



Financé par


MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE,
DE LA BIODIVERSITÉ,
DE LA FORÊT, DE LA MER
ET DE LA PÊCHE
*Liberté
Égalité
Fraternité*



Cofinancé par
l'Union européenne

MARCHE DE PRESTATION INTELLECTUELLE

Amélioration de la connaissance de la pollution lumineuse à l'échelle de sept parcs nationaux français

- février 2025 -

Parc national des Pyrénées
Villa Fould - 2, rue du IV septembre
Boîte postale 736
65007 TARBES CEDEX

Date et heure de remise des offres :

Vendredi 28 mars 2025 à 12 heures

Contacts :

Parc national des Pyrénées
Monsieur Noé DESCHANEL
Chargé de mission
2, rue du IV septembre
65000 TARBES
E-mail : noe.deschanel@pyrenees-parcnational.fr
Téléphone : 06 07 64 91 81

Parc national des Pyrénées
Monsieur Olivier JUPILLE
Chargé de mission
2, rue du IV septembre
65000 TARBES
E-mail : olivier.jupille@pyrenees-parcnational.fr
Téléphone : 05 62 54 16 40

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	2
Article 1 – Contexte	3
1.1 Objectifs du programme inter-parcs pollution lumineuse.....	3
1.2 Historique de la modélisation de la pollution lumineuse dans les Parcs nationaux.....	4
1.3 Objectifs de la présente consultation	6
Article 2 – Définitions des termes.....	6
Article 3 – Territoire d'études	7
Article 4 - Contenu de la présente consultation	7
Article 5 - Description détaillée des besoins	7
5.1 LOT 1 : Acquisition et traitement d'images satellites et homogénéisation des données d'éclairage public	7
5.2 LOT 2 : Outil de modélisation de la pollution lumineuse diffuse en « <i>open source</i> » et application sur les territoires des parcs concernés	9
5.3 LOT 3 : Modélisation de la visibilité directe des points lumineux sur le territoire des sept parcs nationaux	12
Article 6 – Gouvernance	13
Article 7 : Restitution et présentation des résultats	13
Article 8 – Livrables.....	13
LOT 1 : Acquisition et traitement d'images satellites et homogénéisation des données d'éclairage public.....	14
LOT 2 : Outil de modélisation de la pollution lumineuse diffuse en « <i>open source</i> » et application sur les territoires des parcs nationaux concernés	15
LOT 3 : Modélisation de la visibilité directe des points lumineux sur le territoire des sept parcs nationaux	16
Article 9 – Calendrier de réalisation.....	16
Article 10 – Compétences attendues	16
Article 11 – Durée de la prestation.....	17
Article 12 - Proposition financière et technique.....	17
Article 13 - Pièces administratives à fournir	19
Article 14 - Critères de sélection des offres	19
Article 15 - Envoi des propositions.....	19
Article 16 - Sélection du prestataire	20
Article 17 – Droits et propriétés intellectuelles.....	20
Article 18 - Renseignements	20
Annexes.....	22
Annexe 1 : Cartes de pollutions lumineuses du Parc national des Pyrénées à partir des données de 2019	22
Annexe 2 : Exemples de cartes de pollution lumineuse produite dans le cadre du projet inter-parcs de 2023	24

Article 1 – Contexte

La pollution lumineuse a des implications multiples sur la santé humaine, le cadre de vie, l'accès au ciel étoilé, la sobriété énergétique et la préservation de la biodiversité. Sa réduction constitue un défi considérable.

Les Parcs nationaux (Pnx) du fait de leur histoire, de leur implantation locale, de leur capacité d'innovation, de leur mode de gouvernance et de leur expérience en la matière constituent des territoires privilégiés pour expérimenter et faire émerger des réponses concrètes à ce défi.

1.1 Objectifs du programme inter-parcs pollution lumineuse

La présente consultation intervient dans le cadre du programme inter-parcs pollution lumineuse. Il bénéficie d'un financement européen en étant intégré au programme européen Life BIODIV'France (*LIFE22-IPN-FR-LIFE BIODIVFr*) porté par l'Office français de la biodiversité.

Il regroupe les parcs nationaux suivants : Parc national des Calanques, Parc national des Cévennes, Parc national de forêts, Parc national de la Guadeloupe, Parc national du Mercantour, Parc national de la Réunion, Parc national des Pyrénées, Parc national de la Vanoise.

Le Parc national des Pyrénées a été désigné comme chef de file en charge de la coordination du projet. Il est à noter que pour le présent appel d'offre, Parc national de la Vanoise n'est pas impliqué.

D'une durée de six ans (2024 - 2029), le programme inter-parcs pollution lumineuse a pour objectifs de renforcer les connaissances sur la pollution lumineuse et son impact sur la biodiversité, d'identifier les bonnes pratiques en matière d'éclairage, de proposer des outils d'aide à la décision et de tester des solutions innovantes et transférables. Le programme est structuré en quatre axes :

- **Axe 1 / Amélioration des connaissances** : il s'agit d'améliorer la modélisation actuelle de la pollution lumineuse en intégrant des éléments non pris en compte à ce stade (*relief, végétation et diffusion dans les masses d'eau*). Il s'agit en complément d'affiner la caractérisation de la pollution lumineuse en prenant en compte la visibilité directe des sources lumineuses. Ce premier axe de travail vise également à distinguer la contribution des parcs d'éclairage privé et public au halo global.
- **Axe 2 / Impacts sur la biodiversité** : la quantification des impacts de la pollution lumineuse sur la biodiversité est mesurée de manière non standardisée qui limite l'évaluation précise des politiques d'éclairage et leurs bénéfices pour la biodiversité. Le présent projet entend développer une méthodologie et des outils basés sur la bioacoustique afin de suivre simultanément la pollution lumineuse et différents groupes biologiques. Il s'agira également d'élaborer un ou des indicateurs de l'impact de la pollution lumineuse sur la biodiversité répliquables dans le temps et l'espace permettant l'évaluation de la politique Trame noire.
- **Axe 3 / Stratégies de conversion des éclairages** : à partir des résultats obtenus dans les deux premiers axes, des stratégies de conversion seront élaborées notamment pour cibler la sphère privée. Pour aider les collectivités à hiérarchiser la rénovation de leurs parcs d'éclairage, un outil de diagnostic et d'aide à la décision sera créé, associé à un guide de préconisations. De manière à accompagner les conversions et modernisations d'éclairage coûteuses, une mission de recherche de financements sera lancée.

- **Axe 4 / Transfert et valorisation** : afin de partager les résultats obtenus dans les précédents axes, une stratégie détaillant les modalités de transfert sera rédigée à destination de différents acteurs. Le transfert de ce travail se fera notamment avec les organes existants, comme les Centres de ressources de l'Office français de la biodiversité et en particulier le Centre de ressource Trames verte et bleue. Cette stratégie de communication reposera également sur l'organisation de trois Congrès des Réserves internationales de ciel étoilé (*RICE*) qui seront respectivement portées par les parcs nationaux du Mercantour (2025), des Cévennes (2027) et des Pyrénées (2029) ainsi que des outils de sensibilisation à destination des citoyens et des habitants.

La présente consultation porte sur l'axe 1 du programme avec pour objectif principal d'améliorer la modélisation de la pollution lumineuse sur le territoire des parcs impliqués.

1.2 Historique de la modélisation de la pollution lumineuse dans les Parcs nationaux

La modélisation de la pollution lumineuse dans les Parcs nationaux c'est tout d'abord faite de manière isolée à partir du milieu des années 2010 avant que des programmes inter-parcs viennent par la suite structurer une démarche collective.

A l'échelle du réseau des parcs nationaux on notera deux principaux travaux concernant la pollution lumineuse diffuse :

- Une première modélisation à l'échelle de cinq parcs nationaux en 2020

Les Parcs nationaux des Pyrénées, des Cévennes, du Mercantour, de Port-Cros et de La Réunion se sont associés sur un projet visant à accompagner des collectivités dans leur démarche de réduction de la pollution lumineuse afin de réduire les impacts sur la biodiversité.

Dans le cadre de ce travail, un diagnostic territorial pour chacun des parcs a été réalisé avec un bilan de l'état des connaissances du parc d'éclairage public ainsi qu'une cartographie de la pollution lumineuse.

En s'appuyant sur des données satellites de l'année 2019 (*données VIIRS*), deux cartes de pollution lumineuse ont été produites pour chacun des parcs : une première en cœur de nuit et après extinction des éclairages par les communes qui ont adopté cette pratique (*à partir des images satellites*), et une seconde en extrémités de nuit (*simulation à partir des données de territoires et de l'image satellite en cœur de nuit*) c'est-à-dire à un moment où les parcs d'éclairage public sont actifs (*cf. annexe 1*).

En parallèle un premier travail d'évaluation de l'impact de la pollution lumineuse sur la biodiversité a été engagé.

- Un diagnostic généralisé à l'ensemble des parcs nationaux en 2023

En 2023, à la suite des précédents travaux, un second volet de la démarche inter-parcs a été initié. Il visait à réaliser un diagnostic de la pollution lumineuse dans les six parcs nationaux non étudiés en 2020 (*Calanques, Écrins, Vanoise, Forêts, Guadeloupe, Guyane*), ainsi qu'un état des lieux actualisé de la pollution lumineuse dans les cinq autres parcs nationaux.

Comme en 2020, deux cartes de pollution lumineuse ont été produites pour chacun des parcs nationaux afin de modéliser les situations en cœur et en extrémités de nuit sur l'année 2022. Une analyse des évolutions de la pollution lumineuse en cœur de nuit entre 2014 et 2022 a également été réalisée. Ces cartes constituent aujourd'hui les données les plus récentes disponibles à l'échelle des 11 parcs nationaux (*cf. annexe 2*).

- Méthodologie utilisée pour ces travaux et limites

Il est à noter que les travaux précédemment cités cartographient uniquement la pollution lumineuse diffuse et ne prennent pas en compte les autres facteurs de pression comme la visibilité directe des sources lumineuses.

Les cartes produites simulent le niveau de brillance du ciel nocturne vu par un observateur positionné au sol. Cette approche vise à prendre en compte les effets des halos lumineux qui se diffusent sur de larges périmètres autour des zones à fort éclairage (*villes, centres industriels, etc.*). Le niveau de brillance du fond de ciel, également appelé luminance zénithale, est exprimé en magnitude par seconde d'arc au carré (*mag/arcsec²*).

Pour les travaux précédents, les simulations ont été réalisées en croisant des images satellites produites par le satellite VIIRS-DNB (*précision 600 mètres - panchromatique*) et les bases de données de points lumineux de l'éclairage public fournies par les opérateurs des territoires concernés.

A partir des précédents travaux, la qualité du ciel nocturne a été estimée à partir des valeurs de luminance zénithale. Deux échelles de couleurs ont été créées pour représenter cartographiquement la qualité du ciel en fonction des valeurs de luminance zénithale :

- une échelle discontinue à huit classes, inspirée de l'échelle de Bortle.
- une échelle discontinue à trois classes, créée notamment dans le cadre des travaux menés en France par l'Observatoire national de la biodiversité (ONB) pour l'élaboration d'une carte nationale et d'un indicateur national de la pollution lumineuse.

Ces échelles, et leur traduction en matière d'urbanisation ou de visibilité des étoiles, sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Classes de qualité	Echelle de luminance	Echelle d'urbanisation	Echelle stellaire	Echelle galactique	Echelle subjective	Echelle de luminosité	Echelle ONB
	<i>Luminance zénithale en mag/arcsec²</i>	<i>Environnement typique où cette qualité de ciel est rencontrée</i>	<i>Nombre d'étoiles visibles à l'œil nu par ciel clair et sans Lune</i>	<i>Visibilité de la Voie lactée par ciel clair et sans Lune</i>	<i>Enoncé subjectif sur la qualité de ciel nocturne</i>	<i>Luminosité du ciel nocturne sans nuages et sans Lune</i>	<i>Indicateur national</i>
1	≤ 19.5	Grandes villes	< 100	Invisible	Très mauvais	Très brillant	Mauvais
2	> 19.5 et ≤ 20.30	Urbain	280	Presque invisible	Mauvais	Brillant	
3	> 20.30 et ≤ 20.75	Suburbain dense	520	A peine visible	Dégradé	Fortement lumineux	
4	> 20.75 et ≤ 21.00	Suburbain	660	Visible au zénith	Passable	Lumineux	
5	> 21.00 et ≤ 21.25	Transition suburbain / rural	950	Affaibli à l'horizon	Moyen	Peu sombre	Moyen
6	> 21.25 et ≤ 21.50	Rural	1200	Quelques détails	Correct	Assez sombre	
7	> 21.50 et ≤ 21.70	Site sombre	2300	Nombreux détails	Bon	Sombre	Bon
8	> 21.70	Site très sombre	> 4000	Spectaculaire	Excellent	Très sombre	

Figure 1 : Catégorisation de la pollution lumineuse selon les différentes échelles identifiées dans les précédentes prestations

1.3 Objectifs de la présente consultation

La présente consultation vise à développer un nouvel outil de modélisation de la pollution lumineuse basé sur le principe de l'« *open source* » ou code source ouvert. Elle entend également répondre à un besoin d'amélioration des modélisations de la pollution lumineuse issues des précédents travaux.

Dans ce contexte, plusieurs sous-objectifs sont recherchés :

- a) Développement d'un outil « *open source* » de modélisation de la pollution lumineuse :
 - Développer un outil de modélisation de la pollution lumineuse basé sur un code source ouvert qui permette d'une part à la communauté des scientifiques ou des programmeurs de se l'approprier et de le faire évoluer (*adaptation, compléments*) et d'autre part de favoriser un libre partage et transfert du logiciel vers différents types d'acteurs.
 - Le prestataire découpera sa prestation en plusieurs étapes, les hypothèses de modélisation associées devront être communiquées par le prestataire au maître d'ouvrage lors de la phase initiale de création de l'outil. Il s'agira d'un processus de développement itératif associant étroitement le maître d'ouvrage et le comité technique de suivi. Suite à ces échanges, le prestataire devra prendre en compte les retours et les intégrer à la version finale de l'outil.
- b) Amélioration des diagnostics :
 - Améliorer la modélisation, en intégrant plusieurs éléments nouveaux dans le modèle à développer :
 - les effets de masquage dus au relief et à la végétation,
 - la visibilité directe des sources lumineuses (*et pas seulement du halo global*),
 - des images satellites plus précises qui permettent aux modélisations de jouer le rôle d'outil d'aide à la décision au niveau local (*communal voire infra communal*).
- c) Distinction des sphères d'acteurs publics et privés :
 - Caractériser finement la pollution émise par les différents types d'acteurs (*en cœur de nuit et extrémités de nuit, si possible*) pour être en capacité d'adapter les recommandations et les politiques sectorielles.

Article 2 – Définitions des termes

Dans le présent appel d'offre, il est entendu par :

- **Maître d'ouvrage** : l'entité porteuse du besoin qui définit l'objectif du projet, son calendrier et le budget consacré à ce projet. Le maître d'ouvrage est le Parc national des Pyrénées qui représente les utilisateurs finaux,
- **Prestataire** : la personne morale en charge de la prestation,
- **Pilote interne** : Monsieur Noé DESCHANEL – service connaissance et gestion des patrimoines du Parc national des Pyrénées,

Article 3 – Territoire d'études

Le projet concerne les territoires (*aire optimale d'adhésion et zone cœur*) de sept parcs nationaux suivants

- Parc national des Calanques,
- Parc national des Cévennes,
- Parc national de forêts,
- Parc national de la Guadeloupe,
- Parc national du Mercantour,
- Parc national de La Réunion,
- Parc national des Pyrénées,

Article 4 - Contenu de la présente consultation

Le Parc national des Pyrénées, maître d'ouvrage et pilote de l'étude, souhaite recourir à une prestation comportant trois lots :

- Lot 1 : Fourniture et traitement d'images satellites et homogénéisation des données d'éclairage public
 - Bancarisation des données d'éclairages publics des parcs concernés,
 - Acquisition d'images satellites nocturnes en haute résolution depuis la source SDGSAT-1,
 - Traitement des images satellites nocturnes en haute résolution.
- Lot 2 : Outil de modélisation de la pollution lumineuse diffuse en « open source » et application sur les territoires des parcs concernés
 - Conception d'un outil « open source » de modélisation de la pollution lumineuse pouvant intégrer les images satellites nocturnes produites dans le lot 1,
 - Réalisation d'une modélisation de la pollution lumineuse diffuse sur l'ensemble des territoires concernés, intégrant les effets de masquage dû au relief et à la végétation,
 - Distinction de la part de la pollution lumineuse due aux parcs d'éclairage public et privé et le cas échéant, détailler les sources d'émissions privées par typologies d'acteurs.
- Lot 3 : Modélisation de la visibilité directe des points lumineux sur le territoire
 - A partir de l'outil LIGHT POLLUTION TOOLBOX ou d'un autre outil présentant des caractéristiques similaires, intégration des données demandées,
 - Test de l'outil sur deux sites pilotes.

Article 5 - Description détaillée des besoins

5.1 LOT 1 : Acquisition et traitement d'images satellites et homogénéisation des données d'éclairage public

5.1.1 Acquisition d'images nocturnes haute résolution

L'acquisition d'images nocturnes haute résolution est un préalable à la réalisation de cette l'étude. Cette phase devra donc être enclenchée dès le début de la mission et finalisée à brève échéance. **Le candidat devra préciser le calendrier nécessaire à la sélection et au pré-traitement des images.**

Il sera attendu que les images nocturnes recouvrent l'ensemble des aires optimales d'adhésion des parcs nationaux suivants, ainsi qu'une zone tampon de 40 km autour de l'aire optimale d'adhésion des parcs suivants :

- Parc national des Calanques,
- Parc national des Cévennes,
- Parc national de forêts,
- Parc national de la Guadeloupe,
- Parc national du Mercantour,
- Parc national de La Réunion,
- Parc national des Pyrénées.

Il est demandé que les images nocturnes haute résolution soient issues des satellites du programme SDGSAT-1 OPEN SCIENCE PROGRAM portés par *The International Research Center of Big Data for Sustainable Development Goals (CBAS)*. Toutefois, des images nocturnes de qualité équivalentes et gratuites, pourront être envisagées. Le prestataire devra alors détailler dans sa proposition les caractéristiques techniques et d'accès des images proposées.

Il est à noter que l'acquisition de ces données est réservée à des projets de recherche. Le maître d'ouvrage devra rédiger la demande d'accès à ces données et fournira les identifiants d'accès au prestataire.

La sélection des images devra être réalisée comme suit :

- de nuit avec de bonnes conditions météorologiques (*absence de nébulosité*),
- en dehors des phases de pleine Lune ; au plus proche de la nouvelle Lune,
- être représentative des différentes périodes d'une année complète (*des spécificités peuvent s'appliquer à certains territoires*).

L'acquisition devra également être réalisée suivant les bonnes pratiques permettant l'orthorectification (*recouvrement des clichés, paramètres de prise de vue identiques durant la totalité de l'acquisition, etc.*).

Les images nocturnes devront posséder la meilleure résolution possible pour tendre vers une identification individuelle des points lumineux (*publics et privés*) et en permettre les analyses (*lot 2 et 3*).

Les images nocturnes devront couvrir une période récente (*année 2024 idéalement ou 2023 si les images plus récentes ne sont pas accessibles*) pour l'ensemble des sept Parcs nationaux et de leur zone tampon.

Par ailleurs, afin de comparer les résultats issus du nouvel outil « open source » avec les travaux de modélisation préexistants (2022), des images nocturnes supplémentaires couvrant cette même période seront recueillies pour les territoires du Parc national des Pyrénées et du Parc national des Calanques.

5.1.2 Prétraitements des images nocturnes haute résolution

La donnée collectée devra bénéficier des prétraitements nécessaires à sa bonne exploitation tels que l'orthorectification, le géoréférencement dans le système de projection (*Métropole : EPSG :2154 - RGF93 v1 / Lambert-93 ; Réunion EPSG :2975 - RGR92/UTM 40S ; Guadeloupe : EPSG:32620 - WGS 84 / UTM zone 20N*), la fusion des dalles, la calibration radiométrique, etc.

Une présentation, dans le mémoire technique de la chaîne de traitement prévisionnelle ainsi que des limites ou potentielles difficultés méthodologiques sont demandées.

Un fichier numérique exploitable dans un logiciel d'information géographique du type TIFF ou ECW devra être livré durant l'étude. Le bon compromis poids/restitution devra être trouvé. Les données sources devront également être fournies.

Le prestataire fournira en fin de prestation la chaîne de traitement complète utilisée ainsi que les données ayant servi au prétraitement et calibrage des images nocturnes. Dans l'idéal, ces traitements devront être réalisés par l'intermédiaire d'outils « *open source* ».

5.1.3 Acquisition des données d'éclairage public relatives aux territoires concernés et bancarisation

L'objectif de cette phase est de mettre en relation le prestataire avec les détenteurs de données d'éclairage et de faciliter la récolte de l'information. Elle s'effectuera en deux temps :

1. un échange par visioconférence ou téléphone entre le prestataire et chacun des référents des Parcs concernés. En fonction des contextes locaux, les syndicats départementaux ou toutes autres structures détentrices des données d'éclairage pourront être associés à cet échange. A ce titre un point bilatéral avec chaque parc national, est à prévoir, par le prestataire.
2. la collecte proprement dite des données relatives à l'éclairage public. Le niveau de structuration des données sur l'éclairage public étant hétérogène d'un territoire à un autre, le prestataire adaptera son accompagnement à chaque territoire, notamment lors de l'étape de modélisation. La base de données produite devra se rapprocher du geostandard national EclExt.

Les parcs nationaux transféreront notamment les données relatives à l'extinction de l'éclairage public sur leur territoire à leur disposition ou accompagneront le prestataire dans ses contacts avec les services départementaux de l'énergie en charge de ces questions.

Les données acquises devront représenter la situation du parc d'éclairage sur une période similaire aux images satellites obtenues : 2024 pour l'ensemble des parcs ainsi que 2022 pour le Parc national des Pyrénées et le Parc national des Calanques.

Il sera demandé au prestataire de bancariser ces données pour fournir une base de données par parc national participant au projet.

5.2 LOT 2 : Outil de modélisation de la pollution lumineuse diffuse en « *open source* » et application sur les territoires des parcs concernés

Le nouvel outil numérique de modélisation de la pollution lumineuse devra être capable d'utiliser les images satellites nocturnes produites au titre du lot 1.

Note de cadrage :

Il est demandé, en amont de la production des modèles de pollution lumineuse, d'établir une note de cadrage qui permettra de définir de manière précise :

- le calendrier de réalisation et délais montrant les étapes de réalisation,
- les besoins d'accès à certaines données supplémentaires (*hors données du lot 1*),
- les spécificités techniques de l'outil et des modélisations associées,
- les hypothèses des modèles extrémités et cœur de nuit,
- les hypothèses permettant l'intégration du relief et de la végétation dans les modélisations.

Les éléments indiqués dans cette note de cadrage feront l'objet d'une validation formelle par le maître d'ouvrage avant la production de l'outil.

5.2.1 Création d'un outil « open source » de modélisation de la pollution lumineuse diffuse en cœur de nuit et extrémités de nuit

Un des objectifs du programme LIFE inter-parcs pollution lumineuse est le transfert des connaissances et des outils développés durant le projet vers d'autres acteurs publics et privés désireux de s'investir sur la thématique.

Pour répondre à ce besoin, l'analyse de la pollution lumineuse diffuse réalisée dans le présent lot (cf. 6.2.2 et 6.2.3) à partir des images satellites et données de territoires issues du lot 1 devra être réalisée à partir d'une méthodologie transparente, réutilisable et transférable.

L'outil devra disposer d'une option permettant d'intégrer les effets de masquages liés au reliefs et à la végétation ainsi que des données d'urbanisation et de population. Le prestataire proposera au maître d'ouvrage les différentes données qu'il souhaite utiliser.

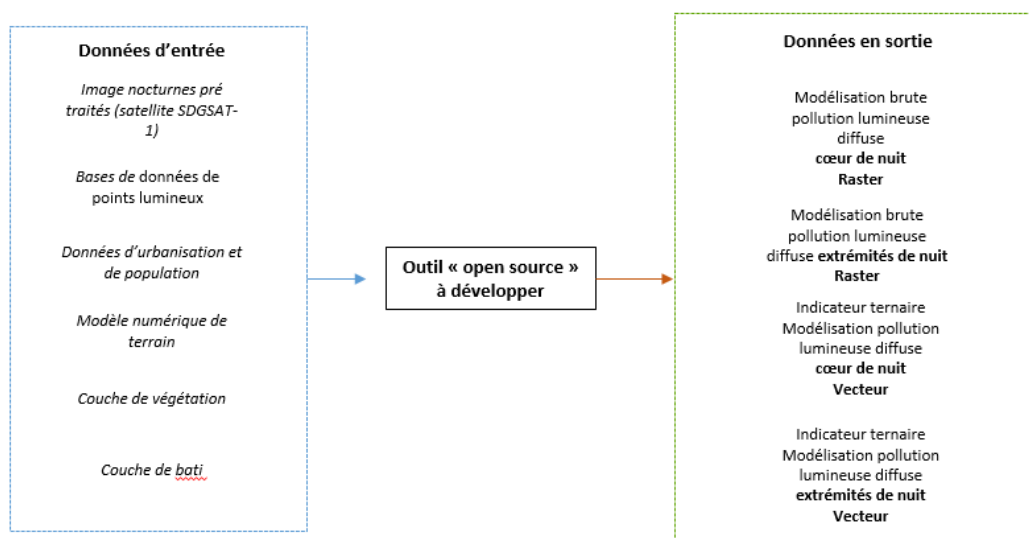


Figure 2 : Schéma des données d'entrée et en sortie souhaitées de l'outil

Le prestataire devra donc développer ou rendre accessible sous la forme d'un logiciel libre (*open source*) l'ensemble de sa méthode de calcul (*données utilisées, algorithmes, traitements...*). Le code source devra être mis à disposition librement sur GITHUB et documenté. Il fournira au maître d'ouvrage une version finalisée de l'outil ainsi qu'une note expliquant son utilisation. Cet outil devra être facilement utilisable par les services des parcs nationaux ou d'autres collectivités.

En complément, le prestataire devra proposer une méthode de validation des résultats produits par le nouvel outil. Il est demandé à *minima* une analyse comparative des résultats produits lors de la présente prestation avec les diagnostics territoriaux produits antérieurement pour les Parcs nationaux des Calanques et le Parc national des Pyrénées. La méthodologie utilisée et les résultats devront être aussi proches que possible des diagnostics antérieurs, notamment celui produit en 2023 à partir des données de 2022 (cf. annexe 2) de manière à ne pas interrompre le suivi de l'évolution de la pollution lumineuse sur les territoires concernés. L'outil devra également être calibré de façon à être le plus proche possible de mesures effectuées sur le terrain.

5.2.2 Modélisation de la pollution lumineuse diffuse sur les territoires et intégration des effets de masquage

A partir de l'outil produit en 6.2.1, le prestataire devra réaliser une carte de la pollution lumineuse sur le périmètre des sept parcs nationaux étudiés (*zone cœur, aire optimale d'adhésion et zone tampon*), en utilisant les données récoltées dans le lot 1 (*images satellites et données d'éclairage publics*). Dans le cas où les données d'éclairage ne sont pas accessibles, le prestataire proposera des modélisations basées uniquement sur les données d'images satellites et de terrain.

En fonction des contextes, ces données pourront être complétées par toutes autres sources d'informations susceptibles d'aboutir à une modélisation aussi proche que possible de la réalité de terrain.

Afin de tenir compte de l'extinction éventuelle des éclairages publics dans certaines communes des parcs nationaux, la modélisation devra permettre de visualiser à minima :

- la pollution lumineuse en extrémités de nuit,
- la pollution lumineuse en cœur de nuit (*prise en compte des extinctions nocturnes*).

Les périodes temporelles à représenter cartographiquement sont les suivantes et dépendent des images :

- pour les sept parcs nationaux, la période plus récente pour simuler la situation actuelle en fonction des images nocturnes acquises dans le lot 1 (*2024 dans la mesure du possible*),
- pour le Parc national des Pyrénées et le Parc national des Calanques : modélisation de la période de référence (*2022*) permettant la comparaison des résultats issus du nouvel outil « *open source* » avec les travaux de modélisation préexistants.

Selon les données disponibles, la représentation cartographique devra être la plus représentative possible de la pollution lumineuse moyenne sur l'ensemble des années citées ci-dessus.

La modélisation devra notamment intégrer les effets de masquage dû au relief et à la végétation pour l'année 2024.

Le prestataire traduira les résultats obtenus à l'aide de l'indicateur ternaire utilisé dans l'Observatoire national de la biodiversité et de l'échelle discontinue en huit classes inspirée par l'échelle de Bortle (*cf. figure 1*). Cette traduction devra permettre de visualiser la pollution lumineuse caractérisant chacun des territoires.

5.2.3 Distinction de la pollution lumineuse par types d'acteurs du territoire

A partir des données d'éclairage public, des images satellites, des données d'occupations des sols et de populations notamment, le prestataire devra quantifier la part de la pollution lumineuse imputable au parc d'éclairage public d'une part et celle issue du parc d'éclairage privé d'autre part sur l'ensemble des territoires des parcs nationaux. Le prestataire pourra à cet effet utiliser les données foncières qu'il jugera pertinentes (*MAGIC, RFP, etc.*).

Concernant la part attribuée au privé, il devra autant que possible détailler la source des émissions de lumière en fonction du type d'acteurs associés. A ce titre, et en fonction des données disponibles, il proposera une typologie d'acteurs qu'il soumettra pour avis au maître d'ouvrage avant de l'appliquer aux territoires concernés. Idéalement cette typologie permettra de distinguer les éléments suivants :

- le résidentiel (*habitations individuelles, résidences collectives, ...*),
- les entreprises, les commerces, les zones artisanales, les zones industrielles, ... ;

En fonction des données disponibles, les livrables associés comprendront un bilan quantitatif et qualitatif présentant la répartition de la pollution lumineuse (*par nombre de points lumineux, puissance, ULOR, etc.*), des éléments graphiques sont attendus permettant de caractériser chaque sphère d'acteurs (*public / privé*) et chaque catégorie d'acteurs s'agissant du privé.

5.3 LOT 3 : Modélisation de la visibilité directe des points lumineux sur le territoire des sept parcs nationaux

La visibilité directe des points lumineux n'a pas encore été modélisée ou cartographiée sur les territoires des parcs nationaux. Il s'agit cependant d'un paramètre important dans la compréhension des impacts de la pollution lumineuse sur la biodiversité.

Cette partie de la prestation aura pour objectif de déterminer le nombre de points lumineux visibles par une espèce à un endroit donné. Pour déterminer cela, le calcul devra intégrer les caractéristiques topographiques précises des zones étudiées, notamment le relief, le bâti, la végétation (à définir).

Il est demandé au prestataire d'utiliser l'outil « *open source* » développé par l'INRAE et intitulé : LIGHT POLLUTION TOOLBOX. Cet outil est disponible en libre accès sur le lien suivant : <https://github.com/MathieuChailloux/LightPollutionToolbox>. Toutefois, le prestataire est libre de proposer la création ou l'adaptation d'un autre outil en open source comprenant les caractéristiques suivantes :

Ce logiciel peut actuellement intégrer plusieurs données d'entrée :

- Données d'éclairage,
- Données topographiques,
- Images satellites haute résolution (*actuellement l'outil est calibré pour des données JILIN payantes*).

Afin de visualiser la pollution lumineuse par différents groupes biologiques, l'outil permet de se placer à plusieurs hauteurs (*exemple : 0 m, 1 m, 6 m, etc.*)

Dans le cadre de ce lot, il est demandé au prestataire d'apporter les modifications suivantes à l'outil Light pollution toolbox (ou d'un autre outil comprenant les mêmes caractéristiques) :

- intégration des données d'imageries nocturnes acquises dans le cadre du lot 1,
- intégration des données les plus récentes permettant de modéliser les effets de masquage du au relief, à la végétation et au bâti,
- amélioration de la lisibilité et de la prise en main de l'outil dans un objectif de transférabilité.

La version mise à jour de l'outil devra être testée par le prestataire sur deux sites pilotes de manière à comparer les données réelles et la simulation. Pour cela, le prestataire devra prévoir un ou deux déplacements sur le territoire d'un Parc national de l'Hexagone pour effectuer des mesures réelles. Le maître d'ouvrage conviendra avec le prestataire de l'emplacement des deux sites pilotes en début de prestation, ceux-ci devront être représentatifs des différentes situations présentes sur les différents parcs (*zone urbaine et zone périurbaine notamment*).

Suite à ces tests, le prestataire apportera si nécessaire des modifications afin d'améliorer le calibrage de l'outil avant livraison de la version finale au maître d'ouvrage. Il fournira une documentation technique présentant les évolutions de l'outil.

Article 6 – Gouvernance

Le projet est suivi et animé par deux instances :

- le comité de pilotage du programme inter-parcs pollution lumineuse (*COFIL*). Composé d'un représentant de chacun des 7 parcs nationaux, il se réunit une fois par an en visioconférence. Il pourra être demandé au prestataire de participer à au moins une de ces réunions sur la durée de la prestation pour présenter les résultats obtenus.
- le comité technique du programme inter-parcs pollution lumineuse (*COTECH*). Composé d'un référent technique de chacun des sept parcs nationaux et du prestataire, ce comité se réunira à minima au démarrage de l'étude, à un stade intermédiaire, et au moment du rendu final.

Le prestataire devra participer aux trois comités techniques du projet en visioconférence en fonction de l'ordre du jour. Il présentera, les hypothèses de travail et de modélisation, la méthodologie employée, l'état d'avancement et les éventuelles difficultés rencontrées ainsi que les résultats obtenus.

L'organisation des comités techniques, leur animation et la rédaction des comptes rendus seront prises en charge par le Parc national des Pyrénées.

En plus de ces deux instances, un groupe de travail technique sera créé en début de prestation. Il sera chargé du suivi du projet à toutes les étapes pour les trois lots. Il sera composé, du prestataire, des référents du programme Life « *pollution lumineuse* » du Parc national des Pyrénées ainsi qu'au moins deux membres du comité technique du programme inter-parcs. Il pourra être complété, autant que de besoin, par des experts issus d'autres structures.

Article 7 : Restitution et présentation des résultats

Les résultats de chacun des lots seront présentés au comité technique. Les résultats de l'ensemble de la prestation seront présentés en comité de pilotage à la fin de la prestation.

Une présentation type Powerpoint pédagogique et réutilisable dans le cadre de réunions publiques sans l'appui du prestataire, est à prévoir dans ce cadre.

En dehors de ces présentations, et afin de favoriser l'appropriation des enjeux et des résultats de l'étude par les collectivités, les habitants, les acteurs économiques, le ou les prestataires devront proposer un rendu facilement communicable à un public non initié et à destination notamment des élus.

Ce rendu prendra à minima la forme, pour chaque lot :

- d'un rapport d'étude complet,
- d'une synthèse simplifiée à destination des élus et non-initiés,
- d'une présentation PowerPoint pédagogique à utiliser dans le cadre de réunions publiques.

Article 8 – Livrables

Les livrables seront remis sous format informatique et sous forme papier pour chacun des documents produits dans le cadre de la mission.

S'agissant du format informatique, les fichiers seront fournis dans leur version d'origine, compatible avec les logiciels Microsoft Office et Libre Office (*Word, Excel, Writer, incluant les formules de calcul le cas échéant, Powerpoint, etc.*), et pour les cartes et rapports finaux, également en version PDF. Concernant les fichiers SIG, les formats demandés seront les suivants GEOTIFF ou ECW pour les images raster et shapefile ou geopackage pour toutes données vectorielles.

Le prestataire s'assurera de la compatibilité des formats informatiques avec ceux utilisés par les parcs nationaux concernés par l'étude et les conversions utiles seront envisagées le cas échéant.

Ci-dessous sont listés les livrables attendus pour chacun des lots :

Lot 1 : Acquisition et traitement d'images satellites et homogénéisation des données d'éclairage public

Concernant les images nocturnes :

- un rapport méthodologique incluant :
 - les paramètres d'acquisition et du capteur,
 - les plans d'acquisition,
 - une présentation de la chaîne de traitements,
 - un récapitulatif des données produites.

Pour chacun des points ci-dessus, il sera demandé d'explicitier les limites et/ou difficultés rencontrées et proposer des pistes pour y pallier. Si possible, chacune des parties devra être appuyée par des références bibliographiques techniques et/ou scientifiques.

- le ou les fichiers raster des images satellites nocturnes sélectionnées et traitées,
- les données brutes acquises.

Concernant les bases de données d'éclairages publics :

- Un rapport d'avancement suite aux points bilatéraux avec les parcs nationaux, présentant les premiers éléments obtenus sur les données disponibles dans les différents territoires,
- Une base de données, suivant le standard EclExt, par parc national, comprenant *a minima* les éléments suivants (*si disponibles*) :
 - localisation, dans le système de projection correspondant au territoire,
 - type de lampe,
 - puissance,
 - température de couleur,
 - ULOR,
 - hauteur de mât,
 - données d'extinction.

Cette base de donnée devra représentée la situation du parc d'éclairage sur une période similaire aux images satellites obtenues (*2024 pour l'ensemble des parcs ainsi que 2022 pour le Parc national des Pyrénées et le Parc national des Calanques*).

- Un rapport méthodologique par parc national incluant :
 - la méthodologie mise en œuvre,

- une synthèse chiffrée des données utilisées, complétée par une analyse statistique détaillée de l'éclairage public des territoires concernés (*quand les données le permettront*) rappelant la puissance des lampes, les types de lampe, les ULOR, etc.
- un bilan critique montrant les limites de l'analyse réalisée ainsi que les manques de données sur le territoire.

Lot 2 : Outil de modélisation de la pollution lumineuse diffuse en « *open source* » et application sur les territoires des parcs nationaux concernés

Concernant la création d'un outil « *open source* » pour la modélisation de la pollution lumineuse diffuse, il est demandé de fournir :

- une note de cadrage en début de prestation, détaillant la proposition du prestataire pour la création de l'outil et sa méthode de validation des résultats,
- un logiciel libre d'utilisation dont le code source sera accessible et publié sur la plateforme GITHUB,
- un rapport de synthèse présentant :
 - une synthèse des éléments, méthodologie et calculs utilisés,
 - un bilan critique sur l'outil ainsi que les limites.

Concernant la modélisation de la pollution lumineuse diffuse sur les territoires et intégration des effets de masquage, pour chacun des parcs et leur zone tampon :

- les cartes de modélisation de la pollution lumineuse (*cœur de nuit et extrémité de nuit*) sur la période récente pour l'ensemble des parcs et 2022 pour le Parc national des Pyrénées et le Parc national des Calanques. Si plusieurs niveaux de précision des données sont utilisés, les cartes devront l'indiquer explicitement,
- les éléments relatifs à l'application de l'indicateur ternaire national (*représentation cartographique et données quantitatives*),
- un bilan critique de la pollution lumineuse observée à l'échelle territoriale de l'aire optimale d'adhésion et de la zone cœur du parc concerné avec des recommandations pour améliorer la performance globale de l'éclairage, sur le plan énergétique et environnemental (*secteurs prioritaires d'interventions, types de matériel à favoriser etc.*).

Concernant la distinction de la pollution lumineuse par types d'acteurs :

- un rapport présentant la proportion publique et privée de la pollution lumineuse et si possible le détail des sources d'émissions privées par types d'acteurs (*résidentiel, industriel, touristique...*). Ce rapport devra comporter des éléments graphiques facilement communicables,

De manière globale pour ce lot :

- un rapport de synthèse, compréhensible par des élus et non-initiés, présentant à l'aide d'un recto-verso A4 (*un par parc national*) les résultats acquis à l'échelle des sept parcs nationaux. Pour chaque Parc national, la synthèse comprendra à minima : le diagnostic de la pollution lumineuse et sa traduction sous la forme de l'indicateur ternaire, la catégorisation des sources d'émissions émises (*ad minima part publique et privée*),

- une présentation type « *Powerpoint* » par parc national, à finalité pédagogique à destination des élus et habitants,
- les couches d'information qui ont permis de réaliser les cartes produites. Les résultats de la modélisation seront à fournir en format raster (*geotiff et ECW*) et le résultat sous forme d'indicateur en format vecteur (*shapefile ou geopackage*) dans la projection légale de chaque territoire. Une fiche de métadonnées sera associée à chaque couche d'information fournie. Celle-ci sera conforme à la norme INSPIRE pour une intégration aisée dans un catalogue de métadonnées. Ces métadonnées préciseront les objectifs et les méthodes de production de la couche, les attributs et leurs différentes valeurs, les limites d'utilisation des données.

Lot 3 : Modélisation de la visibilité directe des points lumineux sur le territoire des sept parcs nationaux

Le prestataire devra livrer :

- une première version test (*modifiée en open source*) de l'outil *LIGHT POLLUTION TOOLBOX* (ou d'un outil aux caractéristiques similaires, à préciser) pouvant intégrer les données images nocturnes produites dans le lot 1 ainsi que les autres données demandées dans le cadre de ce lot,
- comme suite aux tests sur les deux sites pilotes, une version finalisée de l'outil modifié, intégrant les retours du maître d'ouvrage,
- un rapport synthétique final comprenant :
 - une explication des modifications apportées à l'outil,
 - la méthodologie utilisée,
 - un bilan critique comprenant les limites de l'outil ainsi que les points d'amélioration.

Article 9 – Calendrier de réalisation

Le prestataire devra proposer un calendrier détaillé pour chacun des lots décrits ci-dessus.

La mission débutera en avril - mai 2025 et devra se terminer au plus tard le 31 octobre 2026.

- Pour le lot 1, l'acquisition des imageries nocturnes devra être lancée dès attribution du marché. Le prestataire devra proposer un planning d'acquisition et de traitement des données,
- Pour le lot 2, le développement d'un nouvel outil, ou l'adaptation d'un outil préexistant de modélisation pourra commencer dès l'attribution du marché. Le travail de modélisation et de catégorisation de la pollution lumineuse fera suite à la livraison des livrables du lot 1,
- Pour le lot 3, la mise à jour de l'outil *LIGHT POLLUTION TOOLBOX* pourra commencer dès l'attribution du marché mais sera dépendante des livrables produits dans le cadre du lot 1.

Article 10 – Compétences attendues

- Pour le lot 1 :

Le prestataire devra prouver ses compétences dans le traitement et le calibrage des images satellites et sa capacité à manipuler des bases de données.

- Pour les lots 2 et 3 :

Le prestataire devra prouver ses compétences et connaissances concernant la modélisation de phénomènes physiques, ainsi que dans le domaine de la programmation informatique.

Une expérience dans la mise en place d'outils open source sera fortement appréciée.

- Pour chacun des lots :

Il est demandé de produire les curriculum vitae des personnes affectées à l'exécution du marché.

Les références données sur des études similaires seront attentivement examinées.

Article 11 – Durée de la prestation

Le planning d'exécution est proposé par le prestataire au moment de son offre. Il ne pourra pas excéder le 31 octobre 2026.

Article 12 - Proposition financière et technique

Le marché est passé selon la procédure adaptée prévue à l'article 28 du code de la commande publique.

Le dossier du prestataire candidat sera ainsi présenté nonobstant les pièces administratives obligatoires :

- une présentation de la problématique,
- une méthodologie de travail,
- un calendrier d'exécution,
- les curriculum vitae des intervenants dans le cadre de la présente mission,
- une proposition financière d'un montant forfaitaire, décomposée pour chaque phase de l'étude, et incluant l'ensemble de la prestation (*frais annexe inclus*). La proposition sera formulée toutes taxes comprises.

Le candidat pourra être un groupement solidaire de plusieurs prestataires. Un chef de file sera alors désigné.

Il est possible pour les candidats de répondre à un ou plusieurs lots. L'appréciation de la candidature se fera alors à l'échelle de chaque lot.

Le budget total proposé sera compris ferme et définitif pour la durée de la prestation. Il inclura notamment la production des documents techniques et livrables, les frais de déplacement et d'hébergement si besoin.

Si l'organisme n'est pas assujéti à la taxe sur la valeur ajoutée, il fournira une attestation rédigée par les services fiscaux compétents mentionnant l'article du code général des impôts justifiant de l'exemption.

Chaque poste fera l'objet d'un devis détaillé permettant d'identifier, pour chacune des prestations, le prix unitaire hors taxes et toutes taxes comprises et les détails techniques.

Une éventuelle remise commerciale sera spécifiée (*pourcentage, montant hors taxes et toutes taxes comprises*) pour chaque poste ou sur la globalité du devis.

L'exécution de la commande relève de la comptabilité publique.

L'unité monétaire de référence est l'euro.

Les modalités de paiement pour chacun des lots sont les suivantes en fonction des livrables remis :

	1 ^{er} paiement (20% de la somme totale)	2 ^e paiement (50% de la somme totale)	Solde (30% de la somme totale)
Lot 1	<ul style="list-style-type: none">• Sélection des images nocturnes pertinentes• Rapport d'avancement suite aux point bilatéraux avec les parcs nationaux	<ul style="list-style-type: none">• Bases de données d'éclairages public• Le ou les fichiers raster des images satellites nocturnes sélectionnées et traitées et les données brutes acquises	<ul style="list-style-type: none">• Rapports méthodologiques sur les images nocturnes et les bases de données d'éclairages publics
Lot 2	<ul style="list-style-type: none">• Note de cadrage validée	<ul style="list-style-type: none">• Version finalisé du logiciel avec code source accessible• Cartes de modélisation de la pollution lumineuse (<i>cœur de nuit et extrémité de nuit</i>)• Eléments relatifs à l'application de l'indicateur ternaire national	<ul style="list-style-type: none">• Un rapport présentant la proportion publique et privée de la pollution lumineuse• Rapports de synthèse• Présentation à finalité pédagogique• Couches d'informations utilisées
Lot 3	<ul style="list-style-type: none">• Version test de l'outil	<ul style="list-style-type: none">• Version finalisé de l'outil	<ul style="list-style-type: none">• Rapport synthétique final

La facturation de la prestation interviendra à l'ordre du :

Parc national des Pyrénées
2, rue du IV septembre
Boite postale 736
65007 TARBES

Elle doit par ailleurs s'effectuer via le portail CHORUS PRO - <https://chorus-pro.gouv.fr>
Les informations suivantes sont indispensables :

- dénomination et adresse postale :

Parc national des Pyrénées
Villa FOULD
2, rue du IV Septembre – Boite postale 736
65007 TARBES CEDEX

- données d'identification :

SIRET : 18650004700110

APE ou NAF : 9104 Z
TVA intracommunautaire : FR 79 186 500 047

- adresse e-mail :
comptabilite@pyrenees-parcnational.fr

- renseignements CHORUS PRO :
Code service : DF_SG
Code engagement : PNP1

Article 13 - Pièces administratives à fournir

Les propositions doivent comporter :

1. un devis avec détails des postes en hors taxes et toutes taxes comprises,
2. un dossier tel que mentionné à l'article 12 du présent cahier des charges,
3. une copie du présent cahier des charges approuvée et paraphée par le prestataire,
4. une attestation, signée par les services fiscaux, de non assujettissement à la taxe sur la valeur ajoutée si l'organisme ne facture pas de taxe sur la valeur ajoutée,
5. un document faisant apparaître le numéro SIRET ou SIREN,
6. les statuts ou la raison juridique du prestataire candidat,
7. une liste de référence ou de référents,
8. un DC7, ou un document équivalent, en cours de validité.

Article 14 - Critères de sélection des offres

Le Parc national des Pyrénées sera sensible à l'adéquation des propositions aux besoins tels que décrits dans le cahier des charges.

Les critères d'attribution du marché sont pour chacun des lots :

- les références du ou des prestataires dans les domaines d'élaboration d'études similaires (20%),
- la valeur technique de la proposition (50%),
- le coût de la prestation (30%),

Article 15 - Envoi des propositions

Les offres devront être parvenues au siège du Parc national des Pyrénées au plus tard le vendredi 28 mars 2025 à 12 heures, délai de rigueur.

L'offre est à adresser à Madame la Directrice du Parc national des Pyrénées.

Elle sera soit envoyée par la poste sous pli recommandé avec accusé réception ou remise en main propre contre récépissé à l'adresse suivante :

Parc national des Pyrénées
Villa Fould
2, rue du IV septembre
Boite postale 736
65007 TARBES CEDEX

Ou à envoyer de manière électronique dans les délais indiqués aux deux adresses électroniques suivantes yves.haure@pyrenees-parcnational.fr et noe.deschanel@pyrenees-parcnational.fr.

Les offres incomplètes ne seront pas prises en considération. Elles seront retournées.

Article 16 - Sélection du prestataire

Toute proposition complète, reçue dans les délais, sera examinée par le maître d'ouvrage avec la participation de représentants des parcs nationaux membres du programme inter-parcs pollution lumineuse et fera l'objet d'une réponse écrite positive ou négative. Les travaux débiteront à réception d'un ordre de service.

Cet ordre de service donnera lieu à un paiement final après constatation du service fait. Il n'est pas prévu et possible de verser un acompte à la commande. Les paiements se font, à exercice fait conformément aux règles de la comptabilité publique. Le mode de règlement choisi par le Parc national des Pyrénées est le virement administratif dans les termes fixés par le décret n°2002 – 231 du 21 février 2002.

Article 17 – Droits et propriétés intellectuelles

Le prestataire cédera à titre exclusif les droits de reproduction et de représentation attachés aux réalisations aux parcs nationaux concernés par l'étude. Les droits de propriété intellectuelle, que ce soient des droits de reproduction et de représentation des éléments graphiques du site appartiendront de plein droit aux parcs nationaux concernés par l'étude pour leurs publications ou diffusions et sur tous les supports connus et à venir.

Tous les documents et fichiers (*SIG entre autres*) produits en exécution du présent marché seront la propriété des parcs nationaux concernés par l'étude. Le prestataire ne pourra utiliser tout ou partie des résultats faisant l'objet du présent marché qu'avec l'accord préalable des parcs nationaux concernés par l'étude. Les parcs nationaux concernés par l'étude pourront utiliser ces données en interne et les transmettre à des tiers sans limitation de droits (*rapports, cartes, couches SIG*).

Les informations et données qui auront été confiées au prestataire au cours de l'étude par les différentes parties ne devront pas être diffusées ni utilisées à d'autres fins que celles de l'étude.

Article 18 - Renseignements

Des informations techniques complémentaires peuvent être obtenues au siège du Parc national des Pyrénées auprès de :

Parc national des Pyrénées
Monsieur Noé DESCHANEL
Chargé de mission
2, rue du IV septembre
65000 TARBES
E-mail : noe.deschanel@pyrenees-parcnational.fr
Tél. : 06 07 64 91 81

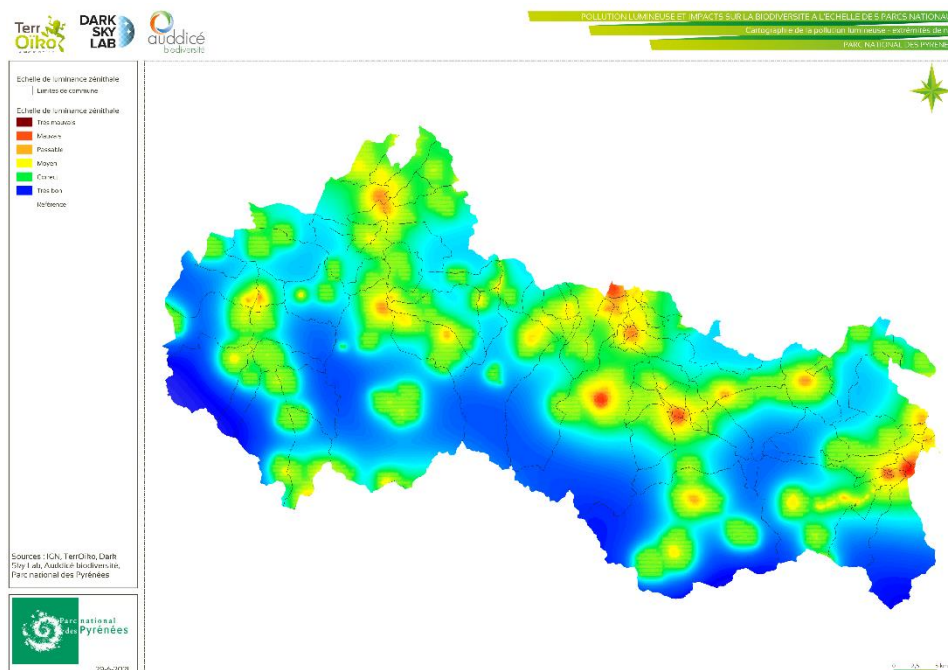
Parc national des Pyrénées
Monsieur Olivier JUPILLE
Chargé de mission
2, rue du IV septembre
65000 TARBES
E-mail : olivier.jupille@pyrenees-parcnational.fr
Tél. : 05 62 54 16 40

Parc national des Pyrénées
Monsieur Yves HAURE
Secrétaire général du Parc national des Pyrénées
2, rue du IV septembre
65000 TARBES
E-mail : yves.haure@pyrenees-parcnational.fr
Tél. : 05 62 54 16 40

Fait à Tarbes, le vendredi 21 février 2025

Annexes

Annexe 1 : Cartes de pollutions lumineuses du Parc national des Pyrénées à partir des données de 2019



lumineuse cœur de nuit parc national des Pyrénées (2019)

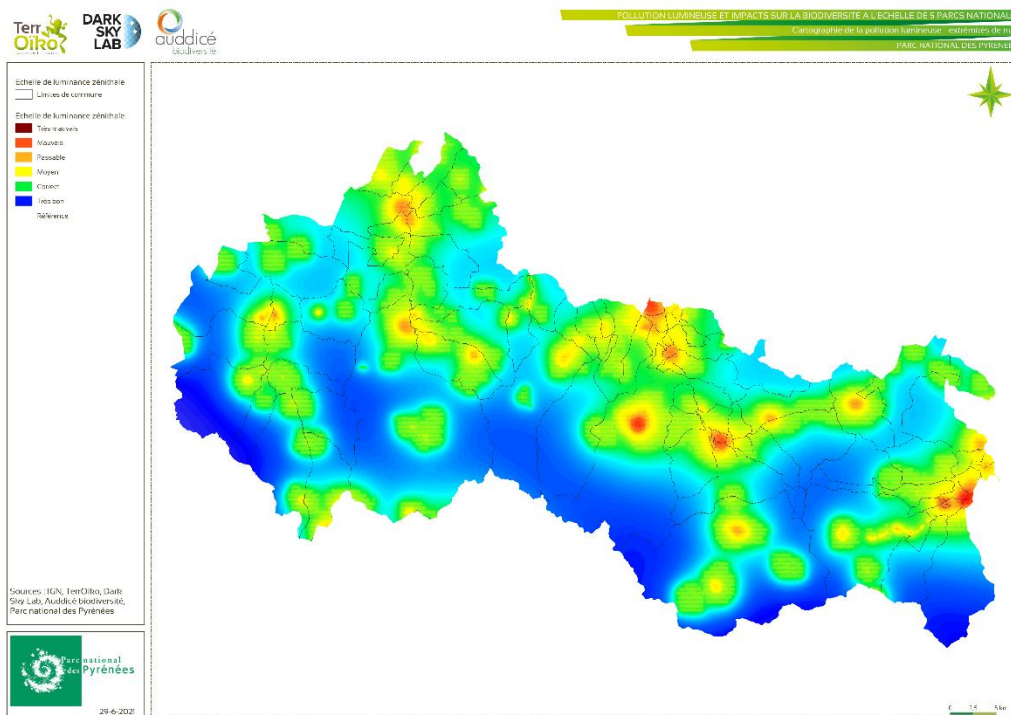


Figure 4 : Carte de pollution lumineuse extrémités de nuit parc national des Pyrénées (2019)

Annexe 2 : Exemples de cartes de pollution lumineuse produite dans le cadre du projet inter-parcs de 2023

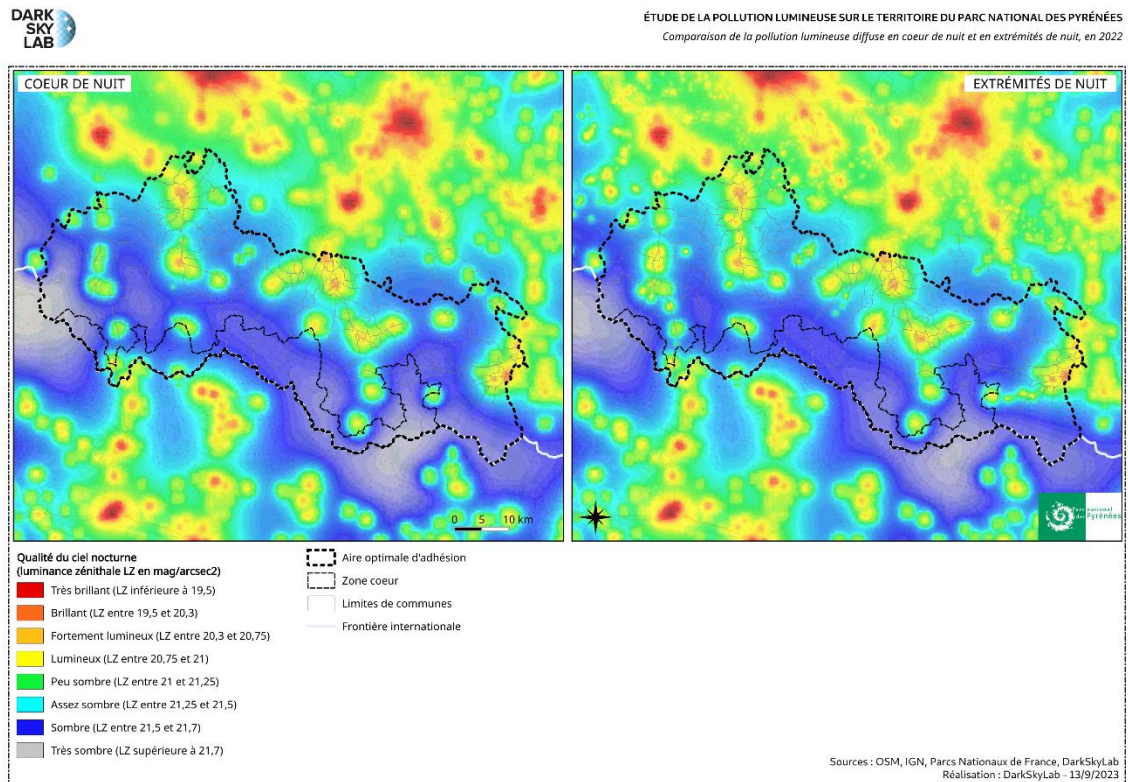


Figure 5 : Cartes comparant la pollution lumineuse en cœur et en extrémités de nuit pour le PN des Pyrénées (données 2022)

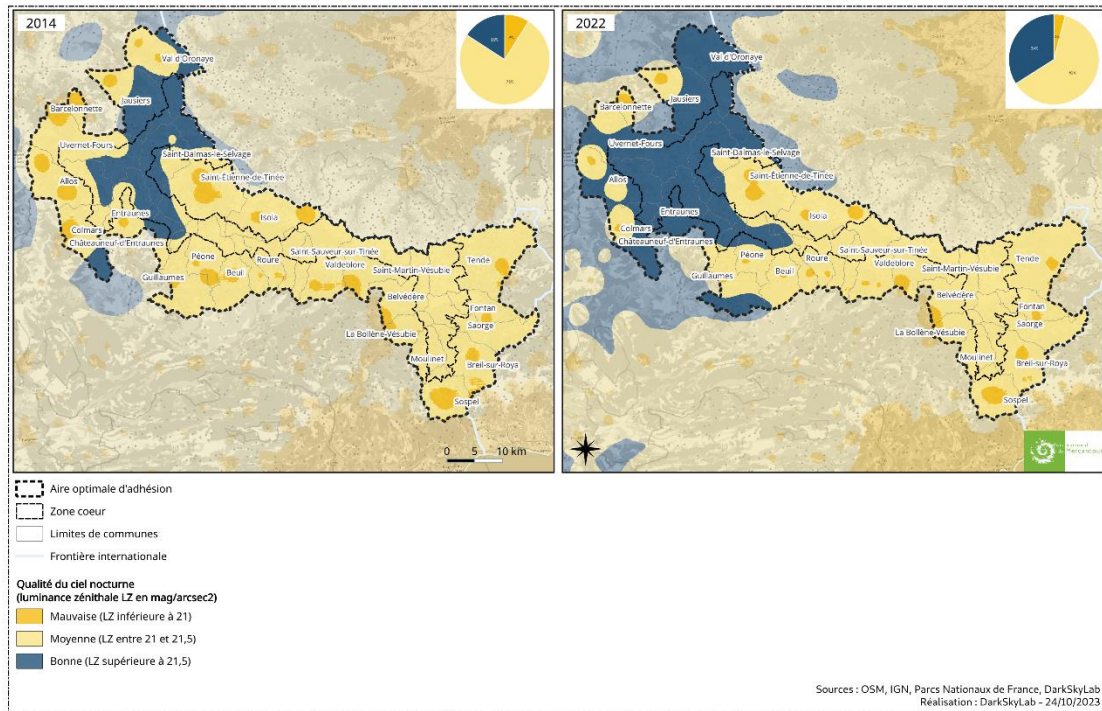


Figure 4 : Cartes comparant la pollution lumineuse au sein du PN du Mercantour en cœur de nuit entre les années 2014 et 2022 avec l'indicateur ternaire de l'ONB