

WEBINAIRE

Sobriété lumineuse en éclairage extérieur nocturne

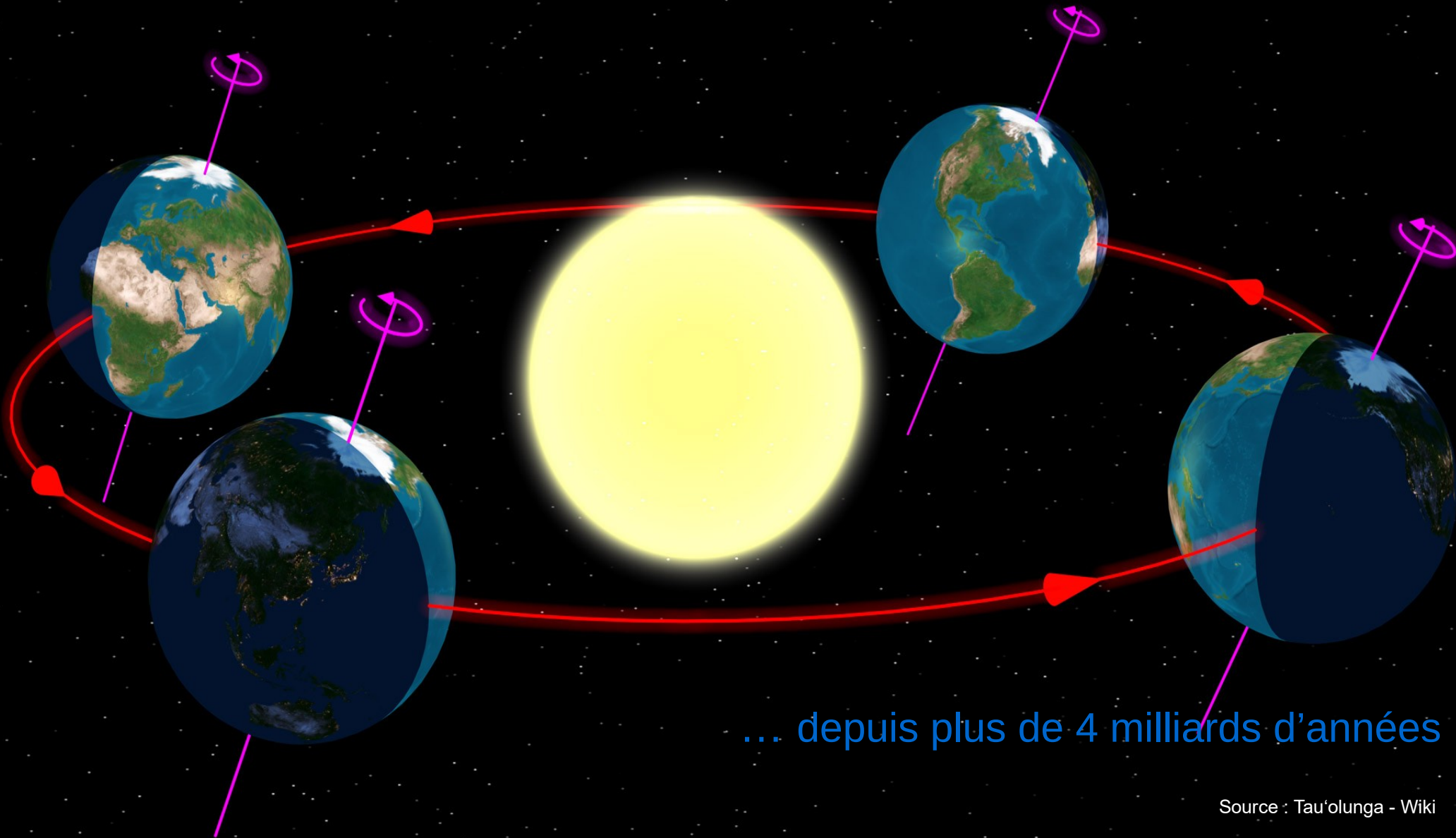
Organisé par la FRAPNA Ardèche

Intervenante : Hélène FOGLAR, entreprise Athena-lum

www.athena-lum.eu

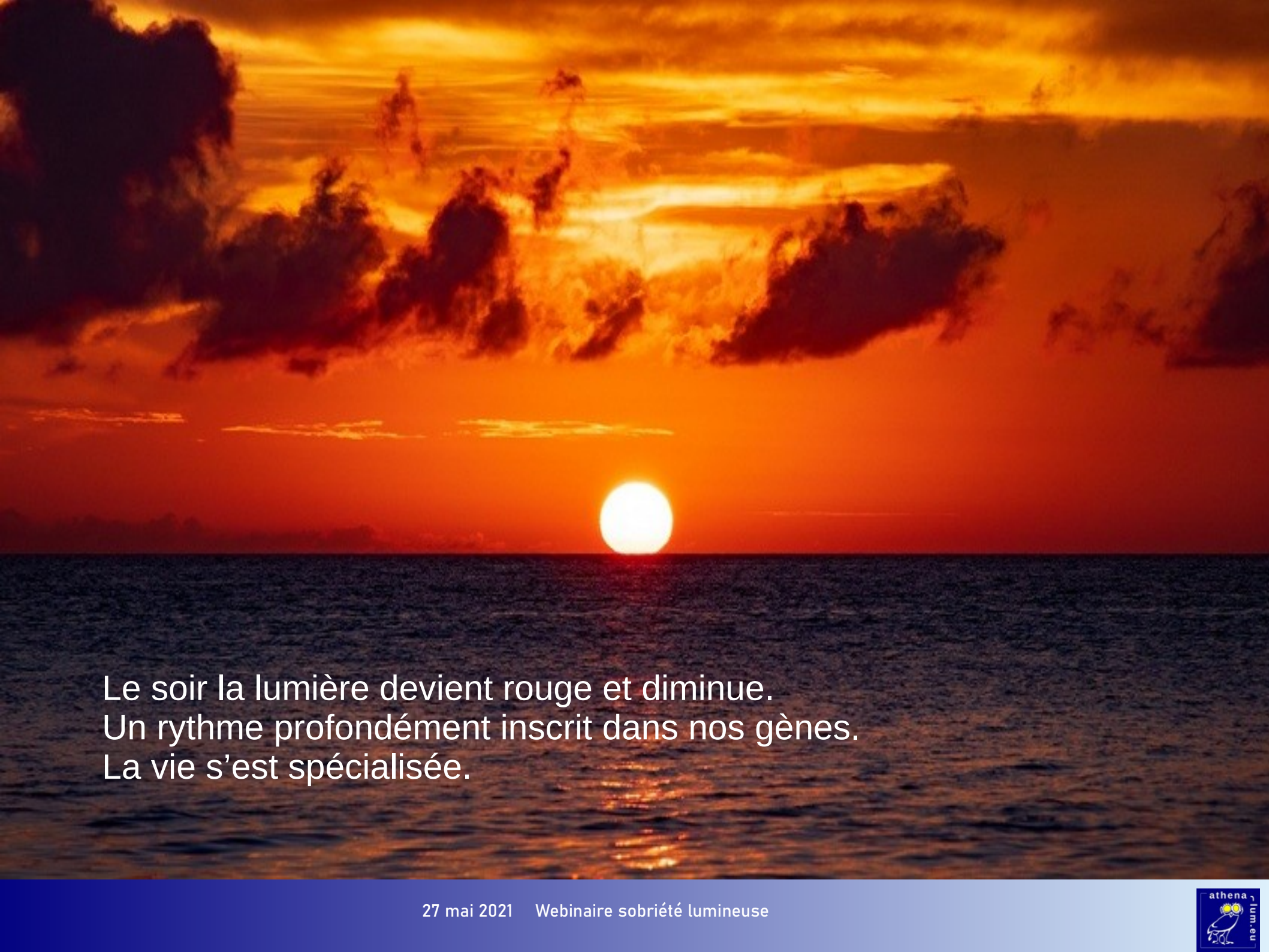
- Les différents enjeux de l'éclairage
- La réglementation
- Les principes d'un éclairage sobre

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^{ème} siècle)



L'électricité à la fin du XIX^{ème}

- D'abord des lampes à incandescence



Source : Phozagora

L'électricité à la fin du XIX^{ème}

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



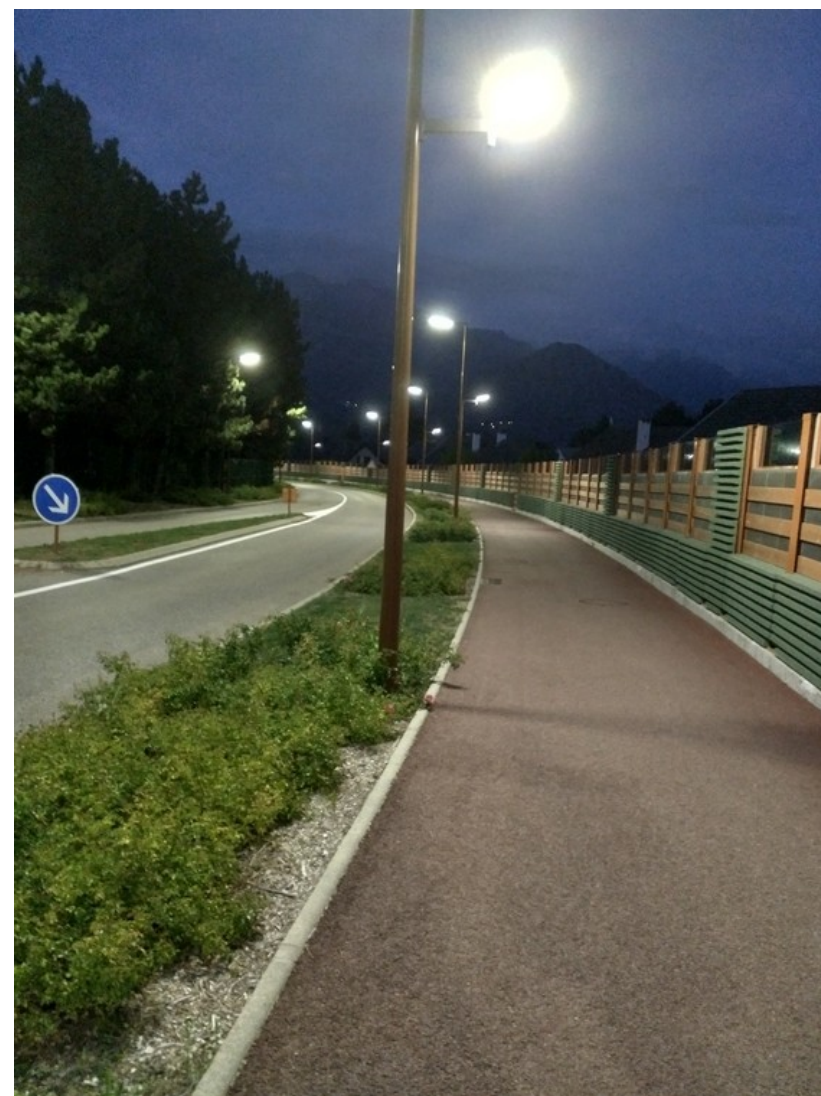
L'électricité à la fin du XIX^{ème}

- 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^{ème}

- 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 ?

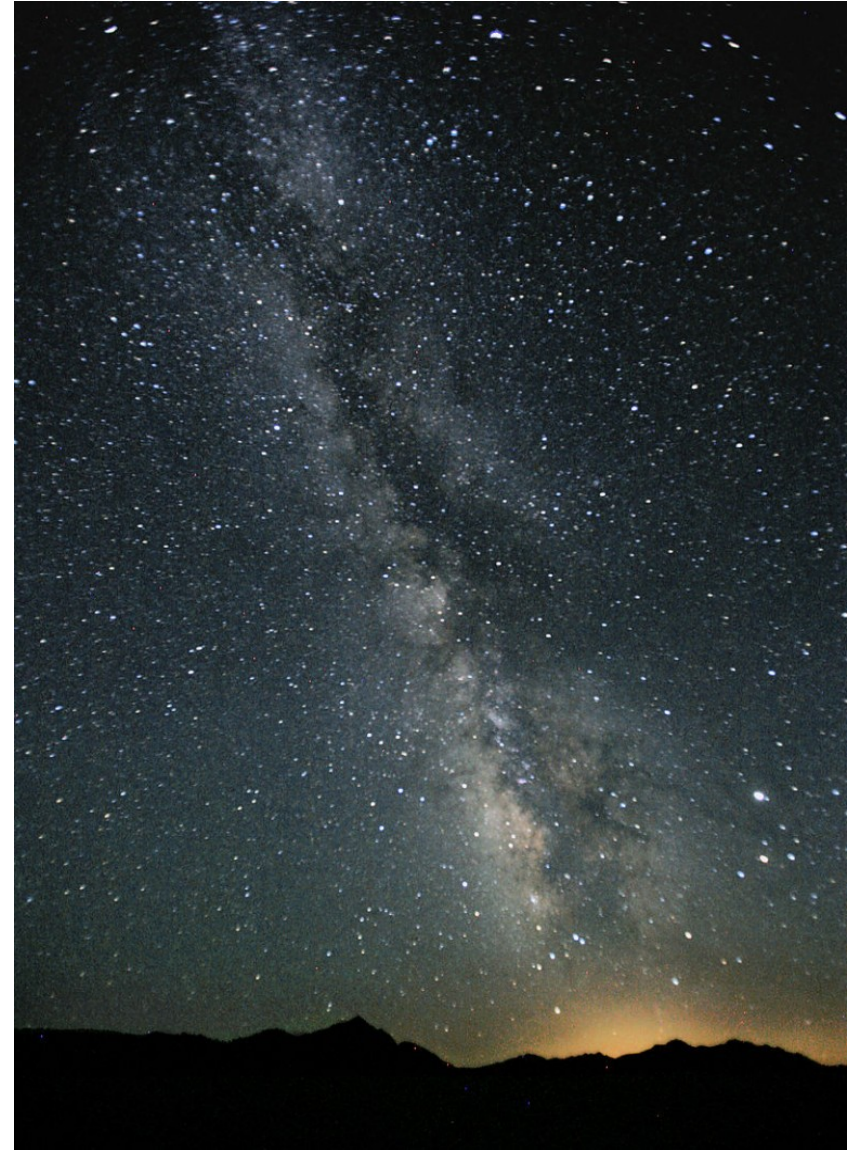
Pour vendre



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

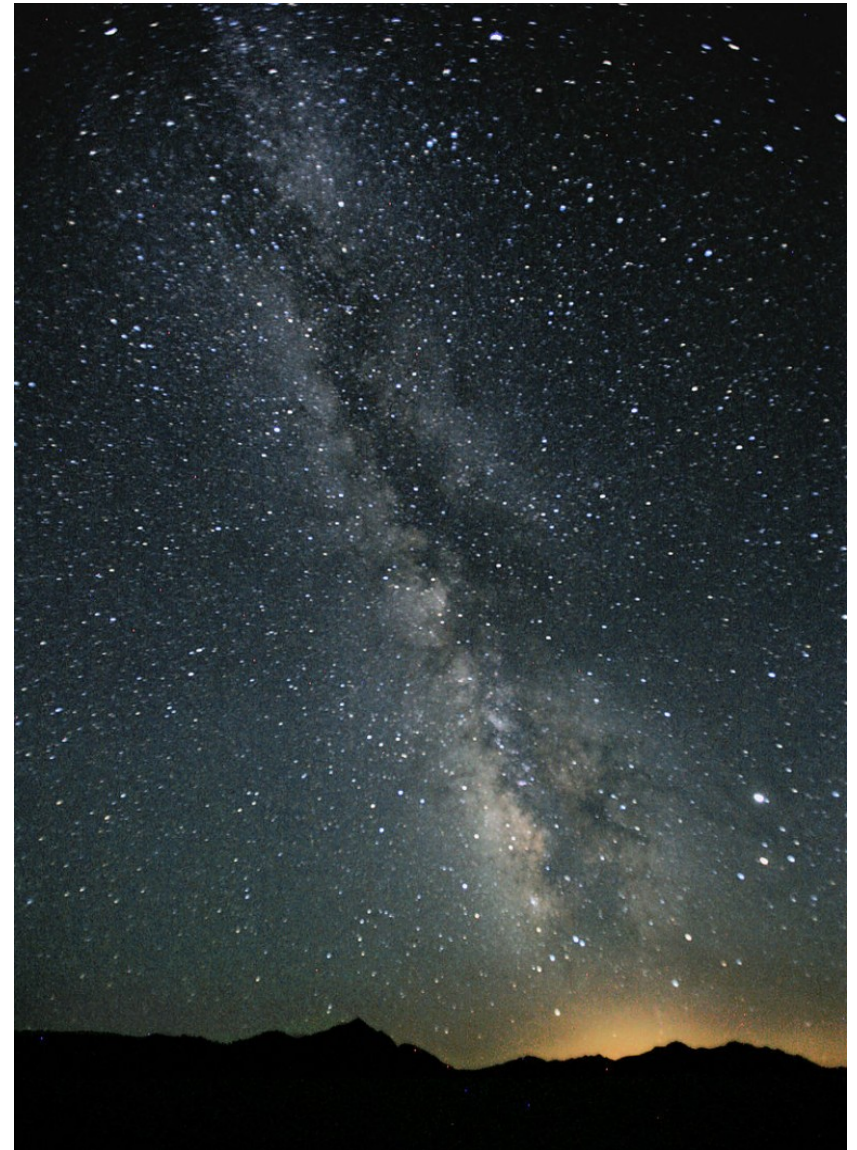
Environnement de plus en plus artificialisé

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* :

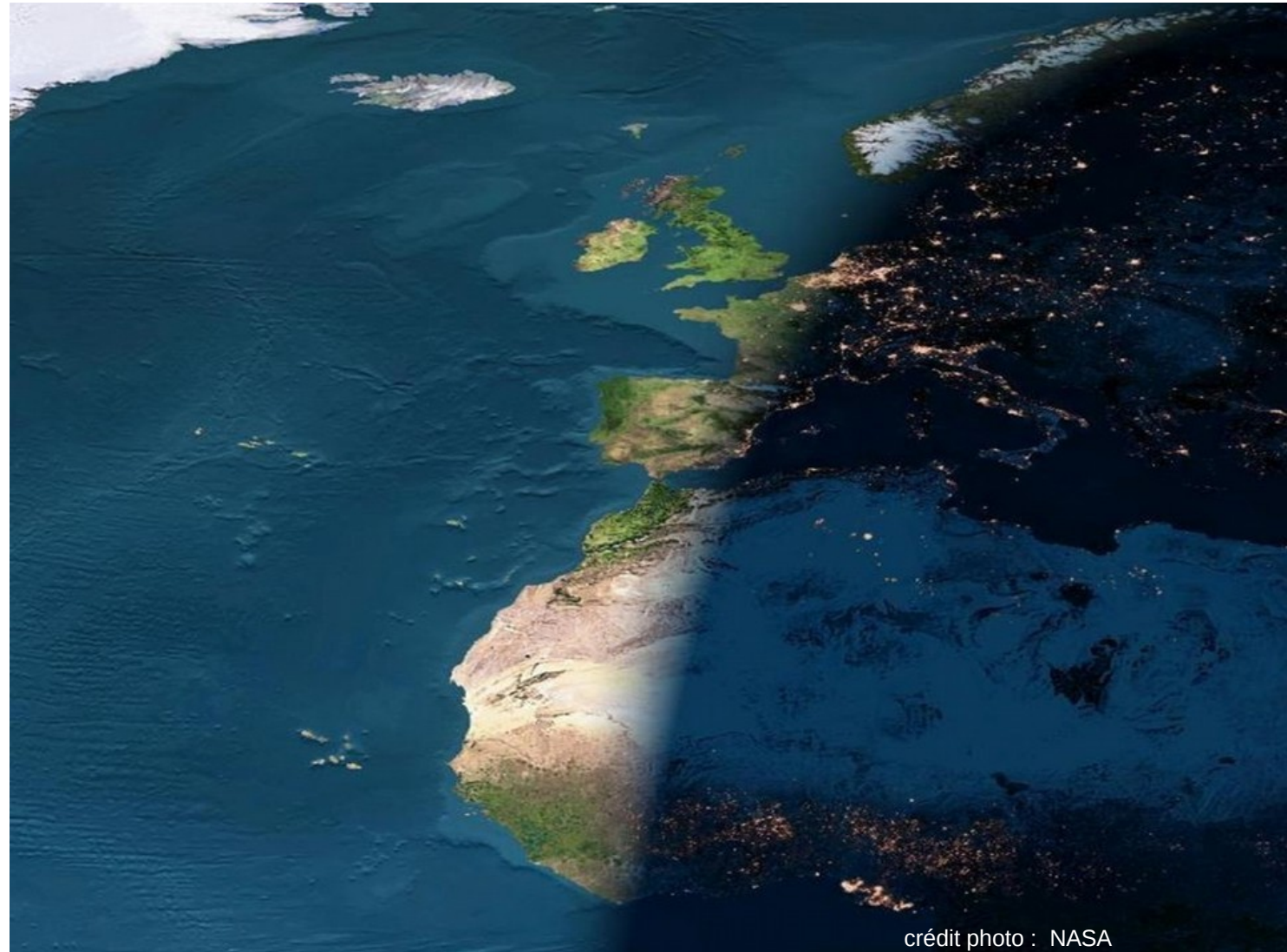
10 millions d'ampoules pour l'éclairage public
3100 h d'éclairage annuel en moyenne / lampe

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...



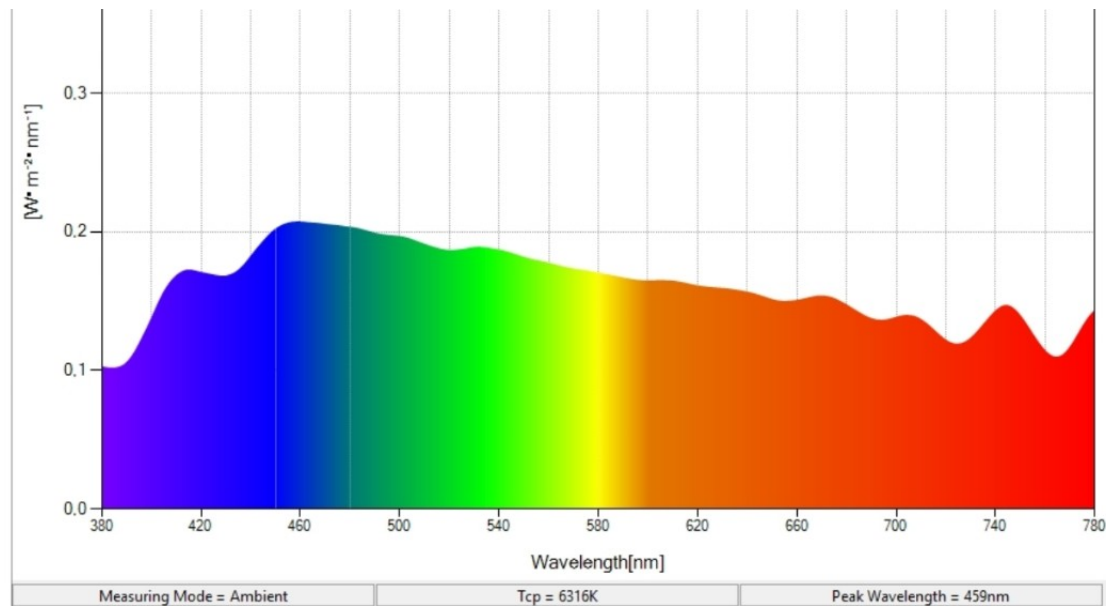


Des rythmes biologiques basées sur le cycle circadien



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

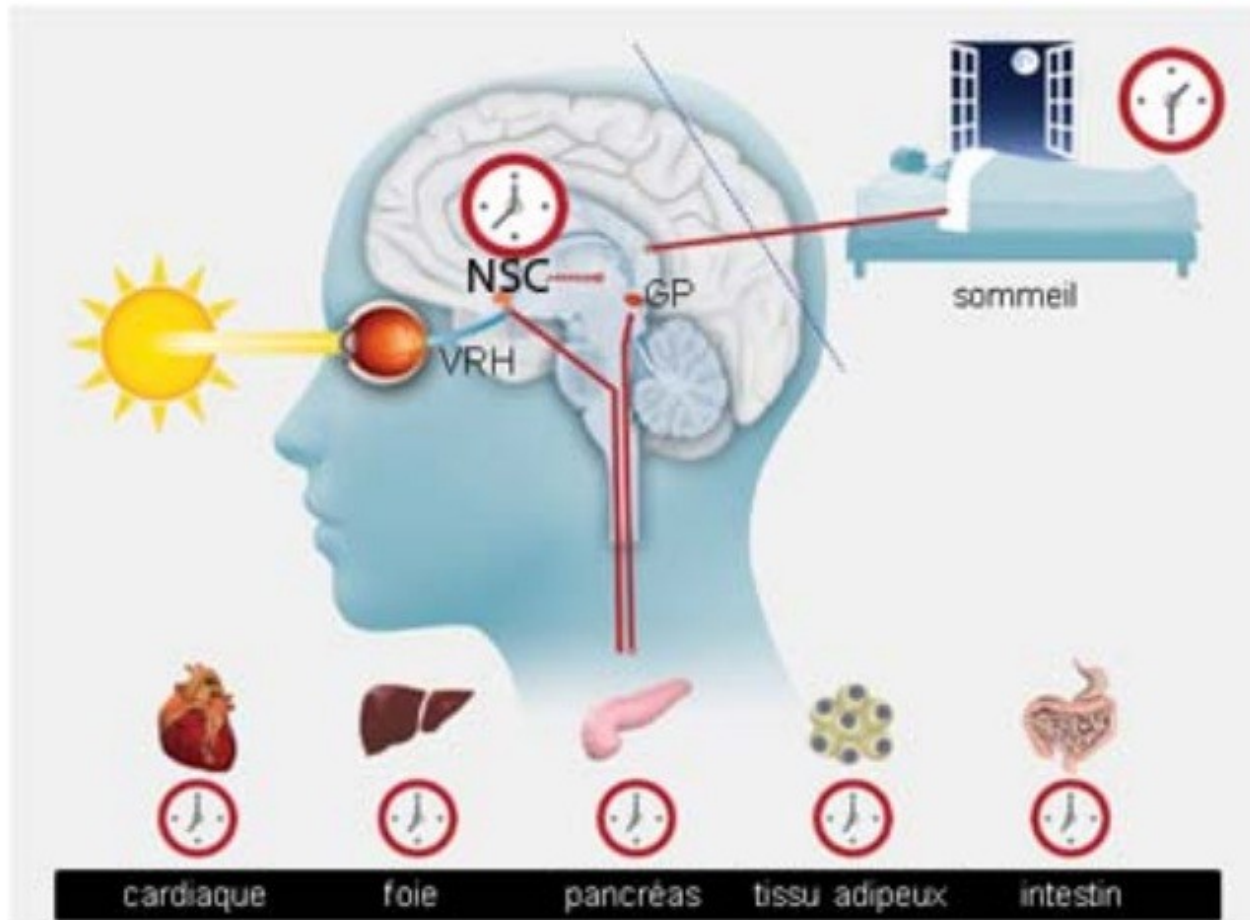
Dérèglement des horloges biologiques
Impacts sur la santé
Impacts écologiques

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



fokusnatur
Naturfotografie



Photo Flavia

Autres adaptations physiologiques

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



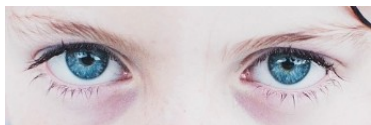
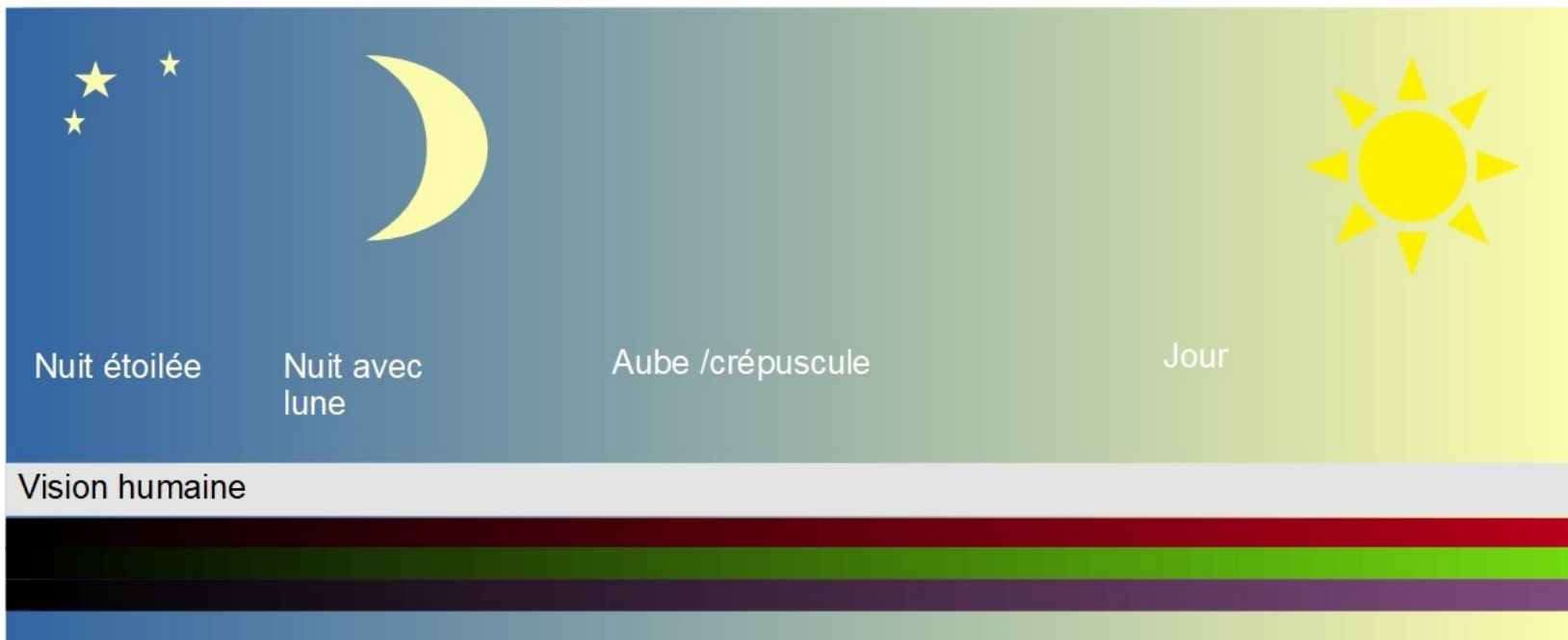
Yeux de grande taille et gros cristallins



Membrane réfléchissante

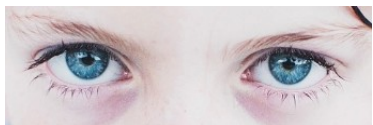
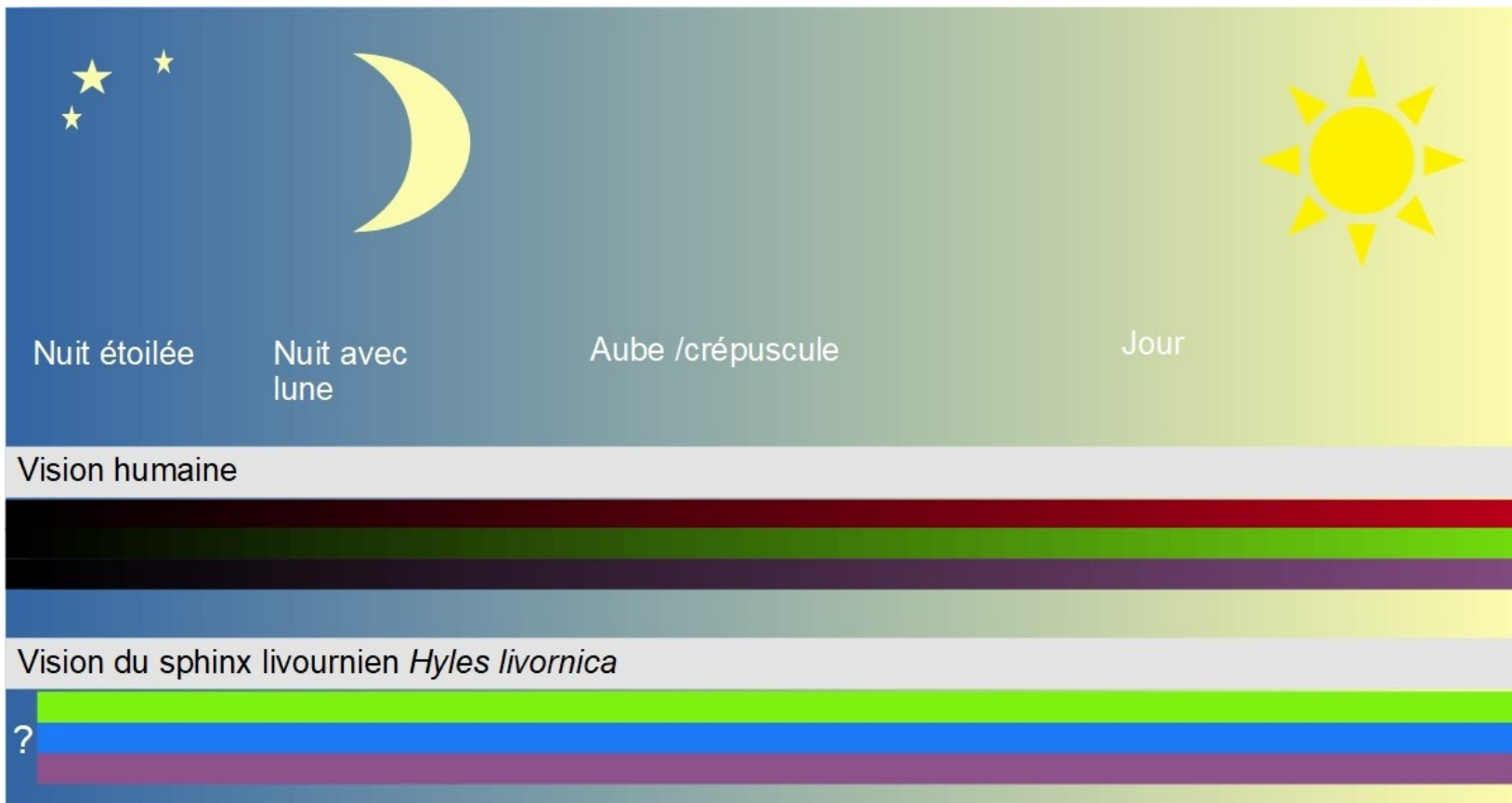


Seuils de vision des couleurs chez différentes espèces.

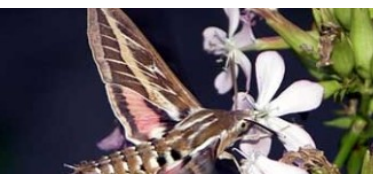


Source Pixabay

Seuils de vision des couleurs chez différentes espèces.

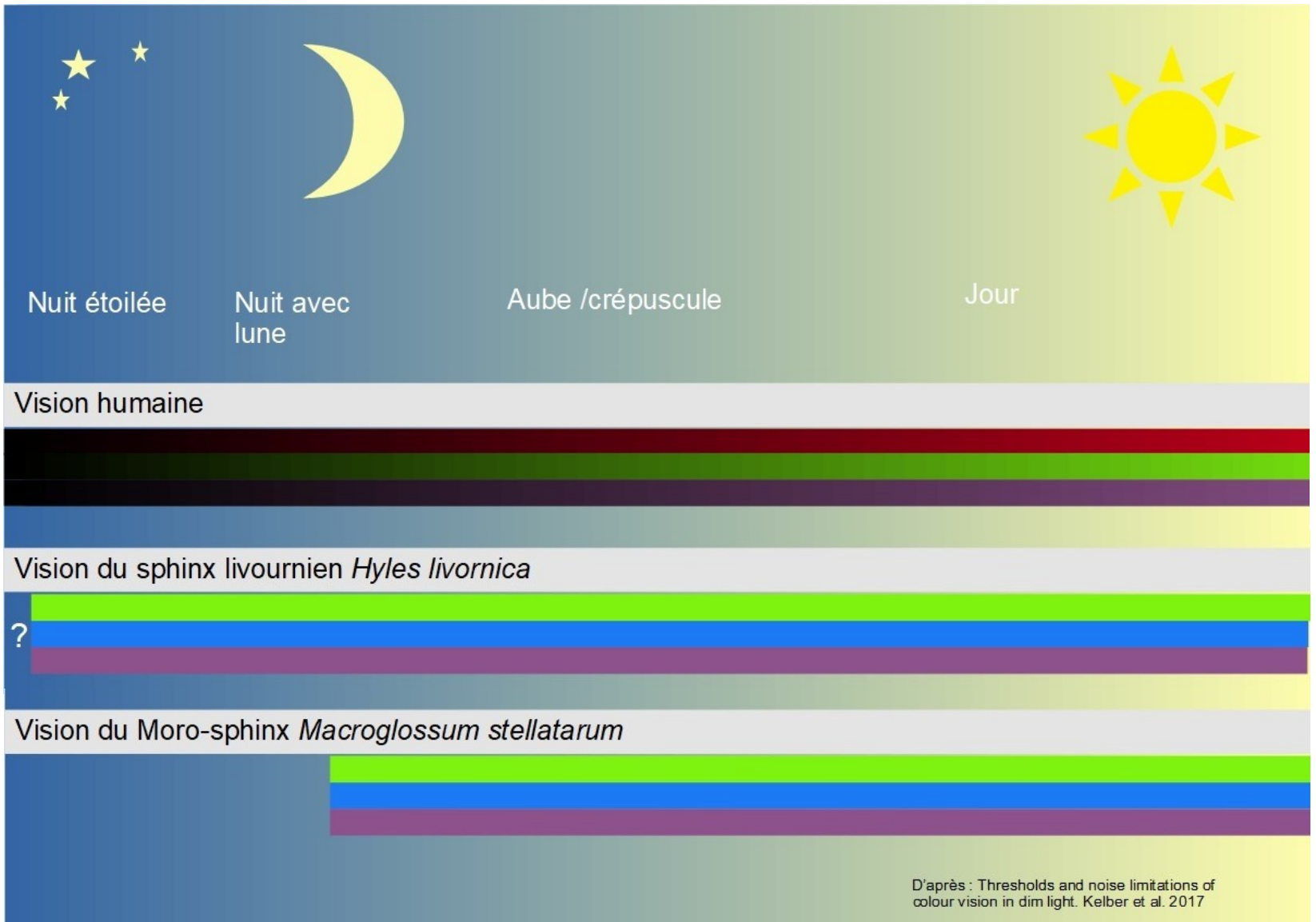


Source Pixabay

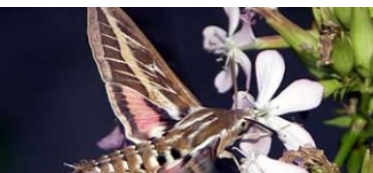


Source Sylvain Montagner

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 :

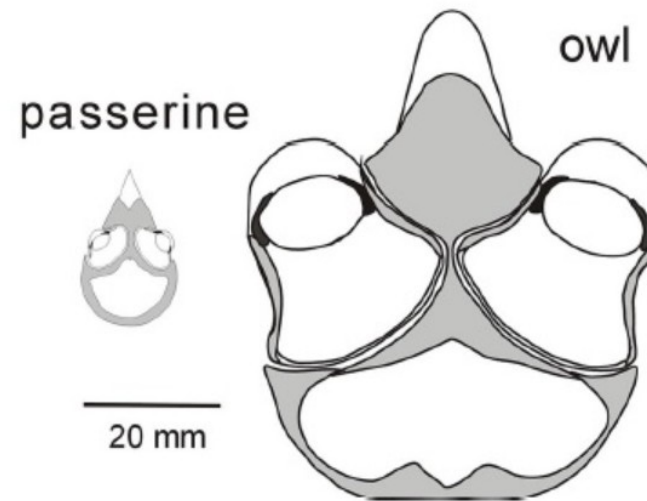
- LED rouges des frontales
- instruments de mesures astro
- application smartphone pour ciel nocturne...



Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Effet_Purkinje

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°



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

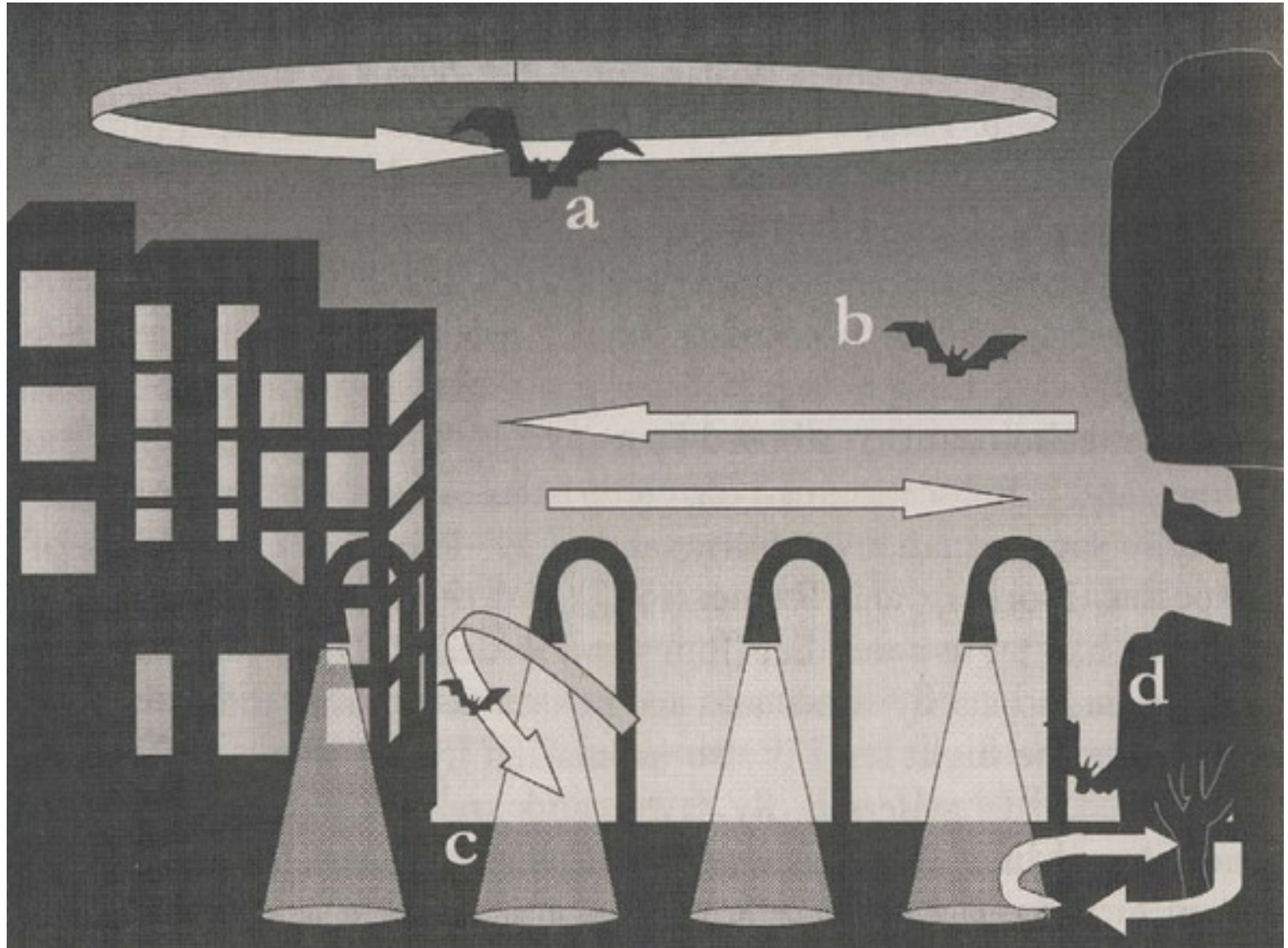


Source : Pixabay

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

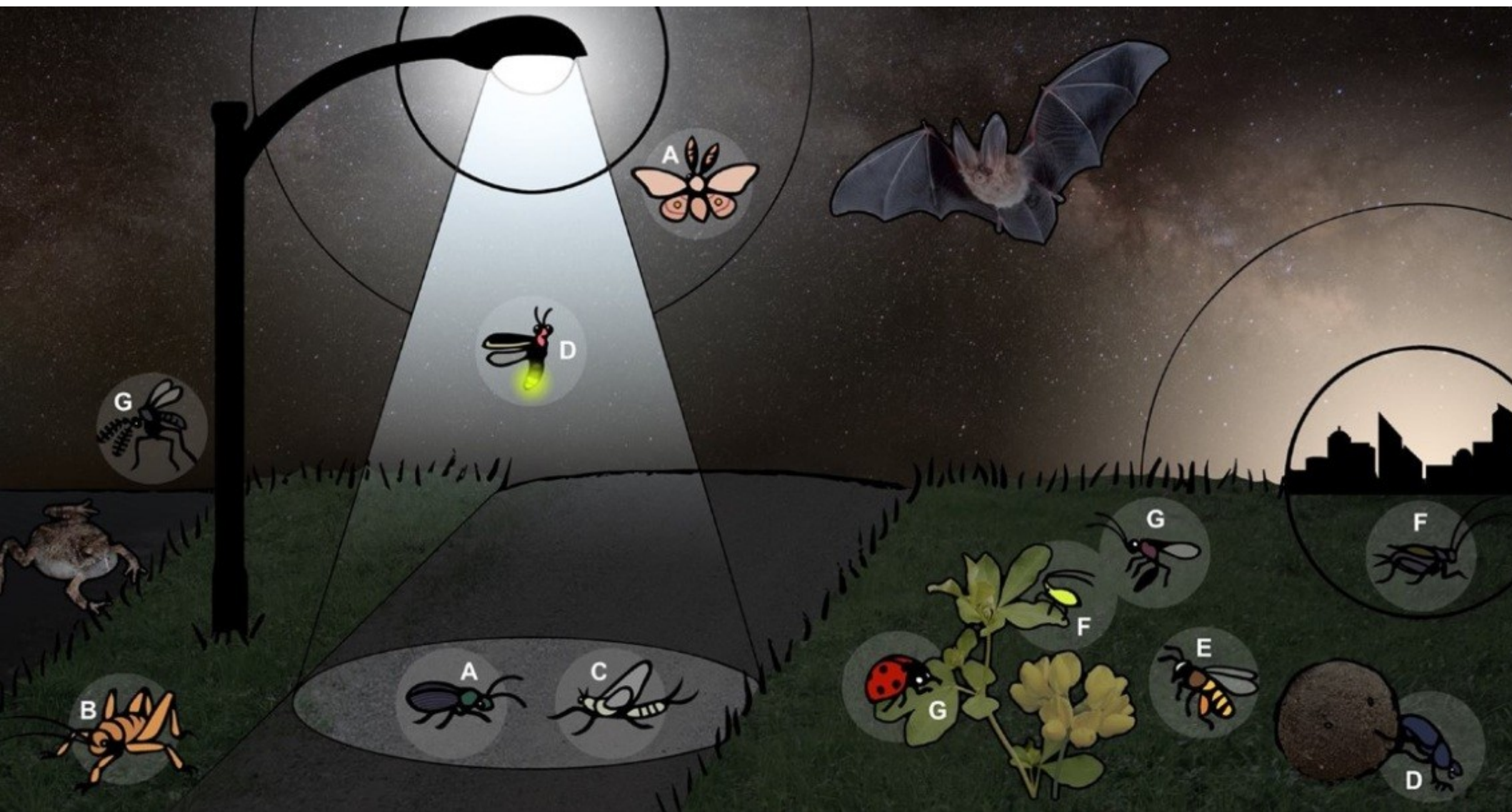
Des bénévoles de la Audubon
Society surveillent :

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



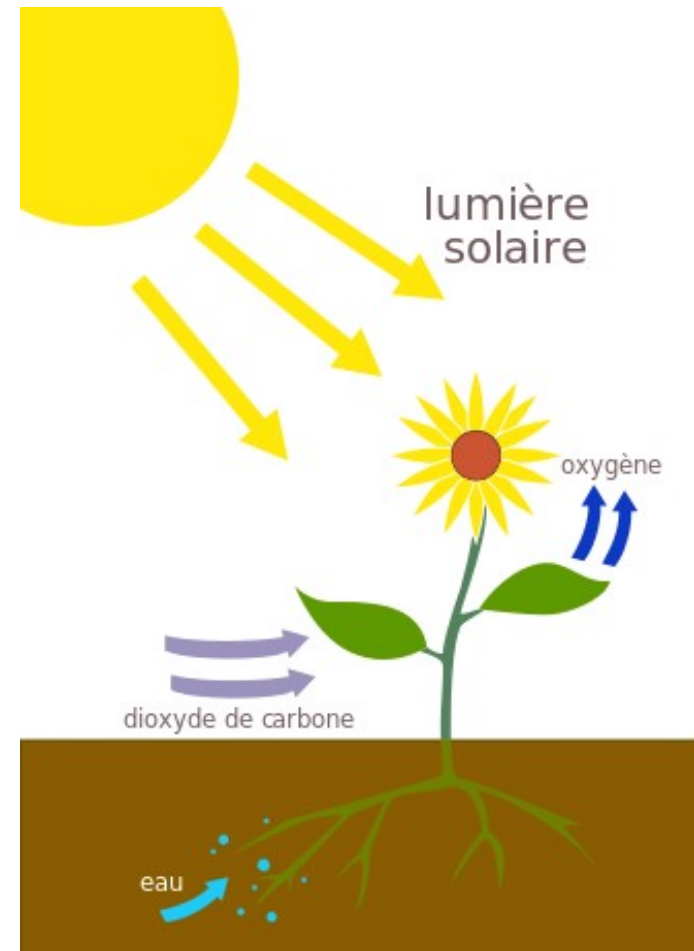
Source : Source : photo E. Pebay-Peroula

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

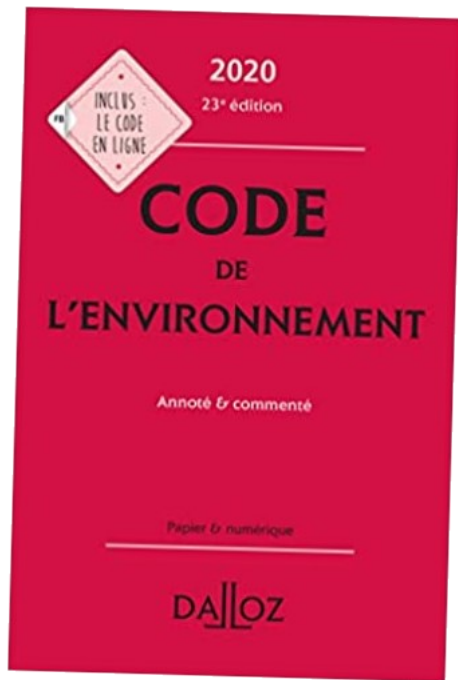
Éclairer pour le
besoin des
activités
humaines à un
coût raisonnable



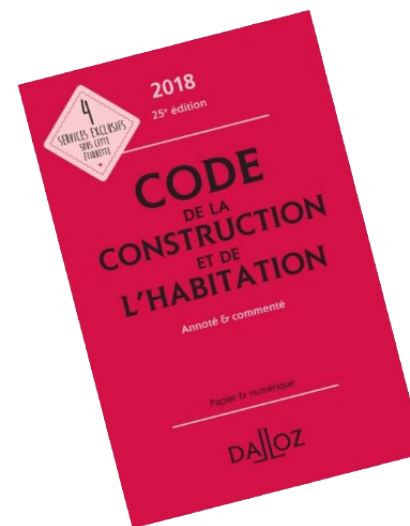
**UN COMPROMIS A
TROUVER**

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

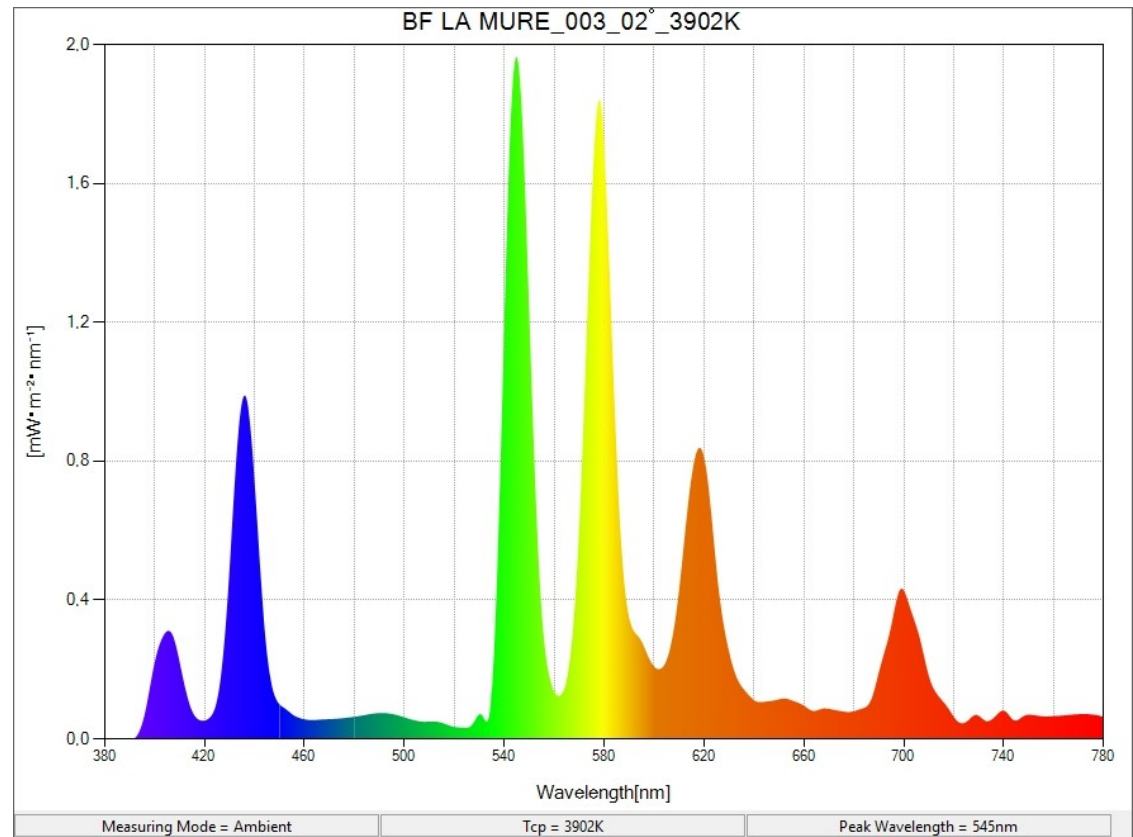
2011 : Décret n° 2011-831 du 12 juillet 2011 relatif à la prévention et à la limitation des nuisances lumineuses

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 lumineuse 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,

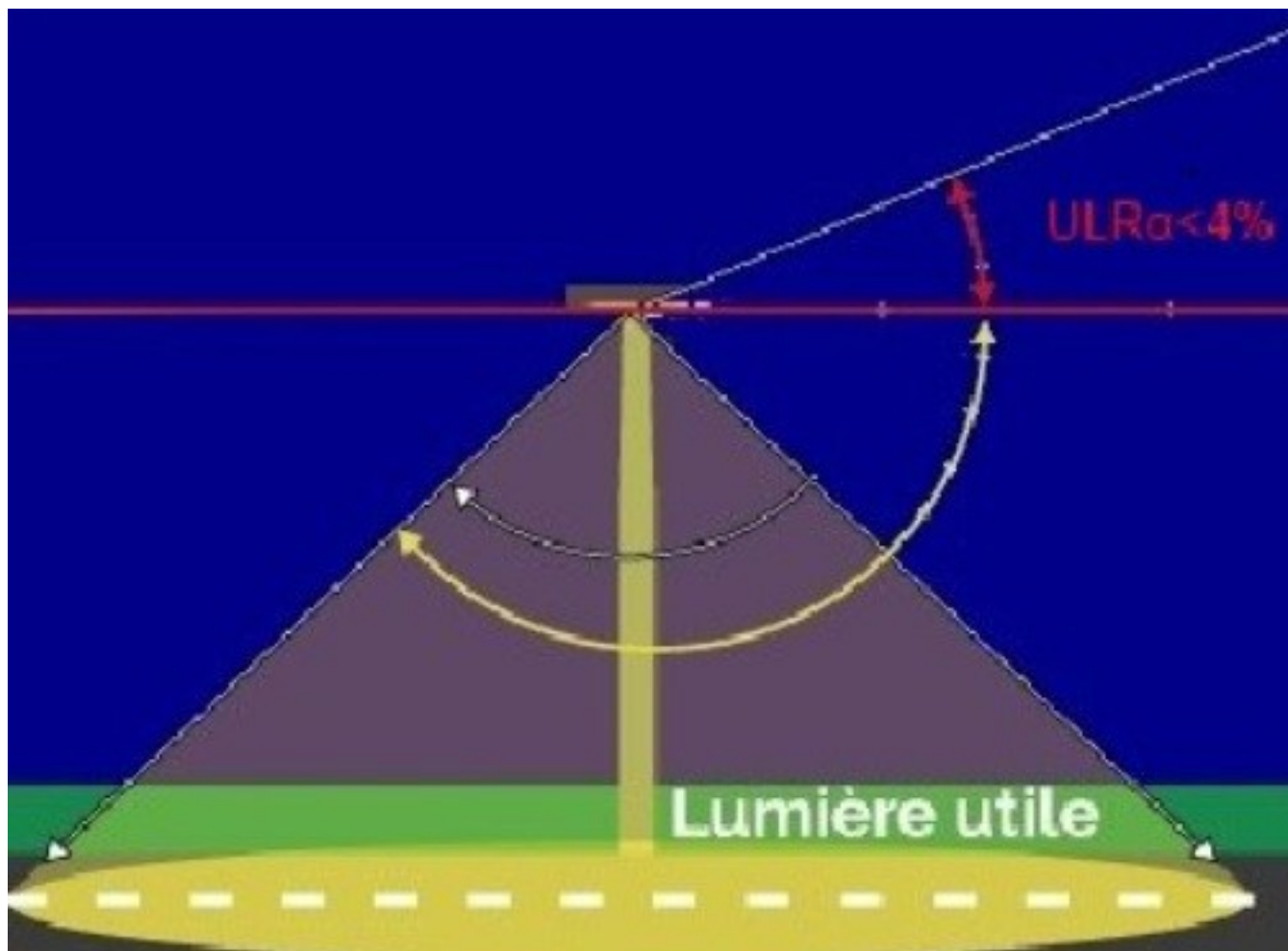


Illustration : guide
ministère

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,

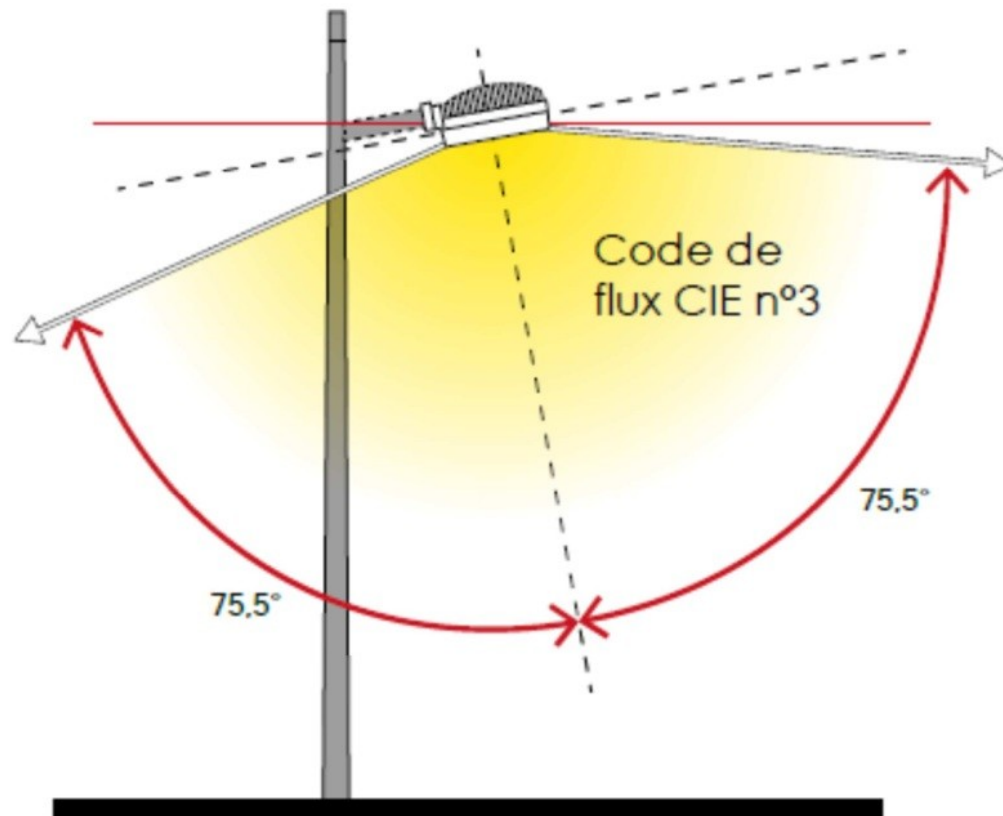


Illustration : guide
ministère

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)

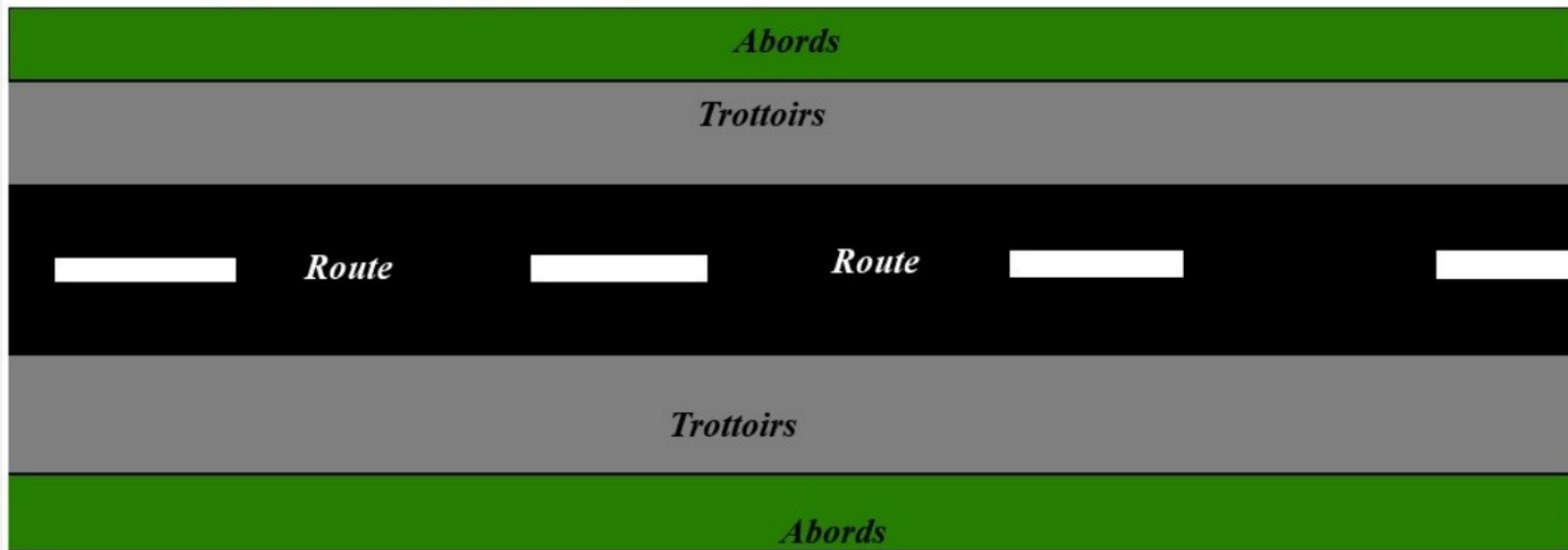
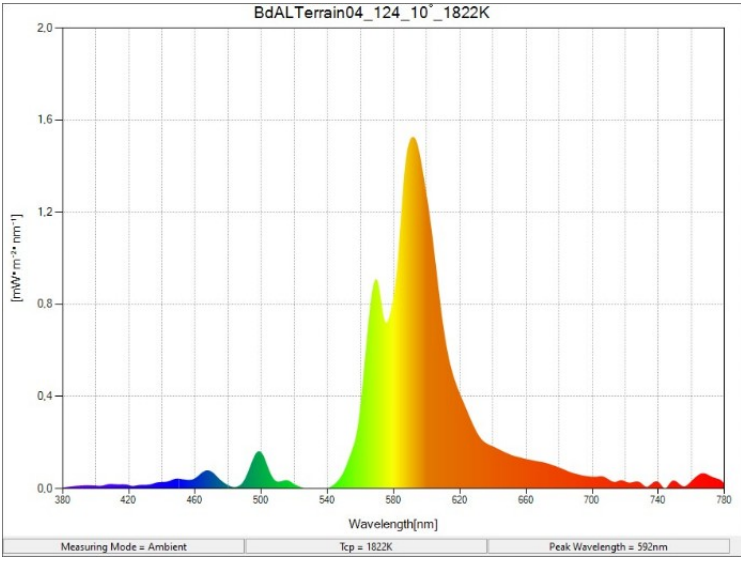
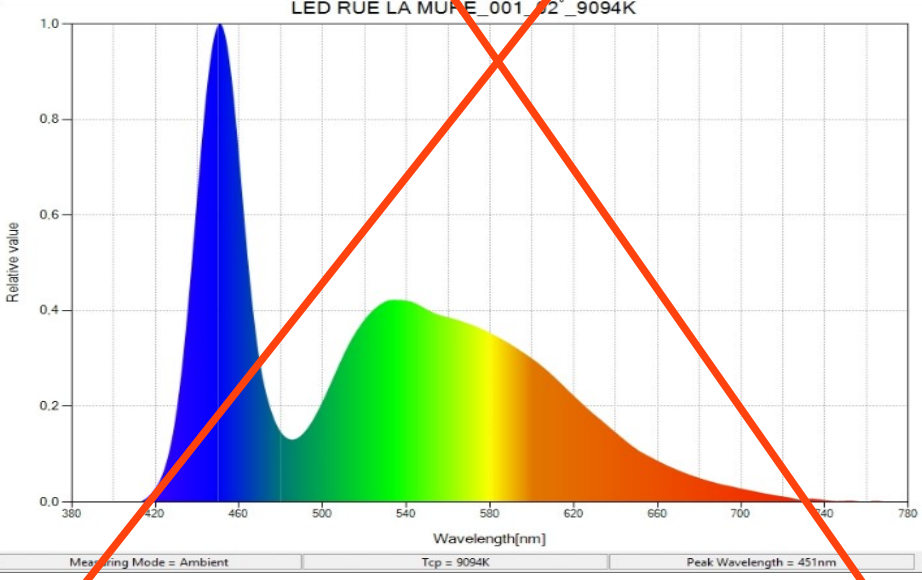
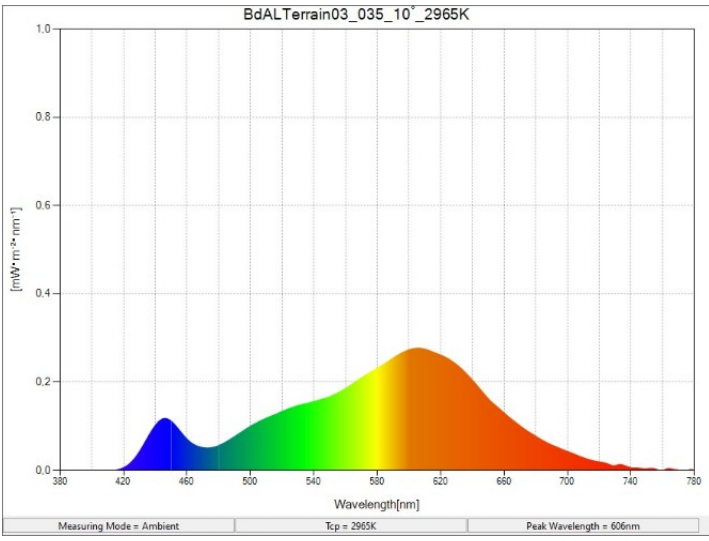
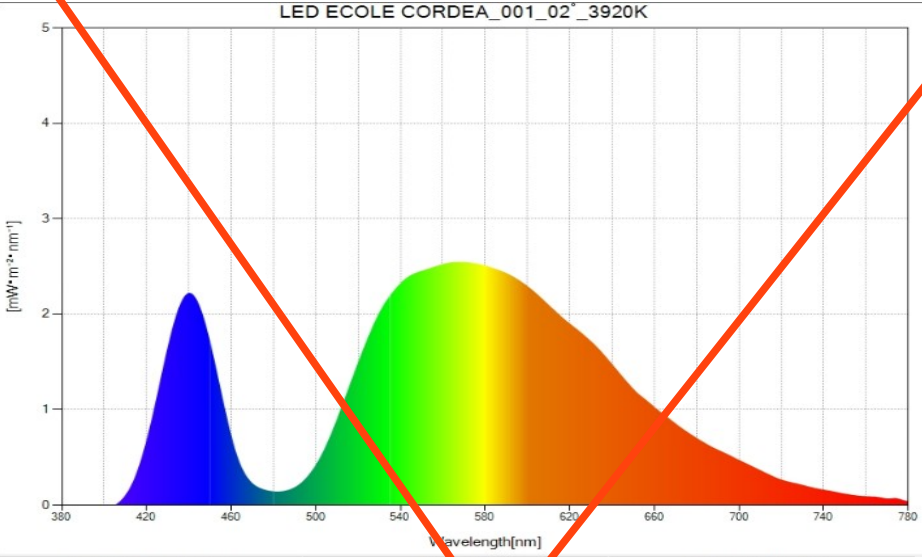


Illustration : guide
ministère

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 ≤ 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

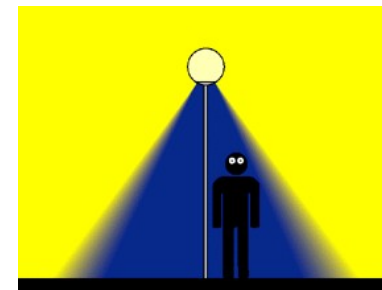
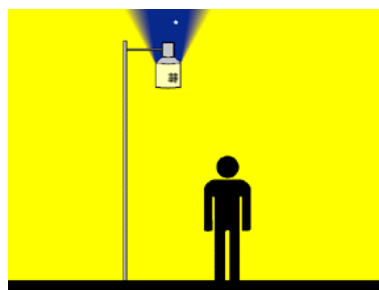
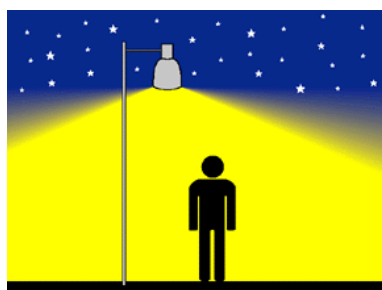


Photos : H. Foglar

- **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**

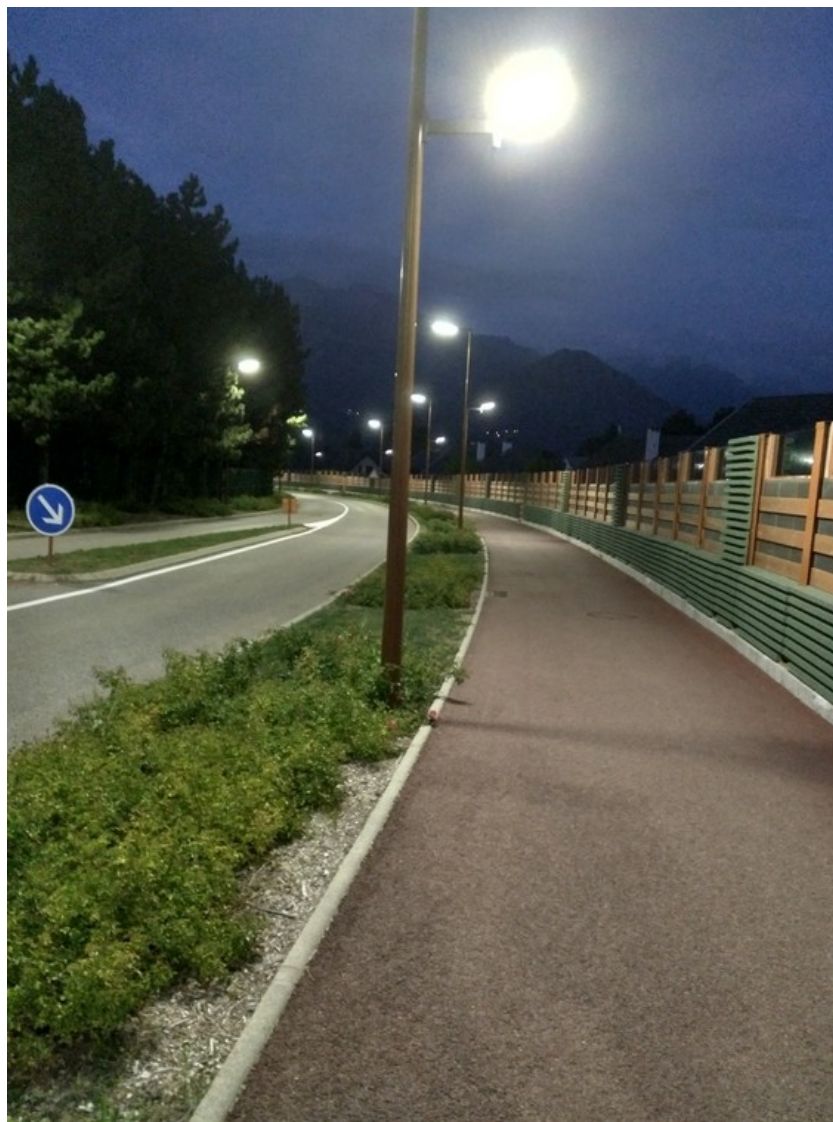
Besoins réels de visibilité

Besoins de sécurité

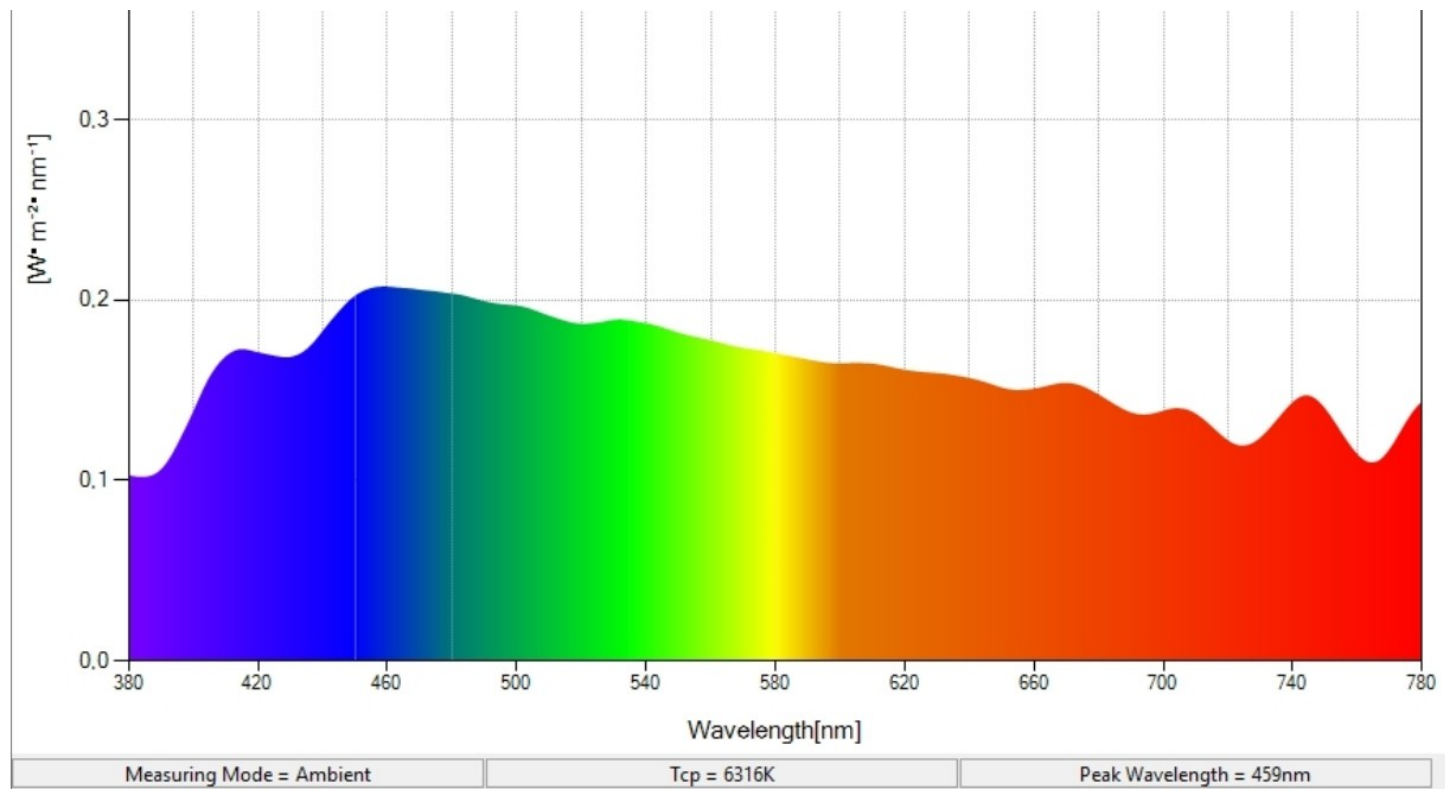
En fonction des heures de la nuit

En fonction des quartiers

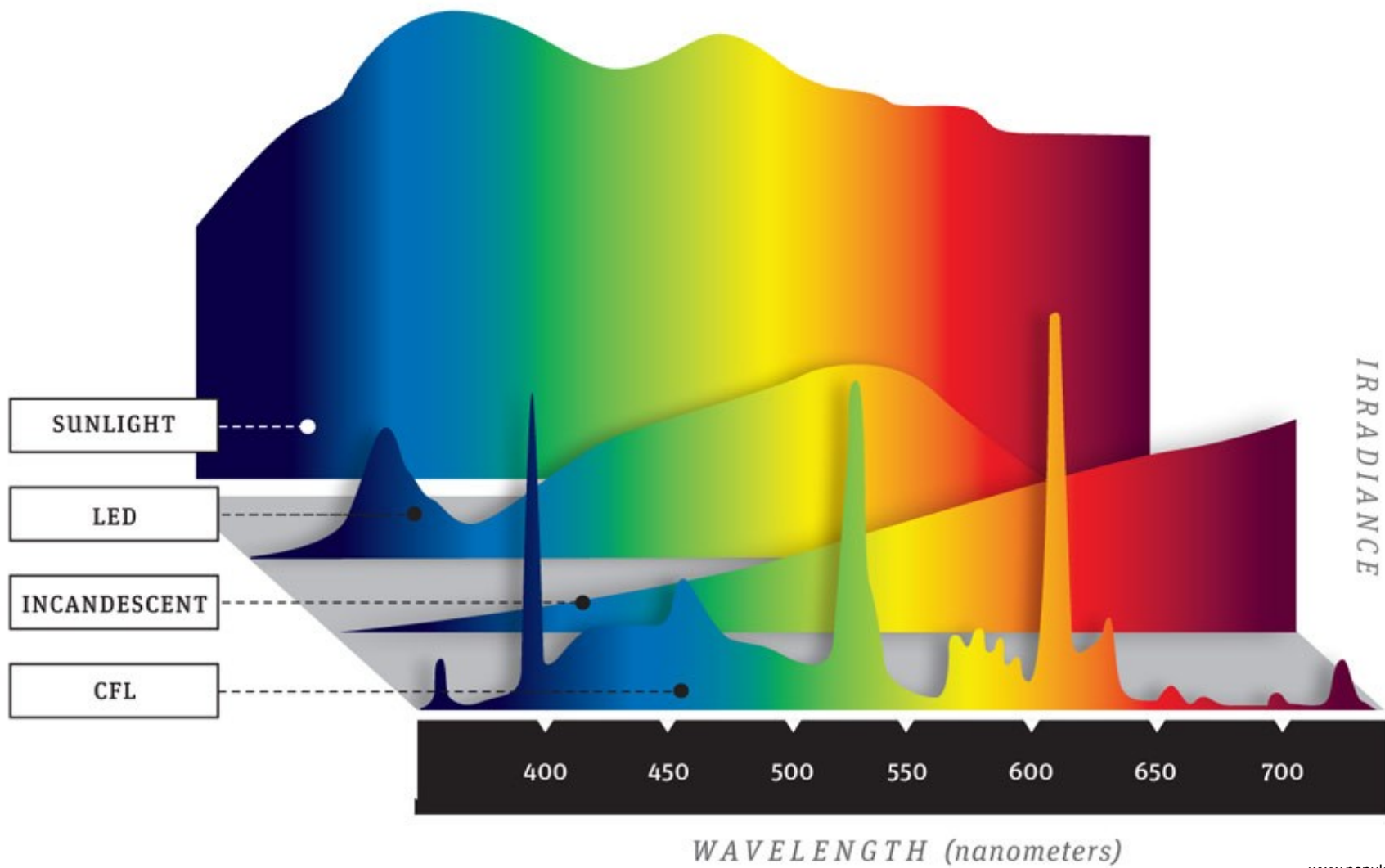
Minuit,
voie de
contournement
d'une petite ville
iséroise



La composition spectrale de la lumière : un paramètre essentiel

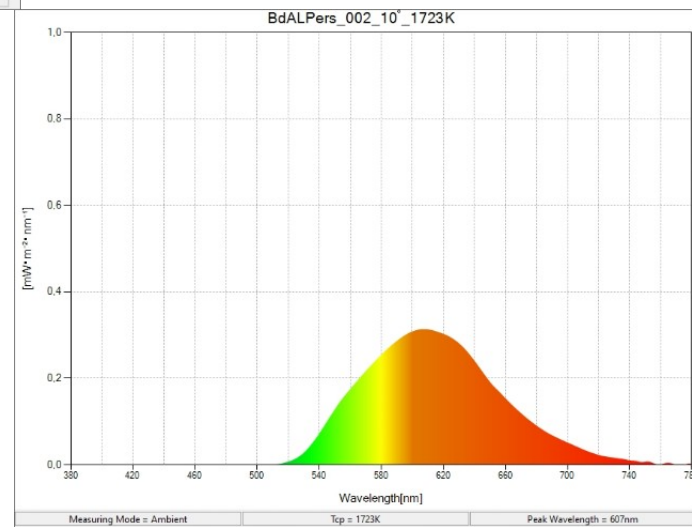
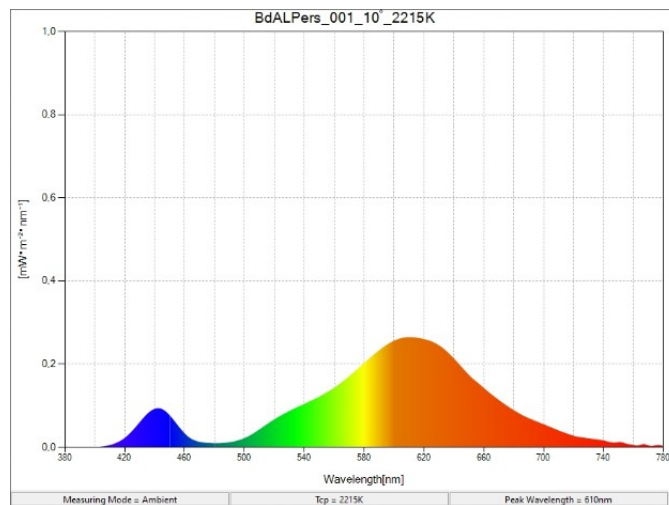
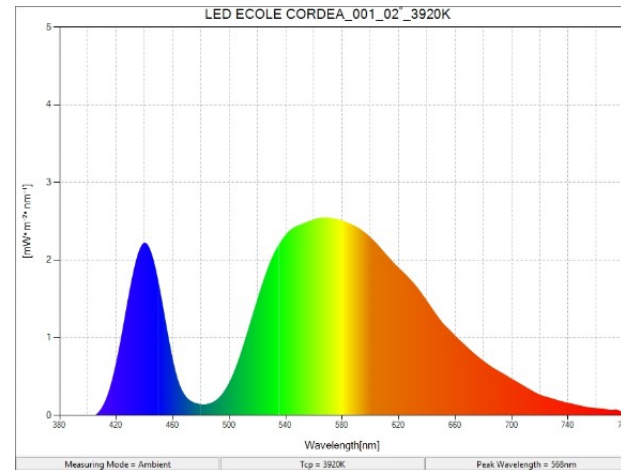
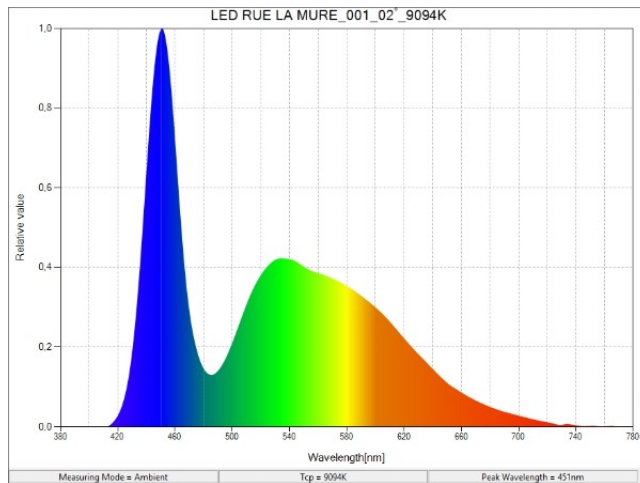


Spectre
lumière du
soleil milieu de
journée sous
nos latitudes



www.popularmechanics.com

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

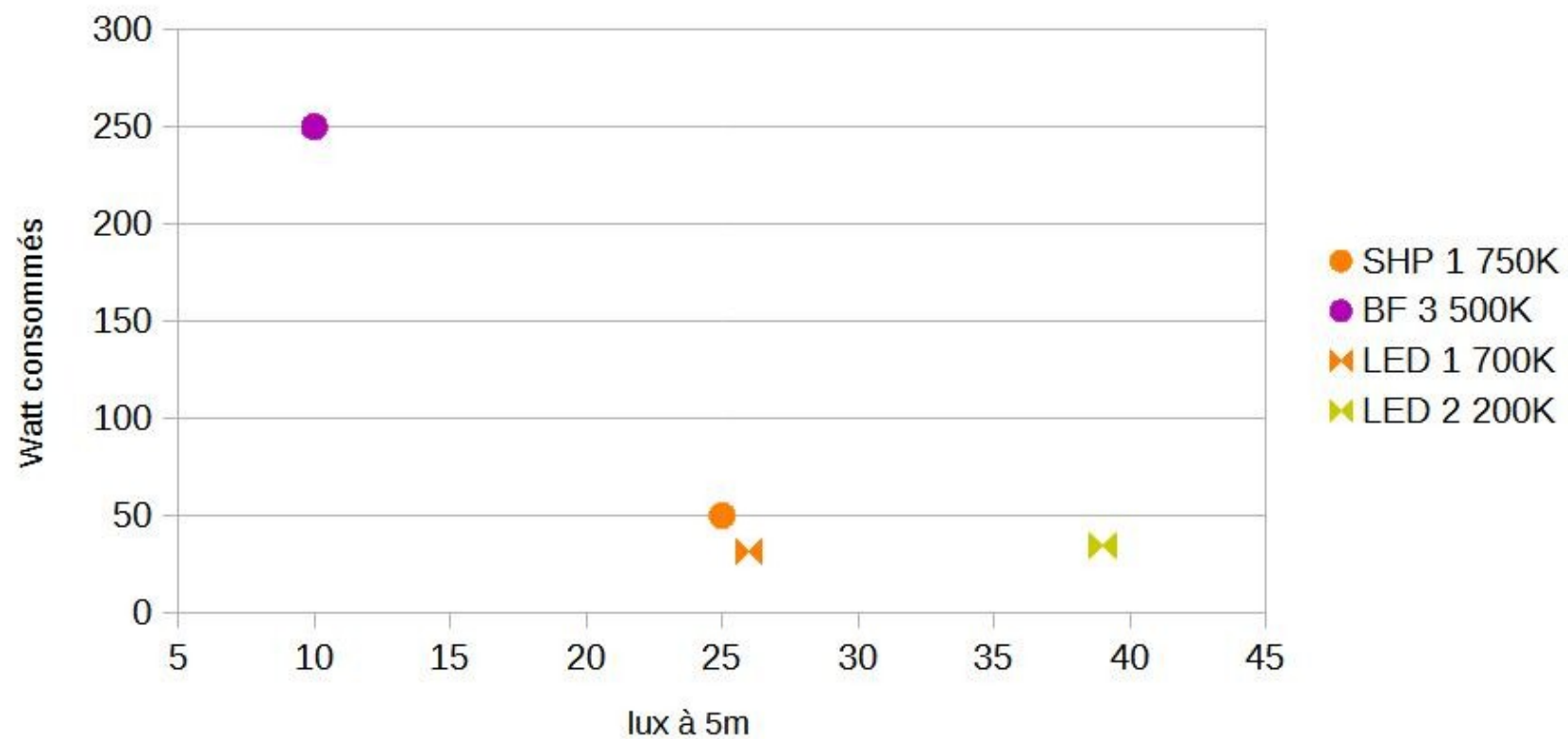


Avantages / inconvénients des LED

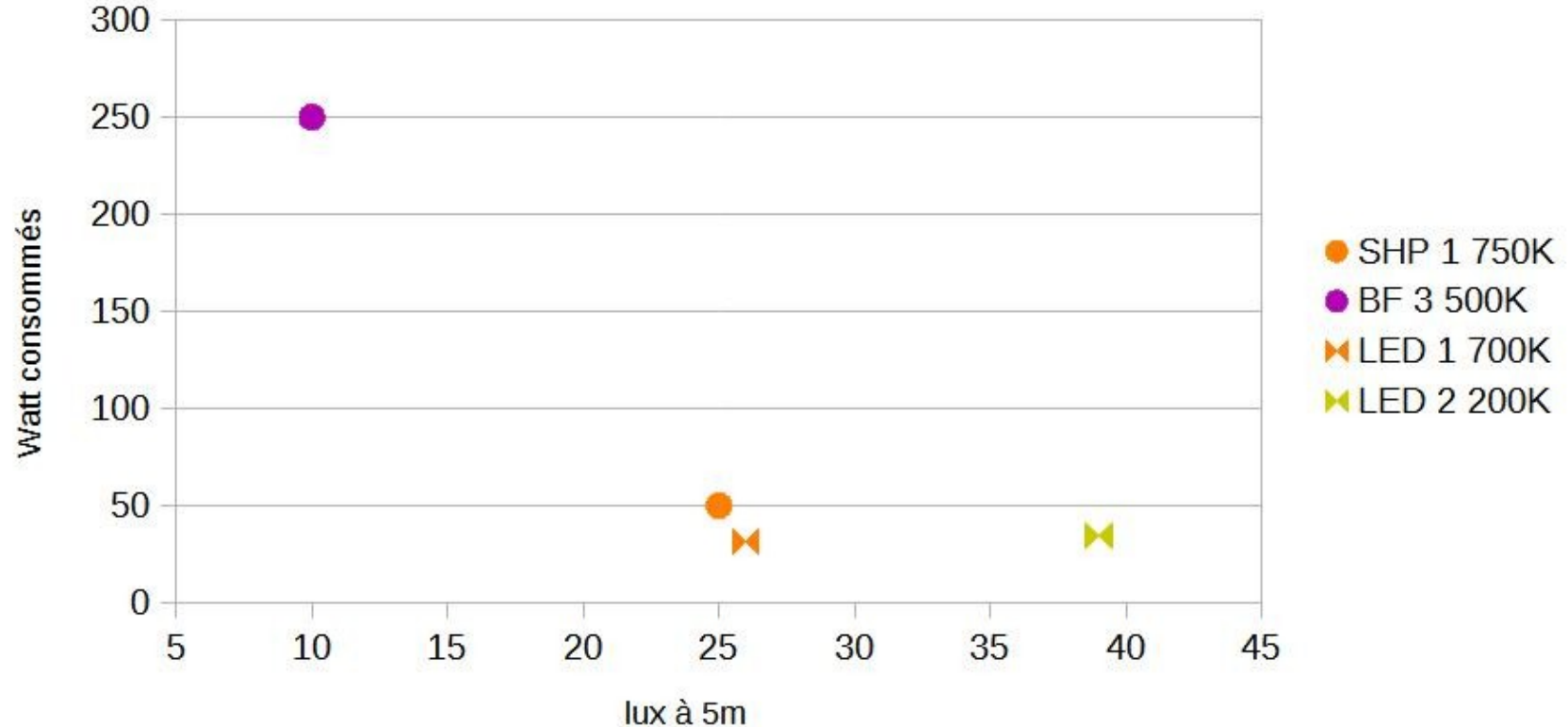
+	-
Orientation précise et personnalisable	Impacts biologiques et écologiques de la lumière bleue (pour les LED qui en émettent)
Gradation forte ; extinction rallumage	Augmentation de la pollution lumineuse (lumière bleue)
Différents spectres possibles	Éblouissement et augmentation des zones sombre autour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