



# Pollution lumineuse: éclairage public, biodiversité, Réserves de Ciel Etoilé

Sébastien Vauclair

[sebastien@darkskylab.com](mailto:sebastien@darkskylab.com)

Epinal 21/03/2018

**SCIENCE PARTICIPATIVE :**  
**appel à bénévoles & initiation**

**Eclairage public &  
Pollution lumineuse :**  
**vers la définition d'une Trame Noire**

**Planetarium d'Epinal**  
**Mardi 20 mars 2018**  
**20h à 22h**

**Initiation à la prise de mesure & prêt de matériel**

*Les collectivités des Vosges Centrales souhaitent définir une «Trame noire», c'est-à-dire un schéma d'aménagement du territoire qui oriente les projets d'urbanisme et les travaux de rénovation de l'éclairage public vers une meilleure maîtrise des impacts de la pollution lumineuse sur la biodiversité nocturne.*

*Encore faut-il pouvoir la mesurer... c'est là que vous intervenez !*

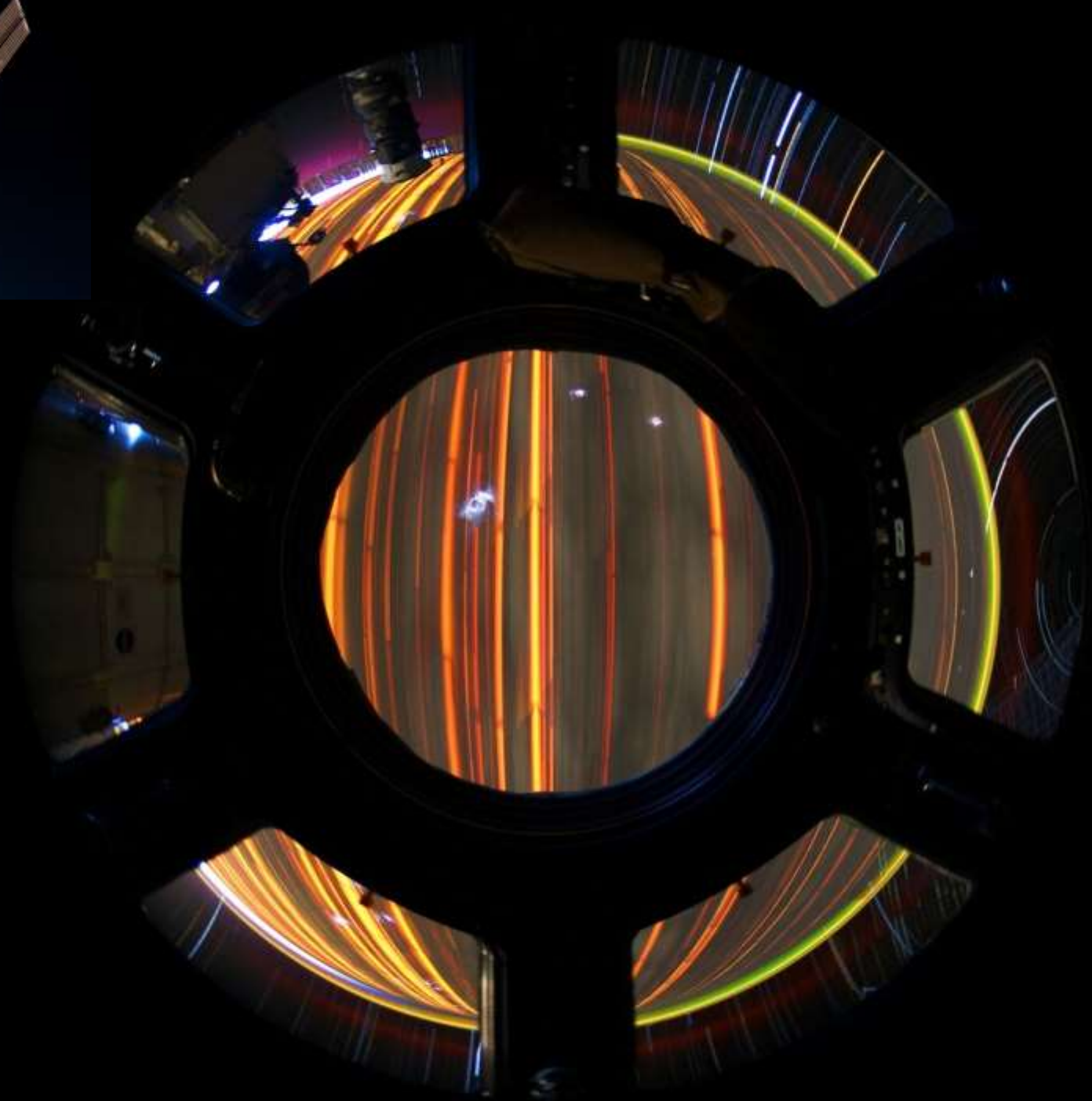
Plus d'informations : Planetarium d'Epinal : 03 29 35 08 02

© Todd Carlson, Toronto 2013



PLANETARIUM  
EPINAL







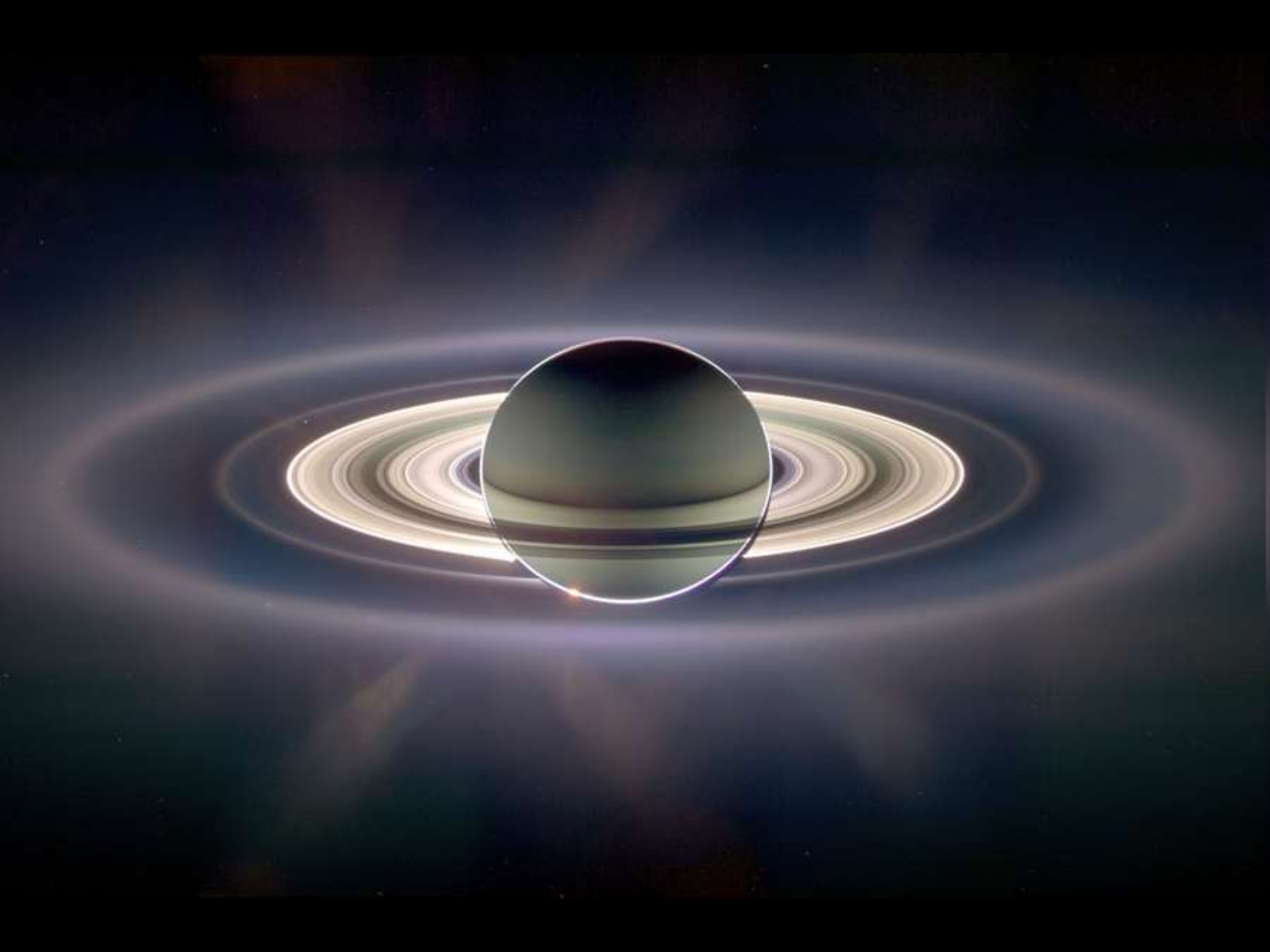




La Terre et la Lune vues de Mars

Spacecraft: Mars Global Surveyor Orbiter

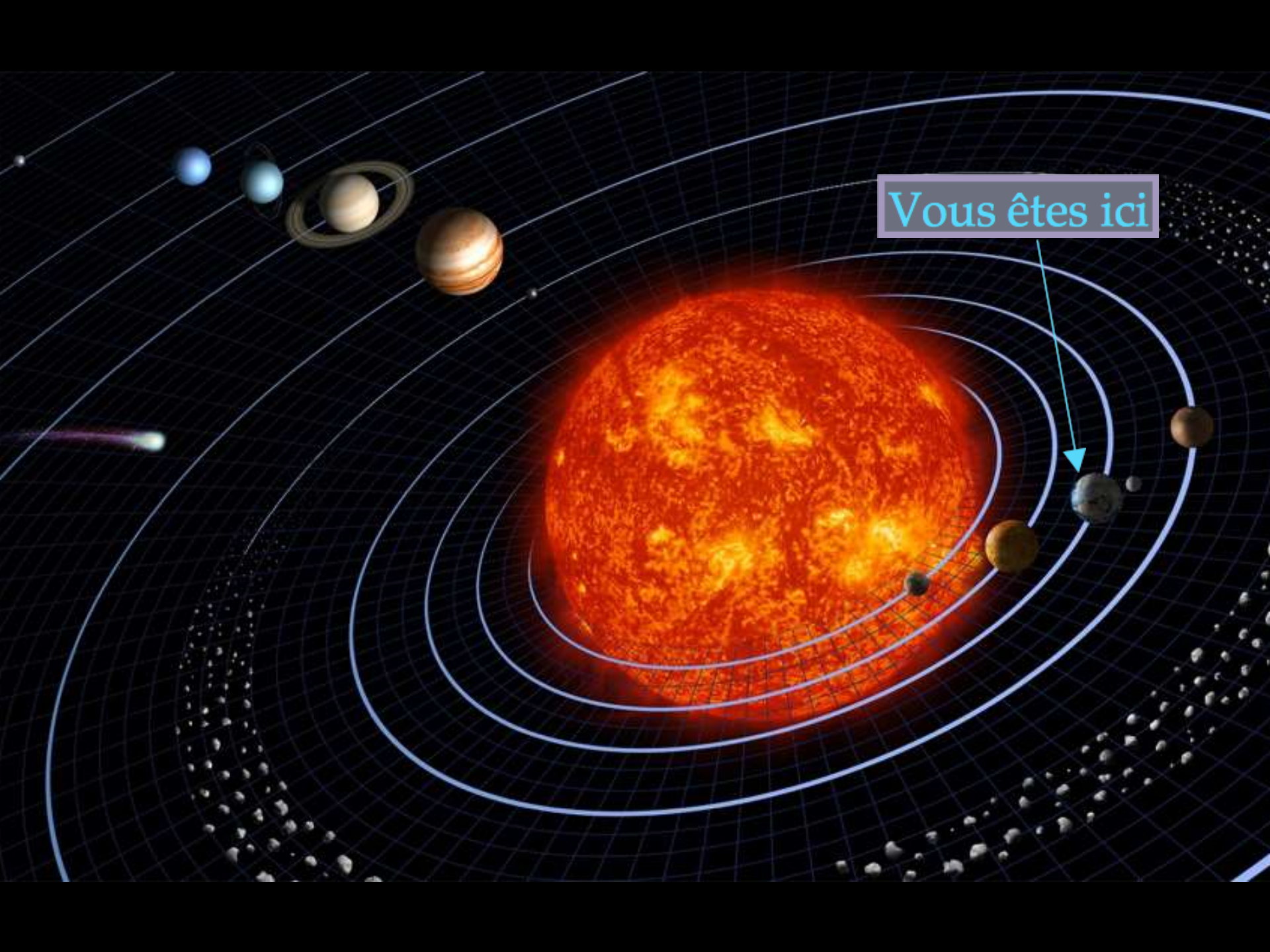
Instrument: Mars Orbiter Camera





La Terre et la Lune vues de SATURNE  
Spacecraft: Sonde spatiale Cassini  
Date : Septembre 2006





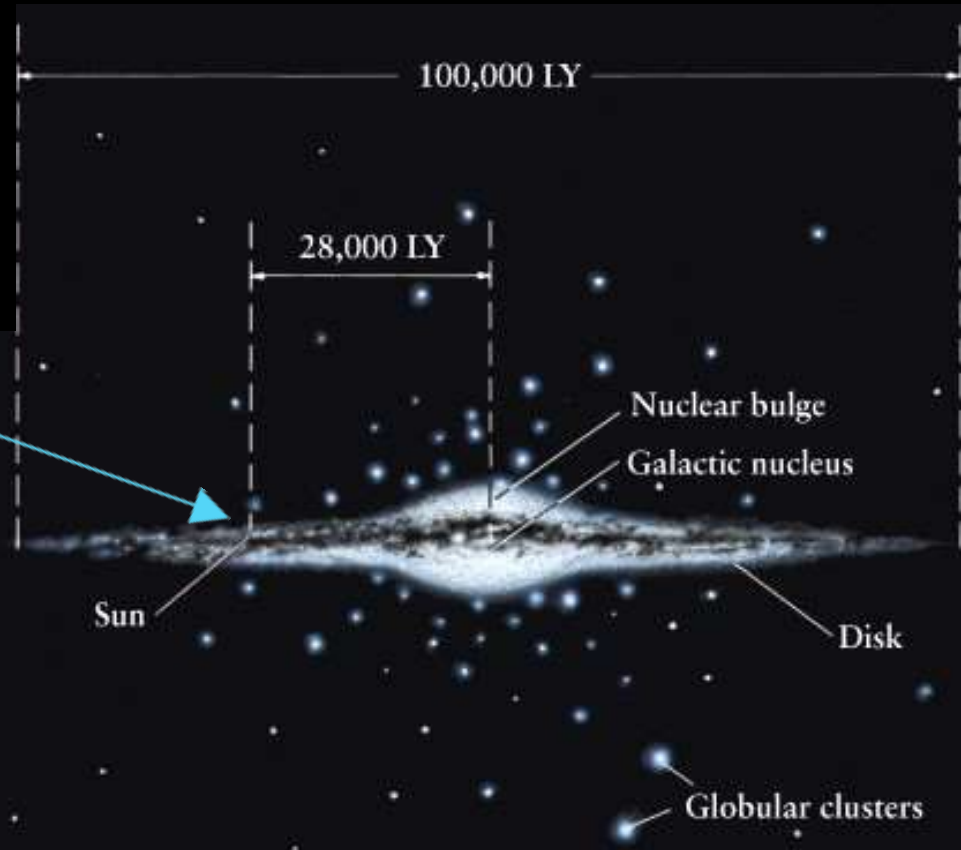
Vous êtes ici



# Notre Galaxie : La Voie Lactée



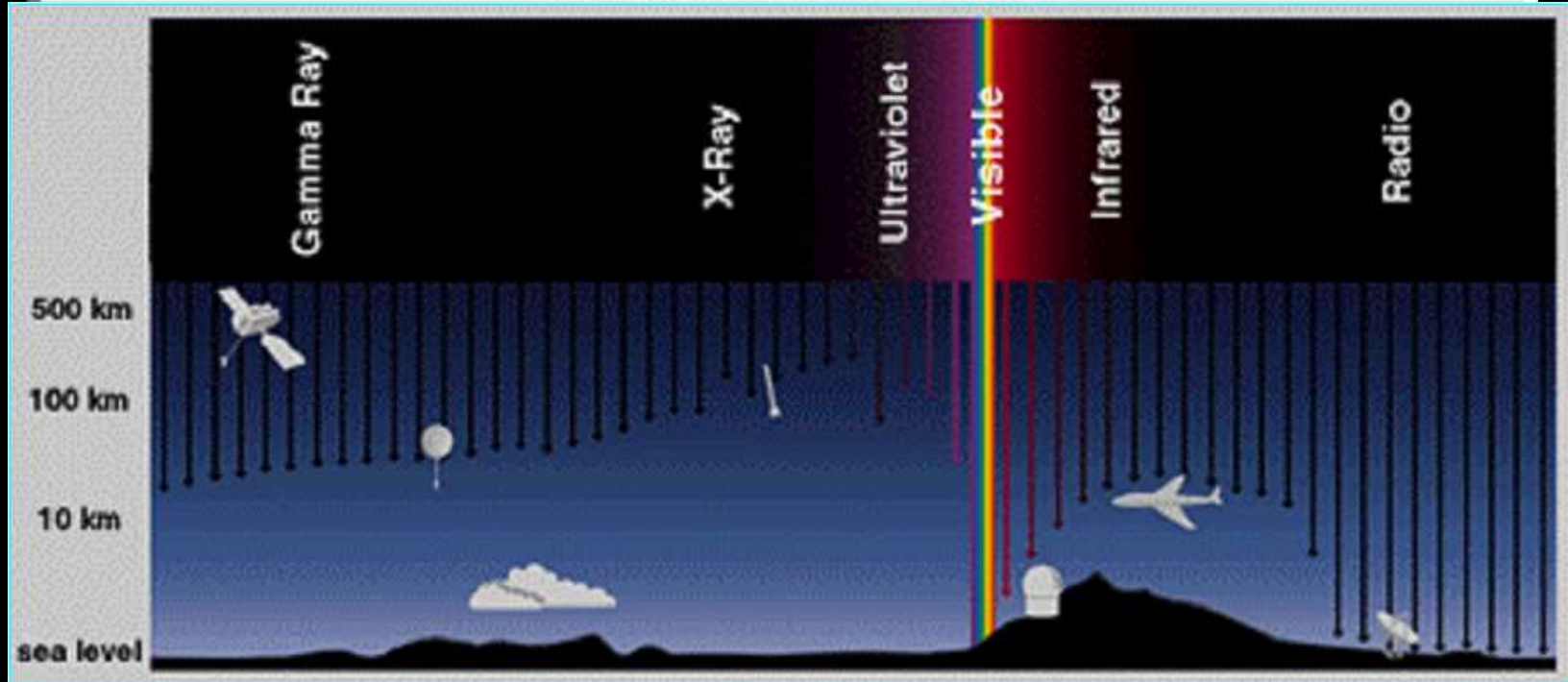
**Vous êtes ici**



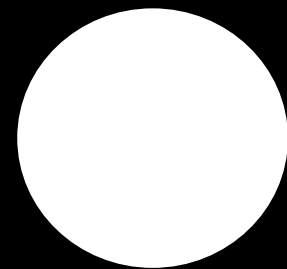
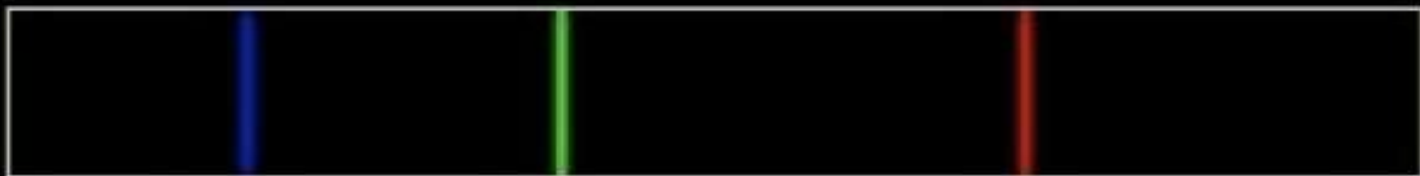




# Le spectre électromagnétique



# Perception humaine





# **La « pollution lumineuse » se définit par l'impact de la lumière artificielle sur l'environnement**

- Perte du ciel nocturne (paysages nocturnes)
- Effets sur les écosystèmes
- Gaspillages énergétiques
- Santé et confort des humains



Mt Wilson

Los Angeles 1908



Los Angeles 1958





Los Angeles 2008





Nuit étoilée 1889

Café Terrasse 1888





Millau (12)



Pénitents des Mées (04)

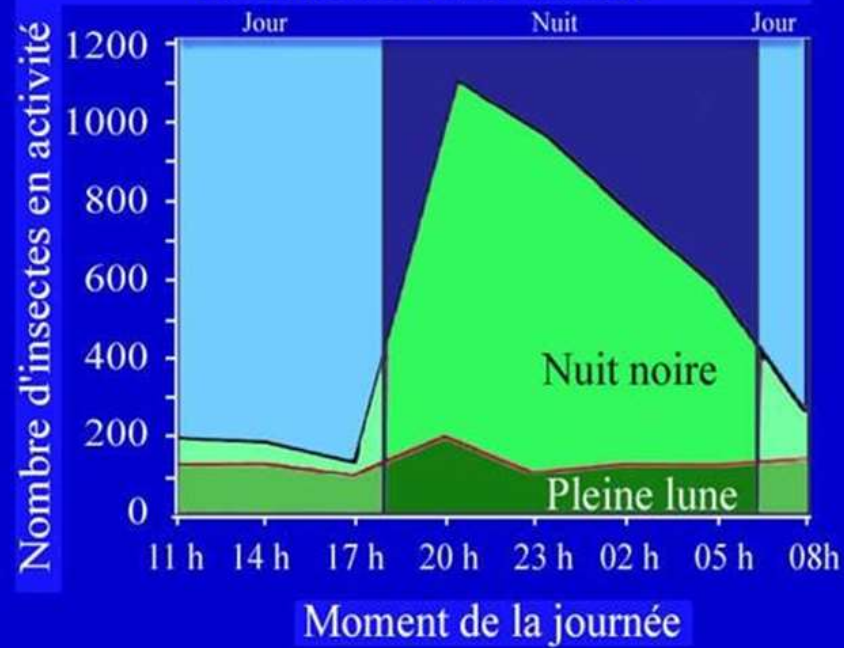


# Impact sur la faune

Mammifères nocturnes  
Oiseaux nocturnes, Rapaces  
Migrateurs  
Chauve-Souris  
Insectes  
Reptiles (tortues)  
Amphibien  
Espèces aquatiques  
Pollinisateurs...



### Migration et activité des insectes en fonction de l'intensité de la lumière

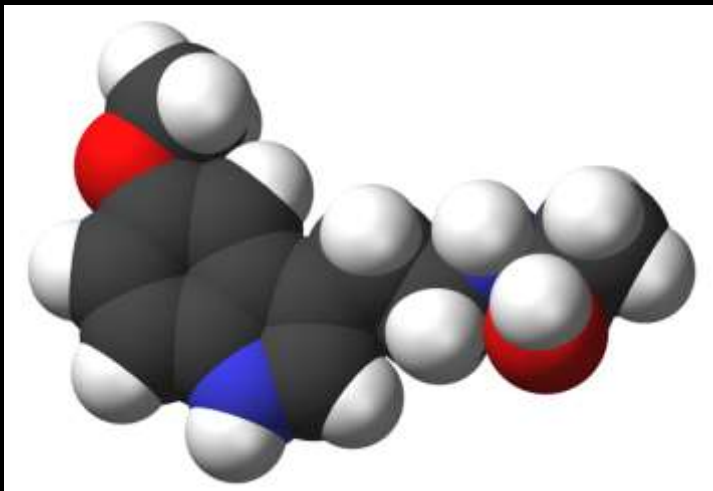


Pleine Lune < 1 Lux

# Impact sur l'humain



L'alternance jour/nuit est indispensable pour nos rythmes biologiques





# Métrologie et modélisation

# Moyens de mesure

- Mesures et photographies au sol



- Mesures et photographies aériennes



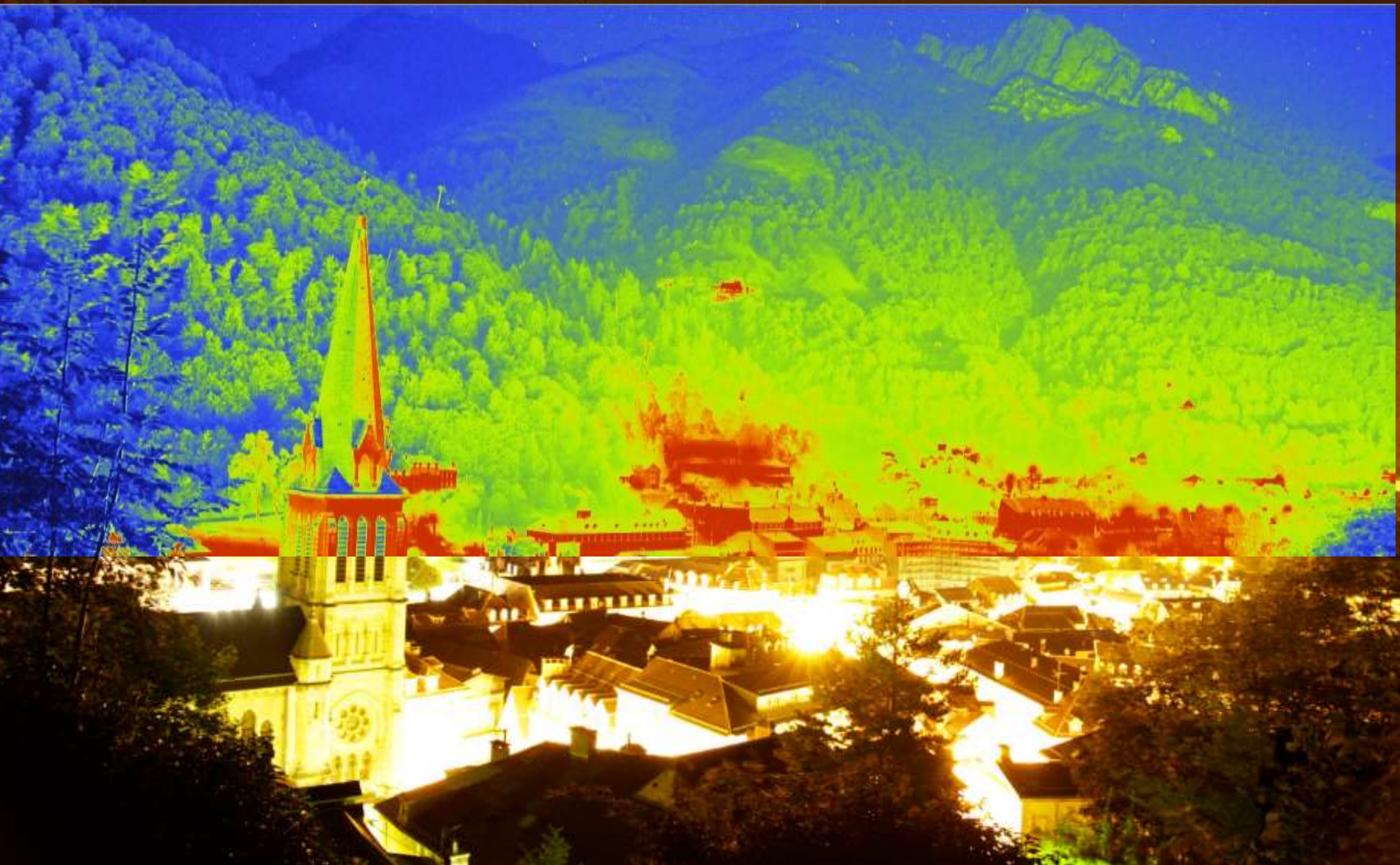
- Mesures et photographies spatiales





Viey (65)





Cauteret (65)

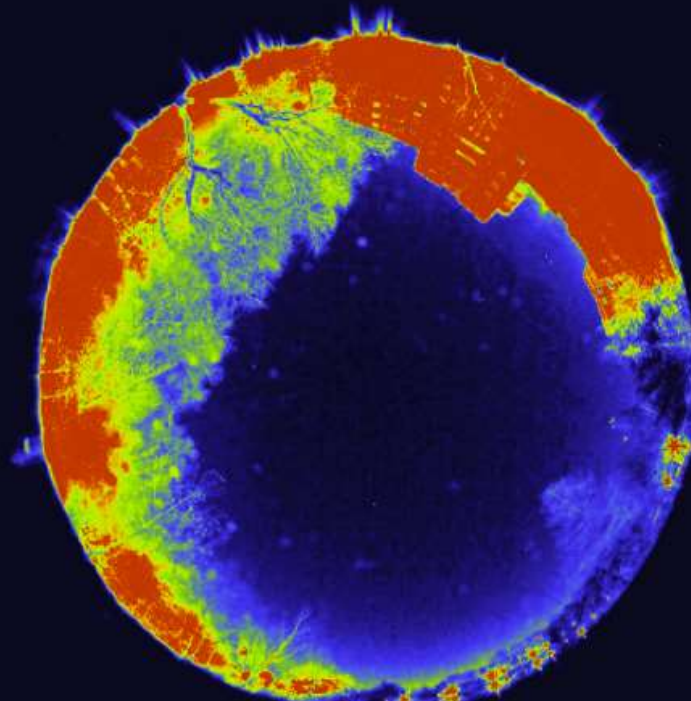
AllSky Cam



Pic du Midi



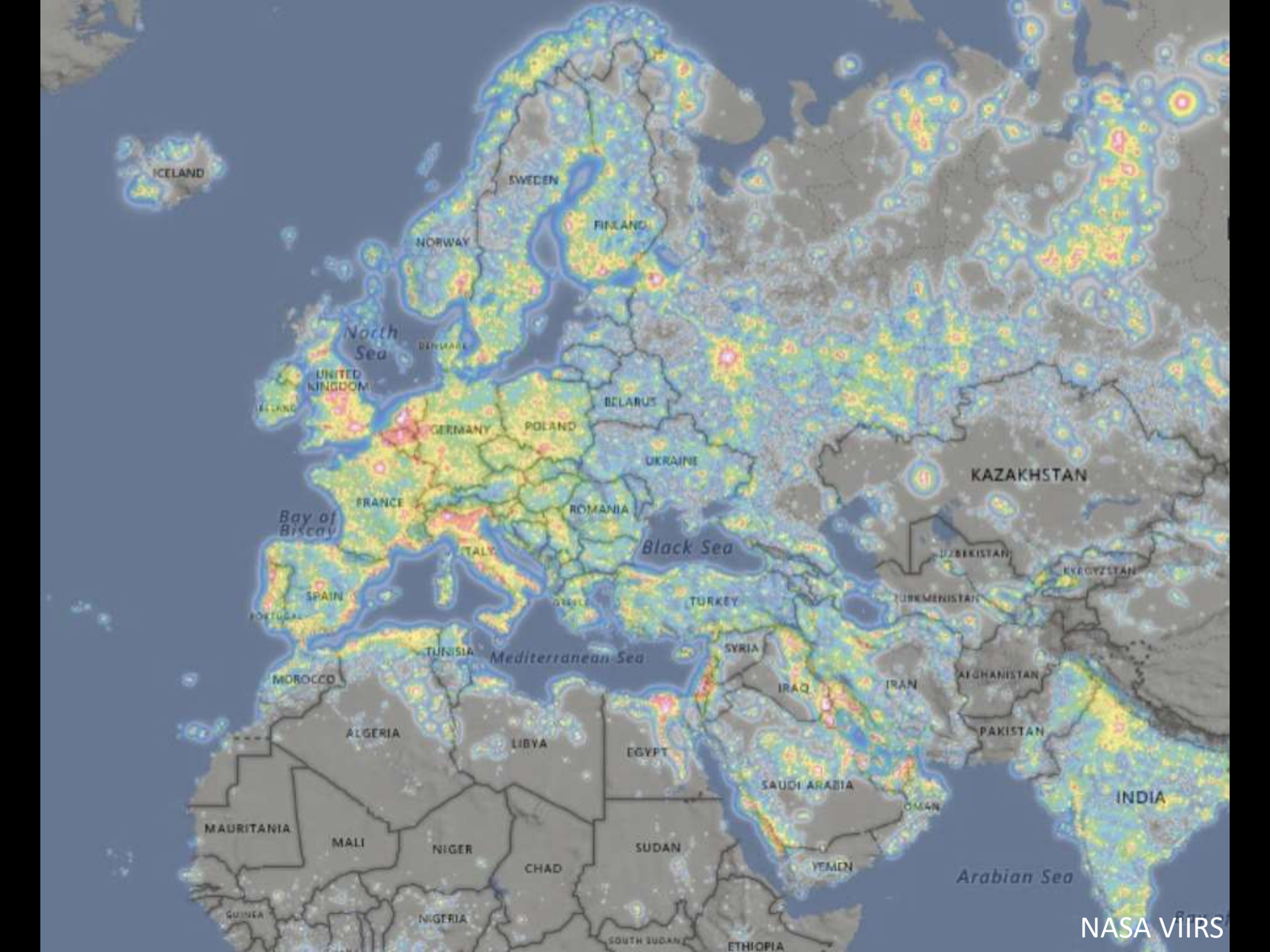
Toulouse



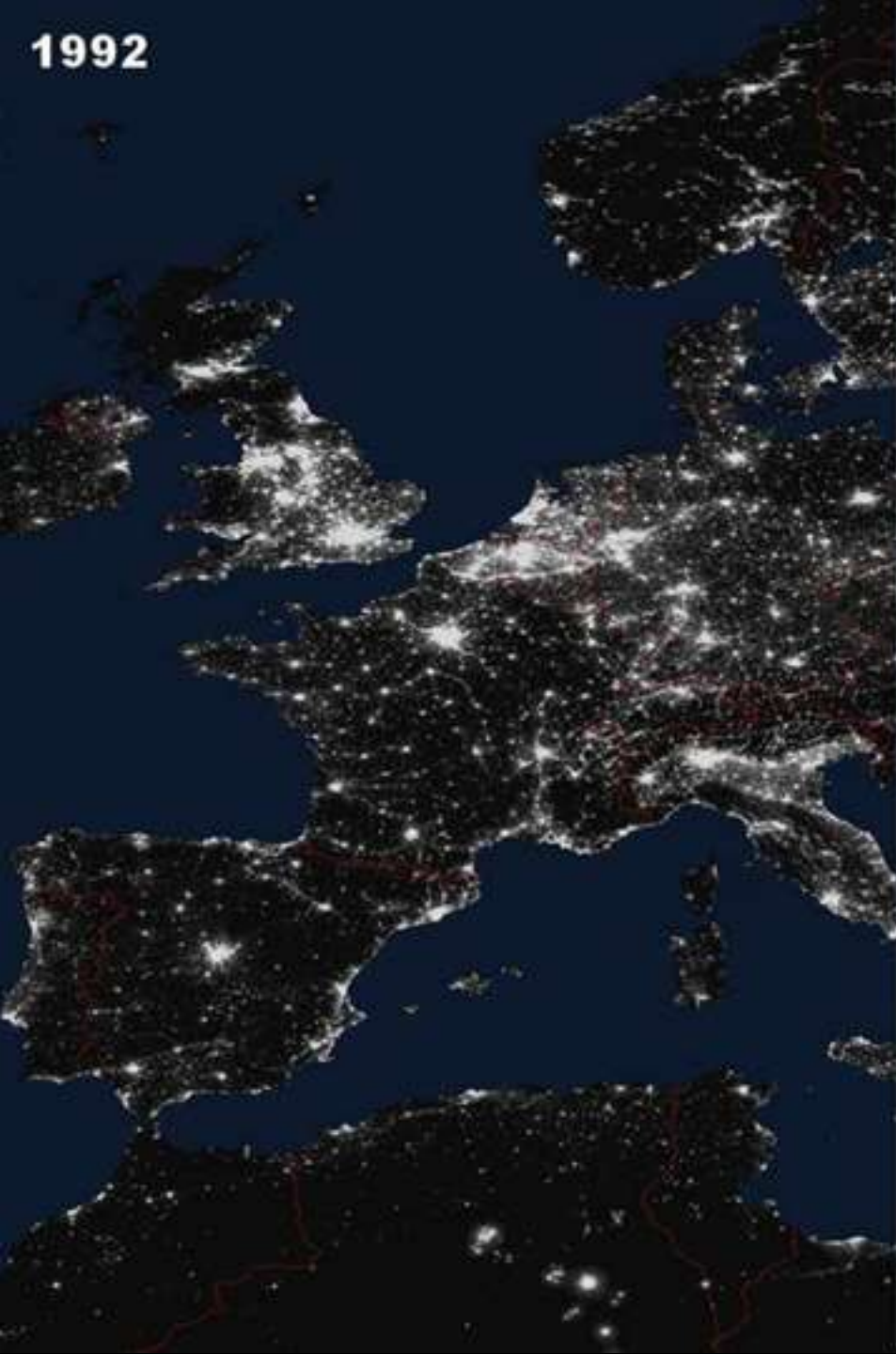




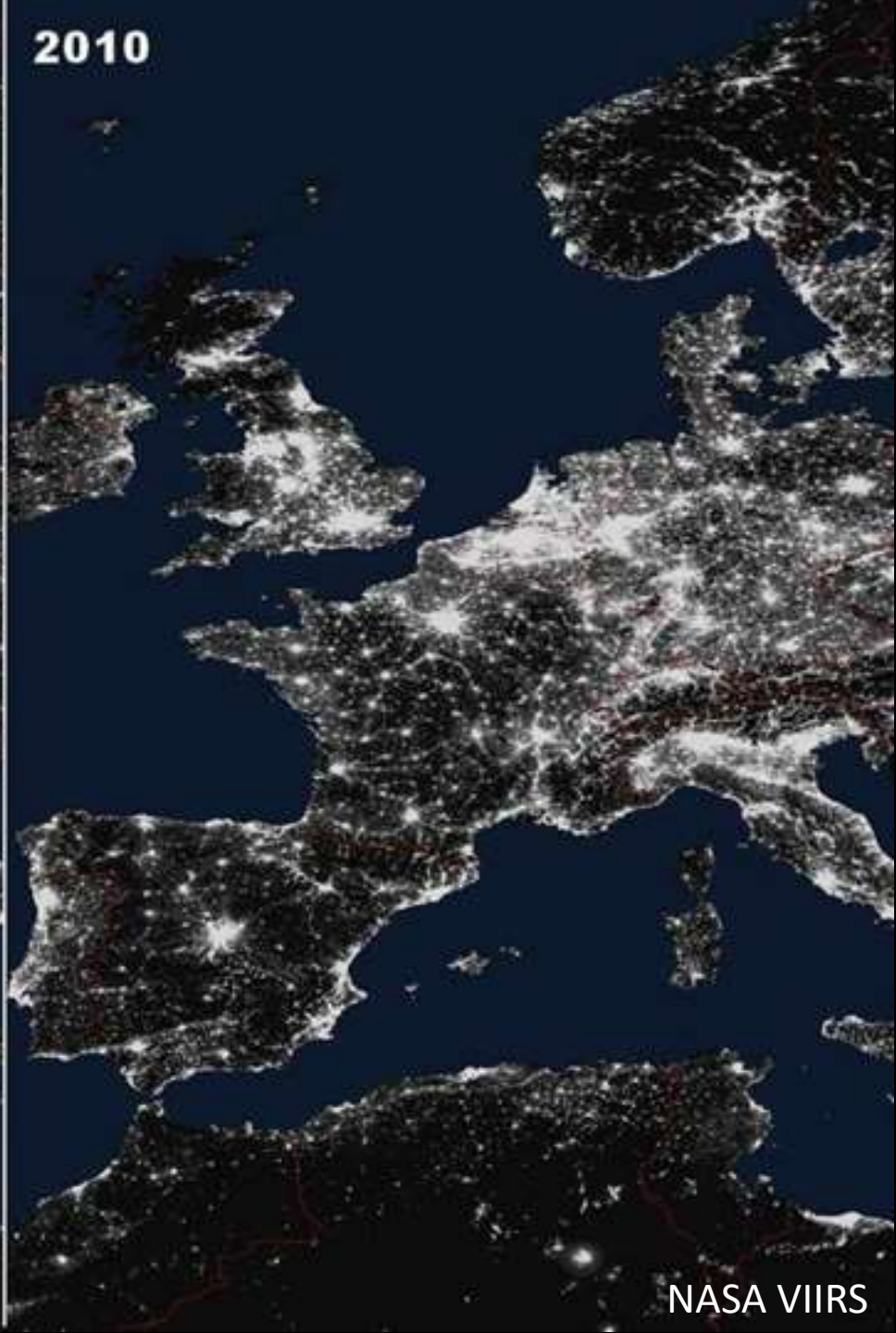




1992



2010



NASA VIIRS

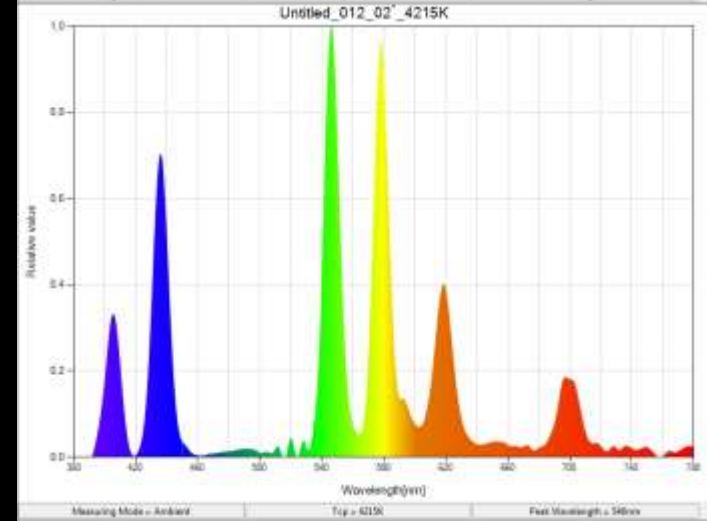
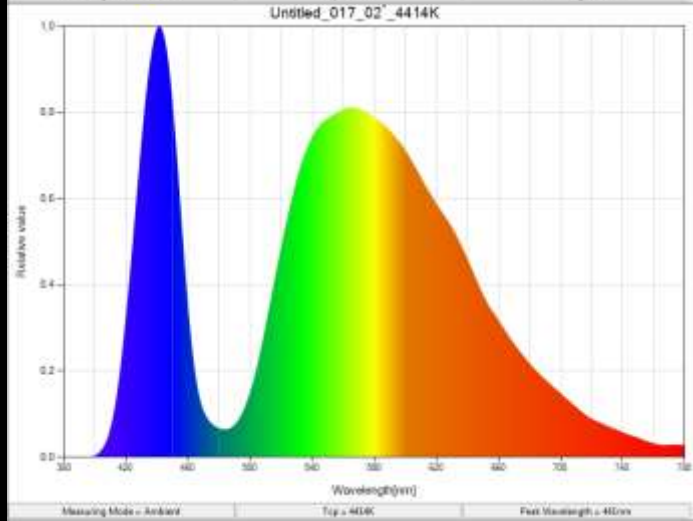
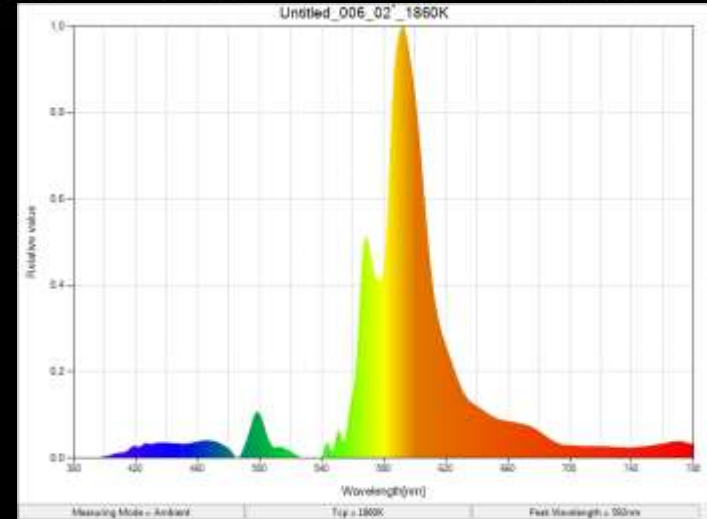
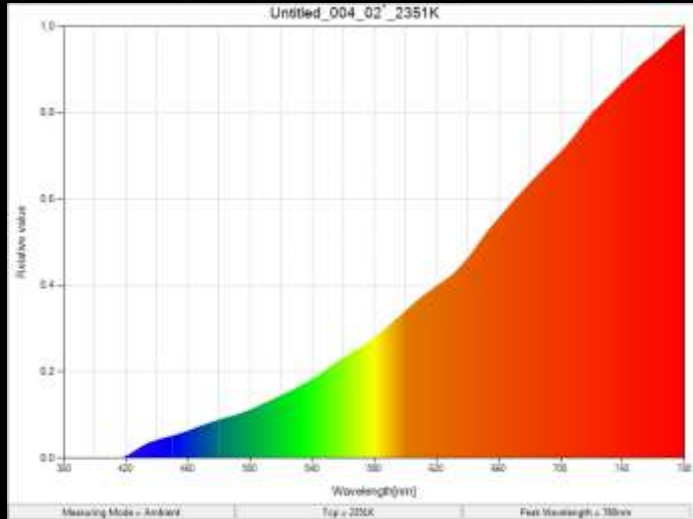
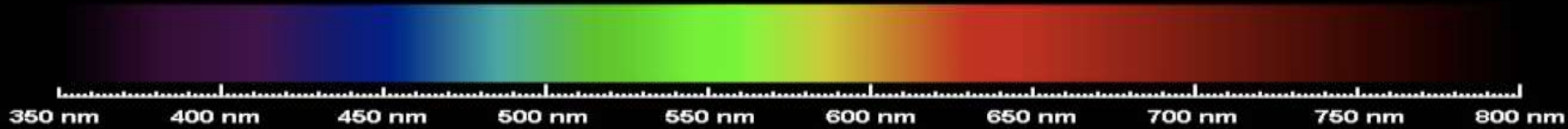


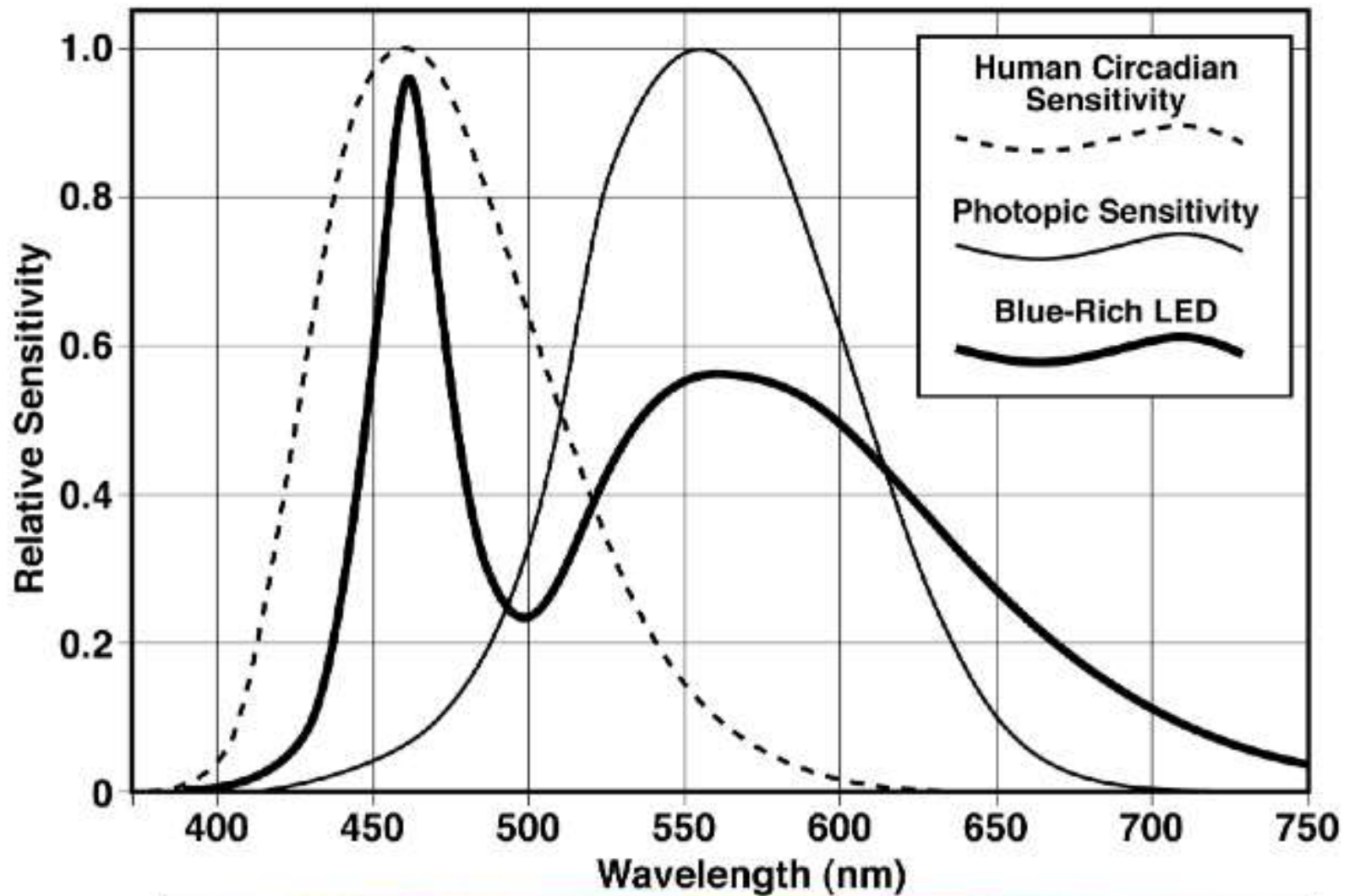
ISS





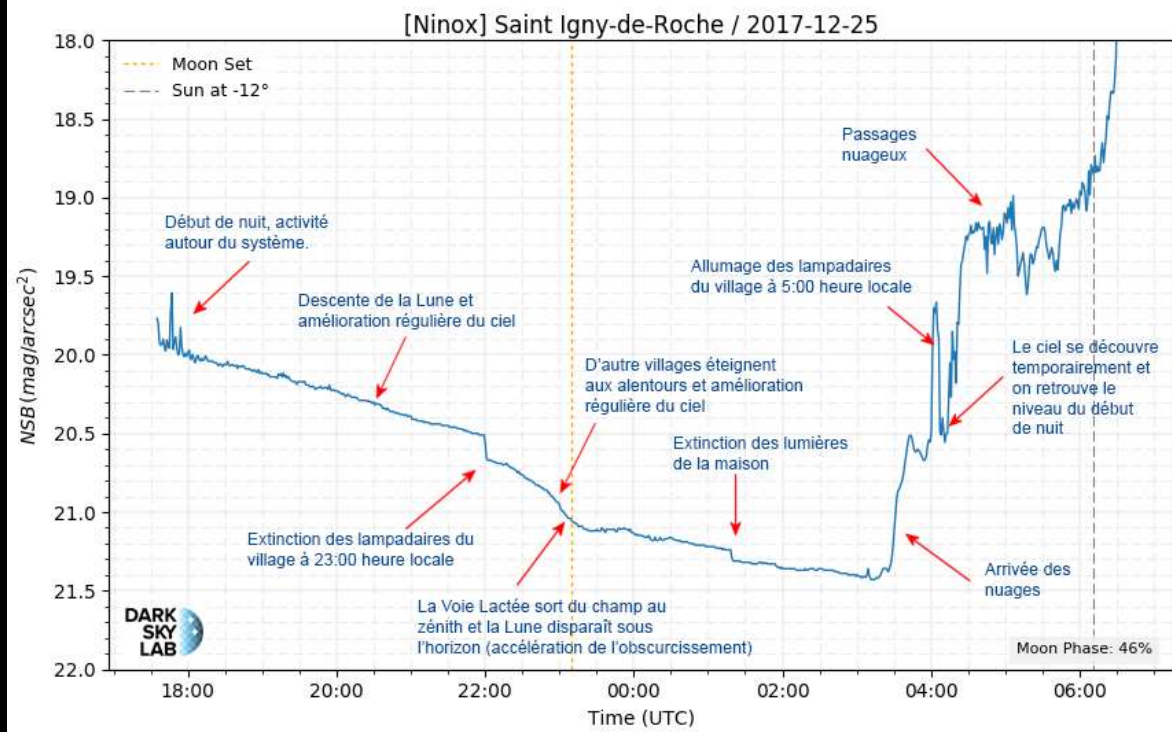
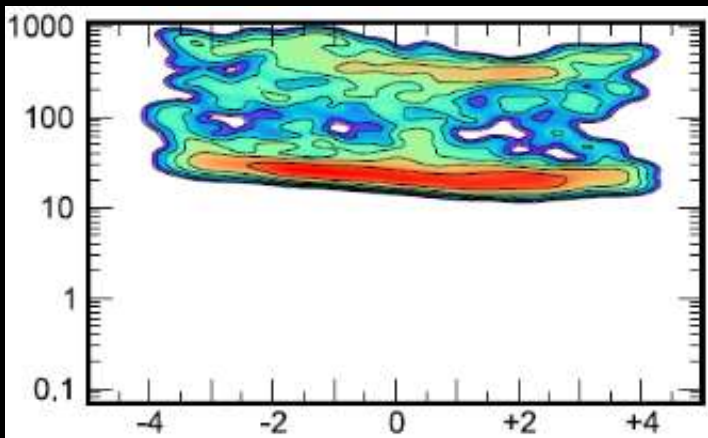
# Analyse spectroscopique des sources





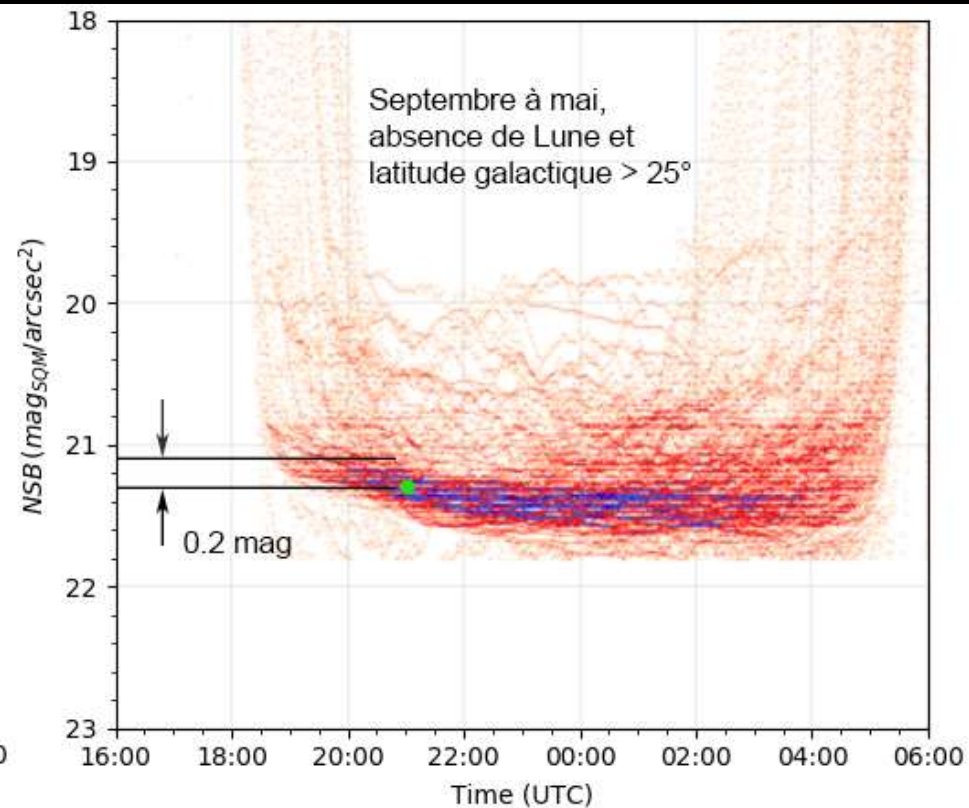
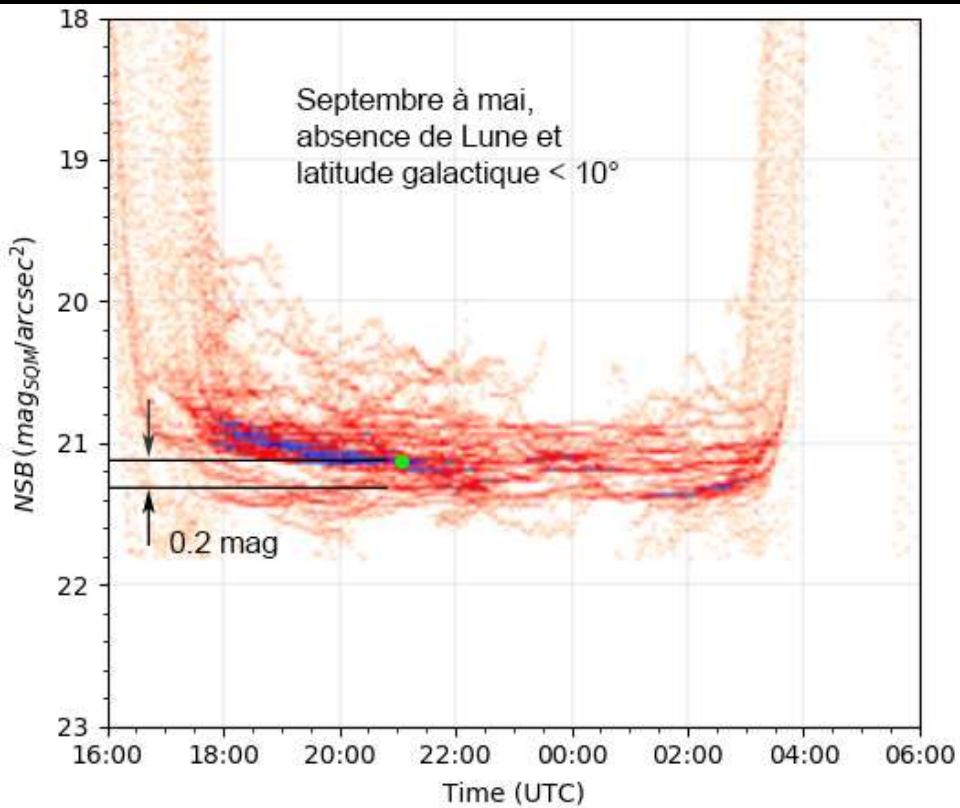
Violet      Blue      Green Yellow      Red

# Métérologie de la Pollution Lumineuse / Système Ninox

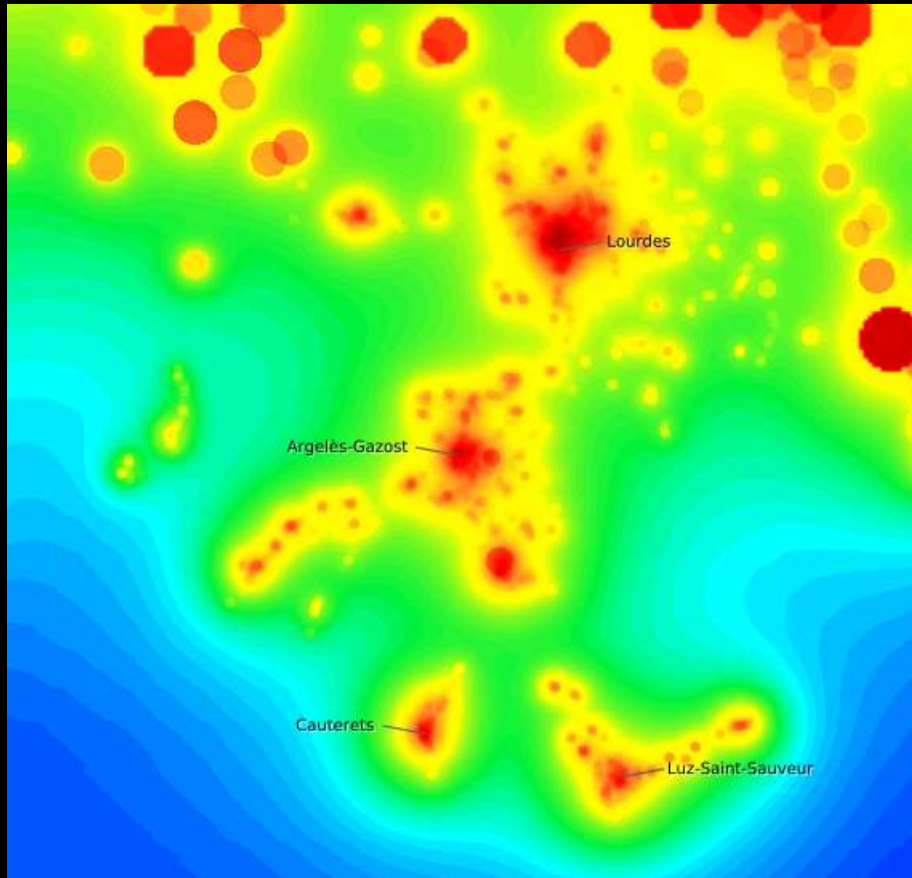




# Sensibilité à la Voie Lactée

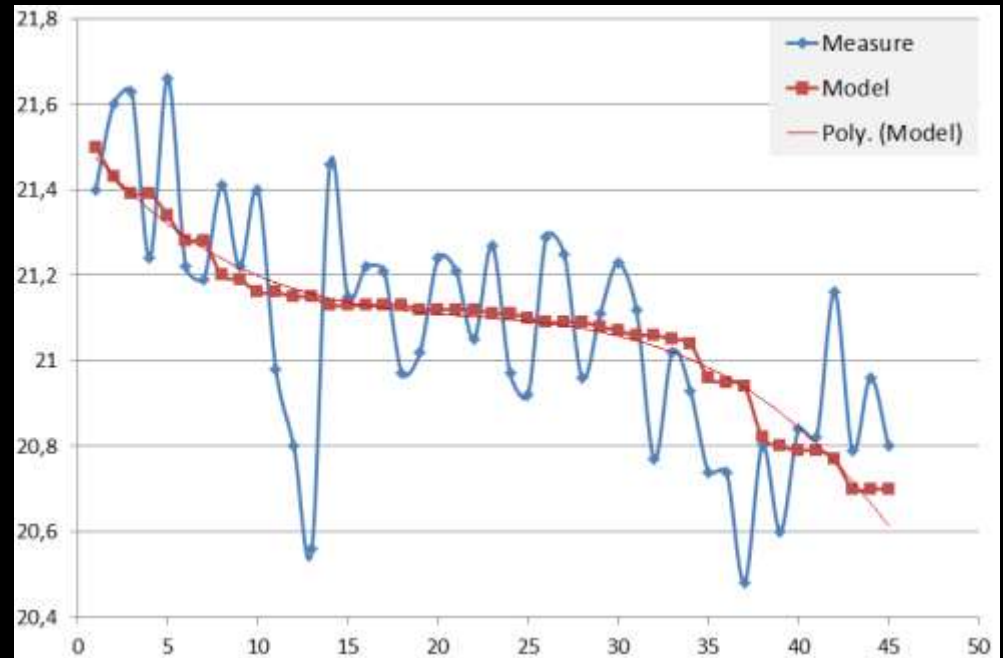
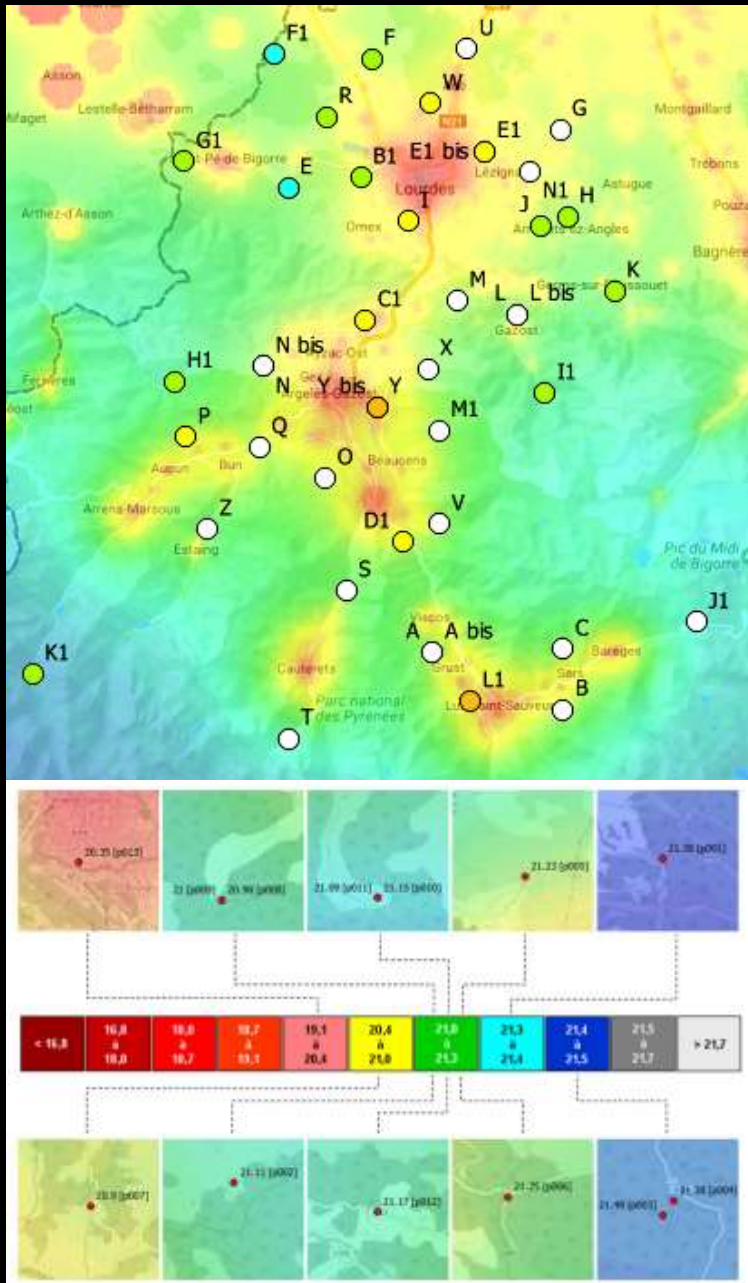


# Otus – Outil de modélisation de la pollution lumineuse

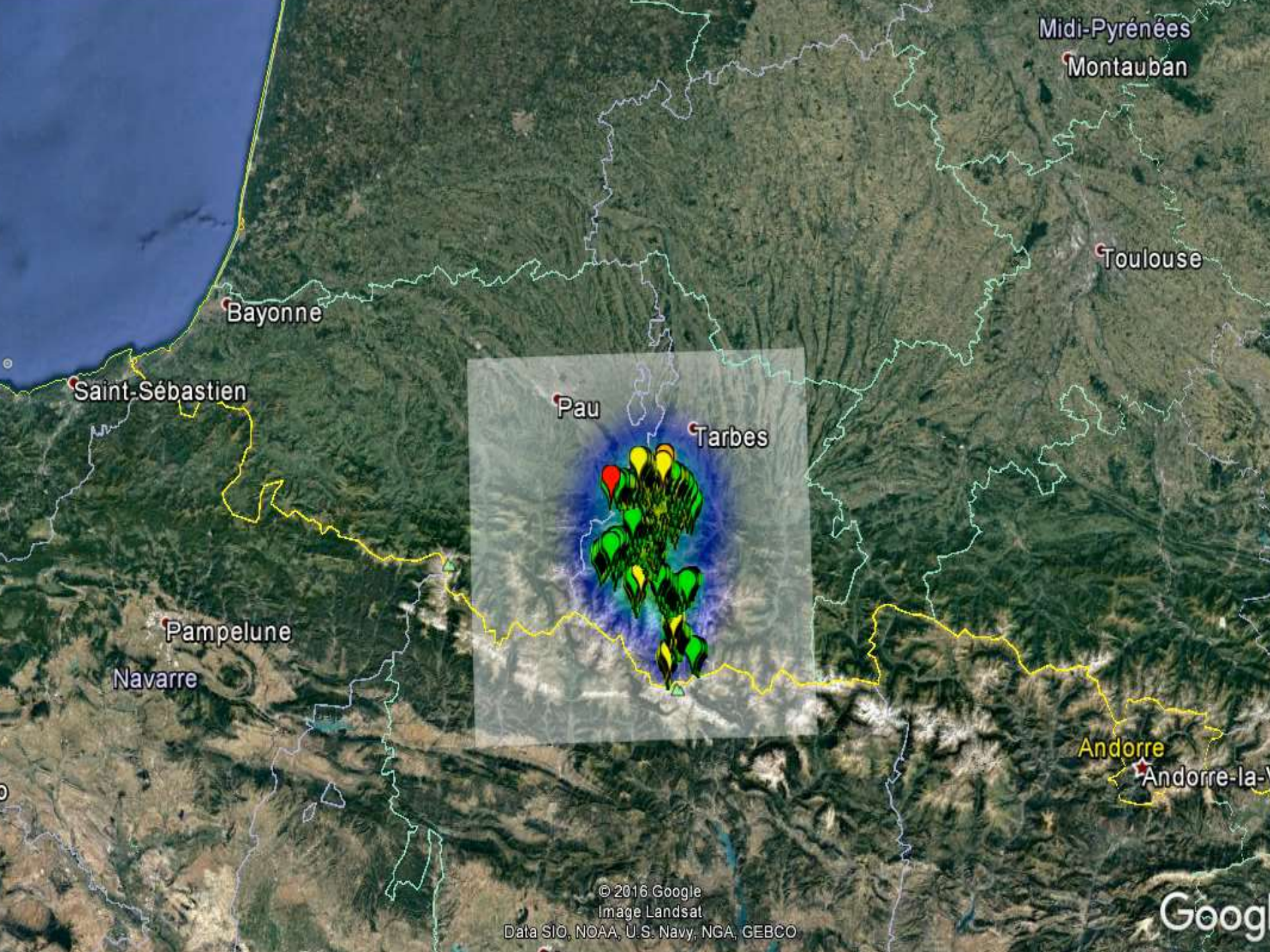


- Calcul de la diffusion lumineuse à partir de bases de données de sources géolocalisées avec leur paramètres physiques (puissance, ULOR, type de lampe, hauteur, albédo, etc.)
- Mode de simulation mixte pour prendre en compte les zones d'influences à plus grande distance pour lesquelles les données ne seraient pas disponibles
- Nécessité d'une base de données détaillées

# Validation du modèle Otus par des mesures in-situ







Midi-Pyrénées

Montauban

Toulouse

Bayonne

Saint-Sébastien

Pau

Tarbes

Pampelune

Navarre

Andorre

Andorre-la-Vieille

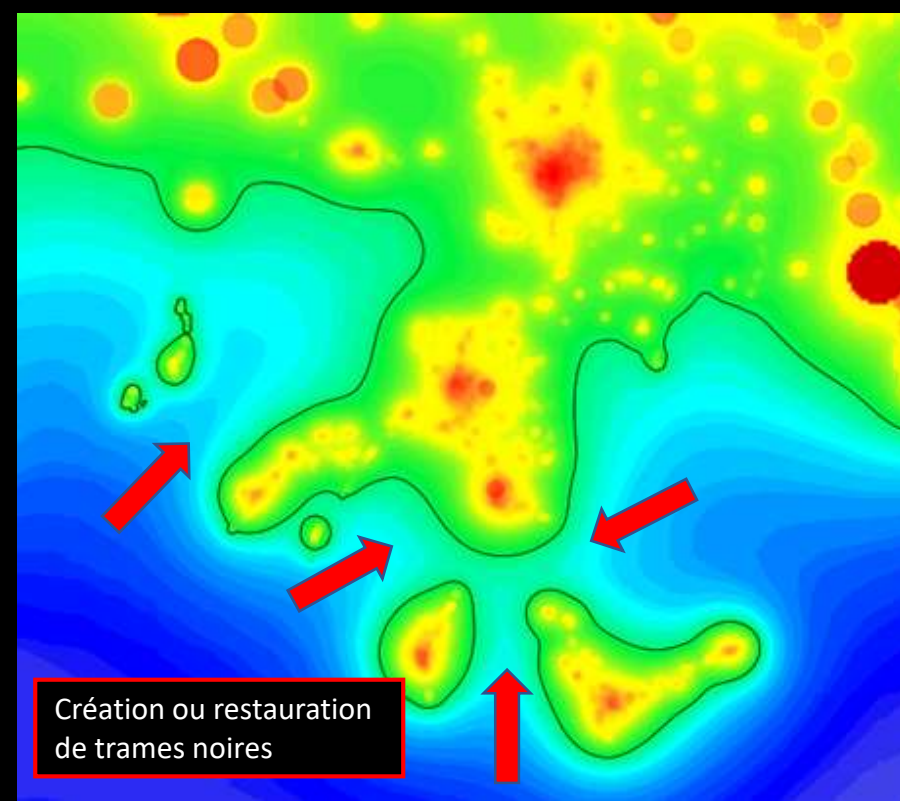
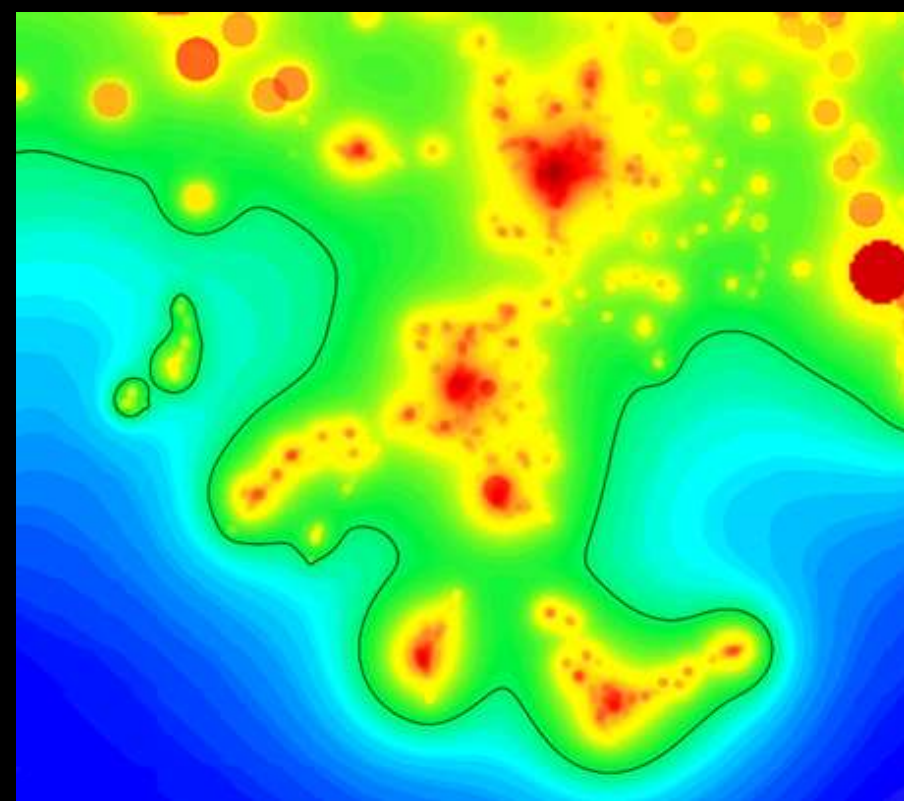
© 2016 Google  
Image Landsat

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

Google



# Modèle interactif, simulation de scénarii, Trame Noire



Comparaison des cartes de pollution lumineuse avant et après application de mesures de protection de l'environnement nocturne (baisse de puissance, ULOR, gradation, etc.)

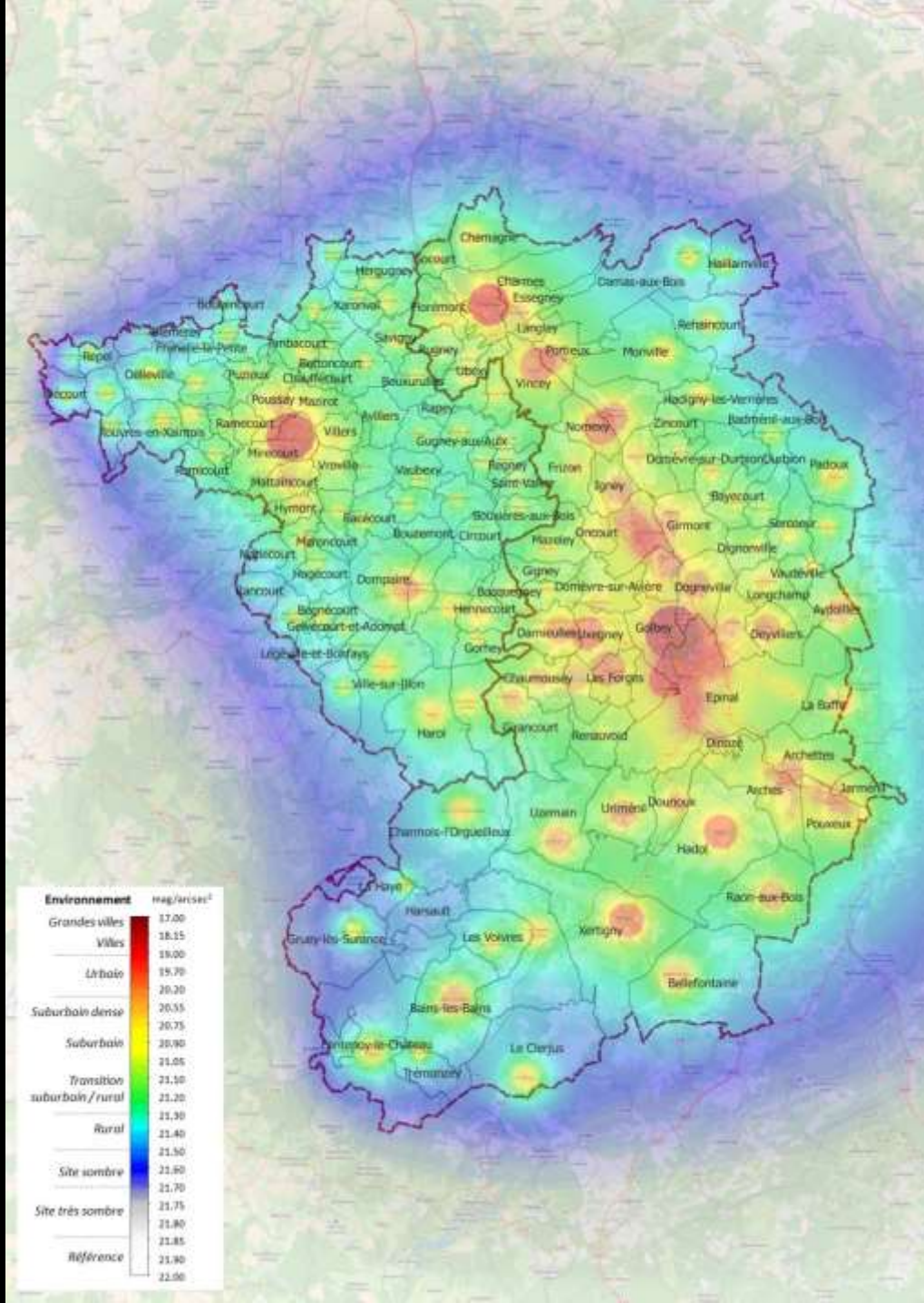






# SCoT des Vosges

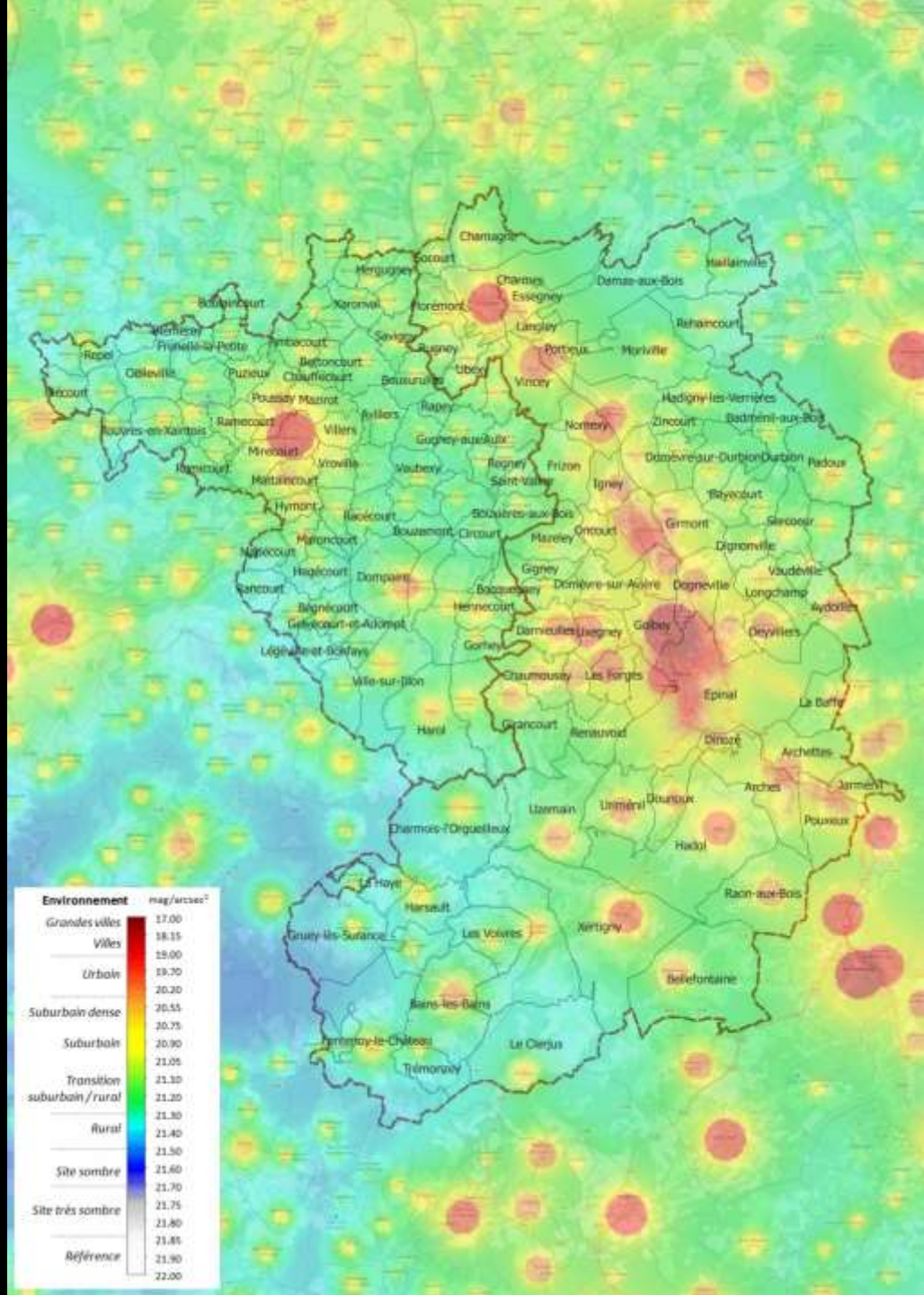
Carte de pollution lumineuse sans zone d'influence





# SCoT des Vosges

Carte de pollution lumineuse avec zone d'influence

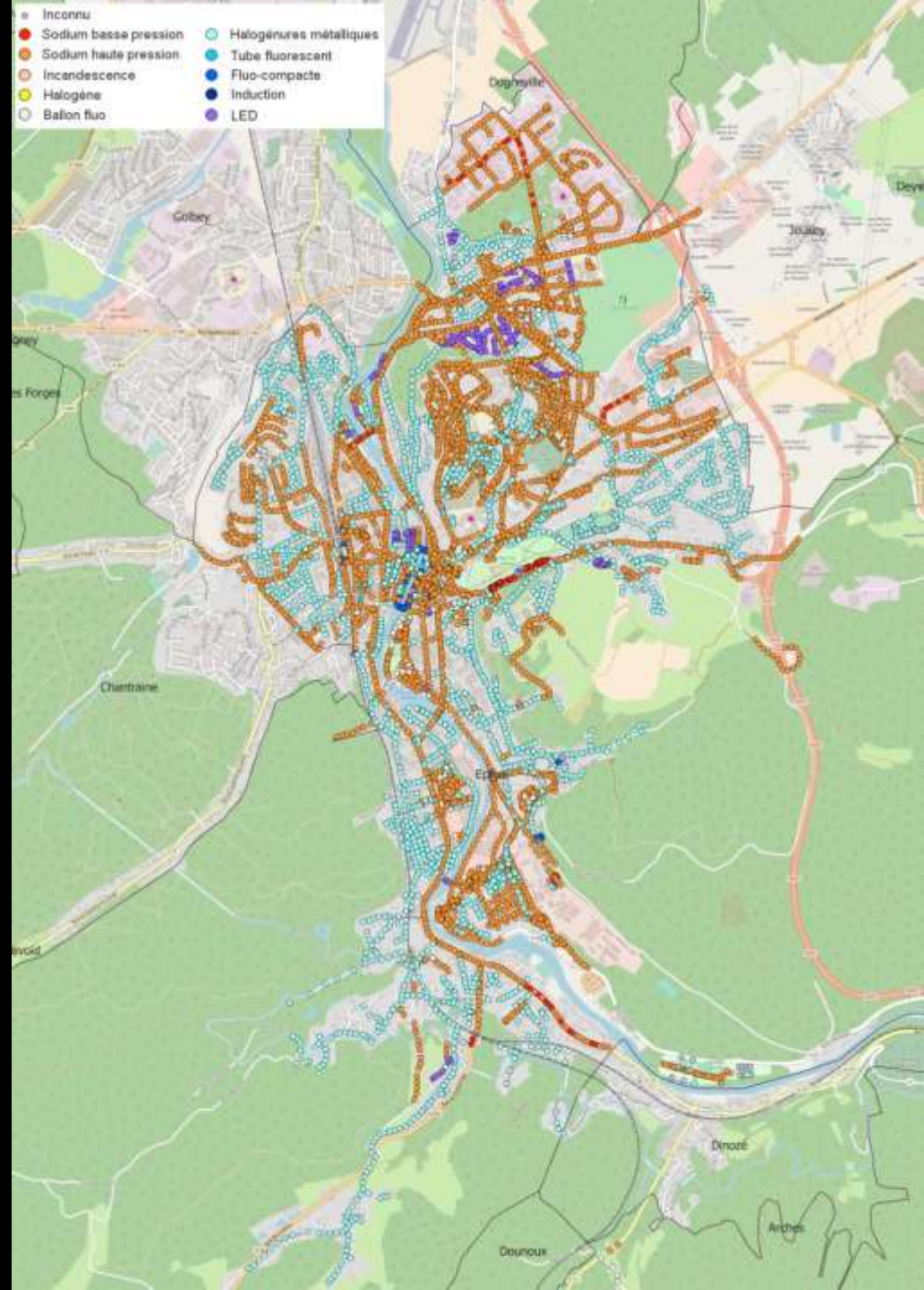


Outils de diagnostic et actions

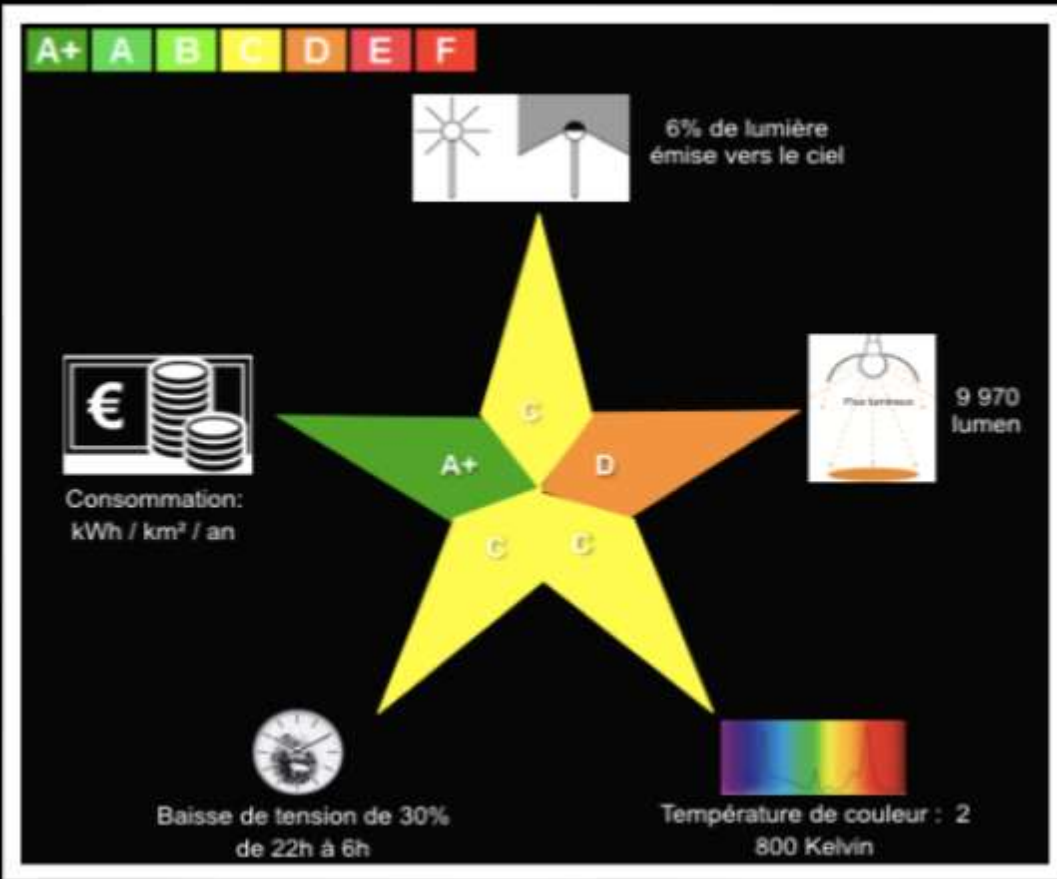


# Epinal

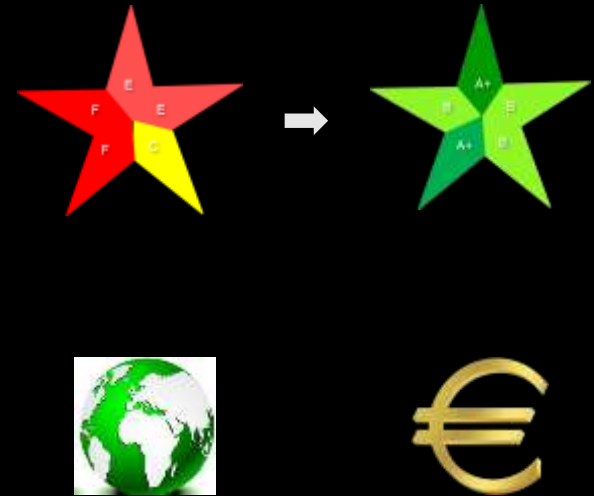
Points lumineux par  
type de lampe



# Diagramme d'identité lumineuse



Valorisation des gains et améliorations



# International Dark Sky Places





# Réserve Internationale de Ciel Étoilé (RICE) du Pic du Midi de Bigorre





# CARTE DE LA RICE DU PIC DU MIDI

Département  
des Hautes-Pyrénées

-  ZONE TAMPON
-  ZONE CŒUR RICE
-  ZONE CŒUR  
DU PARC NATIONAL  
DES PYRENEES



**Label international  
obtenu le 19  
Décembre 2013 !**








 **Disparition du ciel étoilé**  
Invisibilité des constellations et de la Voie Lactée

 **+∞ d'étoiles**  
retour de la Voie Lactée

 **Gaspillage énergétique**  
dépenses superflues

 **Jusqu'à -90%**  
diminution du halo lumineux

 **Impact environnemental**  
perturbation de la faune et de la flore nocturne

 **Jusqu'à -50%**  
économie d'énergie




 **Éblouissement**  
manque d'efficacité et risque pour les usagers

**Merci !**

Les bénéfices de l'amélioration de l'éclairage extérieur sont multiples.

La diminution du halo lumineux permet non seulement la redécouverte du ciel étoilé ainsi que le retour de la biodiversité nocturne mais aussi une économie conséquente sur les dépenses énergétiques.

La mise en place de nouveaux usages et de nouveaux matériels permet un éclairage plus efficace, plus naturel, respectueux de la santé et des libertés individuelles.

 **Lumière intrusive**  
problème du sommeil

 **Cycle naturel**  
respect du rythme circadien

 **Biodiversité nocturne**  
réappropriation des habitats naturels

M. Bonavitaola, P. Deverchère, S. Vauclair





**SCIENCE PARTICIPATIVE :**  
**appel à bénévoles & initiation**

**Eclairage public &  
Pollution lumineuse :**  
**vers la définition d'une Trame Noire**

**Planetarium d'Epinal**  
**Mardi 20 mars 2018**  
**20h à 22h**

**Initiation à la prise de mesure & prêt de matériel**

*Les collectivités des Vosges Centrales souhaitent définir une «Trame noire», c'est-à-dire un schéma d'aménagement du territoire qui oriente les projets d'urbanisme et les travaux de rénovation de l'éclairage public vers une meilleure maîtrise des impacts de la pollution lumineuse sur la biodiversité nocturne.*

*Encore faut-il pouvoir la mesurer... c'est là que vous intervenez !*

Plus d'informations : Planetarium d'Epinal : 03 29 35 08 02

© Todd Carlson, Toronto 2013



PLANETARIUM  
EPINAL





# Photographies de paysages nocturnes



# Métrologie de la Pollution Lumineuse / Système Ninox



## Ninox

Refresh

Ninox Status on: 2017-12-13 19:44:37 UTC

---

### Current Status

<i>Acquisition</i>	<i>Switch State</i>
Acquisition under way	On

<i>Sun Alt.</i>	<i>Moon Alt.</i>	<i>Moon Phase</i>	<i>Temperature</i>
-36.5°	-53.2°	17.4%	21.9°C

---

### Most recent measure

<i>SQM</i>	<i>Date &amp; Time (UTC)</i>	<i>Moon Alt.</i>	<i>Moon Ph.</i>
<b>20.72</b>	2017-12-13T19:43:45	-53.1°	17.4%

<i>Sensor Temp.</i>	<i>Ambiant Temp.</i>	<i>Sun Alt.</i>
21.8°C	21.9°C	-36.2°

---

### Ninox System

<i>Name</i>	<i>Model</i>	<i>Serial</i>	<i>Software</i>
ninox001	RPI3a	1	0.1

<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>	<i>Elevation</i>
1:26:57.3	43:36:41.5	164m

---

### SQM System

<i>Type</i>	<i>Protocol</i>	<i>Model</i>	<i>Feature</i>	<i>Serial</i>
Unihedron SQM-LU	4	3	53	3891

# Métérologie de la Pollution Lumineuse / Système Ninox

- Enregistrement continu et totalement automatique de données de qualité de ciel sur de longues durées (mois ou années)
- Système autonome à faible consommation avec GPS et sonde de température
- Utilisation extrêmement simple
- Transfert automatique des données dès qu'une connexion Internet est disponible
- Traitement statistique des données SQM pour caractérisation de la qualité d'un site
- Point d'accès Wi-Fi et interface Web pour contrôle et visualisation sur site

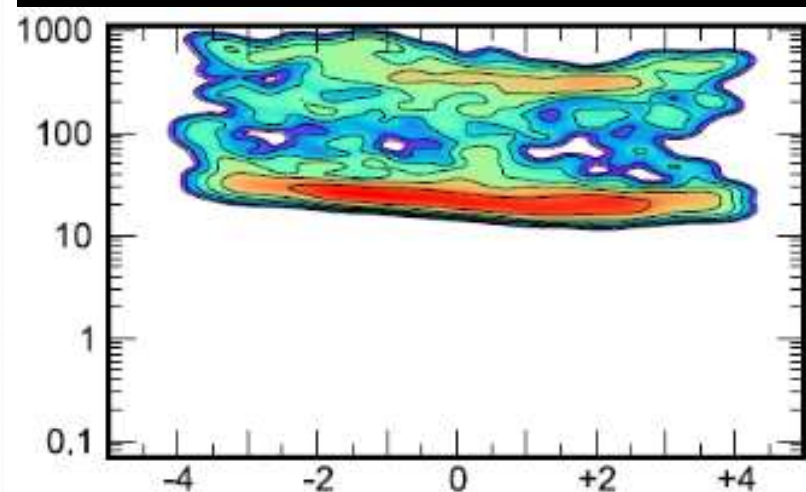
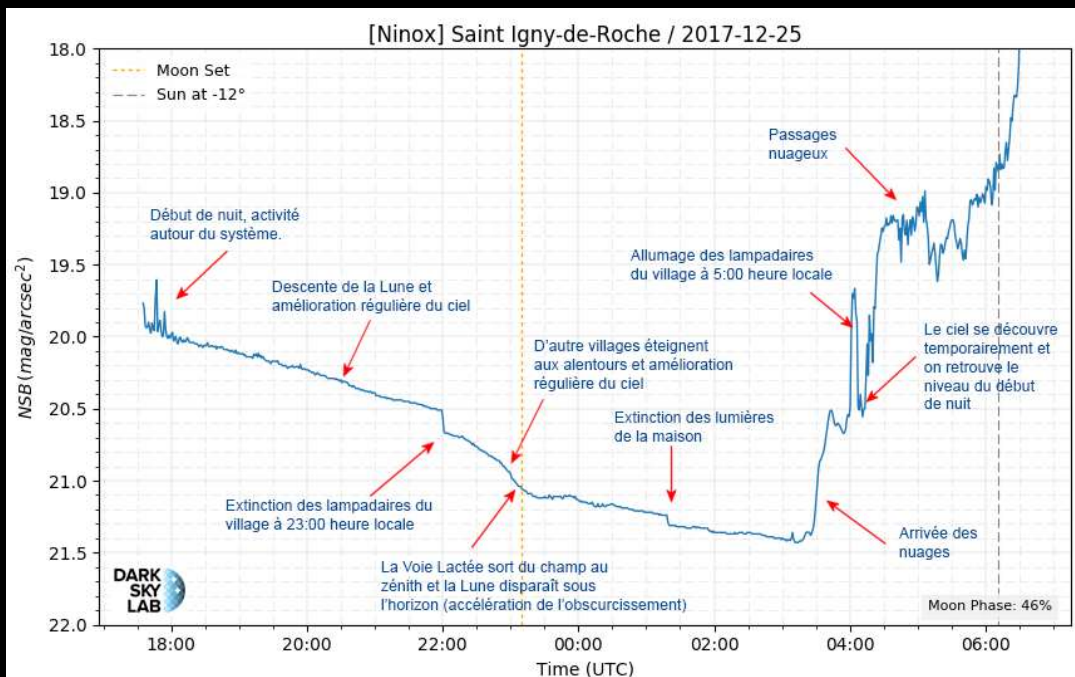


Diagramme tiré de "Worldwide Variations in Artificial Skyglow"



# Mise en service d'un système Ninox

## Gestion de Ninox

Mot de passe:

Gérer Ninox

## Localisation géographique

*La longitude et la latitude peuvent être exprimées en degrés décimaux ou en degrés, minutes et secondes. La longitude est positive à l'Est et la latitude est positive au Nord. Tous les champs sont obligatoires sauf le nom du lieu.*

Longitude:

Latitude:

Altitude (m):

Nom:

Mettre à jour

## Acquisitions

Acquisitions activées

Activer acquisitions

Désactiver acquisitions

*Autorise Ninox à réaliser des acquisitions durant la nuit*

*Indique à Ninox de ne pas réaliser d'acquisitions*

La mise en service d'un système Ninox se fait en quelques minutes

- Installer le tube Ninox bien verticalement et l'alimenter
- Se connecter en Wi-Fi sur le point d'accès émis par Ninox (par exemple « Ninox007 ») avec le mot de passe « ninostar »
- Accéder à la page de gestion du système Ninox depuis la page d'accueil (zone « *Gestion de Ninox* »)
- Dans la zone « *Localisation géographique* », entrer les coordonnées du point d'observation et un nom pour ce point puis cliquer « Mettre à jour »
- Dans la zone « *Acquisitions* », cliquer « *Activer acquisitions* »

# Arrêt d'un système Ninox

## Gestion de Ninox

Mot de passe:

Gérer Ninox

## Acquisitions

Acquisitions désactivées

Activer acquisitions

Désactiver acquisitions

Autorise Ninox à réaliser des acquisitions durant la nuit

Indique à Ninox de ne pas réaliser d'acquisitions

## Gestion du système

Arrêter Ninox

Attendez 20 secondes avant de débrancher le système Ninox

Redémarrer Ninox

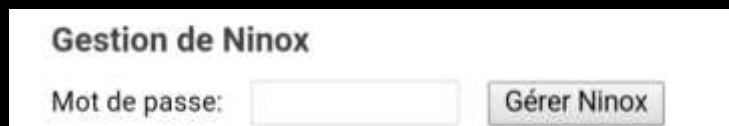
Le système Ninox va redémarrer automatiquement d'ici 1 minute

L'arrêt d'un système Ninox se fait en suivant les étapes suivantes:

- Accéder à la page de gestion du système Ninox depuis la page d'accueil (zone « *Gestion de Ninox* »)
- Dans la zone « *Acquisitions* », cliquer « *Désactiver acquisitions* »
- Dans la zone « *Gestion du système* », cliquer « *Arrêter Ninox* »
- Attendre au moins 20 secondes avant de débrancher électriquement le système

# Relève d'un système Ninox

La relève d'un système peut être réalisée à intervalles réguliers (par exemple toutes les semaines ou chaque fois que le Ninox est déplacé) ou bien une seule fois à la fin de l'étude

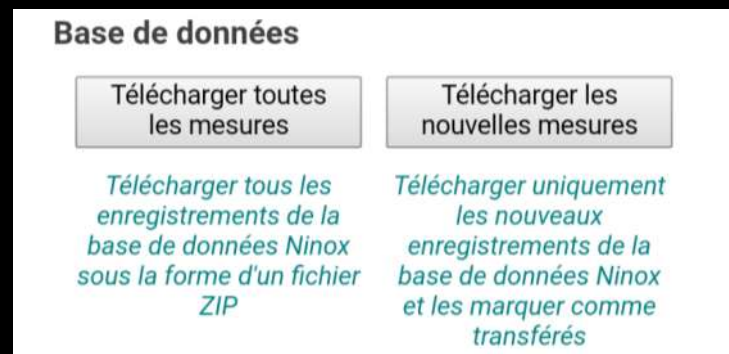


Gestion de Ninox

Mot de passe:

Gérer Ninox

**Il est conseillé de procéder à des relèves régulières**



Base de données

Télécharger toutes les mesures

Télécharger les nouvelles mesures

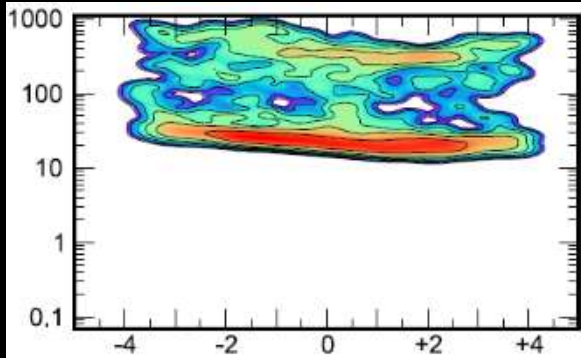
Télécharger tous les enregistrements de la base de données Ninox sous la forme d'un fichier ZIP

Télécharger uniquement les nouveaux enregistrements de la base de données Ninox et les marquer comme transférés

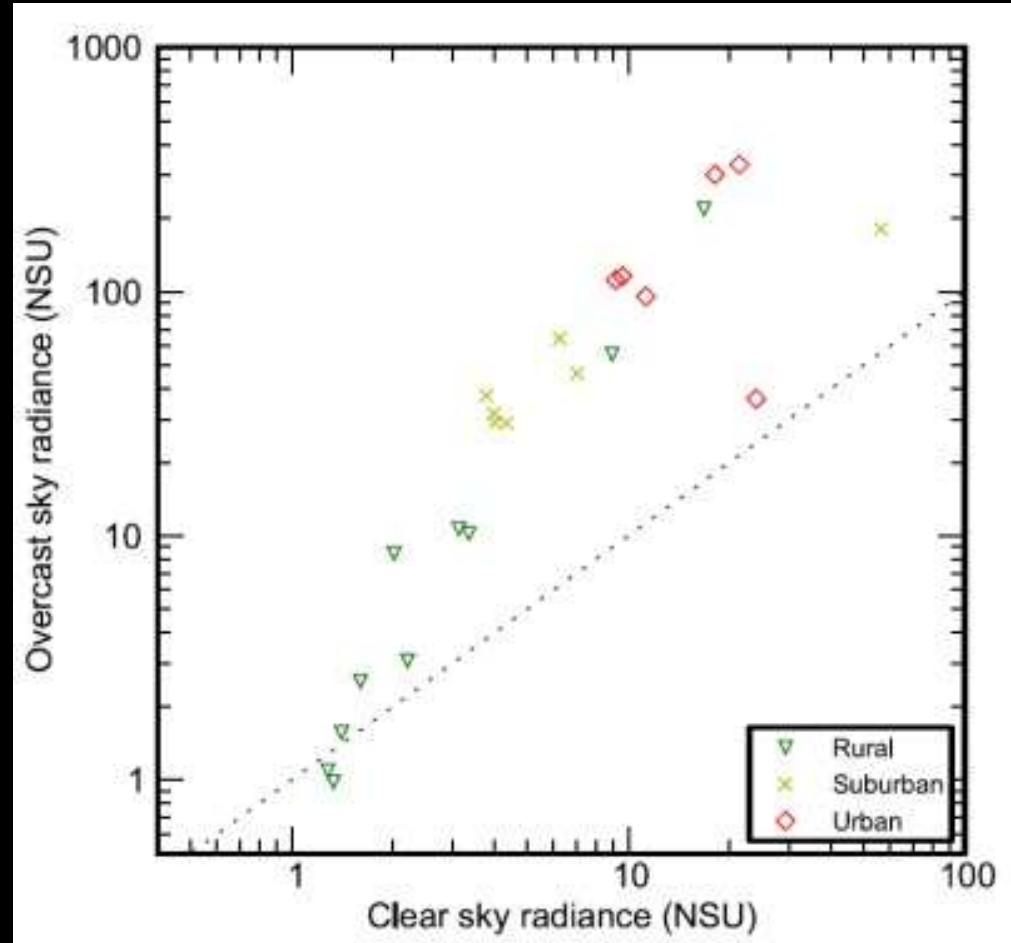
- Accéder à la page de gestion du système Ninox depuis la page d'accueil (zone « *Gestion de Ninox* »)
- Dans la zone « *Base de données* », utilisez le bouton « *Télécharger les nouvelles mesures* »
  - Toutes les mesures non encore relevées seront chargées sous forme d'un fichier ZIP
  - Il est préférable de ne pas utiliser le bouton « *Télécharger toutes les mesures* » afin de faciliter le traitement des données
- Envoyer les fichiers ZIP à DarkSkyLab (ninox@darkskylab.com) en précisant de préférence le ou les lieux de collecte des données.



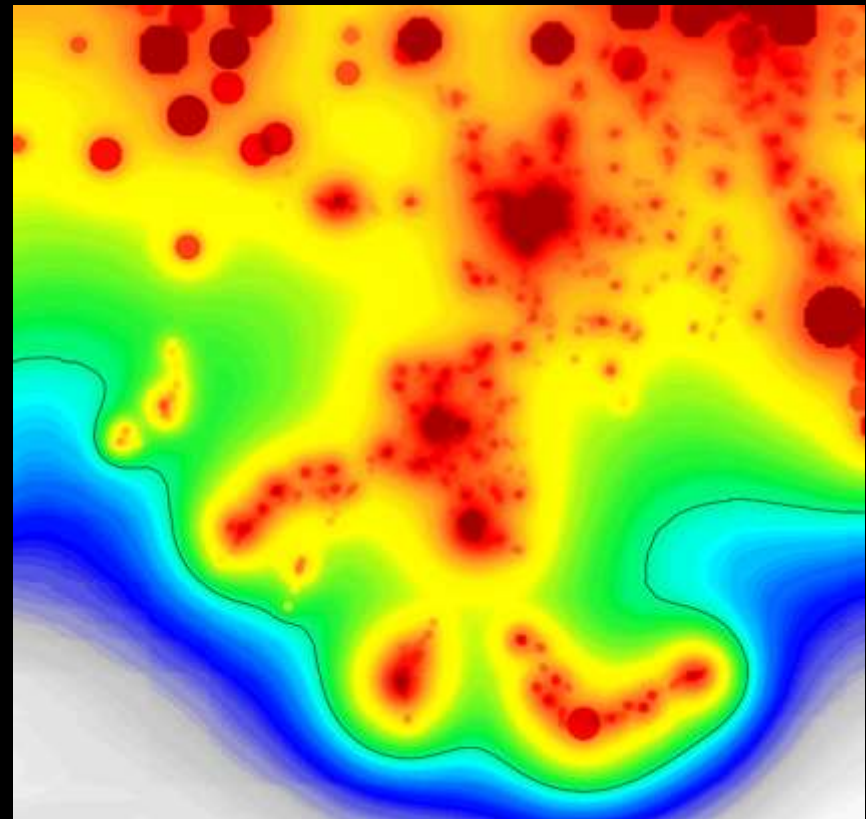
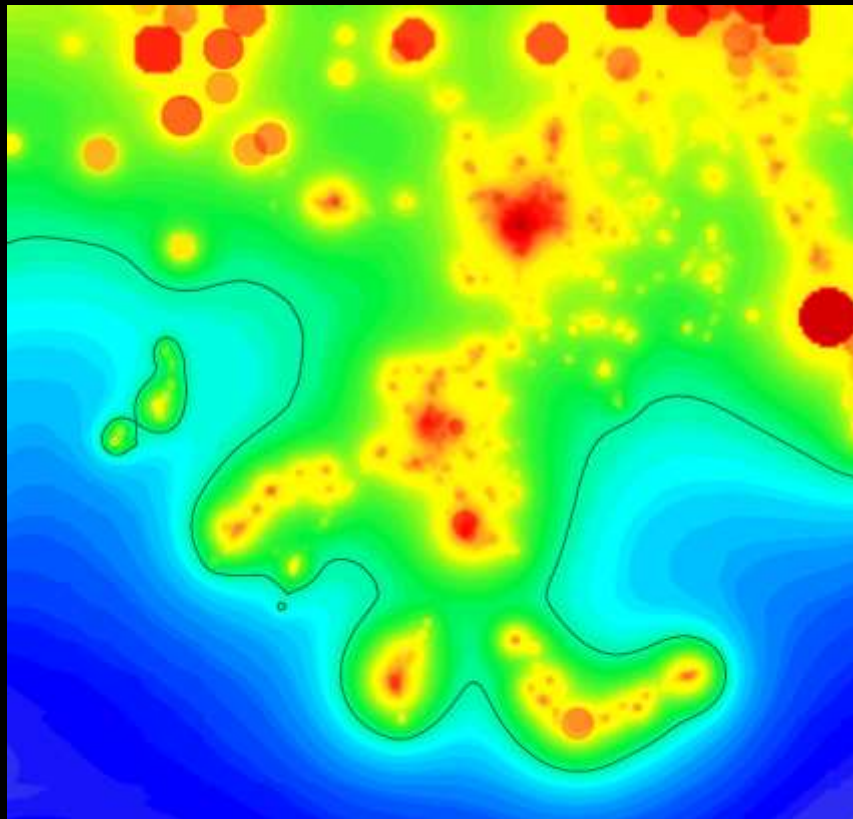
# Corrélation brillance ciel clair / ciel couvert



- Données issues de l'article "*Worldwide variations in artificial skyglow*", Kyba et al.
- L'accroissement de brillance du fond de ciel par ciel couvert est d'autant plus importante que le site est pollué.
- Cette corrélation permet d'implémenter dans Otus une heuristique d'ajustement du modèle et de produire des cartes de pollution lumineuse par ciel couvert.



# Simulation en conditions de ciel couvert (résultat préliminaire)



# Modèle versus image satellite

