

Utilisation des images satellites de nuit pour la Trame noire

Julie Chaurand, Bastien Nguyen Duy, Sarah Potin

Jennifer Amsallem

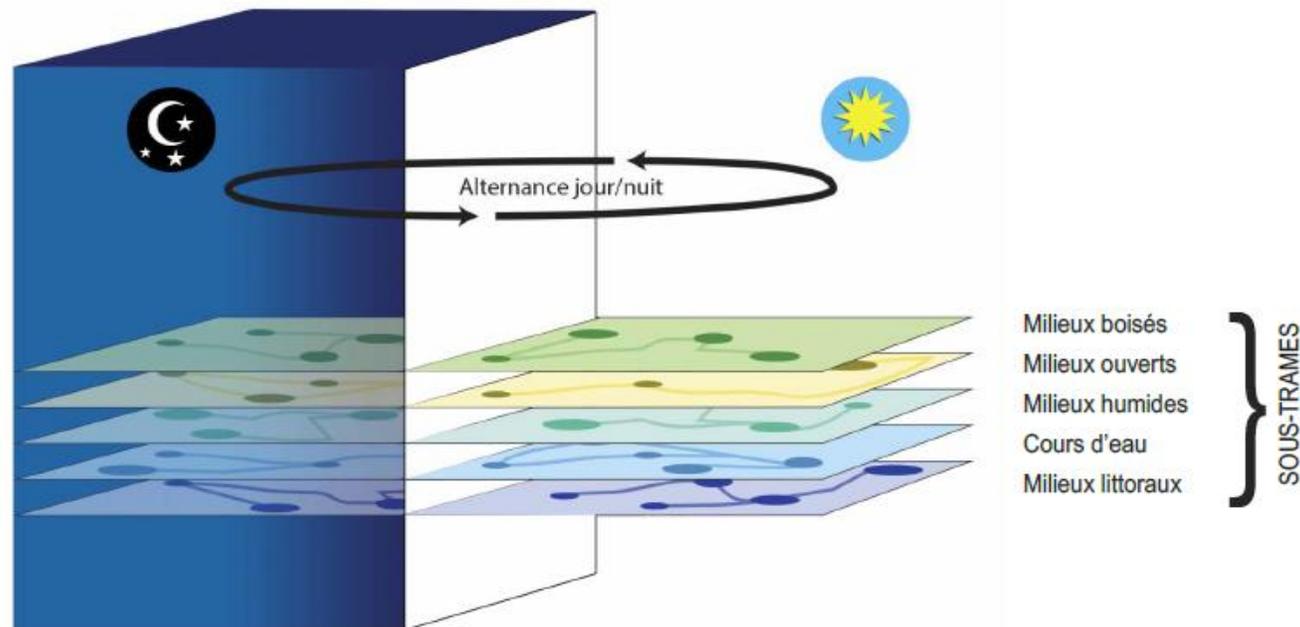
La TeleScop

INRAE

Journée d'échanges :
« Télédétection : données et produits au service de la Trame verte et bleue »

Jeudi 1^{er} décembre 2022

- Trame noire (ou sombre, nocturne, etc.)
 - Réseau écologique pour assurer les cycles de vie des espèces nocturnes et crépusculaires, en complément à la Trame verte et bleue
- Respect d'un niveau d'obscurité suffisant pour la biodiversité



La Trame noire vise à prendre en compte la dimension temporelle (alternance jour/nuit), absente jusqu'à présent dans la Trame verte et bleue. Source : d'après Sordello, 2017 [38].

- Pollution lumineuse
 - Lumière artificielle nocturne, source de fragmentation des milieux dans le temps et l'espace

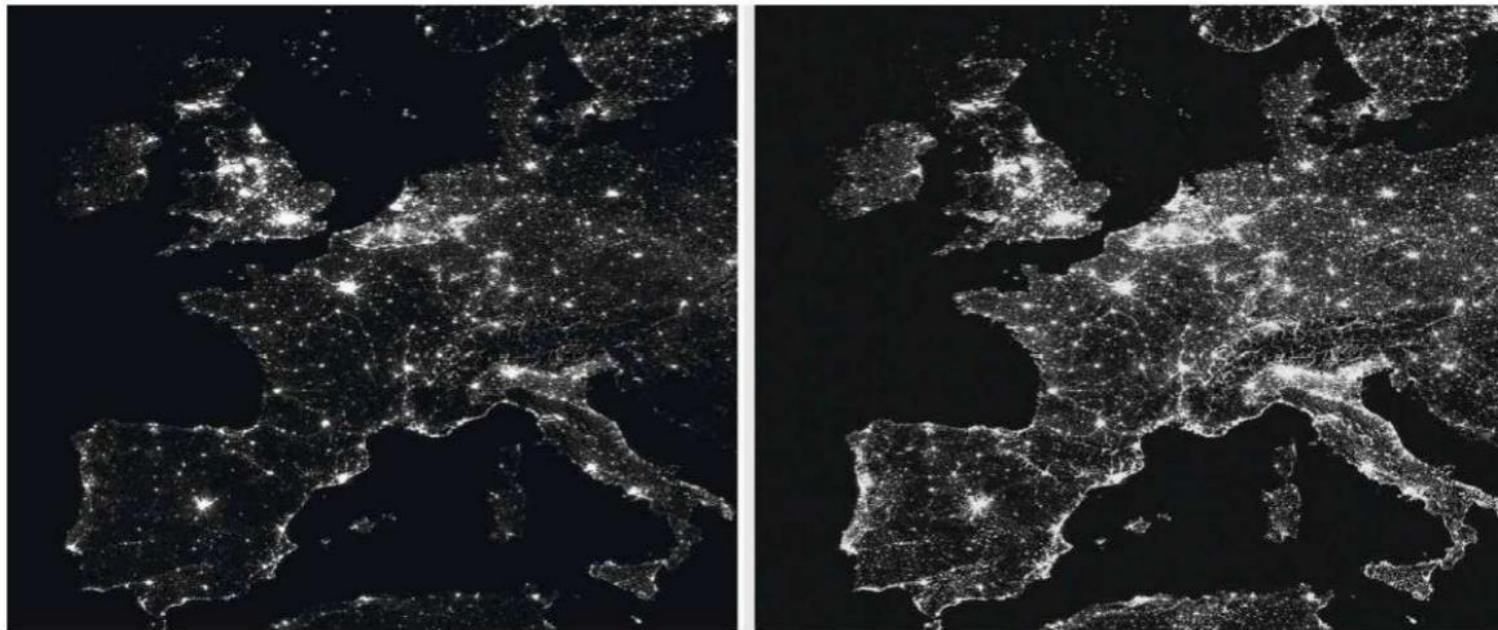
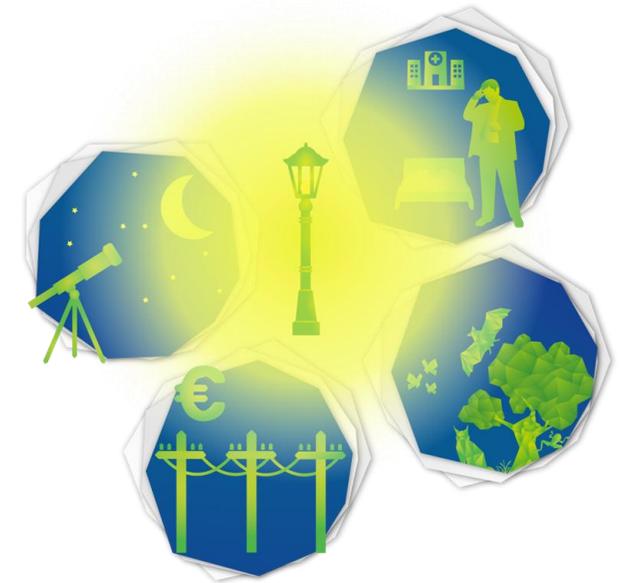


Figure: Évolution de l'éclairage artificiel dans l'ouest de l'Europe. À gauche : 1992 ; à droite : 2013.

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



→ Des enjeux multiples



- **Besoins de connaissances sur la pollution lumineuse :**
 - Conformité à la réglementation (arrêté du 27 décembre 2018)
 - Trame noire / biodiversité
 - Santé (lumière bleue)
 - Paysages nocturnes
 - Sobriété énergétique



Image VIIRS

Explosion des demandes en France

• Echelle nationale

- Observatoire National de la Biodiversité (ONB) du Ministère de la Transition Ecologique :
- Demande de production d'un indicateur de la pollution lumineuse en France : utilisation de la télédétection (VIIRS)

• Echelles locales : Centre de ressources Trame verte et bleue

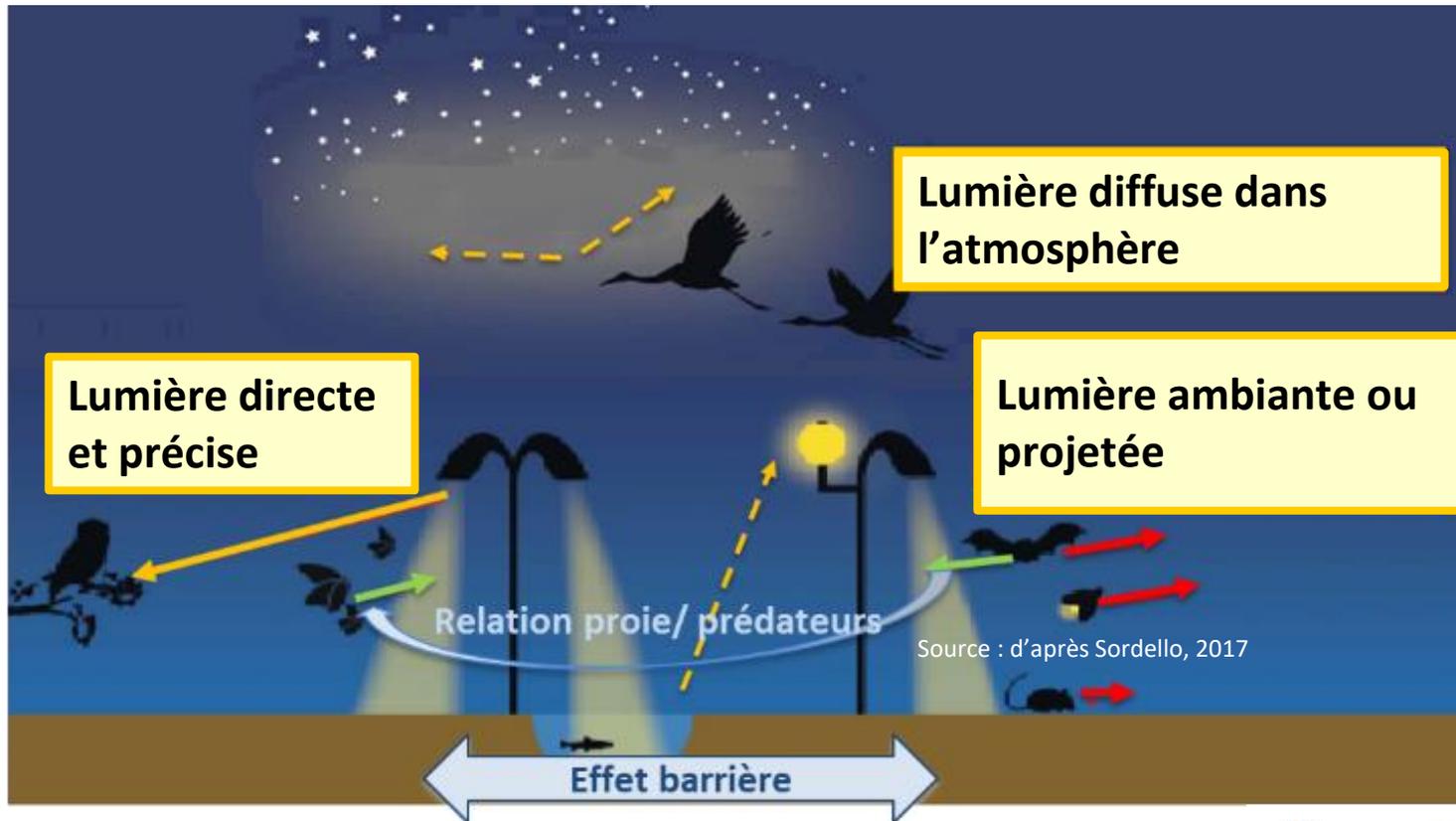
- Schémas d'éclairage, Plans lumière, observatoires territoriaux...
 - Extinctions nocturnes (amplification depuis COVID)
 - Etudes Trame noire (continuités écologiques nocturnes)
 - Labellisation (Villes et villages étoilés, RICE, etc.)
- Grosses collectivités (Régions, Métropoles Grand Paris, Montpellier, Nantes, Nîmes, Nice...), parcs... et petites communes



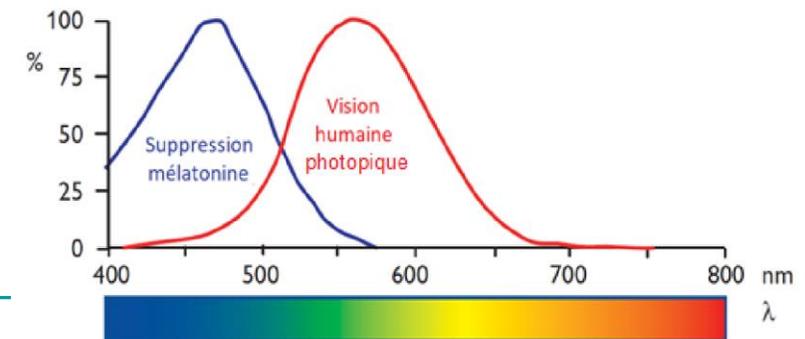
Indicateur national de pollution lumineuse - ONB

Différentes formes de pollution lumineuse

- Répulsion
- Attraction
- Eblouissement
- Désorientation



Des impacts liés à la quantité de lumière, la direction des sources, la couleur, les horaires ...



	Lumière directe	Lumière diffuse	Lumière ambiante	+	-
• Bases de données éclairage public	✓	✓	✓	Précision Analyse complète	Quid du privé Hétérogénéité BDD
• Mesures au sol	✓	✓	✓		
• Images satellites basse résolution (panchromatique)		✓	✓	Simulation pollution diffuse	Précision
• Images satellites THRS (RGB)	✓	✓	✓	Extraction « points lumineux » publics ET privés (pic radiance)	Limites liées aux paramètres d'acquisition Coût
• Images aériennes nocturnes	✓	✓	✓		

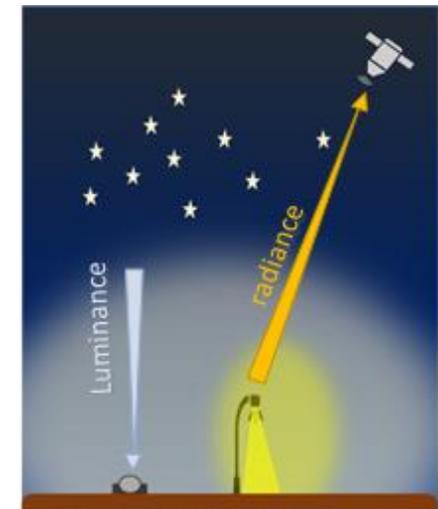
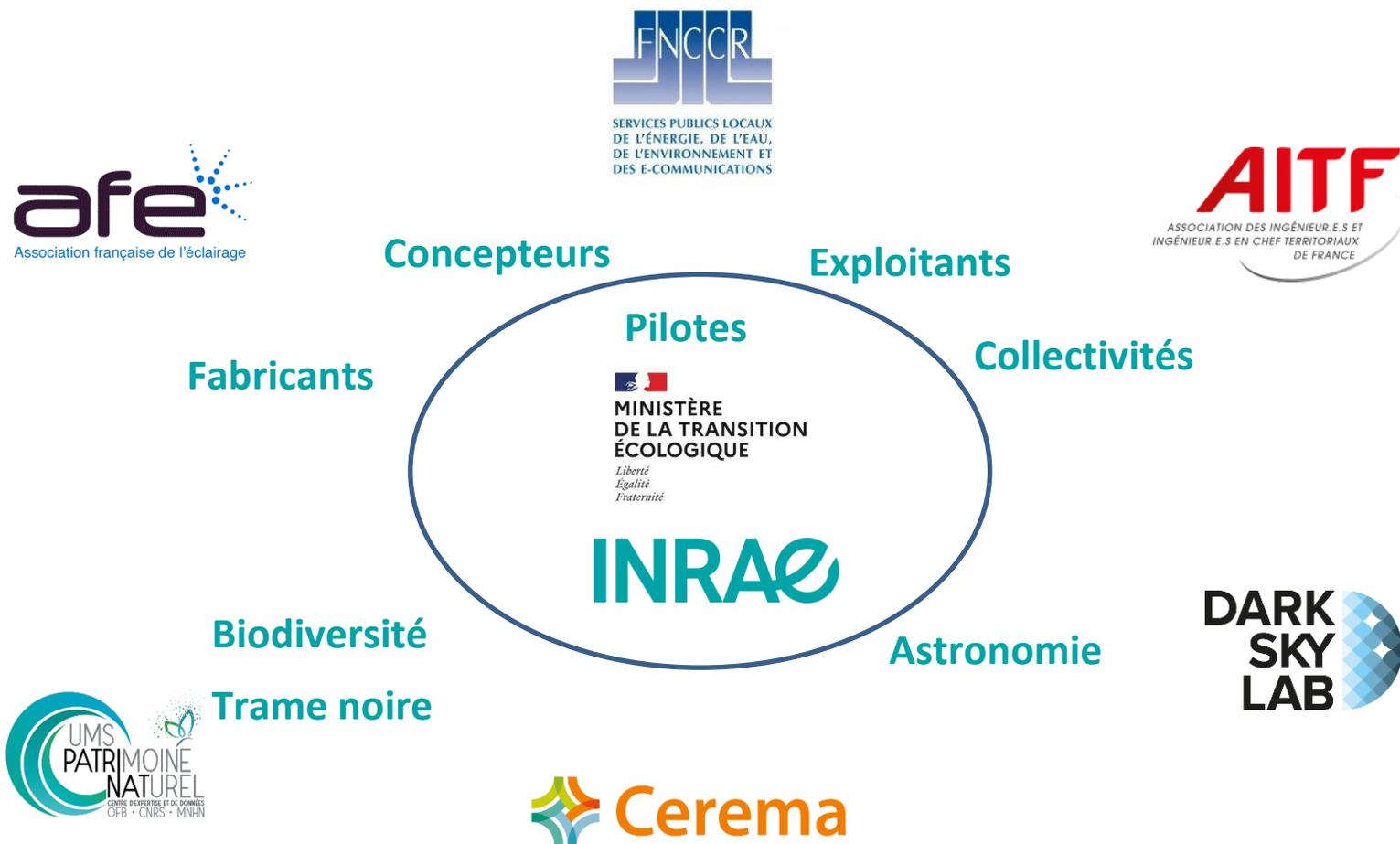


Figure 1 : mesure de la brillance du fond du ciel (bleu) et de la radiance (jaune)

- **Qualité des données très variable selon territoires :**
 - Incomplétude spatiale (pour certains territoires et pour le privé)
 - Hétérogénéité attributaire
 - Faible disponibilité (disparité des acteurs, capitalisation par la collectivité, publication en données ouvertes)
 - Les informations contenues ne contiennent pas toujours les informations pertinentes (t° de couleur par ex)

→ **Besoin d'un standard de base de données pour harmoniser les données**
- **Inscription de cette action au PNSE 4**
 - Validation par la commission des standards du CNIG le 10 juin 2022 après 1 an et demi de concertation
 - Réflexions à mener quant à sa diffusion
 - Objectif de centralisation nationale des données d'éclairage extérieur

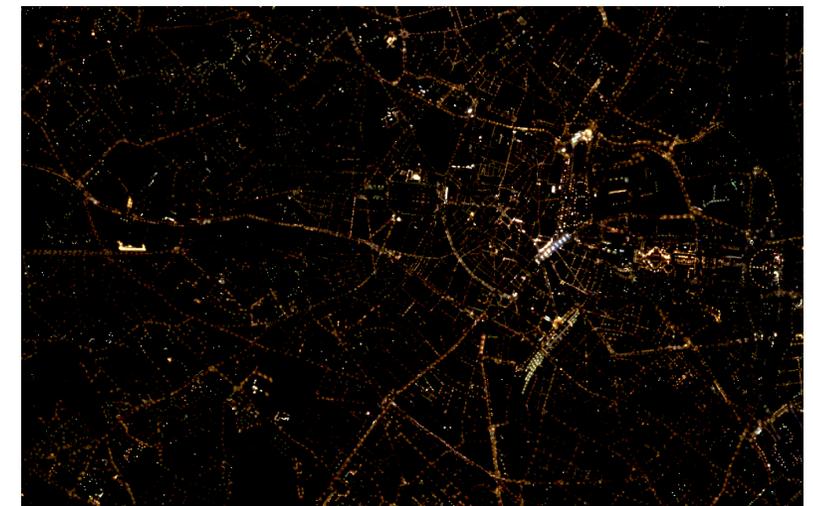
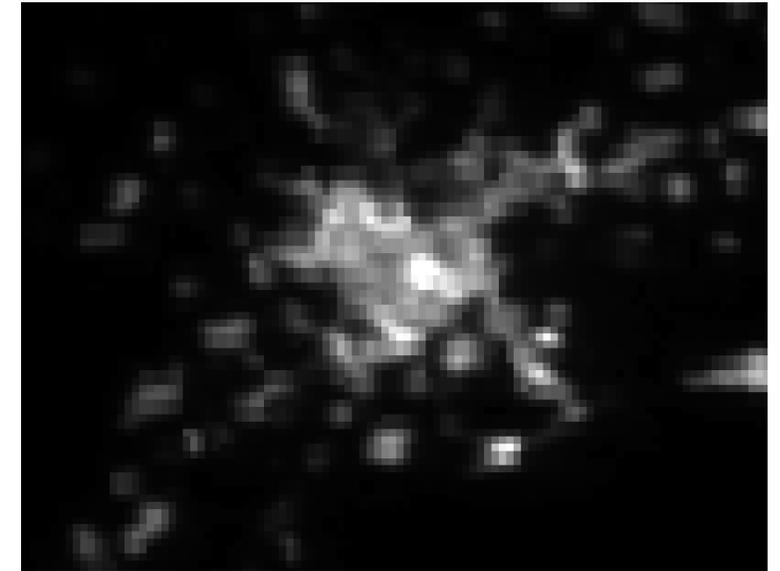


<p>Action PNSE 4</p> <p>MON ENVIRONNEMENT MA SANTÉ</p>	<p>Financements</p> <p>OFB OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ</p> <p>centre de ressources Trame verte et bleue</p>
---	--

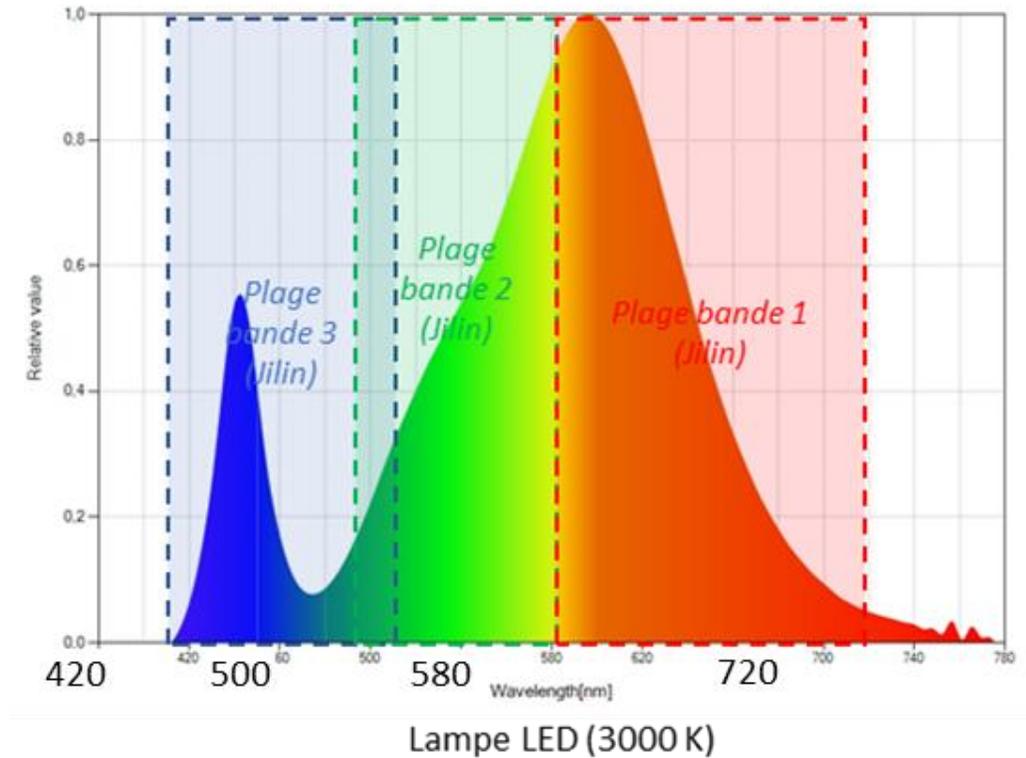


Caractéristiques	Images basse résolution VIIRS DNB Satellite Suomi NPP (NASA, NOAA)	Images THRS Constellation Jilin CG Satellite (Chine)
Résolution spatiale	375 à 750m	env. 1m
Résolution spectrale	Panchromatique (1 bande) 500 à 900 nm	rouge, vert, bleu (3 bandes)
Acquisitions	Depuis 2012, acq. quotidiennes, compo. mensuelles et annuelles Passage en cœur de nuit (vers 2h) Libre accès*	Uniquement sur programmation Passage en début de nuit (vers 23h), de mi-août à avril Coût ~ 30 €/km ²
Unité	nw*cm ⁻² *sr ⁻¹	mw*m ⁻² *sr ⁻¹ *nm ⁻¹

* <https://eogdata.mines.edu/products/vnl/>



- Perspectives offertes par les images nocturnes THRS
 - Localiser les sources d'émissions publiques et privées
 - Evaluer la typologie de lampe en fonction de son spectre
 - Evaluer les lampes dont le flux est mal orienté



- **Estimer la luminance zénithale à partir d'images BRS**

- Modèles de diffusion de la lumière dans l'atmosphère
- Validation terrain via un Sky Quality Meter
- Unité : mag/arcsec²

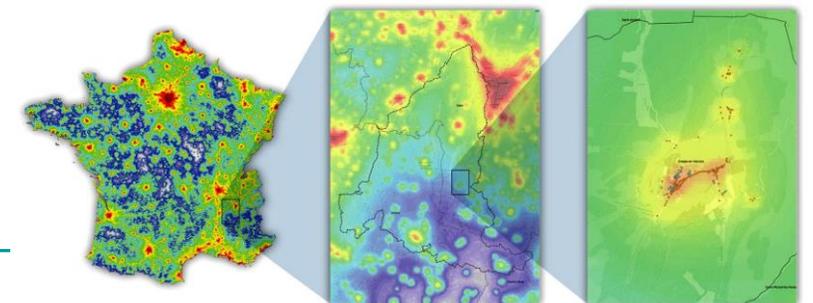
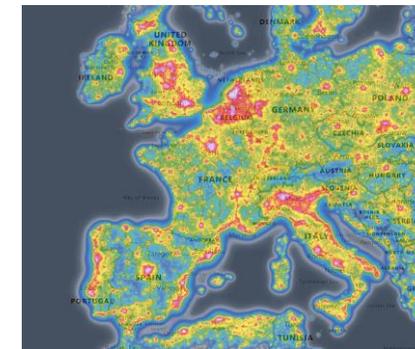
→ Exemples

- **Atlas mondial de la pollution lumineuse (2015)**

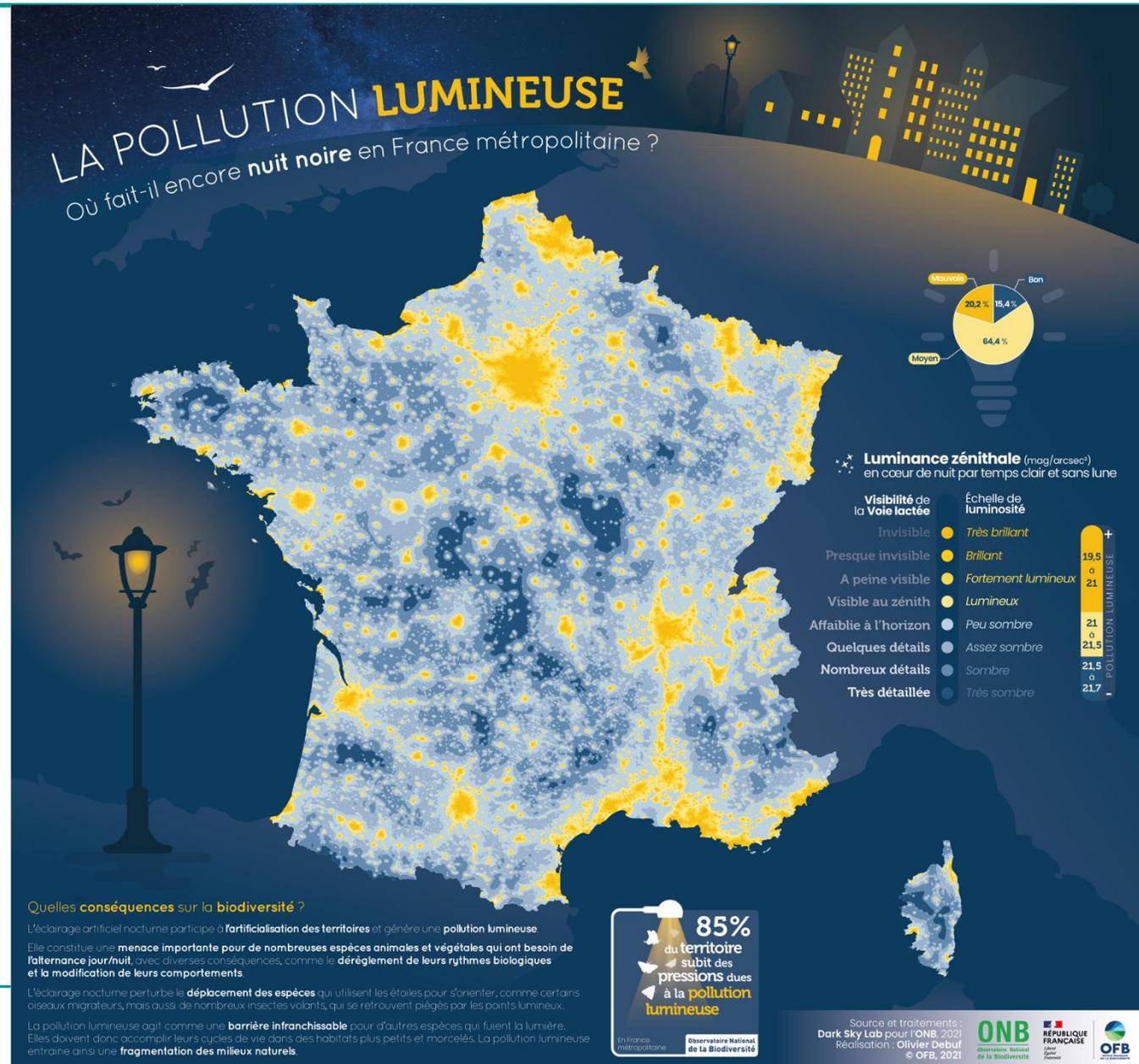
<https://www.lightpollutionmap.info/>

- **Modèle OTUS** 

- Simulation en cœur de nuit à partir des images VIIRS
- Simulation mixte pour représenter la situation en extrémité de nuit (sans extinction) à partir des données d'éclairage ou le cas échéant des données de population par agglomération

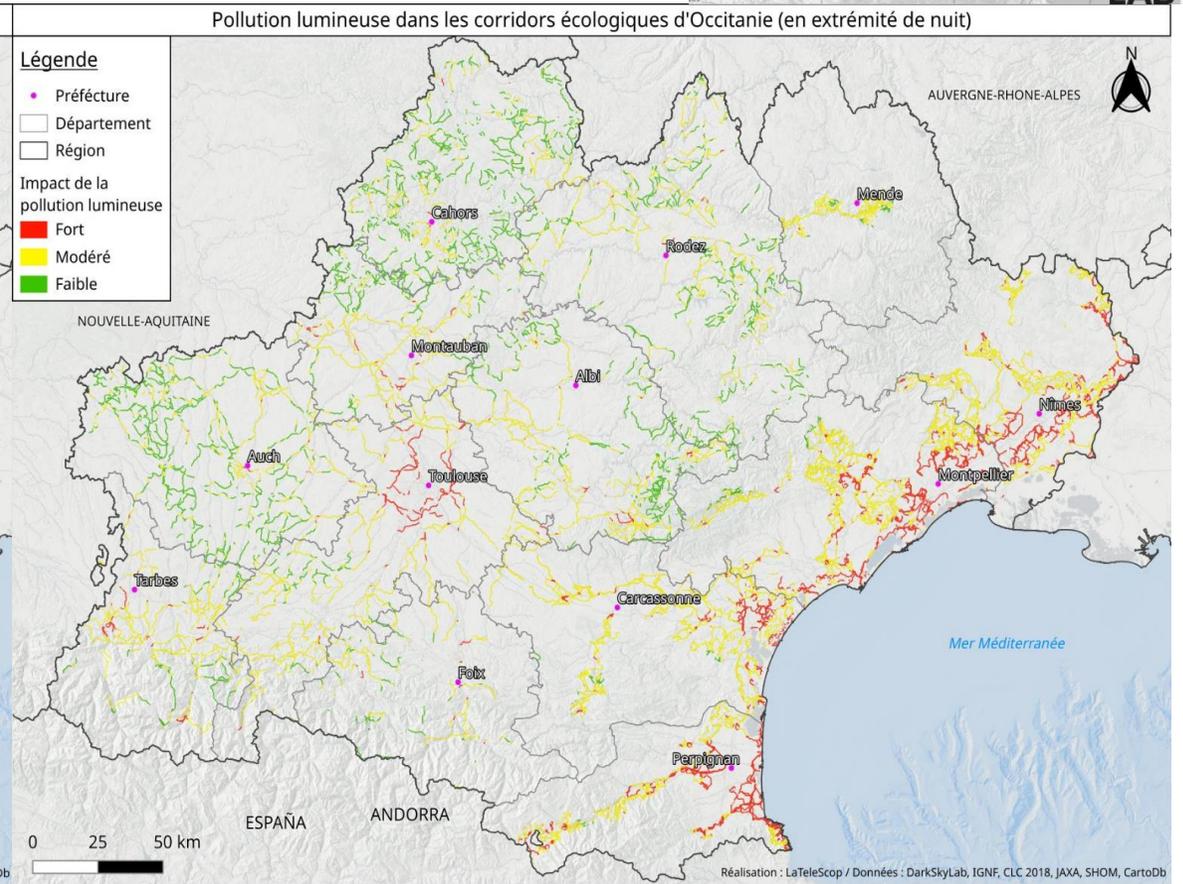
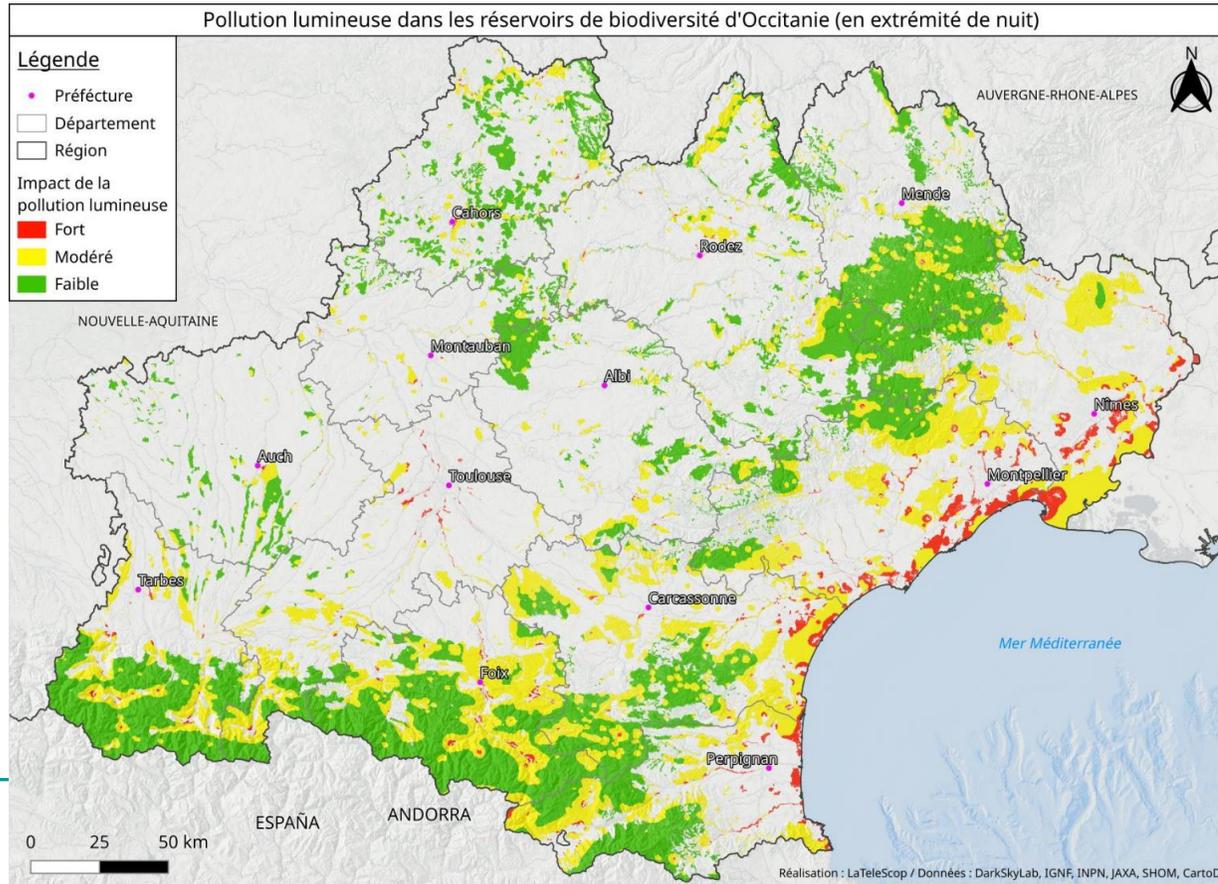
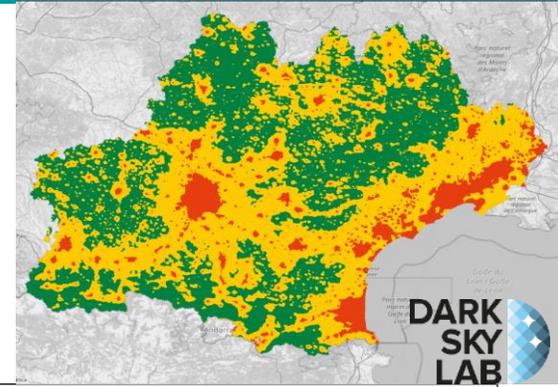


- Indicateur national de pollution lumineuse



- Occitanie (2021) : déduction à partir des SRCE

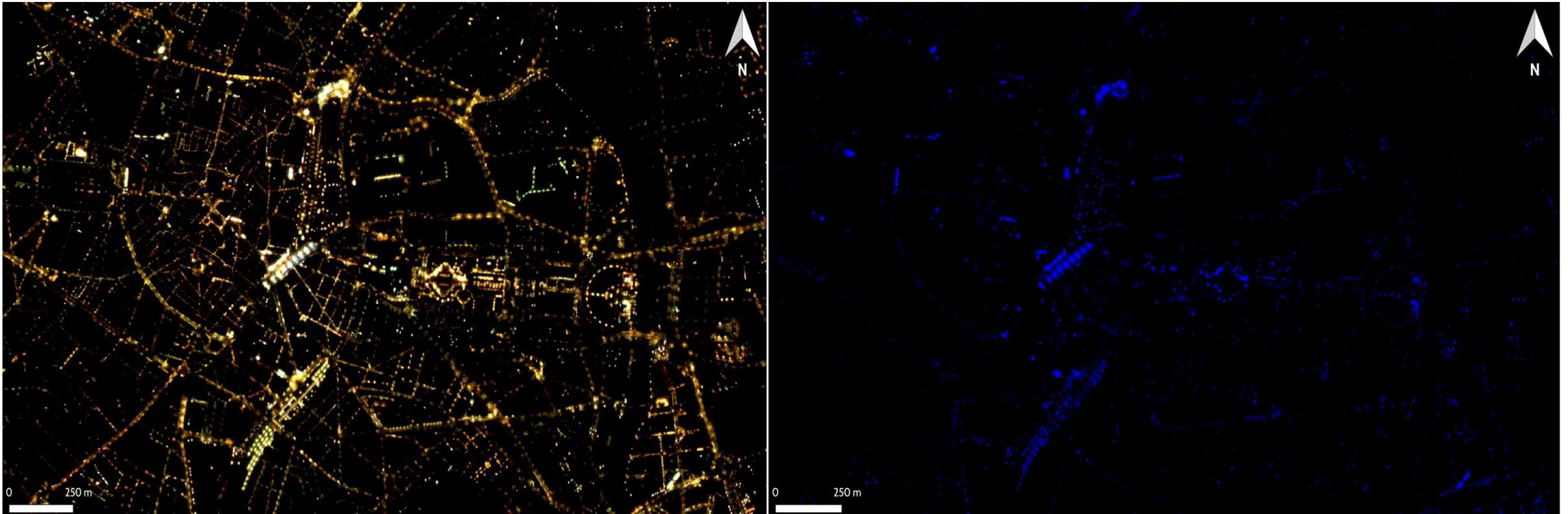
X RB et COR des SRCE
 Pollution lumineuse (modélisation avec VIIRS)





Acquisition le 26 aout 2020
Montpellier - CGSatellite

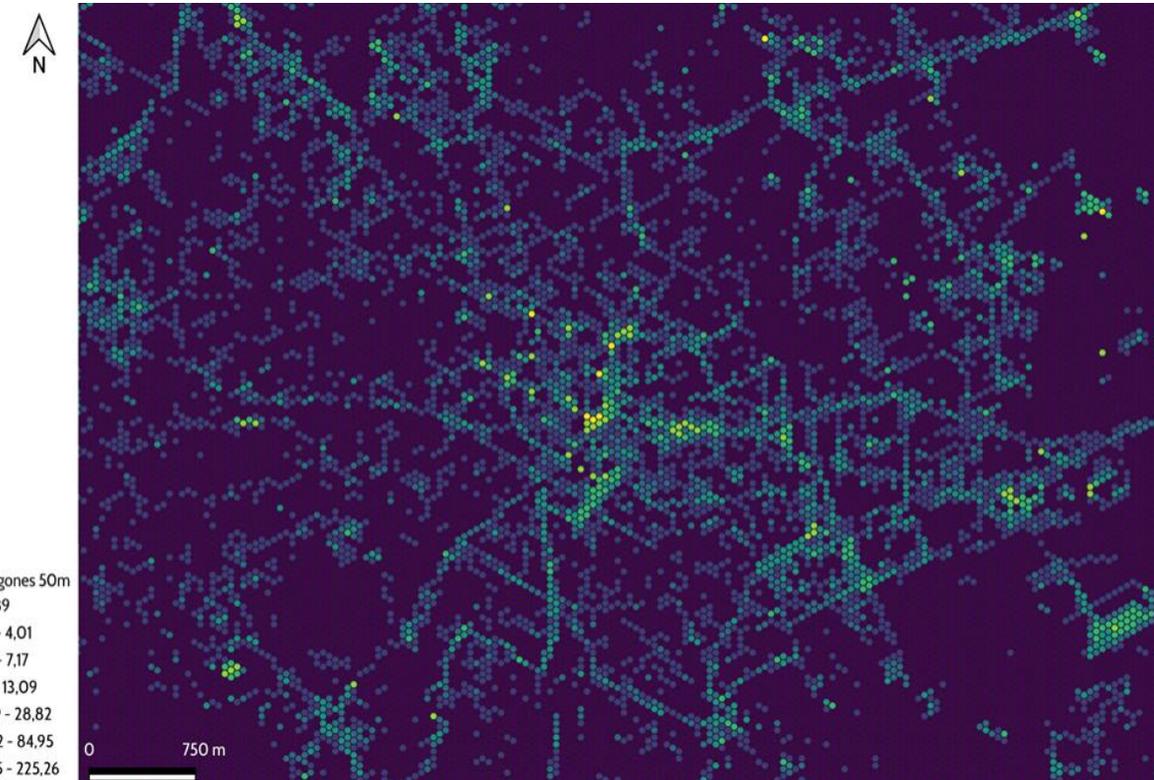
- Les images Jilin-1 possèdent un capteur dans le bleu. Cependant le ciel réfracte fortement le bleu. Le signal est alors très faible.



- Transformation Radiance totale (W.m-2.sr-1)



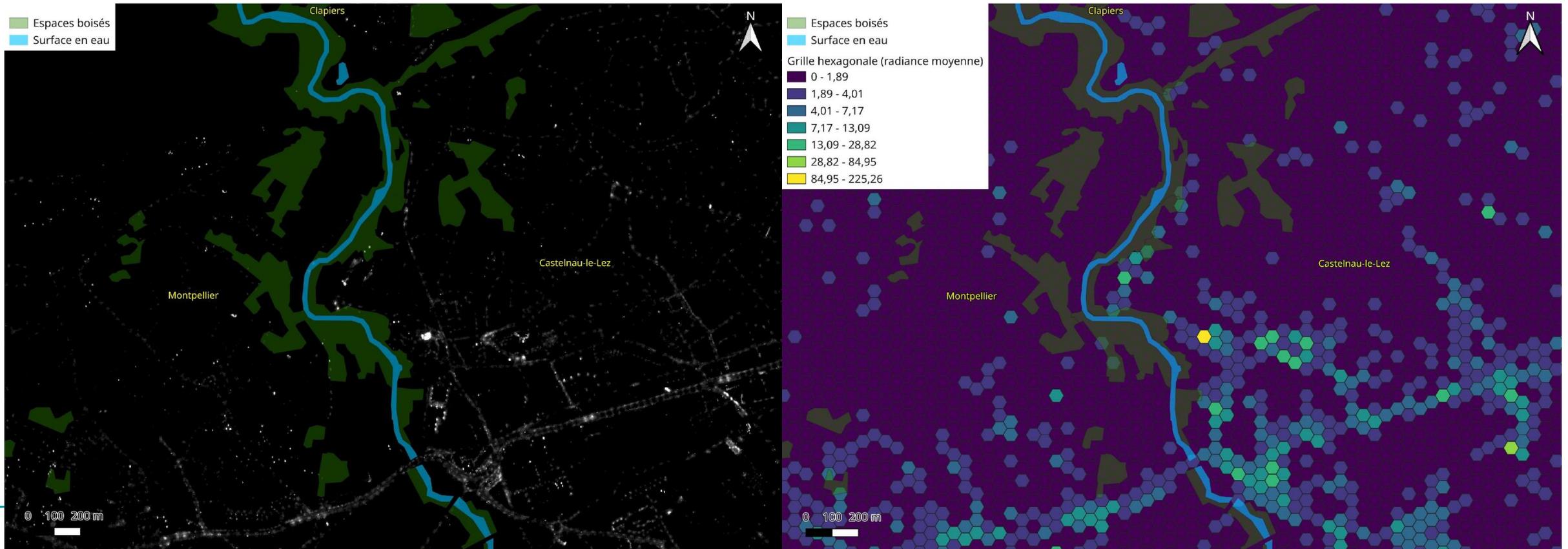
Image raster en radiance, datée du 26 août acquise par Jilin-1 de CGSatellite et distribuée par La TeleScop
Echelle de visualisation 1/25000ème - zoom centré sur le quartier de l'Ecusson.



Grille hexagones 50m

1 - 1,89
1,89 - 4,01
4,01 - 7,17
7,17 - 13,09
13,09 - 28,82
28,82 - 84,95
84,95 - 225,26

- Métropole de Montpellier : interprétation visuelle, déduction
- X Espaces boisés - cours d'eau (OSM)
 X Radiance (Jillin-1 CGSatellite, radiance polygone 50m)

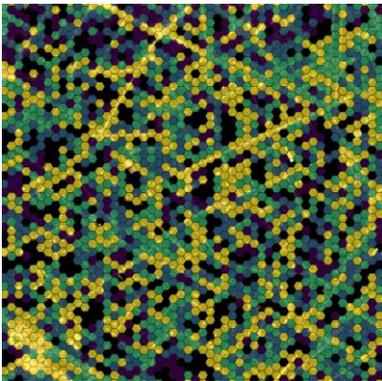


- **Méthode d'identification de la Trame noire :**
 - 1) Analyse de la pollution lumineuse
 - *Tests d'indicateurs : visibilité, lumière bleue, radiance totale*
 - 2) Acceptabilité sociale de la Trame noire
 - 3) Zones à enjeux pour la biodiversité
 - *Echanges et inventaires avec les naturalistes*
 - 4) Identification d'une trame noire
 - *Croisement des 1ères phases : réservoirs et corridors et points de conflit*
 - *Hiérarchisation des continuités écologiques : à préserver/restaurer*
 - 5) Actions de gestion de l'éclairage et en faveur de la biodiv. nocturne
 - 6) Suivi et évaluation de la trame noire



Images satellites nocturnes très haute résolution (Jilin)

Statistiques selon un zonage prédéfini



Classement en fonction du niveau de radiance (selon découpage par maille / par quartier / commune)

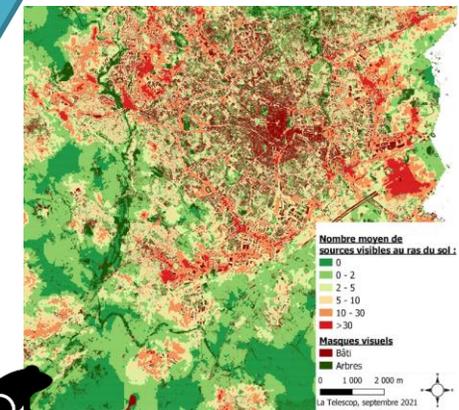
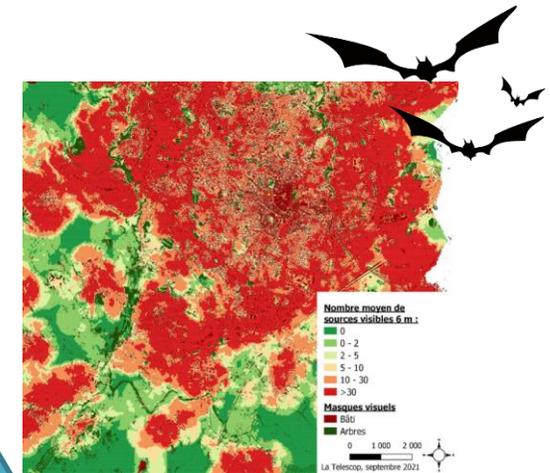


Estimation des sources lumineuses publiques et privées



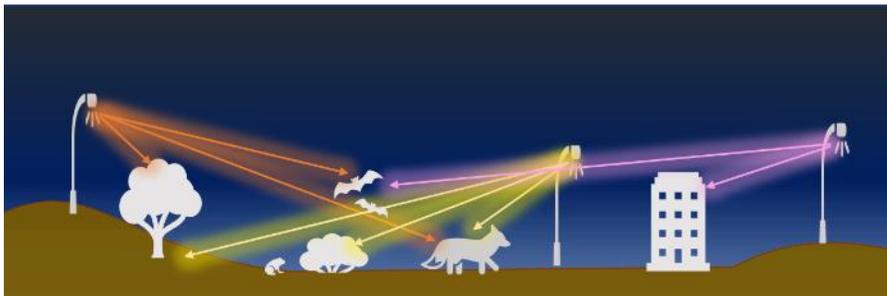
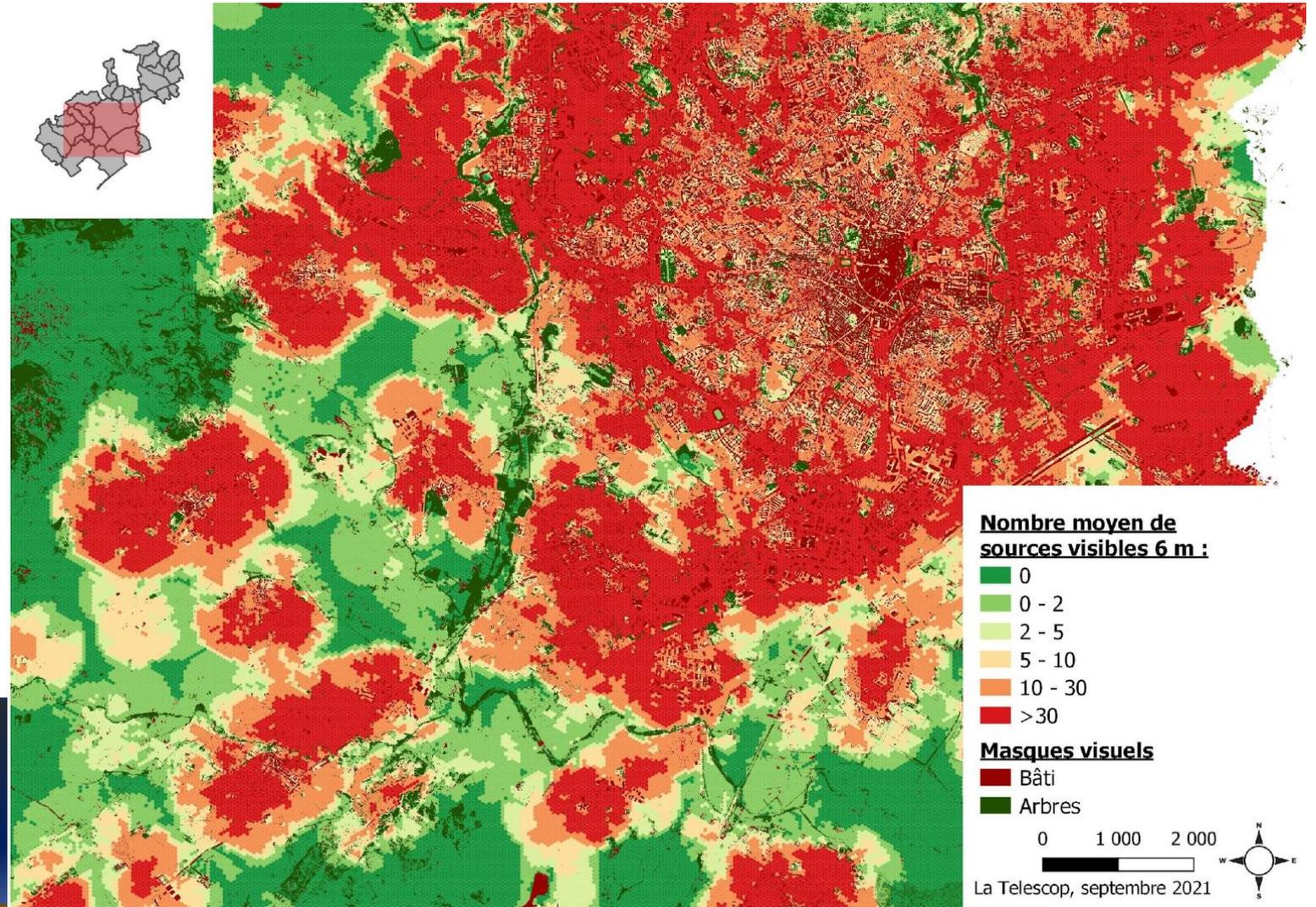
Modèle numérique de terrain + hauteur des bâtiments (+hauteur végétation haute et dense si disponible)

Analyse visibilité directe



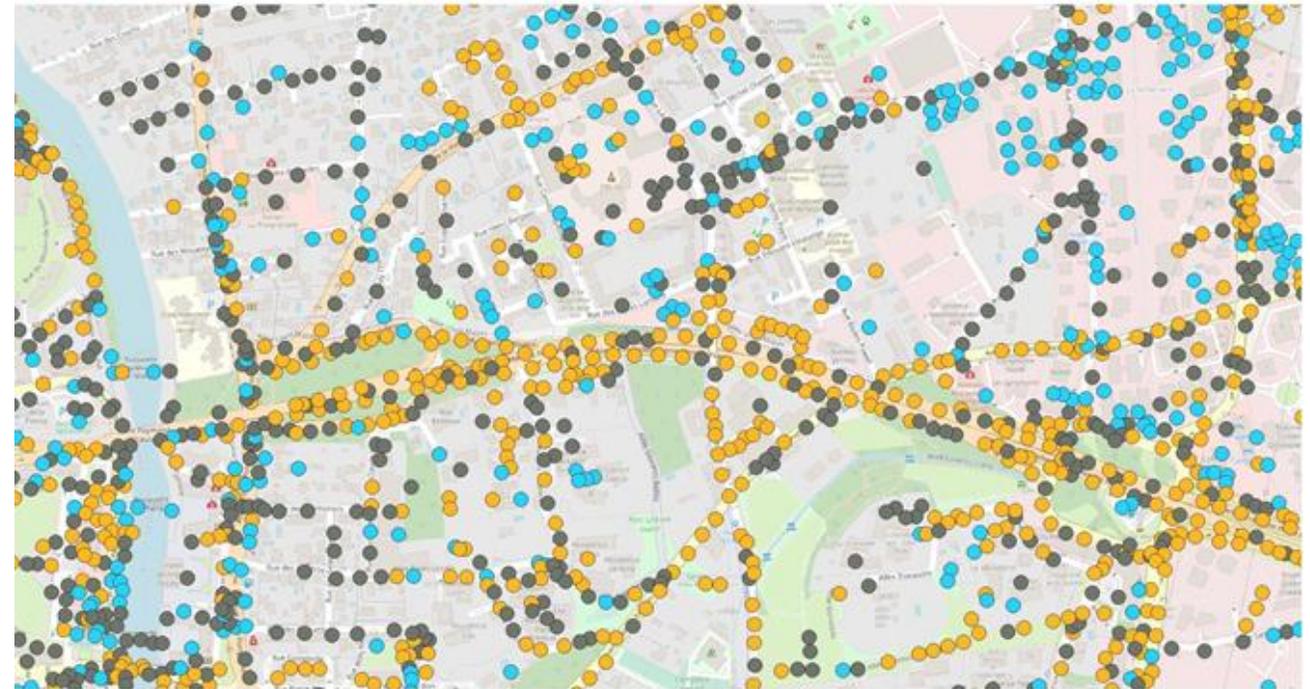
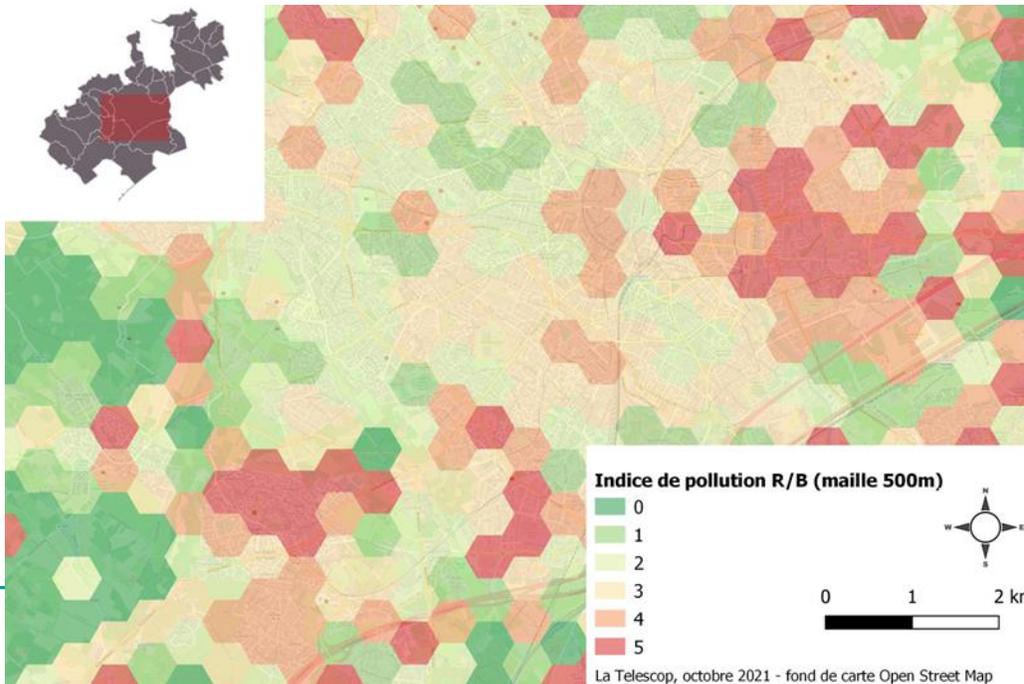
Estimation du nombre de sources visibles selon une hauteur d'observation définie, en tout point du territoire

- Nombre de sources lumineuses visibles
→ Estimation de la pollution directe



Observateur à 6 m du sol

- Test ratio lumière rouge / bleue
- Estimation du type de lampe SHP/LED, mais dépend de la sensibilité du capteur Jillin...



Ratio R/B

- <1,4 (Forte probabilité de LED)
- de 1,4 à 1,8
- >1,8 (Forte probabilité SHP)

0 100 200 m



La Telescop, septembre 2021 - fond de carte Open Street Map



● Test pour détecter les éclairages mal orientés (Flux perdu vers le ciel)



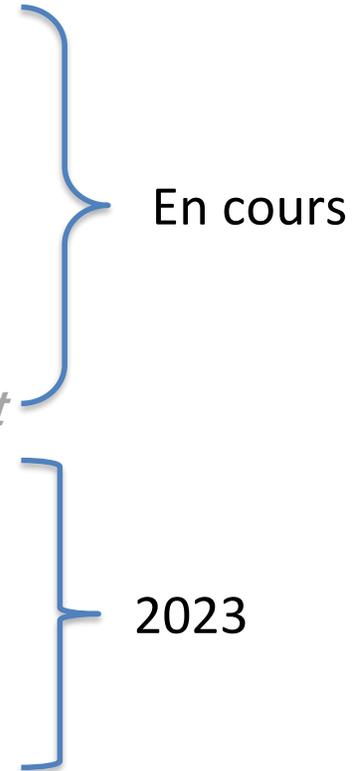
Emissions dans l'hémisphère supérieur (lumière perdue)

- Pertes faibles ($10 < E_{est} < 25$)
- Pertes probables en cas de faible éclairage ($25 < E_{est} < 35$)
- Pertes très probables ou fort éclairage ($35 < E_{est} < 50$)
- Pertes importantes ($E_{est} > 50$)

E_{est} = "Eclairage estimé", définis à partir du niveau de radiance en considérant une perte de flux négligeable vers le haut



- **Méthode d'identification de la Trame noire :**
 - 1) Analyse de la pollution lumineuse
 - *Tests d'indicateurs : visibilité, lumière bleue, radiance totale*
 - 2) Acceptabilité sociale de la Trame noire
 - 3) Zones à enjeux pour la biodiversité
 - *Echanges et inventaires avec les naturalistes*
 - 4) Identification d'une trame noire
 - *Croisement des 1ères phases : réservoirs et corridors et points de conflit*
 - *Hierarchisation des continuités écologiques : à préserver/restaurer*
 - 5) Actions de gestion de l'éclairage et en faveur de la biodiv. nocturne
 - 6) Suivi et évaluation de la trame noire



- Une enquête nationale sur les besoins a été réalisée par l'INRAE – 223 réponses

- Les acteurs ayant signalé des besoins

- 95 Collectivités (43%)
 - Presque tous les PNR
- Services de l'Etat et autres acteurs publics (16%)
- Associations (22%)
- Acteurs privés (11%) dont des bureaux d'études accompagnant les collectivités
- Laboratoires de recherche (9%)

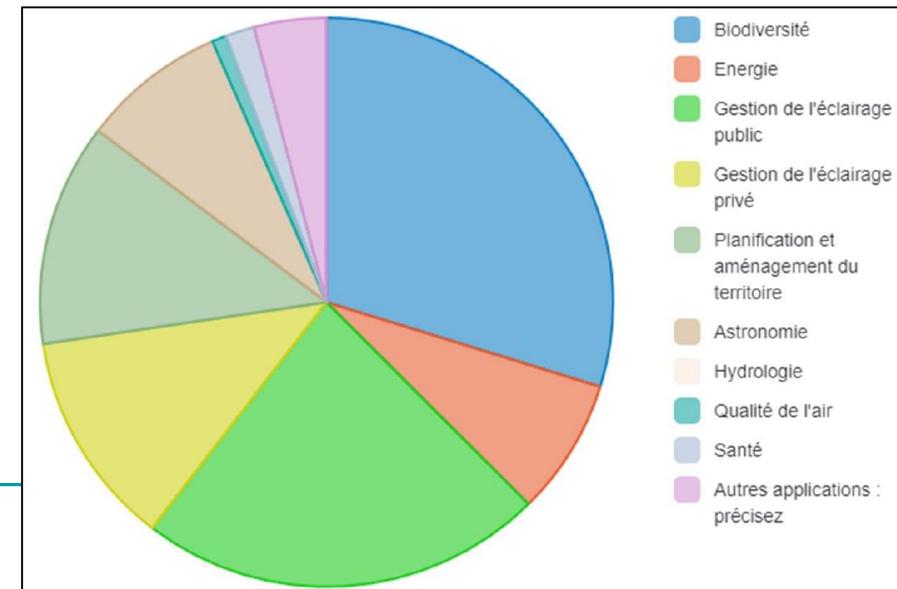
- Types de missions requérant des images satellites de nuit (plusieurs réponses possibles)

- Etudes opérationnelles (74%)
- Communication ou sensibilisation (59%)
- Recherche (28%)
- Enseignement (15%)

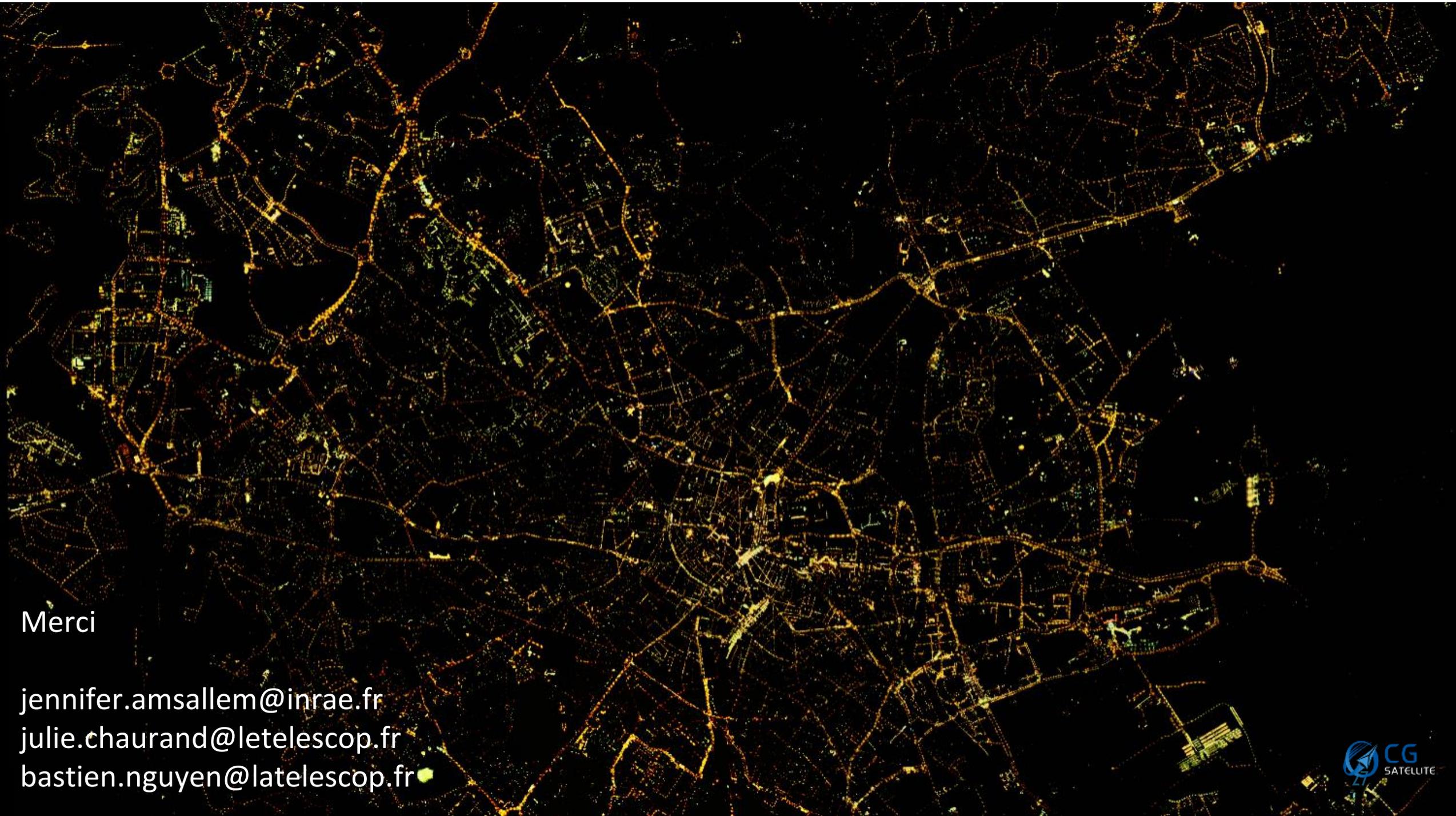
- Echelles d'utilisation

- Communale (76%)
- Intercommunale (67%)
- Régionale (26%)
- Nationale (9%)

Pour quels usages ?



- Un besoin réel, mais des images peu accessibles aux petites structures □ coûts
- Evolution vers un système de mutualisation d'images satellites de nuit pour baisser les coûts ?
- Retard de la France et de l'Europe sur les images satellites de nuit très haute résolution
 - Des réflexions en cours du côté d'Airbus pour des images en 2024
- Projet d'extension QGIS pour calculer des indicateurs de pollution lumineuse à partir d'images satellites THRS - INRAE-La TeleScop 2023



Merci

jennifer.amsallem@inrae.fr
julie.chaurand@letelescop.fr
bastien.nguyen@letelescop.fr

