Grand Est	Inconvénients pour une cartographie sur le Grand Est
Images satellites	Intègrent l'éclairage public et privé sans distinction. Données VIIRS facilement accessibles.	Manque de précision et capteurs peu efficaces pour des longueurs d'ondes faibles. Peu d'informations sur les conditions de mesure (heure, météo). Coût d'acquisition élevé pour les satellites autres que VIIRS.
Photographies aériennes	Intègrent l'éclairage public et privé sans distinction. Localisent précisément les sources lumineuses.	Coût d'acquisition élevé.
Données sur les caractéristiques des points lumineux	Informations précises et fiables.	Données difficiles à regrouper car il n'existe pas de base de données de l'éclairage public. Données non disponibles pour l'éclairage privé.
Mesures de terrain	Les conditions de mesure sont très bien connues.	Demandent d'importants moyens humains.

Tableau 2 : Avantages et inconvénients des différentes sources de données sur l'éclairage disponibles à l'échelle régionale

Une équipe de chercheurs a utilisé les données VIIRS de 2015 pour produire un Atlas mondial de la pollution lumineuse (42), également consultable sur www.lightpollutionmap.info. A partir des données de radiance, ils ont modélisé la diffusion du halo lumineux pour obtenir une carte de la noirceur du ciel nocturne, ou « Zenith Sky Brightness ».



Noirceur du ciel nocturne (NSB) : utilisée en particulier dans le domaine de l'astronomie, cette grandeur traduit le niveau de visibilité du ciel étoilé (luminance du ciel nocturne). Elle est exprimée en magnitude par arc seconde au carré ($\text{mag}/\text{arcsec}^2$) et se mesure à l'aide d'un boîtier dit « SQM » (*Sky Quality Meter*) en se référant à l'échelle de Bortle (3).

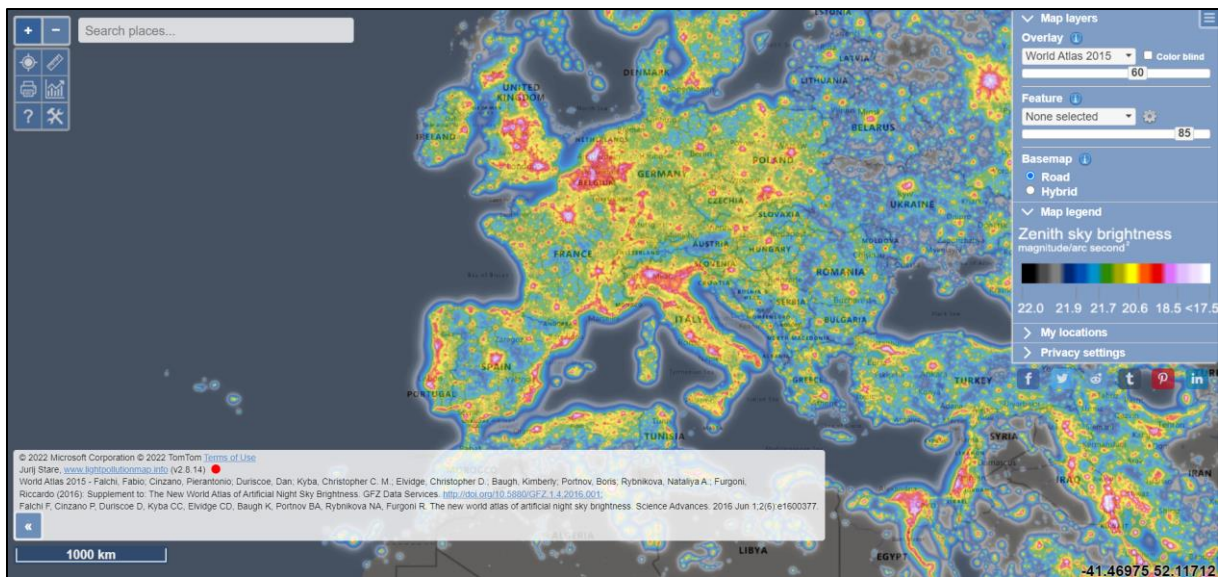


Figure 24 : Atlas mondial de la pollution lumineuse de Falchi et al., 2016, www.lightpollutionmap.info

➤ Données sur la biodiversité

Pour avoir une vision globale de la biodiversité à l'échelle régionale, nous pouvons dans un premier temps nous concentrer sur la trame verte et bleue. Dans le cadre du programme [Life Biodiv'Est](#), la réalisation d'une nouvelle cartographie de TVB harmonisée à l'échelle du Grand Est est en cours de construction. En attendant, le SRADDET regroupe les TVB issues des trois SRCE d'Alsace (2014), de Lorraine (2015) et de Champagne-Ardenne (2015). Les ONTVB publiées par décret le 22 janvier 2014 fournissent un cadre à l'élaboration des TVB et assurent leur cohérence nationale, tout en laissant une certaine liberté aux régions. Les trois ex-SRCE de la région Grand Est intègrent les espaces qui doivent être intégrés automatiquement selon l'article L.371-1 du Code de l'environnement : cœurs de Parc Nationaux (Grand Est non concerné à la date de l'élaboration des SRCE), réserves naturelles nationales et régionales, arrêtés préfectoraux de protection de biotope, couvertures végétales permanentes le long des cours d'eau mentionnées au I de l'article L.211-14 du Code de l'environnement, les cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux classés (article L. 214-17) et les Zones Humides d'Intérêt Environnemental Particulier (article L. 211-3). Il est fortement recommandé mais non obligatoire d'intégrer les réserves biologiques et les zones humides dont la préservation ou la remise en bon état est nécessaire pour atteindre les objectifs de la DCE.

L'intégration des autres espaces est laissée au choix des régions, on retrouve donc des disparités entre l'Alsace, la Champagne-Ardenne et la Lorraine. L'Alsace a systématiquement intégré les zones Natura 2000, les réserves nationales de chasse et de faune sauvage ou encore les espaces de mobilité des cours d'eau identifiés dans les SDAGE alors que dans les autres régions l'intégration a été faite au cas par cas. Autre exemple, la Champagne-Ardenne est la seule région à avoir systématiquement intégré les ZNIEFF de type 1. En Alsace, des espaces abritant certaines espèces menacées et localisées géographiquement ont été classés en réservoirs de biodiversité : milieux de vie du sonneur à ventre jaune, grenouille agile, crapaud vert, hamster d'Alsace, castor d'Eurasie ainsi que plusieurs espèces d'oiseaux, d'odonates et de papillons. Les méthodes de tracé des corridors diffèrent également.

L'Alsace et la Champagne-Ardenne ont utilisé les méthodes d'interprétation visuelle et de dilatation-érosion. Cette méthode consiste à identifier les réservoirs de biodiversité et à appliquer un tampon positif autour de ces espaces. L'union des réservoirs et du tampon permet d'identifier des corridors potentiels. La Région Lorraine a regroupé les espèces de son territoire en « guildes » en fonction de leurs exigences pour leurs déplacements et utilisé la méthode coût-déplacement pour construire sa trame. Lors de la mise en œuvre de cette méthode, il faut associer au déplacement de chaque guildes d'espèce un « coût » selon le type de milieu à traverser. Les espaces pourront être considérés comme des corridors pour une espèce si le coût de déplacement du milieu n'est pas suffisamment élevé pour que les individus renoncent à le traverser.

Bien que ces trois TVB aient été construites selon des critères légèrement différents, nous ferons le choix pour la suite de cette étude d'utiliser comme « Trame Verte et Bleue du Grand Est » une juxtaposition de ces trames. Les cours d'eau ont été représentés avec une largeur de 300 mètres. Un tampon positif de 350 mètres a été appliqué aux corridors terrestres et multi trames afin qu'ils présentent tous une largeur d'un kilomètre car cette largeur a été définie dans le SRCE Lorraine comme la largeur minimale à utiliser pour les corridors terrestres régionaux.

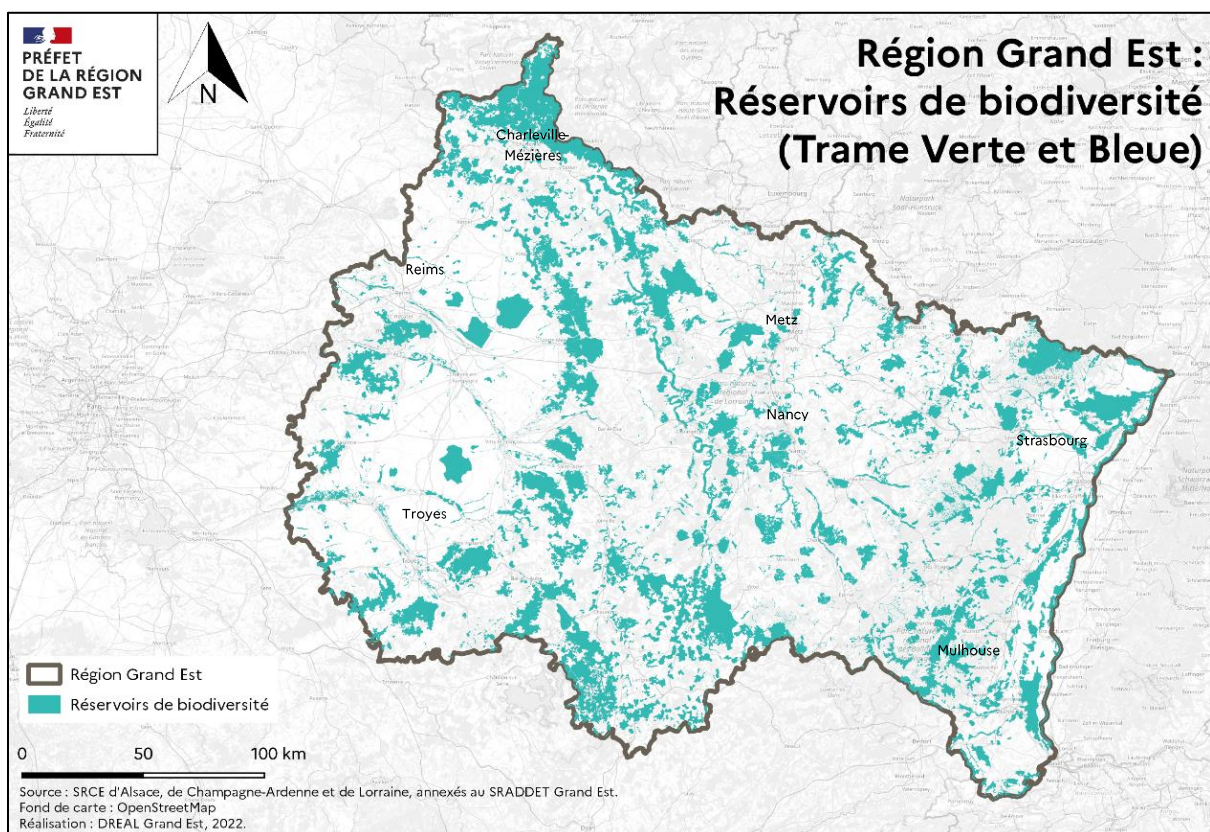


Figure 25 : Réservoirs de biodiversité de la Région Grand Est

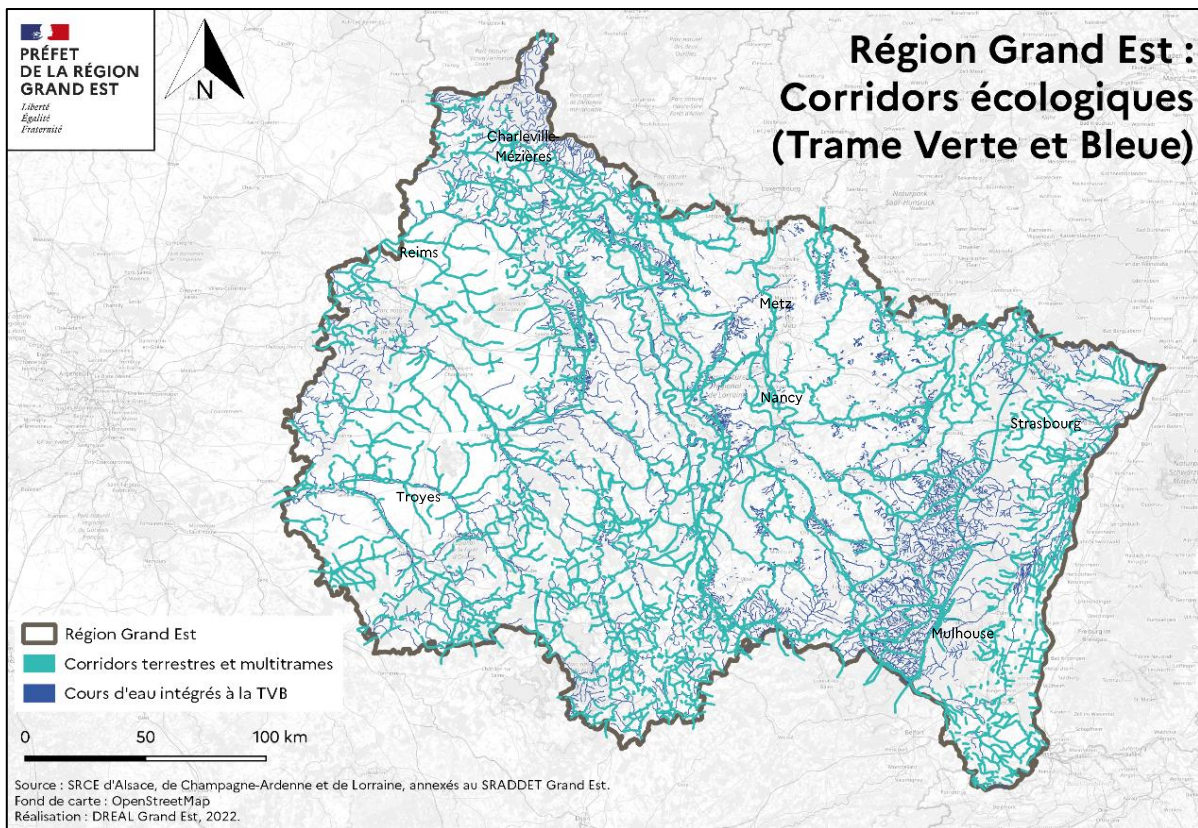


Figure 26 : Corridors écologiques de la Région Grand Est

Il est aussi possible d'utiliser directement des données sur les espèces. Plusieurs associations naturalistes réalisent des inventaires d'espèces en Grand Est. Nous pouvons citer Alsace Nature et le GEPMA en Alsace, la CPEPSEC et LOANA en Lorraine ou encore le RENARD dans les Ardennes. ODONAT rassemble ces données pour les exploiter à l'échelle régionale. Il existe des bases de données participatives (Faune Alsace, Faune Lorraine, Artemisiae par exemple) dont le format n'est pas forcément facile à exploiter. De plus, la pression d'observation n'est pas homogène sur le territoire et d'un groupe d'espèces à un autre. Le SINP Grand Est a été ouvert en avril 2022 avec l'objectif de mutualiser et harmoniser les données existantes.

Au vu des avantages et inconvénients que présentent chacune des sources de données, dans le cadre de cette étude, nous utiliserons les données satellites de radiance VIIRS ainsi que les trames verte et bleues d'Alsace, de Champagne-Ardenne et de Lorraine pour réaliser les cartographies à l'échelle du Grand Est.

Type de donnée	Avantages pour une cartographie de la trame noire à l'échelle du Grand Est	Inconvénients pour une cartographie de la trame noire à l'échelle du Grand Est
Trame Verte et Bleue	Intègre à la fois des espaces et des espèces sensibles, cela permet une prise en compte plus globale des enjeux écologiques.	Les trames utilisées sont hétérogènes entre les différentes ex-régions. De plus, des espèces sensibles à la lumière peuvent être présentes hors de la trame et ne seront donc pas prise en compte.
Inventaires naturalistes	Permet d'intégrer des enjeux locaux. Les données sont fiables puisqu'elles sont directement issues d'observations sur le terrain.	L'ensemble des espèces subissent l'impact de la lumière; il est donc difficile de choisir des espèces cibles. De plus, certains territoires sont plus prospectés que d'autres donc il y a un risque d'ignorer des espèces dont la présence n'a pas été signalée. Enfin, ces données sont difficiles à obtenir en Grand Est.

Tableau 3 : avantages et inconvénients des différentes sources de données sur la biodiversité disponibles à l'échelle régionale

3. Cartographies de la pollution lumineuse

L'ensemble des cartes de cette étude a été réalisé avec le logiciel libre QGIS 3.4.5.

➤ Vectorisation des données

Les données VIIRS satellites de radiance ainsi que l'Atlas mondial de la pollution lumineuse ont été téléchargées au format raster. Ces couches sont composées de quatre bandes, parmi lesquelles les trois bandes RVB (Rouge, Vert, Bleu) qui codent la couleur de chaque pixel. Chaque combinaison RVB correspond à une valeur de radiance ou de NSB. Il y a donc un nombre trop important de valeurs pour pouvoir les exploiter en l'état. Nous cherchons donc à vectoriser ces couches afin de pouvoir ensuite les analyser. Lors de la vectorisation, nous allons définir des classes de radiance ou de NSB afin d'avoir un nombre fini de valeurs.

La vectorisation directe ne permet pas de conserver l'information : en effet, en vectorisant directement les couches, on ne conserve qu'une seule bande. La combinaison RVB et la valeur qu'elle code sont perdues. Nous convertissons ce raster en image PCT, qui est un format à une seule bande : l'information ne dépend maintenant plus du codage RVB. C'est lors de cette conversion que le choix du nombre de classes est fait. Plus celui-ci est élevé, plus la représentation sera précise, mais plus le risque d'erreur est élevé. Le raster PCT ainsi obtenu peut maintenant être vectorisé. Le vecteur obtenu possède une table des attributs dans laquelle un champ correspond à la couleur des pixels de la couche raster PCT. En utilisant la légende du site [lightpollutionmap](http://lightpollutionmap.org), nous pouvons associer à chaque numéro de ce champ les valeurs de la couche initiale. Enfin, il s'agit de vérifier si le logiciel QGIS n'a pas fait d'erreurs lors de la conversion. Nous comparons donc la couche vectorisée au raster initial pour s'assurer que les informations correspondent bien. De nombreux artefacts apparaissent lors de la conversion, nous fusionnons les entités défectueuses afin d'obtenir une carte bien nette.

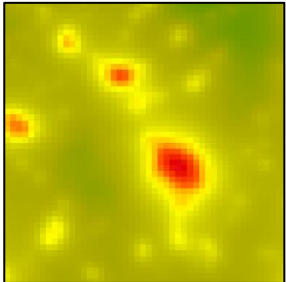
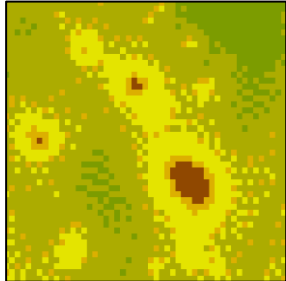
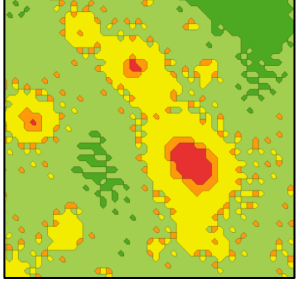
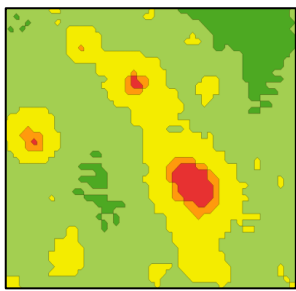
Etape de la vectorisation	Commandes QGIS utilisées	Illustration sur la commune de Saint Dié des Vosges
Affichage du raster brut	Importation via le Panneau Couches	 <p data-bbox="1094 638 1315 667"><i>Raster RVB initial</i></p>
Extraction de la zone géographique souhaitée	Boîte à outils de traitements -> GDAL -> Extraction raster -> Découper un raster selon une couche de masque. La couche de masque choisie est la Région Grand Est.	
Conversion en PCT	Raster -> Conversion -> RVB vers PCT. Choix de 9 couleurs.	 <p data-bbox="1134 1046 1275 1075"><i>Raster PCT</i></p>
Vectorisation	Boîte à outils de traitements -> GRASS -> Raster -> r.to.vect. Cocher « smooth corner of area features » pour un rendu plus net.	 <p data-bbox="1123 1453 1289 1482"><i>Vecteur brut</i></p>
Association des valeurs du nouveau champ aux valeurs du raster initial	Calculatrice de champ -> Nouveau champ -> Associer à chaque valeur du nouveau champ la classe de valeurs souhaitée.	
Association de couleurs aux valeurs	Symbologie de la couche -> Choisir un rendu catégorisé selon la NSB -> Choix des couleurs.	
Elimination des artefacts et corrections éventuelles	Sélectionner les artefacts et la couche à laquelle ils devraient appartenir -> Fusionner les entités. Le rendu final est obtenu.	 <p data-bbox="1038 1868 1370 1928"><i>Vecteur après corrections manuelles.</i></p>

Tableau 4 : étapes de vectorisation de l'Atlas mondial de la pollution lumineuse de Falchi et Al., 2016.

Le tableau précédent détaille le processus de vectorisation en utilisant l'exemple de la couche de l'Atlas mondial de la pollution lumineuse. Le même processus a permis de vectoriser les données de radiance VIIRS.

➤ **Carte des émissions lumineuses détectées par satellite sur la Région Grand Est**

Cette carte est le résultat de la vectorisation des mesures de radiance satellite VIIRS 2021. Afin d'améliorer la lisibilité, nous avons choisi de classer les radiances en cinq classes. Les valeurs seuils de radiance ont été déterminées à partir de la légende du raster de radiance de www.lightpollutionmap.info. A ces classes de radiance ont été associées de classes de quantité de lumière qualitatives.

Valeurs de radiance mesurées (nanowatt/cm²*sr)	Classe de quantité de lumière détectée par satellite associée
Inférieures à 0.25	Très faible
Entre 0.25 et 0.30	Faible
Entre 0.30 et 3.00	Moyenne
Entre 3.00 et 40.0	Importante
Supérieures à 40.0	Très importante

Tableau 5 : Classes de quantité de lumière détectée utilisées pour cartographier la radiance satellite sur la Région Grand Est

Remarquons la non-linéarité des classes de radiance. Pour des valeurs de radiance très élevées, il est peu intéressant de distinguer de nombreuses classes car l'effet de la pollution lumineuse est de toute façon très important. En revanche, dans un milieu très sombre, l'impact de la moindre source lumineuse, même faible, peut se révéler important. Il est donc intéressant de distinguer des classes plus nombreuses et précises lorsque les émissions lumineuses sont faibles.

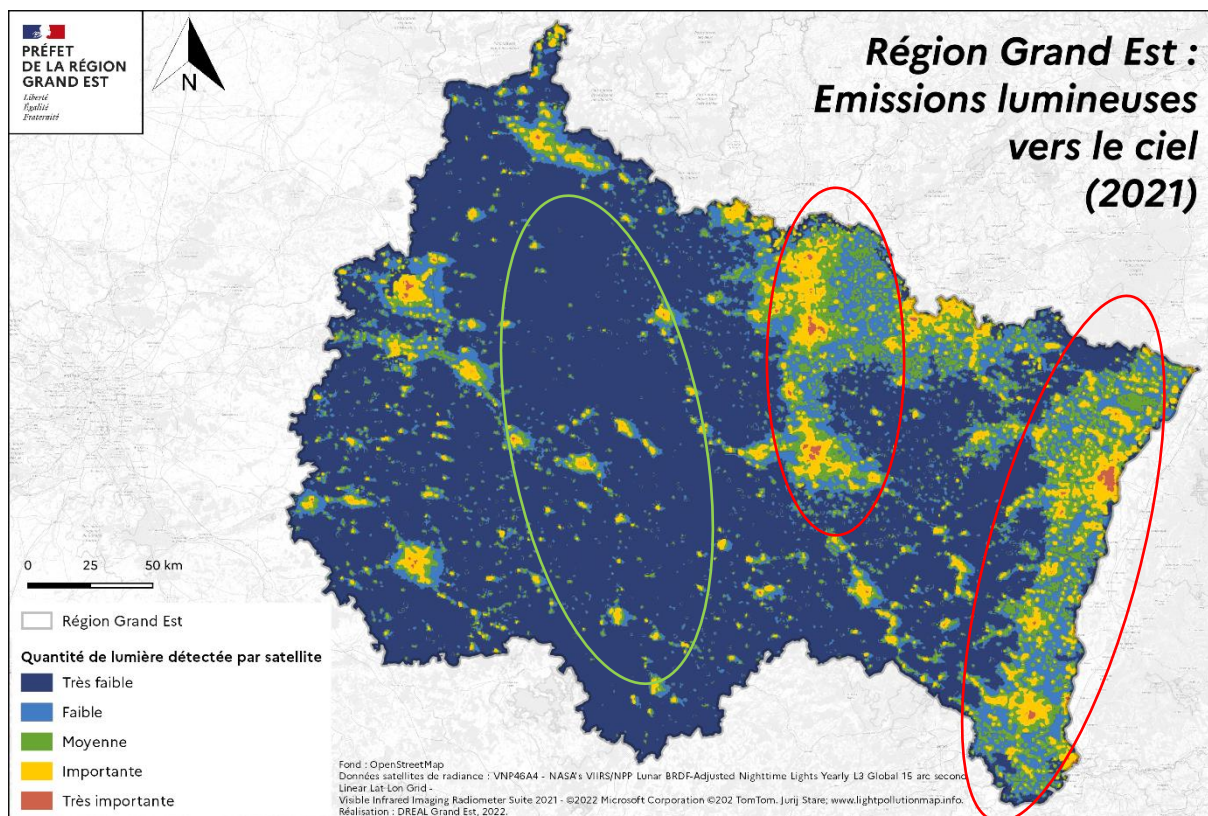


Figure 27 : Carte des émissions lumineuses vers le ciel en Région Grand Est à partir des données satellites VIIRS 2021

L'Alsace et le sillon mosellan sont les territoires sur lesquels la radiance détectée est la plus importante (entourés en rouge sur la figure 27 ci-dessus), c'est-à-dire les endroits où il y a le plus de lumière émise directement ou non vers le ciel. On peut remarquer une corrélation importante entre les émissions lumineuses et la densité de population des différents territoires. L'Est de la Champagne-Ardenne émet peu de lumière (entouré en vert sur la figure 27 ci-dessus).

➤ Carte de qualité du ciel de la Région Grand Est

Cette carte a été réalisée à partir de l'Atlas mondial de la pollution lumineuse (42). Les données de NSB seules étant peu parlantes, nous créons une échelle associant à des valeurs de noirceur du ciel nocturne une classe de qualité du ciel. Nous utilisons l'échelle « Zenith Sky Brightness » du site [lightpollutionmap](http://lightpollutionmap.info) pour déterminer les valeurs de noirceur du ciel nocturne à associer à chacune des classes. Ensuite, nous adaptions ces valeurs à l'échelle de qualité du ciel du bureau d'études français DarkSkyLab, spécialiste de la pollution lumineuse, à partir de l'échelle de l'astronome Bortle (43).

Valeurs de noirceur du ciel nocturne (mag/arcsec ²)	Classe de qualité du ciel associée
Supérieure à 21.7	Excellente
De 21.2 à 21.7	Bonne à très bonne
De 20.9 à 21.2	Bonne
De 20.4 à 20.9	Correcte
De 19.4 à 20.4	Moyenne
De 18.5 à 19.4	Mauvaise
Inférieure à 18.5	Très mauvaise

Tableau 6 : Classes de qualité du ciel nocturne de la Région Grand Est en fonction de la valeur de noirceur du ciel nocturne.

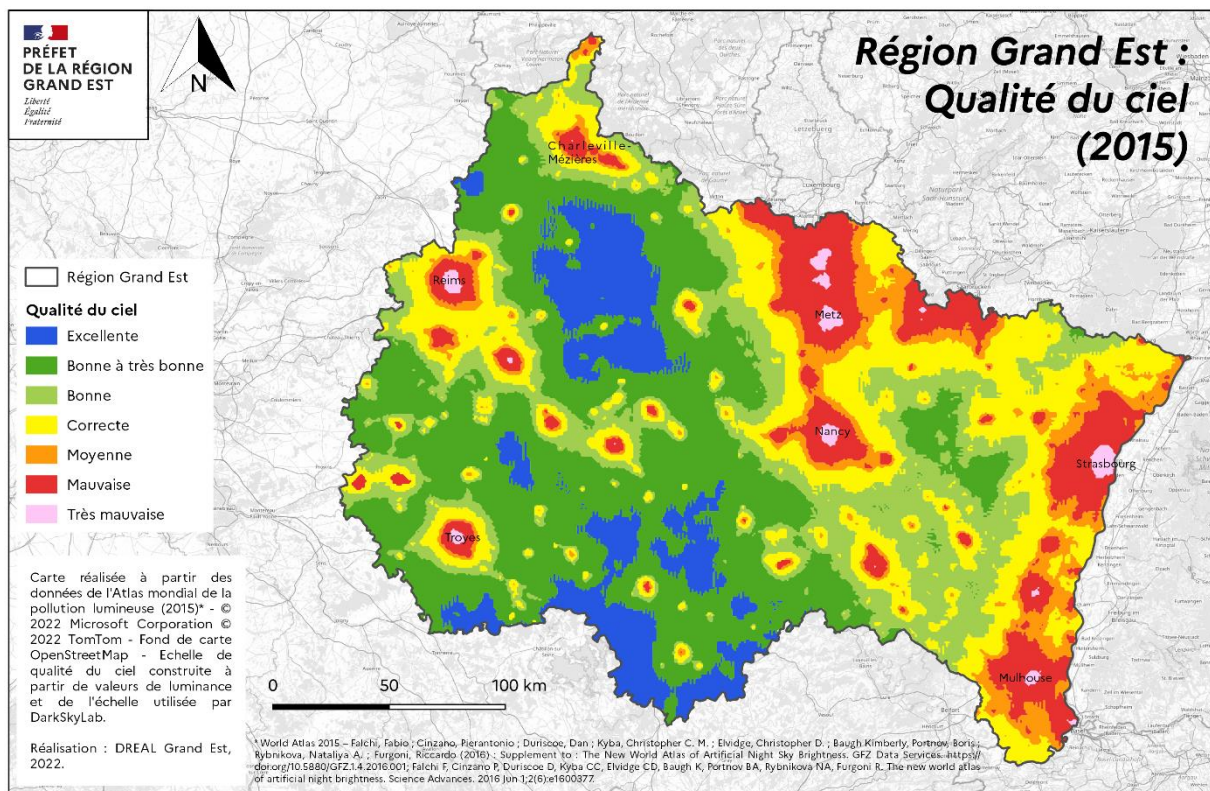


Figure 28 : Qualité du ciel de la Région Grand Est à partir des données de l'Atlas mondial de la pollution lumineuse

Le résultat obtenu est une carte de la qualité du ciel à l'échelle régionale. L'Alsace et le sillon mosellan subissent une pollution lumineuse très importante. L'Est de la Champagne compte plusieurs espaces où le ciel est d'excellente qualité. Il n'est pas surprenant de remarquer une forte corrélation entre la pollution lumineuse et la densité de population : les

émissions lumineuses sont concentrées autour des agglomérations. On peut aussi remarquer l'importance de l'effet de halo des grandes agglomérations : de nombreux espaces ruraux voient leur ciel pollué par des agglomérations proches, la lumière pouvant se diffuser très loin. Les surfaces associées à chaque classe de qualité ont été calculées sur QGIS, ce qui a permis de déterminer le pourcentage de qualité du ciel concerné par chacune des classes, illustré sur la figure 29 ci-dessous. Rappelons que les données utilisées sont issues de mesures réalisées aux environs d'1h30 du matin, donc à une heure où les communes qui pratiquent l'extinction nocturne sont éteintes.

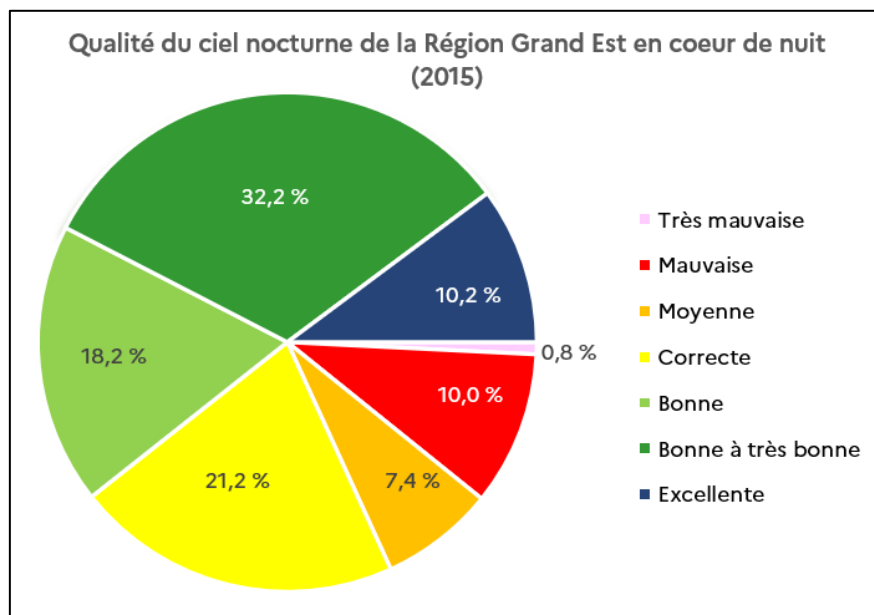


Figure 29 : Répartition de la surface recouverte par chacune des classes de qualité du ciel en région Grand Est en milieu de nuit, en pourcentages.

Plus de 50% du territoire possède un ciel de bonne, très bonne ou excellente qualité. Si ce chiffre est encourageant pour l'identification et la préservation d'une trame noire régionale, il masque de fortes disparités Est-Ouest. La figure 28 montre en effet que la majorité des espaces dont le ciel est préservé de la pollution lumineuse sont situés en Champagne alors que le ciel de l'Alsace est majoritairement de qualité moyenne ou mauvaise.

➤ Carte de l'exposition à la pollution lumineuse de la Région Grand Est

La carte qui suit a été construite à partir des mêmes données que la précédente mais l'échelle utilisée pour la représentation est différente. L'Observatoire National de la Biodiversité catégorise en 2021 l'exposition d'un territoire à la pollution lumineuse en trois classes selon la valeur de noirceur du ciel nocturne (NSB). Cette carte a aussi été réalisée à partir de données satellites, par l'Office Français de la Biodiversité et le bureau d'études DarkSkyLab.

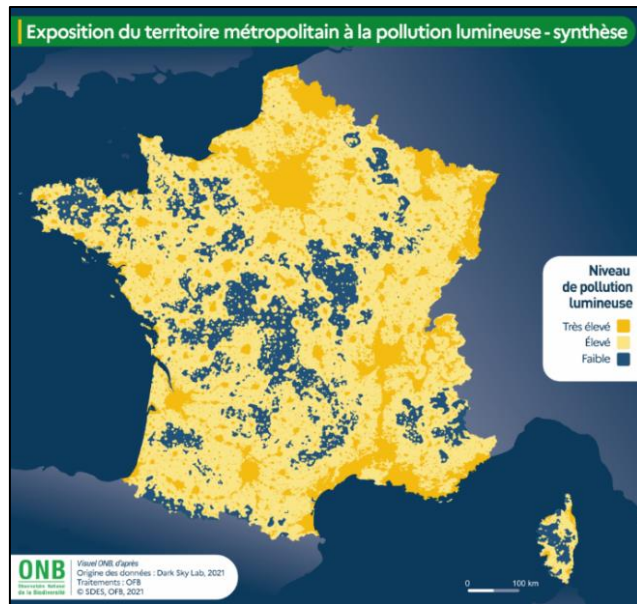


Figure 30 : Visuel de l'Observatoire National de la Biodiversité sur l'exposition du territoire métropolitain à la pollution lumineuse, 2021 (44).

Les valeurs seuils utilisées pour créer les classes de NSB lors de la vectorisation de l'Atlas mondial de la pollution lumineuses étant légèrement différentes des valeurs seuils de l'ONB, nous avons ajouté la classe « intermédiaire ».

Classe d'exposition à la pollution lumineuse	Valeurs de NSB (mag/arcsec ²) selon la classification de l'ONB	Valeurs de NSB (mag/arcsec ²) utilisées dans cette étude
Faible	21.7 à 21.5	Supérieures à 21.7
Intermédiaire	Classe inexistante dans la classification de l'ONB	21.7 à 21.2
Elevée	21.5 à 21	21.2 à 20.9
Très élevée	21 à 19.5	Inférieurs à 20.9

Tableau 7 : Classes d'exposition à la pollution lumineuse en fonction de la valeur de noirceur du ciel nocturne

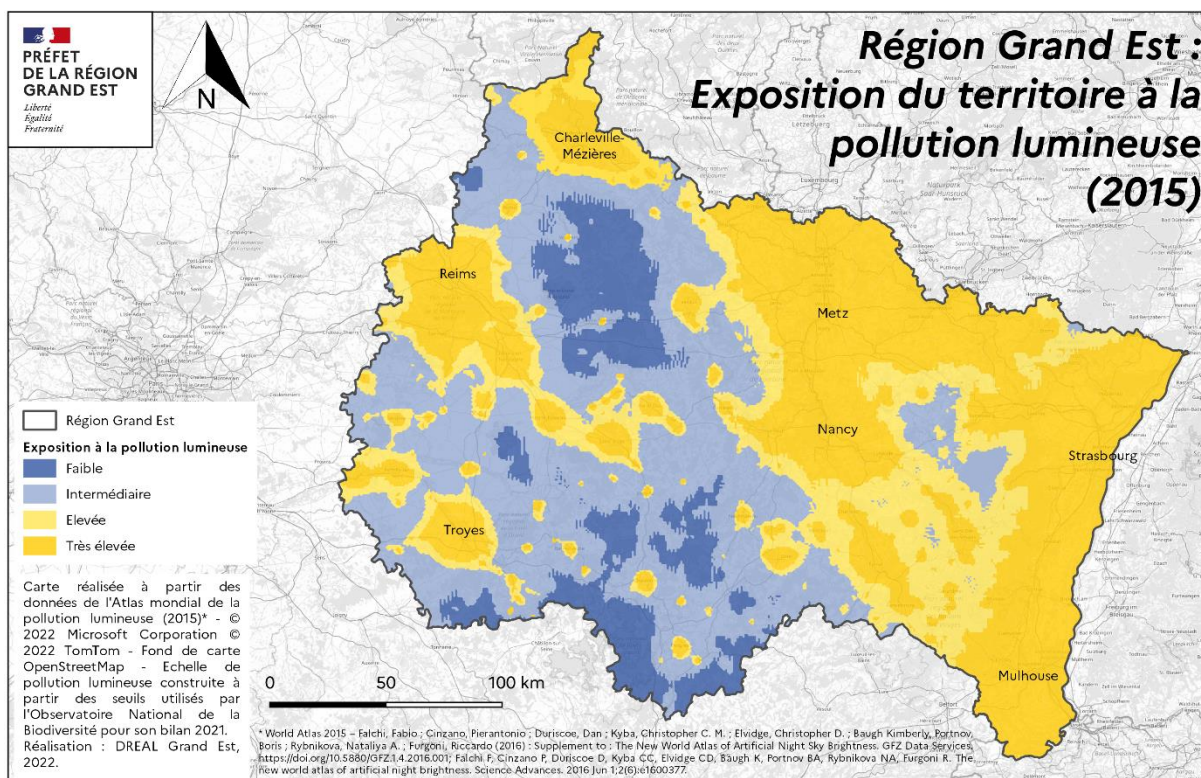


Figure 31 : Exposition de la Région Grand Est à la pollution lumineuse à partir des données de l'Atlas mondial de la pollution lumineuse.

Il est étonnant d’observer que les espaces dont la qualité du ciel avait été qualifiée de « moyenne » ou « bonne » se situent dans la catégorie « exposition élevée à la pollution lumineuse ». Cela illustre l’importance du choix des valeurs seuils des classifications dans les représentations cartographiques.

Notons également que les cartes présentées ont été produites à partir des données de 2015 alors que celle de l’ONB l’a été à partir des données de 2021. On observe sur les données VIIRS une légère diminution de la radiance émise entre ces deux années mais nous considérerons, pour les deux raisons suivantes, que celle-ci est équivalente :

- L’échelle régionale est peu précise, une cartographie à cette échelle sera peu sensible à de faibles variations de pollution lumineuse ;
- La diminution observée peut être due à une transition vers des lumières plus froides plutôt qu’à une réelle réduction de l’éclairage.

➤ TVB et pollution lumineuse

La TVB du Grand Est a aussi été croisée avec la carte de pollution lumineuse de la Région Grand Est (figure 31). Cela nous permet d’estimer l’impact de pollution lumineuse sur les réservoirs de biodiversité et corridors écologiques régionaux. Cette carte est présente ci-dessous et également disponible en annexe (Annexe 6 : Carte « Grand Est : Exposition de la Trame Verte et Bleue à la pollution lumineuse »).

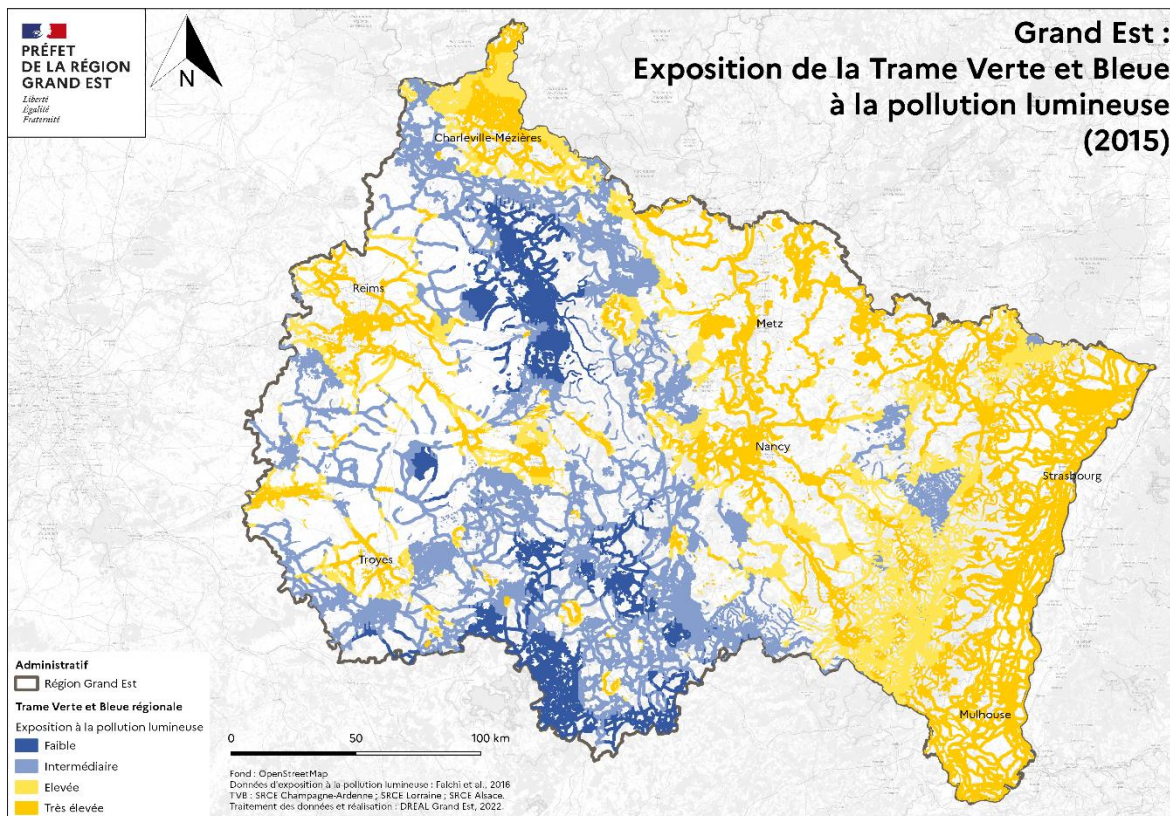


Figure 32 : Exposition des trames vertes et bleues du Grand Est à la pollution lumineuse en milieu de nuit

L'exposition de la TVB à la pollution lumineuse est très hétérogène sur le territoire national, les espaces les plus peuplés sont ceux sur lesquels les réservoirs et corridors subissent le plus de pollution. Certaines zones rurales voient aussi leurs réservoirs de biodiversité et corridors écologiques subir une forte exposition à la pollution lumineuse du fait de la diffusion de la lumière. Rappelons qu'un niveau de pollution lumineuse « très élevé » sur un territoire traduit une très mauvaise visibilité du ciel étoilé. Cela ne signifie pas qu'il n'existe pas de zones plus sombres que d'autres localement, ni qu'il n'est pas utile de viser la restauration de trames noires à différentes échelles sur ce territoire. A l'inverse, les espaces faiblement exposés à la pollution lumineuse ne sont pas à l'abri de pressions lumineuses ponctuelles.

4. Vers une cartographie de trame noire

➤ TVB et radiance satellite

Afin de contribuer au volet trame noire de la future TVB du Grand Est, nous avons réalisé un diagnostic des émissions lumineuses sur les trames actuelles des SRCE. Pour cela, il a été décidé de croiser les trames avec la carte des émissions de radiance détectées par le satellite VIIRS en 2021. Cette carte est présentée ci-dessous et également disponible en annexe (Annexe 7 : Carte « Grand Est : Trame Verte et Bleue et émissions lumineuses vers le ciel »).

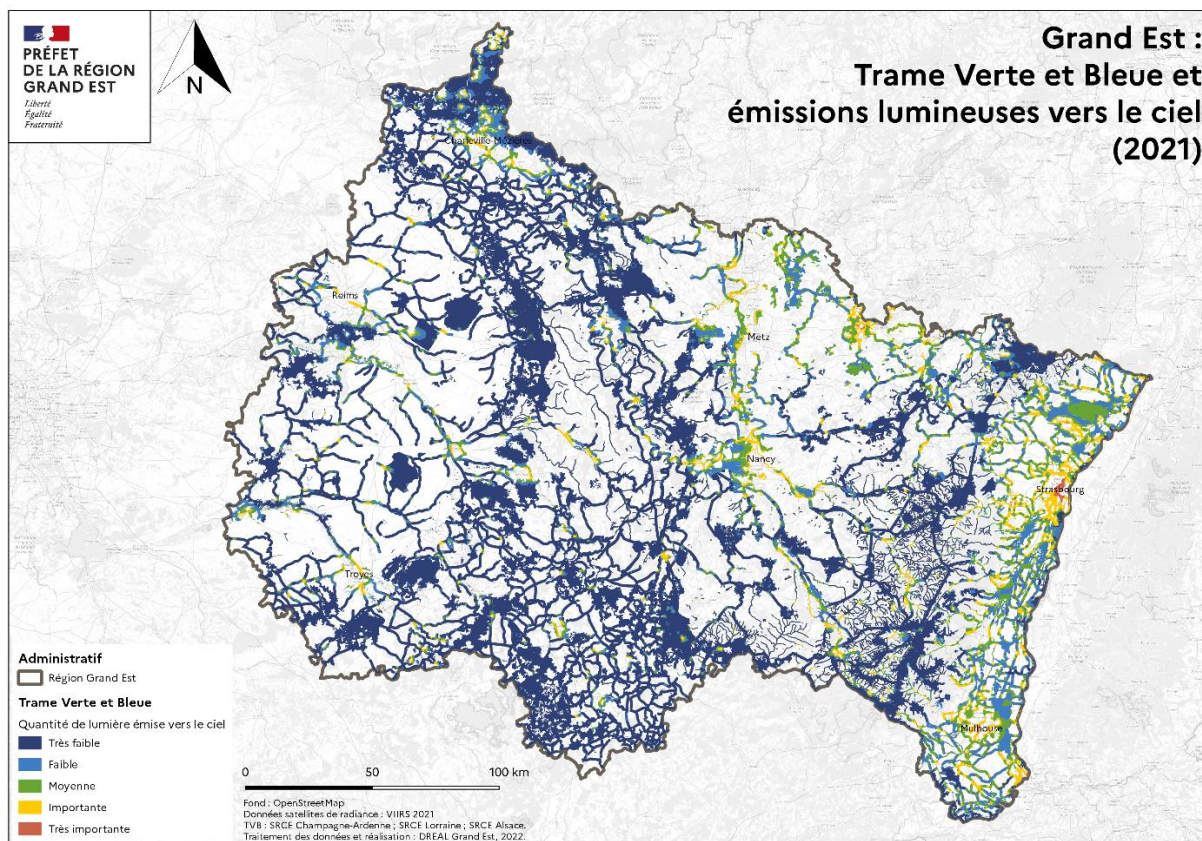


Figure 33 : Carte des émissions lumineuses vers le ciel sur le tracé des trames vertes et bleues du Grand Est en milieu de nuit

➤ Comparaison entre les cartes régionales produites et des études locales

La carte de pollution lumineuse que nous avons réalisée (figure 28) est un traitement de données de pollution lumineuse déjà existantes.

La comparaison de cette carte sur des territoires de faible surface avec des études réalisées par des bureaux d'étude sur ces mêmes territoires permet d'établir deux constats :

- Les deux cartes sont cohérentes. L'échelle de couleur utilisée est la même sur la carte réalisée au cours de cette étude que sur la carte de pollution lumineuse du PNR de la Montagne de Reims produite par DarkSkyLab en 2018 (figure 34). On observe sur les deux cartes un ciel suburbain sur le territoire du PNR ainsi que la pression que représente les agglomérations de Reims au Nord et d'Épernay au Sud. Les données satellites VIIRS ayant été utilisées pour ces deux études, cela n'est pas surprenant.
- L'étude locale sur le PNR a intégré des données sur les sources d'éclairage discrètes ainsi que des mesures de terrain, ce qui a permis de produire une carte bien plus précise qu'un simple zoom de la figure 28. Elle permet de distinguer des espaces plus ou moins pollués et d'évaluer les contributions individuelles des communes au halo lumineux.

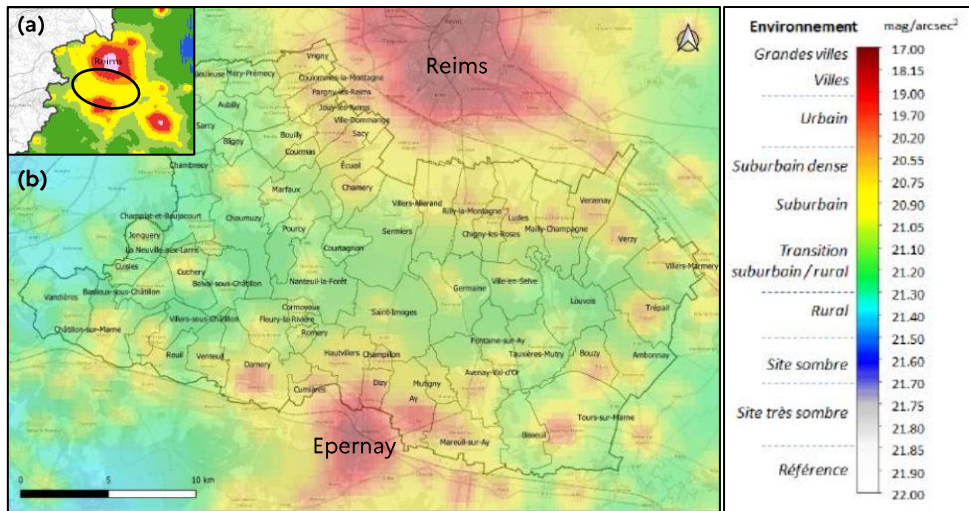


Figure 34 : Pollution lumineuse sur le territoire du PNR de la montagne de Reims aux échelles régionale (a) et locale (b) (45)

Cette comparaison montre qu'une cartographie régionale de la pollution lumineuse a bien vocation à n'être utilisée qu'à cette échelle et confirme l'importance de la prise en compte de différentes sources de données complémentaires afin d'établir un diagnostic le plus fin possible.

Intéressons-nous maintenant à un zoom de la figure 33 sur le territoire du SCoT des Vosges centrales et comparons celui-ci avec la trame noire identifiée en 2018 lors de l'étude commandée par le syndicat mixte du SCoT.

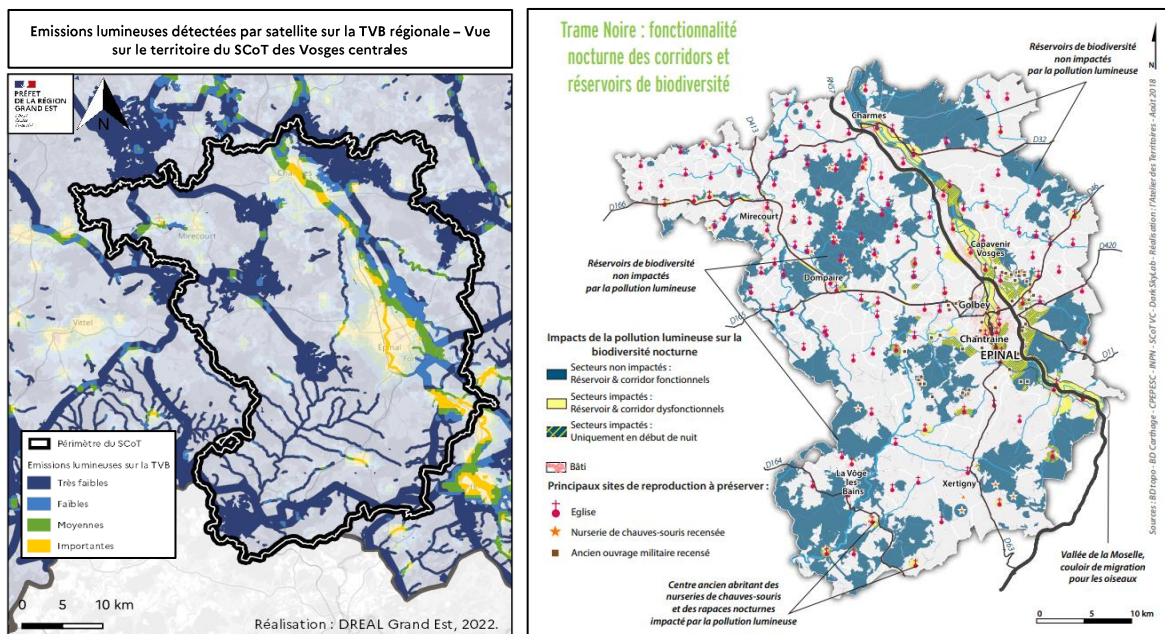


Figure 35 : Cartographie de l'impact de la pollution lumineuse sur les réservoirs et corridors de la TVB à l'échelle du SCoT des Vosges centrales réalisée lors de cette étude (gauche) et en 2018 par un groupement de bureaux d'études (droite) (18).

Seuls les réservoirs et corridors d'importance régionale ont été représentés dans cette étude. Les secteurs identifiés comme des réservoirs et corridors fonctionnels en 2018 se superposent à ceux sur lesquels les émissions lumineuses sont faibles sur la figure 33. La vallée

de la Moselle, identifiée dans notre étude comme un secteur sur lequel les émissions lumineuses sont moyennes à importantes, apparaît comme un corridor dysfonctionnel dans la cartographie de trame noire du SCoT. Les diagnostics issus de l'une ou l'autre des cartes seront proches. Encore une fois, l'étude locale se montre plus précise puisqu'elle intègre davantage de données, en l'occurrence des données sur les sites de reproduction des chiroptères.

La cartographie régionale des émissions lumineuses est plus fine que celle de la qualité du ciel (ou pollution lumineuse). Elle n'est pas destinée à servir de diagnostic local mais elle fournit une estimation intéressante des zones à enjeux en première approche.

V. Etat des lieux des initiatives en faveur de la trame noire

1. Panel d'acteurs rencontrés

Cette étude a été menée en collaboration avec une diversité d'acteurs, ce qui a permis de mieux cerner les enjeux liés à l'éclairage sur le territoire du Grand Est.

Structures représentées	Domaines de travail des acteurs rencontrés	Sujets d'échanges
Agences d'Urbanisme du Grand Est (AGAPE – AUDRR)	Biodiversité & Aménagement	Travail des Agences d'Urbanisme et de la Région sur la trame noire
Alsace Nature	Biodiversité	Echange sur le contenu du stage
ANPCEN	Correspondants locaux de l'association apportant des conseils aux communes	Retours d'expérience
Chambre de Commerce et d'Industrie Alsace Métropole	Changement climatique	Sensibilisation des acteurs privés
CPEPESC	Biodiversité	Lien entre trame noire et chiroptères
DREAL Grand Est (hors encadrement)	Transition énergétique	Réflexion sur l'intégration de trames noires dans les PCAET
Eurométropole de Strasbourg	Biodiversité & éclairage public	Retour d'expérience et attentes de l'EMS
Eurométropole de Metz	Transition écologique	Retour d'expérience et attentes de l'EMM
Métropole du Grand Nancy	Biodiversité	Retour d'expérience et attentes de la Métropole
Mulhouse Alsace Agglomération	Biodiversité & énergie	Attentes de M2A
PNR des Ardennes	Aménagement	Retour d'expérience et attentes du PNR

PNR des Ballons des Vosges	Energie	Retour d'expérience du PNR
PNR de la forêt d'Orient	Biodiversité	Attentes du PNR
PNR du Gâtinais français (Île-de-France)	Energie	Retour d'expérience et attentes du PNR
PNR de Lorraine	Energie	Retour d'expérience et attentes du PNR
PNR de la Montagne de Reims	Transition écologique	Retour d'expérience et attentes du PNR
PNR des Vosges du Nord	Biodiversité	Attentes du PNR
SCoT des Vosges Centrales	Energie	Retour d'expérience du SCoT sur sa trame noire
Syndicat Départemental d'Electricité des Vosges	Energie	Perception des syndicats d'énergie vis-à-vis de la trame noire
Région Grand Est	Biodiversité & énergie	Attentes et réflexion sur le sujet du stage

Tableau 8 : Acteurs rencontrés dans le cadre de cette étude

La figure 36 ci-dessous localise les territoires des différents acteurs ayant répondu favorablement à nos demandes d'entretiens. A ceux-ci s'ajoutent trois associations : l'ANPCEN, la CPEPESC Lorraine et Alsace Nature. Nous avons également pu échanger avec la Chambre de Commerce et d'Industrie Alsace Métropole, implantée à Strasbourg, Colmar et Mulhouse.

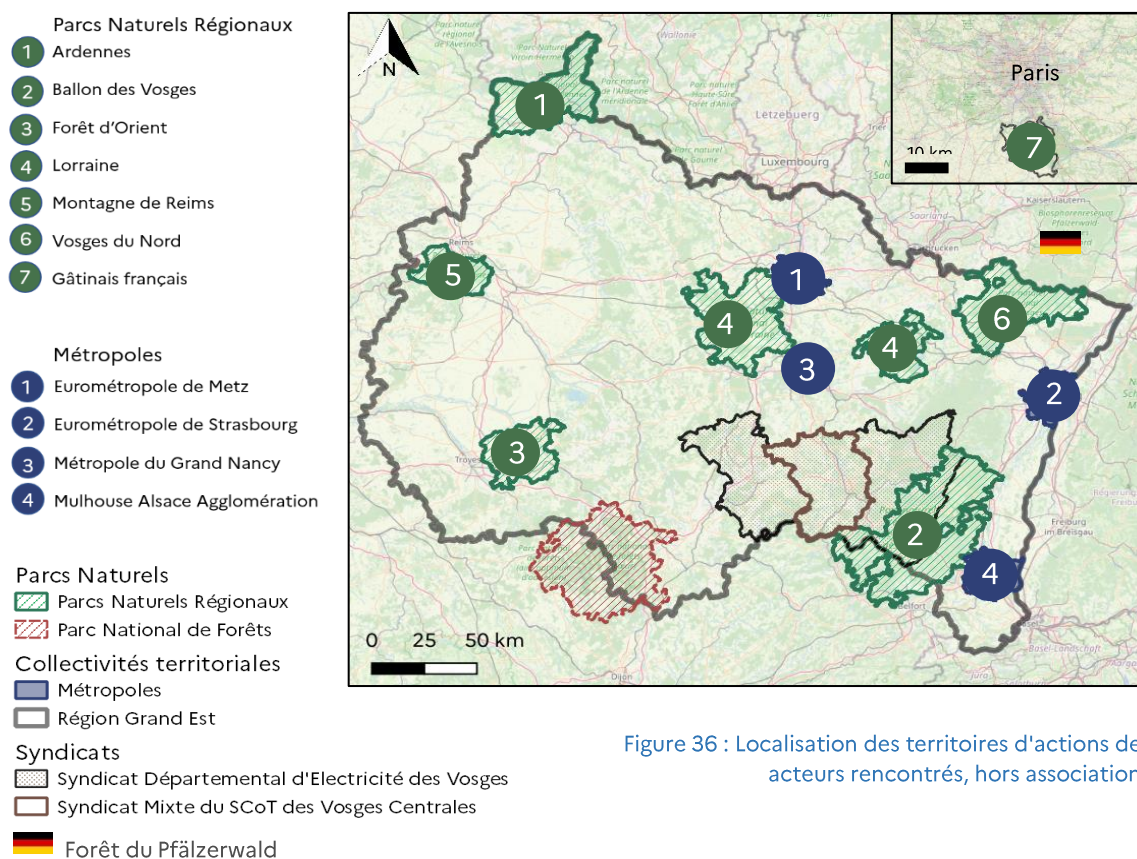
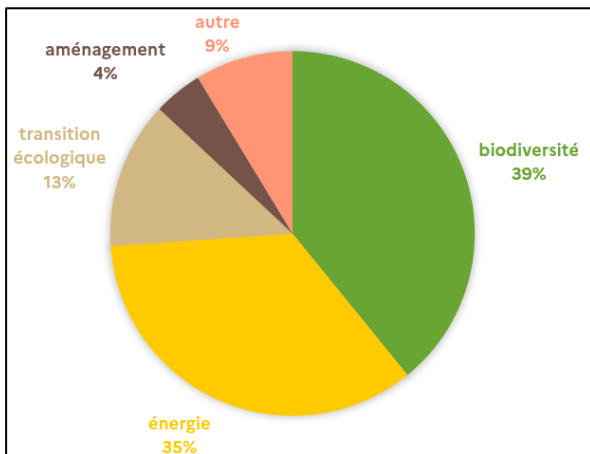


Figure 36 : Localisation des territoires d'actions des acteurs rencontrés, hors associations



La figure 37 représente la répartition des thématiques de travail des acteurs rencontrés, sur un total de 23 acteurs, hors associations. Il est intéressant d’observer la diversité des thématiques et en particulier la répartition quasi-égale entre « énergie » et « biodiversité ». D’une structure à une autre, selon l’angle d’approche de la trame noire ou bien les autres sujets à traiter, cette mission n’est pas confiée au même agent.

Figure 37 : thématique de travail des acteurs rencontrés dans le cadre de cette étude, hors associations.

Les acteurs rencontrés ont pu, lors des échanges, avoir des approches différentes selon leur secteur de prédilection : pour cela, la collaboration d’acteurs issus de différents secteurs est essentielle dans une démarche d’identification de la trame noire et permet une approche pluridisciplinaire.

2. Bilan des échanges

Les rencontres avec les différents acteurs évoqués précédemment ont permis d’échanger sur les actions déjà entreprises en Grand Est et de mettre en avant différents aspects liés à la trame noire.

➤ Actions déjà entreprises en Grand Est

Le **Parc Naturel de la Montagne de Reims** a fait réaliser en 2018 un diagnostic de la pollution lumineuse sur les sous-trames de la TVB sur son territoire sous différentes conditions météorologiques. Cette étude a été réalisée à partir de données satellites, de données d’éclairage public et de relevés de terrain par le bureau d’études DarkSkyLab. Les contributions de chacune des communes ont été évaluées ; un diagnostic du parc d’éclairage public a également été réalisé.

Le **Parc Naturel Régional des Ardennes** travaille également sur la thématique de la trame noire, même si le terme « pollution lumineuse » est davantage employé par l’ensemble des acteurs de ce territoire. Les élus manifestent un fort intérêt pour cette thématique puisqu’ils ont été nombreux à se mobiliser lors de la matinée d’information du Parc sur le thème de l’éclairage public. Des modélisations de trame noire sur le PNR ont été réalisées en 2021 par une étudiante en master et le Parc collabore avec le laboratoire Théma de Besançon pour l’élaboration d’une méthode de modélisation de trame noire qui serait reproductible.

Le **Parc Naturel Régional de Lorraine** a subventionné des rénovations d’éclairage public à condition que les communes concernées participent à Villes et Villages Etoilés et que les travaux permettent de réaliser au moins 50% d’économies d’énergie. Le Parc a aussi réalisé des actions de sensibilisation à destination des élus et des habitants.

Le **Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges** travaille actuellement sur le projet « Qualité nocturne ». Trois phases sont planifiées : une phase d'étude de la pollution lumineuse sur le territoire du Parc et l'élaboration d'une trame noire, puis une phase de test de dispositifs techniques sur quatre sites pilotes. Enfin, un important travail de communication est prévu.

Le **Parc National de Forêts**, créé en 2019, travaille à l'obtention du label Réserve International de Ciel Etoilé. Ce territoire principalement recouvert de forêts de feuillus possède un ciel de très bonne qualité. S'il obtient ce label, le PNF deviendra la 4^{ème} RICE française et la première du Grand Est.

Le **syndicat mixte du SCoT des Vosges centrales** a fait réaliser une carte de la pollution lumineuse et une trame noire sur son territoire. Des orientations en faveur de la trame noire ont été intégrées au Document d'Orientations et d'Objectifs, celles-ci ont été détaillées dans la partie « III. 4. Intégrer la trame noire dans les documents de planification ».

La préservation de la trame noire est également d'actualité au sein des métropoles. L'**Eurométropole de Strasbourg** (EMS) a suivi l'effet des modifications de l'éclairage sur les papillons de nuit et les chauves-souris sur deux sites d'étude. Elle travaille aussi à l'identification des points de conflit entre éclairage et trame verte et bleue à partir d'une photographie aérienne.

L'**Eurométropole de Metz** (EMM) a également l'ambition d'adopter des pratiques de gestion différenciée de l'éclairage à travers des conseils aux communes. L'EMM a confié à un groupement de trois bureaux d'études la construction de sa trame noire et d'un plan d'actions pour préserver celle-ci. En combinant enjeu écologique et impact de la pollution lumineuse sur la biodiversité, ils ont hiérarchisé les espaces où agir en priorité pour restaurer la trame noire. Les espaces où il est le plus urgent d'agir présentent un fort enjeu écologique et subissent une importante pression lumineuse. Les espaces où il est moins urgent d'agir sont peu éclairés et présentent peu d'enjeux de biodiversité.

La **Ville de Strasbourg** est la plus grande commune française à avoir obtenu le label « Villes et Villages Etoilés » de l'ANPCEN lors de sa dernière édition (2019-2020). L'association a récompensé la commune pour ses efforts de réduction de l'éclairage. En effet, la Ville s'est engagée dans une démarche de maîtrise de ses émissions lumineuses avec l'objectif de mieux adapter l'éclairage aux besoins. Celle-ci réduit la puissance lumineuse de son éclairage de 25% de 20h à 23h et de 50% de 23h à 6h. Elle éteint également les parcs qui restent ouverts la nuit, à l'exception de certains axes très utilisés par les habitants pour leurs déplacements quotidiens. Elle expérimente dans certaines rues l'allumage de l'éclairage public par détection afin de réduire la durée d'éclairage. Cette mesure est bien acceptée par la population mais présente actuellement des limites : la faible portée des détecteurs rend difficile la couverture d'une rue large et le surcoût occasionné par rapport à un éclairage traditionnel est d'environ 30%. Ce surcoût pourra sans doute diminuer avec le temps si cette pratique se démocratise. A ce jour, compte tenu des enjeux de déplacement, la Ville de Strasbourg ne pratique pas d'extinction en cœur de nuit.

Le seul frein technique pouvant empêcher l'extinction de l'éclairage public qui a été évoqué lors des échanges est la dépendance des caméras de vidéoprotection à cet éclairage. Si les caméras ne détectent pas l'infrarouge, elles ne pourront pas filmer pendant les extinctions. Il existe également des caméras dont les batteries sont branchées sur le réseau

d'éclairage public et qui ont besoin d'être rechargées quelques heures par nuit. Il est important d'envisager ce type de questions lors du renouvellement du mobilier d'éclairage public car le coût d'investissement fait que des installations d'éclairage neuves ne seront pas renouvelées avant plusieurs années.

L'éclairage privé a été abordé par beaucoup d'acteurs. Si l'on se concentre en effet sur les impacts et pistes d'amélioration de l'éclairage public, de nombreuses entreprises émettent également beaucoup de lumière. Les zones industrielles et commerciales apparaissent fréquemment très lumineuses sur les vues aériennes. Les commerçants sont nombreux à ignorer les réglementations sur l'éclairage. Les parkings de supermarchés, les boutiques, stations-services, agences immobilières restent parfois éclairés toute la nuit par manque de communication au sein de l'entreprise. Alsace Nature a pu observer à Strasbourg un certain nombre d'éclairages privés nocturnes émettant des flux très importants. Le contrôle de l'application du Décret relatif à la publicité extérieure, aux enseignes et aux pré-enseignes de 2012 relève de la police du maire mais il a été souligné que l'exercice de ce contrôle est délicat pour les élus, qui ont à cœur d'entretenir de bonnes relations avec les entreprises de leur territoire. Les Chambres de Commerce et d'Industrie, les Chambres des Métiers et de l'Artisanat ou encore les associations de commerçants apparaissent comme de bons relais pour sensibiliser les acteurs privés aux enjeux liés à la trame noire. Les agences d'urbanisme du Grand Est entament également un travail sur la démarche et peuvent s'adresser aux élus des collectivités.

Les échanges avec les acteurs n'ayant pas entamé de démarches en faveur de la trame noire ont permis d'identifier les freins qui peuvent se présenter et les attentes de ces acteurs. Les personnes rencontrées ont manifesté leur intérêt pour la trame noire mais n'ont pas forcément connaissances des outils à leur disposition. Les moyens financiers et humains à déployer peuvent aussi être un frein.

➤ **Retours des acteurs vis-à-vis de l'enjeu économique**

L'argument économique a été identifié comme l'un des moyens les plus efficaces pour aborder la problématique de la trame noire auprès des élus. L'ensemble des acteurs citent cela comme un levier efficace. Selon l'ADEME, l'éclairage public représente 41 % de la consommation d'électricité des collectivités territoriales et 37 % de leur facture d'électricité. Malgré une tendance à la réduction de la consommation d'électricité des communes ces dernières années, leurs factures restent stables car les prix augmentent. Celles-ci se voient donc forcées de réduire leur consommation si elles ne veulent pas voir leurs dépenses augmenter (46). Cela explique en partie le fort engouement de certaines communes pour l'extinction en cœur de nuit. La force de cet argument est qu'il touche l'ensemble des acteurs, qu'ils soient sensibilisés ou non aux enjeux de biodiversité. Le **Parc Naturel Régional du Gâtinais français**, situé en Île-de-France, soumet l'attribution de ses aides à un critère d'éco-conditionnalité : seules les communes qui éteignent leur éclairage public au moins 5h par nuit peuvent bénéficier de subventions du Parc. Un bonus est attribué aux communes qui éteignent totalement en été. Ainsi, plus de la moitié des communes du Parc n'allument aucun éclairage entre mi-mai et fin août et la totalité des communes éteint au moins 5h par nuit, à l'exception d'une qui a prévu de mettre cette mesure en place courant 2022.

➤ **Retours des acteurs vis-à-vis de l'enjeu de biodiversité**

L'enjeu de biodiversité est de plus en plus compris par les élus même s'il reste souvent une motivation secondaire par rapport aux économies d'énergie. De nombreux territoires organisent des événements ponctuels pour sensibiliser le grand public à ces enjeux, notamment lors du Jour de la Nuit en octobre ou de la Nuit de la chauve-souris, fin août. Les activités les plus souvent proposées sont des balades nocturnes pour l'observation des étoiles. On retrouve aussi des projections-débats, des sorties naturalistes, des lectures de contes, des expositions.

➤ **Retours des acteurs vis-à-vis de l'enjeu de sécurité**

La sécurité est un frein majeur à l'extinction totale de l'éclairage public, y compris en cœur de nuit. C'est aussi cela qui peut inquiéter les citoyens lorsque la puissance lumineuse est réduite. Les acteurs rencontrés ayant mis en œuvre des mesures de réduction de l'éclairage n'ont observé ni une recrudescence de cambriolages, ni une augmentation des accidents de la route, ni des agressions plus fréquentes. Les accidents de la route se feraient même plus rares car les conducteurs se montrent plus prudents. Concernant les cambriolages, ils ont lieu pour la plupart en journée et n'augmentent pas en l'absence d'éclairage. Les témoignages des forces de l'ordre sont apparus dans les retours d'expérience comme une façon efficace de rassurer la population. Ont également été mentionnés des ateliers de sensibilisation sur le thème « Être vu la nuit » à destination des piétons et des cyclistes. Les études ayant été menées ne permettent pas de mettre en évidence une corrélation entre éclairage et agressions physiques, qu'elle soit positive ou négative. Par contre, comme les témoignages, celles-ci montrent un lien direct entre éclairage et sentiment d'insécurité. Cela est particulièrement vrai en milieu urbain. Nous détaillerons davantage ce point dans la partie VI.

3. Communication

Les échanges avec les acteurs ont permis de mettre en évidence un fort besoin de communication sur la trame noire, malgré l'existence de plus en plus de guides et supports. Nous avons ainsi décidé d'éditer plusieurs fiches thématiques destinées aux acteurs de l'aménagement du Grand Est, qu'ils soient publics ou privés. Cette série de fiches sera disponible sur le site de la DREAL avec pour objectif de permettre aux nouveaux acteurs souhaitant entamer des démarches de préservation de la trame noire d'identifier des leviers, des freins et des personnes ressources. Elle vise à également à répondre aux attentes des acteurs rencontrés.

➤ **Fiche « Trame noire – Définition et enjeux »**

Cette fiche recto-verso vise à démocratiser le concept de trame noire. En particulier, elle identifie les enjeux économiques, écologiques et d'acceptabilité sociale comme indissociables des projets de trame noire. La fiche est annexée à ce rapport (Annexe 8 : fiche « Trame noire – Définition et enjeux »).

PRÉFET DE LA RÉGION GRAND EST
Liberté
Égalité
Fraternité

TRAME NOIRE
Définition et enjeux

La « Trame Verte et Bleue », outil d'aménagement durable du territoire, est constituée de deux types d'espaces : les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques*.

Les réservoirs de biodiversité sont des espaces écologiquement riches et suffisamment étendus pour abriter des noyaux de population d'espèces et leur permettre d'effectuer tout ou partie de leur cycle de vie. Les corridors écologiques relient les réservoirs de biodiversité : on parle de « **continuités écologiques** » pour désigner les réseaux favorables au déplacement des espèces.

*How alive plus loi : Centre de ressources pour la mise en œuvre de la Trame Verte et Bleue

L'OFB et le MNHN définissent la trame noire comme un ensemble connecté de réservoirs de biodiversité et de corridors éco-ogiques pour différents milieux (sous-trames) dont l'identification tient compte d'un niveau d'obscurité suffisant pour la biodiversité.

Araignée ayant pris au piège de nombreux insectes en tissant sa toile sur une enseigne lumineuse à Strasbourg – Cela est un exemple de relation proie-prédateur influencée par un éclairage artificiel.

*Office Français de la Biodiversité - Muséum National d'Histoire Naturelle
Fiche réalisée dans le cadre de l'étude « Impact de la pollution lumineuse sur les continuités écologiques : état des lieux et pistes de travail sur la trame noire en Grand Est » - DREAL Grand Est, 2022.

Les trois types d'éclairage et leurs conséquences sur la biodiversité, d'après la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement, de l'Aménagement et des Transports d'Ile-de-France

Type d'éclairage	Illustration	Effets	Conséquences sur la biodiversité
Direct		Eblouissement	Perte visuelle, attractivité, collisions
Ambiant		Attraction/ répulsion	Dégradation, pertes et fragmentation des habitats Déséquilibre des liens inter-espèces comme les rapports proies/prédateurs. Baisse de la pollinisation des plantes
Diffus		Masquage des étoiles et des repères pour l'orientation	Perturbation des déplacements de la faune

➔ D'après l'Office Français de la Biodiversité, 85% du territoire métropolitain est exposé à un niveau de pollution lumineuse élevé ou très élevé. Cette pollution impacte fortement l'ensemble de la biodiversité. Les conséquences écologiques sont nombreuses pour les espèces emblématiques de la nuit (chauve-souris, chouettes...) mais également pour l'ensemble de la biodiversité. Celle-ci nuit également à la santé humaine à cause de son impact sur le sommeil.

Effet indésirable de l'éclairage artificiel	Groupes d'espèces concernés
Désorientation jusqu'à l'épuisement	Oiseaux, insectes, poissons
Perturbation des relations proie-prédateur	Chiroptères, insectes, mammifères
Fragmentation du milieu naturel	Mammifères, amphibiens
Perturbation de la vision et de la communication	Serpents, lucioles
Réduction des accouplements	Amphibiens
Réduction de la pollinisation, chute des feuilles plus tardives	Insectes, flore

➔ La prise en compte des espèces présentes sur un territoire et de la temporalité des enjeux écologiques distingue les projets de préservation de la trame noire des mesures de réduction de la pollution lumineuse, dont l'objectif est généralement économique ou paysager.

La préservation d'une trame noire s'articule autour des enjeux suivants :

- La gestion différenciée de l'éclairage selon les besoins et le contexte local est un élément central des projets de trame noire. Cette démarche est bien souvent motivée par l'**enjeu économique** : l'ADEME estime que l'éclairage public représente environ 37 % des factures d'électricité des collectivités territoriales. L'éclairage est également coûteux pour les acteurs privés.
- La prise en compte des **enjeux écologiques**, détaillés en page 1, est ce qui distingue les projets de trame noire des mesures de réduction de l'éclairage, dont l'objectif est peut-être uniquement économique ou paysager. Il est capital de sensibiliser aux conséquences néfastes de l'éclairage artificiel sur la biodiversité afin d'améliorer la prise en compte de cet enjeu.
- La préservation d'une trame noire est indissociable d'un **fort enjeu d'acceptabilité sociale**. Si la pollution lumineuse est de plus en plus connue du grand public, le concept de trame noire reste souvent ignoré. De plus, les mesures d'extinction ou de réduction de l'éclairage peuvent créer un sentiment d'insécurité et être mal acceptés par la population.

A ces principaux enjeux peuvent s'ajouter des **problématiques paysagères** ou de **santé publique**. L'éclairage artificiel perturbe en effet le sommeil humain selon l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Il nuit aussi à la visibilité du ciel étoilé, reconnu comme patrimoine commun de la nation par la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages (2016).

Contact : DREAL Grand Est, Service Eau, Biodiversité, Paysages : tblb@trbpf.dreal-grand-est/developpement-durable@pau.fr

Fiche réalisée dans le cadre de l'étude « Impact de la pollution lumineuse sur les continuités écologiques - Etat des lieux et pistes de travail sur la trame noire en Grand Est » - DREAL Grand Est, 2022.

Figure 38 : Aperçu de la fiche "Trame noire - Définition et enjeux"

➤ **Fiche « Trame noire – Outils pour sa mise en œuvre »**

L'une des attentes des acteurs rencontrés était de disposer de recommandations pratiques pour identifier et préserver la trame noire. Au vu des nombreux guides pratiques existant déjà, nous n'avons pas souhaité en éditer un nouveau mais nous avons synthétisé sur cette fiche les lois relatives à la pollution lumineuse et intégré des liens vers plusieurs documents ressources sur la trame noire et sur les bonnes pratiques d'éclairage. La fiche est annexée à ce rapport (Annexe 9 : fiche « Trame noire – Outils pour sa mise en œuvre »).

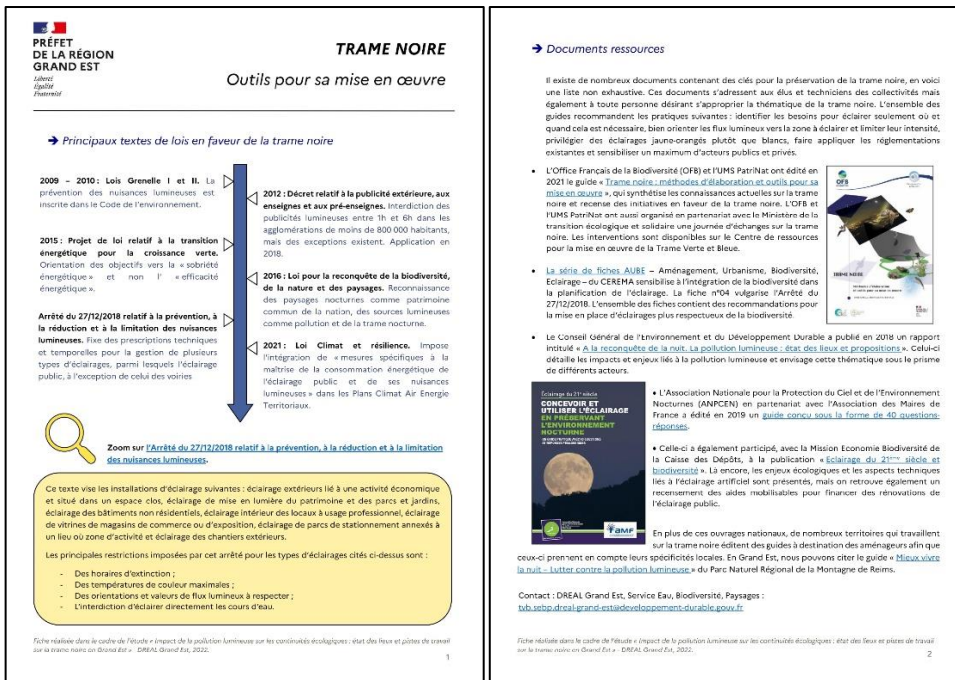


Figure 39 : Aperçu de la fiche "Trame noire - Outils pour sa mise en œuvre"

➤ **Fiche « Trame noire – Mise en œuvre dans les documents de planification »**

Cette fiche s'adresse plus particulièrement aux acteurs de l'aménagement du territoire. Elle identifie les possibilités d'intégration de prescriptions en faveur de la trame noire dans les documents d'urbanisme à différents niveaux. La fiche est annexée à ce rapport (Annexe 10 : fiche « Trame noire – Mise en œuvre dans les documents de planification »).

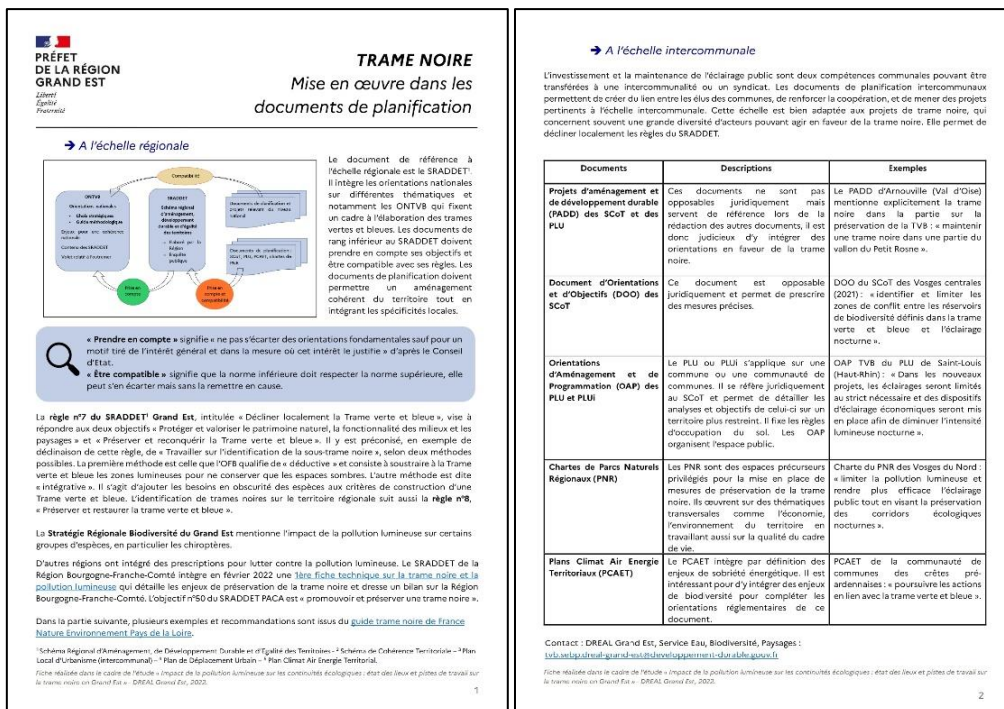


Figure 40 : Aperçu de la fiche "Trame noire - Mise en œuvre dans les documents de planification"

➤ Fiches de retour d'expérience des acteurs rencontrés

A la suite des entretiens, nous avons réalisé pour chacune des collectivités rencontrées une fiche de retour d'expérience. Ces fiches sont construites sur le modèle suivant :

- Brève présentation du territoire ;
- Cartographie de la radiance satellite sur le territoire à partir des données VIIRS et localisation des éventuelles actions menées sur le territoire ;
- Cartographie de la radiance satellite sur la TVB du SRCE à l'échelle du territoire (zoom de la figure 33);
- Descriptions des actions menées s'il y en a eu ;
- Leviers identifiés par les acteurs du territoire ;
- Freins éventuels et attentes des acteurs du territoire.

La construction s'est faite en plusieurs étapes ; l'enjeu étant de présenter des données claires et précises tout en adoptant un format agréable à lire et compréhensible par des personnes n'étant pas forcément spécialistes sur le sujet.

- Une première version a été rédigée à la suite de l'entretien avec la personne concernée ;
- Le choix du format a été fait en collaboration avec la Région ;
- Un modèle de fiche a été soumis aux acteurs publics lors de la réunion de travail du 4 juillet 2022 afin de prendre en compte leurs retours ;
- A la suite de cette réunion, le visuel des cartes a été modifié pour être plus lisible ;
- Puis les acteurs ont reçu leur fiche pour validation ;
- Enfin, la version finale a été éditée en respectant la charte graphique de l'Etat.

La fiche de retour d'expérience du PNR des Ardennes est présentée ici en exemple et également disponible en annexe (Annexe 11 : Fiche de retour d'expérience du PNR des Ardennes).

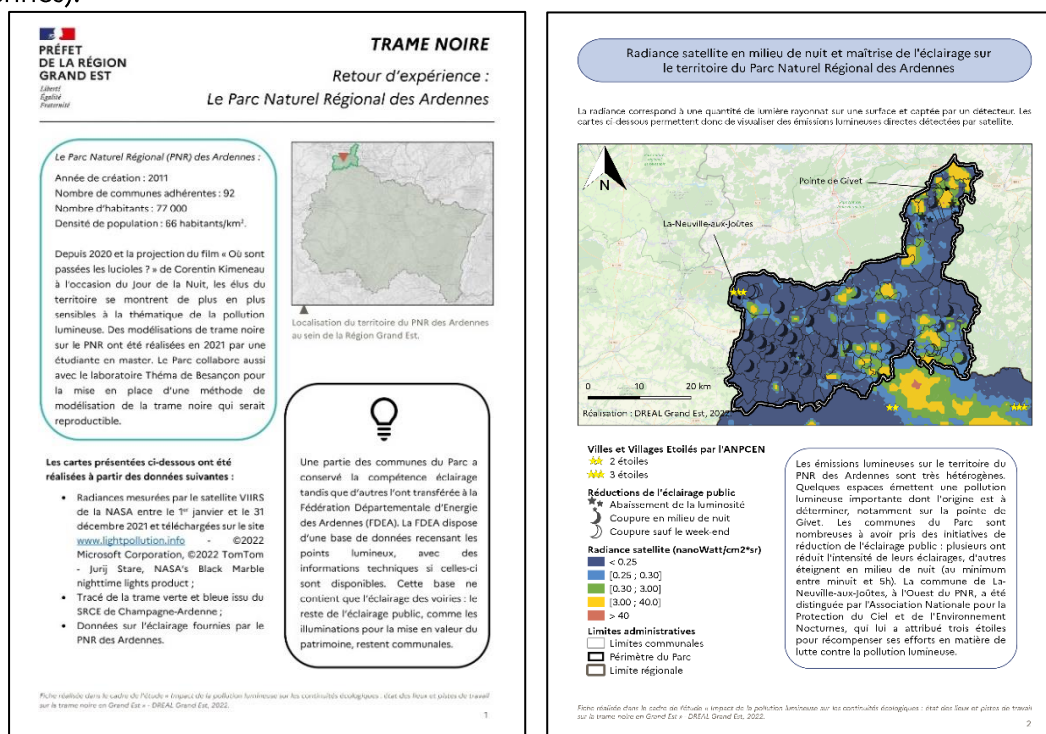


Figure 41 : Aperçu de la fiche de retour d'expérience du PNR des Ardennes - partie 1

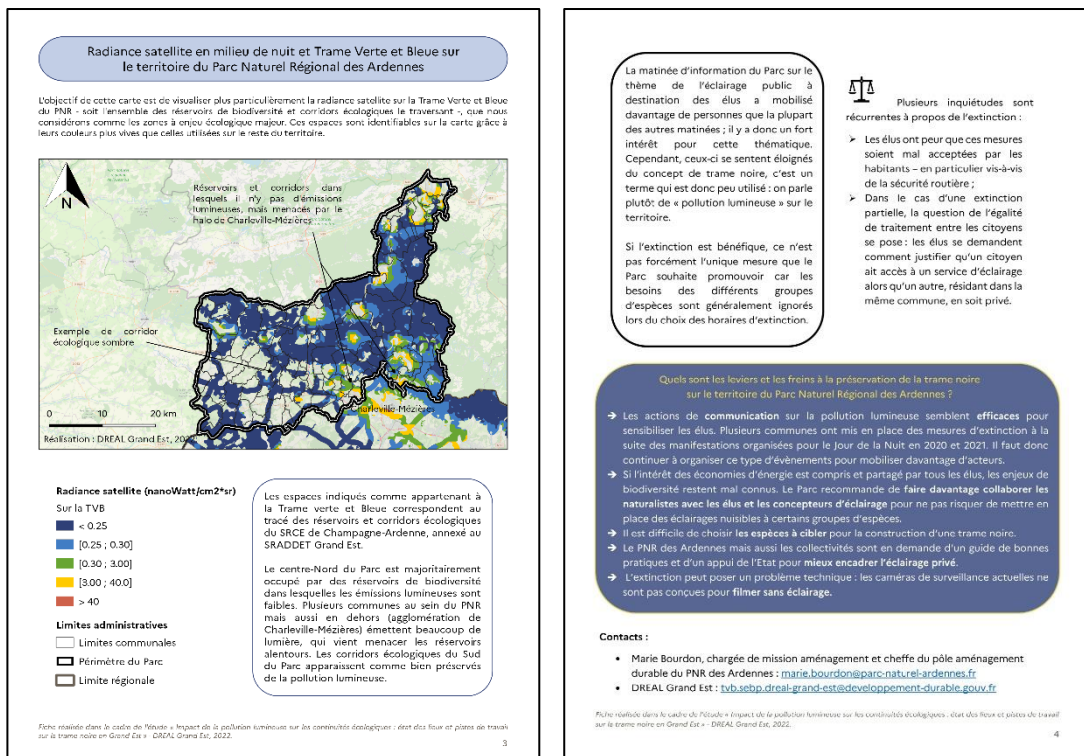


Figure 42 : Aperçu de la fiche de retour d'expérience du PNR des Ardennes – Partie 2

VI. Discussion et perspectives : concilier les multiples enjeux liés à la trame noire

1. Freins à l'identification de la trame noire

Nous allons revenir dans cette partie sur les limites de l'étude cartographique réalisée. Si le concept de trame noire est bien défini théoriquement, son identification reste en pratique peu aisée.

La radiance est une mesure brute mais elle ne tient pas compte de la diffusion de la lumière sur de longues distances, d'où l'intérêt de réaliser des modélisations de qualité du ciel. C'est pour cela que nous nous sommes intéressés à l'Atlas mondial de la pollution lumineuse. Le bureau d'études DarkSkyLab est le spécialiste français de la pollution lumineuse et produit des cartes à différentes échelles grâce à son logiciel Otus. Celui-ci intègre des sources de données variées : données de radiance satellite, données sur les points lumineux, sur l'extinction de l'éclairage public, données météorologiques (47). Les cartographies de DarkSkyLab, comme l'Atlas mondial de Falchi et al., quantifient la pollution lumineuse en fonction de l'échelle de Bortle (47), elle-même construite à partir du niveau de visibilité des étoiles. L'Office Français de la Biodiversité travaille à la construction d'un indicateur qui intégrerait davantage les effets de l'éclairage sur la biodiversité.

Un biais important à prendre en compte est que les données satellites ne prennent en compte que la lumière perçue depuis le ciel. Elles ne permettent donc pas de rendre compte de la perception d'un certain nombre d'espèces terrestres, qui se déplacent au sol et peuvent être impactées par des lumières dirigées vers le bas. Les photographies aériennes présentent

aussi cette limite. L'intérêt des mesures de terrain est qu'elles permettent de rendre compte de la lumière reçue au sol ; elles alimentent également la connaissance sur les types d'éclairage. Par exemple, un éclairage très éblouissant ou un éclairage diffus ne causeront pas les mêmes perturbations.

Une autre difficulté qui se présente lors de l'identification d'une trame noire est le choix des espèces à prendre en compte. En effet, si l'on envisage souvent la trame noire sous le prisme de la biodiversité dite « nocturne » (chiroptères, rapaces nocturnes, papillons de nuit), il ne faut pas oublier que la biodiversité « diurne » est également impactée. La temporalité est aussi à prendre en compte : de nombreuses espèces sont actives au crépuscule, qui joue le rôle d'écotone entre le jour et la nuit, au même titre qu'une lisière entre une forêt et un milieu ouvert (3). Une piste d'amélioration serait d'envisager des sous-trames nocturnes pour différents groupes d'espèces en fonction des enjeux et des échelles. Par exemple, une trame nocturne pour les chiroptères sera constituée d'espaces sombres comprenant des abris : arbres creux, grottes, bâti. Par contre, si l'on s'intéresse plutôt à un groupe d'oiseaux, il faudra considérer le halo lumineux qui peut perturber l'orientation. Au vu du panel d'espèces touchées par la pollution lumineuse et des connaissances limitées sur certains groupes, il n'est pas aisé de choisir des espèces cibles. A ce jour, deux groupes d'espèces sont ciblés en priorité par l'OFB (48) car ce sont les groupes les plus documentés et ils sont très sensibles à la pollution lumineuse :

- Les chiroptères, car il a été montré que la lumière artificielle était le deuxième facteur expliquant le mieux la répartition de plusieurs espèces de chauve-souris, après l'agriculture intensive (22) ;
- Les insectes nocturnes, et en particulier les hétérocères (papillons de nuit) et les coléoptères Lampyridae (vers luisants et lucioles). Les hétérocères sont un groupe à phototactisme positif très documenté et les coléoptères Lampyridae utilisent la bioluminescence pour communiquer entre eux, ils sont donc directement perturbés par l'éclairage artificiel.

Selon le groupe étudié, la capacité de déplacement des espèces et donc l'échelle d'étude sera différente. Pour les espèces à faible capacité de déplacement, il est plus aisé de réaliser des études.

On peut également se demander sur quels points lumineux agir en priorité. La littérature montre qu'une source lumineuse isolée au milieu d'un espace sombre, même d'intensité faible, peut représenter une perturbation très importante (49). Ce type de point lumineux peut être traité en premier lieu car l'effet bénéfique sera immédiat. Dans les espaces présentant un grand nombre de points lumineux, un travail plus long sera nécessaire. L'impact de l'éclairage intermittent sur la biodiversité est encore incertain. En milieu urbain, cette question concerne les éclairages par détecteur de présence. En milieu rural, les acteurs ont évoqué les éoliennes, éclairées la nuit par des clignotements rouges. Les études n'ont pas permis de mettre en évidence un impact de ces clignotements sur la faune et la flore (50), néanmoins selon les caractéristiques de ces éclairages, leur effet potentiel est à intégrer dans les réflexions sur la trame noire. Cette problématique concerne l'Est de la Champagne-Ardenne, faiblement pollué par la lumière, qui constitue un couloir de migration d'importance nationale pour l'avifaune et sur lequel sont implantées des éoliennes.

Ces limites ne doivent pas empêcher de prendre des mesures de réduction de l'éclairage puisque celles-ci ne pourront de toute façon qu'être bénéfiques pour la biodiversité, mais elles ont vocation à être intégrées dans les réflexions autour de la trame noire.

2. L'enjeu économique : un levier important qui ne doit pas faire oublier l'enjeu écologique

De nombreuses communes qui rénovent leur éclairage visent la performance énergétique, ce qui peut parfois se révéler nuisibles pour la biodiversité. Il est donc essentiel lors d'un projet de rénovation de l'éclairage de distinguer ces deux aspects, pour évaluer séparément le bénéfice économique et le bénéfice écologique. Si globalement les économies potentiellement réalisables permettent d'inciter un certain nombre d'acteurs à limiter leur éclairage dans l'espace et dans le temps, ce qui est positif pour la biodiversité, il peut arriver que l'aménagement soit finalement nuisible pour les espèces présentes. Cela peut arriver lors des conversions de l'éclairage public en LED si on ne cherche pas aussi à adapter les flux lumineux et températures de couleur aux enjeux écologiques. Les LED étant peu énergivores, il est possible d'en installer massivement tout en réalisant des économies par rapport aux éclairages préexistants. On risque alors d'observer un effet rebond : alors qu'il était prévu de réduire un phénomène (en l'occurrence la pollution lumineuse), celui-ci augmente car les contraintes qui le limitaient auparavant (en l'occurrence le prix) sont réduites. Il est aussi possible qu'une réduction de l'éclairage public ait pour conséquence une augmentation de l'éclairage privé. Il ne faut pas non plus oublier le caractère fonctionnel d'une trame noire. Si l'extinction en cœur de nuit est bénéfique, elle ne constitue pas une trame noire. C'est pour cela que le PNR du Gâtinais français encourage les communes à éteindre leur éclairage public toute la nuit en été et entame l'identification d'une trame noire sur son territoire.

L'importance de réunir des acteurs possédant des champs de compétence différents au sein d'un groupe de travail sur la trame noire a été au cœur des discussions avec les acteurs de l'aménagement du Grand Est et est bien illustrée par les compromis pouvant être nécessaires pour ne pas négliger l'enjeu écologique. C'est un sujet qui sera débattu dans le groupe de travail « Nature en ville », animé par l'Etat et la Région, à destination des collectivités.

3. L'acceptabilité sociale de la trame noire, un élément essentiel pour sa préservation

Une étude de l'acceptabilité sociale de la modification de l'éclairage public a été réalisée sur le territoire de la métropole de Montpellier (51). Cette étude a permis de mettre en évidence plusieurs facteurs corrélés au fait d'être favorable ou non à des modifications de l'éclairage public :

- Les habitants des communes à densité de population dites « intermédiaires » (moins de 1 5000 habitants/km²) sont plus susceptibles d'être favorables à l'extinction que celles vivant dans des communes à forte densité de population car elles se déplacent moins en transports en commun et davantage en voiture. Ce facteur a également été cité dans les échanges avec les acteurs du Grand Est. L'extinction de l'éclairage nocturne

sur des communes entières a été généralement bien acceptée dans les secteurs ruraux, où l'espace public est peu fréquenté la nuit. En revanche, en zone urbaine cette mesure reste peu appliquée car elle ne permet pas de répondre aux attentes de la population et il faut donc réfléchir à d'autres modalités, qui peuvent être appliquées en milieu urbain et rural : réductions de l'intensité lumineuse, températures de couleurs plus chaudes, diminution de la hauteur des mâts et extinction des grands axes sont des adaptations dont le caractère bénéfique est reconnu, qui ne perturbent pas les usages humains et sont globalement très bien acceptées. Les communes urbaines peuvent aussi envisager l'extinction à l'échelle d'un quartier ou même d'une rue. Certains territoires comme l'EMS utilisent comme solution l'éclairage par détecteurs de présence sur les secteurs qui s'y prêtent ; d'autres testent un dispositif d'allumage de l'éclairage public directement par les habitants grâce à une application mobile (52). Ces dispositifs d'éclairage sont encore peu développés car la littérature manque sur les effets et le coût du dispositif peut être rédhibitoire.

- Les personnes les plus sensibles à la cause environnementale sont généralement les plus favorables aux mesures proposées dans l'étude. Celles-ci ont d'ailleurs passé plus de temps à lire l'introduction du questionnaire proposé, qui expliquait les enjeux liés à la pollution lumineuse. Ce constat appuie le besoin déjà identifié de sensibilisation aux enjeux écologiques.
- Une majorité des répondants qui ne souhaitent pas de réduction de l'éclairage craignent une augmentation de la criminalité et des problèmes de sécurité routière.

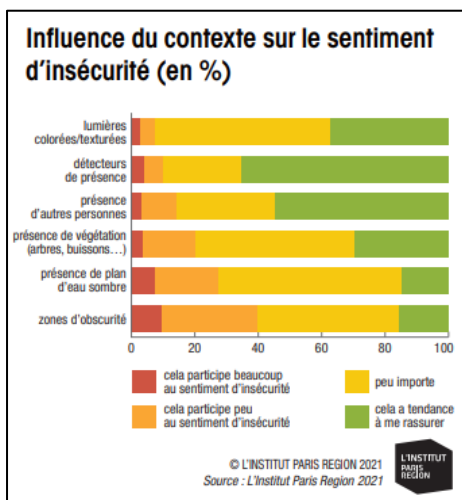


Figure 42 : influence du contexte sur le sentiment d'insécurité (53).

La sécurité apparaît comme le frein principal à l'acceptabilité sociale de la trame, sur chacun des secteurs auxquels nous nous sommes intéressés dans le cadre de cette étude. En effet, les témoignages mettent en avant un sentiment d'insécurité plus fort en l'absence d'éclairage. A l'étranger, certaines études confirment aussi cette tendance⁴. Trois craintes sont récurrentes : la peur des agressions, des cambriolages et des accidents de la route. Les études actuelles ne permettent pas d'identifier clairement un lien entre éclairage public et insécurité réelle, en revanche le sentiment d'insécurité est fortement lié à l'éclairage.

Ces craintes ont aussi été identifiées dans l'enquête menée par l'Institut Paris Région (53) et la Métropole Européenne de Lille (28), où le sentiment d'insécurité y

⁴ 92% des individus interrogés considèrent que l'éclairage de rue est un facteur important pour se sentir en sécurité lorsqu'ils marchent seuls la nuit : Farrington, D. P., Welsh, B. C. (2007), Improved street lighting and crime prevention : a systematic review. Stockholm, Sweden : National Council for Crime Prevention.

motive 65.5 % des refus de l'extinction de l'éclairage public. Ces études identifient les mêmes freins que ceux recensés en Grand Est. Viennent ensuite les potentiels problèmes de circulation et le confort. Le sentiment d'insécurité est particulièrement présent en milieu urbain et plus marqué chez les femmes et les personnes âgées que chez les hommes et les personnes jeunes.

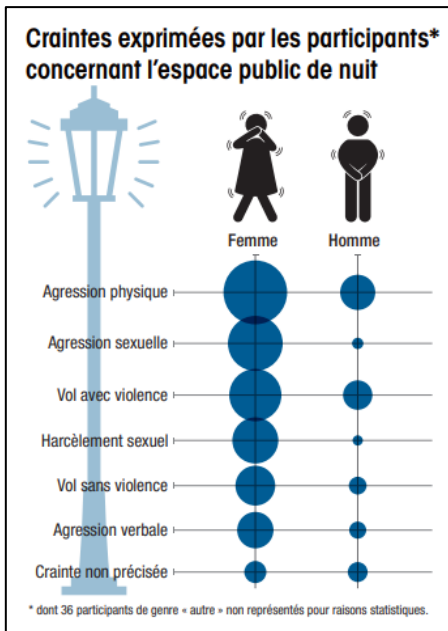


Figure 43 : craintes exprimées vis-à-vis de l'espace public de nuit selon le genre (53).

La réduction de l'éclairage public pose ainsi directement la question de l'égalité d'accès à l'espace public et de la discrimination de genre, les femmes étant nombreuses à modifier leurs itinéraires en fonction de la présence d'éclairage. Les mesures d'extinction sans prise en compte de cette question sont donc susceptibles d'être mal acceptées.

Un frein plus rare mais néanmoins existant est la considération de l'éclairage comme un service public devant être fourni par le maire aux citoyens. En effet, celui-ci a longtemps été synonyme de progrès social et technique et certaines personnes peuvent se sentir lésées si leur quartier est « privé » de lumière alors qu'un autre reste éclairé, ce qui peut générer du mécontentement lorsque le maire décide de pratiquer des extinctions localisées.

Pour faire accepter la trame noire, nous préconisons d'adapter au maximum le choix des mesures aux enjeux locaux. Pour cela, il est nécessaire d'étudier les conséquences des éclairages en place sur la biodiversité. Citer des impacts locaux permet de faire prendre conscience de l'importance de modifier nos pratiques d'éclairage. L'identification des besoins des citoyens est essentielle pour faire accepter socialement la trame noire et elle diffère selon les types d'espaces ; nous recommandons de choisir les mesures en concertation avec l'ensemble des acteurs du territoire, en consultant la population avant de modifier les pratiques. Une phase de test permet de faire mieux accepter les modifications de l'éclairage public : s'il est possible de revenir à l'ancienne situation en cas de test non concluant, les citoyens se montrent plus enclins à envisager des changements. Les acteurs rencontrés commencent tous par agir sur l'éclairage public avant le privé mais pour que les mesures prises soient efficaces il sera ensuite nécessaire d'entraîner les acteurs privés dans la démarche.

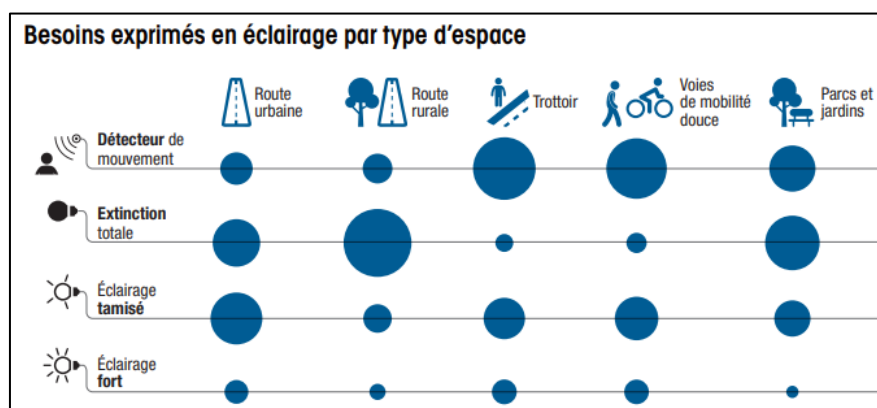


Figure 44 : exemples de besoins en éclairage exprimés par les citoyens (53)

Certains maires sont également réfractaires à l'extinction car ils craignent d'être tenus responsables d'un éventuel accident qui aurait lieu suite à cette décision. Il existe très peu de jurisprudence à ce sujet. Pour qu'un maire soit tenu responsable d'un accident dans ces circonstances, il faudrait prouver que l'absence d'éclairage est directement responsable de l'accident, ce qui semble peu probable si la voirie est bien entretenue par ailleurs. Des dispositifs réfléchissants, aussi appelés « éclairages passifs », permettent d'assurer la sécurité routière. Ils peuvent être utilisés pour la délimitation des routes mais également par les piétons et les cyclistes pour être visibles par les voitures. Les témoignages des forces de l'ordre permettent de rassurer la population à propos de la fréquence des accidents de la route et des cambriolages : 80% des cambriolages ont lieu en journée d'après le ministère de l'Intérieur. Ce chiffre concerne majoritairement les résidences principales. Les entreprises subissent davantage de cambriolages la nuit mais la lumière n'est pas forcément un facteur de sécurisation car les cambrioleurs ont aussi besoin d'éclairage. L'installation de panneaux informant sur les mesures prises (figure 45) permet de rendre les usagers plus prudents et de protéger le maire.



Figure 45 : exemple de panneau informant sur l'extinction de l'éclairage public

Il s'agit de trouver le juste équilibre entre préservation de la biodiversité et attentes de la population : nous préconisons donc de réduire au maximum l'éclairage dans l'espace et dans le temps et de mettre en place, lorsque l'extinction n'est pas envisageable, des lumières tamisées les moins impactantes possibles ou des détecteurs de présence.

Conclusion

Nous avons pu observer en menant cette étude un véritable engouement autour de la problématique de la trame noire, aussi bien dans la littérature qu'à travers les échanges avec les acteurs rencontrés. Les impacts de l'éclairage artificiel sur la biodiversité ont été détaillés ; ils sont multiples et constituent le cœur des projets de trame noire puisque celle-ci est définie, rappelons-le, comme un ensemble connecté de réservoirs de biodiversité et de corridors écologiques de différents milieux (sous-trames) dont l'identification tient compte d'un niveau d'obscurité suffisant pour la biodiversité. L'enjeu énergétique a également toute sa place dans les réflexions autour de la trame noire puisqu'il se présente comme un levier majeur pour l'adoption d'éclairages plus sobres, mais également comme un frein à celle-ci s'il n'est pas considéré sous le prisme d'autres enjeux. Si les enjeux paysagers et de santé humaine ont été moins développés dans cette étude, ils constituent des arguments supplémentaires en faveur de la restauration de la trame noire à différentes échelles.

Nous avons montré dans cette étude que les Trames Vertes et Bleues définies dans les SRCE sont fortement impactées par la pollution lumineuse. L'ex-région Champagne-Ardenne possède à ce jour les continuités écologiques les mieux préservées de la pollution lumineuse. Si celle-ci apparaît à cette échelle comme étant fortement corrélée à l'urbanisation, ces deux facteurs sont à bien distinguer localement. L'intégration d'un volet trame noire dans le SRADDET Grand Est permettrait, via la hiérarchie des normes, de décliner localement et de plus en plus précisément des actions visant à la restauration de cette trame. L'échelle qui semble la plus adaptée à la trame noire à ce jour est celle de l'intercommunalité car elle permet de coupler une diversité de données sur l'éclairage et le patrimoine naturel. De plus, elle se situe à un niveau décisionnel adéquat.

Cette étude a permis d'identifier les acteurs du Grand Est pouvant être mobilisés. Il existe une dynamique législative et réglementaire en faveur de la trame noire mais la gouvernance reste à améliorer. D'une part, les communes qui gèrent elles-mêmes leur éclairage disposent rarement des compétences techniques nécessaires. D'autre part, on constate que la réglementation est mal connue et donc mal appliquée. Nous avons mis en avant l'importance de la sensibilisation et de la concertation lors de l'adoption de mesures de réduction de l'éclairage. La trame noire s'intègre dans des projets de territoire ; son acceptabilité sociale dépend du contexte et doit être réfléchi avec le plus grand soin. La réalisation de contrôles sera nécessaire pour s'assurer du respect de la réglementation.

De multiples actions de lutte contre la pollution lumineuse existent aujourd'hui : elles constituent un premier pas vers la protection de la biodiversité la nuit. Néanmoins, elles ne suffisent pas à assurer la fonctionnalité écologique des trames noires.

Les objectifs des collectivités de réduire leur consommation énergétique, préserver les paysages nocturnes et améliorer la qualité de vie des habitants constituent une opportunité à saisir pour entamer des démarches ambitieuses de restauration de trames noires en prenant en compte les besoins de la faune et de la flore.

Bibliographie

1. **IPBES.** *Résumé à l'intention des décideurs du rapport de l'évaluation mondiale de l'IPBES de la biodiversité et des services écosystémiques.* IPBES Secrétariat. Bonn : s.n., 2019.
2. **Gouvernement.** LOI n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages. 8 août 2016.
3. **Sordello, Romain, Paquier, Fabien et Daloz, Aurélien.** *Trame noire - Méthodes d'élaboration et outils pour sa mise en œuvre.* Office Français de la Biodiversité & UMS Patrinat. s.l. : Office Français de la Biodiversité, UMS PatriNat, 2021.
4. **SRADDET Grand Est.** *Annexe 5 : diagnostic thématique biodiversité.* Région Grand Est. 2019.
5. **Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, Ministère de la Transition Énergétique.** Pollution lumineuse. [En ligne] 31 mai 2021. [Citation : 18 juillet 2022.] <https://www.ecologie.gouv.fr/pollution-lumineuse>.
6. **Association Française de l'Eclairage.** Pollution lumineuse en France : tous concernés. [En ligne] 15 octobre 2018. [Citation : 18 juillet 2022.] <http://www.afe-eclairage.fr/actualites/breves-de-l-afe/pollution-lumineuse-tous-concernes-196.html>.
7. —. Modélisation et mesures de la pollution lumineuse : quelle(s) méthode(s) pour quel(s) résultat(s) ? [En ligne] 18 septembre 2018. [Citation : 18 juillet 2022.] <https://www.afe-eclairage.fr/blogdelafe/modelisation-et-mesures-de-la-pollution-lumineuse-quelles-methodes-pour-quels-resultats/>.
8. **Syndicat Mixte du SCoT des Vosges Centrales.** *Mettre en Lumière l'Univers de la Nuit - Guide pour une sobriété de l'éclairage public dans les Vosges Centrales- Volume II : Concevoir un projet d'éclairage compatible avec la Trame Noire du SCoT.* 2018.
9. **Commission d'enrichissement de la langue française du Ministère de la Culture.** Trame noire. [En ligne] 4 août 2022. [Citation : 4 août 2022.] <http://www.culture.fr/franceterme/terme/ENVI223?from=home&francetermeSearchTerme=trame+noire&francetermeSearchDomaine=>.
10. **CEREMA.** Série de fiches AUBE : Aménagement, Urbanisme, Biodiversité, Eclairage. Septembre 2020.
11. **Sordello, Romain.** Pollution lumineuse : longueurs d'ondes impactantes pour la biodiversité. Exploitation de la synthèse bibliographique de Musters et al. (2009). *Rapport Patrinat n°2017-177, 18p.* [En ligne] 2017. [Citation : 27 Juillet 2022.]
12. **Association Française de l'Eclairage.** *Fiche n°4 : A quoi le maire est-il tenu ?* 2019.
13. **Ministère de l'Ecologie, des Transports, du Développement Durable et du Logement.** Décret n° 2012-118 du 30 janvier 2012 relatif à la publicité extérieure, aux enseignes et aux préenseignes. 30 janvier 2012.

14. **Direction de l'information légale et administrative (Premier ministre), Ministère chargé de l'urbanisme.** Qu'est-ce qu'un règlement local de publicité (RLP) ? *entreprendre.service-public.fr*. [En ligne] 10 janvier 2022. [Citation : 9 août 2022.] <https://entreprendre.service-public.fr/vosdroits/F24478>.
15. **Gouvernement.** LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte. 2015 août 2015.
16. **Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire.** Arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses. 2018 décembre 27.
17. **Gouvernement.** LOI n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, dite "Loi Climat et Résilience". 22 août 2021.
18. **Syndicat Mixte du SCoT des Vosges Centrales.** *Mettre en Lumière l'Univers de la Nuit - Guide pour une sobriété de l'éclairage public dans les Vosges Centrales- Volume I : Une Trame Noire pour le SCoT*. 2018.
19. **Centre de Ressources pour la mise en oeuvre de la Trame verte et bleue.** Que signifie la notion de prise en compte du SRCE ? [En ligne] [Citation : 8 août 2022.] <https://trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/foire-aux-questions/que-signifie-notion-prise-compte-srce>.
20. *Pistes méthodologiques pour prendre en compte la pollution lumineuse dans les réseaux écologiques.* **Sordello, Romain.** décembre 2017, Vertigo, Vol. 17.
21. *Artificial light at night as a new threat to pollination.* **Knop, Eva, et al.** 2017, Nature, Vol. 548, pp. 206-209.
22. *Disentangling the relative effect of light pollution, impervious surfaces and intensive agriculture on bat activity with a national-scale monitoring program.* **Azam, Clémentine, et al.** 2016, Landscape Ecology, Vol. 31, pp. 2471-2483.
23. *Les conséquences de la lumière artificielle nocturne sur les déplacements de la faune et la fragmentation des habitats : une revue.* **Sordello, Romain.** 2017, Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois, Vol. 119, pp. 39-54.
24. *The effect of artificial light on wildlife use of a passage structure.* **Bliss-Ketchum, Leslie L, et al.** Juillet 2016, Biological Conservation, Vol. 199, pp. 25-28.
25. **LIFE Alister.** *Guide de recommandations à l'attention des aménageurs et des collectivités.* 2018.
26. **Agence nationale de sécurité de l'alimentation, de l'environnement et du travail.** *Avis et rapport de l'Anses relatif aux effets sur la santé humaine et l'environnement (faune et flore) des systèmes utilisant des diodes électroluminescentes (LED).* 2019.
27. *Pollution lumineuse et trame verte et bleue : vers une trame noire en France ?* **Sordello, Romain.** 2017, Territoire en mouvement.
28. **Franchomme, Magalie et Hinnewinkel, Christelle.** *Acceptabilité sociale de la trame noire : exemple de la Métropole Européenne de Lille.* 2019.

29. **SRADDET Grand Est. Rapport - Diagnostic territorial.** Région Grand Est. s.l. : Région Grand Est, 2019.
30. **Gouvernement.** SRADDET : un schéma stratégique, prescriptif et intégrateur pour les régions. [En ligne] 6 octobre 2021. [Citation : 2 août 2022.] <https://www.ecologie.gouv.fr/sraddet-schema-strategique-prescriptif-et-integrateur-regions>.
31. **France Nature Environnement Pays de la Loire.** Série de fiches "Protéger la biodiversité de la pollution lumineuse". *Série de fiches*. Novembre 2020.
32. **Comité français de l'UICN.** Stratégies Régionales pour la Biodiversité. [En ligne] [Citation : 8 août 2022.] <http://uicn-fr-collectivites-biodiversite.fr/strategies-regionales-pour-la-biodiversite/>.
33. **SRADDET Hauts-de-France. Rapport.** Région Hauts-de-France. 2020.
34. **SRADDET Grand Est. Fascicule - Règles, mesures d'accompagnement et indicateurs.** s.l. : Région Grand Est, 2019.
35. **DREAL Grand Est.** Appel à projets "Trame verte et bleue 2022". [En ligne] 8 août 2022. [Citation : 9 août 2022.] <https://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/appele-a-projets-trame-verte-et-bleue-2022-a19793.html>.
36. **Région Bourgogne-Franche-Comté.** SRADDET - 1ère fiche technique sur la trame noire et la pollution lumineuse. 2022.
37. **Deverchère, Philippe, et al.** *Production d'une cartographie de la pollution lumineuse sur la Région Occitanie - Rapport méthodologique.* s.l. : DarkSkyLab/ La TeleScop, 2021.
38. **Centre de Ressources pour la mise en oeuvre de la Trame Verte et Bleue.** Les parcs nationaux et régionaux signent pour la trame nocturne. [En ligne] 20 mars 2012. [Citation : 4 août 2022.] <https://trameverteetbleue.fr/vie-tvb/actualites/parcs-nationaux-regionaux-signent-pour-trame-nocturne>.
39. **Laganier, Vincent.** Schéma directeur d'aménagement lumière – Sdal. *Light Zoom Lumière.* [En ligne] 15 mars 2014. [Citation : 9 août 2022.] <https://www.lightzoomlumiere.fr/definition/schema-directeur-damenagement-lumiere-sdal/>.
40. **Office Français de la Biodiversité.** Le réseau Natura 2000. [En ligne] [Citation : 1er août 2022.] <https://www.ofb.gouv.fr/le-reseau-natura-2000>.
41. **National Oceanic and Atmospheric Administration.** NASA's Black Marble nighttime lights product. [En ligne] [Citation : 19 juillet 2022.] <https://www.lightpollutionmap.info/#zoom=3.89&lat=48.4941&lon=7.1458&layers=B0TFFFFFFF>
42. *The new world atlas of artificial night sky brightness.* **Falchi, Fabio, et al.** 10 juin 2016, Science Advances, Vol. 2.
43. **Bortle, John E.** GAUGING LIGHT POLLUTION: THE BORTLE DARK-SKY SCALE. *Sky and Telescop.* [En ligne] 18 Juin 2006. [Citation : 21 Juillet 2022.] <https://skyandtelescope.org/astronomy-resources/light-pollution-and-astronomy-the-bortle-dark-sky-scale/>.

44. **Observatoire national de la biodiversité.** Proportion du territoire métropolitain fortement impacté par la pollution lumineuse en coeur de nuit. [En ligne] 2021. [Citation : 18 juillet 2022.] <https://naturefrance.fr/indicateurs/proportion-du-territoire-metropolitain-fortement-impacte-par-la-pollution-lumineuse-en>.
45. **DarkSkyLab.** *Parc Naturel Régional de la Montagne de Reims, étude de la pollution lumineuse.* 2019.
46. **ADEME.** Eclairage public : un gisement d'économies d'énergie. *ADEME expertises.* [En ligne] 2022. [Citation : 28 juillet 2022.] <https://expertises.ademe.fr/collectivites-secteur-public/patrimoine-communes-comment-passer-a-laction/eclairage-public-gisement-deconomies-denergie>.
47. **Deverchère, Philippe, Vauclair, Sébastien et Bonavitacola, Michel.** *Mesure et modélisation de la pollution lumineuse.* s.l. : DarkSkyLab, février 2018.
48. **Sordello, Romain, et al.** *Construire des indicateurs nationaux sur la pollution lumineuse. Réflexion préliminaire.* UMS PatriNat, CEREMA, CESCO, DarkSkyLab, IRD, Irstea. 2018.
49. *Even low light pollution levels affect the spatial distribution and timing of activity of a "light tolerant" bat species.* **Mariton, Léa, et al.** 15 juillet 2022, *Environmental Pollution*, Vol. 305.
50. **Gaultier, S P, Marx, G et Roux, D.** *Eoliennes et biodiversité : synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer.* s.l. : Office national de la chasse et de la faune sauvage, 2019.
51. **Beudet, Chloé, et al.** *Etude de l'acceptabilité sociale de la modification de l'éclairage public en France avec focus sur la métropole de Montpellier, territoire d'expérimentation.* Janvier, Office Français de la Biodiversité, INRAE. s.l. : Office Français de la Biodiversité, INRAE, 2022.
52. **L'Info Durable.** *Pollution lumineuse : cette application permet aux habitants de gérer l'éclairage public.* [En ligne] 22 janvier 2022. [Citation : 4 août 2022.] <https://www.linfordurable.fr/technomedias/pollution-lumineuse-cette-application-permet-de-gerer-leclairage-public-30481>.
53. **Institut Paris Région.** *Note rapide n°921 : Reconnecter l'éclairage public aux besoins des usagers.* 2021.
54. **ANPCEN.** *Villes et Villages Etoilés édition 2019-2020 : et les lauréats en 2021 sont...* [En ligne] [Citation : 18 juillet 2022.] https://www.anpcen.fr/?id_rub=&id_ss_rub=127&id_actudetail=234.
55. **International Dark-Sky Association.** *International Dark Sky Reserves.* [En ligne] [Citation : 2 août 2022.] <https://www.darksky.org/our-work/conservation/idsp/reserves/>.

Annexes

Annexe 1 : définitions en lien avec la trame noire publiées au Journal Officiel du 04/08/2022.

Mentions légales :

Le fichier FranceTerme est une information publique administrative au sens de l'article 10 de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978. Vous pouvez réutiliser le fichier FranceTerme sous les termes de la licence ouverte data.gouv.fr (<http://www.data.gouv.fr/Licence-Ouverte-Open-Licence>).

Trame noire, **loc.n.f.**

Journal officiel du 04/08/2022

Domaine : ENVIRONNEMENT - BIOLOGIE

Définition : Réseau formé de sites où l’empreinte lumineuse est fortement limitée, voire nulle, et de corridors écologiques nocturnes.

Note : 1. La trame noire permet d’éviter la fragmentation provoquée par l’empreinte lumineuse au sein des habitats naturels des espèces nocturnes et protège ainsi la biodiversité.

2. La trame noire est favorable au repos des espèces diurnes.

Voir aussi : [corridor écologique nocturne](#), [empreinte lumineuse](#), [pollution lumineuse](#), [réserve de ciel étoilé](#)

Corridor écologique nocturne, **loc.n.m.**

Journal officiel du 04/08/2022

Domaine : ENVIRONNEMENT - BIOLOGIE

Définition : Corridor biologique où l’éclairage artificiel nocturne est limité de manière à ne pas perturber les conditions écologiques nécessaires à certaines espèces animales et végétales.

Note : Dans un corridor écologique nocturne, un éclairage limité est maintenu s’il est indispensable à la sécurité humaine.

Voir aussi : [corridor biologique](#), [empreinte lumineuse](#), [pollution lumineuse](#), [réserve de ciel étoilé](#), [trame noire](#)

Empreinte lumineuse, **loc.n.f.**
Journal officiel du 04/08/2022

Domaine : ENVIRONNEMENT

Définition : Phénomène de halo lumineux observable la nuit, dû à la diffusion dans l'atmosphère de sources d'éclairage artificiel.

Note : 1. L'empreinte lumineuse est plus ou moins importante selon la quantité des aérosols présents dans l'atmosphère.

2. L'empreinte lumineuse est quantifiée par des mesures d'intensité lumineuse avec différents appareils terrestres, aériens et satellitaires, tels des photomètres, qui permettent de cartographier cette luminosité.

Voir aussi : corridor écologique nocturne, pollution lumineuse, réserve de ciel étoilé, trame noire

Pollution lumineuse, **loc.n.f.**
Journal officiel du 04/08/2022

Domaine : ENVIRONNEMENT

Définition : Ensemble de nuisances dues au halo produit pendant la nuit par des éclairages artificiels excessifs, multiples et prolongés.

Note : 1. La pollution lumineuse affecte par exemple les déplacements des chiroptères, des oiseaux et des poissons, le métabolisme des plantes et le rythme circadien de l'homme.

2. La pollution lumineuse nuit particulièrement aux espèces nocturnes en réduisant et en fragmentant leurs habitats naturels.

3. La pollution lumineuse gêne les observations astronomiques.

Voir aussi : corridor écologique nocturne, empreinte lumineuse, réserve de ciel étoilé, trame noire

Équivalent étranger : light pollution (en), photopollution (en), polarized light pollution (en), PLP (en)

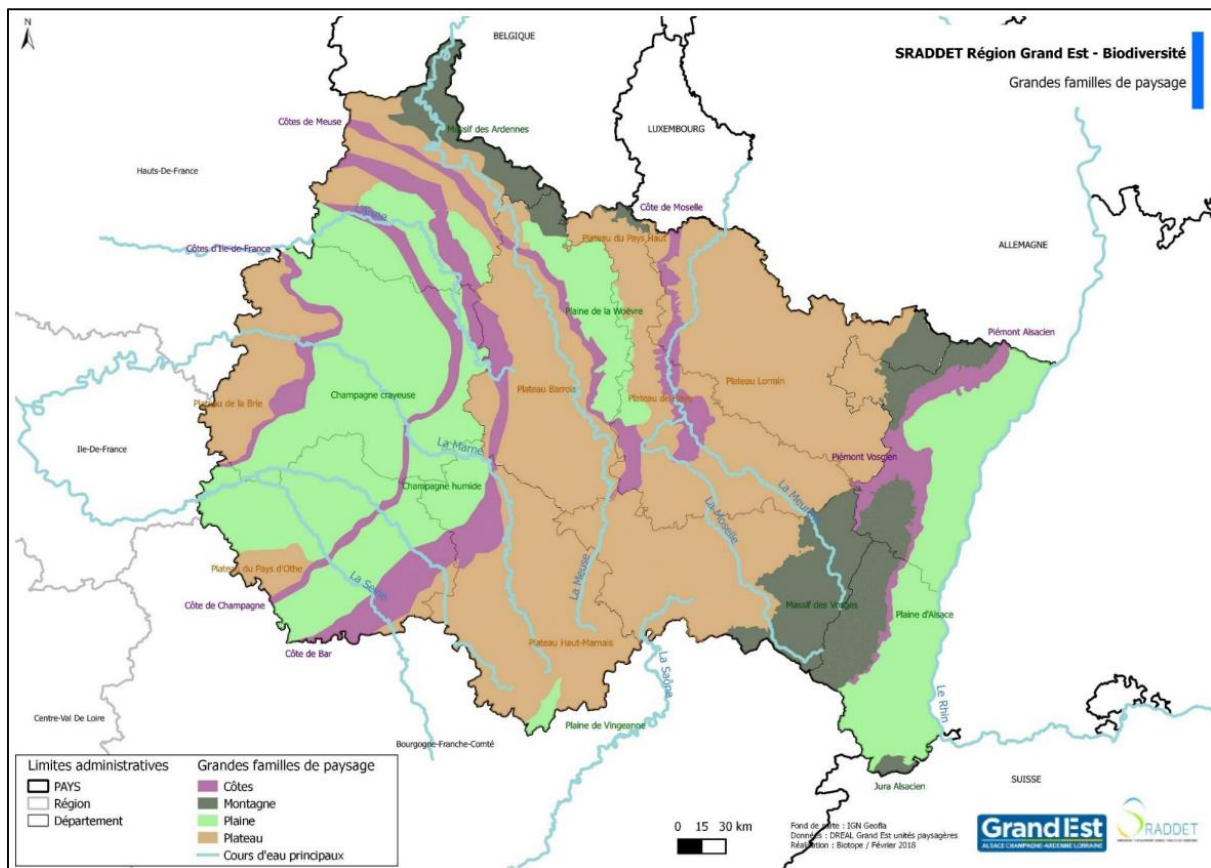
Réserve de ciel étoilé, **loc.n.f.**
Journal officiel du 04/08/2022

Domaine : ENVIRONNEMENT

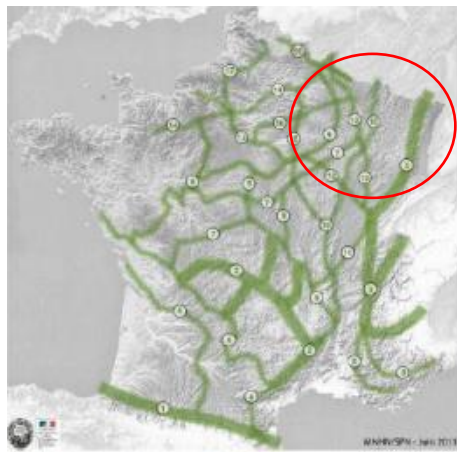
Définition : Espace public ou privé de vaste étendue, jouissant d'un ciel étoilé d'une grande pureté, qui fait l'objet d'une protection à des fins scientifiques, éducatives ou esthétiques.

Voir aussi : corridor écologique nocturne, empreinte lumineuse, pollution lumineuse, trame noire

Annexe 4 : grandes familles de paysages de la Région Grand Est – SRADDET Grand Est, Diagnostic territorial, 2019.



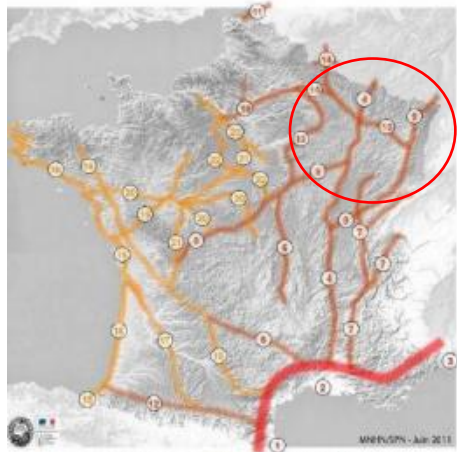
Annexe 5 : continuités écologiques nationales – SRADDET Grand Est, Diagnostic Biodiversité, 2019.



Continuités nationales boisées



Continuités nationales des milieux ouverts frais à froid



Continuités nationales thermophiles



Continuités nationales bocagères

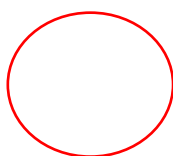


Migration de l'avifaune

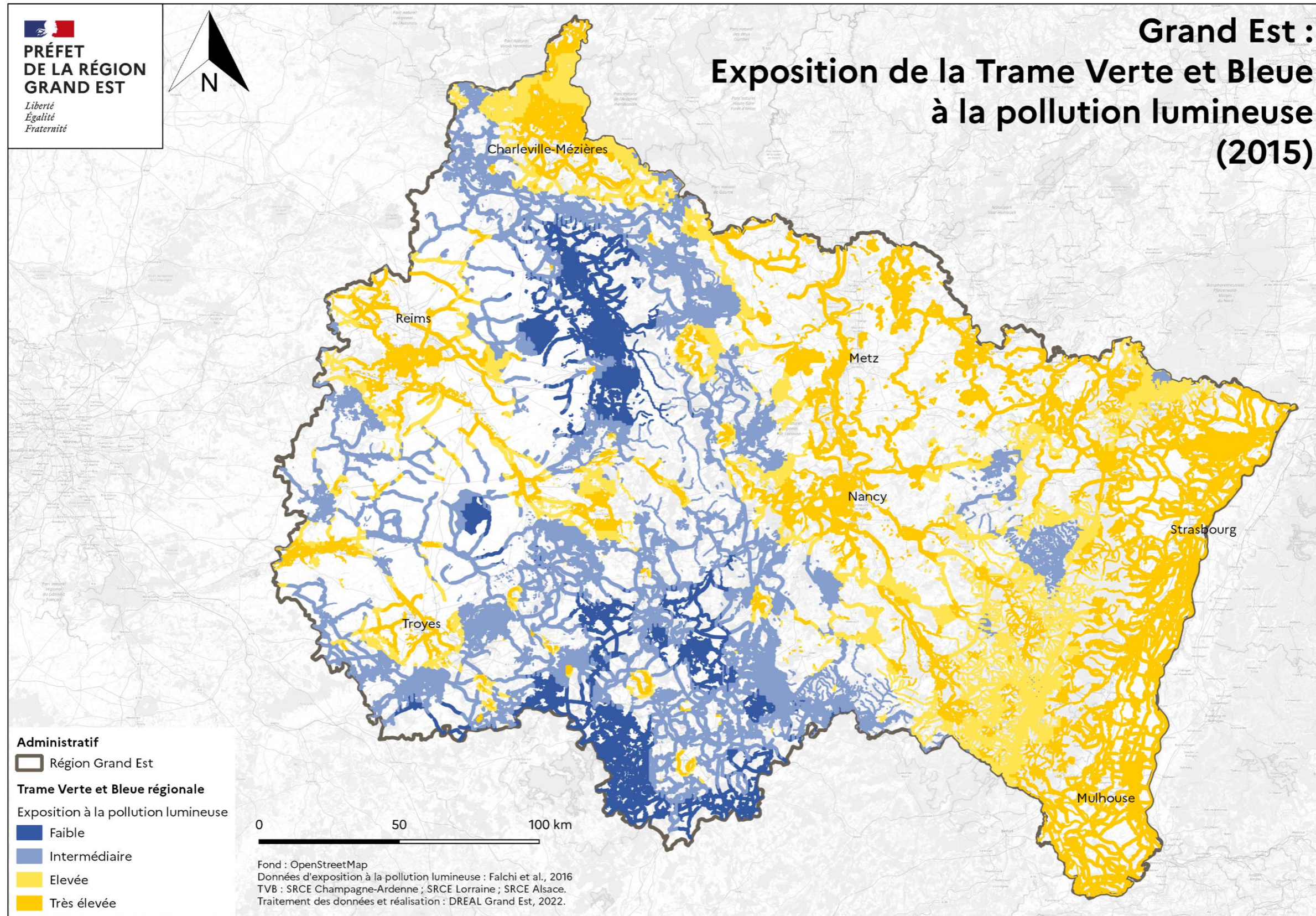


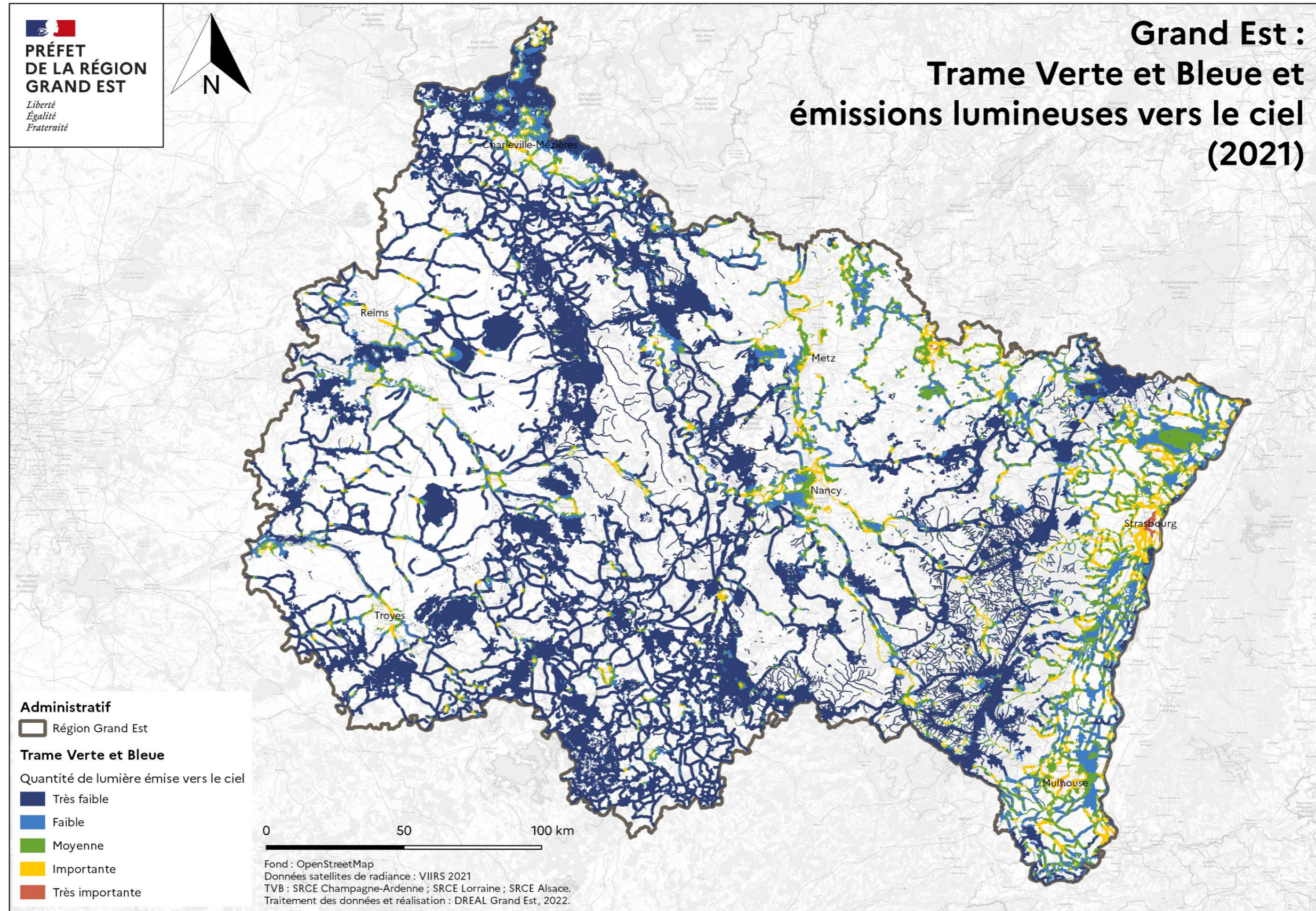
Poissons migrateurs

Source : MNHN, Service Patrimoine Naturel, 2011.



Localisation de la Région Grand Est







**PRÉFET
DE LA RÉGION
GRAND EST**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

TRAME NOIRE

Définition et enjeux

La « **Trame Verte et Bleue** », outil d'aménagement durable du territoire, est constituée de deux types d'espaces : les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques*.

Les réservoirs de biodiversité sont des espaces écologiquement riches et suffisamment étendus pour abriter des noyaux de population d'espèces et leur permettre d'effectuer tout ou partie de leur cycle de vie. Les corridors écologiques relient les réservoirs de biodiversité : on parle de « **continuités écologiques** » pour désigner les réseaux favorables au déplacement des espèces.

*Pour aller plus loin : [Centre de ressources pour la mise en œuvre de la Trame Verte et Bleue](#)

➔ D'après l'Office Français de la Biodiversité, **85% du territoire métropolitain est exposé à un niveau de pollution lumineuse élevé ou très élevé**. Cette pollution impacte fortement l'ensemble de la biodiversité. **Les conséquences écologiques sont nombreuses pour les espèces emblématiques de la nuit (chauve-souris, chouettes...)** mais également pour l'ensemble de la biodiversité. Celle-ci nuit également à la santé humaine à cause de son impact sur le sommeil.

Effet indésirable de l'éclairage artificiel	Groupes d'espèces concernés
Désorientation jusqu'à l'épuisement	Oiseaux, insectes, poissons
Perturbation des relations proie-prédateur	Chiroptères, insectes, mammifères
Fragmentation du milieu naturel	Mammifères, amphibiens
Perturbation de la vision et de la communication	Serpents, lucioles
Réduction des accouplements	Amphibiens
Réduction de la pollinisation, chute des feuilles plus tardives	Insectes, flore



L'OFB¹ et le MNHN² définissent la trame noire comme un ensemble connecté de réservoirs de biodiversité et de corridors écologiques pour différents milieux (sous-trames) dont l'identification tient compte d'un niveau d'obscurité suffisant pour la biodiversité.

Araignée ayant pris au piège de nombreux insectes en tissant sa toile sur une enseigne lumineuse à Strasbourg – Cela est un exemple de relation proie-prédateur influencée par un éclairage artificiel.






C. Halais, 2022.

¹ Office Français de la Biodiversité - ² Muséum National d'Histoire Naturelle

Fiche réalisée dans le cadre de l'étude « Impact de la pollution lumineuse sur les continuités écologiques : état des lieux et pistes de travail sur la trame noire en Grand Est » - DREAL Grand Est, 2022.

Les trois types d'éclairage et leurs conséquences sur la biodiversité, d'après la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement, de l'Aménagement et des Transports d'Île-de-France.

Type d'éclairage	Illustration	Effets	Conséquences sur la biodiversité
Direct		Eblouissement	Perte visuelle, attractivité, collisions
Ambiant		Attraction/ répulsion	Dégradation, pertes et fragmentation des habitats Déséquilibre des liens inter-espèces comme les rapports proies/prédateurs. Baisse de la pollinisation des plantes
Diffus		Masquage des étoiles et des repères pour l'orientation	Perturbation des déplacements de la faune

→ La prise en compte des espèces présentes sur un territoire et de la temporalité des enjeux écologiques distingue les projets de préservation de la trame noire des mesures de réduction de la pollution lumineuse, dont l'objectif est généralement économique ou paysager.

La préservation d'une trame noire s'articule autour des enjeux suivants :



La gestion différenciée de l'éclairage selon les besoins et le contexte local est un élément central des projets de trame noire. Cette démarche est bien souvent motivée par l'**enjeu économique** : l'ADEME estime que l'éclairage public représente environ 37 % des factures d'électricité des collectivités territoriales. L'éclairage est également coûteux pour les acteurs privés.

La prise en compte des **enjeux écologiques**, détaillés en page 1, est ce qui distingue les projets de trame noire des mesures de réduction de l'éclairage, dont l'objectif est peut-être uniquement économique ou paysager. Il est capital de sensibiliser aux conséquences néfastes de l'éclairage artificiel sur la biodiversité afin d'améliorer la prise en compte de cet enjeu.



La préservation d'une trame noire est indissociable d'un **fort enjeu d'acceptabilité sociale**. Si la pollution lumineuse est de plus en plus connue du grand public, le concept de trame noire reste souvent ignoré. De plus, les mesures d'extinction ou de réduction de l'éclairage peuvent créer un sentiment d'insécurité et être mal acceptées par la population.

A ces principaux enjeux peuvent s'ajouter des **problématiques paysagères** ou de **santé publique**. L'éclairage artificiel perturbe en effet le sommeil humain selon l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Il nuit aussi à la visibilité du ciel étoilé, reconnu comme patrimoine commun de la nation par la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages (2016).

Contact : DREAL Grand Est, Service Eau, Biodiversité, Paysages :

tvb.sebpdreal-grand-est@developpement-durable.gouv.fr

Fiche réalisée dans le cadre de l'étude « Impact de la pollution lumineuse sur les continuités écologiques : état des lieux et pistes de travail sur la trame noire en Grand Est » - DREAL Grand Est, 2022.

→ Principaux textes de lois en faveur de la trame noire

2009 – 2010 : Lois Grenelle I et II. La prévention des nuisances lumineuses est inscrite dans le Code de l'environnement.

2015 : Projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte. Orientation des objectifs vers la « sobriété énergétique » et non l' « efficacité énergétique ».

Arrêté du 27/12/2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses. Fixe des prescriptions techniques et temporelles pour la gestion de plusieurs types d'éclairages, parmi lesquels l'éclairage public, à l'exception de celui des voiries.

2012 : Décret relatif à la publicité extérieure, aux enseignes et aux pré-enseignes. Interdiction des publicités lumineuses entre 1h et 6h dans les agglomérations de moins de 800 000 habitants, mais des exceptions existent. Application en 2018.

2016 : Loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages. Reconnaissance des paysages nocturnes comme patrimoine commun de la nation, des sources lumineuses comme pollution et de la trame nocturne.

2021 : Loi Climat et résilience. Impose l'intégration de « mesures spécifiques à la maîtrise de la consommation énergétique de l'éclairage public et de ses nuisances lumineuses » dans les Plans Climat Air Energie Territoriaux.



Zoom sur [l'Arrêté du 27/12/2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses.](#)

Ce texte vise les installations d'éclairage suivantes : éclairage extérieurs lié à une activité économique et situé dans un espace clos, éclairage de mise en lumière du patrimoine et des parcs et jardins, éclairage des bâtiments non résidentiels, éclairage intérieur des locaux à usage professionnel, éclairage de vitrines de magasins de commerce ou d'exposition, éclairage de parcs de stationnement annexés à un lieu où zone d'activité et éclairage des chantiers extérieurs.

Les principales restrictions imposées par cet arrêté pour les types d'éclairages cités ci-dessus sont :

- Des horaires d'extinction ;
- Des températures de couleur maximales ;
- Des orientations et valeurs de flux lumineux à respecter ;
- L'interdiction d'éclairer directement les cours d'eau.

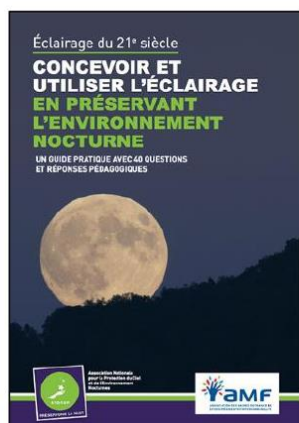
→ Documents ressources

Il existe de nombreux documents contenant des clés pour la préservation de la trame noire, en voici une liste non exhaustive. Ces documents s'adressent aux élus et techniciens des collectivités mais également à toute personne désirant s'approprier la thématique de la trame noire. L'ensemble des guides recommandent les pratiques suivantes : identifier les besoins pour éclairer seulement où et quand cela est nécessaire, bien orienter les flux lumineux vers la zone à éclairer et limiter leur intensité, privilégier des éclairages jaune-orangés plutôt que blancs, faire appliquer les réglementations existantes et sensibiliser un maximum d'acteurs publics et privés.

- L'Office Français de la Biodiversité (OFB) et l'UMS PatriNat ont édité en 2021 le guide « [Trame noire : méthodes d'élaboration et outils pour sa mise en œuvre](#) », qui synthétise les connaissances actuelles sur la trame noire et recense des initiatives en faveur de la trame noire. L'OFB et l'UMS PatriNat ont aussi organisé en partenariat avec le Ministère de la transition écologique et solidaire une journée d'échanges sur la trame noire. Les interventions sont disponibles sur le Centre de ressources pour la mise en œuvre de la Trame Verte et Bleue.
- [La série de fiches AUBE](#) – Aménagement, Urbanisme, Biodiversité, Eclairage – du CEREMA sensibilise à l'intégration de la biodiversité dans la planification de l'éclairage. La fiche n°04 vulgarise l'Arrêté du 27/12/2018. L'ensemble des fiches contient des recommandations pour la mise en place d'éclairages plus respectueux de la biodiversité.



- Le Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable a publié en 2018 un rapport intitulé « [A la reconquête de la nuit. La pollution lumineuse : état des lieux et propositions](#) ». Celui-ci détaille les impacts et enjeux liés à la pollution lumineuse et envisage cette thématique sous le prisme de différents acteurs.



- L'Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturnes (ANPCEN) en partenariat avec l'Association des Maires de France a édité en 2019 un [guide conçu sous la forme de 40 questions-réponses](#).

- Celle-ci a également participé, avec la Mission Economie Biodiversité de la Caisse des Dépôts, à la publication « [Eclairage du 21ème siècle et biodiversité](#) ». Là encore, les enjeux écologiques et les aspects techniques liés à l'éclairage artificiel sont présentés, mais on retrouve également un recensement des aides mobilisables pour financer des rénovations de l'éclairage public.

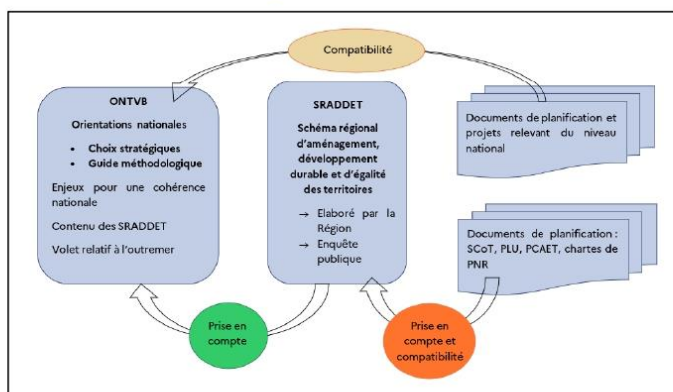
En plus de ces ouvrages nationaux, de nombreux territoires qui travaillent sur la trame noire éditent des guides à destination des aménageurs afin que ceux-ci prennent en compte leurs spécificités locales. En Grand Est, nous pouvons citer le guide « [Mieux vivre la nuit – Lutter contre la pollution lumineuse](#) » du Parc Naturel Régional de la Montagne de Reims.

Contact : DREAL Grand Est, Service Eau, Biodiversité, Paysages :
tvb.sebp.dreal-grand-est@developpement-durable.gouv.fr

TRAME NOIRE

Mise en œuvre dans les documents de planification

→ A l'échelle régionale



Le document de référence à l'échelle régionale est le SRADDET¹. Il intègre les orientations nationales sur différentes thématiques et notamment les ONTVB qui fixent un cadre à l'élaboration des trames vertes et bleues. Les documents de rang inférieur au SRADDET doivent prendre en compte ses objectifs et être compatibles avec ses règles. Les documents de planification doivent permettre un aménagement cohérent du territoire tout en intégrant les spécificités locales.



« **Prendre en compte** » signifie « ne pas s'écarter des orientations fondamentales sauf pour un motif tiré de l'intérêt général et dans la mesure où cet intérêt le justifie » d'après le Conseil d'Etat.

« **Être compatible** » signifie que la norme inférieure doit respecter la norme supérieure, elle peut s'en écarter mais sans la remettre en cause.

La **règle n°7 du SRADDET¹ Grand Est**, intitulée « Décliner localement la Trame verte et bleue », vise à répondre aux deux objectifs « Protéger et valoriser le patrimoine naturel, la fonctionnalité des milieux et les paysages » et « Préserver et reconquérir la Trame verte et bleue ». Il y est préconisé, en exemple de déclinaison de cette règle, de « Travailler sur l'identification de la sous-trame noire », selon deux méthodes possibles. La première méthode est celle que l'OFB qualifie de « déductive » et consiste à soustraire à la Trame verte et bleue les zones lumineuses pour ne conserver que les espaces sombres. L'autre méthode est dite « intégrative ». Il s'agit d'ajouter les besoins en obscurité des espèces aux critères de construction d'une Trame verte et bleue. L'identification de trames noires sur le territoire régionale suit aussi la **règle n°8**, « Préserver et restaurer la trame verte et bleue ».

La **Stratégie Régionale Biodiversité du Grand Est** mentionne l'impact de la pollution lumineuse sur certains groupes d'espèces, en particulier les chiroptères.

D'autres régions ont intégré des prescriptions pour lutter contre la pollution lumineuse. Le SRADDET de la Région Bourgogne-Franche-Comté intègre en février 2022 une [1ère fiche technique sur la trame noire et la pollution lumineuse](#) qui détaille les enjeux de préservation de la trame noire et dresse un bilan sur la Région Bourgogne-Franche-Comté. L'objectif n°50 du SRADDET PACA est « promouvoir et préserver une trame noire ».

Dans la partie suivante, plusieurs exemples et recommandations sont issus du [guide trame noire de France Nature Environnement Pays de la Loire](#).

¹ Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires - ² Schéma de Cohérence Territoriale - ³ Plan Local d'Urbanisme (intercommunal) - ⁴ Plan de Déplacement Urbain - ⁵ Plan Climat Air Énergie Territorial.

Fiche réalisée dans le cadre de l'étude « Impact de la pollution lumineuse sur les continuités écologiques : état des lieux et pistes de travail sur la trame noire en Grand Est » - DREAL Grand Est, 2022.

→ A l'échelle intercommunale

L'investissement et la maintenance de l'éclairage public sont deux compétences communales pouvant être transférées à une intercommunalité ou un syndicat. Les documents de planification intercommunaux permettent de créer du lien entre les élus des communes, de renforcer la coopération, et de mener des projets pertinents à l'échelle intercommunale. Cette échelle est bien adaptée aux projets de trame noire, qui concernent souvent une grande diversité d'acteurs pouvant agir en faveur de la trame noire. Elle permet de décliner localement les règles du SRADDET.

Documents	Descriptions	Exemples
Projets d'aménagement et de développement durable (PADD) des SCoT et des PLU	Ces documents ne sont pas opposables juridiquement mais servent de référence lors de la rédaction des autres documents, il est donc judicieux d'y intégrer des orientations en faveur de la trame noire.	Le PADD d'Arnouville (Val d'Oise) mentionne explicitement la trame noire dans la partie sur la préservation de la TVB : « maintenir une trame noire dans une partie du vallon du Petit Rosne ».
Document d'Orientations et d'Objectifs (DOO) des SCoT	Ce document est opposable juridiquement et permet de prescrire des mesures précises.	DOO du SCoT des Vosges centrales (2021) : « identifier et limiter les zones de conflit entre les réservoirs de biodiversité définis dans la trame verte et bleue et l'éclairage nocturne ».
Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP) des PLU et PLUi	Le PLU ou PLUi s'applique sur une commune ou une communauté de communes. Il se réfère juridiquement au SCoT et permet de détailler les analyses et objectifs de celui-ci sur un territoire plus restreint. Il fixe les règles d'occupation du sol. Les OAP organisent l'espace public.	OAP TVB du PLU de Saint-Louis (Haut-Rhin) : « Dans les nouveaux projets, les éclairages seront limités au strict nécessaire et des dispositifs d'éclairage économiques seront mis en place afin de diminuer l'intensité lumineuse nocturne ».
Chartes de Parcs Naturels Régionaux (PNR)	Les PNR sont des espaces précurseurs privilégiés pour la mise en place de mesures de préservation de la trame noire. Ils œuvrent sur des thématiques transversales comme l'économie, l'environnement du territoire en travaillant aussi sur la qualité du cadre de vie.	Charte du PNR des Vosges du Nord : « limiter la pollution lumineuse et rendre plus efficace l'éclairage public tout en visant la préservation des corridors écologiques nocturnes ».
Plans Climat Air Energie Territoriaux (PCAET)	Le PCAET intègre par définition des enjeux de sobriété énergétique. Il est intéressant pour d'y intégrer des enjeux de biodiversité pour compléter les orientations réglementaires de ce document.	PCAET de la communauté de communes des crêtes pré-ardennaises : « poursuivre les actions en lien avec la trame verte et bleue ».

Contact : DREAL Grand Est, Service Eau, Biodiversité, Paysages :

tvb.sebp.dreal-grand-est@developpement-durable.gouv.fr

Fiche réalisée dans le cadre de l'étude « Impact de la pollution lumineuse sur les continuités écologiques : état des lieux et pistes de travail sur la trame noire en Grand Est » - DREAL Grand Est, 2022.

TRAME NOIRE

Retour d'expérience : Le Parc Naturel Régional des Ardennes

Le Parc Naturel Régional (PNR) des Ardennes :

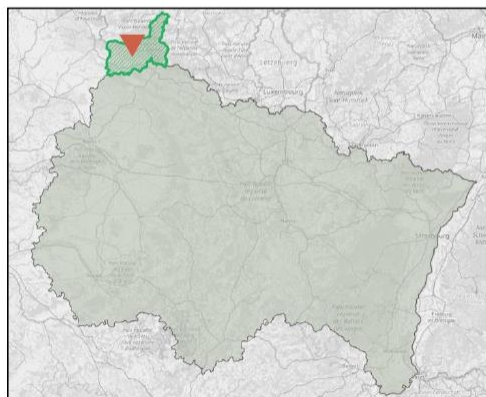
Année de création : 2011

Nombre de communes adhérentes : 92

Nombre d'habitants : 77 000

Densité de population : 66 habitants/km².

Depuis 2020 et la projection du film « Où sont passées les lucioles ? » de Corentin Kimeneau à l'occasion du Jour de la Nuit, les élus du territoire se montrent de plus en plus sensibles à la thématique de la pollution lumineuse. Des modélisations de trame noire sur le PNR ont été réalisées en 2021 par une étudiante en master. Le Parc collabore aussi avec le laboratoire Théma de Besançon pour la mise en place d'une méthode de modélisation de la trame noire qui serait reproductible.



Localisation du territoire du PNR des Ardennes au sein de la Région Grand Est.

Les cartes présentées ci-dessous ont été réalisées à partir des données suivantes :

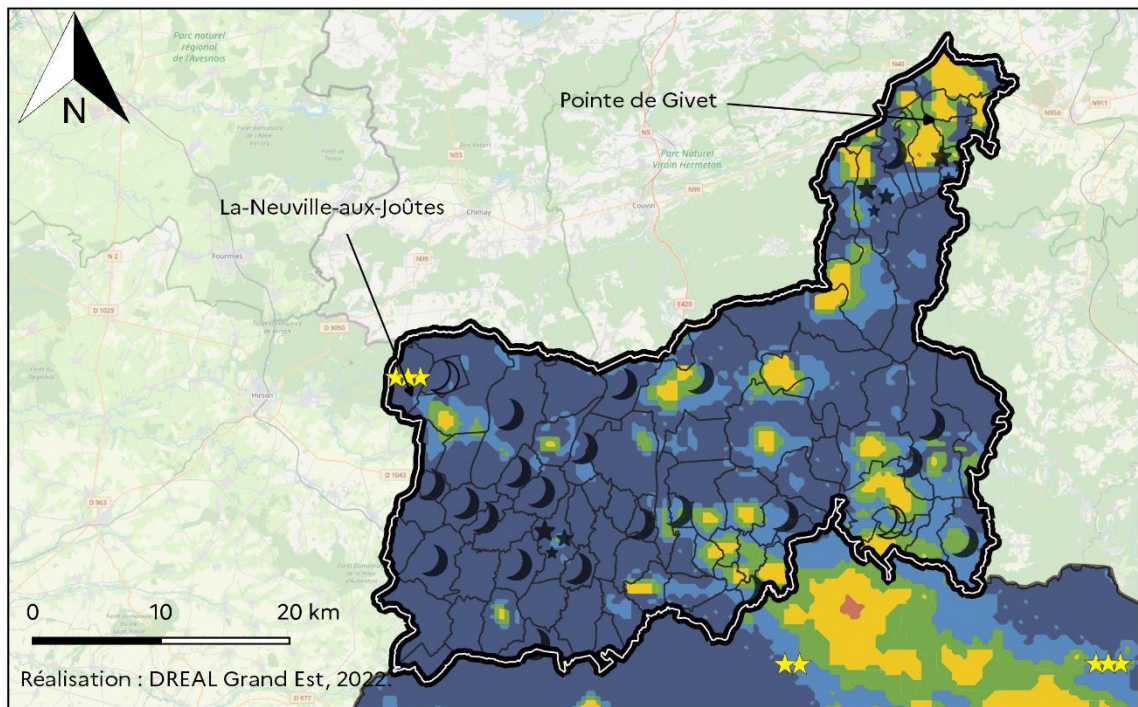
- Radiances mesurées par le satellite VIIRS de la NASA entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2021 et téléchargées sur le site www.lightpollution.info - ©2022 Microsoft Corporation, ©2022 TomTom - Jurij Stare, NASA's Black Marble nighttime lights product ;
- Tracé de la trame verte et bleue issu du SRCE de Champagne-Ardenne ;
- Données sur l'éclairage fournies par le PNR des Ardennes.



Une partie des communes du Parc a conservé la compétence éclairage tandis que d'autres l'ont transférée à la Fédération Départementale d'Énergie des Ardennes (FDEA). La FDEA dispose d'une base de données recensant les points lumineux, avec des informations techniques si celles-ci sont disponibles. Cette base ne contient que l'éclairage des voiries : le reste de l'éclairage public, comme les illuminations pour la mise en valeur du patrimoine, restent communales.

Radiance satellite en milieu de nuit et maîtrise de l'éclairage sur le territoire du Parc Naturel Régional des Ardennes

La radiance correspond à une quantité de lumière rayonnante sur une surface et captée par un détecteur. Les cartes ci-dessous permettent donc de visualiser des émissions lumineuses directes détectées par satellite.



Villes et Villages Etoilés par l'ANPCEN

☆☆ 2 étoiles

☆☆☆ 3 étoiles

Réductions de l'éclairage public

☆☆ Abaissement de la luminosité

☾ Coupure en milieu de nuit

☾ Coupure sauf le week-end

Radiance satellite (nanoWatt/cm²*sr)

■ <math>< 0.25</math>

■ [0.25 ; 0.30]

■ [0.30 ; 3.00]

■ [3.00 ; 40.0]

■ > 40

Limites administratives

□ Limites communales

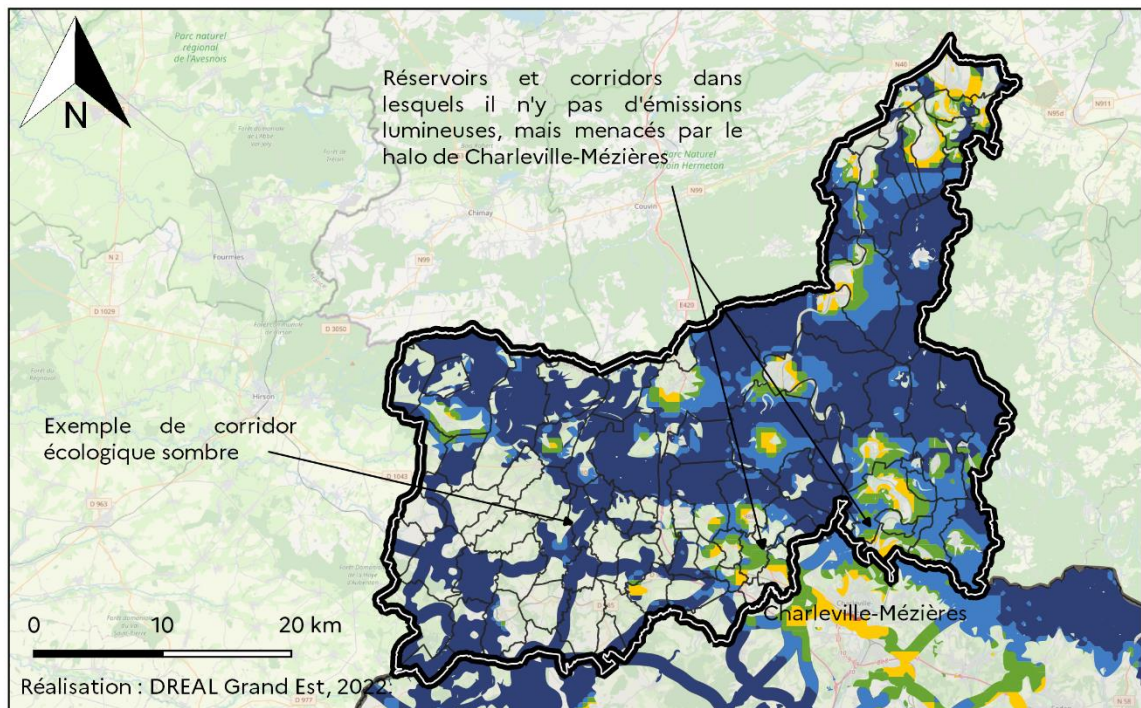
▭ Périmètre du Parc

▭ Limite régionale

Les émissions lumineuses sur le territoire du PNR des Ardennes sont très hétérogènes. Quelques espaces émettent une pollution lumineuse importante dont l'origine est à déterminer, notamment sur la pointe de Givet. Les communes du Parc sont nombreuses à avoir pris des initiatives de réduction de l'éclairage public : plusieurs ont réduit l'intensité de leurs éclairages, d'autres éteignent en milieu de nuit (au minimum entre minuit et 5h). La commune de La-Neuveville-aux-Joûtes, à l'Ouest du PNR, a été distinguée par l'Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturnes, qui lui a attribué trois étoiles pour récompenser ses efforts en matière de lutte contre la pollution lumineuse.

Radiance satellite en milieu de nuit et Trame Verte et Bleue sur le territoire du Parc Naturel Régional des Ardennes

L'objectif de cette carte est de visualiser plus particulièrement la radiance satellite sur la Trame Verte et Bleue du PNR - soit l'ensemble des réservoirs de biodiversité et corridors écologiques le traversant -, que nous considérons comme les zones à enjeu écologique majeur. Ces espaces sont identifiables sur la carte grâce à leurs couleurs plus vives que celles utilisées sur le reste du territoire.



Radiance satellite (nanoWatt/cm²*sr)

Sur la TVB

■ < 0.25

■ [0.25 ; 0.30]

■ [0.30 ; 3.00]

■ [3.00 ; 40.0]

■ > 40

Limites administratives

□ Limites communales

▭ Périmètre du Parc

▭ Limite régionale

Les espaces indiqués comme appartenant à la Trame verte et Bleue correspondent au tracé des réservoirs et corridors écologiques du SRCE de Champagne-Ardenne, annexé au SRADDET Grand Est.

Le centre-Nord du Parc est majoritairement occupé par des réservoirs de biodiversité dans lesquelles les émissions lumineuses sont faibles. Plusieurs communes au sein du PNR mais aussi en dehors (agglomération de Charleville-Mézières) émettent beaucoup de lumière, qui vient menacer les réservoirs alentours. Les corridors écologiques du Sud du Parc apparaissent comme bien préservés de la pollution lumineuse.

La matinée d'information du Parc sur le thème de l'éclairage public à destination des élus a mobilisé davantage de personnes que la plupart des autres matinées ; il y a donc un fort intérêt pour cette thématique. Cependant, ceux-ci se sentent éloignés du concept de trame noire, c'est un terme qui est donc peu utilisé : on parle plutôt de « pollution lumineuse » sur le territoire.

Si l'extinction est bénéfique, ce n'est pas forcément l'unique mesure que le Parc souhaite promouvoir car les besoins des différents groupes d'espèces sont généralement ignorés lors du choix des horaires d'extinction.



Plusieurs inquiétudes sont récurrentes à propos de l'extinction :

- Les élus ont peur que ces mesures soient mal acceptées par les habitants – en particulier vis-à-vis de la sécurité routière ;
- Dans le cas d'une extinction partielle, la question de l'égalité de traitement entre les citoyens se pose : les élus se demandent comment justifier qu'un citoyen ait accès à un service d'éclairage alors qu'un autre, résidant dans la même commune, en soit privé.

Quels sont les leviers et les freins à la préservation de la trame noire sur le territoire du Parc Naturel Régional des Ardennes ?

- ➔ Les actions de **communication** sur la pollution lumineuse semblent **efficaces** pour sensibiliser les élus. Plusieurs communes ont mis en place des mesures d'extinction à la suite des manifestations organisées pour le Jour de la Nuit en 2020 et 2021. Il faut donc continuer à organiser ce type d'événements pour mobiliser davantage d'acteurs.
- ➔ Si l'intérêt des économies d'énergie est compris et partagé par tous les élus, les enjeux de biodiversité restent mal connus. Le Parc recommande de **faire davantage collaborer les naturalistes avec les élus et les concepteurs d'éclairage** pour ne pas risquer de mettre en place des éclairages nuisibles à certains groupes d'espèces.
- ➔ Il est difficile de choisir **les espèces à cibler** pour la construction d'une trame noire.
- ➔ Le PNR des Ardennes mais aussi les collectivités sont en demande d'un guide de bonnes pratiques et d'un appui de l'Etat pour **mieux encadrer l'éclairage privé**.
- ➔ L'extinction peut poser un problème technique : les caméras de surveillance actuelles ne sont pas conçues pour **filmer sans éclairage**.

Contacts :

- Marie Bourdon, chargée de mission aménagement et cheffe du pôle aménagement durable du PNR des Ardennes : marie.bourdon@parc-naturel-ardennes.fr
- DREAL Grand Est : tvb.sebp.dreal-grand-est@developpement-durable.gouv.fr