

# WEBINAIRE

## Sobriété lumineuse en éclairage extérieur nocturne

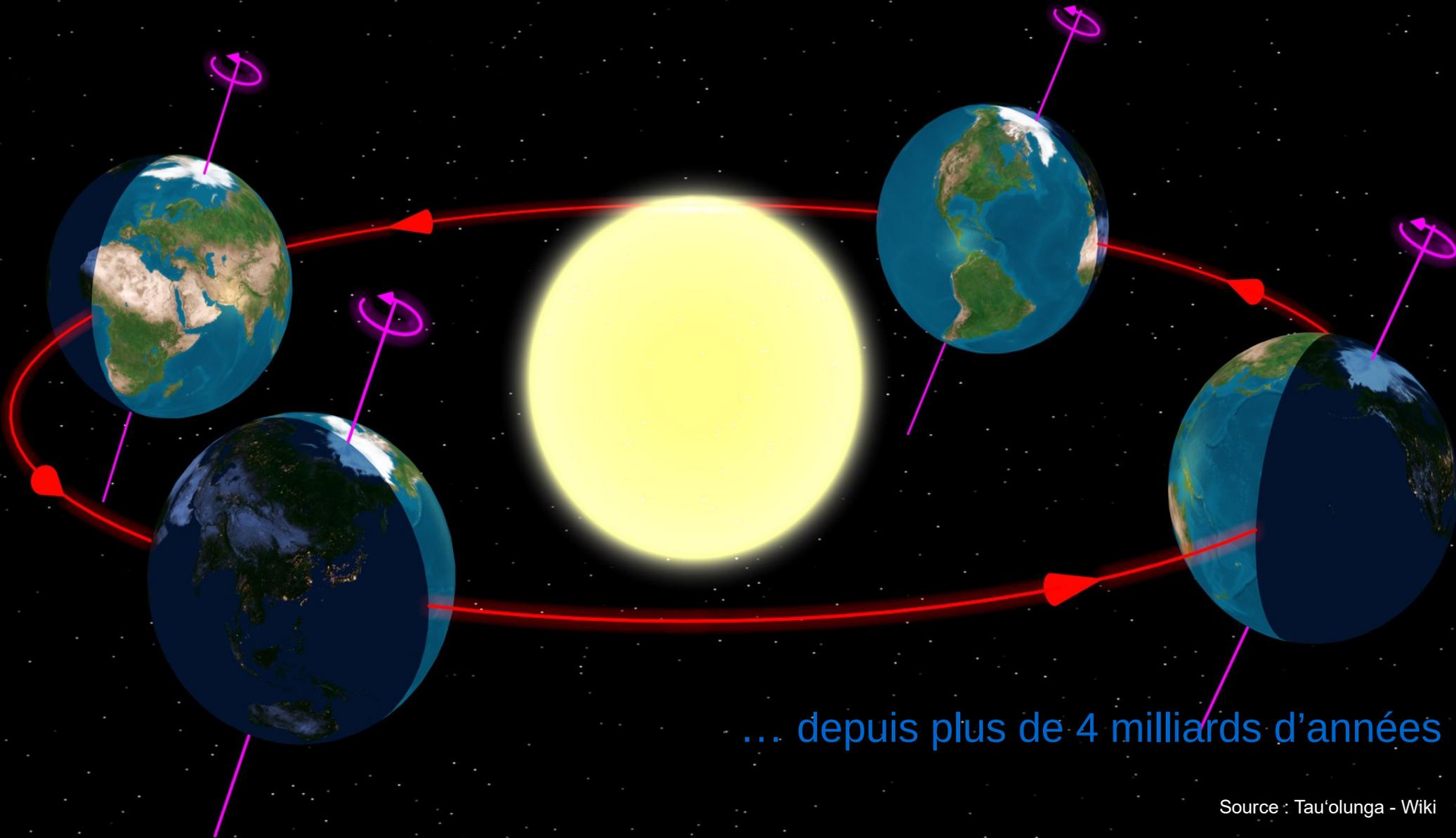
Organisé par la FRAPNA Ardèche

**Intervenante : Hélène FOGLAR, entreprise Athena-lum**

[www.athena-lum.eu](http://www.athena-lum.eu)

- Les différents enjeux de l'éclairage
- La réglementation
- Les principes d'un éclairage sobre

# Au début, tout était simple...



... depuis plus de 4 milliards d'années

Source : Tau'olunga - Wiki



Le soir la lumière devient rouge et diminue.  
Un rythme profondément inscrit dans nos gènes.  
La vie s'est spécialisée.

# Puis l'éclairage public est arrivé

- La bougie, les lampes à huile (déjà dans l'antiquité)



## Puis l'éclairage public est arrivé

- La bougie, les lampes à huile (déjà dans l'antiquité)



- Le gaz (XIX<sup>ème</sup> siècle)



# L'électricité à la fin du XIX<sup>ème</sup>

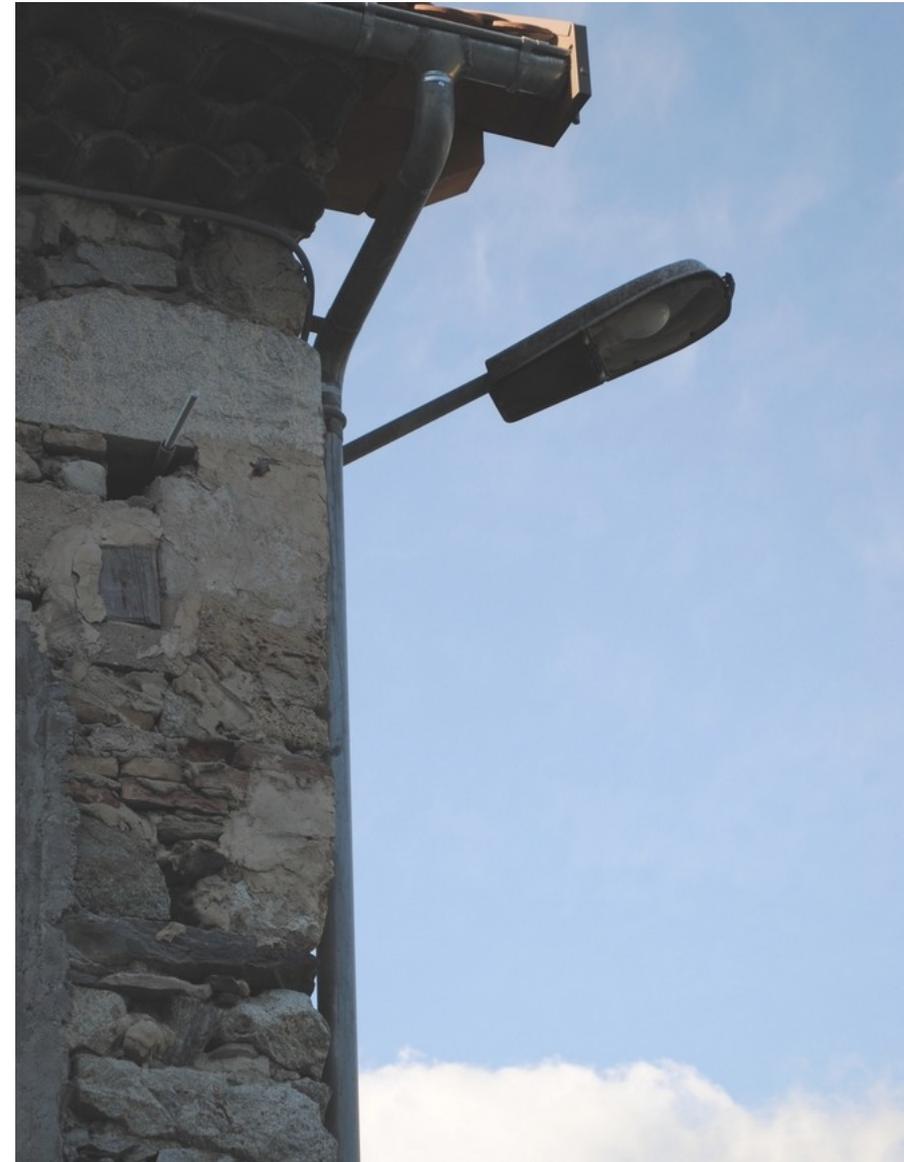
- D'abord des lampes à incandescence



Source : Phozagora

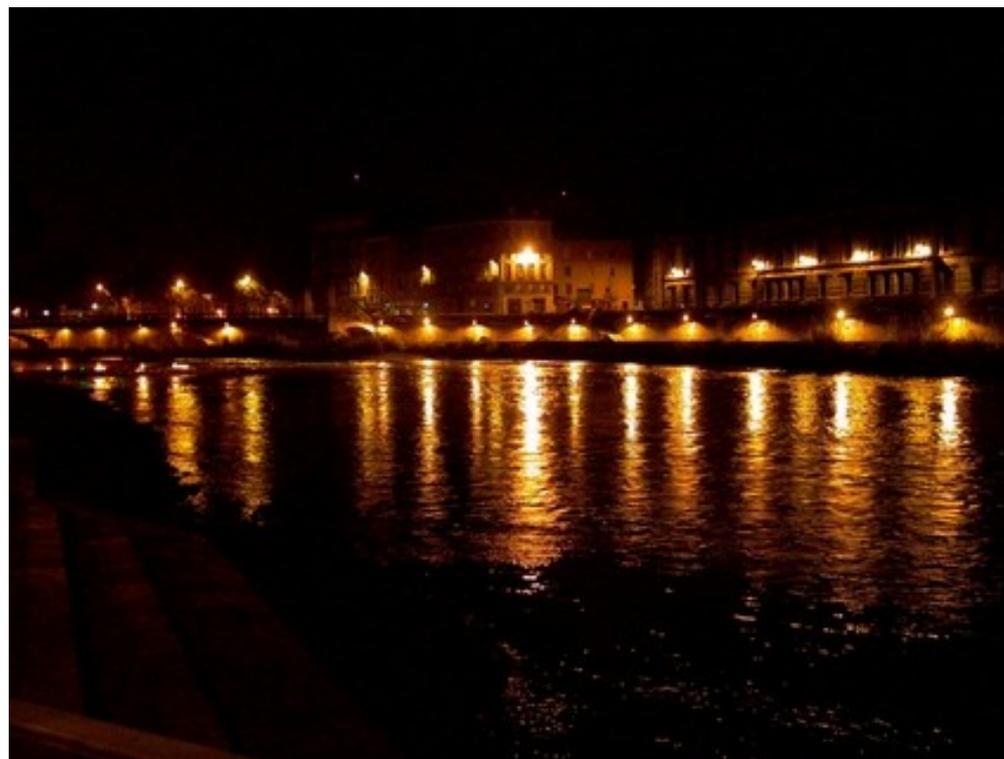
# L'électricité à la fin du XIX<sup>ème</sup>

- D'abord des lampes à incandescence
- Dans les années 30 : lampes à vapeur de mercure



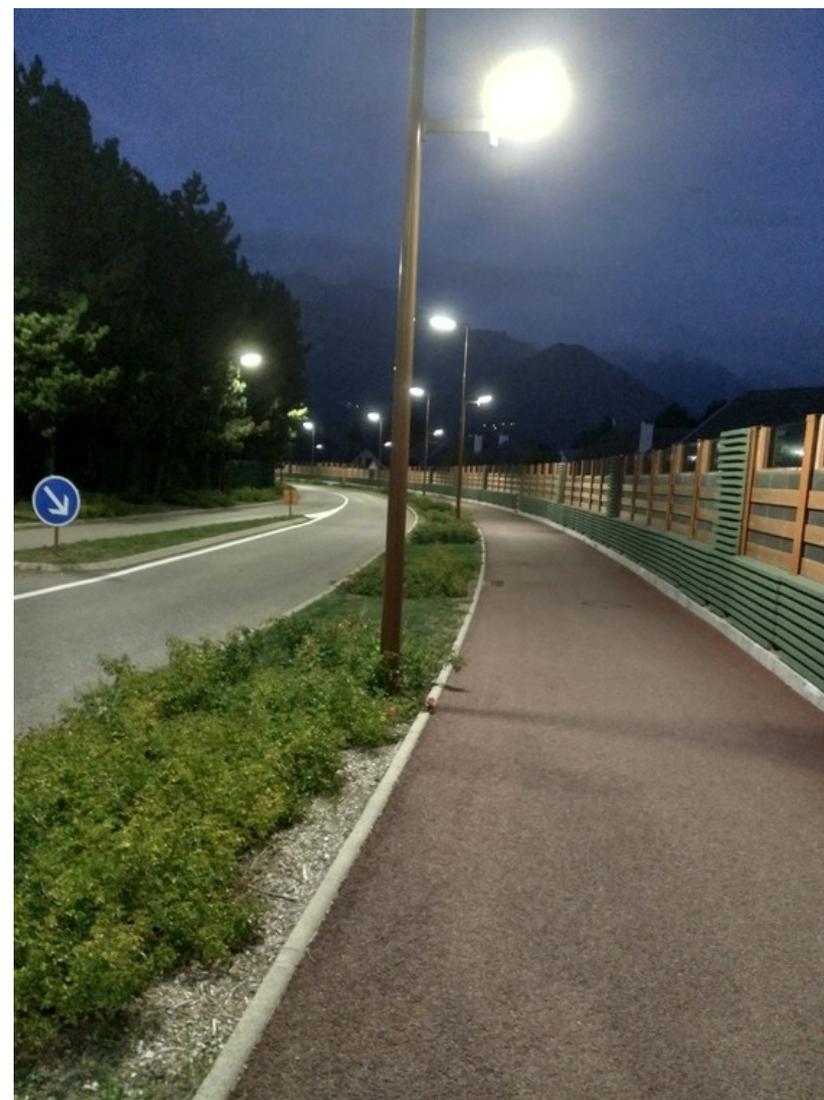
# L'électricité à la fin du XIX<sup>ème</sup>

- D'abord des lampes à incandescence
- Dans les années 30 : lampes à vapeur de mercure
- Années 60 lampes à vapeur de sodium



# L'électricité à la fin du XIX<sup>ème</sup>

- D'abord des lampes à incandescence
- Dans les années 30 : lampes à vapeur de mercure
- Années 60 lampes à vapeur de sodium
- Années 2010 et suivantes : LED



# Pourquoi éclairer ?

# Pourquoi éclairer ?

- Une question qui vient tôt ou tard : **la sécurité**



# Éclairage et sécurité : une question à tiroirs

- Voir les obstacles et permettre les déplacements de nuit

# Éclairage et sécurité : une question à tiroirs

- Voir les obstacles et permettre les déplacements de nuit
- Protéger ses biens

# Éclairage et sécurité : une question à tiroirs

- Voir les obstacles et permettre les déplacements de nuit
- Protéger ses biens
- Voir des agresseurs potentiels

# Éclairage et sécurité : une question à tiroirs

- Voir les obstacles et permettre les déplacements de nuit
- Protéger ses biens
- Voir des agresseurs potentiels
- Avoir un sentiment de sécurité

# Pourquoi éclairer ?

## Pour travailler



# Pourquoi éclairer ?

## Pour mettre en valeur



# Pourquoi éclairer ?

## Pour mettre en valeur



# Pourquoi éclairer ?

## Pour vendre



# Pourquoi éclairer ?

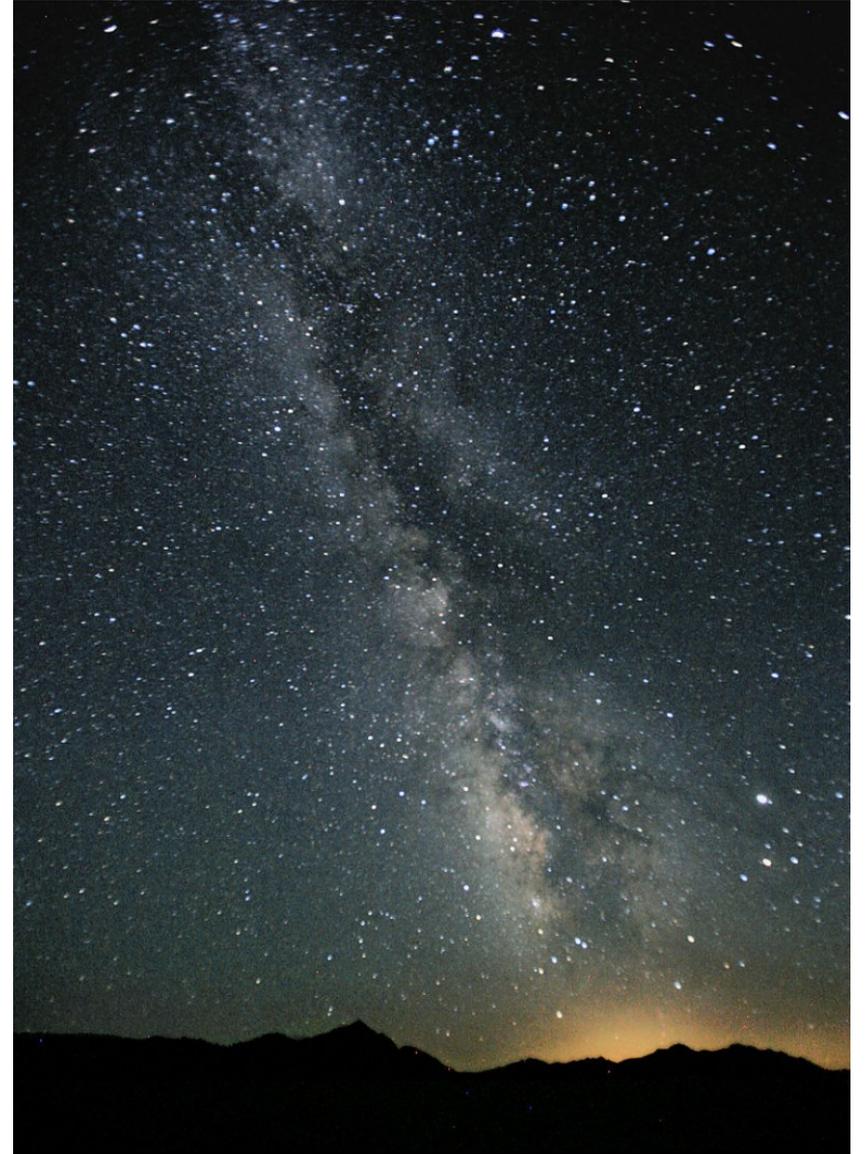
## Pour vendre



# L'avènement de l'éclairage : pour le meilleur et le pire



- Replacer l'éclairage dans le contexte des besoins réels
- Penser en termes d'impacts de cette pollution lumineuse



(crédit photo : Steve Jurvetson — Flickr)

## 60 % des européens ne voient plus la voie lactée

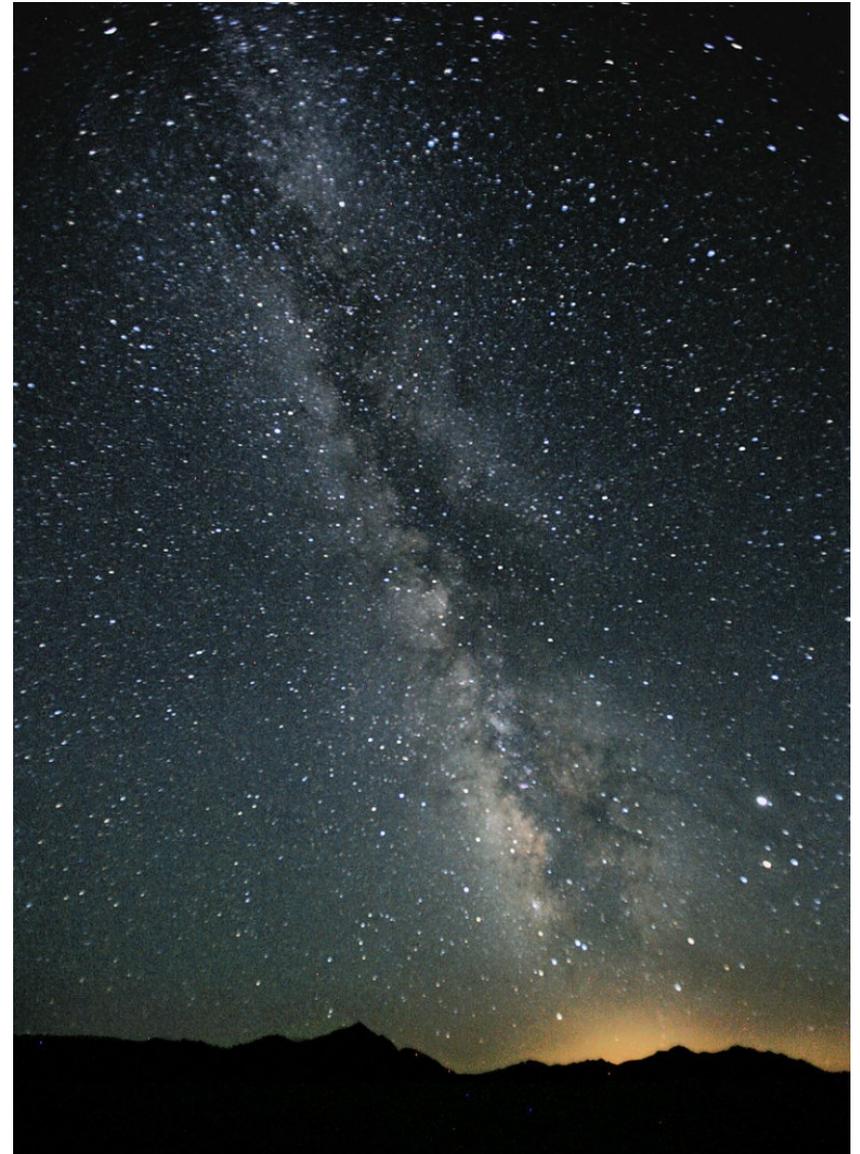
Environnement de plus en plus artificialisé

Perte culturelle

Besoin de retrouver de la naturalité

Recherche scientifique

Réflexion sur la place de l'Homme dans l'Univers



(crédit photo : Steve Jurvetson — Flickr)

## Des cosmologies différentes



<https://www.abc.net.au>

L'émeu des aborigènes australiens

Hémisphère N : mythologie grecque

Hémisphère S : la colonisation (la machine pneumatique, le sextant, le télescope...)

# La constellation d'Orion



(crédit photo : Jeremy Stanley Wiki)

## Gaspillage énergétique / perte financière

32% des consommations d'électricité des communes  
31% de leur facture d'électricité\*

\*moyenne française : ADEME 2017

En France\* :

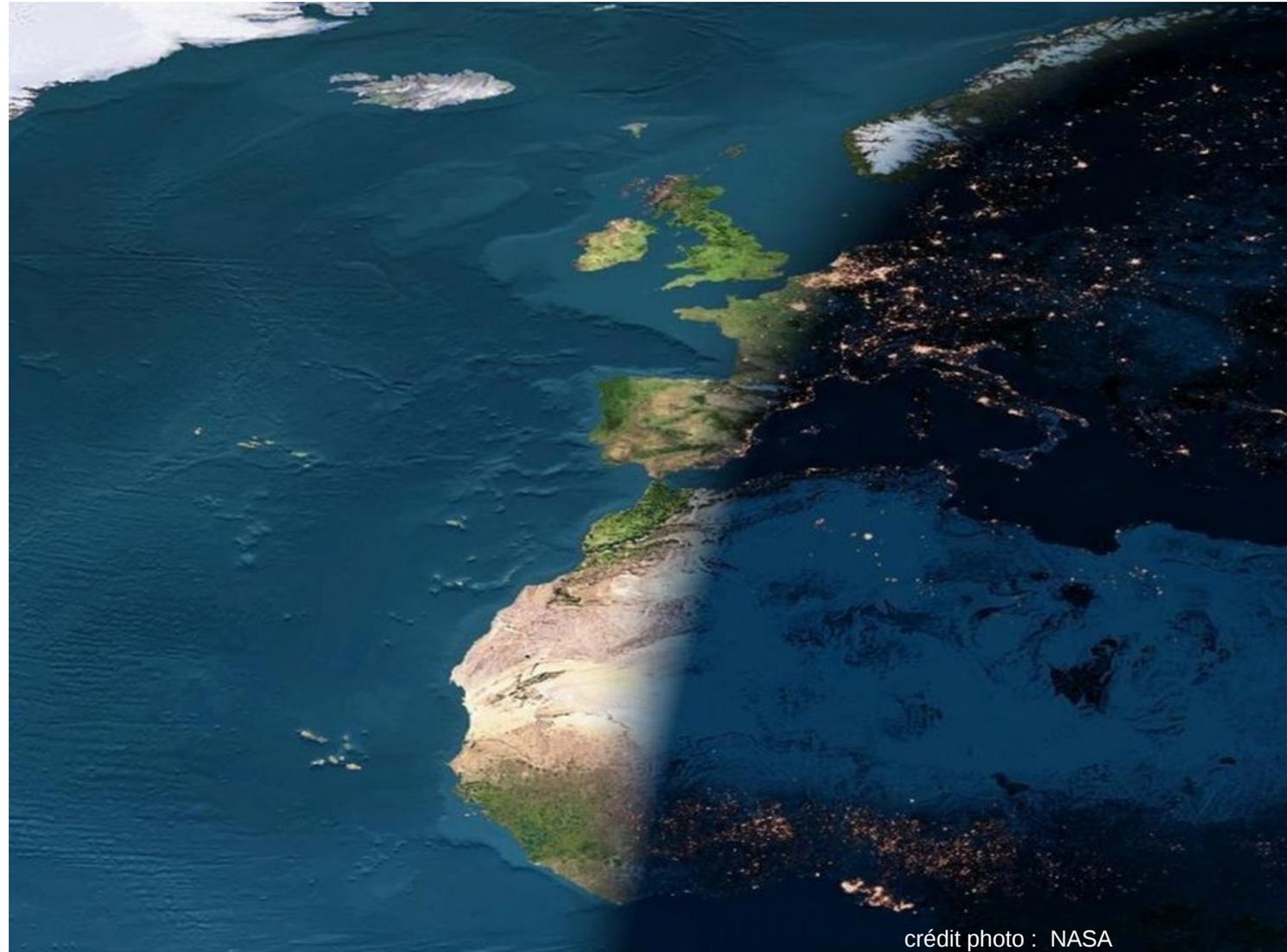
10 millions d'ampoules pour l'éclairage public  
3100 h d'éclairage annuel en moyenne / lampe

5,6 TWh ( 1 % de la production totale d'électricité)

\*<http://www.afe-eclairage.fr>

Il y a 3,5 milliards  
d'années  
Apparition de la vie  
sur Terre avec  
alternance jour/nuit

adaptations  
biologiques,  
écologiques...



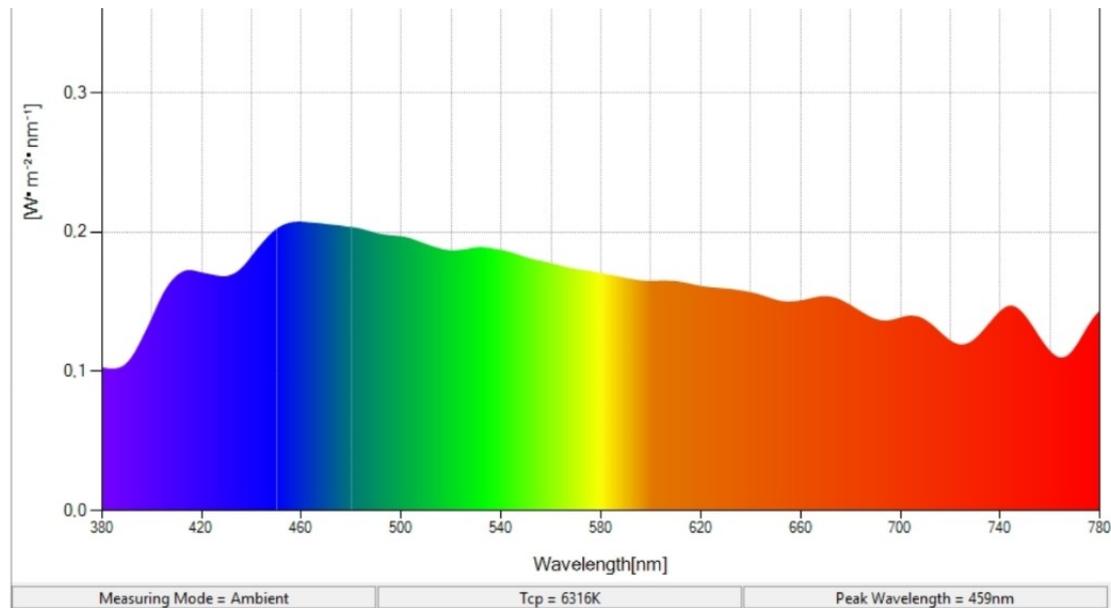


## Des rythmes biologiques basées sur le cycle circadien



## Des rythmes biologiques basées sur le cycle circadien

Signal : longueur d'onde bleue (autour de 450-480 nm)



# Des rythmes biologiques basées sur le cycle circadien

**Signal : longueur d'onde bleue (autour de 450-480 nm)**

Indispensable le jour

Nuisible la nuit

... à l'inverse des modes de vie dans la société moderne !

## Manque de bleu la journée

Dépression saisonnière  
Malformation de l'œil

## Trop de bleu la nuit

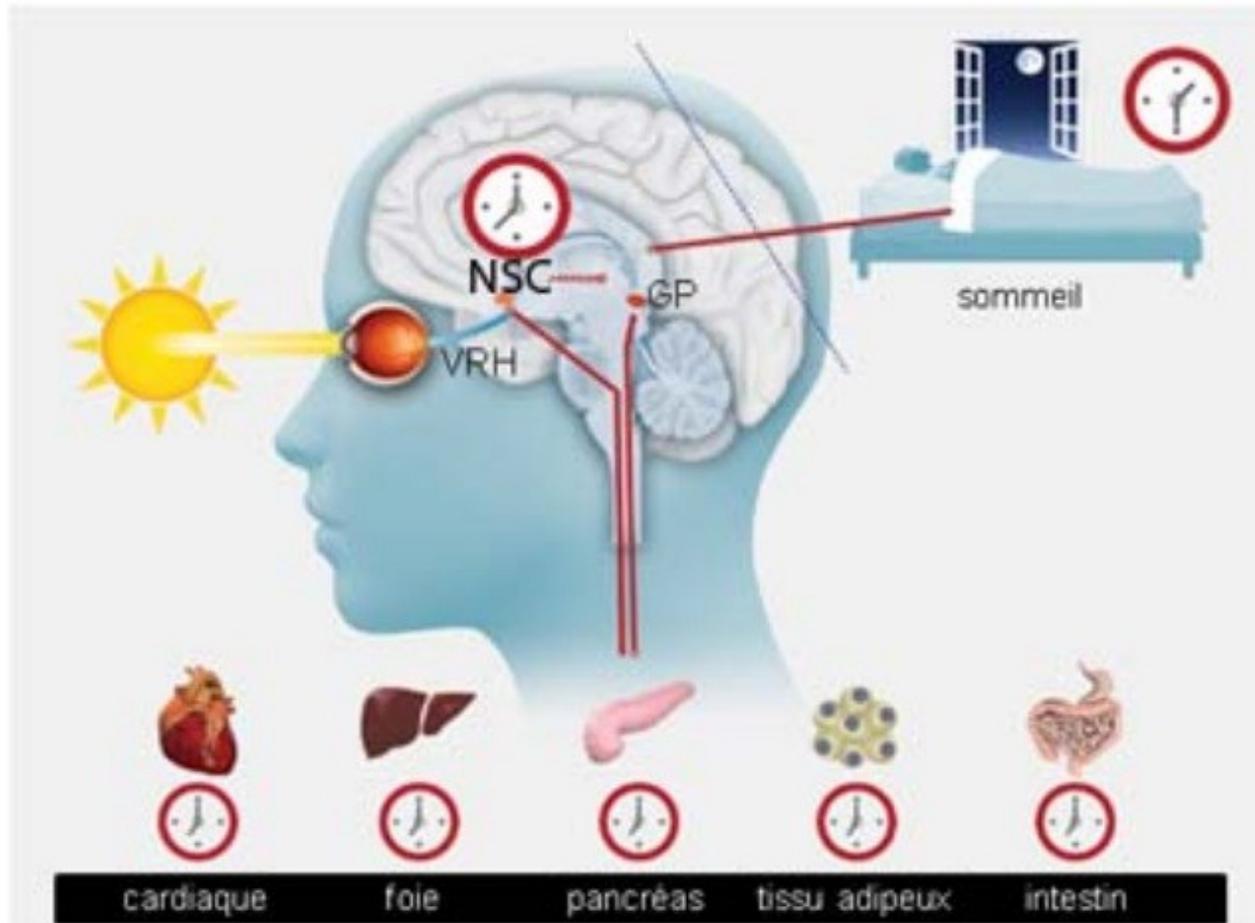
Dérèglement des horloges biologiques  
Impacts sur la santé  
Impacts écologiques

## Rapport ANSES de 2019

### Risques identifiés :

- spectre déséquilibré dans bleu
- très fortes luminances
- éblouissement
- mauvaise exposition à la lumière tout au long de la journée
- impact environnemental de l'éclairage artificiel nocturne





Découverte au début des années 2000 : cellules ganglionnaires à mélanopsine

Sécrétion de mélatonine la nuit

## Horloge biologique humaine

(rapport ANSES 2019)

## Et les autres animaux ?

## Des mondes sensoriels très différents

La majorité des espèces sur terre sont nocturnes\* :

30 % des vertébrés

60 % des invertébrés



Myotis\_myotis\_wiki\_C\_Robiller\_Naturlichter\_dei



Deilephila\_elpenor\_jp\_hamon\_Wiki

\*Holker et al., 2010



Photo Flavia

## Autres adaptations physiologiques

Sensibilité aux différentes longueurs d'ondes (UV...)



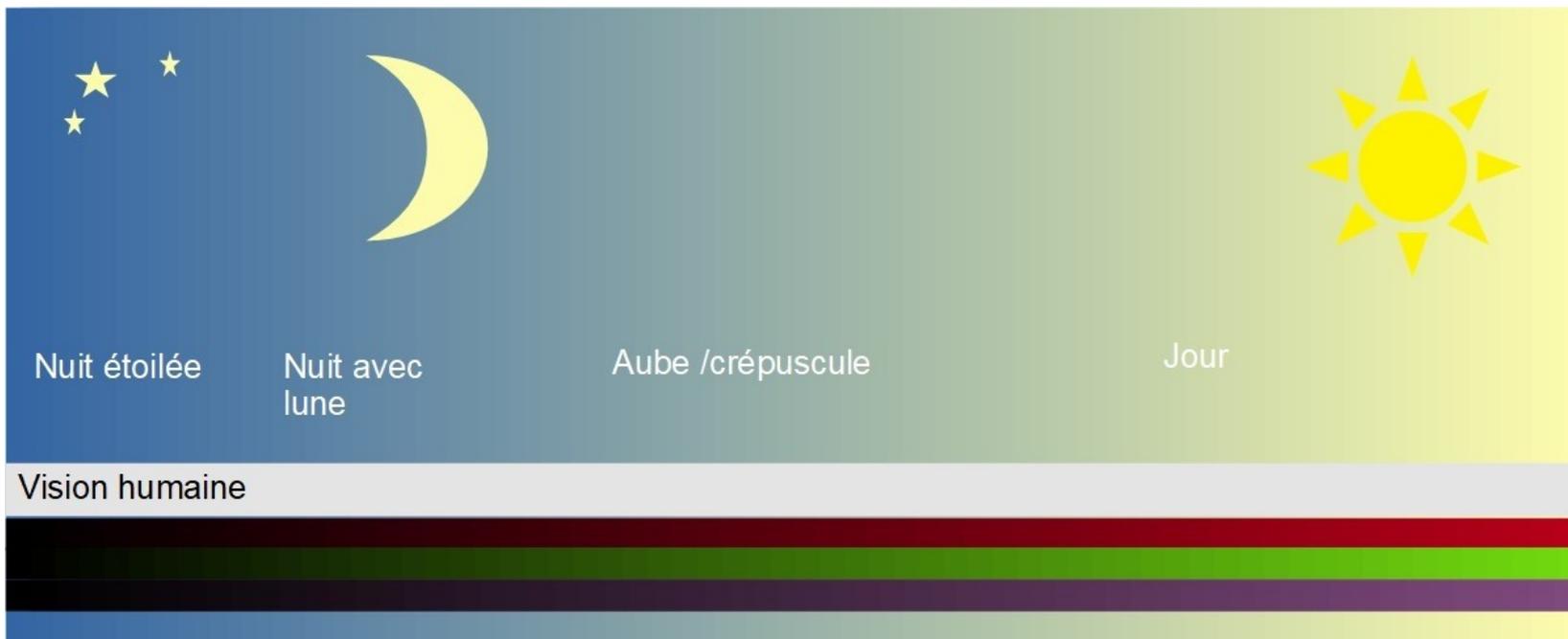
Yeux de grande taille et gros cristallins



Membrane réfléchissante

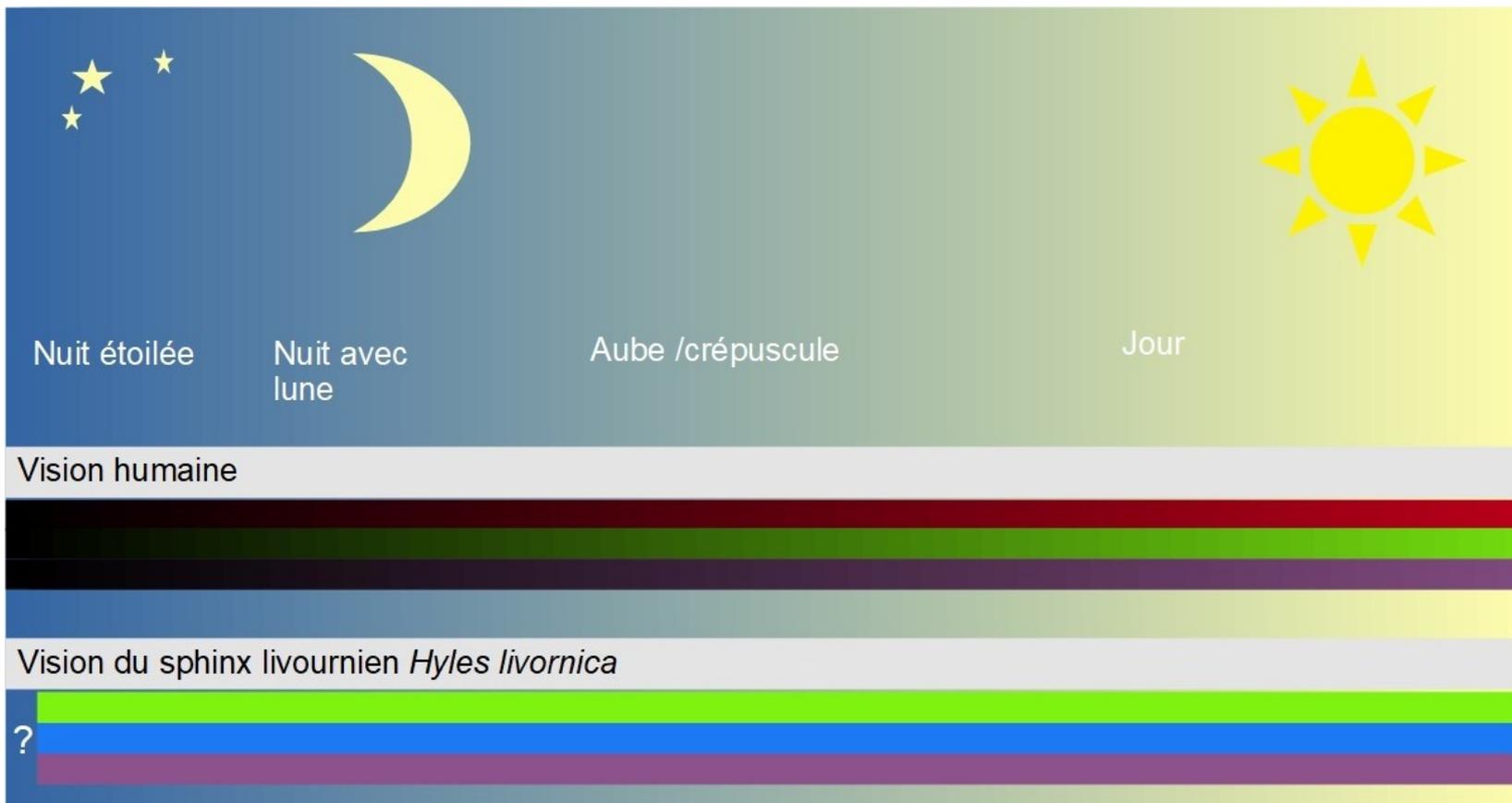


# Seuils de vision des couleurs chez différentes espèces.



Source Pixabay

# Seuils de vision des couleurs chez différentes espèces.

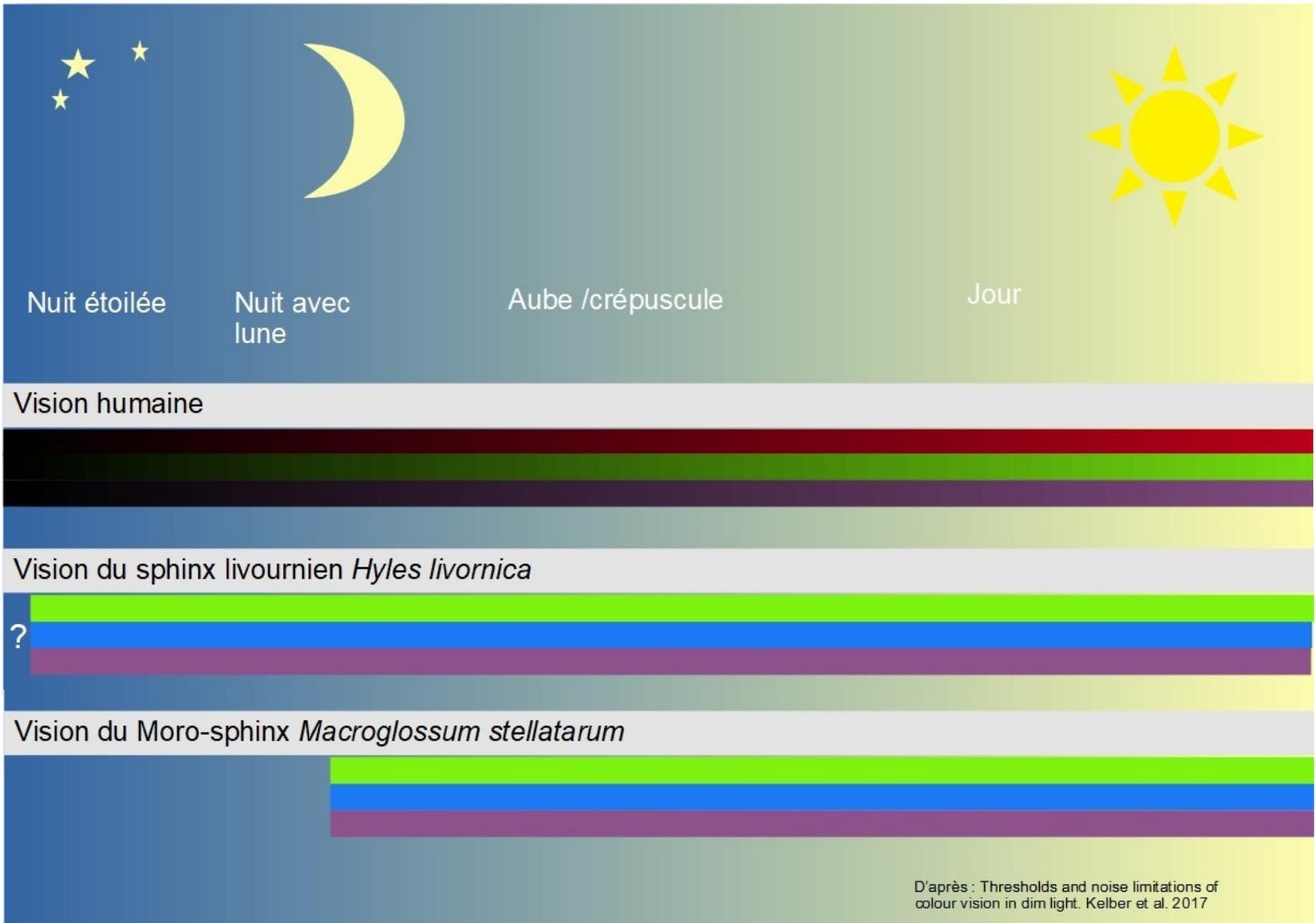


Source Pixabay



Source Sylvain Montagner

# Seuils de vision des couleurs chez différentes espèces.



Source Pixabay



Source Sylvain Montagner



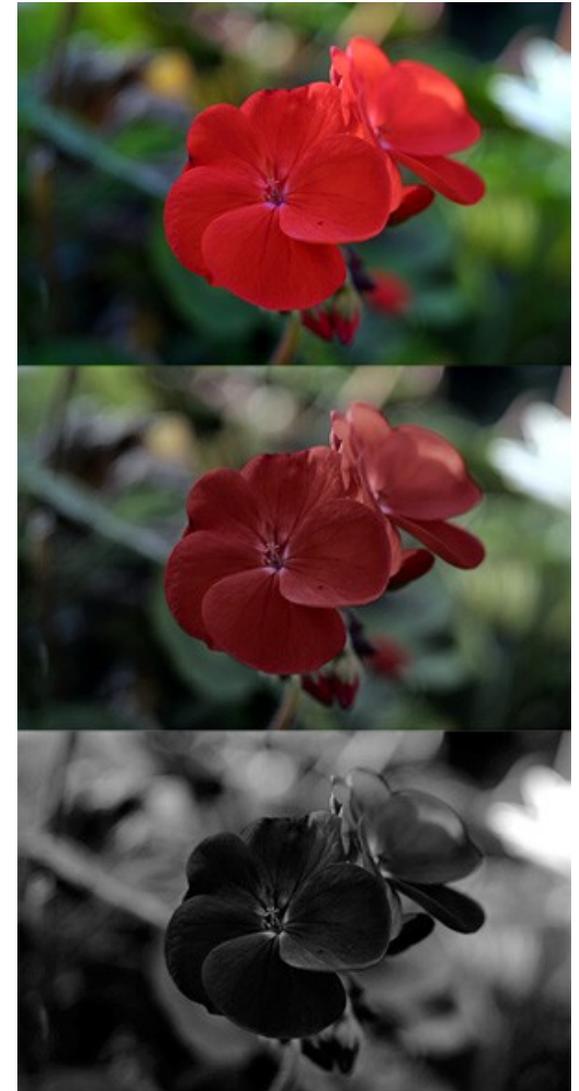
Source Wiki Jerzy Strzelecki

## La vision nocturne humaine

Faible luminosité (bâtonnets actifs) : le rouge n'est pas vu

De multiples applications :

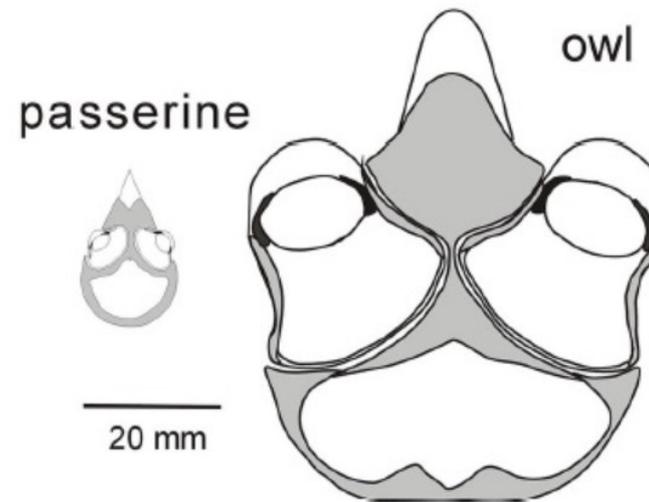
- LED rouges des frontales
- instruments de mesures astro
- application smartphone pour ciel nocturne...



Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Effet\\_Purkinje](https://fr.wikipedia.org/wiki/Effet_Purkinje)

## Cas particulier des yeux tubulaires des chouettes et hiboux :

- une musculature très réduite pour maximiser la taille du globe et la distance focale
- une perte de la mobilité des yeux compensée par une rotation de la tête à  $270^\circ$



Source :Martin, G. R. 2017. What drives bird vision? Bill control and predator detection overshadow flight. *Frontiers in Neuroscience* 11: 619

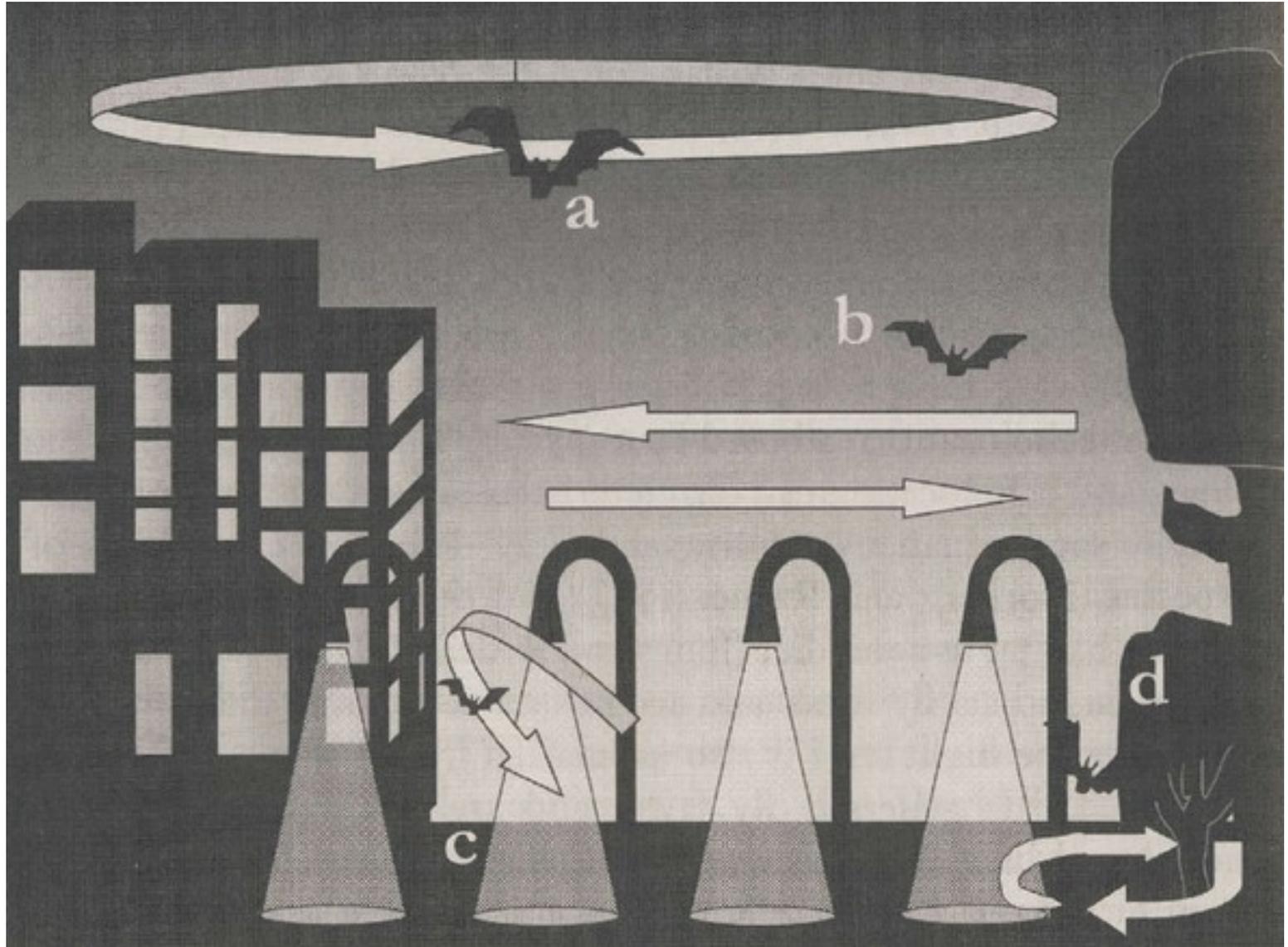


Source : Pixabay

# Impact écologique sur les chiroptères :

## différent selon les espèces

- a) grandes espèces à vol rapide (type Molossidae)
- b) espèces à vol rapide type Vesperlionidae
- c) petites espèces à vol rapide type Pipistrelles
- d) espèces glaneuses (murins, oreillards)



# Impact sur les oiseaux migrateurs la nuit



Source : wikipedia

## Tribute in Light Hommage lumineux à New York : un piège lumineux

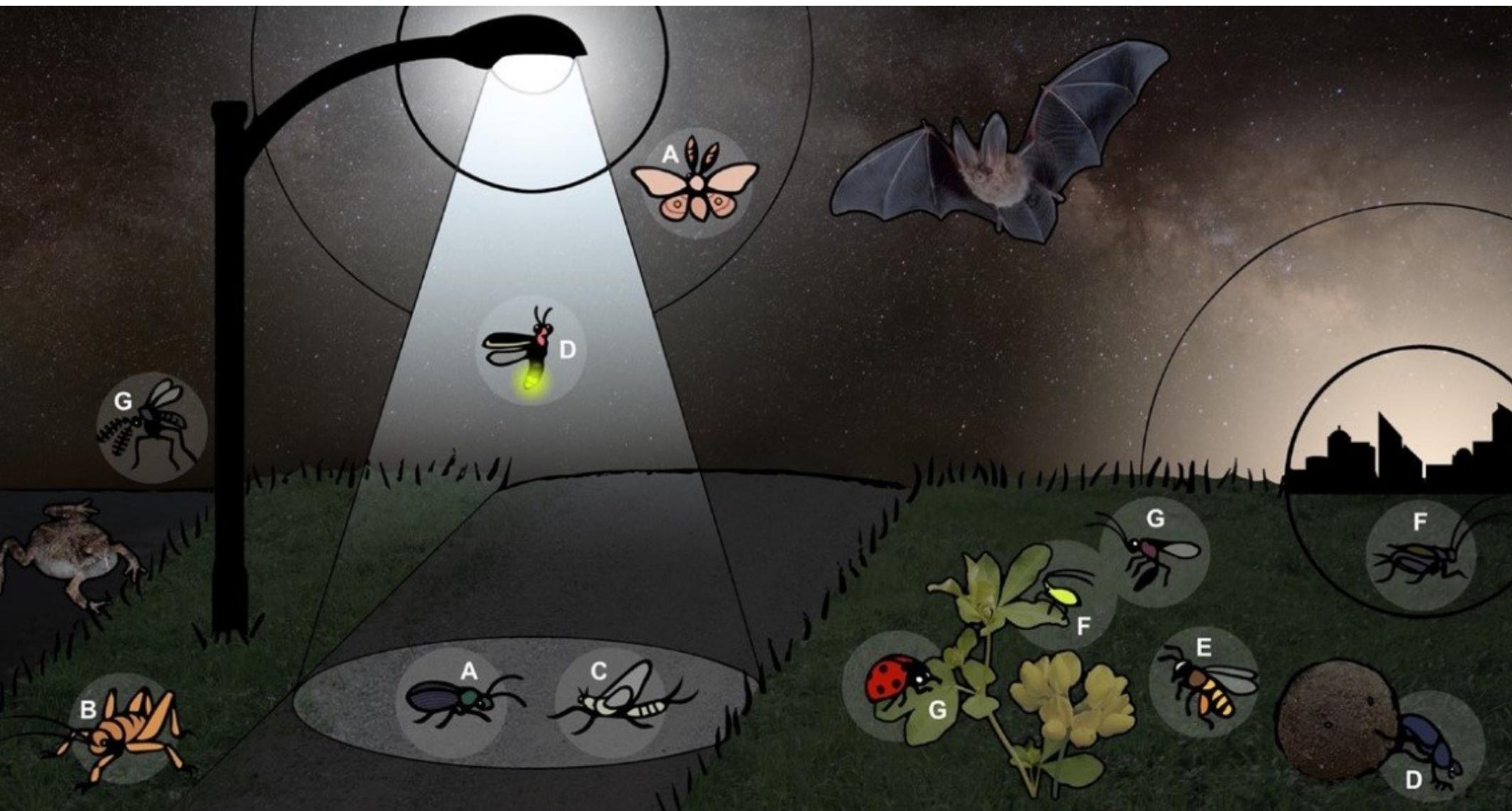
Des bénévoles de la Audubon  
Society surveillent :

Plus de 1000 oiseaux piégés dans le  
faisceau ou 1 oiseau tombé au sol :  
extinction pendant 20 minutes



Source : wikipedia

# Impacts écologiques en cascade



Source : Owens et al (2020)

## Impacts écologiques en cascade



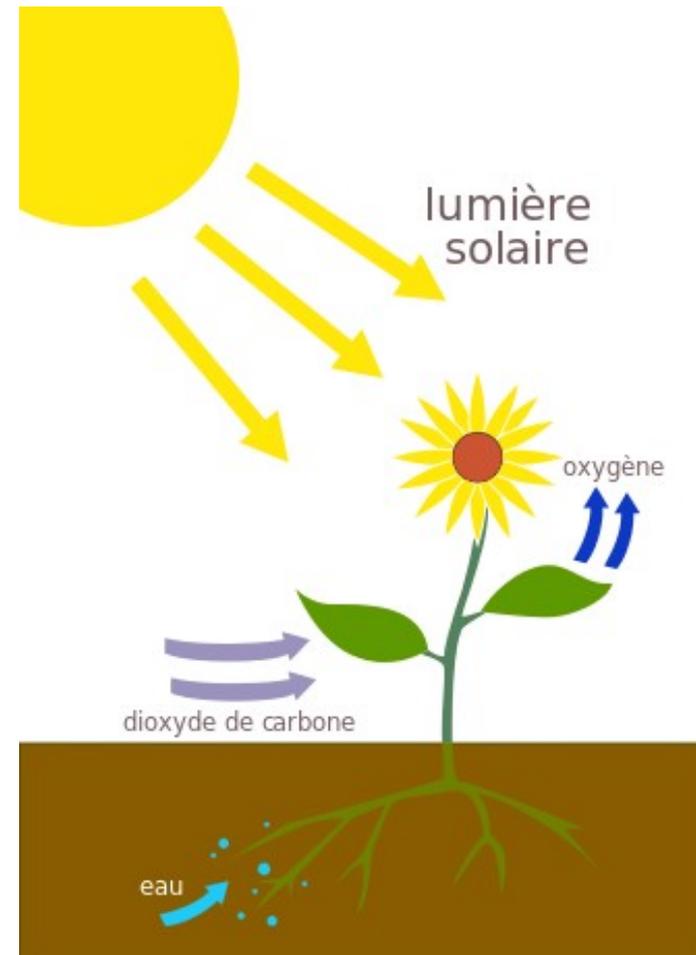
Source : Source : photo E. Pebay-Peroula

## Impact particulier sur les plantes

Les plantes ont une relation particulière à la lumière : la photosynthèse

La longueur du jour joue un rôle important :

- plantes de jours courts
- plantes de jours longs
- chute des feuilles
- germination
- ralentissement de croissance et préparation à l'hiver



Source : wikipedia

Ne pas confondre  
le jour et la nuit et  
respecter le  
vivant et nos  
rythmes  
biologiques

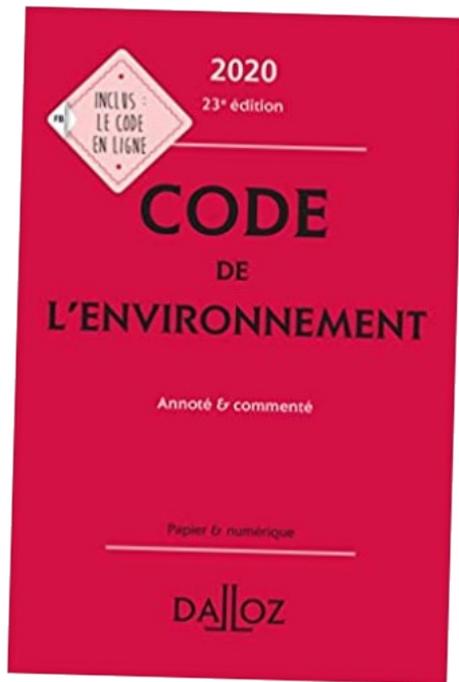
Éclairer pour le  
besoin des  
activités  
humaines à un  
coût raisonnable



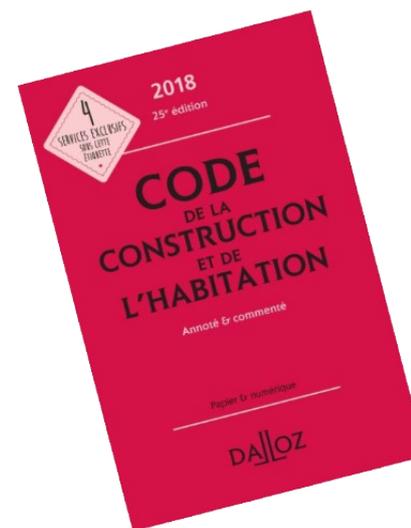
**UN COMPROMIS A  
TROUVER**

# Comment éclairer dans le cadre de ce compromis ?





# En premier lieu, respecter la réglementation



# Textes « environnementaux »

**2009** : loi Grenelle 1, puis 2010 : loi Grenelle 2

## Textes « environnementaux »

**2009** : loi Grenelle 1, puis 2010 : loi Grenelle 2

**2011** : Décret n° 2011-831 du 12 juillet 2011 relatif à la prévention et à la limitation des nuisances lumineuses

## Textes « environnementaux »

**2009** : loi Grenelle 1, puis 2010 : loi Grenelle 2

**2011** : Décret n° 2011-831 du 12 juillet 2011 relatif à la prévention et à la limitation des nuisances lumineuses

**2013** : Arrêté du 25 janvier 2013 relatif à l'éclairage nocturne des bâtiments non résidentiels afin de limiter les nuisances lumineuses et les consommations d'énergie

## Textes « environnementaux »

**2009** : loi Grenelle 1, puis 2010 : loi Grenelle 2

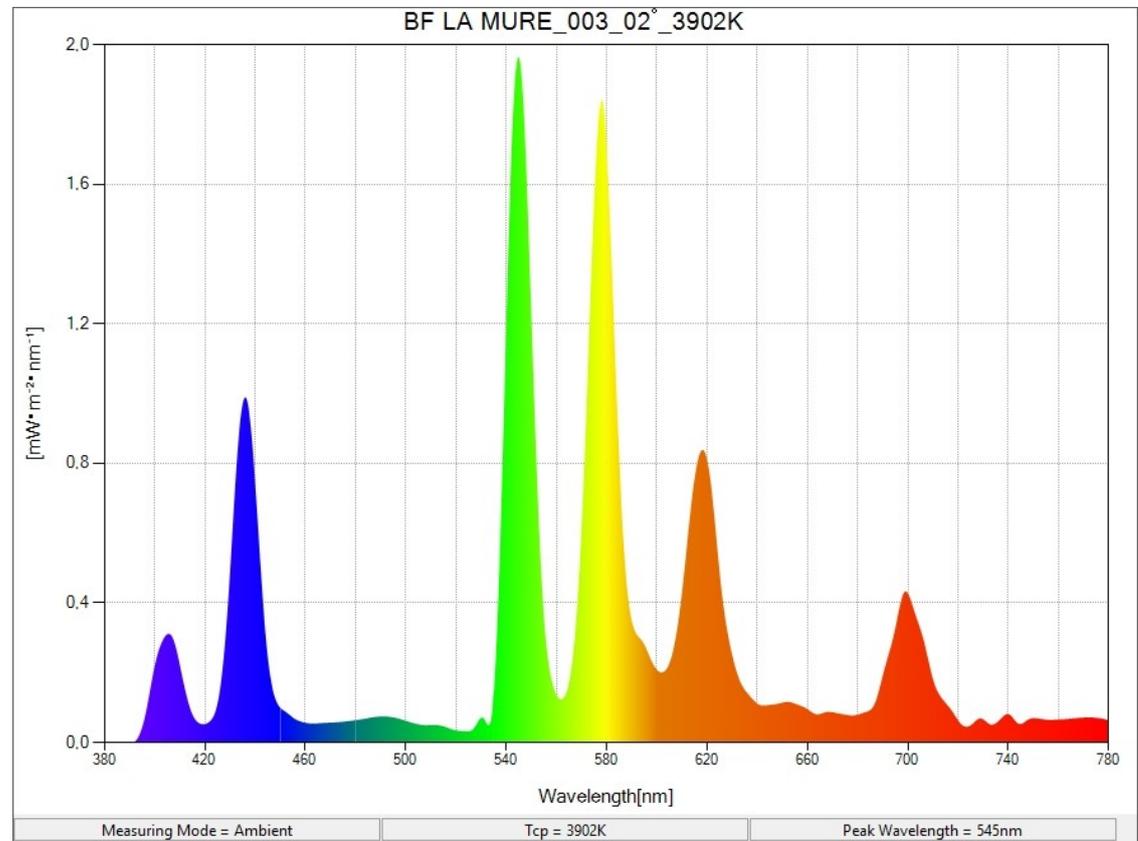
**2011** : Décret n° 2011-831 du 12 juillet 2011 relatif à la prévention et à la limitation des nuisances lumineuses

**2013** : Arrêté du 25 janvier 2013 relatif à l'éclairage nocturne des bâtiments non résidentiels afin de limiter les nuisances lumineuses et les consommations d'énergie

**2018** : Arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses

# Textes « environnementaux »

**2009** : règlement CEE n° 245/2009 de la commission du 18 mars 2009  
Interdiction de mise sur le marché des lampes à vapeur de mercure (= « ballons fluorescents») à partir d'avril 2015



Source : mesure H. Foglar

## Textes « environnementaux »

**2012** : décret n°2012-118 du relatif à la publicité extérieure, aux enseignes et aux pré-enseignes ;

Extinction des publicités et enseignes lumineuses entre 1h et 6h du matin à partir de juillet 2012



## Textes « environnementaux »

### **2015** : Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte

Les nouvelles installations d'éclairage public sous maîtrise d'ouvrage de l'État et de ses établissements publics et des collectivités territoriales font preuve d'exemplarité énergétique et environnementale

Les plans climat-air-énergie (PCAÉ) peuvent prendre en compte la pollution lumineuse.

### **2016** : Loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages

Les paysages nocturnes font partie du patrimoine commun de la nation

# Autres textes qui concernent l'éclairage

**La Loi handicap** de 2005 et ses arrêtés d'application  
20 lux horizontal moyen pour les IOP et les ERP

## **Le Code du travail**

Zones et voies de circulation extérieures : 10 lux minimum

Espaces extérieurs où sont effectués des travaux à caractère permanent : 40 lux minimum

## **Le Code Général des Collectivités Territoriales**

L'éclairage fait parti des moyens dont dispose le maire pour assurer le bon ordre, la sûreté, la sécurité et la salubrité publiques

# **Le nouvel arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses**

## L'arrêté fixe :

### En fonction des catégories d'éclairage

- des temporalités d'allumages,

# L'arrêté fixe :

## En fonction des catégories d'éclairage

- des temporalités d'allumages ,
- des limites de dispersion de lumière vers le ciel,

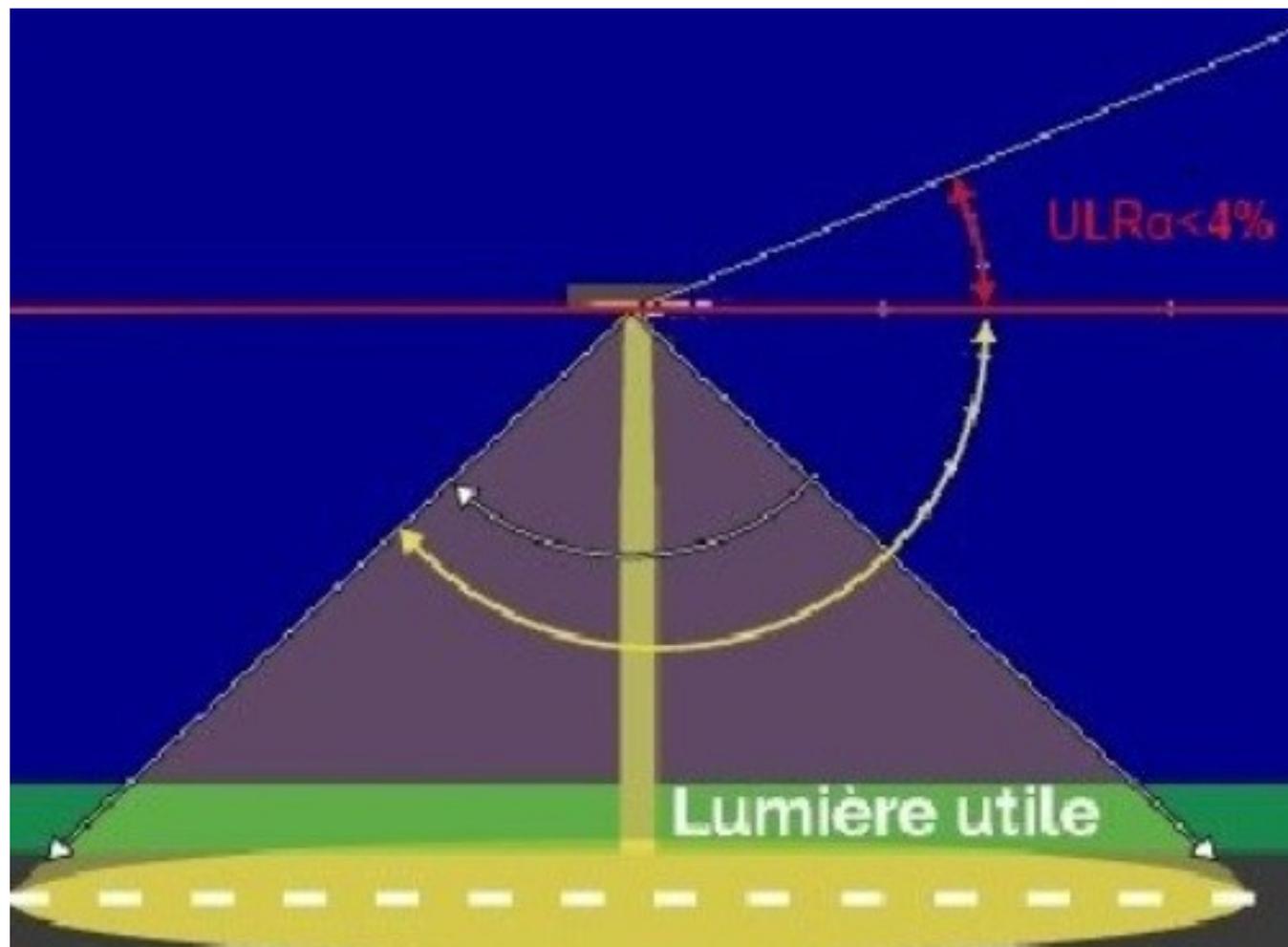


Illustration : guide  
ministère

## L'arrêté fixe :

### En fonction des catégories d'éclairage

- des temporalités d'allumages,
- des limites de dispersion de lumière vers le ciel,
- des limites de dispersion latérale de la lumière,

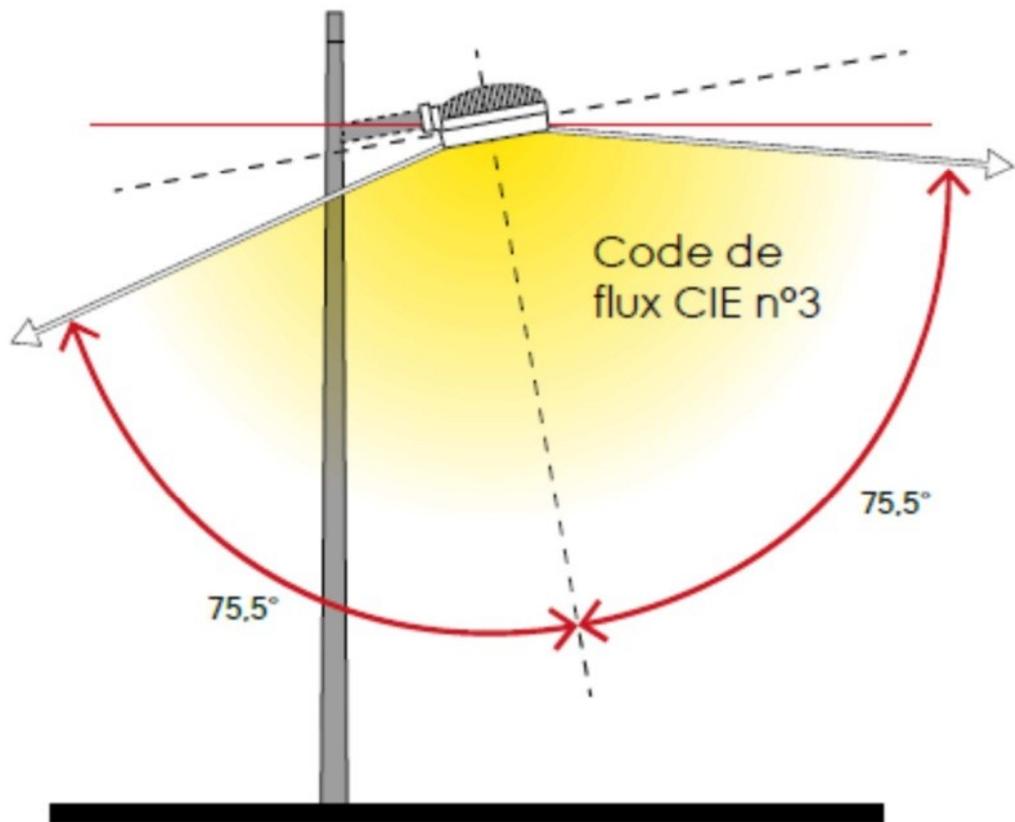


Illustration : guide  
ministère

# L'arrêté fixe :

## En fonction des catégories d'éclairage

- des temporalités d'allumages,
- des limites de dispersion de lumière vers le ciel,
- des limites de dispersion latérale de la lumière,
- des limites de flux lumineux installé par surface destinée à être éclairée,

*Exemple de calcul de surface à éclairer :*

*Surface à éclairer = (surface des trottoirs) + (surface de la route)*

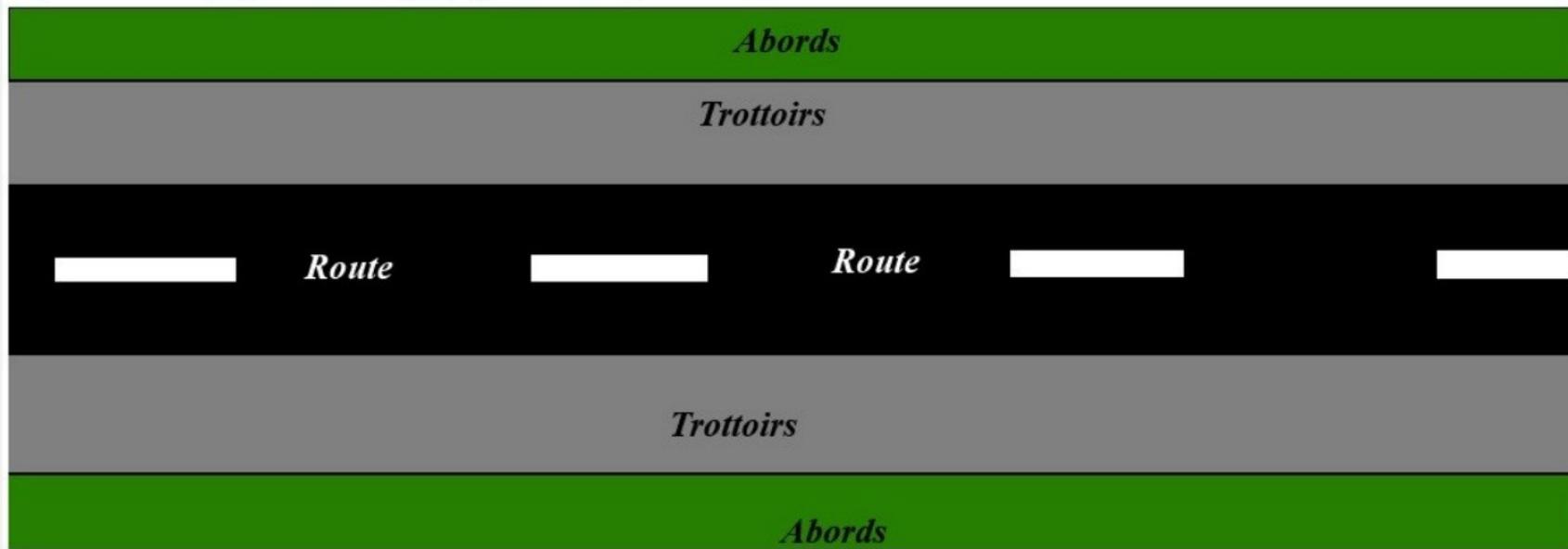
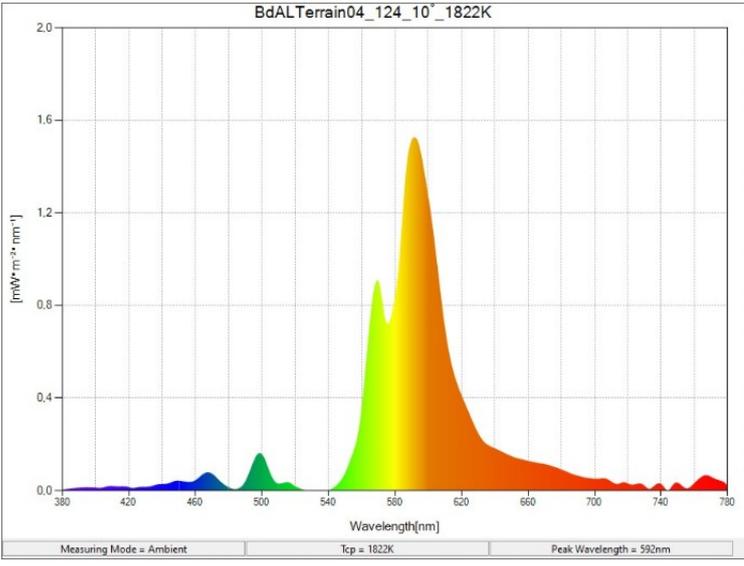
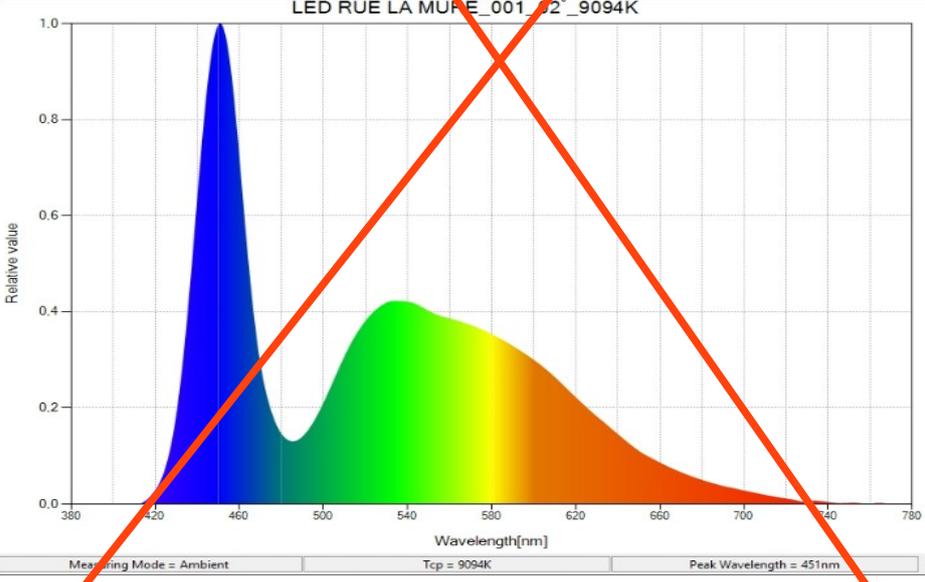
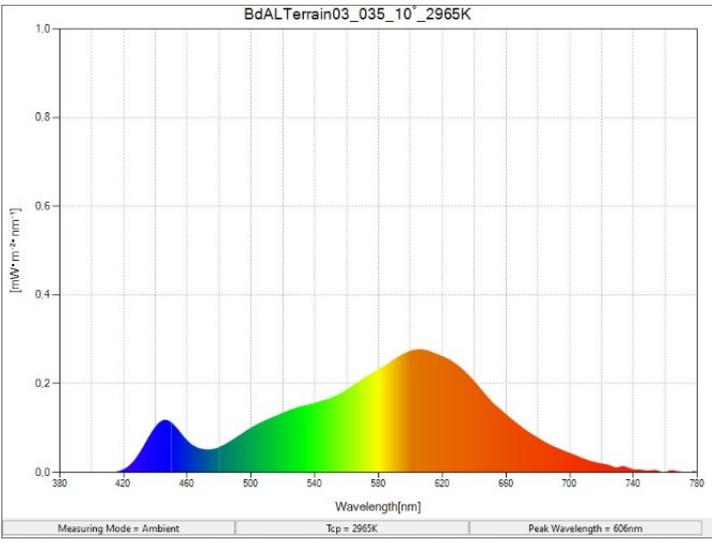


Illustration : guide  
ministère

# L'arrêté fixe :

## En fonction des catégories d'éclairage

- des temporalités d'allumages,
- des limites de dispersion de lumière vers le ciel,
- des limites de dispersion latérale de la lumière,
- des limites de flux lumineux installé par surface destinée à être éclairée,
- des limites de température de couleur,



# L'arrêté fixe :

## En fonction des catégories d'éclairage

- des temporalités d'allumages,
- des limites de dispersion de lumière vers le ciel,
- des limites de dispersion latérale de la lumière,
- des limites de flux lumineux installé par surface destinée à être éclairée,
- des limites de température de couleur,
  
- des prescriptions particulières pour des espaces protégés et des sites astronomiques,

# L'arrêté fixe :

## En fonction des catégories d'éclairage

- des temporalités d'allumages,
- des limites de dispersion de lumière vers le ciel,
- des limites de dispersion latérale de la lumière,
- des limites de flux lumineux installé par surface destinée à être éclairée,
- des limites de température de couleur,
  
- des prescriptions particulières pour des espaces protégés et des sites astronomiques,
- des prescriptions pour protéger les cours d'eau, lacs et étangs de l'éclairage,

# L'arrêté fixe :

## En fonction des catégories d'éclairage

- des temporalités d'allumages,
- des limites de dispersion de lumière vers le ciel,
- des limites de dispersion latérale de la lumière,
- des limites de flux lumineux installé par surface destinée à être éclairée,
- des limites de température de couleur,
  
- des prescriptions particulières pour des espaces protégés et des sites astronomiques,
- des prescriptions pour protéger les cours d'eau, lacs et étangs de l'éclairage,
- un calendrier d'application,

# L'arrêté fixe :

## En fonction des catégories d'éclairage

- des temporalités d'allumages,
- des limites de dispersion de lumière vers le ciel,
- des limites de dispersion latérale de la lumière,
- des limites de flux lumineux installé par surface destinée à être éclairée,
- des limites de température de couleur,
  
- des prescriptions particulières pour des espaces protégés et des sites astronomiques,
- des prescriptions pour protéger les cours d'eau, lacs et étangs de l'éclairage,
- un calendrier d'application,
- toutes les nouvelles installations sont conformes à l'arrêté

01/ 2020

# éclairage extérieur destiné à favoriser la sécurité des déplacements sur l'espace public et privé



**Pas d'obligation d'extinction**, sauf si lié à un espace économique clôt : extinction 1h après la cessation de l'activité et rallumés à 7h du matin ou au plus tôt ou 1h avant le début de l'activité.

**01/2021** sauf nécessité de réseau séparé

**Émissions lumineuse  $\leq 4$  % au-dessus de l'horizontale.**

**01/2020** si luminaires réglables

**Dispersion latérale de la lumière : code de Flux CIE n° 3 > à 95 %**

**Température de couleur  $\leq 3000K$**

**Limitation de la densité surfacique de flux lumineux installé**

# éclairage de mise en lumière du patrimoine



**Extinction au plus tard  
à 1h du matin**

**01/2021** sauf nécessité de  
réseau séparé

**Pas de limitation des émissions lumineuse  
au dessus de l'horizontale.**

**Pas de limitation de dispersion latérale de  
la lumière**

**Pas de limitation de température de  
couleur**

**Pas de limitation de la densité surfacique  
de flux lumineux installé**

# éclairage des parcs et jardins



**Extinction au plus tard à 1h du matin  
ou 1h après la fermeture**

**01/2021** sauf nécessité de  
réseau séparé

**Pas de limitation des émissions lumineuse  
au dessus de l'horizontale.**

**Pas de limitation de dispersion latérale de  
la lumière**

**Pas de limitation de température de  
couleur**

**Limitation de la densité surfacique de flux  
lumineux installé**

# éclairage des équipements sportifs de plein air ou découvrables



**Pas d'obligation d'extinction**

**Pas de limitation des émissions lumineuse au dessus de l'horizontale.**

**Pas de limitation de dispersion latérale de la lumière**

**Pas de limitation de température de couleur**

**Pas de limitation de la densité surfacique de flux lumineux installé**

# éclairage des bâtiments non résidentiels, recouvrant à la fois l'éclairage intérieur émis vers l'extérieur de ces bâtiments et l'éclairage des façades de bâtiments (hors éclairage public apposés en façade)



Extinction 1 heure après la cessation de l'activité et rallumés à 7 heures du matin ou au plus tôt ou 1 heure avant le début de l'activité.

Vitrines éteintes à 1h du matin.

01/2019

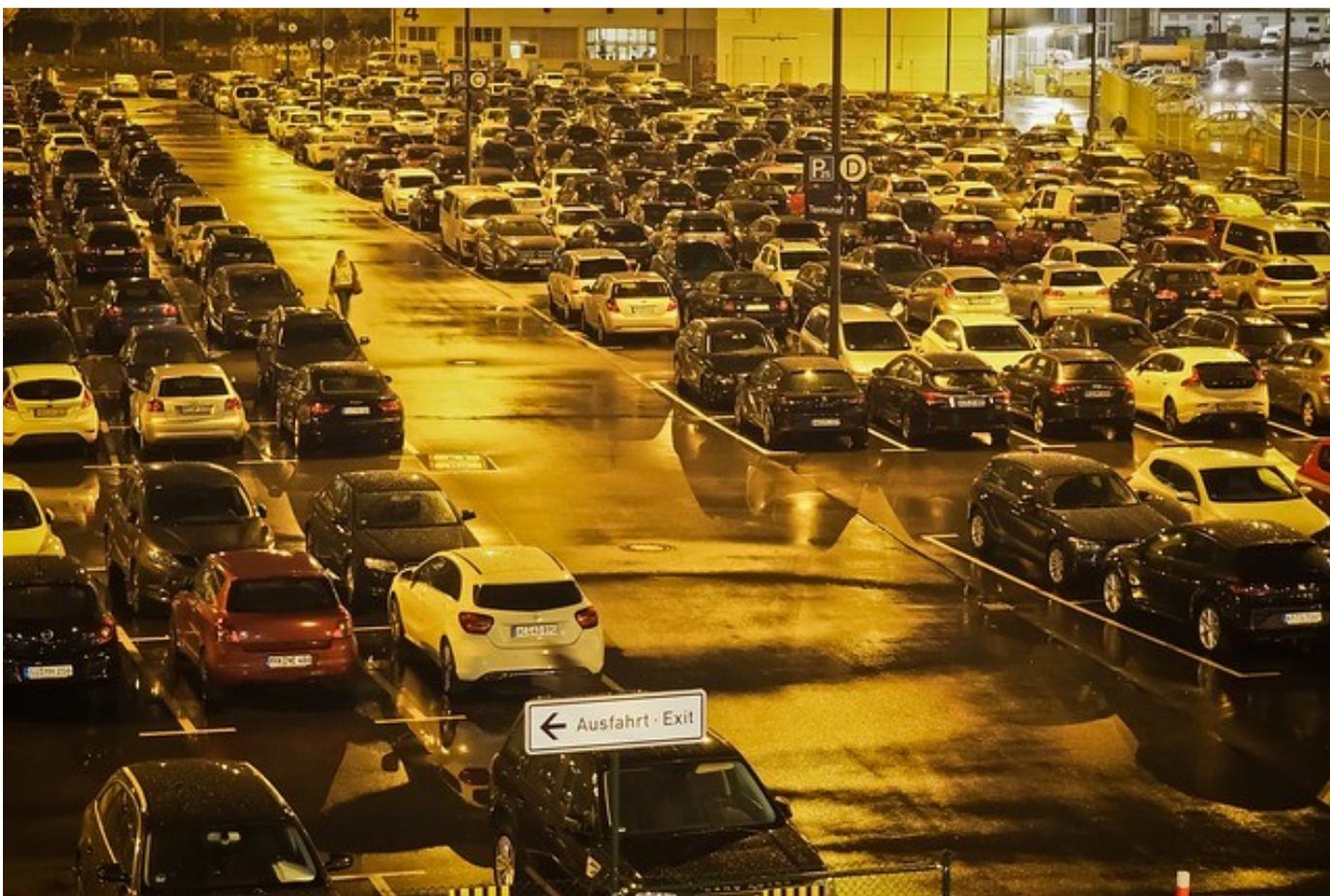
Pas de limitation des émissions lumineuse au dessus de l'horizontale.

Pas de limitation de dispersion latérale de la lumière

Température de couleur  $\leq 3000\text{K}$

Limitation de la densité surfacique de flux lumineux installé

# éclairage des parcs de stationnement non couverts ou semi-couverts



Pas d'obligation d'extinction  
sauf si lié à une activité  
économique (clôt : 1h après  
fermeture ; non clôt : 2h après  
fermeture)

**01/2021** sauf nécessité de  
réseau séparé

Émissions lumineuse  $\leq 4\%$  au  
dessus de l'horizontale.

Dispersion latérale de la  
lumière : code de Flux CIE n° 3 >  
à 95 %

Température de couleur  
 $\leq 3000\text{K}$

Limitation de la densité  
surfactive de flux lumineux  
installé

# Suppression des luminaires « boule » et apparentés



Les luminaires dont la proportion de lumière émise au-dessus de l'horizontale est  $> 50\%$  doivent être remplacés par les luminaires conformes à l'arrêté.

**2025 au plus tard**

# La Norme 13201

**Norme européenne 13201 (n'est pas d'application obligatoire)**

**Norme professionnelle qui concerne la circulation, principalement automobile**

- **exigences de performances photométriques en fonction des types de voies et leur usage**
- **luminance minimales à maintenir**
- **Valeurs maximales à ne pas dépasser**

**Pas de lien direct avec la réglementation**

**Pour un éclairage sobre, économe et respectueux  
du vivant**

**Aller plus loin que la réglementation...**

- **N'éclairer que lorsque c'est réellement nécessaire**

Limiter les éclairages de mise en valeur à certains moments de l'année

Supprimer les points lumineux inutiles

Pratiquer, si possible, l'extinction en milieu de nuit

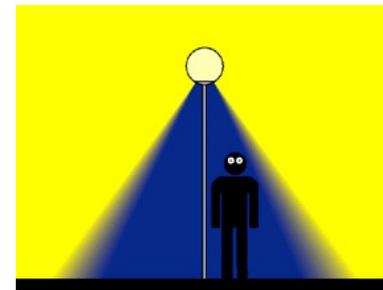
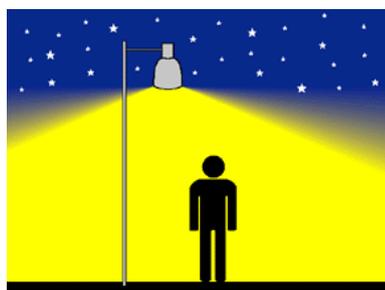


Photos : H. Foglar

- **N'éclairer que là où c'est nécessaire**

Privilégier les éclairages n'émettant pas de flux lumineux vers le haut (vers les façades, les arbres ou le ciel).

Ne pas éclairer les voies de circulation routières (RN et RD) hors des zones habitées.



2002- University of Texas

- **Adapter l'intensité aux besoins**

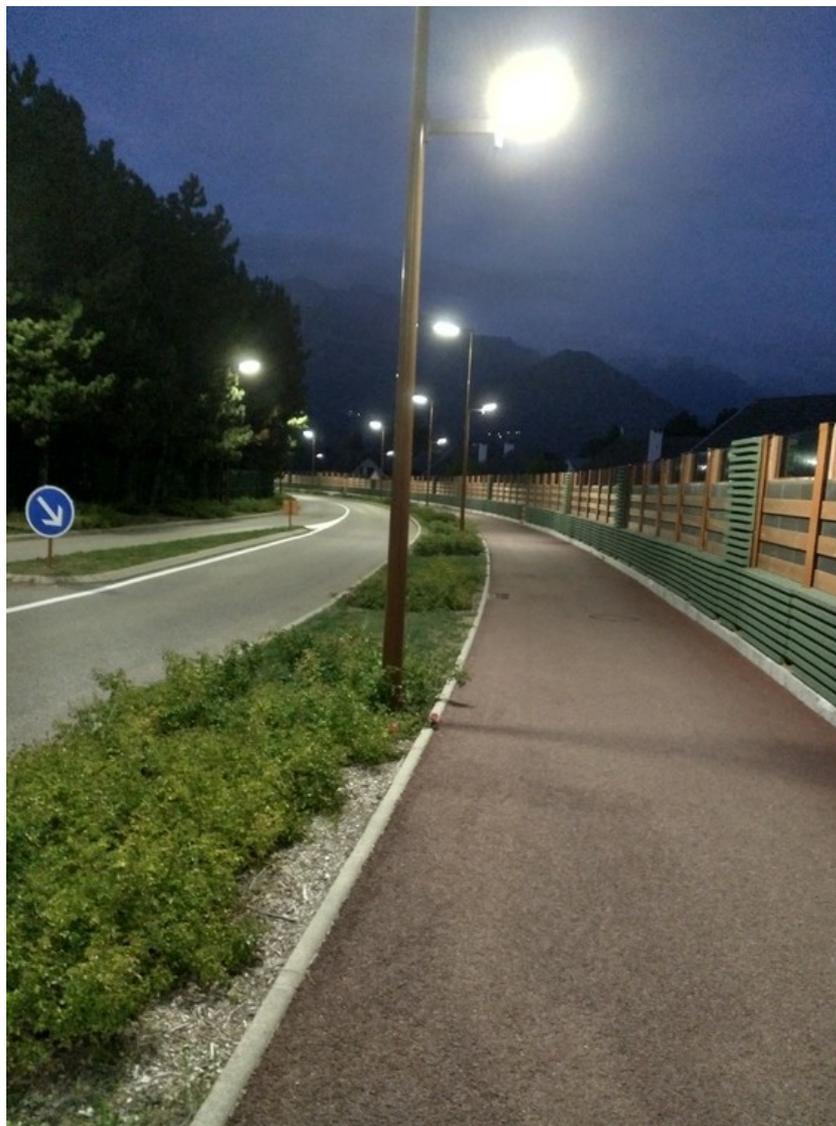
Besoins réels de visibilité

Besoins de sécurité

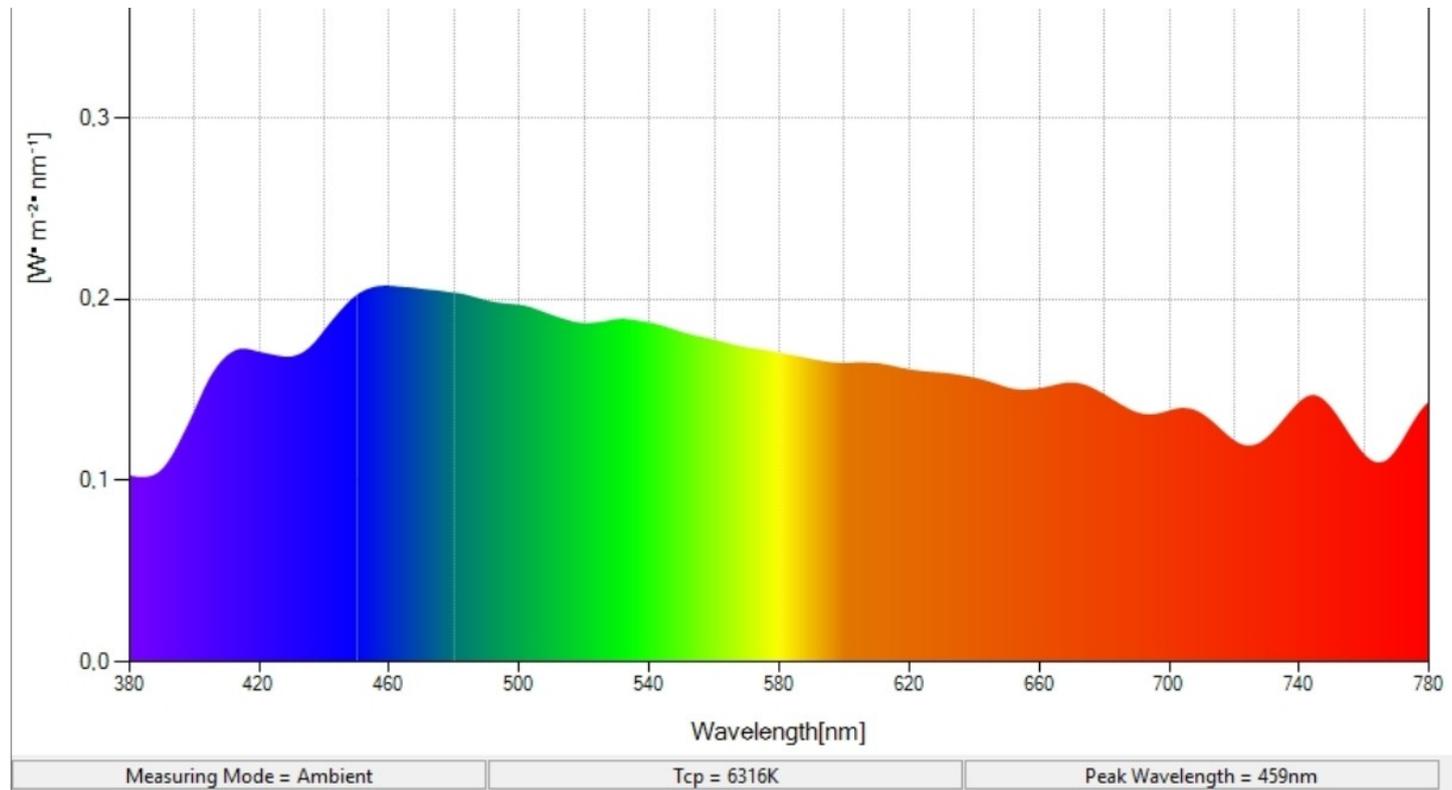
En fonction des heures de la nuit

En fonction des quartiers

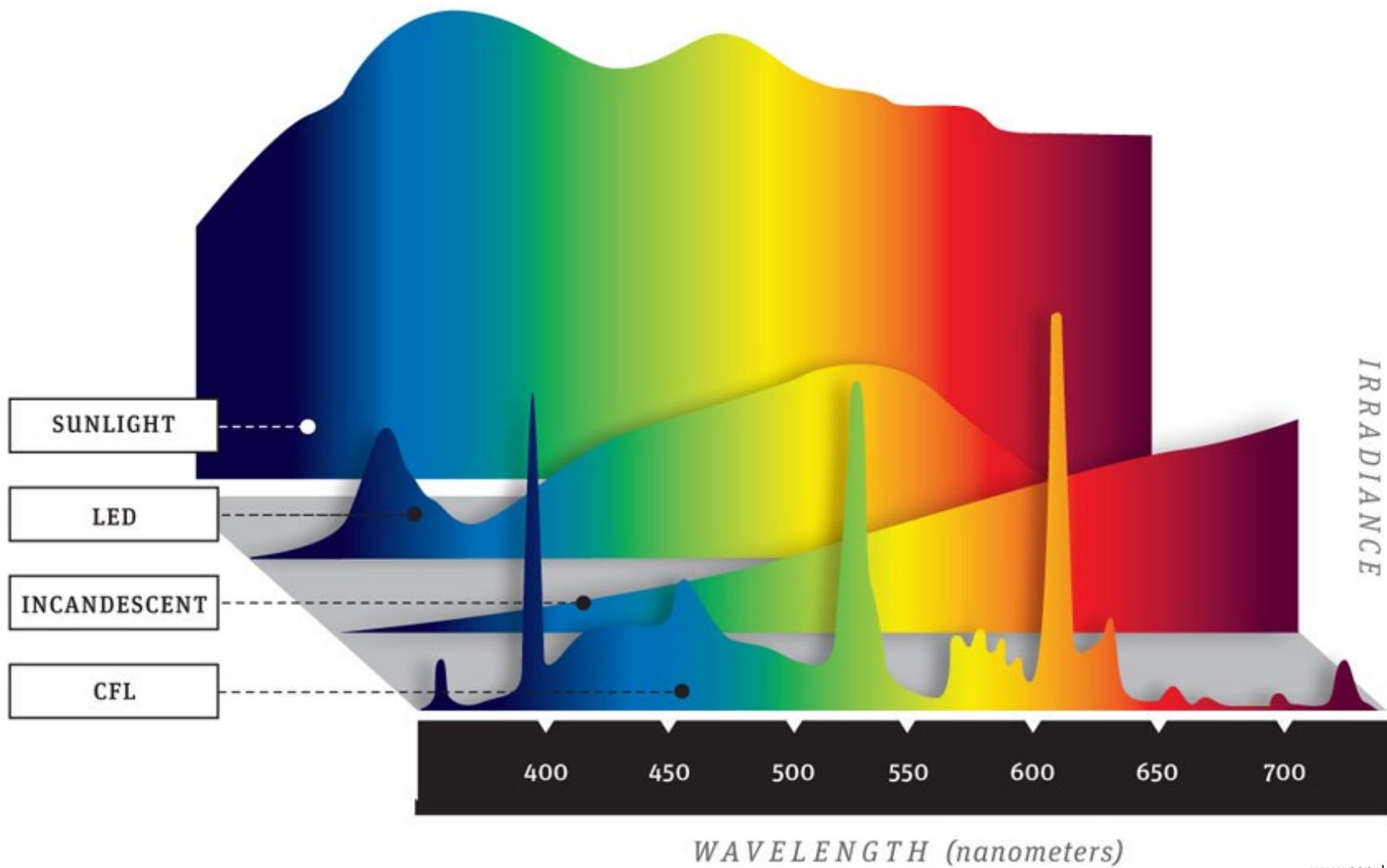
Minuit,  
voie de  
contournement  
d'une petite ville  
iséroise



# La composition spectrale de la lumière : un paramètre essentiel

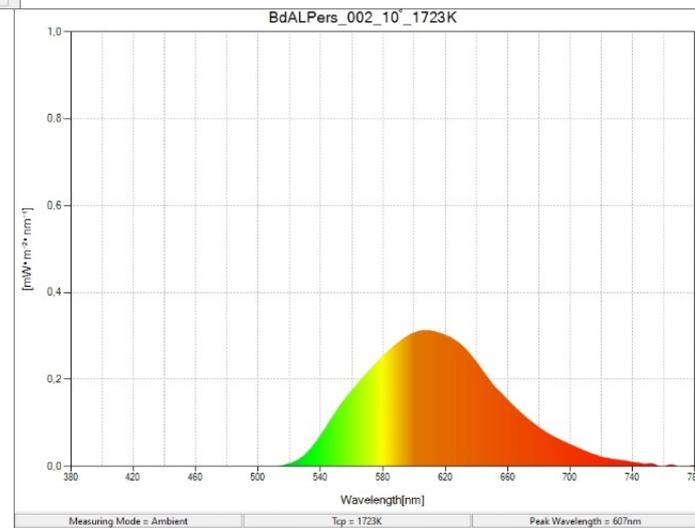
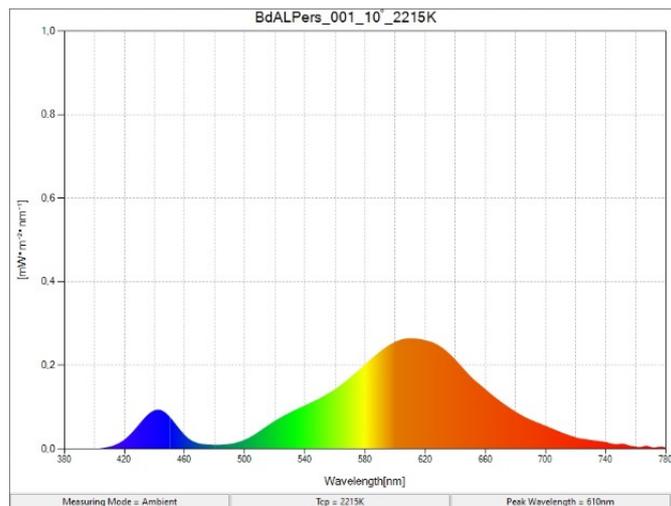
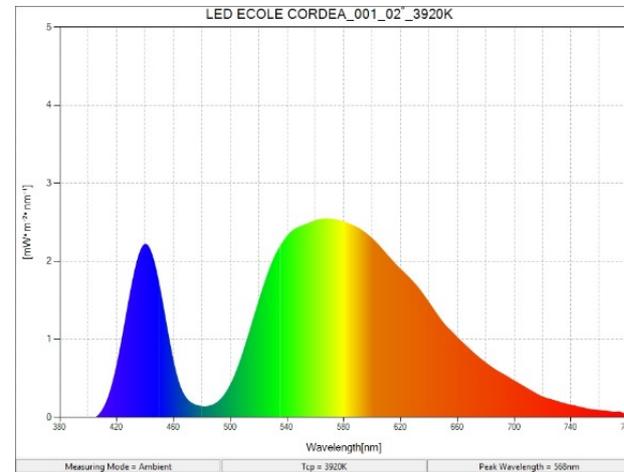
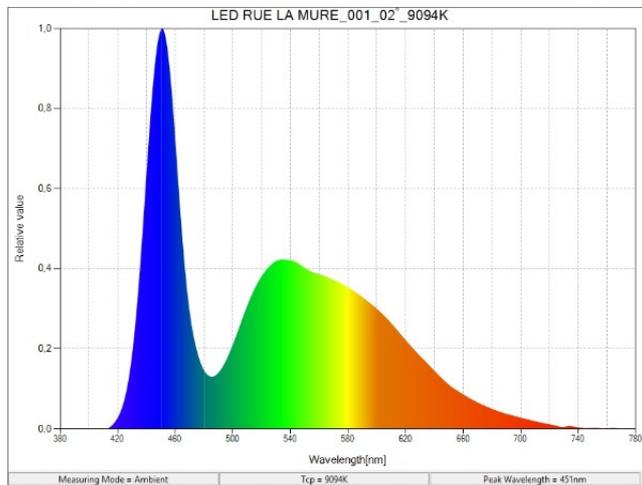


Spectre  
lumière du  
soleil milieu de  
journée sous  
nos latitudes



[www.popularmechanics.com](http://www.popularmechanics.com)

# Light Emitting Diode (LED) : des spectres divers



# Avantages / inconvénients des LED

+	-

# Avantages / inconvénients des LED

+	-
Orientation précise et personnalisable	

# Avantages / inconvénients des LED

+	-
Orientation précise et personnalisable	
Gradation forte ; extinction rallumage	

# Avantages / inconvénients des LED

+	-
Orientation précise et personnalisable	
Gradation forte ; extinction rallumage	
Différents spectres possibles	

# Avantages / inconvénients des LED

+	-
Orientation précise et personnalisable	
Gradation forte ; extinction rallumage	
Différents spectres possibles	
Durée de vie plus longue (moins de maintenance)	

# Avantages / inconvénients des LED

+	-
Orientation précise et personnalisable	Impacts biologiques et écologiques de la lumière bleue (pour les LED qui en émettent)
Gradation forte ; extinction rallumage	
Différents spectres possibles	
Durée de vie plus longue (moins de maintenance)	

# Avantages / inconvénients des LED

+	-
Orientation précise et personnalisable	Impacts biologiques et écologiques de la lumière bleue (pour les LED qui en émettent)
Gradation forte ; extinction rallumage	Augmentation de la pollution lumineuse (lumière bleue)
Différents spectres possibles	
Durée de vie plus longue (moins de maintenance)	

# Avantages / inconvénients des LED

+	-
Orientation précise et personnalisable	Impacts biologiques et écologiques de la lumière bleue (pour les LED qui en émettent)
Gradation forte ; extinction rallumage	Augmentation de la pollution lumineuse (lumière bleue)
Différents spectres possibles	Éblouissement et augmentation des zones sombres autour
Durée de vie plus longue (moins de maintenance)	

# Avantages / inconvénients des LED

+	-
Orientation précise et personnalisable	Impacts biologiques et écologiques de la lumière bleue (pour les LED qui en émettent)
Gradation forte ; extinction rallumage	Augmentation de la pollution lumineuse (lumière bleue)
Différents spectres possibles	Éblouissement et augmentation des zones sombres autour
Durée de vie plus longue (moins de maintenance)	Coût parfois plus important

# Avantages / inconvénients des LED

+	-
Orientation précise et personnalisable	Impacts biologiques et écologiques de la lumière bleue (pour les LED qui en émettent)
Gradation forte ; extinction rallumage	Augmentation de la pollution lumineuse (lumière bleue)
Différents spectres possibles	Éblouissement et augmentation des zones sombre autour
Durée de vie plus longue (moins de maintenance)	Coût parfois plus important
Technologie en pleine évolution	Technologie en pleine évolution Problèmes de recyclage

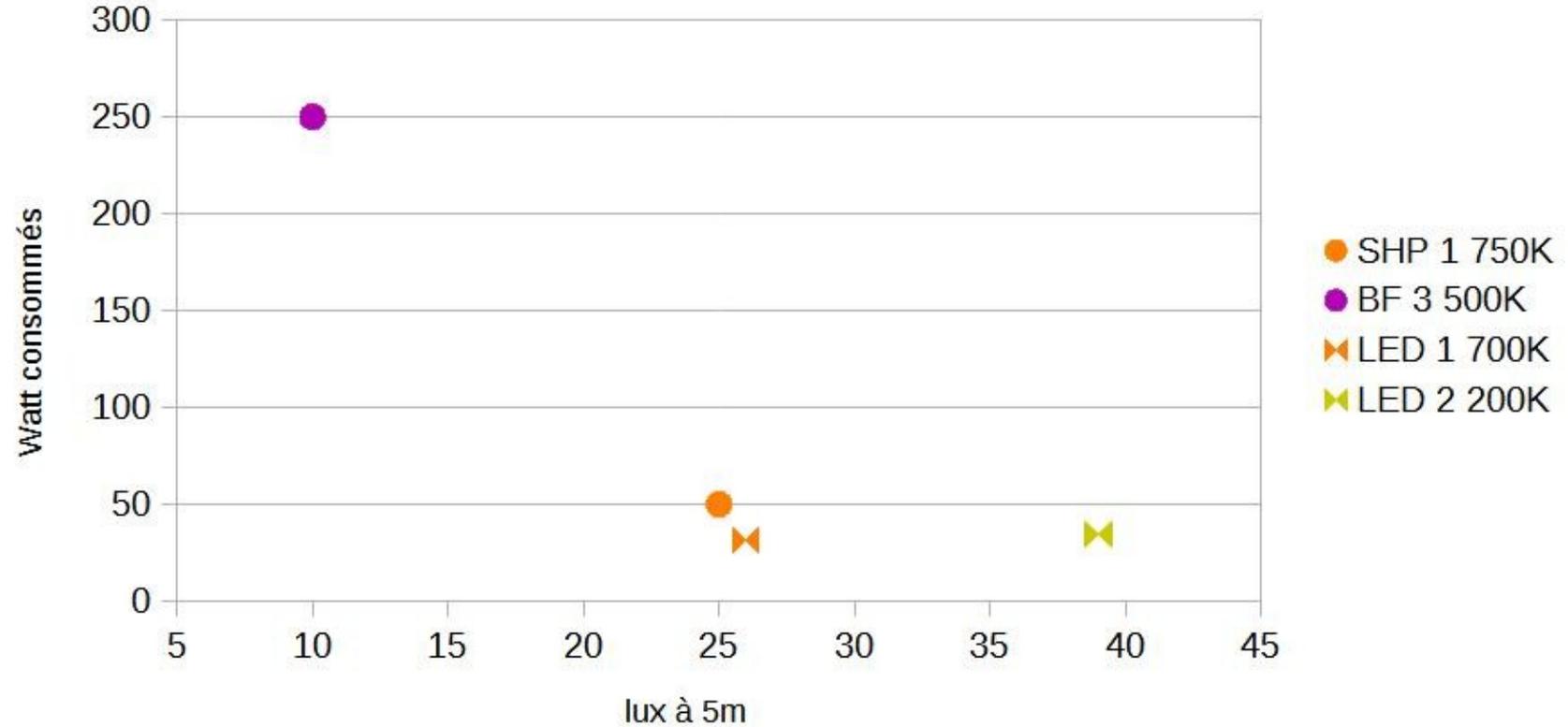


# Avantages / inconvénients des LED

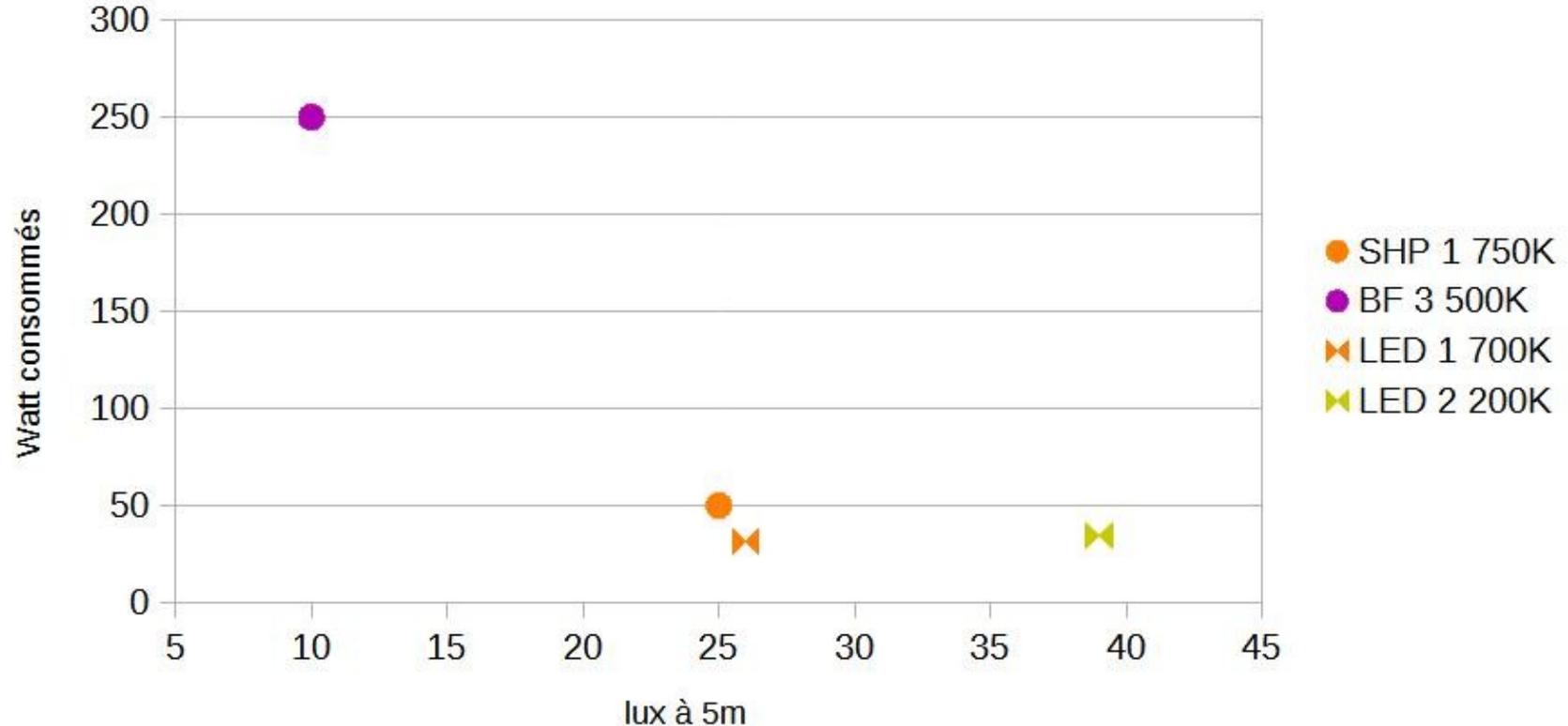
+	-
Orientation précise et personnalisable	Impacts biologiques et écologiques de la lumière bleue (pour les LED qui en émettent)
Gradation forte ; extinction rallumage	Augmentation de la pollution lumineuse (lumière bleue)
Différents spectres possibles	Éblouissement et augmentation des zones sombre autour
Durée de vie plus longue (moins de maintenance)	Coût parfois plus important
Technologie en pleine évolution	Technologie en pleine évolution

Et l'argument économies d'énergie ?

## Comparaison de rendements lumineux



## Comparaison de rendements lumineux



Les LED consomment beaucoup moins que les incandescences domestiques  
En éclairage public, les SHP ont déjà un très bon rendement lumineux  
La priorité est de remplacer les « ballons fluo »

**Merci de votre attention !**



Source : Camille Flammarion – gravure sur bois 1888