



# Atelier Pollution lumineuse

**Festival d'Astronomie de Fleurance  
12/08/2015**

**Aurore Escaffé  
Pole formation Dark Sky Lab**

**Michel Bonavitacola  
Responsable Recherche et  
Développement de Dark Sky Lab**

# Sommaire

1 - Contexte

2 - Méthodologie

3 – Campagne de mesures

4 – Etablir un dossier de synthèse

5 – Travaux pratiques

# 1 - Contexte

# La pollution lumineuse qu'est ce que c'est ?

La lumière artificielle peut engendrer 2 types de nuisances :

- **La lumière part horizontalement ou vers le sol**

- Eclairages directs (sources proches)

**Eblouissement**

**Lumières intrusives**

- **Réflexion** qui repart vers le ciel

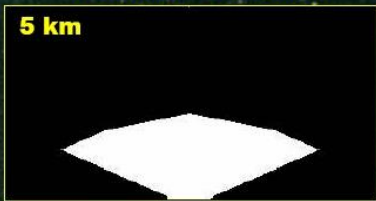
- **La lumière qui part vers le ciel.** Elle est dispersée par les molécules de gaz et les particules de l'atmosphère. Il se forme un **halo** lumineux qui éclaire l'atmosphère et nous masque ainsi la voûte céleste . ( **lumière diffusée** )



## D'où vient la pollution lumineuse?

Cinzano & Diaz Castro 2000

5 km



Pour des sources proches, la pollution lumineuse provient essentiellement de la lumière émise vers le haut.

25 km



Pour des sources éloignées (> 5 km), la pollution lumineuse est produite par de la lumière émise près de l'horizon (< 10 degrés).



Photos Michel Bonavitacola



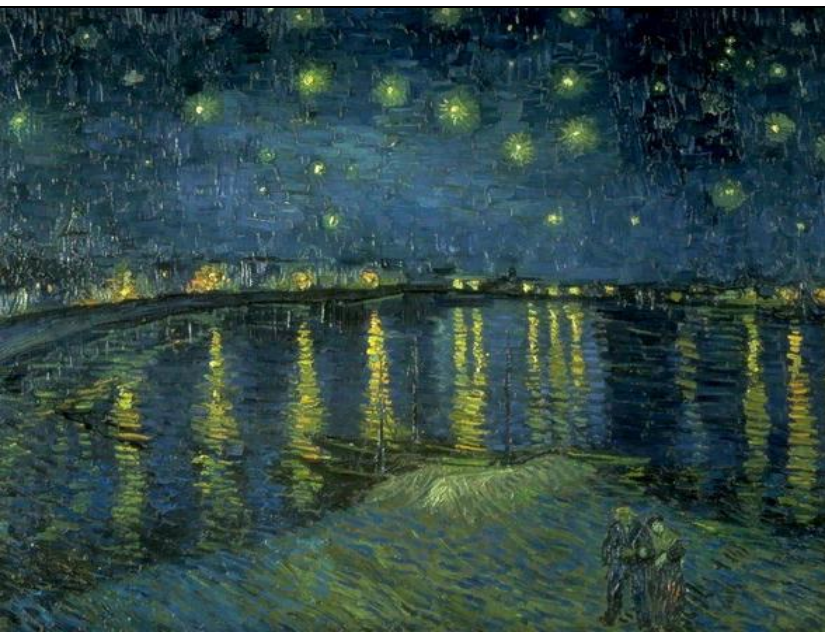
# *La « pollution lumineuse » se définit par l'impact de la lumière artificielle sur l'environnement*

**Impact sur le paysage nocturne**

**Impact sur la faune**

**Impact sur la flore**

**Impact sur l'humain**



# Dans le monde le droit de l'environnement évolue

En France

LOI no 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en oeuvre du Grenelle de l'environnement (1)

Grenelle 1

CHAPITRE I<sup>er</sup>

L'environnement et la santé

Article 41 du Grenelle 1 :

*« les émissions de lumière artificielle de nature à présenter des dangers ou à causer un trouble excessif aux personnes, à la faune, à la flore ou aux écosystèmes, entraînant un gaspillage énergétique ou empêchant l'observation du ciel nocturne feront l'objet de mesures de prévention, de suppression ou de limitation ».*



# Dans le monde le droit de l'environnement évolue

En France

Grenelle 2

LOI no 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (1)

Article 173 du Grenelle 2 : impose des prescriptions techniques à l'exploitant ou l'utilisateur des installations lumineuses (éclairage public, enseignes et publicités lumineuses, éclairage de mise en valeur du patrimoine, éclairage des installations sportives extérieures)



Les exigences porteront notamment sur les paramètres suivants :

- la **distribution des flux lumineux dans l'espace**, en vue d'éviter d'éclairer inutilement le ciel ou d'éviter les lumières intrusives ;
- les **niveaux d'éclairements** : les arrêtés fixeront des **valeurs maximales** à ne pas dépasser ;
- l'**efficacité lumineuse des lampes** et des appareillages afin de favoriser la disparition des lampes et appareillages énergivores ;
- la **limitation des éblouissements** ;
- les **horaires de fonctionnement** de certains types d'installations (mise en valeur du patrimoine, enseignes, pré-enseignes, publicités lumineuses)

REPUBLIQUE FRANÇAISE  
Ministère de l'écologie, du  
développement durable  
et de l'énergie

PROJET DE LOI  
relatif à la transition énergétique pour la croissance verte  
NOR : DEVX1413992L/Bleue-1

TITRE I<sup>er</sup>  
DEFINIR LES OBJECTIFS COMMUNS POUR REUSSIR LA TRANSITION  
ENERGETIQUE, RENFORCER L'INDEPENDANCE ENERGETIQUE  
DE LA FRANCE ET LUTTER CONTRE LE RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Article 1<sup>er</sup>

L'article L. 100-1 du code de l'énergie est remplacé par les dispositions suivantes :

« Art. L. 100-1. - La politique énergétique :

« - favorise, grâce à la mobilisation de toutes les filières industrielles et notamment celles de la croissance verte, l'émergence d'une économie sobre en énergie et en ressources, compétitive et riche en emplois ;

« - assure la sécurité d'approvisionnement ;

« - maintient un prix de l'énergie compétitif ;

« - préserve la santé humaine et l'environnement, en particulier en luttant contre l'aggravation de l'effet de serre ;

« - garantit la cohésion sociale et territoriale en assurant l'accès de tous à l'énergie. »

Loi sur la transition énergétique

Automne 2014

→ Décrets d'application



# The International Dark Sky Places

International Dark Sky Places program,

IDA along with partners, certify locations with exceptional nightscapes as :

- International Dark Sky Communities (IDSC)
- International Dark Sky Parks (IDSP)
- International Dark Sky Reserves (IDSR).



Réserve Internationale du Pic du Midi





# Dark Sky Lab

Bureau d'étude en environnement.

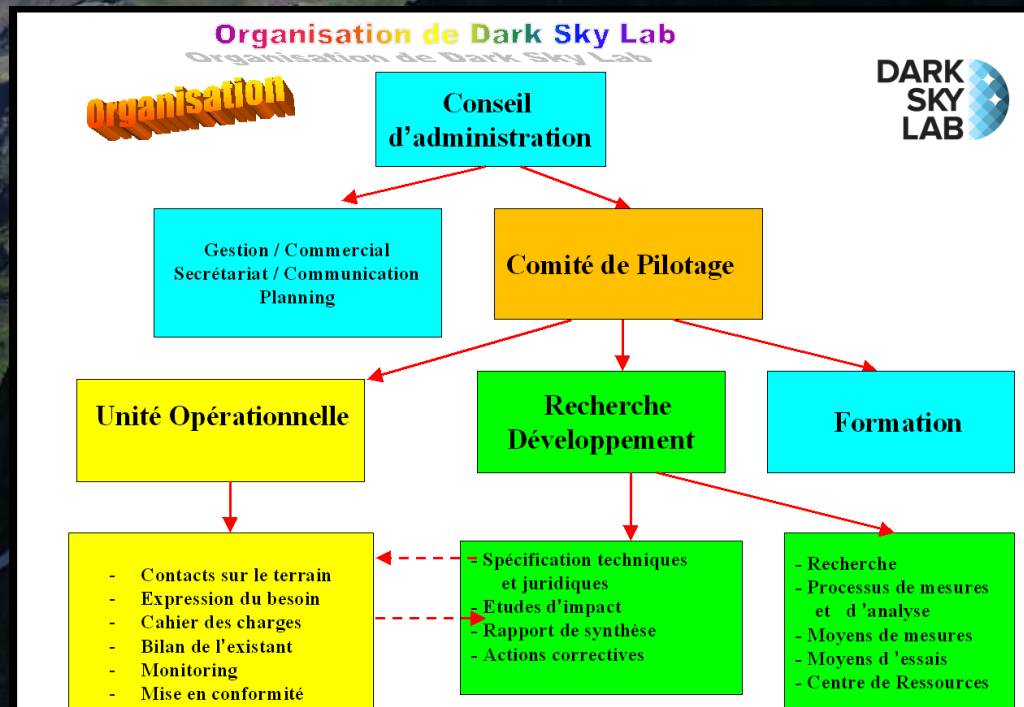
- Etudes d'impact sur l'environnement nocturne.

- Bilans "Pollution Lumineuse"

- Etudes d'impact sur l'environnement nocturne.

- Mise en conformité des installations d'éclairages extérieurs vis à vis de la législation.

- Economies d'énergie importantes tout en diminuant la pollution lumineuse.



# 2 - Méthodologie



**Etat des lieux**



**Etudes d'impacts**

**Diagnostic**



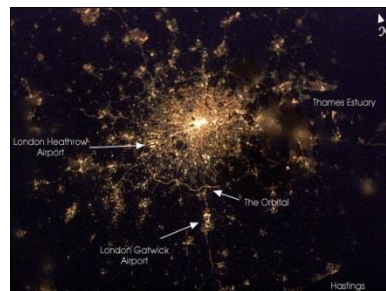
**Schéma directeur de mise en conformité**

# Earth ConstellationData Bank

## Campagne de mesures

Mesures sol

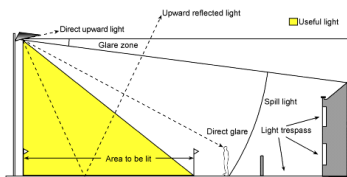
Surveillance aérienne  
et depuis l'espace



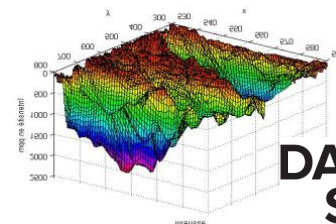
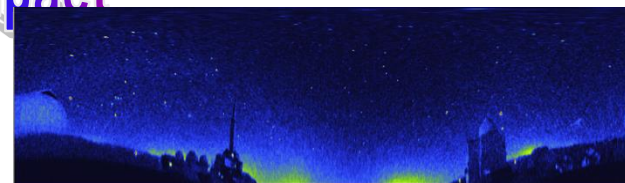
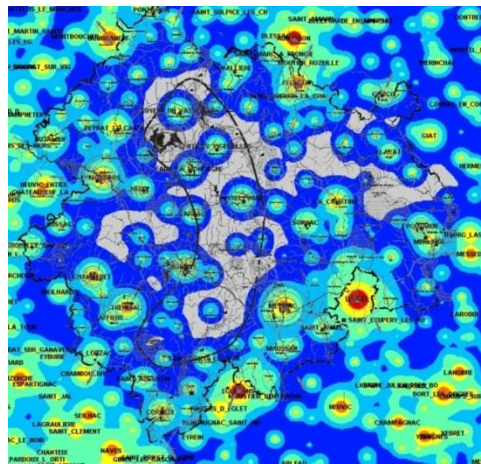
# Technical DSL Data Bank

- Catalogue des sources
- Données géographiques
- Mesures / imagerie sol et vol
- Normes et règlements
- Biodiversité
- Processus et Outils

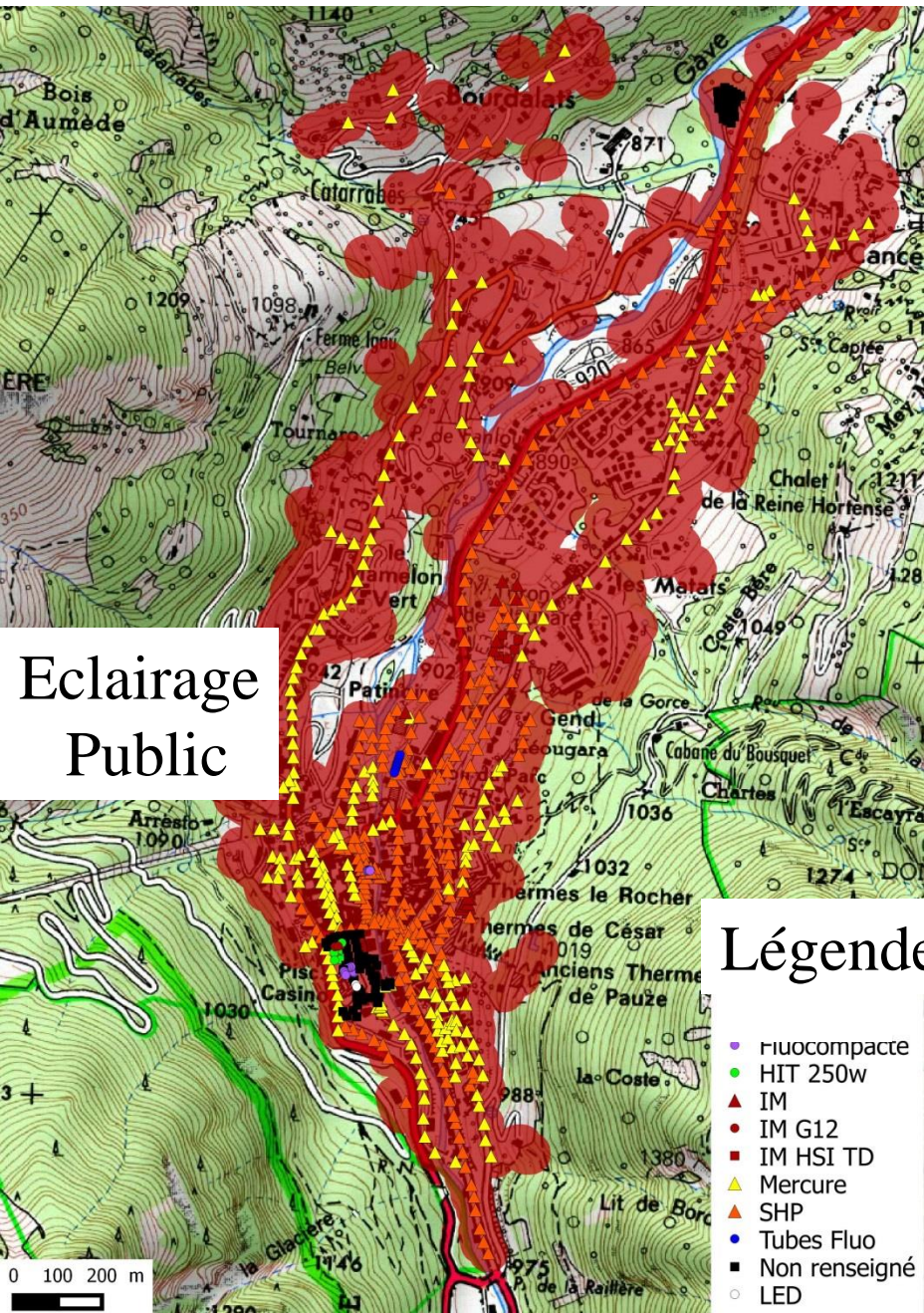
## Analyse et études d'impact



Light pollution is often caused by the way light is emitted from lighting equipment. Choosing proper equipment and carefully mounting and aiming it can make a significant difference.



# Bilan / Inventaires

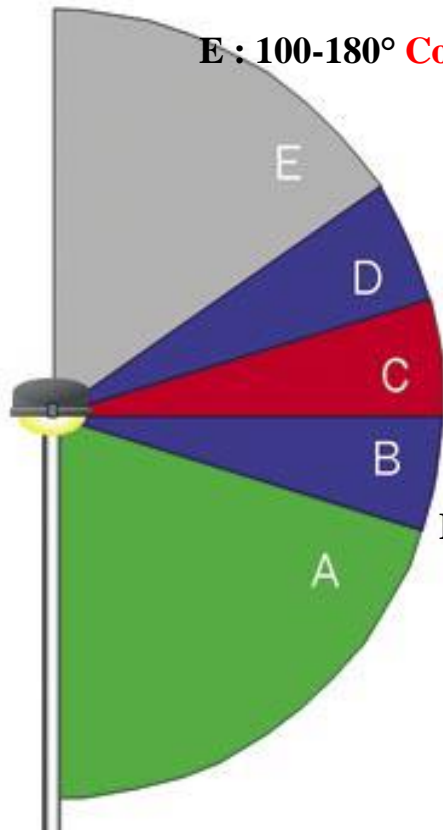


## Légende

- Fluocompacte
- HIT 250w
- ▲ IM
- IM G12
- IM HSI TD
- ▲ Mercure
- ▲ SHP
- Tubes Fluo
- Non renseigné
- LED



**Critère 1 :  
Maîtrise de la distribution spatiale des flux lumin**



**E : 100-180° Contribution majeur au halo**

**D : 95-100°**

**Contribution importante au halo,  
Peu de risque pour la lumière intrusive au sol.**

**C : 90-95°**

**Contribution au halo  
Lumière intrusive  
Eblouissement**

**B : 75-90°**

**Contribution significative au halo  
Vu de loin par la réflexion  
Eblouissement  
Lumière intrusive**

**A : 0-75° Zone utile**

- Adaptation et limitation du flux
- Lumière intrusive potentielle
- Albédo / réflexion → contribution au halo

**Type de sources**

**Localisation et  
distribution  
des sources**

**Evaluation du ULOR  
Lumières intrusives  
Eblouissement**

Light pollution is often caused by the way light is emitted from lighting equipment. Choosing proper equipment and carefully mounting and aiming it can make a significant difference.

# Critère 2

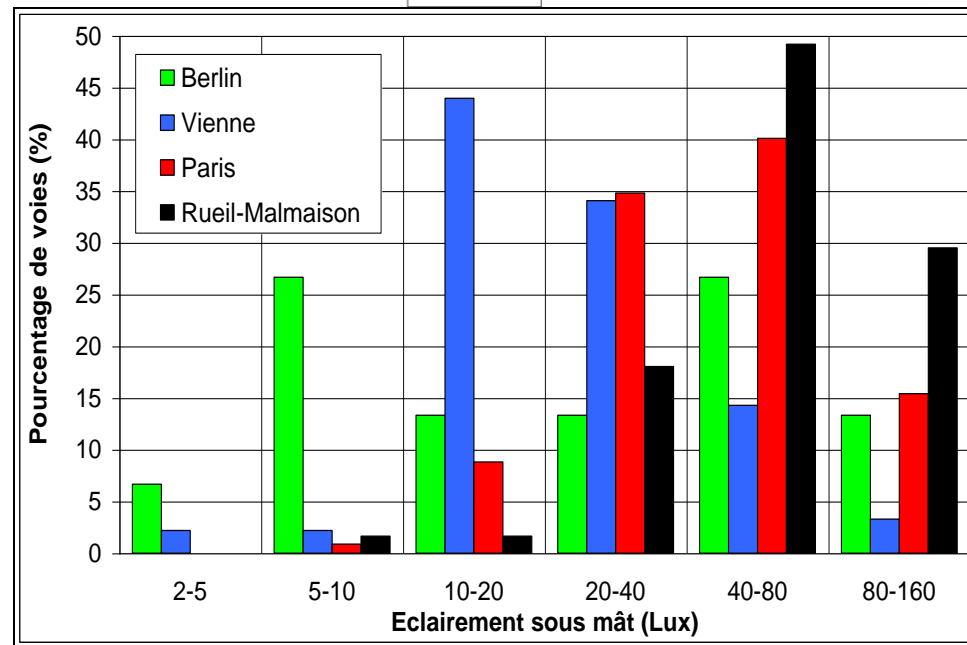
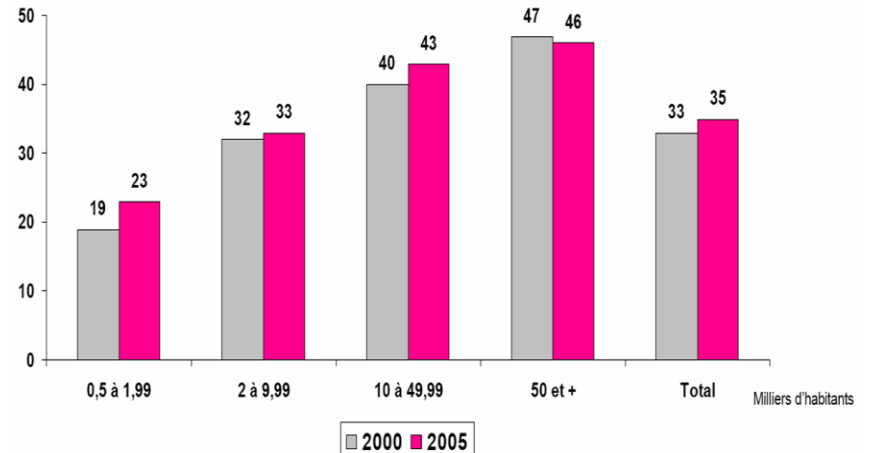
## Maitrise de l'éclairage au sol

Conformité de l'éclairage au sol par rapport à la norme et recommandations

Point complémentaires:  
Albédo des surfaces éclairées

**Législation**  
**Normes**  
**Cahier des charges**

Nombre de points lumineux par km de voies éclairées

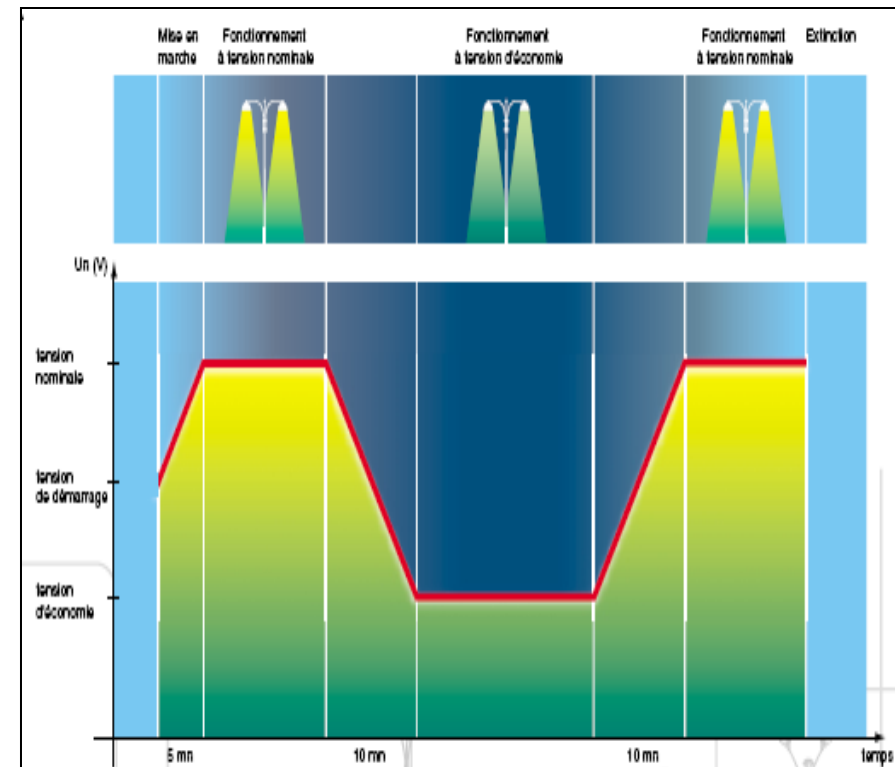
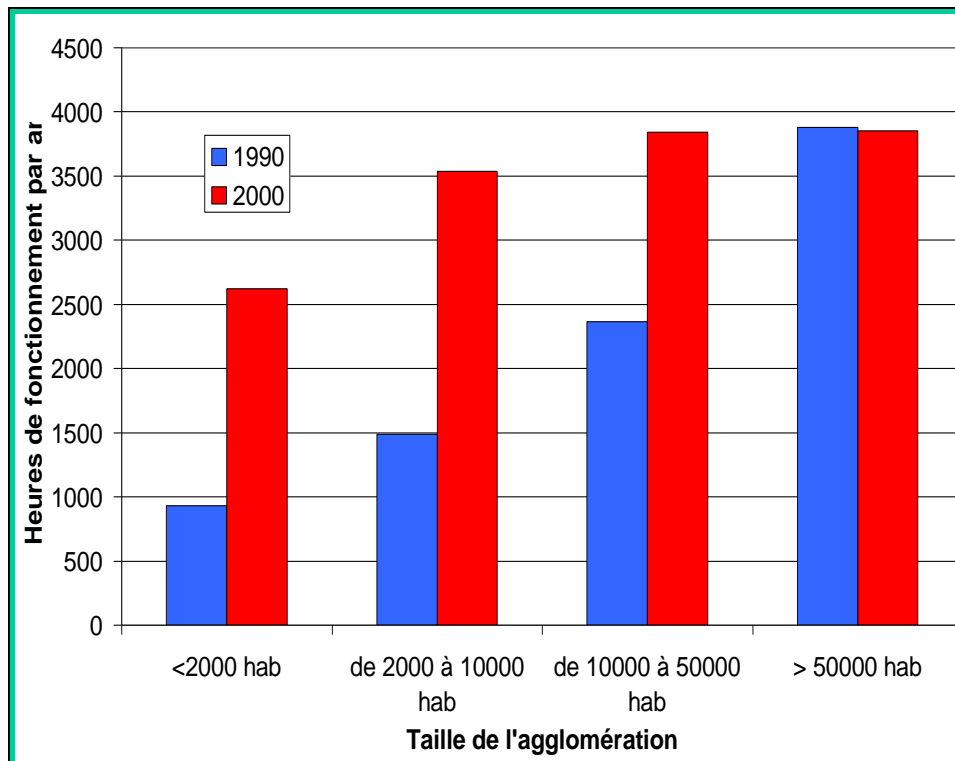


# Critère 3

## Plage horaire de fonctionnement

Evolution de la durée d'éclairage (en heures/an) :  
doublement sur dix ans pour les petites agglomérations

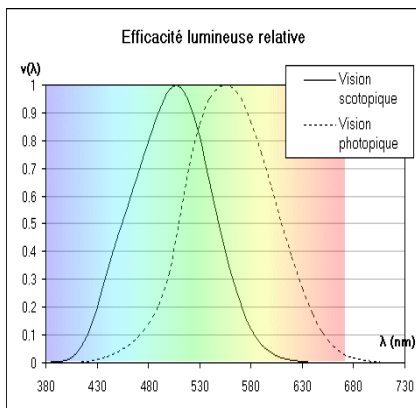
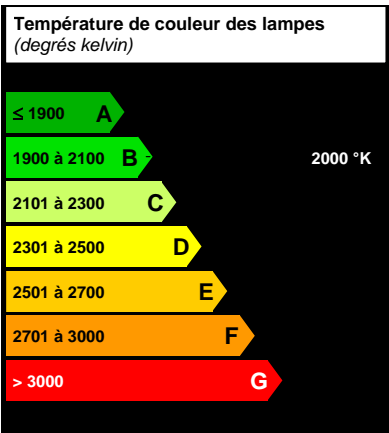
- La pratique de l'extinction en fin de soirée s'est perdue.
- Une alternative : les ballasts électroniques à variation de tension :



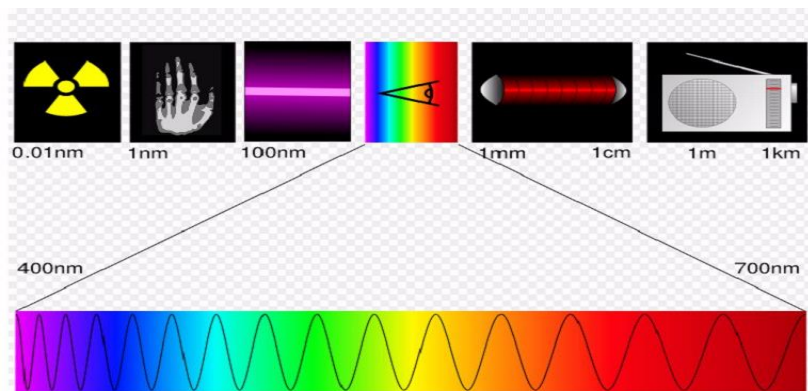


## Critère4

# Distribution spectrale des flux



Impact du type de spectre sur l'environnement est très important





Critère 5



Evaluation de l'impact sur l'environnement



# Campagne de mesures au sol



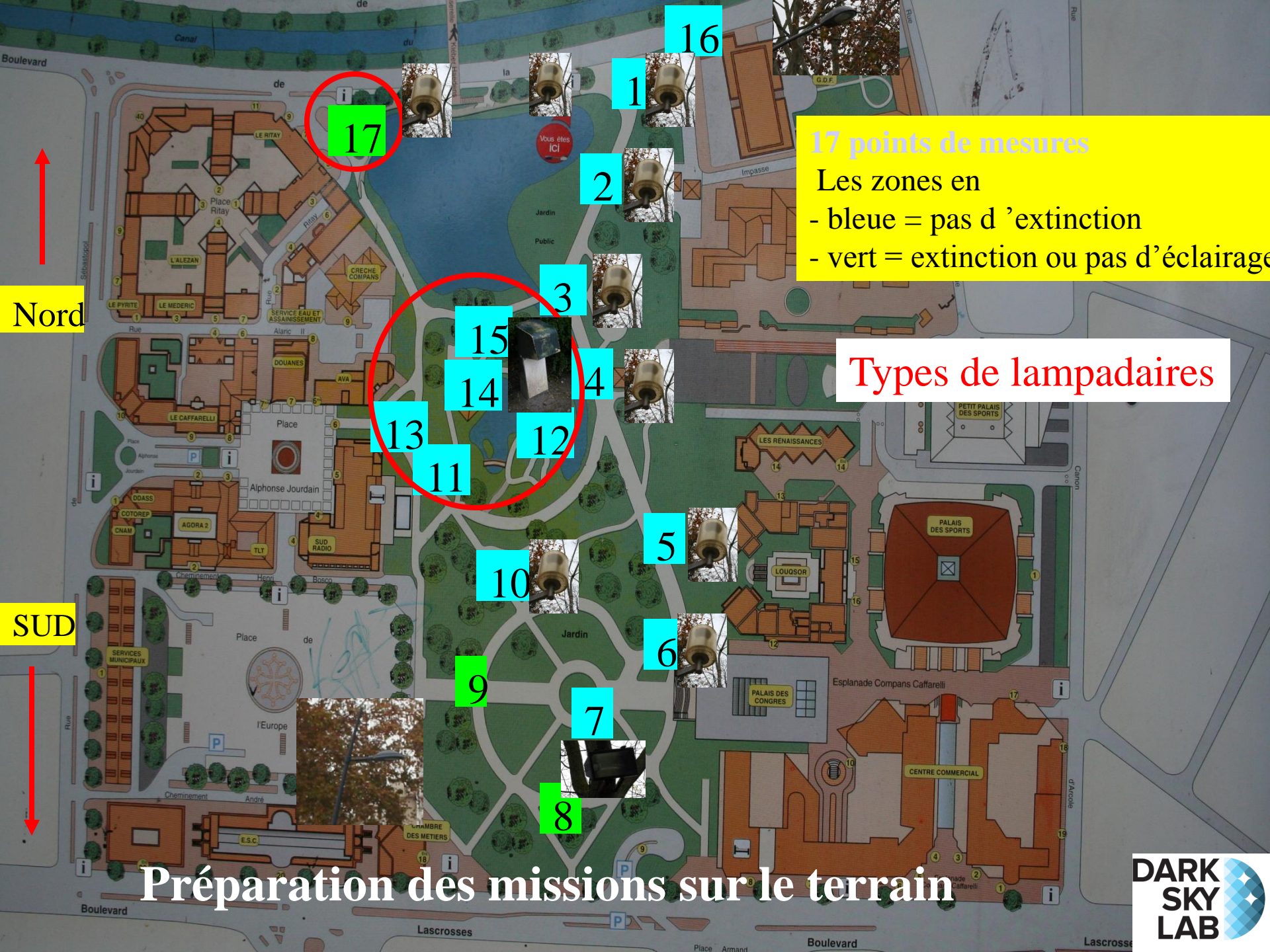
Magnitude surfacique au zénith = 21.8 mag/sec\*\*2



Horizon Sud Est



Horizon Nord



17 points de mesures  
Les zones en  
- bleue = pas d'extinction  
- vert = extinction ou pas d'éclairage

Types de lampadaires

# Préparation des missions sur le terrain

Nord

SUD

# Mesure du flux au sol

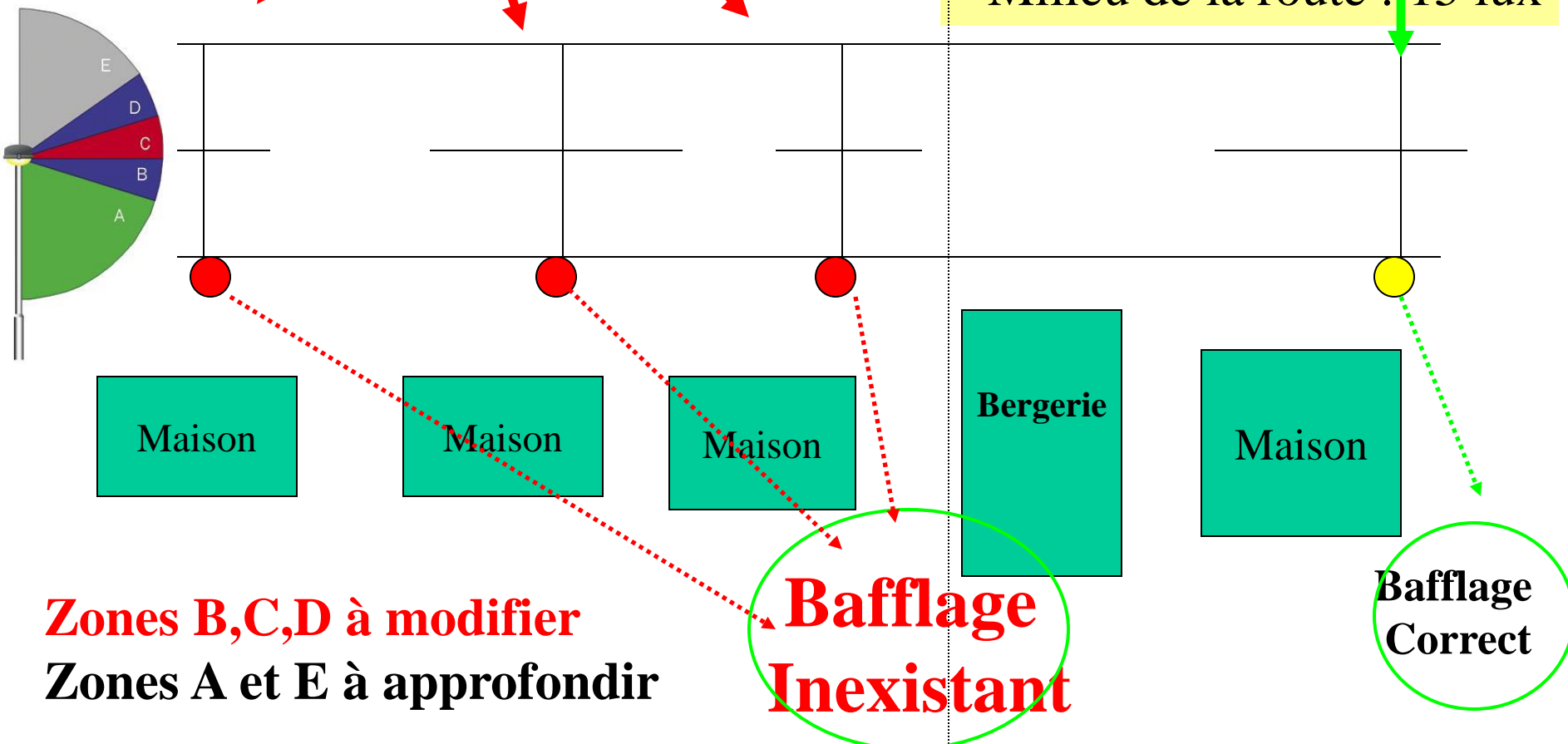
## Nouveaux lampadaires

- Dessous : 36 lux
- Milieu de la route 24 lux
- Bord opposé : 14 lux

## Mesures luxmètre calibré

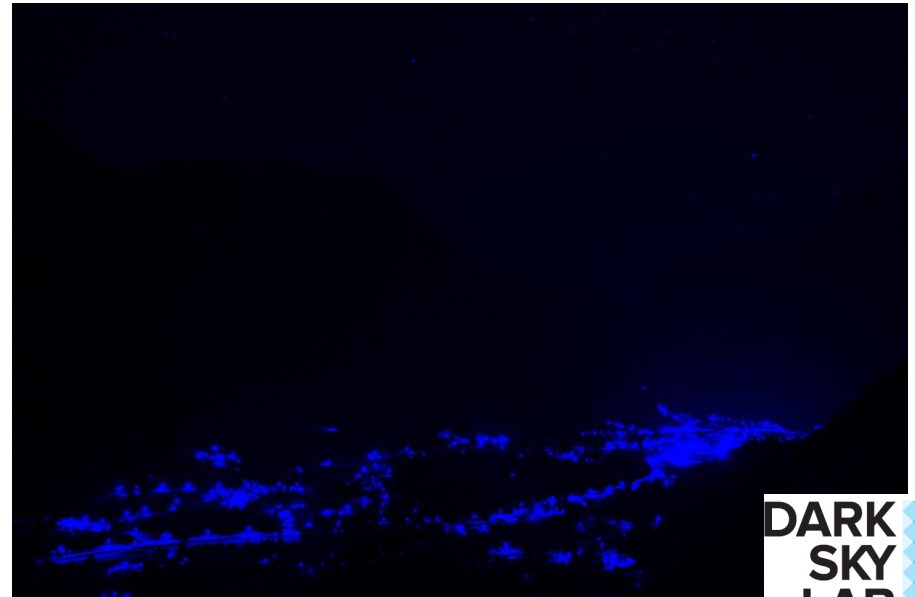
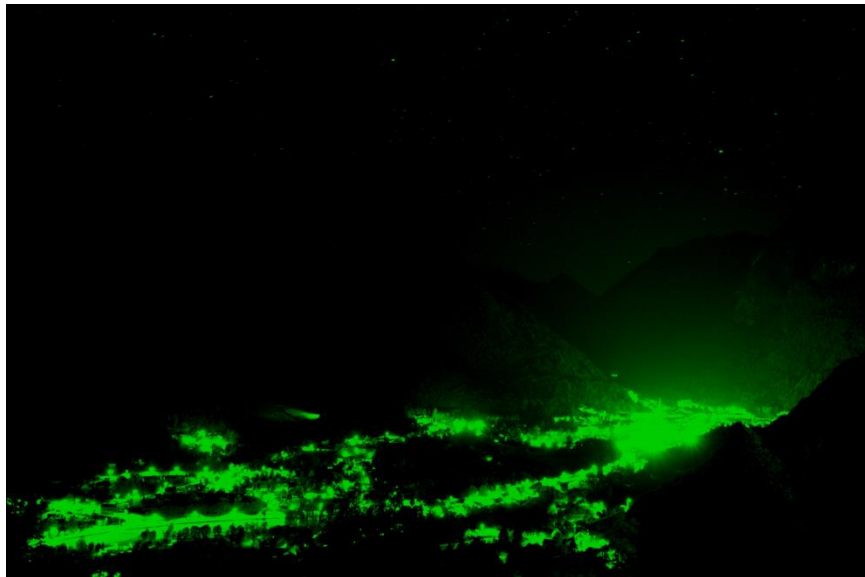
## Anciens lampadaires

- Dessous : 18 lux
- Milieu de la route : 15 lux





Etude des bandes spectrales et photométrie



# Analyse des mesures

## Analyse lampadaire par lampadaire

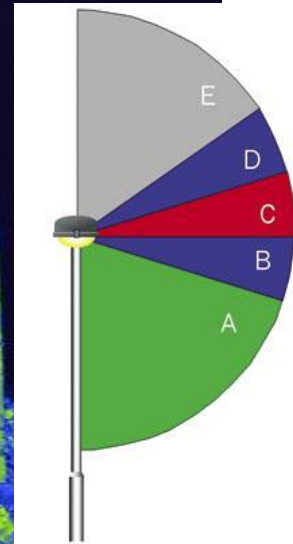
Estimation :

- ULOR
- Flux au sol
- Spectres

Ulor important

Spectre correct

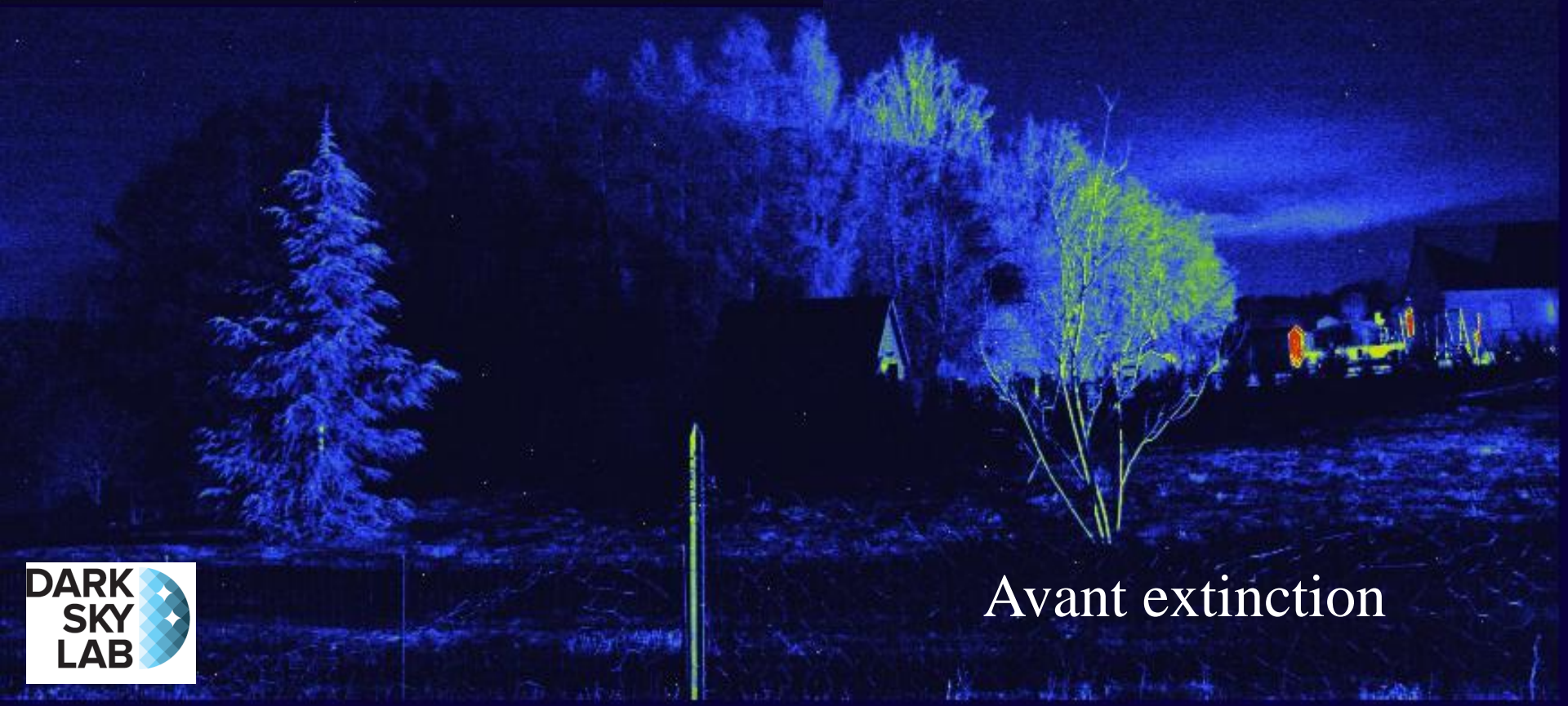
**Zone A**



**Flux excessif ---> Réduire le flux de 50%**  
**Passer de 36 lux à 18 lux sous les lampadaires**

# Gestion dans le temps

Après extinction à 23h



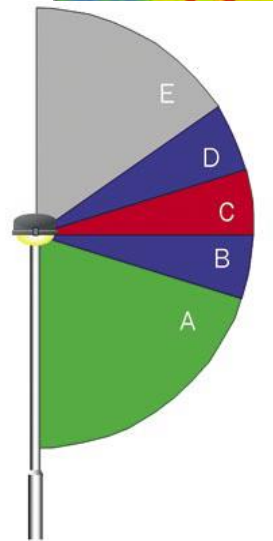
Avant extinction



# Analyse lampadaire par lampadaire

Lumières intrusives

Zones B,C,D,E : flux trop élevé



# Mise en conformité

Copyright Bruno Charlier  
Université de Pau

**Avant changement**

**Après changement**

Commune de Aulon  
Réserve Internationale du Pic du Midi

Copyright Michel Bonavitaola



# 4 - Etablir un dossier de synthèse

# LE ZONAGE DE LA RICE

## Projet de la Réserve Internationale de Ciel Etoilé du Pic du Midi de Bigorre

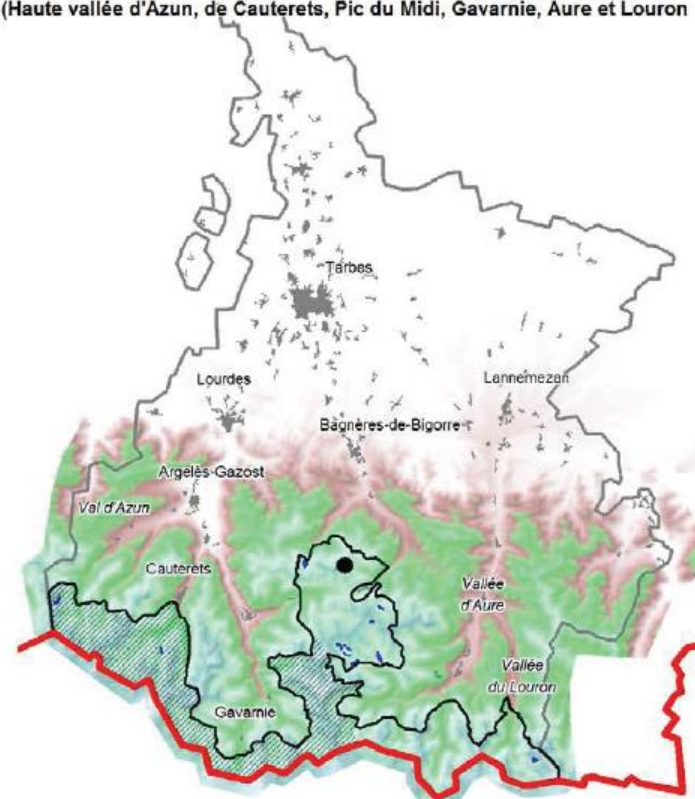
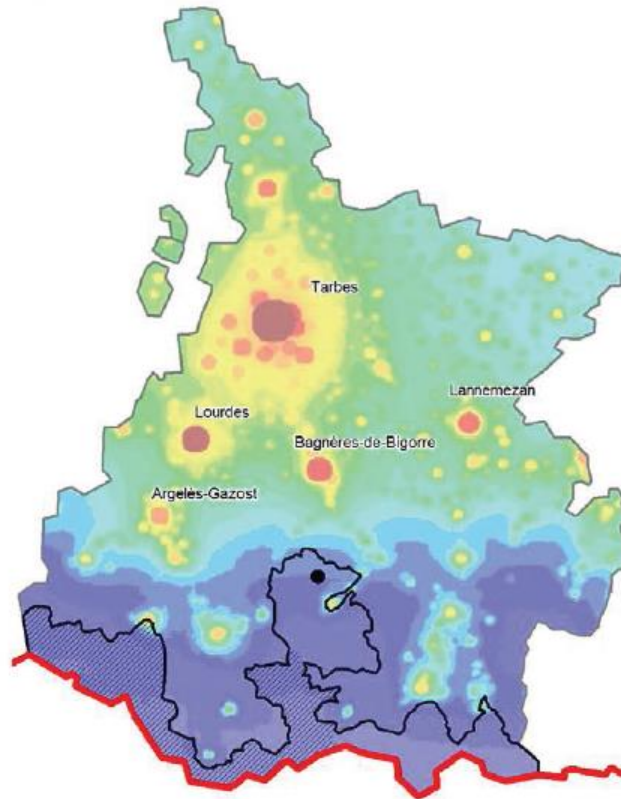
Nuisances lumineuses et qualité du ciel étoilé

(Modélisation Thopro - Licorness - 2010)

Territoire : 72% de la zone coeur

de la Réserve se situe à plus 2000 m d'altitude

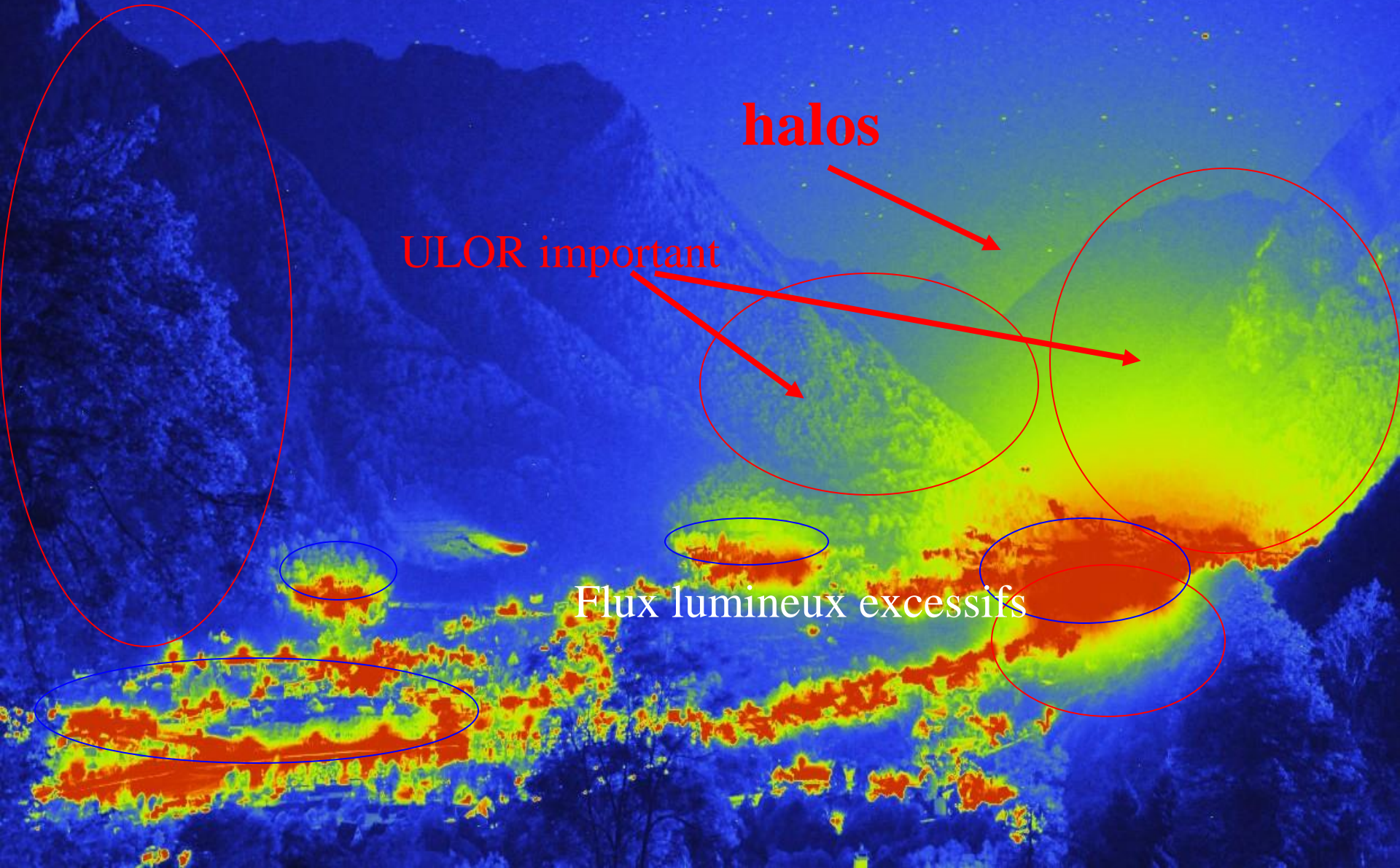
(Haute vallée d'Azun, de Caunterets, Pic du Midi, Gavarnie, Aure et Louron)



-  Zone coeur de la Réserve (600 km<sup>2</sup>)
-  Zone coeur du Parc national des Pyrénées
-  Pic du Midi de Bigorre



# Analyse globale d'une ville



**halos**

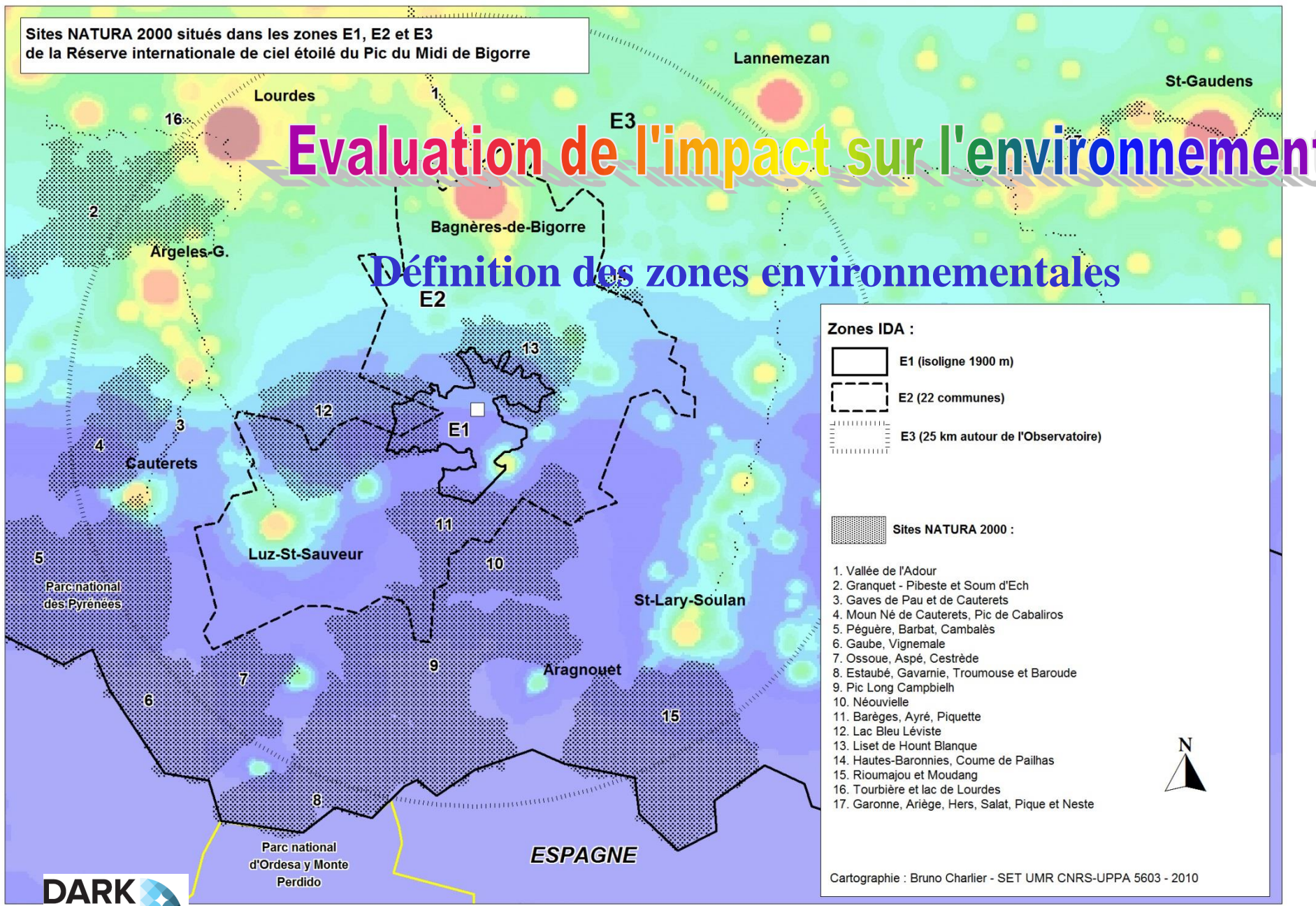
**ULOR important**

**Flux lumineux excessifs**




Sites NATURA 2000 situés dans les zones E1, E2 et E3  
de la Réserve internationale de ciel étoilé du Pic du Midi de Bigorre

# Evaluation de l'impact sur l'environnement

## Définition des zones environnementales



**Zones IDA :**

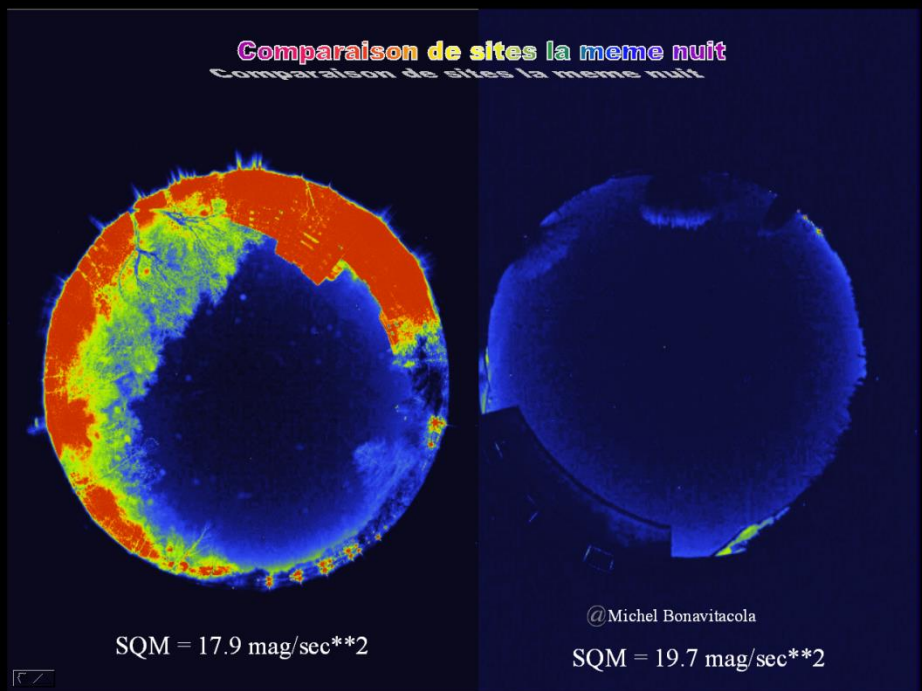
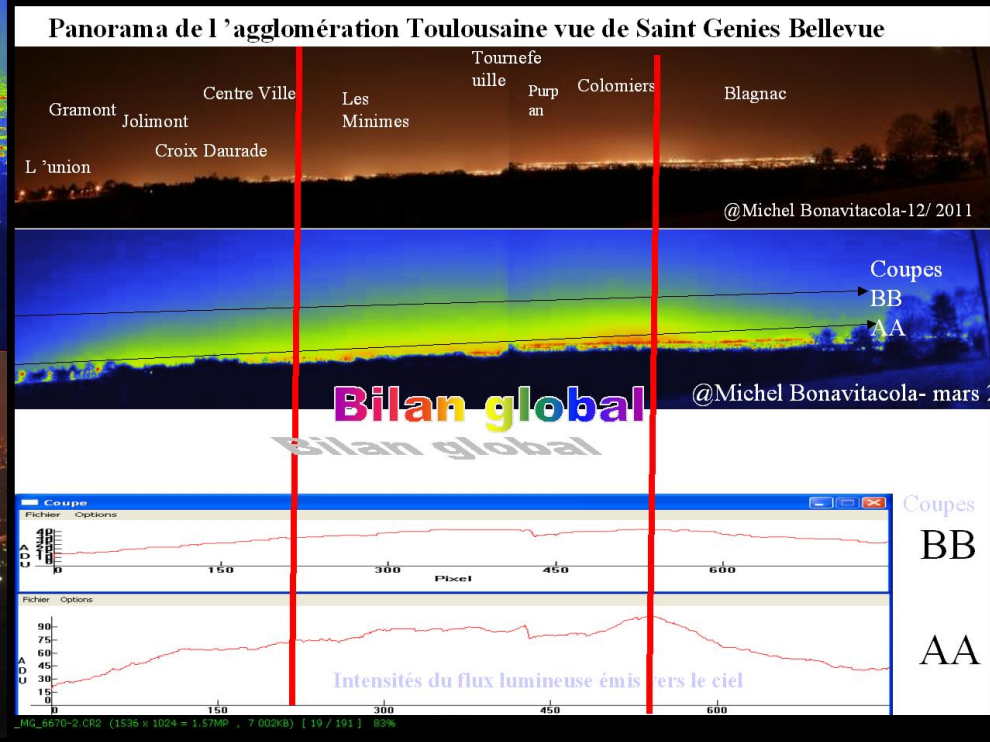
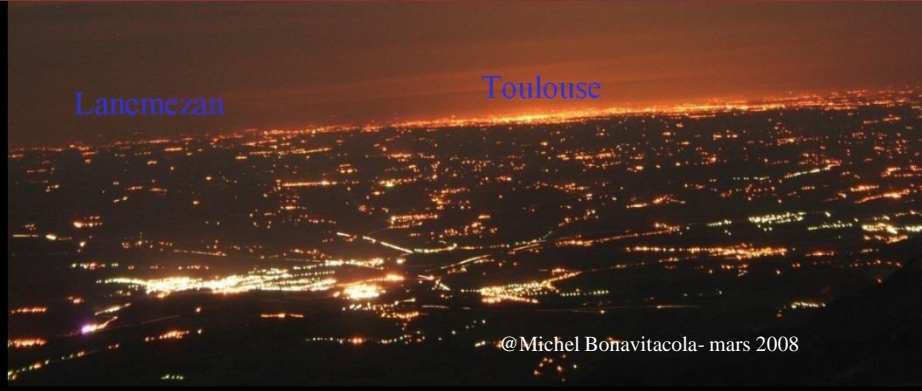
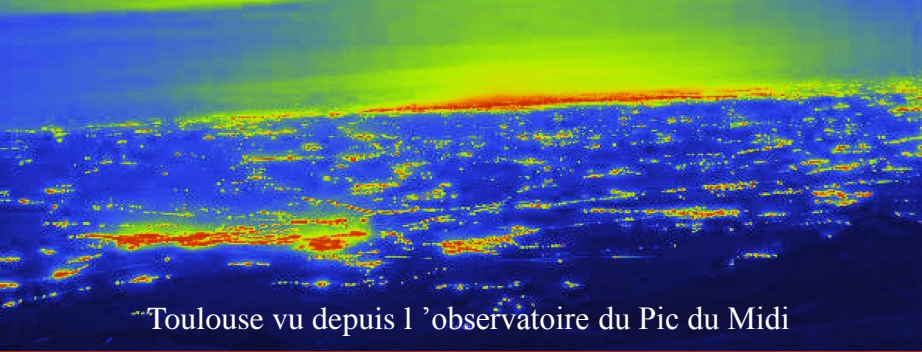
-  E1 (isoligne 1900 m)
-  E2 (22 communes)
-  E3 (25 km autour de l'Observatoire)

**Sites NATURA 2000 :**

1. Vallée de l'Adour
2. Granquet - Pibeste et Soum d'Ech
3. Gaves de Pau et de Caunterets
4. Moun Né de Caunterets, Pic de Cabaliros
5. Péguère, Barbat, Cambalès
6. Gaube, Vignemale
7. Ossoue, Aspé, Cestrède
8. Estaubé, Gavarnie, Troumouse et Baroude
9. Pic Long Campbielh
10. Néouvielle
11. Barèges, Ayré, Piquette
12. Lac Bleu Léviste
13. Liset de Hount Blanque
14. Hautes-Baronnies, Coume de Pailhas
15. Rioumajou et Moudang
16. Tourbière et lac de Lourdes
17. Garonne, Ariège, Hers, Salat, Pique et Neste

Cartographie : Bruno Charlier - SET UMR CNRS-UPPA 5603 - 2010





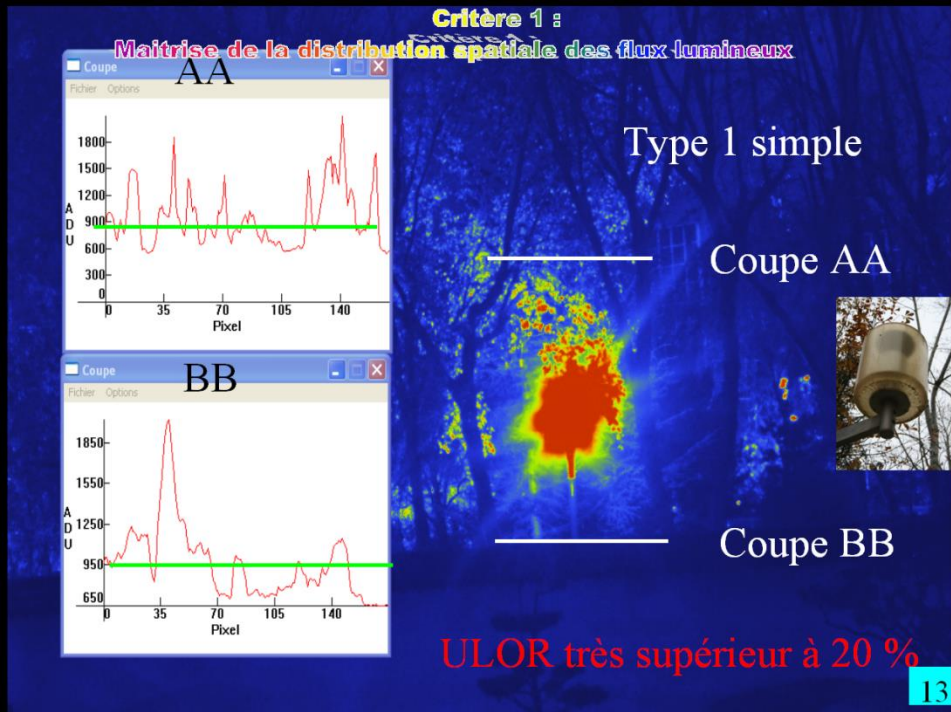
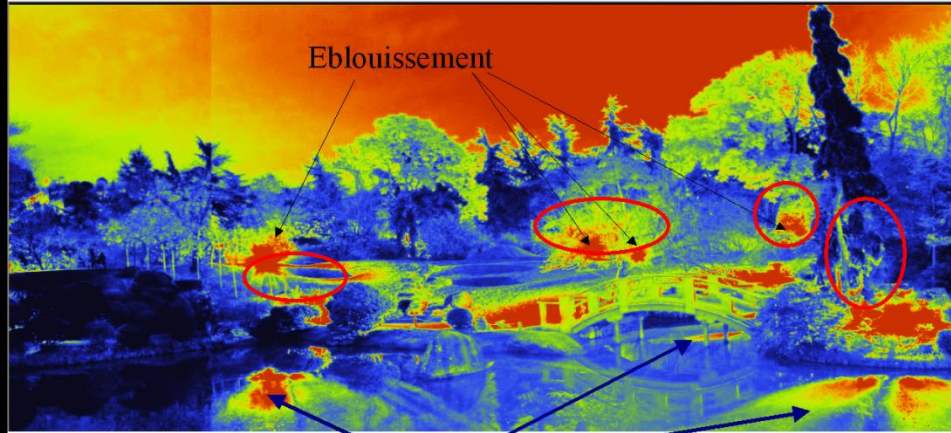


**Parc Caffarelli**  
**Toulouse centre**

Plan de réduction des éclairages



**Critère 1 :**  
**Maitrise de la distribution spatiale des flux lumineux**





Avant changement



\_MQ\_6786.CR2 (1536 x 1024 = 1.57MP , 6.860kB) [ 135 / 191 ] 83%

Après changement



456 x 2304 = 7.96MP , 2.628kB) [ 99 / 132 ] 37%

Avant changement

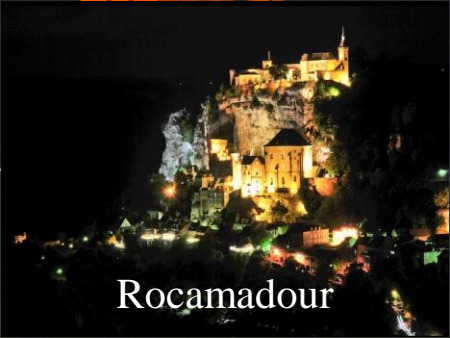


Après changement





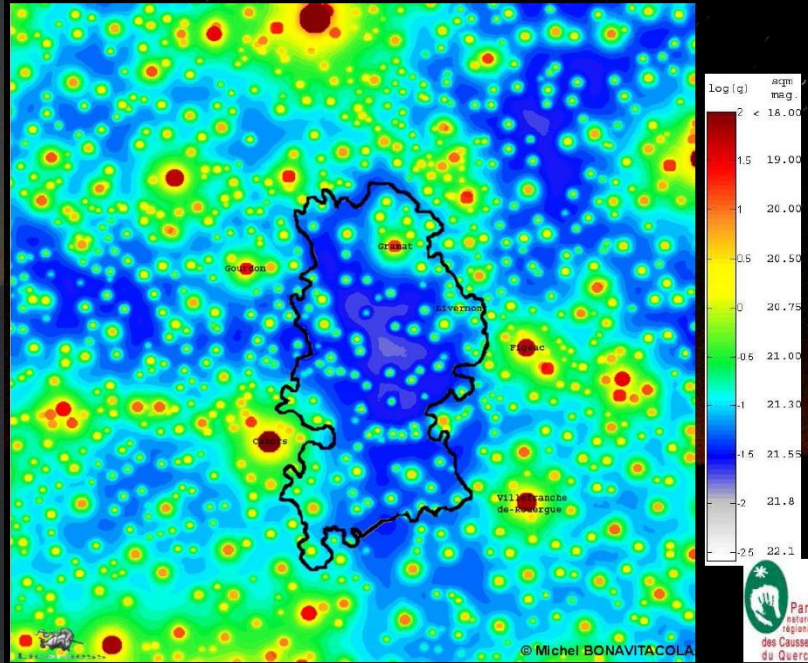
**Avant extinction**



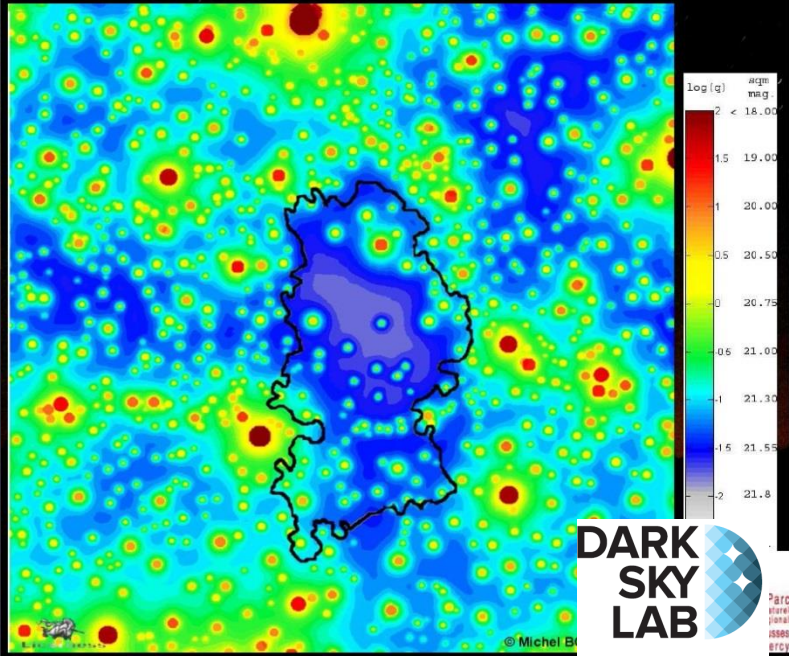
Rocamadour

Magnitude : 21.05

**Cartes de pollution lumineuse**



**Cartes de pollution lumineuse**



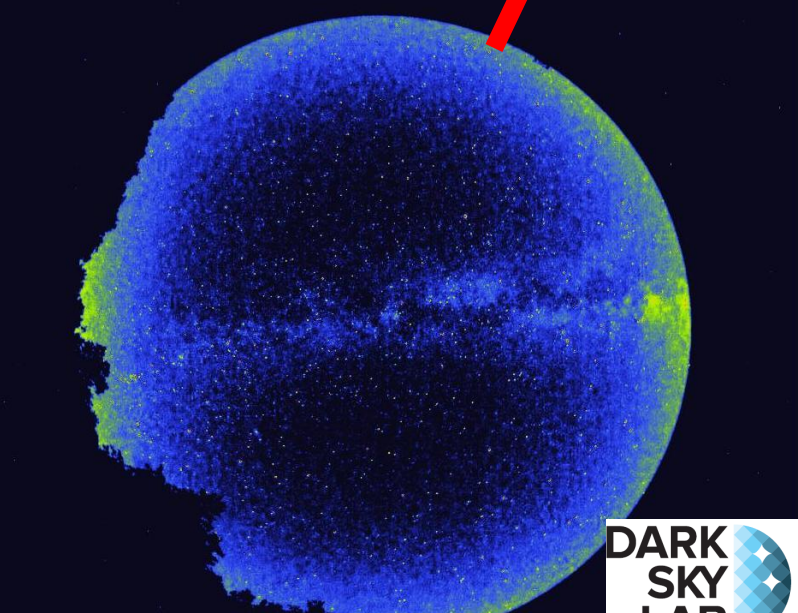
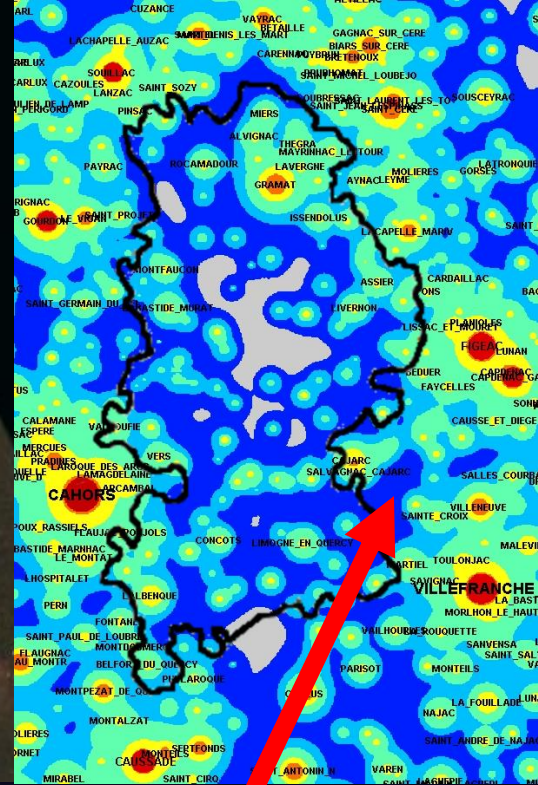
**Après extinction**

Magnitude : 21.44  
à 21.50

@Nathalie Fauquenbergue

# Qualité du ciel

Magnitude surfacique au zénith = 21.45 mag/sec\*\*2



Site des RAAGSO 2014

Copyright Michel Bonavitacola

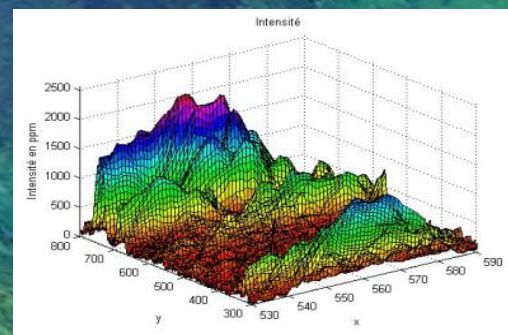
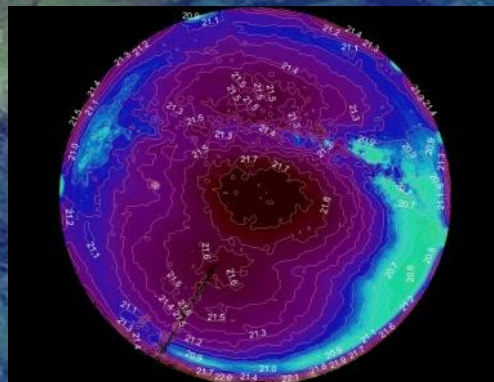


**Analyse  
Modélisation  
Etudes d'impact**

Luz-Saint-Sauv.

Pierrefitte-Nestalas

**Ensemble du processus  
Programme Aigle**

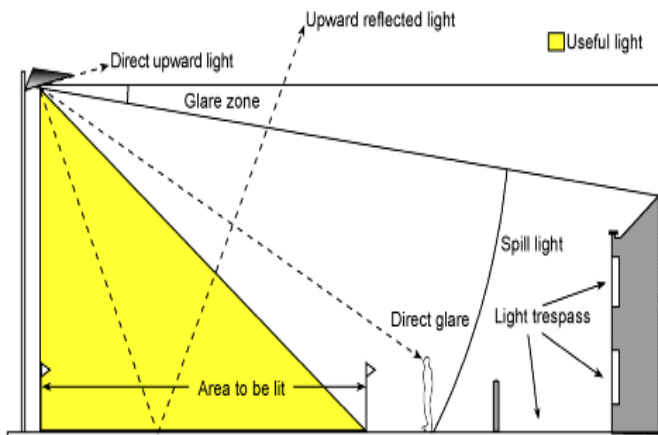


1000 m

# Bilan et mise en conformité

## Exemple

Nméro critère	Critère	diagnostique	Action corrective à effectuer
1	Mairise spatiale des flux lumineux	inadapté aux besoins	Bafflage ou changement du chapeau. Une possibilité est de mettre un chapeau débordant pour limiter le flux ascendant. Autre possibilité mettre des lampadaires à ULOR inférieur à 5% voir 0% (exemple voir gamme PLURIO de chez TORN)
2	Eclairage au sol	Inadapté aux besoins	Diminuer de 40 à 50 % le flux au sol
3	Plage horaire de fonctionnement	Correct	-
4	Distribution spectrale	Correct	-
5	Impact sur l'environnement	Très important	Conserver le spectre + les plages horaire mais diminuer le ULOR



Light pollution is often caused by the way light is emitted from lighting equipment. Choosing proper equipment and carefully mounting and aiming it can make a significant difference.

ULOR important  
Flux au sol trop élevé

- Donc énergie gaspillée
- Coût récurrent non négligeable pour la collectivité

## DarkSkyLab

Étude de la pollution lumineuse  
et des ses impacts sur les écosystèmes

**Site internet : [darkskylab.com](http://darkskylab.com)**

**Adresse mail : [info@darkskylab.com](mailto:info@darkskylab.com)**

### Présentation

Bureau d'étude spécialisé dans l'expertise scientifique de la pollution lumineuse et des ses impacts sur les écosystèmes.

### Mission

Réalisation de diagnostics d'éclairage public (collectivités) et privés (industriels) pour en optimiser l'usage afin de protéger l'environnement nocturne et réaliser des économies sur les dépenses énergétiques.

### Prestations

- Diagnostic et Préconisation
- Modélisation et Visualisation
- Moyens d'Imagerie
- Évaluation des impacts écologique et économiques



[Téléchargez la présentation de DarkSkyLab \(pdf\)](#)

### R&D

- Moyens de modélisation et visualisation numérique
- cartographie
- moyens d'imagerie de haute altitude et spatiale

**Dark Sky Lab**  
**3 rue Romiguières**  
**31000 Toulouse**

Merci  
pour votre attention

