



## ECLAIRAGE EXTERIEUR

## ECLAIRAGE PUBLIC ET PRIVE

### DIAGNOSTIC ET DEFINITION DE PROJET

# Guide des Prescriptions Environnementales du Cahier des Clauses Techniques Particulières

10 Novembre 2017

Ce guide d'élaboration des cibles environnementales du CCTP Eclairage Extérieur, rassemble en 6 fiches, les éléments permettant,

- de réaliser le diagnostic de la situation existante,
- de prescrire les objectifs de la situation à venir.

Il est applicable,

- à toute installation (voirie, places, parkings,...)
- à toute agglomération indépendamment de sa taille.

Des *étiquettes environnementales* permettent de poser le diagnostic de l'installation existante et/ou de fixer les cibles environnementales du projet. Elles répondent aux termes de la législation<sup>1</sup> Grenelle 2.

Puissance lumineuse au km	
Eclairage extérieur pour chaussées à 2 voies	
<i>Faible pollution lumineuse</i>	
≤ 75 <b>A</b>	80 kilolumens/km
76 à 100 <b>B</b>	
101 à 150 <b>C</b>	
151 à 225 <b>D</b>	
226 à 325 <b>E</b>	
326 à 450 <b>F</b>	
> 450 <b>G</b>	
<i>Forte pollution lumineuse</i>	

Contact : [anpcen91@free.fr](mailto:anpcen91@free.fr)

<sup>1</sup> [Loi 2010-788](#) du 12 juillet 2010 - art. 173 "Prévention des nuisances lumineuses"  
[Décret 2011-831](#) du 12 juillet 2011 relatif à la prévention et à la limitation des nuisances lumineuses



## 1. LE BESOIN : p. 6

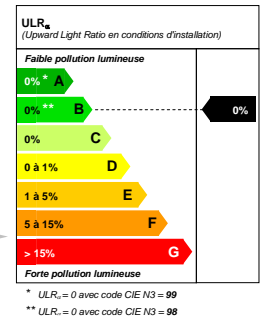
*Une installation d'éclairage extérieur à demeure ?*

## 2. LES LUMINAIRES : p. 8

**GRENELLE 2** - Distribution Spatiale des Emissions :

- « Upward Light Ratio en conditions d'installation » ( $ULR_{\alpha}$ )
- « Code Flux n°3 de la Commission Int. de l'Eclairage » (CIE FC3)

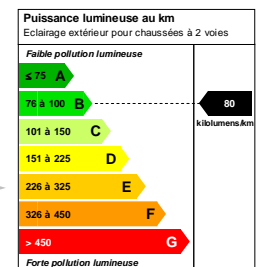
*Eviter toute émission à l'horizontale*



## 3. LA PUISSANCE LUMINEUSE : p. 17

**GRENELLE 2** - Puissance Lumineuse Moyenne

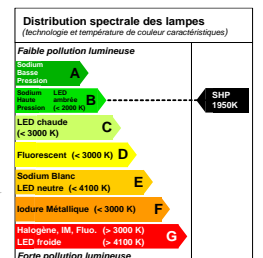
*Revoir à la baisse le nombre de points lumineux et leur puissance ?*



## 4. LA NATURE DES LAMPES : p. 22

**GRENELLE 2** - Distribution Spectrale des Sources

*Proscrire la lumière blanche ?  
Température de couleur <3000K ?*

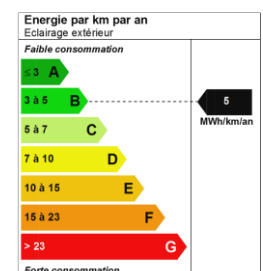


## 5. LES HORAIRES DE FONCTIONNEMENT : p. 25

*Une extinction sur quelle plage horaire ?*

## 6. LA CONSOMMATION ENERGETIQUE : p. 27

*Diviser par 4 la consommation ?*





# L'ENJEU

La lumière artificielle s'impose dans l'environnement nocturne selon un rythme rapide. Malgré l'introduction de technologies basse consommation, l'énergie consacrée à l'éclairage extérieur est passée de 70 kWh/an/habitant en 1990 à 91 kWh/an/habitant en 2000 [1-3], deux fois les niveaux allemands.

La technologie disponible et les capacités économiques, dictent les standards d'éclairement (EN-13201). Aucun critère environnemental n'est intégré dans leur définition.

Ce document palie à cette omission.

Il propose les cibles qui constitueront les prescriptions environnementales du CCTP éclairage extérieur.

## **1.1 Paysage nocturne et ciel étoilé**

L'alerte sur la dégradation de l'environnement nocturne est parvenue par le témoignage des astronomes relatant un paysage nocturne se transformant en crépuscule artificiel, dominé par des halos toujours plus nombreux, toujours plus puissants.

Les objets d'études de l'astronomie sont faiblement lumineux, parce que très éloignés. L'observation de ces objets est compromise, souvent impossible, dans un environnement devenu plus lumineux que ces objets. En ville, le nombre d'étoiles visibles à l'œil nu s'est réduit à quelques dizaines, contre plusieurs milliers accessibles dans un environnement nocturne naturel.

## **1.2 Biodiversité et impact de la lumière sur le vivant [5,6]**

L'alerte vient également des naturalistes recensant l'impact de la lumière artificielle sur la biodiversité.

L'alternance du jour et de la nuit qui a accompagné l'apparition de la vie et son évolution, disparaît insensiblement avec la mise en lumière ininterrompue de vastes territoires.

L'ensemble du vivant est conditionné par le cycle nyctéméral. Les rythmes biologiques, les métabolismes, réagissent aux durées d'éclairement (floraison, chant des oiseaux, quête de nourriture, rythme de ponte, reproduction des coraux, migration verticale du plancton,...).

La lumière artificielle est par là-même un perturbateur endocrinien.

La lumière artificielle dans l'environnement nocturne déplace l'équilibre prédateur/proie, favorisant l'un, défavorisant l'autre (chauve-souris pipistrelle/papillon nocturne, faucon pèlerin/passereau migrateur,...). Elle constitue un piège léthal pour nombres d'espèces (insectes, batraciens, pétrels, macareux,...), induisant alors des déséquilibres de la chaîne alimentaire et participant au déclin de certaines populations (oiseaux insectivores,...). Elle désoriente dans des proportions variables l'ensemble des oiseaux migrants nocturnes (merles noirs, rouges-gorges, grives,...).

Par son impact ciblé, par les déséquilibres qu'elle induit, la lumière artificielle contribue à un appauvrissement de la biodiversité.

### *Cadre réglementaire*

*La définition de l'éclairage extérieur ne fait l'objet d'aucune réglementation, exception faite des cheminements vers les bâtiments susceptibles d'accueillir le public handicapé :*

- *la norme professionnelle EN-13201, fondée sur les seuls critères de performance photométrique, n'est pas d'application obligatoire,*
- *l'article 1212.2 du code général des collectivités territoriales impose l'entretien de l'éclairage public, et non sa définition. ou son mode de fonctionnement.*

*Donneurs d'ordre publics et privés,*

- *vous avez la compétence entière et exclusive dans la définition de votre installation d'éclairage extérieur : choix des matériels, puissance, densité des points lumineux, disposition, fonctionnement,...*
- *vous avez la liberté entière d'inclure à votre appel d'offre les critères de performance environnementale issus de ce document, en particulier la Classe que vous aurez ciblée dans chaque étiquette environnementale présentée.*



## 1.3 Santé humaine

La lumière artificielle participe au prolongement de la vie sociale, en ce sens elle affecte notre comportement. C'est un rôle souhaité et dévolu à la lumière artificielle.

En négatif, la lumière artificielle favorise également une vie sociale non souhaitée (tapage, éclats de voix, klaxons,...), parce que le signal du moment du repos véhiculé par l'obscurité, disparaît avec elle.

Les émissions lumineuses consacré à un usage donné (éclairage de la voirie, mises en lumière, enseignes et publicités lumineuses...) ne cessant de croître, notre environnement nocturne immédiat devient toujours plus lumineux, et les intrusions de lumières dans les habitations, les chambres, difficiles à contenir, compromettent la qualité de notre repos et de notre sommeil, au même titre que le bruit.

Sur un plan physiologique notre organisme répond la nuit à d'infimes niveaux d'éclairage, affectant la production de mélatonine. Les périodes d'obscurité, réparatrices des tissus rétinien, sont réduites, facteur environnemental de la Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age (DMLA).

## 1.4 Energie

Le poids énergétique de l'éclairage public dans la consommation nationale est modeste, moins de 5%. Mais sa part dans la dépense énergétique des collectivités ne cesse d'augmenter (cf. loi du 7 avril 2010 portant Nouvelle Organisation du Marché de l'Electricité – NOME – tarifs incluant le coût de revient de la totalité des frais de production).

Paradoxalement, il reste le premier poste d'investissement des communes, préférentiellement aux investissements consacrés aux économies d'énergie (isolation des bâtiments publics,...) [3].

## 1.5 Sécurité

Le caractère dissuasif d'un éclairage permanent sur la criminalité n'est pas établi : le délinquant bénéficie, au même titre que sa victime, d'un environnement éclairé. Ce sont les conclusions de différents travaux conduits ces dernières années [8-10]. Notre vulnérabilité la nuit doit être recherchée dans la désertion des espaces et l'absence de secours possible dans une rue vidée de ses habitants.

Sur le registre de la sécurité routière, des études récentes, confirmant des constatations identiques chez nos voisins européens, mettent en évidence des effets contreproductifs de l'éclairage. Les recherches concluent sur une dangerosité de la nuit, non reliée à l'obscurité, mais à d'autres facteurs : fatigue et rythmes biologiques, alcool, vitesse. Rappelant qu'en matière de sécurité routière, les comportements l'emportent (cf. efficacité des radars introduits sur le réseau national en 2004). Ces considérations ont conduit à supprimer en 2010, l'éclairage de 130 km de voies rapides en Ile-de-France [11,12,19]

### Le coût de l'éclairage public ?

- **Abonnement électrique et consommation des communes françaises, en moyenne<sup>1</sup> :**

< 10000 hab.	: 6,0 €/an/hab.
10000 hab. < 50000 hab.	: 7,0 €/an/hab.
> 50000 hab.	: 5,5 €/an/hab.

avec des disparités<sup>2,3,4</sup> importantes selon les communes, de 3 à 15 €/an/hab. Les valeurs min sont atteintes dans le cas d'une extinction en fin de soirée.

- **Maintenance<sup>2,4</sup> :**

4 à 10 €/an/hab.

- **Investissement<sup>3,5</sup> :**

7 à 22 €/an/hab.

<sup>1</sup> Energie et patrimoine communal - [Enquête 2005 TNS Sofres](#). ADEME, EDF, Gaz de France, AITF/SIGEIF.

<sup>2</sup> [Le Livre Blanc de l'Energie en Luberon](#). Parc Naturel Régional du Luberon, février 2006.

<sup>3</sup> Données ANPCEN.

<sup>4</sup> [Méthodes, démarches et outils pour repenser son éclairage public](#). Info-Energie Rhône-Alpes, ADIL, AGEDEN, septembre 2012.

<sup>5</sup> AXIMUM, [La lettre d'information n°5](#) été 2011.



## 1.6 Législations étrangères

En Europe, la Slovénie par sa loi du 30 août 2007, dispose du texte le plus abouti avec un objectif plafond de 50 kWh/an/habitant consacrés à l'éclairage public, et un régime commun d'interdiction des émissions directes vers le haut.

Interdiction également inscrite dans la loi de 12 régions italiennes, parmi 20 (ex. Les Marches : RL 10 du 24 juillet 2002) [20-22]. Une tolérance sur les émissions au-dessus de l'horizontale, difficile à appliquer ou contrôler, figure dans la loi du Piémont (RL 17 du 27 mars 2000).

Au Québec, la région du Mont-Mégantic et son agglomération de Sherbrooke, 150.000 habitants, s'est dotée en 2007 d'un cadre réglementaire pour l'ensemble des éclairages extérieurs, publics et privés, destiné à restaurer un territoire épargné par la pollution lumineuse [13].

Au Royaume-Uni, le « Clean Neighbourhoods and Environment Bill » promulgué en 2004, instaure les intrusions de lumières comme nuisances, accompagné d'un ensemble de sanctions administratives à l'encontre de leurs responsables.

Aux Etats-Unis, différents états (Connecticut, Pennsylvanie, Maine, Texas, Colorado, Massachusetts, Maryland et Georgie) conditionnent l'attribution de fonds publics au respect de cahiers des charges avec prescriptions sur les émissions de lumière (puissance, orientation,...).

[1] Dominique Birrien. [Les impacts énergétiques de l'éclairage public. Actes des rencontres de l'éclairage public « Pour protéger l'environnement et maîtriser l'énergie »](#), ADEME, Angers, 1<sup>er</sup> mars 2005.

[2] Pierre Laforgue. [Maîtrise de la demande d'énergie en éclairage public](#). EdF, Recherche & Développement. Actes des rencontres de l'éclairage public « Pour protéger l'environnement et maîtriser l'énergie », ADEME, Angers, 1<sup>er</sup> mars 2005.

[3] [Energie et patrimoine communal](#). - Enquête 2005 TNS Sofres. ADEME, EDF, Gaz de France, AITF/SIGEIF.

[5] Marc Théry. *Conséquences écologiques de l'éclairage nocturne sur la faune*. Eclairages extérieurs – Les nuisances dues à la lumière, guide 2006. Association Française de l'Eclairage.

[6] Jean-Philippe Sibley. [Impact de la pollution lumineuse sur la biodiversité. Synthèse bibliographique](#). Service du Patrimoine Naturel. Département Ecologie et Gestion de la Biodiversité. Rapport SPN 2008/8, août 2008, convention MEEDDAT MNHN / 2008 – Fiche n°2.

[8] Lawrence W. Sherman, Denise Gottfredson, Doris MacKenzie, John Eck, Peter Reuter, Shawn Bushway. [Preventing crime: what works, what doesn't, what's promising](#). A report to the United States Congress, Prepared for the National Institute of Justice, 1997, Department of Criminology and Criminal Justice, University of Maryland.

[9] Paul Marchant. *What is the Effect of Public Lighting on Public Safety?* 11<sup>th</sup> European Symposium for the Protection of the Night Sky, October 6th - 8th 2011 in Osnabrück, Germany.

[10] Sophie Mosser. *Les enjeux de l'éclairage dans l'espace public*. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. Actes des rencontres de l'éclairage public « Pour protéger l'environnement et maîtriser l'énergie », ADEME, Angers, 1<sup>er</sup> mars 2005.

[11] A16 – *Etude de sécurité comparative sur les autoroutes de rase campagne du Nord – Pas de Calais avec ou sans éclairage*. Ministère des Transports, de l'Équipement, du

Tourisme et de la Mer, Direction Interdépartementale des Routes du Nord, 15 janvier 2007.

[12] *Trafic et sécurité sur les routes et autoroutes de wallonie – Données et commentaires*. Les cahiers du Ministère de l'Équipement et des Transports, décembre 2002.

[13] Chloé Legris. *Guide technique et réglementaire sur l'éclairage extérieur – Projet de lutte contre la pollution lumineuse*. AstroLab du Mont-Mégantic, mai 2005.

[14] *Guidance notes for the reduction of obtrusive light*. The Institution of Lighting Engineers, 2005.

[15] *Le Livre Blanc de l'Énergie en Luberon*. Parc Naturel Régional du Luberon, février 2006.

[16] Données ANPCEN

[17] AXIMUM, La lettre d'information n°5 été 2011.

[19] Constat de la *Direction Interdépartementale des Routes d'Ile-de-France (DIRIF)*, 2010.

[20] [Legge della Regione Marche n°10 del 24/07/2002 "Misure urgenti in materia di risparmio energetico e di contenimento dell'inquinamento luminoso"](#).

[21] [Regione Marche, Consiglio Regionale. Misure Urgenti in Materia di Risparmio Energetico e di Contenimento dell'Inquinamento Luminoso](#). Deliberazione Legislativa Approvata dal Consiglio Regionale nella Seduta del 17 Luglio 2002, n° 98.

[22] [Regione Lombardia, Consiglio Regionale. Misure Urgenti in Tema di Risparmio Energetico ad Uso di Illuminazione Esterna e di Lotta all'Inquinamento Luminoso](#). Repubblica Italiana. Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia. Legge Regionale 27 Marzo 2000, n°17.

[23] Christian Remande. *Eclairages extérieurs et développement durable*. Lux n°223, mai/juin 2003.

[24] THORN. *Les Lumières 2003-2004*.

[25] THORN *Les Lumières 2014-2015*.

[26] Philips. *Catalogue éclairage extérieur 2009-2011*.

[27] DiaLux. *Philips FGS103 & SRS201*.

[28] Bessolaz 2012

[29] US DOE (Department of Energy), 2015. *Solid-State Lighting R&D plan*. DOE/EE-1228. Last accessed [online](#) July 2017.

# LE BESOIN

## Une installation d'éclairage extérieur à demeure ?

Clarifier les besoins en matière d'éclairage extérieur.

### Check-list

Espaces n'ayant pas vocation à faire l'objet d'une installation permanente

- Voies à faible trafic
- Liaisons hors agglomérations (routes, giratoires,...)
- Pistes cyclables
- Trames Vertes et Bleues, Trames Nocturnes
- Sites naturels
- Parcs Nationaux, Espaces Naturels Sensibles, Zones Natura 2000, ZNIEFF,...
- Parcs et jardins clos
- ...

### Commentaires - Exemples d'application

#### • A l'extérieur des localités

*On note la tendance au non-éclairage des routes et des giratoires, hors agglomération.*

- *L'A16, entre Boulogne-sur-Mer et la frontière belge, longtemps seule autoroute française éclairée, est éteinte depuis fin 2006, et ce, avec un taux de gravité à la baisse. L'économie représente 900.000 euros par an [11].*

*On observe encore une forte diminution des accidents et de leur gravité sur une portion de l'A15 éteinte depuis début 2007. Ces constats confirment les résultats d'une enquête de 2002 du ministère des transports belges [12].*

*Mai 2010, la Direction Interdépartementale des Routes d'Ile-de-France (DIRIF) annonce la suppression de l'éclairage sur 130 km de voies.*

- *Les départements de l'Essonne, du Maine-et-Loire, de la Drôme,... privilégient la **signalisation réfléchissante** sur les giratoires hors agglomération.*

*Pour un coût d'entretien et de « fonctionnement » nul, elle assure une mission de balisage de grande efficacité. Son emploi est très répandu dans les pays anglo-saxons, particulièrement en Allemagne.*



Signalisation réfléchissante

#### • A l'intérieur des localités

- *Quelques très petites communes en France n'ont pas d'éclairage public : Boissei-la-Lande (61), Barberier (03), Saint-Franc (73), Yquebeuf (76), Justian (32), St Andeol de Clerguemort (48),...*
- *Pour les rues de quartier résidentiel, il existe des solutions alternatives à un éclairage public conventionnel.*



*Après Dörentrup (8500 hab.) en Allemagne, dont l'éclairage public éteint à 21 heures, peut être rallumé sélectivement en composant un n° de téléphone dédié gratuit. [Préfailles](#) en Loire-Atlantique, expérimente un concept similaire sur un de ses quartiers : quelques secondes suffisent à passer du mode veilleuse au mode pleine puissance.*

- *Dans une rue de Ruchweid en Suisse, devant chacune des maisons, un capteur de mouvements est monté sur l'équipement d'éclairage extérieur préexistant : les lampes s'allument puis s'éteignent au bout de 3 minutes. Cette solution assure une grande efficacité énergétique à faible coût. Elle est applicable aux lampes LEDs ou fluocompactes.*

# LES LUMINAIRES

## Distribution Spatiale des Emissions :

- « *Upward Light Ratio* » en conditions d'installation :  $ULR_{\alpha}$
- « *Code Flux n°3 de la Commission Internationale de l'Eclairage* » : CIE FC3

## Eviter toute émission horizontale et vers le haut ?

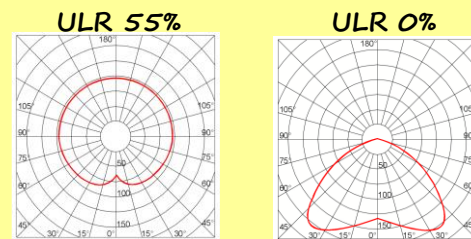
La fixation de valeurs plafond d' $ULR_{\alpha}$ , en conditions d'installation, est une garantie de la maîtrise des émissions de lumière artificielle dans l'environnement et de contrôle de la pollution lumineuse.

### Check-list

- Diagramme photométrique du luminaire disponible ?
- Diagramme photométrique du luminaire renseigné dans la demi-sphère supérieure ?
- Prise en compte des conditions d'installation : rotation du diagramme photométrique de l'angle d'inclinaison  $\alpha$  du support ?
- ...

### Le diagramme photométrique - 1

Les fiches matériel doivent être accompagnées d'un diagramme photométrique dont le "rayon" dans une direction donnée, donne l'intensité de l'émission dans cette direction (en lumen/stéradian ou candela/lumen) :



Diagrammes photométriques respectifs d'une boule ( $ULR \approx 55\%$ ) et d'un luminaire sans émission vers le haut ( $ULR = 0\%$ )

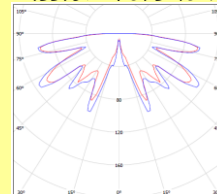
### Que dit le Grenelle ?

La Distribution Spatiale des Emissions est une grandeur sur laquelle peuvent porter des prescriptions, selon les termes de la *Loi 2010-788 du 12 juillet 2010* relatifs à la prévention des nuisances lumineuses et du *Décret 2011-831 du 12 juillet 2011*, respectivement :

- Art. L.583-2 « Ces prescriptions peuvent porter sur (...) les flux de lumière émis et leur répartition dans l'espace, (...) ».
- Art. R.583-4 « Ces prescriptions peuvent notamment porter (...) sur les grandeurs caractérisant la distribution spatiale de la lumière (...) ».

### Le diagramme photométrique - 2

Vigilance sur les diagrammes photométriques non renseignés dans la demi-sphère supérieure, laissant supposer une absence d'émission vers le haut :



Exemple de diagramme photométrique de luminaire avec paralume : demi-sphère supérieure non renseignée



## Etiquette environnementale applicable :

ULR <sub>α</sub> (Upward Light Ratio en conditions d'installation)	
<b>Faible pollution lumineuse</b>	
0%* <b>A</b>	<b>0%</b>
0%** <b>B</b>	
0% <b>C</b>	
0 à 1% <b>D</b>	
1 à 5% <b>E</b>	
5 à 15% <b>F</b>	
> 15% <b>G</b>	
<b>Forte pollution lumineuse</b>	

\* ULR<sub>α</sub> = 0 avec CIE Flux Code 3 = 99

\*\* ULR<sub>α</sub> = 0 avec CIE Flux Code 3 = 98

### Les conditions d'installation ?

L'ULR qualifie le luminaire en conditions d'installation horizontale. Il est déduit du diagramme photométrique.

L'ULR<sub>α</sub> qualifie le luminaire en conditions d'installation avec prise en compte d'une inclinaison du support d'un angle α. Il est déduit du diagramme photométrique, pivoté de l'angle α.

Exemple d'un matériel avec ULR ≈ 10% :

α = 0°                      α = 30°                      α = 90°  
 ULR<sub>α</sub> ≈ 10%                  ULR<sub>α</sub> ≈ 15%                  ULR<sub>α</sub> = 50%

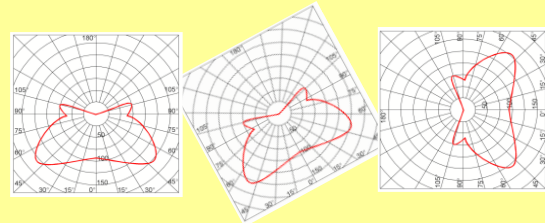


Diagramme photométrique du même luminaire pour différentes inclinaisons de support :  
 0°, 30°, cas limite de 90°

*N.B.* ULR est une valeur théorique, seul ULR<sub>α</sub> qualifie l'installation sur site.

### ULR ou ULOR ?

- L'ULR (Upward Light Ratio) :  
C'est le pourcentage de lumière du luminaire émis au-dessus de l'horizontale.
- L'ULOR (Upward Light Output Ratio) :  
C'est le pourcentage de lumière de la lampe émis au-dessus de l'horizontale.

#### Exemple

Un luminaire de rendement  $\eta = 60\%$ , avec une lampe de 10000 lumens, émet 6000 lumens. Supposons 3000 lumens émis au-dessus de l'horizontale, alors,

- ULR = 50%                  (= 3000/6000)
- ULOR = 30%                (= 3000/10000)

#### Commentaire

L'ULR et l'ULOR sont deux mesures des déperditions de lumière vers le haut. L'ULR, retenue dans ce document, fait l'économie de la connaissance du rendement du luminaire.

## Commentaires - Exemples d'application

L'« Upward Light Ratio en conditions d'installation » du luminaire ( $ULR_{\alpha}$ ), exprime le pourcentage de lumière émise par le luminaire vers le haut, in-situ (prise en compte de l'orientation du luminaire et de l'inclinaison du support) :

- la lumière émise vers le haut est perdue.
- la lumière émise à l'horizontale est intrusive et éblouissante.

L'étiquette environnementale sanctionne

- les émissions vers le haut ( $ULR_{\alpha} > 0$ ), ce sont les classes D à G
- en l'absence d'émission vers le haut ( $ULR_{\alpha} = 0$ ), les émissions vers le bas à moins de  $15^{\circ}$  de l'horizontale :
  - $> 2\%$  dans les  $15^{\circ}$  sous l'horizon (CIE FC3  $< 98\%$ ), c'est la classe C
  - $< 2\%$  (CIE FC3  $> 98\%$ ), c'est la classe B,
  - $< 1\%$  (CIE FC3  $> 99\%$ ), c'est la classe A.

L'impact environnemental étant d'autant plus important que le parcours atmosphérique est grand, i.e. les émissions horizontales sans obstacle.

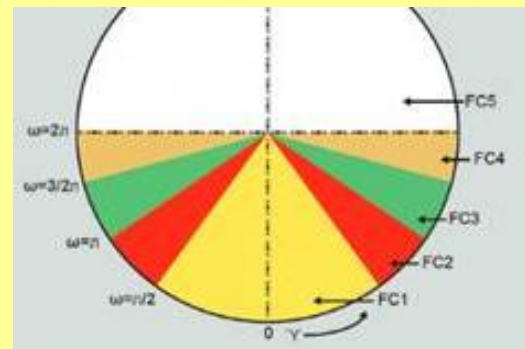
Un luminaire sans déperditions horizontale ou vers le haut, présente une meilleure efficacité énergétique, et autorise l'emploi de lampes de puissance inférieure à éclairage égal.

Un support incliné entraîne une perte d'efficacité énergétique en contribuant aux émissions horizontales, perdues, et responsables des intrusions de lumières dans les habitations.

### Le Code Flux n°3 de la Commission Internationale de l'Eclairage : « CIE FC3 »

C'est le pourcentage émis dans le cône de demi-angle  $75^{\circ}$  (première graduation sous l'horizon du diagramme photométrique).

C'est la seule lumière utile. Emise au-dessus de  $75^{\circ}$ , la lumière devient tout à la fois perdue, éblouissante, polluante :



#### Exemple

Un luminaire de caractéristiques :

$ULR_{\alpha} = 0$  et CIE FC3 = 96%

- n'émet pas vers le haut,
- émet 96% vers le bas, dans un cône de demi-angle  $75^{\circ}$
- ou, émet 4% vers le bas, dans les premiers  $15^{\circ}$  sous l'horizontale

## Quelques Exemples de matériel

Le comportement photométrique de différents matériels présentés ci-après, est généré avec le logiciel professionnel DIALUX, alimenté des diagrammes photométriques constructeur.

Les calculs sont conduits selon un même protocole : source de 4400 lumens (équivalent à une lampe de 50 watts SHP), installée à l'horizontale ( $\alpha = 0^{\circ}$ ), montée à 5 m de hauteur. L'éclairage au sol est visualisée sur une aire de 50 m  $\times$  50 m.

L'illustration ci-après précise les informations données.

**REMARQUE**

Il n'y a pas de corrélation directe entre géométrie du **caisson** et performance du luminaire : de nombreuses optiques (diagrammes photométriques) sont disponibles pour un même caisson.

**Rendement lumineux du luminaire**

Quantité de lumière sortant du luminaire :

$$\eta = \frac{\text{puissance lampe (lumen)}}{\text{puissance lumineaire (lumen)}}$$

**Rendement énergétique de la source**  
(Ex. source LED)

**Classe de l'étiquette environnementale**

**Diagramme photométrique de l'optique**

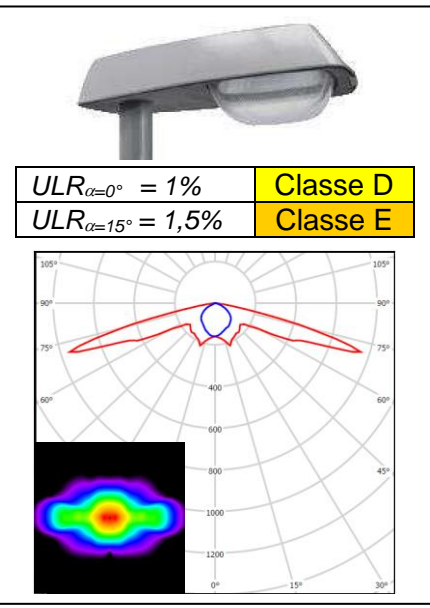
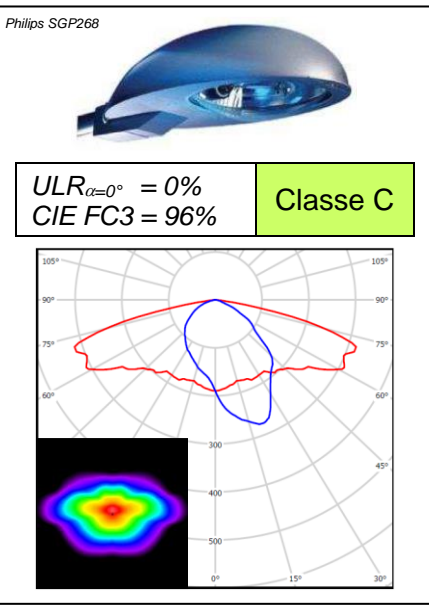
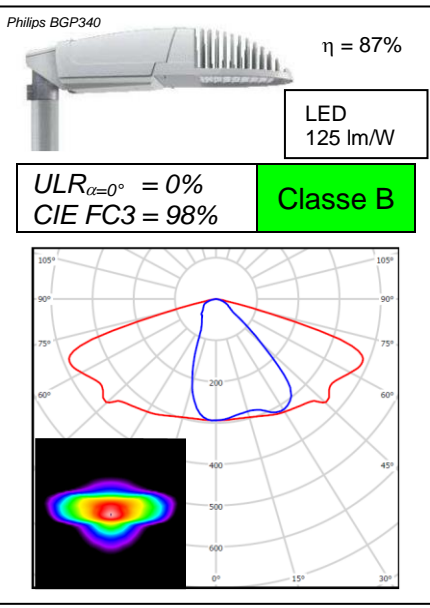
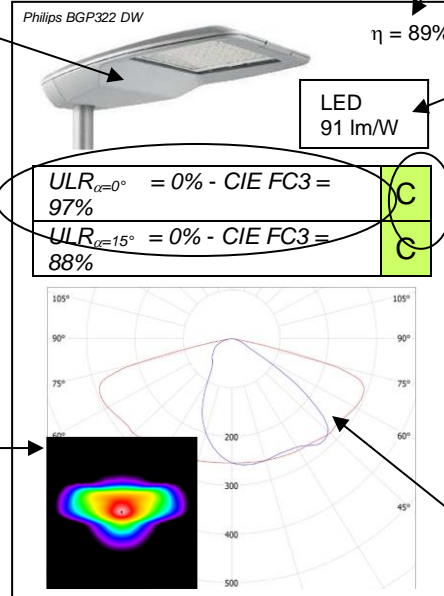
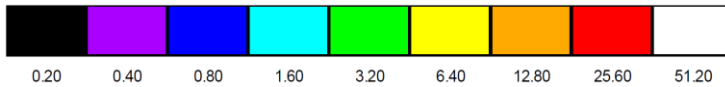
- **en rouge** : selon l'axe de la voie
- **en bleu** : transversal à la voie


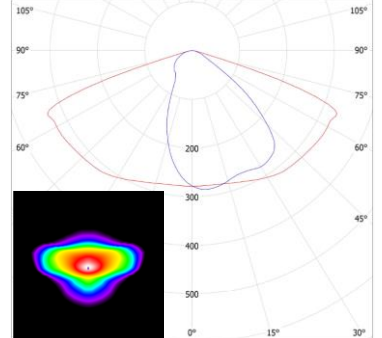

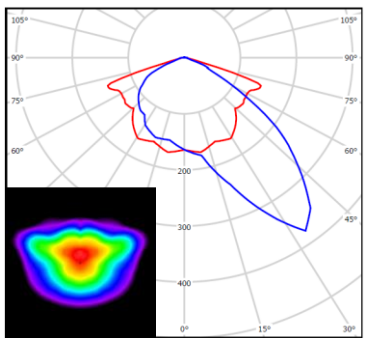

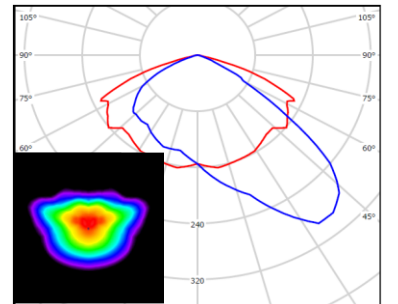

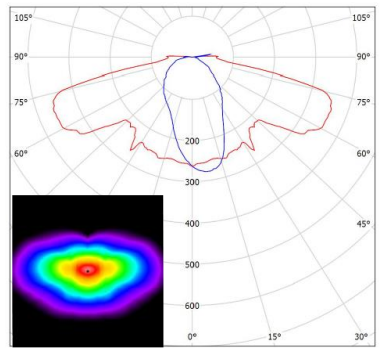

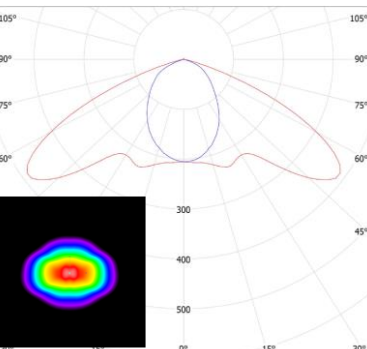

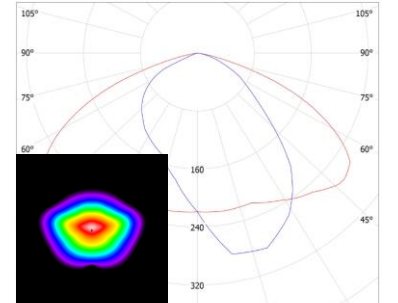

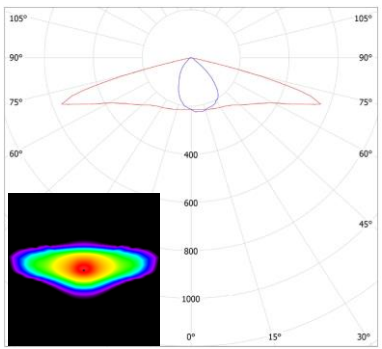

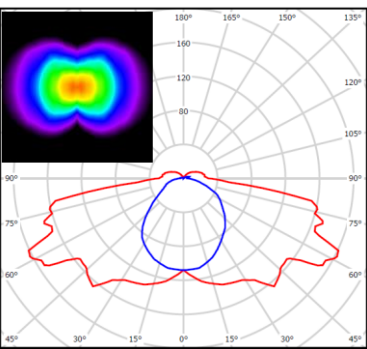

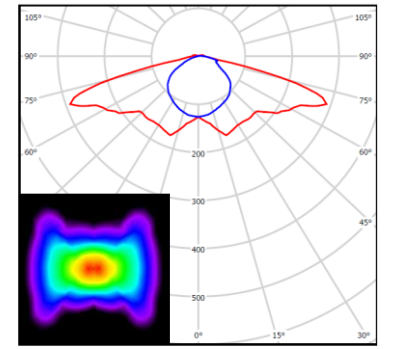
**ULR<sub>α</sub> et CIE Flux Code n°3 en conditions d'installation**


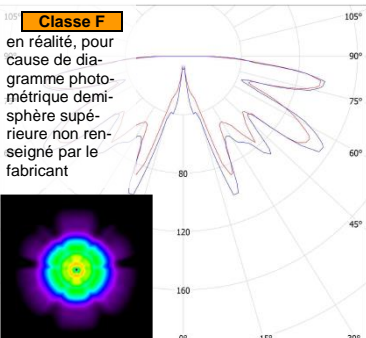

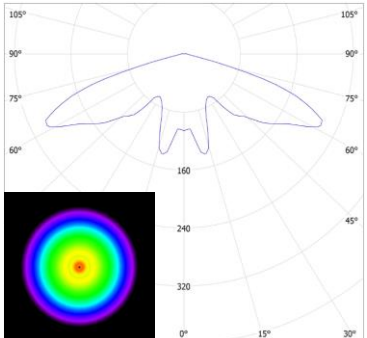

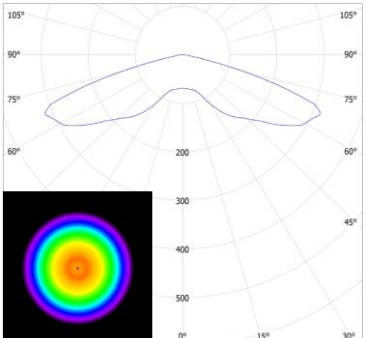

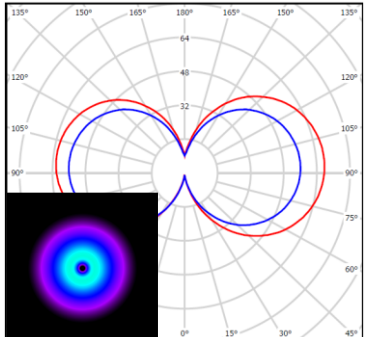

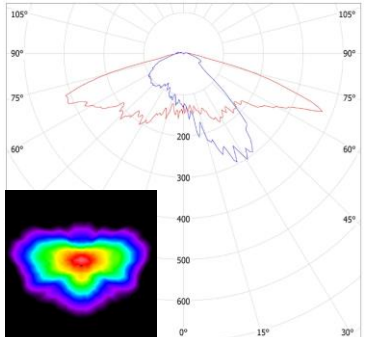

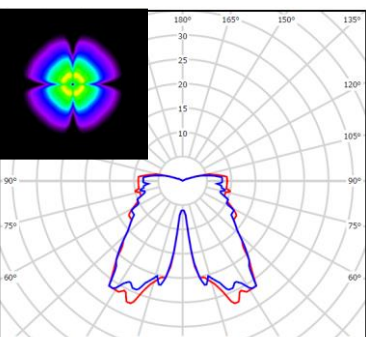

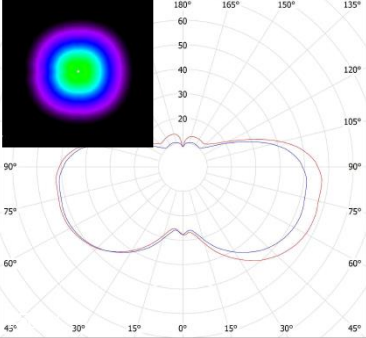

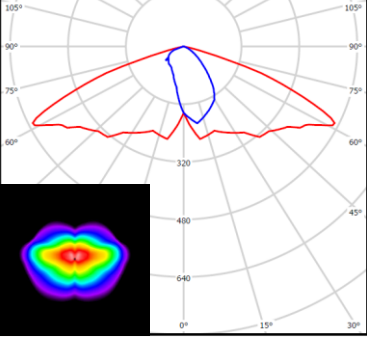

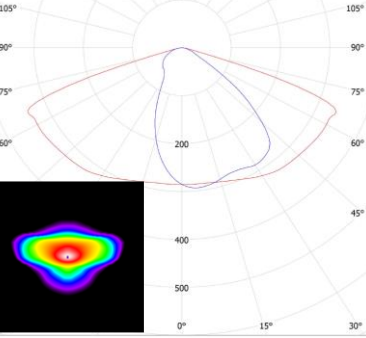
- support horizontal : ULR<sub>α=0°</sub>
- support incliné de 15° : ULR<sub>α=15°</sub>

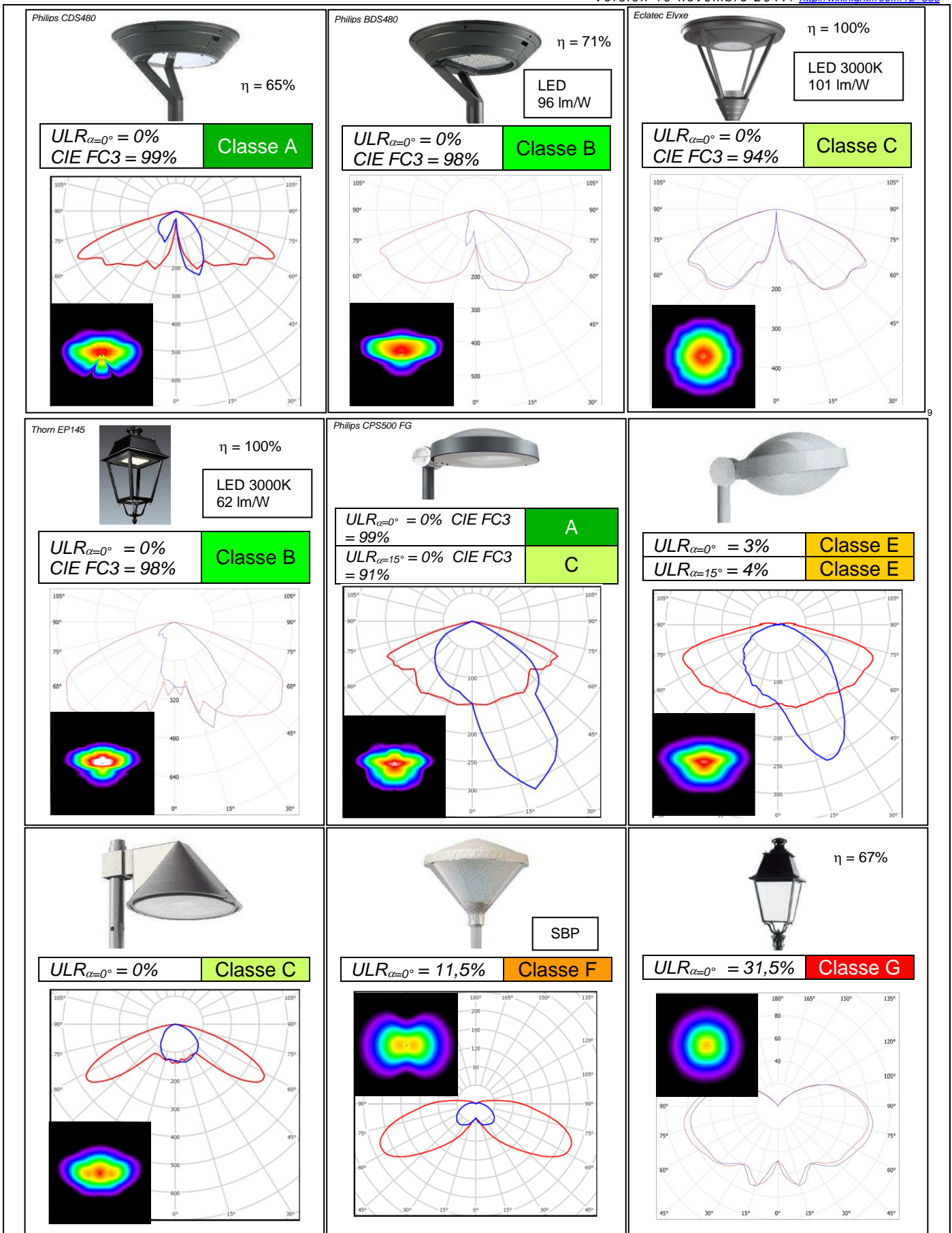
**Eclairage au sol**

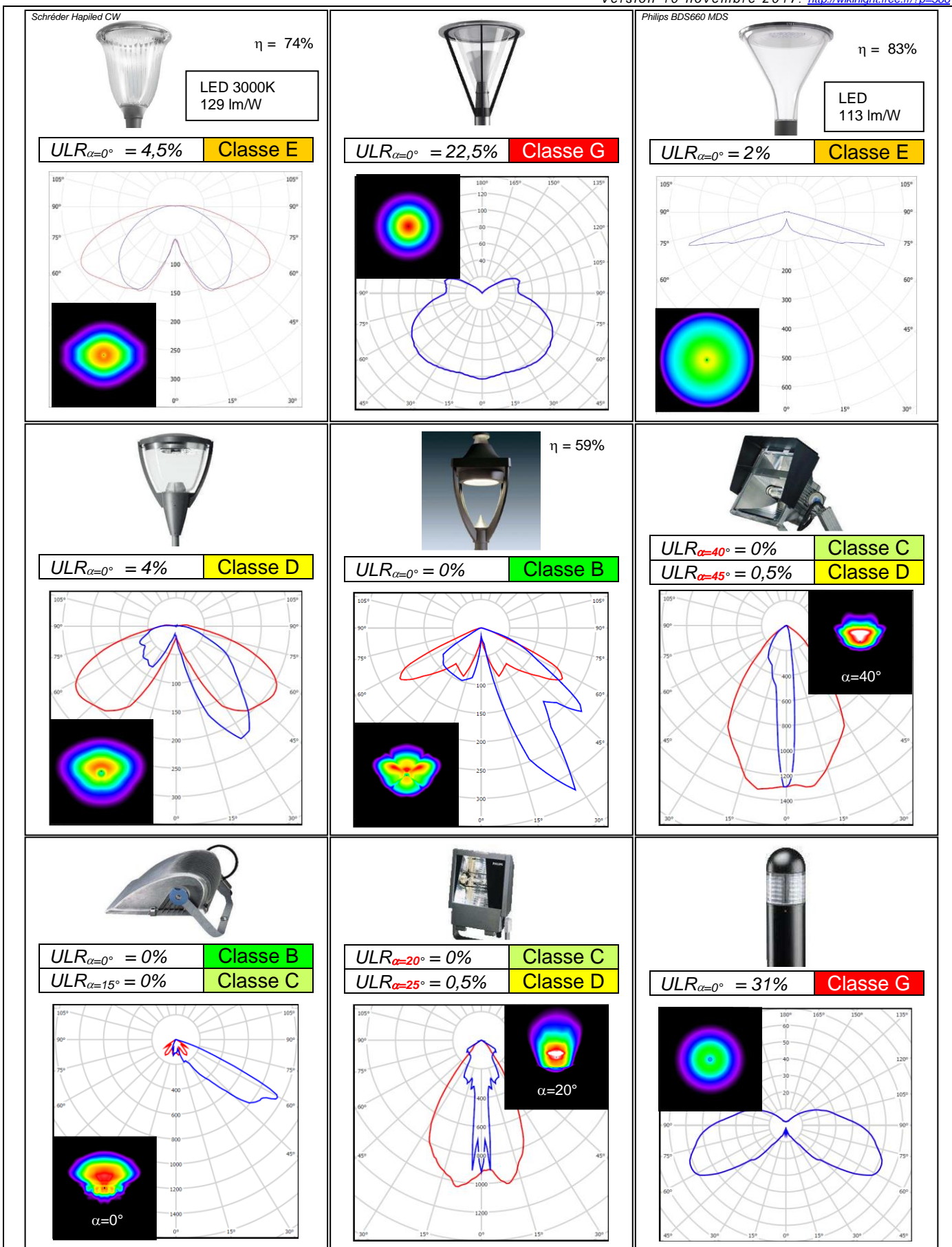
- luminaire isolé : 4400 lumens (50 watts SHP)
- luminaire horizontal : α = 0°
- hauteur de source : 5 m
- aire : 50 m × 50 m
- échelle en lux :



<p>Philips Koffer</p>  <p><math>\eta = 90\%</math></p> <p>LED 105 lm/W</p> <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 0\%</math> <math>CIE FC3 = 98\%</math></p> <p><b>Classe B</b></p> 	 <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 0,5\%</math> <math>ULR_{\alpha=15^\circ} = 0,5\%</math></p> <p><b>Classe D</b> <b>Classe D</b></p> 	<p>Philips SGP252</p>  <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 0\%</math> - CIE FC3 = 98%</p> <p><b>B</b></p> <p><math>ULR_{\alpha=15^\circ} = 0\%</math> - CIE FC3 = 90%</p> <p><b>C</b></p> 
 <p><math>\eta = 83\%</math></p> <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 1.5\%</math></p> <p><b>Classe E</b></p> 	<p>Philips CGS441 CO</p>  <p><math>\eta = 69\%</math></p> <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 0\%</math> <math>CIE FC3 = 99\%</math></p> <p><b>Classe A</b></p> 	<p>Philips SGP340 FG P5</p>  <p><math>\eta = 74\%</math></p> <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 0\%</math> CIE FC3 = 98%</p> <p><b>B</b></p> <p><math>ULR_{\alpha=15^\circ} = 0\%</math> CIE FC3 = 91%</p> <p><b>C</b></p> 
<p>Philips BSP295 MSO</p>  <p><math>\eta = 70\%</math></p> <p>LED 83 lm/W</p> <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 0,5\%</math></p> <p><b>Classe D</b></p> 	<p>Philips FGS103</p>  <p>SBP</p> <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 8,5\%</math> <math>ULR_{\alpha=15^\circ} = 9,5\%</math></p> <p><b>Classe F</b> <b>Classe F</b></p> 	<p>Philips SRS201</p>  <p>SBP</p> <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 3,5\%</math> <math>ULR_{\alpha=15^\circ} = 6\%</math></p> <p><b>Classe E</b> <b>Classe F</b></p> 

<p><i>Ecliatec Idville</i></p>  <p><math>\eta = 42\%</math></p> <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 0,5\%</math> <b>Classe D</b></p> <p><b>Classe F</b>        en réalité, pour cause de diagramme photométrique demi-sphère supérieure non renseigné par le fabricant</p> 	<p><i>Thorn Plurio</i></p>  <p><math>\eta = 68\%</math></p> <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 1\%</math> <b>Classe D</b></p> 	<p><i>Thorn Plurio</i></p>  <p><math>\eta = 100\%</math></p> <p>LED 4000K 59 lm/W</p> <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 0\%</math>  <math>CIE FC3 = 94\%</math> <b>Classe C</b></p> 
 <p><math>\eta = 63\%</math></p> <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 53,5\%</math> <b>Classe G</b></p> 	<p><i>Abel Verso</i></p>  <p><math>\eta = 87\%</math></p> <p>LED 3000K 111 lm/W</p> <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 4,5\%</math> <b>Classe E</b></p> 	 <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 9\%</math> <b>Classe F</b></p> 
 <p><math>\eta = 50\%</math></p> <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 34,5\%</math> <b>Classe G</b></p> 	<p><i>Philips CGP431 FG</i></p>  <p><math>\eta = 77\%</math></p> <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 0\%</math>  <math>CIE FC3 = 99\%</math> <b>Classe A</b></p> 	<p><i>Philips BGP431 DC</i></p>  <p><math>\eta = 85\%</math></p> <p>LED 99 lm/W</p> <p><math>ULR_{\alpha=0^\circ} = 0\%</math>  <math>CIE FC3 = 98\%</math> <b>Classe B</b></p> 







## Quel positionnement des acteurs publics ?

- L'ADEME dans son livret « Eclairer juste » reprend les recommandations de l'Association Française de l'Eclairage:
  - ULOR < 3% en éclairage fonctionnel ( $\Leftrightarrow$  ULR < 5% avec  $\eta = 0,6$ , **classe E**)
  - ULOR < 20% en éclairage d'ambiance ( $\Leftrightarrow$  ULR < 33% avec  $\eta = 0,6$ , **classe G**)
- Le Certificat d'Economies d'Energie [RES-EC-104](#) impose dans sa version 2016 :
  - ULOR < 3% en éclairage fonctionnel (autoroutier, routier, urbain)
  - ULOR < 15% en éclairage d'ambiance ou privé (rues, avenues, parcs, allées, voies piétonnes,...) (N.B. ULOR < 5% dans sa version 2012)
- Le [Règlement \(CE\) 245/2009](#) de la Commission du 18 mars 2009
  - définit les éclairages fonctionnel et d'ambiance,
  - émet des recommandations en termes d'ULOR selon la puissance lumineuse des lampes.

		ULOR
Fonctionnel		3 %
Ambiance	$12000 \text{ lm} \leq \text{source lumineuse}$	5 %
	$8500 \text{ lm} \leq \text{source lumineuse} < 12000 \text{ lm}$	10 %
	$3300 \text{ lm} \leq \text{source lumineuse} < 8500 \text{ lm}$	15 %
	$\text{source lumineuse} < 3300 \text{ lm}$	20 %

## Quelles législations en Europe ?

- En [Italie](#), depuis 2010, dans 12 régions représentant 70% de la population italienne (Lombardie, Marches, Emilie-Romagne, Ombrie, Pouilles,...), la loi prescrit « moins de 0,49 cd/klm dans la demi-sphère supérieure », ce qui conduit dans la pratique à un ULR < 1%.  
Applicable à toutes nouvelles installations de puissance supérieure à 1500 lumens.
- En Slovénie, depuis 2007, la [loi](#) impose ULR = 0% en régime général public et privé (zones portuaires, aéroportuaires et ferroviaires incluses), et ULR < 5% pour les sources de moins de 20 watts et éclairage moyen < 2 lux.





# LA PUISSANCE LUMINEUSE

## Puissance Lumineuse Moyenne

*Revoir à la baisse le nombre de points lumineux et leur puissance lumineuse ?*

La puissance lumineuse moyenne de l'installation est définie par la quantité de lumière émise par les lampes, rapportée à l'étendue de la cible destinée à être éclairée.

La puissance lumineuse moyenne constitue une dotation de lumière.

La fixation de valeurs plafond de puissance lumineuse, par kilomètre de voie (en lumen/km), ou par mètre carré dans le cas des aires, parkings, places,... (en lumen/m<sup>2</sup>), est une garantie de la maîtrise des quantités de lumière artificielle émises dans l'environnement et du contrôle de la pollution lumineuse.

### Check-list

- Nombre «  $n$  » de lampadaires par kilomètre ou par mètre carré
- Puissance lumineuse des lampes «  $p_\ell$  » (en lumens)
- Puissance Lumineuse Moyenne «  $n \times p_\ell$  » (en lumens / kilomètre ou lumens / mètre-carré)
- **Remplacement de lampes mercure au profit de lampes sodium haute pression ? Attention, puissance lumineuse multipliée par 3, à puissance électrique égale.**
- ...

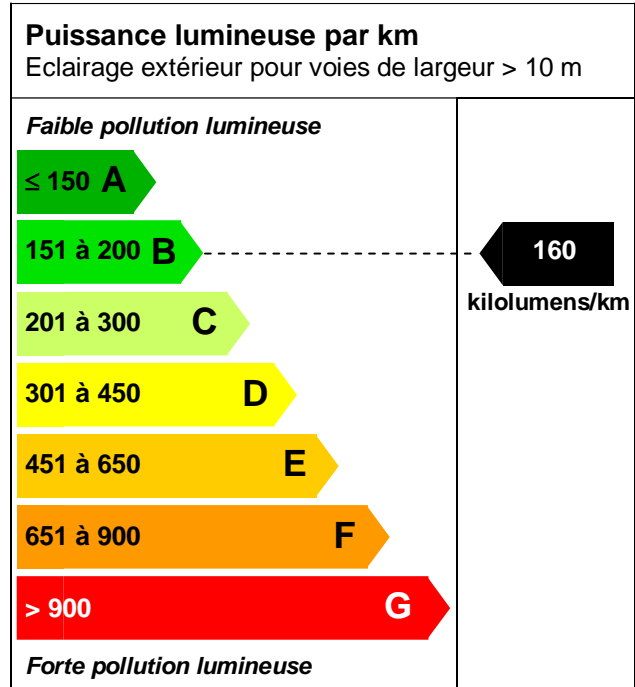
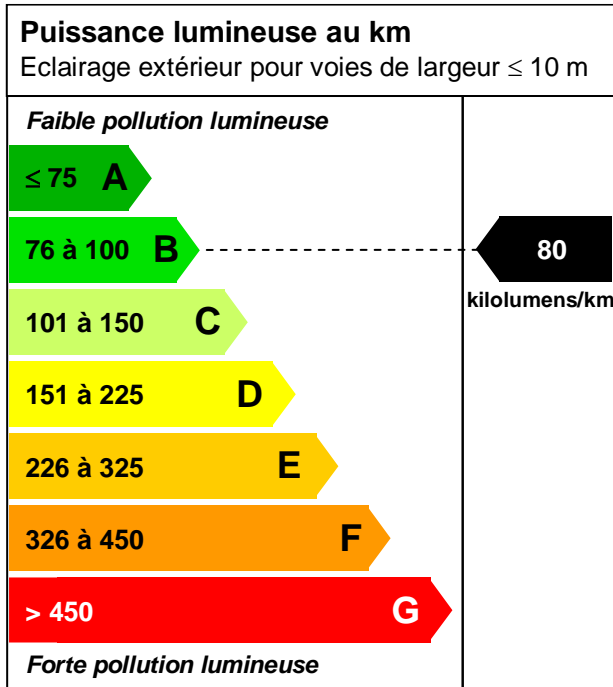
### Que dit le Grenelle ?

Loi 2010-788 du 12 juillet 2010 relative à la prévention des nuisances lumineuses et Décret 2011-831 du 12 juillet 2011, respectivement :

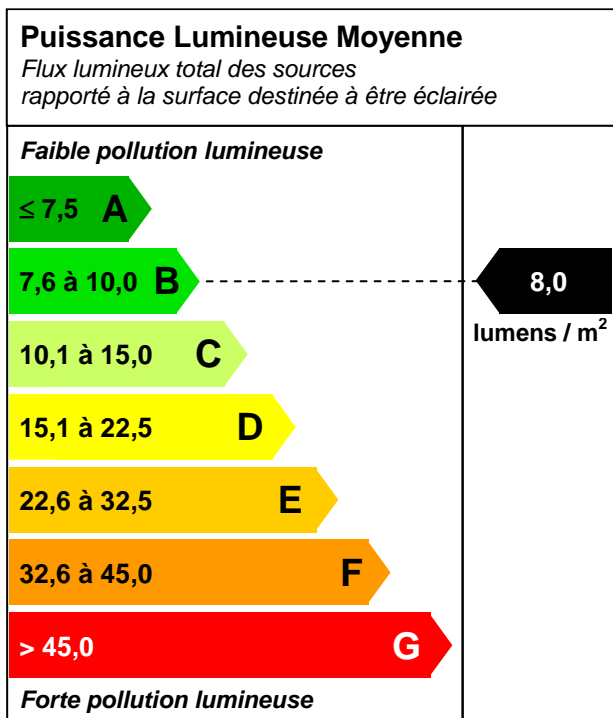
- Art. L.583-2 « Ces prescriptions peuvent porter sur (...) la puissance lumineuse moyenne, (...) ».
- Art. R.583-4 « Ces prescriptions peuvent notamment porter sur (...) la puissance lumineuse moyenne des installations (flux lumineux total des sources rapporté à la surface destinée à être éclairée, en lumens par mètre carré), (...) ».

## Etiquettes environnementales applicables :

- Voirie linéaire : rues, avenues, routes,... (trottoirs compris).



- Aires, places, parkings,...



Quelle préconisation en zones naturelles protégées (Trame Verte, ZNIEFF, Natura 2000, ...) ?

*Les classifications A à C sont préconisées.  
 L'uniformité d'éclairage sera évitée de manière à prévenir la fragmentation des habitats par "l'infrastructure lumière".*

## Commentaires - Exemples d'application

Ces étiquettes environnementales constituent un instrument de maîtrise et de contrôle des quantités de lumière émise dans l'environnement. Elles constituent l'alternative aux grandeurs usuelles que sont l'éclairage moyen et l'uniformité, insuffisants et coûteux de mise en œuvre par les moyens techniques requis.

Cette classification couvre l'ensemble des pratiques françaises, avec des éclairagements moyens compris entre <7,5 lux et >45 lux (cf. encadré). Cette classification peut être interprétée comme une dotation de lumière.

Les classifications A à C sont généralement satisfaites par les installations, soit anciennes, héritage d'une énergie plus rare, soit récentes, lorsque des cibles environnementales sont intégrées.

Depuis 2012, le Syndicat Intercommunal d'Energies de Maine-et-Loire ([SIELM](#)) se départit de la norme professionnelle EN13201 et valide des installations à **150 klm/km** (25 lampes de 70W par km), soit la classe **C**.

### Une relation entre Puissance Lumineuse Moyenne et éclairage moyen ?

Etant donné le rendement  $\eta$  des luminaires, et le Facteur d'Utilisation (FU) de l'installation (pourcentage de lumière émis par l'installation qui atteint la cible), cette relation s'exprime :

#### Voies

$$\text{éclairage moyen} = \frac{PLM \text{ (lm/m)}}{\text{largeur voie (m)}} \times \eta \times FU$$

ex. Classe C, voie de 7 m avec  $\eta = 0,8$  et  $FU = 60\%$  :

$$\text{éclairage moyen} = \frac{150}{7} \times 0,8 \times 0,6 = 10 \text{ lux}$$

#### Aires

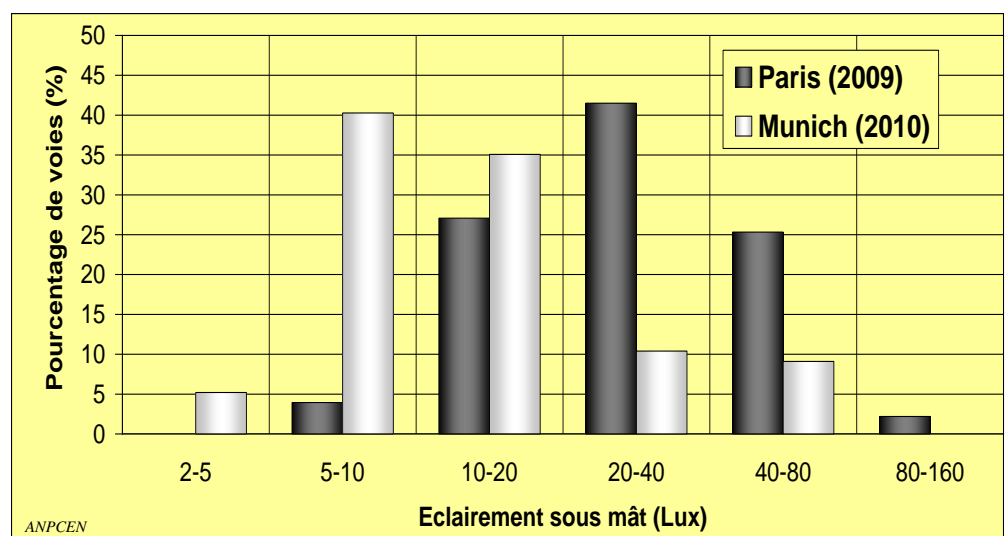
$$\text{éclairage moyen} = PLM \text{ (lm/m}^2\text{)} \times \eta \times FU$$

ex. Classe C, avec  $\eta = 0,8$   $FU = 80\%$  :

$$\text{éclairage moyen} = 15 \times 0,8 \times 0,8 = 10 \text{ lux}$$

**Remarque.** L'éclairage public de la ville de Paris est allumé lorsque la luminosité descend sous 25 lux.

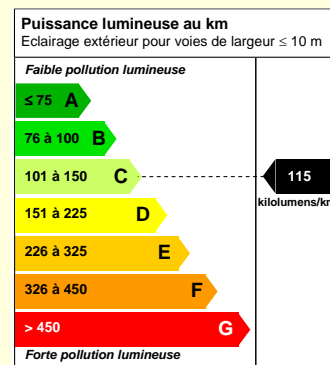
La révision à la baisse des dotations de lumière est susceptible de marges de progression importantes en France : la figure ci-contre montre les écarts d'éclairage entre Munich et Paris : les pratiques allemandes mettent en œuvre des dotations 4 fois moins élevées qu'en France.



## Exemples d'application des étiquettes environnementales "Puissance Lumineuse Moyenne"

### Classification d'une rue :

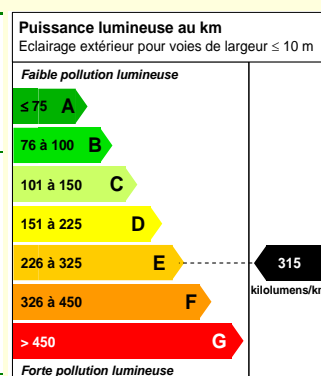
<b>Largeur de rue, trottoirs compris</b>	chaussée à 2 voies + trottoirs, de largeur < 10 mètres
<b>Longueur de rue</b>	0,5 kilomètre
<b>Nombre de luminaires</b>	15
<b>Nombre de luminaires par km</b>	$15/0,5=30$
<b>Puissance lumineuse émise par source</b>	<b>3500 lumens</b> (lampes Sodium Haute Pression 50 watts)



Puissance Lumineuse Moyenne :  $30 \times 3.500 = 115.000 \text{ lumens/km}$  ⇒ éclairement moyen 6 lux avec,  $\eta = 0,8$  &  $FU = 0,6$   
**CLASSE C**

### Classification d'un quartier, d'un village :

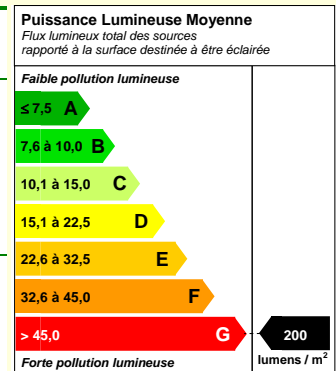
<b>Typologie de la voirie</b>	chaussée à 2 voies + trottoirs, de largeur < 10 mètres
<b>Longueur de la voirie dotée de l'éclairage public</b>	2,2 kilomètres
<b>Nombre de luminaires</b>	63
<b>Nombre de luminaires par km</b>	$63/2,2=31,5$
<b>Puissance lumineuse émise par source</b>	<b>10000 lumens</b> (lampes Sodium Haute Pression 100 watts)




Puissance Lumineuse Moyenne :  $31,5 \times 10.000 = 315.000 \text{ lumens/km}$  ⇒ éclairement moyen 15 lux avec,  $\eta = 0,8$  &  $FU = 0,6$   
**CLASSE E**

## Classification d'un parc de stationnement :

<b>Typologie de l'espace</b>	stationnement 18 places
<b>Surface</b>	560 m <sup>2</sup>
<b>Nombre de luminaires</b>	11
<b>Nombre de luminaires par m<sup>2</sup></b>	11/560 = <b>0,020</b>
<b>Puissance lumineuse émise par source</b>	<b>10000 lumens</b> (lampes Sodium Haute Pression 100 watts)



 **Puissance Lumineuse Moyenne :**  
 $0,02 \times 10.000 = 200 \text{ lumens/m}^2 \Rightarrow$  éclairement moyen 110 lux avec,  $\eta = 0,8$  &  $FU = 0,7$

**CLASSE G**

## Législations étrangères ?

- La Puissance Lumineuse Moyenne est l'objet de [réglementations locales](#) aux Etats-Unis : les comtés de Flagstaff (130.000 hab.) et Tucson (1.000.000 hab.) en Arizona, fixent des valeurs plafond selon l'usage, de 6 à 25 lm/m<sup>2</sup> et de 3 à 37 lm/m<sup>2</sup>, respectivement.
- On retient également le *Model Lighting Ordinance* élaboré conjointement par l'International Dark-Sky Association et l'Illuminating Engineering Society, définissant les dotations de lumière selon l'usage (quartier résidentiel, place de parking,...) et l'environnement, mais excluant la voirie.

## Prendre en compte la réglementation "Personnes à Mobilité Réduite" ?

La réglementation PMR fixe un éclairement moyen de 20 lux sur les circulations et parkings en extérieur pour l'accès aux établissements publics, ce qui correspond à la **Classe E** de l'étiquette environnementale applicable aux aires (avec  $\eta = 0,8$  et  $FU = 0,8$ ).

Les mesures suivantes sont de nature à limiter l'impact environnemental et les consommations d'énergie associés à cet éclairement très important :

- adopter des matériels de classes A - C sur l'ULR<sub>a</sub> (éblouissement réduit),
- privilégier des matériels de type borne ou plot, avec source à proximité du sol,
- éviter les sources encastrées dans le sol (émission verticale et éblouissement)
- mettre en place un dispositif d'allumage/extinction par détection de présence, ou par horloge après fermeture de l'établissement.



# NATURE DES LAMPES

## Distribution Spectrale des Sources

*Proscrire la lumière blanche ?  
Température de couleur <3000K ?*

- L'impact sur le vivant et les métabolismes
  - L'étendue et l'intensité des halos
- } dépendent du contenu spectral de la lumière.

Eviter la lumière blanche, éviter le contenu spectral riche en bleu des lampes halogénure ou des leds, privilégier les lampes au sodium, à dominante jaune, est une garantie de limitation d'impact de la lumière artificielle et du contrôle de la pollution lumineuse.

### Check-list

- Quel type de lampe en remplacement<sup>3</sup> des lampes au mercure ?
- Quel usage de la lumière blanche ?
- Choisir des lampes au sodium basse pression (Na-LP) ?
- Conserver des lampes au sodium haute pression (Na-HP) ?
- Choisir des LEDs < 3000K ?
- ...

### *Etendue/Intensité des halos et contenu spectral*

*La diffusion de Rayleigh est à l'origine de la couleur bleu du ciel, mais elle est aussi à l'origine des halos au dessus des agglomérations. L'intensité de la diffusion de Rayleigh est proportionnelle à  $1/\lambda^4$  : lorsque la longueur d'onde  $\lambda$  est divisé par 2, l'intensité de la diffusion atmosphérique est multiplié par  $2^4=16$ ...*

*La diffusion du bleu, de courte longueur d'onde, surpasse celle des autres longueurs d'onde ; c'est pourquoi le ciel est bleu... c'est aussi pourquoi des lampes blanches avec contenu significatif en bleu, génèrent des halos urbains plus intenses.*

### Que dit le Grenelle ?

Prescription sur la nature des sources de lumière artificielle selon les termes de la Loi et du Décret :

- *Loi 2010-788 art. L.583-2. II. « Lorsque les caractéristiques locales ou la nature des sources lumineuses ou des émissions lumineuses le justifient au regard des objectifs mentionnés à l'article L. 583-1, le ministre chargé de l'environnement peut, (...), interdire ou limiter, à titre temporaire ou permanent, certains types de sources ou d'émissions lumineuses sur tout ou partie du territoire national. »*
- *Décret 2011-831 art. R.583-4. « Ces prescriptions peuvent notamment porter sur (...) la distribution spectrale des émissions lumineuses (...) ».*

<sup>3</sup> cf encadré L'interdiction des lampes au mercure.

## Etiquette environnementale applicable :

Distribution spectrale des lampes (Température de Couleur - CCT)	
<b>Faible pollution lumineuse</b>	
< 1900 K (Sodium BP, LED Ambrée) <b>A</b>	<b>SHP 1950K</b>
< 2000 K (Sodium HP) <b>B</b>	
< 2100 K (Sodium HP) <b>C</b>	
< 2700 K (LED chaude) <b>D</b>	
< 3000 K (Halogénure, Iodure, LED neutre) <b>E</b>	
< 3500 K (Halogénure, Iodure, LED neutre) <b>F</b>	
> 3500 K (Halogénure, Iodure, LED froide) <b>G</b>	
<b>Forte pollution lumineuse</b>	

### Impact sanitaire des LEDs ?

La saisine 2008-SA-0408 de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire (ANSES) sur les « Effets sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes (LED) », souligne :

- le déséquilibre spectral vers le bleu, accentué avec le vieillissement des LEDs,
- la très forte luminance des sources (éblouissement).

L'ANSES recommande une révision de la norme NF EN 62471 relative à la sécurité photobiologique de certaines LEDs bleu roi ou blanc froid.

## Commentaires - Exemples d'application

L'étiquette environnementale classe les lampes selon leur contenu spectral, avec pour critères,

- l'impact sur les organismes vivants et les métabolismes,
- l'intensité des halos générés (diffusion atmosphérique amplifiée vers le bleu).

L'étiquette environnementale privilégie un classement par technologie (la corrélation approximative entre température de couleur et impact environnemental, n'est pas retenue).

Les classes au-delà de la classe C correspondent à des lampes émettant une lumière blanche, au spectre riche en bleu, dommageable pour l'environnement nocturne.

Le tableau ci-dessous donne pour chaque technologie, le pourcentage de lumière émis dans l'intervalle de longueurs d'ondes 530 nm - 380 nm, particulièrement dommageable (transition bleu-vert - limite UV). Le tableau rappelle le rendement énergétique des différentes technologies.

### LEDs ou lampes sodium ?

Les technologies Sodium Basse et Haute Pression (SBP & SHP) allient à la fois un impact environnemental minimal, et le meilleur rendement énergétique disponible (supérieur à la technologie LED en 2014).

La LED ambrée présente des caractéristiques spectrales comparable à celles des lampes SHP, mais un rendement énergétique moindre.

La LED blanche ton "froid", offre un rendement énergétique voisin de celui des lampes SHP, au prix d'un fort contenu spectral dans le bleu.

Les lampes sodium offrent par ailleurs une problématique de cycle de vie (production, recyclage, élimination) sans inconvénient significatif.

### Quelle préconisation en zones naturelles protégées (Trame Verte,...) ?

Si le respect des couleurs n'est pas requis, privilégier l'utilisation de lampes sodium basse pression au spectre monochromatique, à impact environnemental minimal, et durée de vie et rendement énergétiques insurpassés.

Les lampes sodium haute pression et LEDs ambrées pourront constituer une alternative si le respect des couleurs est souhaité.



## Spectre, température de couleur et rendement énergétique des lampes

Lampe	Puissance émise entre 530 nm et 380 nm [28]	Rendement énergétique (lumens/watt) [26,29]	Température de couleur (K)	Classe de l'étiquette environnementale
Sodium Basse Pression (SBP ou Na-LP)	0,2 %	100 - 200	1800	<b>A</b>
LED ambrée (PC)	1 %	70 - 80	1900	<b>A</b>
Sodium Haute Pression (SHP ou Na-HP)	9 %	60 - 130	2100	<b>C</b>
LED chaude	18 %	70 - 135	2700	<b>D</b>
Fluorescente 3000K	22 %	60 - 90	3000	<b>E</b>
Halogénure, Iodure	26 %	70 - 114	2700 - 3000	<b>E</b>
LED neutre	32 %	80 - 135	4000	<b>G</b>
Fluorescente 5000K	36 %	60 - 90	5000	<b>G</b>
Vapeur de mercure <sup>4</sup> (HQ) ou "ballon fluorescent"	39 %	40 - 60	3300 - 4200	<b>G</b>
LED froide	51 %	80 - 130	5500	<b>G</b>

### L'interdiction à la vente des lampes au mercure depuis avril 2015.

Les lampes au mercure (ex. la lampe de 125W) sont visées par le [Règlement \(CE\) 245/2009](#) en raison de leur efficacité énergétique insuffisante (tableau 15 du règlement), et de leur contenu en mercure.

#### Important

L'efficacité énergétique des lampes au mercure est inférieure à celle des autres technologies.

Le relamping d'une installation au mercure doit impérativement s'accompagner d'une réduction des puissances électriques.

### Tableau de correspondance entre lampes Mercure et Sodium, assurant un éclairage similaire pour un facteur de maintenance<sup>1</sup> $f_m$ de l'installation à 8000 heures<sup>2</sup>

Lampe Mercure			Lampe Sodium Haute Pression			Lampe Sodium Basse Pression		
Puissance électrique (watts)	Puissance lumineuse [24,26] (lumens)	Puissance lumineuse équivalente à 8000 heures ( $f_m = 0,5$ [23]) (lumens)	Puissance électrique (watts)	Puissance lumineuse [25,26] (lumens)	Puissance lumineuse équivalente à 8000 heures ( $f_m = 0,8$ [23]) (lumens)	Puissance électrique (watts)	Puissance lumineuse [26] (lumens)	Puissance lumineuse équivalente à 8000 heures ( $f_m = 0,9$ [27]) (lumens)
80	3800 - 4000	1900 - 2000				18	1800	1600
<b>125</b>	6200 - 6700	<b>3100 - 3350</b>	<b>50</b>	3500 - 4700	<b>2800 - 3800</b>	<b>26</b>	<b>3600</b>	<b>3200</b>
			70	5600 - 6800	4500 - 5400	36	4550 - 6200	4100 - 5600
250	13000 - 14200	6500 - 7100	100	10000 - 10700	8000 - 8600	66	10500	9400

N.B. Après 2 ans, une installation SHP 50 W offre le même éclairage qu'une installation mercure 125 W.

<sup>1</sup> Le facteur de maintenance  $f_m$  est le facteur de dépréciation de l'installation en termes d'éclairage.

<sup>2</sup> Fonctionnement annuel de l'éclairage public, sans extinction : 4000 heures.





# HORAIRES DE FONCTIONNEMENT

## *Une extinction sur quelle plage horaire ?*

L'extinction est une mesure majeure de préservation de l'environnement nocturne. Son efficacité environnementale s'accompagne d'une réduction importante des coûts de fonctionnement et de maintenance, pour un budget d'investissement négligeable.

### Check-list

- Allumage : horloge astronomique ?
- Extinction en fin de soirée : minuit, 23h, 22h ?
- Une extinction expérimentale sur 6 ou 12 mois ?
- Quel horaire de rallumage ? Le non rallumage autour du solstice d'été, juin et juillet ?
- Le non-fonctionnement de l'éclairage public autour du solstice d'été ?
- ...

### Que dit le Grenelle ?

La répartition dans le temps est une grandeur sur laquelle peuvent porter des prescriptions, selon les termes de la Loi et du Décret, respectivement :

- *Loi 2010-788 art. L.583-2 « Ces prescriptions peuvent porter sur les conditions (...) de fonctionnement des points lumineux, (...) les flux de lumière émis et leur répartition (...) dans le temps, (...) ».*
- *Décret 2011-831 art. R.583-4 « Ces prescriptions (...) peuvent fixer les modalités de fonctionnement de certaines installations lumineuses en fonction de leur usage et de la zone concernée ».*

### **Commentaires - Exemples d'application**

*L'allumage par minuterie est souvent imprécis. De même qu'un capteur de luminosité voit son fonctionnement rapidement dégradé en raison de salissures ou d'ombres.*

*Il est préférable de l'asservir à une horloge astronomique, prenant en compte les variations journalières des paramètres crépusculaires.*

*L'extinction en fin de soirée se fait en fonction des besoins de la commune. Par exemple :*

- *Entre le départ du dernier train et l'arrivée du premier : 24h00–5h30.*
- *Après les dernières activités sociales (clubs de sport, ...) : 22h00–6h00.*



4000 communes pratiquent l'extinction selon un recensement partiel (ANPCEN). Quelques exemples :

- Saumur (30.000 hab.) dans le Maine-et-Loire a validé en 2013 l'expérimentation de l'extinction totale de 1h à 6h.
- En Essonne, les villes de Mennecy (14.000 hab.), Ballancourt (7.400 hab.), ou Itteville (6.500 hab.) pratiquent une extinction entre minuit et 5 heures. A Ballancourt, cette pratique a été validée par une consultation de la population.
- Dans le PNR du Gâtinais Français, sur les départements de l'Essonne et de la Seine-et-Marne, 40 communes suivent cette pratique initiée en 2008, dont Milly-la-Forêt (4.700 hab.).
- Plus de 100 communes du Loir et Cher, pratiquent l'extinction, généralement entre 22h30 et 5h45. En été, l'éclairage n'est généralement pas rallumé le matin. En heures, cela représente une économie de 50%, soit environ 2000 heures de fonctionnement contre 4000 heures sans extinction.
- Les villes de Vendôme dans le Loir-et-Cher (18.000 hab.) et d'Avrillé dans le Maine-et-Loire (13.000 hab.) pratiquent l'extinction totale.
- La totalité des communes de Rennes-Métropole pratiquent une extinction totale ou partielle.
- Le Parc Naturel Régional du Gâtinais français, asservit ses subventions de rénovation des équipements d'éclairage public, à la pratique de l'extinction au moins 5 heures par nuit.

Lorsqu'une extinction complète n'est pas souhaitée, la réduction de l'intensité constitue une alternative.

Exemple, passées 23 heures :

- abaissement au tiers de la puissance, en centre-ville, aux carrefours et giratoires, aux passages piétons,
- et extinction dans des quartiers tels que des zones résidentielles, ou industrielles et commerciales après la fin d'activités.

Différents dispositifs permettent la réduction des niveaux d'éclairement (dimming) en cours de nuit : baisse de tension au niveau de l'armoire électrique, baisse de la puissance au niveau de chaque luminaire avec ballasts électroniques, extinction d'un luminaire sur deux, etc.

La pratique de l'extinction restaure chaque nuit, sur une durée significative, l'alternance jour/nuit, bénéfique au rétablissement des fonctions écologiques des écosystèmes.

# CONSOMMATION ENERGETIQUE

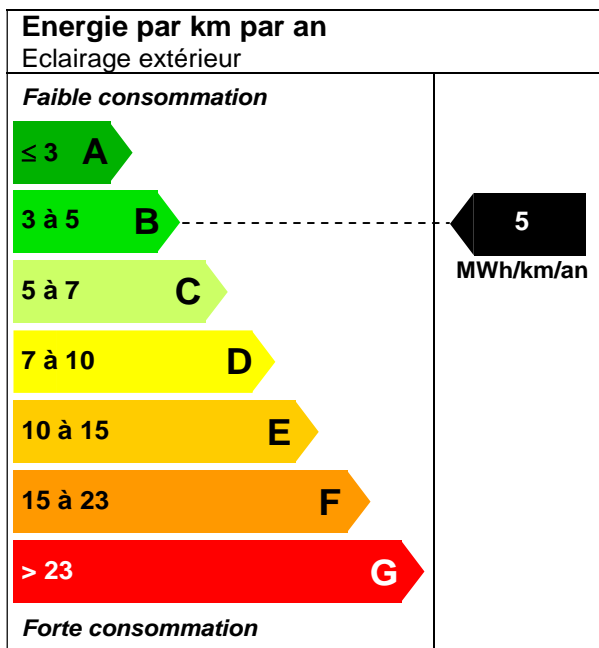
## Diviser par 4 la consommation ?

Une consommation énergétique plafonnée à l'année par km de voie, constitue une garantie de la maîtrise des émissions de lumière artificielle dans l'environnement nocturne.

Une étiquette énergie est proposée.

Les valeurs préconisées s'entendent pour la meilleure technologie actuellement disponible (Sodium Haute Pression essentiellement). L'émergence d'une nouvelle technologie (LED) exigera la révision à la baisse des valeurs proposées.

## Etiquette environnementale applicable<sup>4</sup> :



1 MWh/km/an = 1.000 kWh/km/an

## Commentaires - Exemples d'application

La consommation de l'installation s'obtient en multipliant la puissance électrique des équipements (lampes & ballasts) par la durée de fonctionnement. La durée de fonctionnement de l'éclairage public est de 4100 heures/an pour un fonctionnement permanent, elle est abaissée à 2000 heures/an dès 6 heures d'extinction par nuit.

L'étiquette valorise les extinctions et les émissions de lumière limitées dans la durée ; pratique qui restaure sans délai un environnement nocturne de qualité.

<sup>4</sup> Lampes de référence Sodium Haute Pression (Na-HP) : valeurs des Classes à revoir à la baisse si des sources offrant un meilleur rendement « puissance lumineuse (lumens) / puissance électrique (watts) » devaient apparaître.

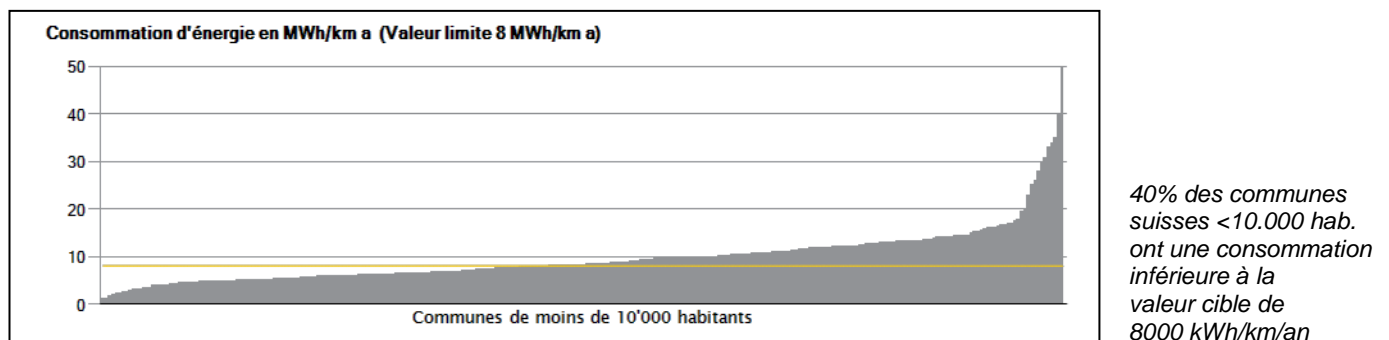


En 2006, l'Agence Suisse pour l'Efficacité Energétique (SAFE) émettait les [recommandations](#) suivantes en termes de consommation, indépendamment de la largeur des voies :

Valeur cible	8.000 kWh/km/an	Classe D
Valeur cible "Cités de l'énergie" (European Energy Award)	5.000 kWh/km/an	Classe B
Valeur limite	12.000 kWh/km/an	Classe E

En 2013, les valeurs de **8.000**, **12.000** et **18.000 kWh/km/an** sont prises comme [valeurs limites](#) applicables aux villes < 10.000 hab., entre 10.000 et 30.000 hab., et > 30.000 hab., respectivement.

Le positionnement des communes suisses par rapport à ces niveaux fait l'objet d'un [recensement](#) :



En 2006, la ville de [Besançon](#) s'est fixée un objectif de consommation inférieur à **15.000 kWh/km/an**, soit la classe **E**. Elle est labélisée "Cité de l'énergie" depuis 2007.

Depuis 2012, le Syndicat Intercommunal d'Energies de Maine-et-Loire ([SIEML](#)) valide des installations dont la consommation est inférieure à **4.000 kWh/km/an** (25 lampes de 70W par km, 2000 heures/an), soit la classe **B**.

Les projets de rénovation d'éclairage public sont subventionnés par le Parc Naturel Régional du Gâtinais français, en Ile-de-France, si et seulement si une économie d'énergie est réalisée sur l'ensemble de l'installation.

## Quelles législations en Europe ?

- Le 30 août 2007, la Slovénie a adopté une [loi](#) comportant un objectif de réduction de consommation de l'éclairage public, de 90 à 50 kWh/an/habitant (loi 4162, art. 17, § 3 & 5).

## Avertissement

Il importe de ne pas saisir l'opportunité des énergies renouvelables (solaire en particulier) pour éclairer ce qui ne l'était pas, ou davantage ce qui l'était déjà.

L'objectif de la maîtrise de l'éclairage extérieur et de la pollution lumineuse associée, impose de soumettre les équipements alimentés en énergie renouvelable, au même ensemble de critères présentés jusqu'ici.