

VOL DE NUIT : LA POLLUTION LUMINEUSE

Jean-Luc COLAS, secrétaire de l'ANPCEN, Professeur (retraité) de sciences physiques

Où sont passées les étoiles ? On nous a volé la nuit ! Le cri d'alarme des amoureux du ciel nocturne.

C'est un sujet dont s'emparent de plus en plus les médias en recherche de sujets liés à l'environnement, et notre association, l'ANPCEN (Association nationale pour la protection du ciel et de l'environnement nocturnes), est sollicitée très souvent pour répondre à des demandes d'interviews de la part de journalistes, et à des demandes de particuliers (adhérents ou pas) pour résoudre leurs problèmes de nuisances lumineuses.

L'ANPCEN a fêté ses vingt ans d'existence en 2019, mais le souci de la pollution lumineuse avait émergé avant sa naissance. Ce sont les astronomes professionnels et amateurs qui se sont les premiers rendu compte de la pollution lumineuse. Alors que les professionnels avaient depuis longtemps installé leurs instruments dans les régions éloignées de tout éclairage, ce sont les curieux du ciel qui ont fait prendre conscience à la société toute entière de cette pollution du ciel nocturne. Avec la baisse des prix du matériel astronomique provenant de Chine, les curieux du ciel ont pu s'équiper à bon compte par rapport aux coûts en vigueur dans les années 70-80. Et lorsqu'on pointe son instrument vers le ciel nocturne, la première chose que l'on découvre, surtout si l'on habite en ville, ce sont les lampadaires. Où sont passées les étoiles ? On nous a volé la nuit ! C'est le sentiment qu'éprouvent tous ceux qui se lancent dans l'aventure de l'observation du ciel. Sentiment de révolte et parfois d'impuissance face à la multitude des luminaires qui nous entourent.

Les astronomes ne sont pas les seuls à se dire lésés par les excès des éclairages extérieurs. L'ANPCEN reçoit tous les jours des messages de personnes dont les maisons ou les appartements sont illuminés par des lampadaires mal conçus et mal placés. On imagine la gêne produite : obligation d'avoir des volets étanches à la lumière pour obtenir une obscurité propice au sommeil, obligation de fermer les fenêtres en été pour éviter que les insectes attirés par la lumière ne pénètrent dans la maison.



*Lumière intrusive, Chemillé en Anjou (49120),
photos Thomas Brifaut.*

La solution existe pour limiter la gêne :



Enfin il suffit de sortir la nuit en dehors de la ville pour voir de l'extérieur le halo lumineux produit par les éclairages orientés n'importe comment. La lumière orientée vers le ciel, bien qu'elle soit immatérielle, rencontre les molécules de l'air, les poussières et les gouttelettes en suspension dans l'atmosphère. Celles-ci diffusent la lumière dans toutes les directions, et d'autant plus loin que la lumière est plus blanche, selon la loi de Rayleigh. Les halos lumineux des villes, qui autrefois avaient la couleur jaune-orangé des lampes au sodium, prennent maintenant avec l'envahissement des luminaires à LED une teinte blanche beaucoup plus gênante.



Halo lumineux vu depuis un site éloigné d'une grande ville (ici Marseille).



Image prise en montagne dans la Drôme en août 2019. Malgré la qualité du ciel de montagne qui permet de photographier le ciel étoilé, on est gêné par les halos lumineux de villes situées à 150 et 200 km. De gauche à droite les halos de Valence, puis Lyon et Grenoble.

Photo JLuc Colas, Canon 6DII, objectif 15 mm/2.8, pose de 30 s à 1600 ISO.

Le constat étant fait de l'impact nuisible des éclairages extérieurs sur l'observation du ciel nocturne et sur la tranquillité des habitants dans leurs maisons, quelles solutions peut-on apporter à ces nuisances reconnues comme un problème sociétal ? Il a fallu d'abord faire reconnaître dans la loi l'existence même des nuisances lumineuses, qui étaient niées par les professionnels de l'éclairage. C'est ce qui a été fait en 2009 lors du Grenelle I de l'environnement. Pour cela il a fallu prendre conscience que les nuisances lumineuses n'impactaient pas seulement l'observation du ciel et la vie des citoyens, mais toute la vie nocturne sur Terre. La faune et la flore sont aussi perturbées par la présence de lumière alors que la vie terrestre s'est construite sur l'alternance jour/nuit depuis des milliards d'années. Les associations environnementales se sont alors jointes à nous pour faire entrer dans la loi la prise en compte des nuisances lumineuses. C'est à ce moment que notre association qui s'appelait auparavant ANPCN a

ajouté un E pour devenir ANPCEN. Quelques années plus tard, en 2014, le ministère de l'écologie nous a reconnu en tant qu'association d'intérêt général, puis nous avons reçu l'agrément national des associations de protection de l'environnement, renouvelé en 2019.

Une fois les éclairages extérieurs reconnus comme causes de nuisances lumineuses, comment faire pour diminuer voire supprimer celles-ci ? Il suffit d'appliquer les cinq critères suivants recommandés par l'ANPCEN et repris en partie dans l'arrêté du 27 décembre 2018 :

- le luminaire doit produire un faisceau orienté exclusivement vers le bas ;
- la température de couleur de la source doit être de 2700 K maximum ;
- l'éclairage au sol doit être adapté à la surface à éclairer (en général 20 lux maximum sont largement suffisants sauf exceptions) ;
- les mâts des lampadaires doivent avoir une hauteur et un espacement adaptés selon les lieux ;
- l'éclairage peut être coupé ou diminué une partie de la nuit.

Tout cela peut se résumer par le schéma ci-dessous.



Source : <http://ricemm.org/documentation/luminaires/>

Ces solutions semblent faciles à mettre en œuvre, alors pourquoi la pollution lumineuse est-elle en augmentation en France et partout dans le monde d'une manière explosive ?

En 20 ans, de 1995 à 2015, la quantité de lumière émise en France a augmenté de 94 %, le nombre de points lumineux a augmenté de 85 %, auxquels il faut ajouter toutes les autres sources lumineuses : enseignes, publicités lumineuses, vitrines, façades, bureaux non occupés, parkings éclairés inutilement, etc.

Et l'utilisation des LED n'a pas résolu le problème, bien au contraire : sous prétexte qu'elles consomment moins de puissance pour autant d'éclairage, les éclairagistes ont saisi l'opportunité d'installer des éclairages plus forts et plus blancs. Après les plaintes pour éclairage intrusif, nous recevons maintenant des plaintes pour éblouissement insupportable.

Personne ne songe à supprimer l'éclairage public, chacun reconnaît son utilité. Il est toutefois possible d'en minimiser les impacts négatifs par des mesures de bon sens. Déjà de plus en plus de villages et de villes d'importance moyenne prennent conscience de l'inutilité de l'éclairage public après une certaine heure. En effet, même si à notre époque nos modes de vie ne sont plus les mêmes qu'il y a un siècle, même si parmi nous existent des noctambules, nous faisons partie des animaux diurnes. Nous avons besoin de la nuit pour nous régénérer. Et plus la nuit est noire, plus notre système immunitaire travaille bien. Cela a été montré par des études publiées ou citées dans les rapports de l'ANSES. Par conséquent l'éclairage public devient inutile lorsque la plupart des gens sont rentrés chez eux. Il est alors possible de l'éteindre. Toutes les communes qui ont adopté une extinction en cours de nuit ont constaté que cette mesure était bien acceptée par la population, à condition d'être accompagnée par une information, des débats, et une expérimentation.

Nous avons recensé actuellement au moins 1/3 des communes françaises qui éteignent leur éclairage public en cœur de nuit. Parmi les villes moyennes on peut citer :

Saumur (28 000 hab.) qui éteint tout son éclairage public depuis 2012 de 1 h à 6 h – l'hyper-centre-ville ne s'éteint qu'à 2 h le weekend.

Dans la banlieue de Bordeaux des villes importantes coupent leurs éclairages : Pessac, Mérignac, Le Taillan-Médoc, Villenave d'Orgon, Eysinnes, Bègles, Blanquefort, Le Haillan, Bouliac...

Ailleurs : Haguenau, Rochefort, Lanester, Saint-Brieuc, Quimper, Givors, Bourg-en-Bresse, Saint Joseph (Réunion), Menecy, Trélazé, Foix, etc.

Certaines grandes villes éteignent certains de leurs quartiers (Strasbourg). Couper l'éclairage public est la première mesure à mettre en œuvre pour supprimer la pollution lumineuse et c'est la moins coûteuse et la plus simple.

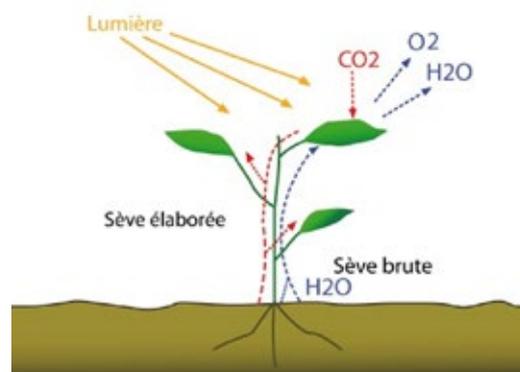
Les nuisances produites par les éclairages extérieurs ne gênent pas seulement les humains. C'est tout l'environnement nocturne qui est touché. Les insectes sont piégés par les luminaires, tournoient à proximité jusqu'à l'épuisement au lieu de se nourrir et de se reproduire. L'éclairage public est la deuxième cause de leur disparition, après les pesticides. Cela a des conséquences indirectes pour l'Homme. On le sait peu, les papillons nocturnes participent à la pollinisation des cultures autant que les abeilles. Leur disparition a des conséquences sur la production agricole.



Un lampadaire piège les insectes dans un rayon de 200 m autour de lui, les empêchant de se nourrir, de se reproduire et de polliniser.

Les oiseaux migrateurs, les batraciens, les poissons, les chauves-souris et toutes les espèces nocturnes sont impactées de diverses manières. Une synthèse des études sur ce sujet a été réalisée par l'ANPCEN et publiée en 2014 sous le titre « Éclairage du 21^e siècle et biodiversité »¹. La nature n'est pas seulement présente à la campagne. Luc Abbadie, professeur à l'université Sorbonne, souligne que la nature en ville joue un rôle important dans la lutte contre le réchauffement climatique, en particulier par la végétation².

Or celle-ci est très perturbée par l'éclairage nocturne. On sait que les plantes se développent en fabriquant leur cellulose à partir de l'eau aspirée par les racines, du dioxyde de carbone de l'atmosphère, et que le processus appelé synthèse chlorophyllienne nécessite l'apport de lumière solaire. Elles ont un cycle de vie alterné jour/nuit. Le fait de les éclairer la nuit les fait pousser plus vite, les épuise, les rend plus fragiles et plus sensibles aux maladies et parasites.



(Source :

<https://interstices.info/wp-content/uploads/jalios/modelisation-plantes/photosynthese.jpg>

1 document à télécharger : https://www.anpcen.fr/docs/20150705154513_gnxyp6_doc167.pdf

2 <https://www.lecese.fr/content/questions-luc-abbadie-sorbonne-nature-en-ville>

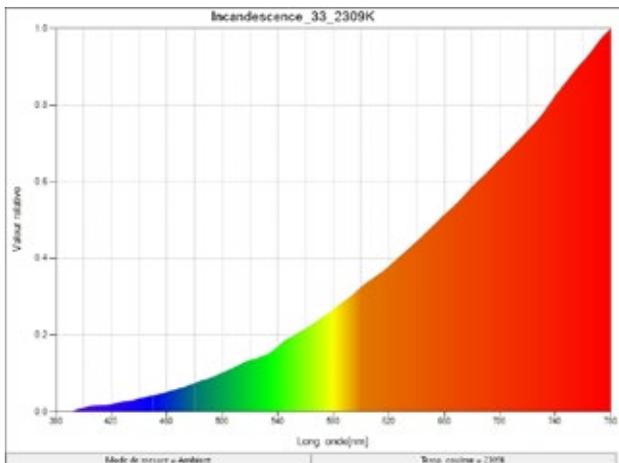
Les arbres éclairés toute la nuit ont un feuillage plus important face aux lampadaires, feuillage persistant en hiver côté lampadaire alors qu'il a quasiment disparu à l'opposé.



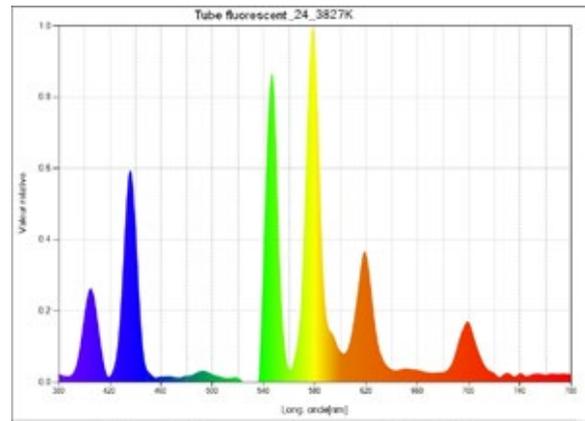
Photo prise par Dominique Carrière en décembre 2016 à Castries près de Montpellier.

Avec l'extinction, l'autre façon de faire diminuer la pollution lumineuse est d'agir sur la qualité des éclairages. Tous ne se valent pas. Les types de lampes utilisées dans l'éclairage public ont évolué au fur et à mesure des progrès techniques. Nous avons connu les lampes à incandescence à filament de tungstène, les lampes à décharge (tubes fluorescents ou ampoules à vapeur de mercure), les lampes à vapeur de sodium, les lampes à iodures métalliques (amélioration des lampes à incandescence par ajout d'halogène), et récemment les lampes à LED (utilisant des diodes électroluminescentes bleues). Chacun de ces types de lampe a un spectre particulier, une signature lumineuse qui lui est propre, et qui est caractérisée par une température de couleur. La lumière qu'elles émettent n'a pas le même impact sur l'environnement.

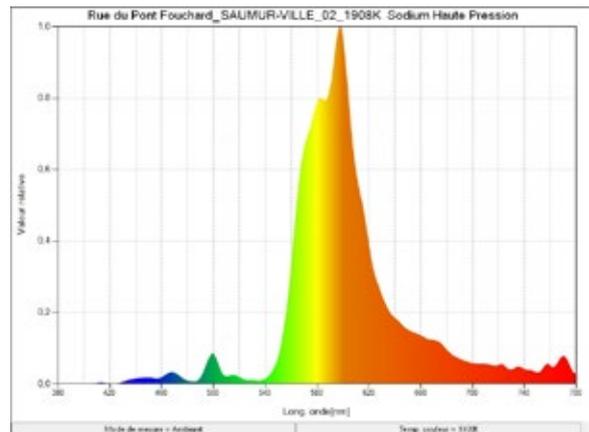
Images de spectres des 5 types de lampes (en ordonnée l'énergie en valeur relative – 1 pour le maximum –, en abscisse la longueur d'onde en nm).



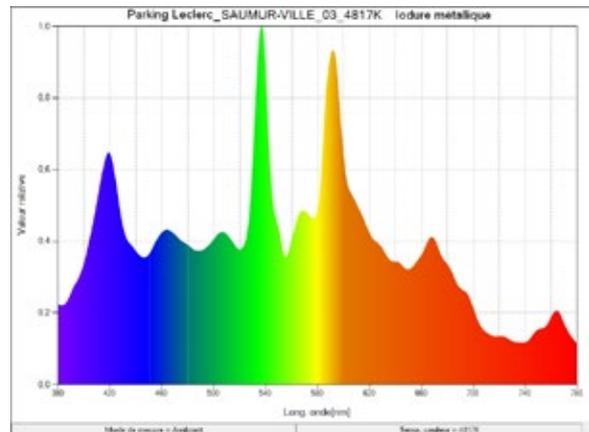
Spectre lampe à incandescence.



Spectre lampe à décharge.



Spectre lampe à vapeur de sodium.



Spectre lampe à iodures métalliques.



Spectre lampe à LED

Images JL Colas avec le spectromètre Sekonic C-800.

Les lampes à incandescence, les halogènes et les lampes fluo (avec ou sans mercure) sont appelées à disparaître, soit à cause de leur consommation trop importante, soit à cause du recyclage trop problématique, en tout cas à cause de la loi qui fixe une date limite de leur utilisation selon les modèles. Les lampes SHP (sodium haute pression) qui sont les plus répandues actuellement, ont le spectre le moins impactant sur l'environnement. Elles existent en puissances diverses : 35 W, 50 W, 75 W, 100 W et plus.

Les LED ont un spectre typique comportant toujours un pic bleu très important. Cela est dû à la technologie de fabrication : elles sont constituées par une diode électroluminescente bleue entourée d'une substance fluorescente (appelée luminophore) qui, excitée par le bleu de la LED, ré-émet une lumière jaune. L'ensemble donne l'apparence d'une lumière blanche dont le spectre est très différent de celui du Soleil.

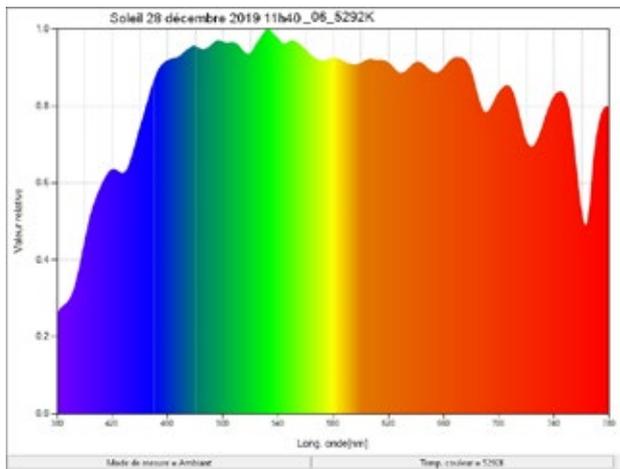
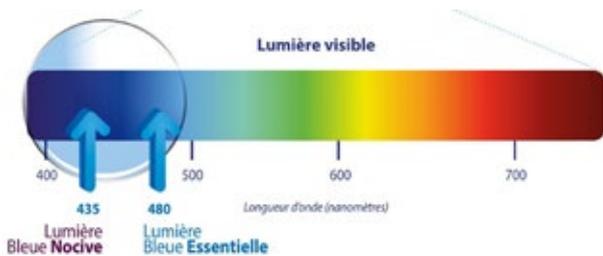


Image de spectre solaire.

Des études publiées par l'ANSES ont prouvé le caractère nocif de ce type de lumière, causé par le pic bleu, dont la longueur d'onde a une action destructrice sur les cellules de la rétine. De plus ces LED provoquent un effet d'éblouissement qui a été expliqué de la manière suivante. Lorsque l'intensité d'un éclairage est trop importante la pupille se contracte instinctivement : c'est le phénomène de la « constriction pupillaire ».



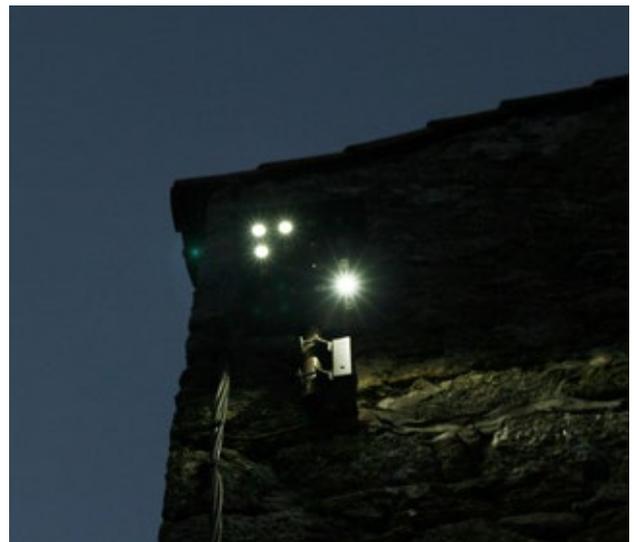
Ce phénomène est déclenché par une longueur d'onde bien précise : 480 nm. Or le spectre des LED présente malheureusement un creux profond à cette longueur d'onde, contrairement au spectre solaire³.

La folie des LED

De la même façon qu'on nous avait « vendu » les Compact Disc comme étant éternels et bien meilleurs que les disques vinyl, on nous vend maintenant les lampes LED avec l'argument de la moindre consommation d'énergie (ce qui n'est pas contestable) mais aussi de leur durée de vie de 70000 heures, plus du double de celle des autres types de lampes, ce qui est contestable au vu des pannes survenues dans certaines communes, et du manque de recul de leur utilisation.



Image d'un lampadaire à LED de la commune de Mandagout dans le Gard, photo Dominique Carrière.



Ci-dessus le même luminaire 4 ans plus tard : seules 4 LED fonctionnent encore... c'est loin des 20 années promises.

³ Source : <https://optiquepigard.com/traitements-options-verres/>.

C'est ainsi que les LED ont été plébiscitées pour l'éclairage public par les syndicats d'énergie qui ont vanté leurs mérites auprès des communes, et ces dernières se sont laissées envahir par cet éclairage dont se plaignent maintenant les usagers.

Avec le recul, la consommation d'électricité n'est en général que de moitié par rapport aux lampes SHP à puissance lumineuse égale et le coût d'un luminaire à LED est beaucoup plus élevé. Le coût global (investissement + consommation + maintenance) est supérieur à celui d'un luminaire SHP (étude ANPCEN).

C'est pourquoi notre association recommande encore aux communes de choisir des lampes SHP pour leur éclairage public. L'argument que la lumière plus blanche des LED serait plus agréable car l'indice de rendu des couleurs (IRC) est proche de celui du Soleil ne nous paraît intéressant que pour les éclairages intérieurs (bureaux, expositions, salles de travail...). Personne ne demande que les rues soient éclairées la nuit comme en plein jour ! La voie publique n'est pas une scène de théâtre.

La température de couleur

Les sources de lumière utilisées par l'homme ont longtemps été des sources chaudes. Lorsqu'on chauffe une substance, elle émet un rayonnement dont le spectre dépend de la température de la source. Les lois de l'émission de lumière en fonction de la température ont été étudiées à la fin du XIX^e siècle, début XX^e, par différents physiciens : Rayleigh, Planck, Wien, Stefan, Boltzmann, et sont connues sous le nom de « lois du corps noir ». Pour ce qui nous concerne il nous suffit de savoir que la luminance de la source pour une longueur d'onde donnée est liée à sa température par la loi de Planck :

$$L(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{(hc / \lambda kT)} - 1}$$

$$h = 6,26 \cdot 10^{-34} \text{ J.s} \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

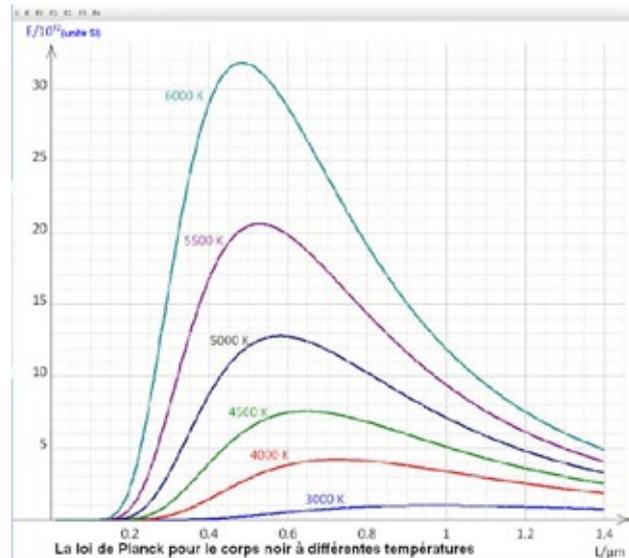
$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \quad e = 2,71828$$

La loi de Wien exprime la longueur d'onde maximale en fonction de la température

$$\text{Formule : } \lambda_{\max} = 2,898 / T$$

λ_{\max} est en mètre et T en kelvin

Représentation graphique pour différentes températures de la source.



*E est la luminance L de la formule précédente et les abscisses représentent la longueur d'onde l.
Graphes tracés avec le logiciel Regressi.*



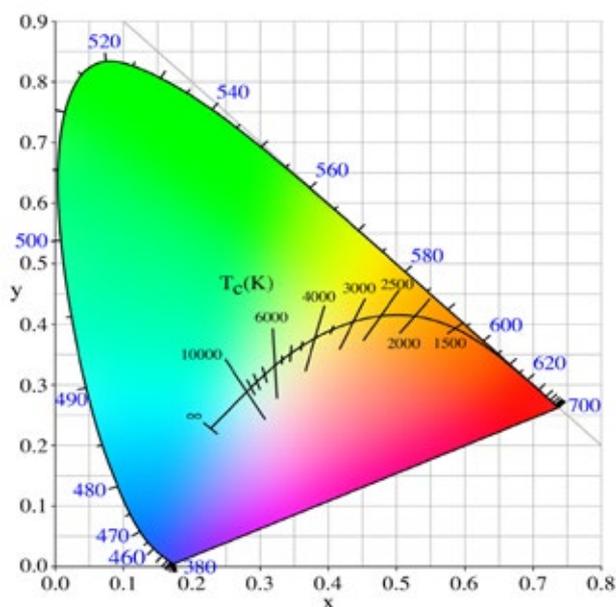
On voit que plus la température est élevée plus l'émission maximale se fait dans les courtes longueurs d'onde (vers le bleu). Température faible : lumière rouge orangé. Température élevée : lumière avec du bleu⁴.

Historiquement, après les sources chaudes, de nouvelles sources sont apparues avec les tubes à décharge dans les gaz (appelés « néons » de manière inappropriée). Une goutte de mercure est chauffée dans le tube, puis éclate un arc électrique qui émet surtout dans l'UV. L'intérieur du tube est tapissé d'un mélange de poudres fluorescentes qui réémettent dans le rouge, le vert et le bleu. Selon le dosage des poudres on obtient une lumière contenant plus ou moins de bleu, donc ressentie comme plus ou moins « chaude » même si ce type de lampe ne chauffe pas (ou très peu). L'usage est répandu de qualifier de froide la lumière émise par un tube émettant beaucoup de bleu, et de qualifier de chaude

⁴ <https://www.barcelonaed.fr/blog/blog-d-information-et-guides-sur-l-eclairage-led/guide-led-temperature-de-couleur-blanc-chaud-neutre-ou-froid/>

la lumière d'un tube ayant un aspect orangé. Cela rejoint l'usage des artistes peintres. C'est bien sûr contraire aux caractéristiques physiques, mais cela correspond au ressenti des humains.

On a été amené à qualifier les sources de lumière froide par une pseudo température de couleur T_c exprimée en kelvin. Une commission internationale de l'éclairage (CIE) a défini un indice de rendu des couleurs (IRC) pour qualifier chaque source par un nombre entre 0 et 100 afin de comparer objectivement les éclairages entre eux et par rapport au Soleil auquel est attribué l'indice 100.



Source Wikipedia (User:Part)

Les lampes à LED fonctionnent elles aussi sans chauffer, ce sont des sources froides, loin d'être assimilables à des corps noirs au sens physique. On peut cependant leur attribuer une température de couleur, dite température de couleur corrélée T_c ou CCT en anglais (correlated color temperature).

« On définit la température de couleur proximale comme celle du corps noir dont la couleur se rapproche le plus de celle de la lumière à caractériser. » (Wikipedia)

Il existe des appareils permettant de mesurer cette température, ce sont des spectromètres, ou spectrocolorimètres. Ils sont utilisés par les éclairagistes mais aussi par les photographes et cinéastes pour choisir les filtres en fonction des situations d'éclairage.

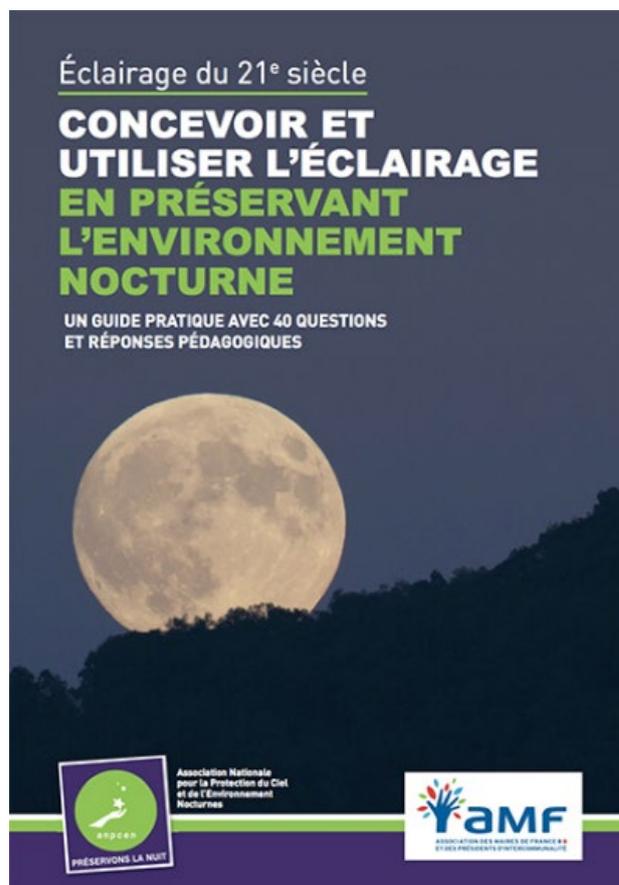
Les LED ont l'avantage de consommer moins d'énergie et d'avoir un meilleur rendement lumineux

que les sources chaudes. Mais elles ont l'inconvénient de cette émission dans le bleu dont la nocivité pour les rétines a été démontrée (cf. rapport de l'ANSES). La technologie évoluant, on trouve maintenant des LED dites ambrées dont la T_c est en dessous de 3000 K. L'ANPCEN recommande de ne pas dépasser les 2700 K pour l'éclairage public, à adapter selon les lieux. Des LED à 2400 K sont maintenant sur le marché, elles donnent un éclairage chaud beaucoup plus agréable à l'œil, moins éblouissant et moins impactant pour l'environnement nocturne.

L'épidémie des LED blanches est peut-être derrière nous. Il n'est pas normal que soient mis sur le marché des éclairages qui n'ont pas été testés en condition réelle, juste parce que des fabricants les mettent en vente. Les pouvoirs publics doivent jouer leur rôle de régulateur pour éviter les catastrophes environnementales.

L'association ANPCEN a développé des outils efficaces pour lutter contre la pollution lumineuse.

Il s'agit d'agir auprès des élus puisque ce sont eux qui, en principe, font le choix de leurs éclairages. Bien souvent ce choix est laissé au syndicat d'énergie avec lequel la commune a passé un contrat. Les



maires ont cependant le dernier mot en matière de choix après consultation de leur syndicat. Ils doivent être informés des conséquences de leurs choix, c'est ce à quoi s'attache l'ANPCEN grâce à la publication avec l'Association des maires de France (AMF) du *Guide pratique avec 40 questions et réponses pédagogiques*, qui permet de concevoir et réaliser un éclairage en préservant l'environnement nocturne.

Depuis 2009 l'association ANPCEN a développé un autre outil original, le label « Villes et Villages Étoilés ». Il s'agit, après analyse de leur parc d'éclairage, en répondant à un questionnaire précis, de délivrer aux communes un label allant de 1 à 5 étoiles, accompagné d'un bilan indicatif de leur éclairage, afin de leur permettre si elles le désirent, d'améliorer celui-ci en vue de progresser dans le label. Le bilan est délivré aussi aux communes qui n'ont pas obtenu le label. Actuellement 574 communes sont labellisées et près de 200 communes ont été délabellisées pour diverses raisons (non renouvellement ou dégradation de leur éclairage). Le concours est ouvert tous les 2 ans, et la durée de la labellisation est valable durant 5 ans au bout desquels

la commune doit reconcourir.

Pour participer au label, il convient d'effectuer une demande d'inscription sur notre site *anpcen.fr* dans la rubrique « Participez à Villes et Villages Etoilés > S'inscrire ».

Le règlement et les critères de notation sont indiqués dans la rubrique :

« Participez à Villes et Villages Etoilés ->> Règlement 2019 et critères de notation ».

Depuis cette année un nouveau label a été créé pour répondre aux demandes des Parcs ou d'autres structures plus vastes. C'est le label « Territoire de villes et villages étoilés »

Pour en savoir plus consulter le site de l'ANPCEN : <https://www.anpcen.fr>

■

