Mettre en Lumière l'Univers de la Nuit

Guide pour une sobriété de l'éclairage public dans les Vosges Centrales

Volume II : Concevoir un projet d'éclairage compatible avec la Trame Noire du SCoT

Préambule

- **A QUI S'ADRESSE LE GUIDE ?**

Aux décideurs des Vosges Centrales, élus de collectivités et chefs d'établissement ou d'enseigne commerciale, mais principalement aux techniciens en charge de mettre en œuvre une politique générale ou une opération spécifique d'éclairage.

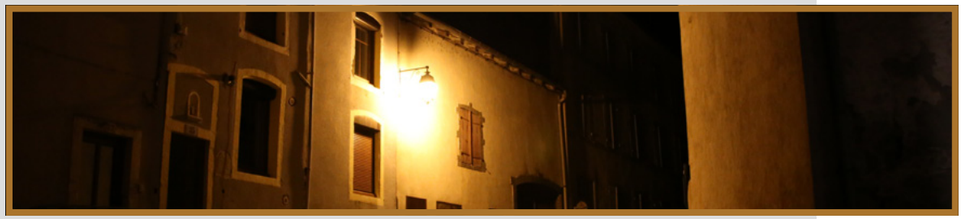
- **QUEL EST SON CONTENU ?**

Ce second volume propose une approche pragmatique de la préservation de la *Trame Noire* dans le cadre d'opération d'éclairage. Le rôle clé du décideur est défini pour chaque étape d'une opération : les éléments esthétiques et techniques de la lumière, les questions stratégiques à se poser, les avantages et inconvénients des différentes technologies pour accompagner la prise de décision.

- **L'AMBITION DU GUIDE ?**

Ce guide permet de mettre en place une réflexion globale sur l'éclairage public pour inciter à éclairer uniquement lorsque c'est nécessaire, là où il faut, quand il le faut et à adapter l'éclairage aux besoins.

Sommaire



Les questions à se poser avant tout projet d'éclairage ? 2

Pourquoi éclairer ? Quelle hiérarchie des voies ? 4
Quel usage des lieux ? 10
Quelle prise en compte de la biodiversité ? 14
Quelle mise en valeur du patrimoine ? 16
Quand éclairer ? 18
Quel éclairement prévoir ? 20
Quelles dimensions donner au projet ? 22
Quelle ambiance donner à l'espace éclairé ? 24

Quels équipements spécifiques envisager ? 31

Dispositif de commande 32
Modulation de fonctionnement 34
Les ballasts 36

Comment choisir son luminaire ? 38

Pour avoir un luminaire de bonne qualité 40
Pour avoir un luminaire performant 42
Pour limiter son impact sur l'environnement 44
Pour faciliter la maintenance 45
Les LED, avantages et inconvénients 46

Annexes 48

Musée et jardin au crépuscule

© Claude Philippot - MDAAC Epinal

Les questions à se poser avant tout projet d'éclairage ?

Pourquoi éclairer ? Quelle hiérarchie des voies ? 4

Quel usage des lieux ? 10

Quelle prise en compte de la biodiversité ? 14

Quelle mise en valeur du patrimoine ? 16

Quand éclairer ? 18

Quel éclairement prévoir ? 20

Quelles dimensions donner au projet ? 22

Quelle ambiance donner à l'espace éclairé ? 24

Pourquoi éclairer ? Quelle hiérarchie des voies ?

Optimiser les consommations énergétiques sur le réseau d'éclairage public passe par la définition des principes d'éclairement sur le projet : Quoi éclairer ? Comment ? Quand ?

Éclairer là où il faut quand il le faut !

L'objectif est de prendre conscience que le projet d'éclairage répond avant tout à l'aménagement nocturne de l'espace urbain et à la hiérarchisation des voies de circulation. Qu'il s'agisse d'un axe structurant, d'une voie résidentielle, d'une piste cyclable ou d'un cheminement piéton, l'éclairage ne peut être conçu de la même manière.

Ainsi, il est essentiel de définir une hiérarchisation de la voirie communale qui permet de particulariser les niveaux d'éclairement appropriés à chaque type de voie, de manière cohérente avec le reste de la commune et du territoire (et donc des hauteurs de feux, des types de luminaires, des inter-distances).

De ce fait, la première réflexion sur l'établissement d'un projet lumière est de sectoriser l'espace urbain en lui affectant des caractéristiques identitaires et normatives de l'éclairage. Cette réflexion doit retenir les principes suivants.

Hiérarchie des voies
Commune d'Aulon (65)

Classer les secteurs en fonction de leur destination :

Secteurs fonctionnels (zone de roulement) / Zones singulières (croisements, zones dangereuses) / Zones d'ambiance (espaces piétonniers, parvis, places) / Secteurs d'activités économiques (parkings, commerces, entreprises ...

Modéliser l'interconnexion des secteurs :

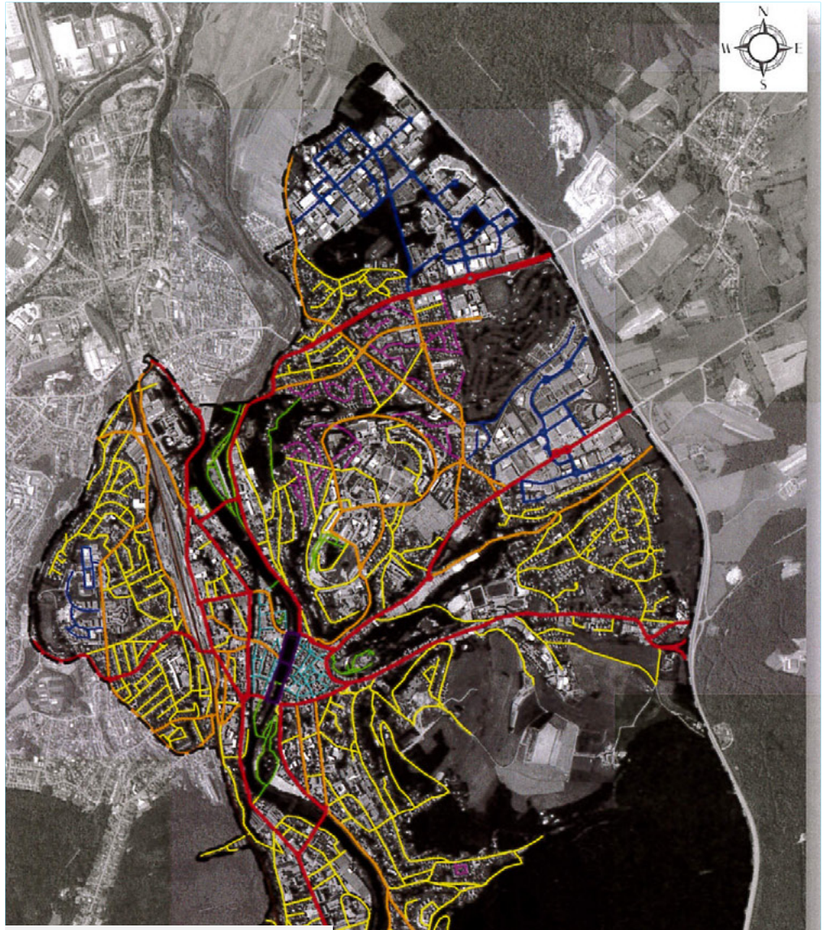
Liaison piétonnière, graduer les itinéraires, intégrer l'accessibilité des personnes à mobilité réduite...

Établir la coexistence des éclairages :

Contraster l'éclairement par des températures de couleur des sources, par les niveaux d'éclairement, par les techniques d'éclairement directes ou indirectes, limiter les interférences et pollutions lumineuses.

Établir les durées de fonctionnement de l'éclairage (toute ou partie de la nuit)

Imaginer le cas échéant des configurations d'éclairement alternatives. Par exemple, un éclairement purement fonctionnel aux heures de pointe, un éclairement doux, d'ambiance aux heures creuses, à consommation réduite, plus axé sur la mise en valeur et le balisage.



Typologie de voirie
Ville d'Épinal

- Voies du centre-ville
- Bords de la Moselle
- Voies primaires
- Voies secondaires
- Voies tertiaires
- Voies de dessertes
- Voies piétonnes et Parc
- Voies des ZAC
- Voies SNCF

©NEO

Aspects réglementaires et législatifs

L'éclairage public est un moyen au service de la sécurité publique, qui relève du pouvoir de police du maire *(cf. articles L 2212-1 et L 2212-2 du CGCT).* **Toutefois, les textes n'imposent pas l'obligation d'éclairer.**

Aspects normatifs

La norme européenne Eclairage public EN 13-201 définit des niveaux d'éclairement en fonction du type d'usagers, de la vitesse autorisée, du trafic et du type de chaussée.

Elle rend compte de toutes les exigences et particularités rencontrées par les organismes de normalisation des pays de l'Union Européenne.

Toutefois, l'application de la norme n'est pas obligatoire mais fortement suggérée en ce qui concerne la logique de hiérarchisation de la voirie pour définir des niveaux d'éclairement.

Aspects généraux de l'éclairage

Éclairage routier

Cette typologie recoupe différents secteurs de circulation. En général, nous pouvons observer sur le territoire du SCoT quelques incohérences:

- un matériel inadapté à la typologie de la voie qui peut entraîner des zones d'ombre, une hauteur de feu inadéquate, des lumières intrusives,
- une perte de lisibilité de l'espace par une chaussée mal éclairée et une luminosité faible : une perception difficile des obstacles,
- une température de couleur qui ne permet pas d'appréhender les régimes de circulation.

De ce fait, l'éclairage routier doit être fonctionnel et procurer une luminance élevée de la chaussée : sans éblouissement, une bonne répartition des points lumineux qui se traduit par un guidage visuel important.

Éclairage des trottoirs

Les parcours piétons, de jour comme de nuit, doivent permettre une reconnaissance visuelle rapide ainsi qu'une prise en compte des usagers et de leurs intentions.

Afin de répondre à ces critères de sécurité, l'éclairage apportera un niveau d'éclairement satisfaisant à hauteur du visage, une luminosité volumétrique ainsi qu'un indice de rendu des couleurs élevé.

Ainsi une hauteur de feu suffisante permettra de diminuer les zones d'ombre. Un choix du chromatisme sera étudié en fonction du secteur ainsi que de l'ambiance nocturne recherchée.

Cette typologie sera à conforter en fonction des besoins de chaque commune mais à localiser sur les cheminements piétons avérés.

Ambiance générale de voirie
Commune d'Epinal

L'éclairage des rues principales

En général, les voies des communes des Vosges Centrales ont un usage fonctionnel où il sera recherché en priorité une diffusion homogène et quantitative de la lumière.

Hors villes, les notions qualitatives sont peu prégnantes dont l'usage principal des voies restera à vocation motorisée. Quelques modularités sont réalisées en présence de circulations piétonnes représentatives.

Actuellement, les configurations viaires sont en majeure partie unilatérales en cohérence avec les largeurs moyennes des voies à éclairer. Les hauteurs de feu sont régulièrement trop importantes ce qui génèrent lumière intrusive et pollution lumineuse.

De plus, des dispositifs ponctuels d'aménagement destinés à réduire les vitesses peuvent être présents et nécessiter un regard particulier en termes d'éclairage nocturne de manière à « alerter » les usagers : teinte de lumière différente, renforcement ponctuel le long de cet aménagement, attention particulière sur la signalisation horizontale…

Commune de Poussay

Commune de Chavelot

Diagnostic

- Voies privilégiant l'éclairage mixte des espaces
- Uniformisation due au SHP
- Emploi de luminaires "fonctionnels" moins esthétiques dont les plus anciens ne présentent pas une efficience énergétique performante.

Solutions techniques

- Remplacement par des modèles non éblouissants (vasques plates) à plus forte efficience énergétique (réduction de la puissance installée)
- Dégager les trottoirs des supports encombrants pour garantir les espaces de circulation des modes doux réglementaires
- Assurer les uniformités requises dans la norme NF EN 13 201 (0,4)
- Adapter la puissance des lampes
- Procéder aux abaissements de puissance en période creuse de la nuit voire une extinction totale

L'éclairage des rues secondaires

Ce sont des voies qui regroupent des usages liés à l'habitation résidentielle où la fonctionnalité de l'éclairage est recherchée.

Les notions qualitatives sont en général plus présentes sur ces voies : lanternes de style, boules... Les circulations piétonnes sont représentatives de ces secteurs.

Les configurations sont peu cohérentes avec les largeurs des voies à éclairer dont les hauteurs de feu sont souvent trop élevées.

L'objectif est d'inscrire ces voies dans un contexte de paysage lumière adéquate aux communes du territoire.

Commune de Golbey

Commune de Golbey

Diagnostic

- Luminaires résidentiels générateurs de fortes nuisances lumineuses
- Maitrise des flux lumineux réduites augmentant lumière intrusive et halo lumineux d'une commune
- Peu d'uniformité

Solutions techniques

- Remplacement par des modèles non éblouissants (vasques plates) à plus forte efficience énergétique (réduction de la puissance installée),
- Luminaires LED concurrentiels au niveau du bilan énergétique et dispositifs d'extinction - gradation - abaissement
- Enjeux sécuritaires limités
- Adapter la puissance des lampes
- Assurer potentiellement un bon rendu des couleurs pour la mise en valeur des espaces

L'éclairage des centres-bourgs et des places urbaines

Cet éclairage est représentatif des espaces en général ouverts donnant sur des voies contiguës. Ces lieux sont à vocation sociale, de rencontres et d'échanges.

Ils nécessitent un renforcement de la qualité de la lumière et une adaptation spécifique des configurations d'éclairage où se mêlent cadre de vie, commerces et habitations.

L'objectif est de ne pas démultiplier les supports d'éclairage pour éviter d'encombrer l'espace, de répondre aux différentes échelles avec des configurations différentes.

Commune de Golbey

Commune de Golbey

Diagnostic

- Luminaires à boule ou de style, sources de fortes luminances
- Déséquilibre des scènes nocturnes au détriment du confort général
- Prolifération de points lumineux et surconsommation énergétique

Solutions techniques

- Remplacement par des modèles non éblouissants (vasques plates) à plus forte efficience énergétique (réduction de la puissance installée),
- Assurer les uniformités requises dans la norme NF EN 13 201 (0,4),
- Coordonner les éclairages pour conserver l'équilibre général de la scène
- Traiter l'espace volumétrique dans son ensemble au lieu de dissocier la voie routière, l'espace piétonnier
- Procéder aux abaissements de puissance en période creuse de la nuit (modularité de l'éclairage)

Quels usages des lieux ?

Les usages des voies sont divers et variés. Ils servent à décrire une ville, un village par ses temporalités du quotidien. A la nuit tombée, les usages sont des repères qui disparaissent.

Plusieurs terminologies servent à s'approprier une ville et d'en restituer ses ambiances nocturnes en adéquation avec les usages et les fonctions d'un lieu. Elles nécessitent une appréhension juste des espaces à éclairer.

En premier lieu, la hiérarchie des voies répond à cet objectif de compréhension urbaine.

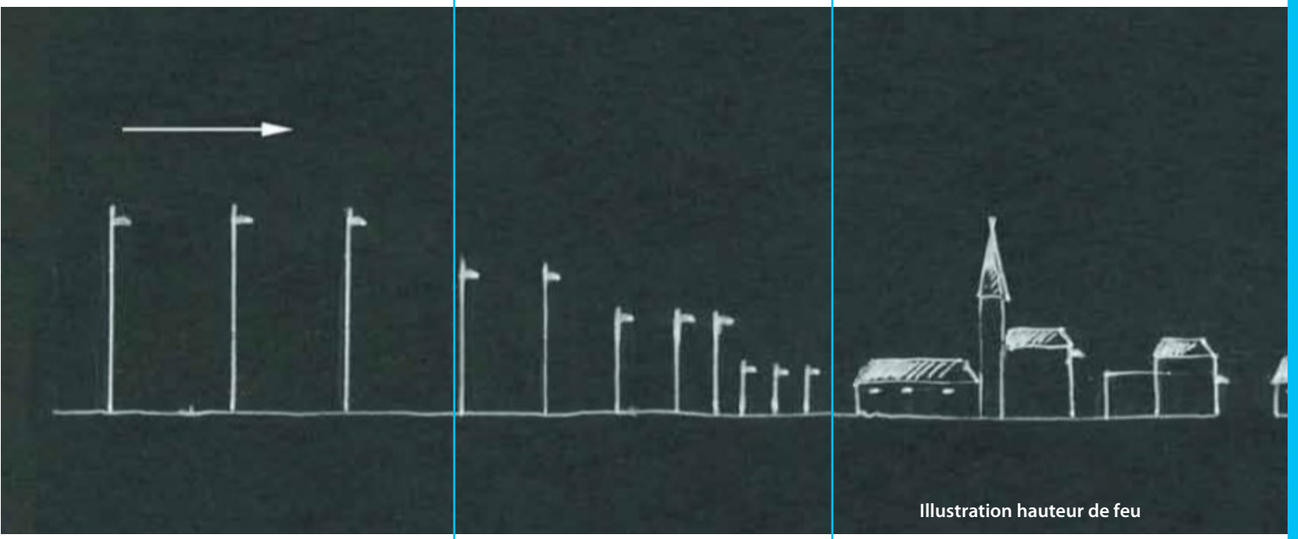


Illustration hauteur de feu

Un mobilier lumineux haut sera utilisé pour les axes d'échanges où l'aspect routier est prédominant.

Plus le mobilier lumineux sera de faible hauteur et à échelle humaine, plus l'aspect urbain et piétonnier sera privilégié.

En centre ville ou centre bourg, plus le matériel est intégré en façade, plus l'espace est libéré pour le piéton et la lecture de la structure de la ville est renforcée.

Circuler en campagne

Notre vision se concentre sur la voirie. De nuit, seuls les feux permettent d'éclairer suffisamment la route pour guider le conducteur. Ainsi, le panorama lointain sur les lumières de la ville ou du village sont une empreinte perceptible maintenue sur la campagne environnante.

Les zones conflictuelles, où un apport de lumière permettra de réduire la dangerosité, restent ponctuelles. Dans cet environnement nocturne, les catadioptres peuvent suffire à guider visuellement l'automobiliste ou l'aider dans la compréhension du lieu.

L'objectif dans ces lieux non raccordés aux réseaux est de définir les besoins liés à la sécurité et à l'information.

Le code de la route impose des dispositifs d'éclairage obligatoire pour les différents types d'usage ainsi que pour la signalétique utilisée.

Les entrées de ville ou de village

Le passage entre campagne et agglomération est marqué par des habitations plus présentes et un effet de seuil par un panneau indicateur.

Ces éléments permettent de mettre en scène une entrée de ville. De nuit, un éclairage différencié constitue un avertissement double pour les usagers et de son obligation à ralentir. Il convient de préconiser un mode d'éclairage qui tienne compte de la circulation en maintenant des exigences de sécurité routière.

L'objectif est de mettre en scène cette porte d'entrée. Bien sûr, il est important de mettre en œuvre un éclairage peu énergivore sans lumière intrusive. Un choix d'éclairage, sur des mâts présents en bordure de voirie en rapport avec la hauteur du bâti ou des arbres peut valoriser une séquence d'entrée de ville et mettre en évidence des éléments caractéristiques de la ville..

Le cœur de ville

Plus on approche du cœur de ville, plus le bâti est dense et continu. L'éclairage des voies se doit d'apporter une ambiance rassurante pour satisfaire les usagers présents.

Pour ne pas altérer la vision lointaine de l'automobiliste, les zones d'ombre seront effacées grâce à une uniformité de l'éclairage en continu sur la traversée. La configuration spatiale, la densité de l'habitat et les usages n'étant pas identiques sur l'ensemble du linéaire de la traversée, le système d'éclairage sera étudié selon des séquences tenant compte de l'évolution de la place du piéton, de la vitesse de circulation, du gabarit de la voirie...

Ces éléments contraindront le choix du support et la hauteur de feu le nombre de luminaires et leur implantation afin de proposer une solution d'éclairage appropriée. Il est possible de baisser l'intensité en milieu de nuit lorsque l'extinction n'est pas souhaitée ou d'installer des systèmes à détecteur de présence.

Tout en limitant les nuisances, allumer 10 minutes trop tôt, éteindre 10 minutes trop tard... C'est 122 heures de fonctionnement inutile, un impact direct sur la consommation énergétique et la biodiversité.

Les activités et les commerces

L'éclairage des zones d'activités et commerciales découlent des horaires de travail et des heures d'ouverture des magasins. Une extinction complète pourra se justifier le soir dès la fin de l'activité.

Dans les rues commerçantes, l'éclairage a aussi pour objectif d'attirer l'attention du chaland vers les vitrines sans risque de surenchère lumineuse.

Depuis le 1er juillet 2018, enseignes et publicités lumineuses doivent être éteintes entre 1h et 6h du matin. Cette obligation avait été prévue par un décret du 30 janvier 2012 qui spécifiait qu'elle s'appliquait pour les publicités lumineuses dans les unités urbaines de moins de 800.000 habitants, et pour les enseignes, sans plafond de population. Mais deux mois après, son entrée en vigueur a été reportée de 6 ans pour les enseignes qui étaient déjà installées. Le maire, dans le cadre de son pouvoir de police, se doit de faire respecter cette nouvelle mesure.

Les zones de stationnement

Il conviendra d'adopter un système d'éclairage fonctionnel pour faciliter le cheminement du piéton et le repérage de son véhicule en stationnement.

Pour cela, il faut disposer d'un éclairage qui évite les zones d'ombre trop prononcées sur les cheminements piétons.

L'uniformité n'est pas essentielle. Un éclairage urbain à base de mâts bas et de dispositifs intégrés, créera une ambiance avec un bon niveau d'éclairement des places de stationnement. Des dispositions sont à prendre en compte lorsqu'une accessibilité pour *Personnes à Mobilité Réduite (PMR)* est prévue.

Les places et les parvis

La place est un espace complexe dont chaque composante influera sur le choix de l'éclairage.

Sa dimension, sa nature et sa structuration amèneront à réfléchir à un projet d'éclairage où il est essentiel de définir les objectifs de sécurité, de sobriété, de déplacement du piéton, la mise en scène des matériaux, la mise en valeur des façades ou d'éléments ponctuels de repérage afin de révéler les points forts du lieu.

L'éclairage revêtira différents aspects pour magnifier ces espaces : encastrés dans le sol avec un *Indice de Protection (IP)* minimum de 67, encastrés de murs avec un niveau maximum d'ULOR de 35% *(voir définition en annexe*). La mise en lumière accompagne avec simplicité le traitement d'un parvis par quelques diodes encastrées qui balisent l'accès ou par un projecteur qui illumine un élément central d'une place pour servir de repère.

Les parcs et jardins, les arbres

Ces lieux correspondent à un usage récréatif et répondent à un objectif de maintien de la biodiversité en ville. A la nuit tombée, l'activité humaine se limite à la déambulation du piéton sur les chemins principaux.

L'éclairage artificiel est peu propice à la faune nocturne et doit revêtir un faible impact sur la biodiversité. L'objectif est de rassurer le piéton sur des zones limitées de passage : des détecteurs de présence se déclenchant exclusivement au passage du piéton.

Il est essentiel de limiter l'éclairage de ces zones aux seuls chemins empruntés. Si des mises en valeurs sont susceptibles d'être réalisées, des solutions d'éclairage permettent de nuancer des éléments spécifiques.

L'objectif est de ne pas éclairer de manière permanente ni continue afin de préserver l'intérêt faunistique et floristique de ces sites.

Les terrains de sports

L'occupation de ces espaces n'est que ponctuelle mais l'éclairage requis implique un niveau d'éclairement élevé afin de répondre aux besoins du sport pratiqué : configuration spatiale spécifique, mâts de grande hauteur équipés de projecteurs adaptés, niveaux lumineux très élevés pour minimiser le risque d'éblouissement.

La norme NF EN 12193 et le « *Guide de l'éclairage des installations sportives* » rédigé par l'*Association Française de l'Eclairage (AFE)* constituent des références en matière de préconisation d'éclairage sportif.

L'objectif est d'adapter son espace sportif au standard des normes en conférant un faible impact écologique, une consommation énergétique maîtrisée. Il est essentiel d'éclairer que quand cela est nécessaire.

Les places et les parvis

Les éclairages événementiels sont périodiques ou occasionnels et s'installent sur l'espace public en nocturne. Ces éclairages d'accentuation, permanents ou non, peuvent toutefois trouver leur place dans l'aménagement et s'y intégrer pleinement par des systèmes d'éléments mobiles ou durables participant à la configuration de l'espace.

Les fêtes de fin d'année sont une occasion d'illuminer la ville mais elles engendrent des consommations électriques qui font grincer des dents collectivités et particuliers. Pour faire des économies, les LED constituent des lampes basse consommation qui se prêtent bien aux éclairages de Noël

Le décret n°2012-118 du 30 janvier 2012, en application depuis le 1er juillet 2012, impose l'extinction de toute enseigne et publicité lumineuse entre 1h00 et 6h00 du matin. En général, cet éclairage est fonctionnel uniquement pendant le temps du show.

Pour les collectivités, les illuminations peuvent représenter jusqu'à 10% de leurs consommations électriques annuelles liées à l'éclairage public.

L'objectif est de remplacer les motifs par des LED, de réduire la durée d'illumination à la période 17h-24h.

Quelle prise en compte de la biodiversité ?

Au même titre que les parcs et jardins, les espaces naturels ont pour vocation de préserver la biodiversité. Les caractéristiques de la faune et de la flore y présentant des sensibilités encore plus fortes, l'éclairage devra y être encore plus faible, voire inexistant.

Une extinction totale pourra être envisagée et les points lumineux qui s'avéreraient nécessaire de maintenir devront présenter un niveau bas d'intensité et une période de fonctionnement la plus courte.

Plus l'indice des couleurs est élevé, plus le spectre est continu et impactant en termes d'attraction ou de répulsion pour la biodiversité. Les sources lumineuses qui émettent un spectre étroit comme les *Sodium Basse Pression (SBP) et Sodium Haute Pression (SHP)* impacteront moins d'espèces que celles avec une large répartition spectrale.

Afin de ne pas mettre à mal les continuités écologiques souvent interrompues par des infrastructures routières éclairées, la loi Grenelle 2 impose que les projets des collectivités prennent en compte les *Trame Verte et Bleue*. Pour améliorer encore davantage la qualité de la nuit dans ces espaces protégés, on intègre également le concept de la *Trame Noire encore appelée Trame Nocturne ou Trame Sombre*.

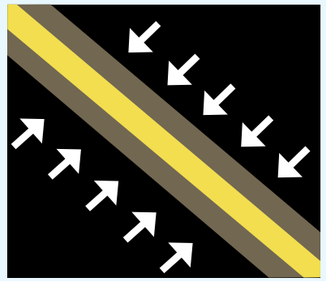
Exemples d'éclairage spécifiquement conçu pour préserver la biodiversité.

Notions de phototactisme

Le phototactisme est une réaction phototactique. C'est un mouvement de réaction des êtres unicellulaires lorsque se produit un brusque éclairement. C'est encore la tendance que certains nageurs ou flottants, relativement simples, ont de se diriger vers la lumière (phototactisme positif) ou de la fuir (phototactisme négatif).

Fragmentation par absorption

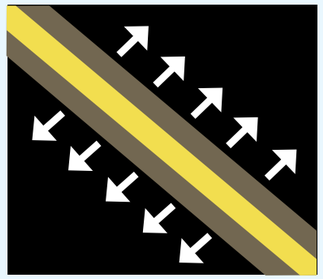
« Crash barrier effect » Théorisé dès 2006 pour les insectes par Eisenbeis



© Romain Sordello, Formation Eclatec GHM, mars 2018

Fragmentation par répulsion

Mammifères terrestres : bliss-ketchum et Al. 2016
Amphibiens : Van Grunsven et Al. 2017



Composition de la lumière et effets sur la biodiversité

Type d'impact par plage de longueur d'onde pour chaque groupe biologique

	Ultraviolet <180mm	Violet 380-450mm	Bleu 450-500mm	Vert 500-550mm	Jaune 550-600mm	Orange 600-650mm	Rouge 650-750mm	Infrarouge >750mm
Plantes	Croissance	Croissance	Croissance	Croissance			Croissance Horloge circadienne	Croissance Horloge circadienne Horloge circannuelle Rapports proies/ prédateurs
Crustacés				Phototactisme			Activité Phototactisme	
Arachnides		Phototactisme	Horloge circadienne Phototactisme	Phototactisme	Horloge circadienne Phototactisme	Horloge circadienne Phototactisme	Horloge circadienne Phototactisme	
Insectes	Phototactisme Orientation		Phototactisme Orientation	Phototactisme	Phototactisme		Phototactisme	
Amphibiens	Activité		Horloge circadienne Orientation Phototactisme	Horloge circadienne Orientation Phototactisme	Orientation Phototactisme	Orientation Phototactisme	Phototactisme	
Oiseaux	Régulation hormonale Orientation	Orientation	Croissance Horloge circannuellle Phototactisme Orientation	Croissance Horloge circannuellle Phototactisme Orientation	Orientation	Orientation	Horloge circannuellle Phototactisme Orientation	Croissance
Poissons			Régulation hormonale Croissance Phototactisme	Croissance Phototactisme	Phototactisme		Phototactisme	
Mammifères hors chiroptères	Horloge circadienne	Horloge circadienne	Régulation hormonale Horloge circadienne		Horloge circadienne Activité Phototactisme	Horloge circadienne Activité Phototactisme	Horloge circadienne Activité	Horloge circadienne
Chiroptères		Horloge circadienne	Horloge circadienne	Horloge circadienne	Horloge circadienne	Activité	Horloge circadienne	
Reptiles		Phototactisme	Phototactisme	Phototactisme	Activité			

Degré de perturbation de l'impact 1 2 3 4

© Sordello 2017 d'après Musters et al 2009

Quelle mise en valeur du patrimoine ?

Avant d'envisager la mise en valeur d'un patrimoine bâti, il convient de bien confirmer l'intérêt de sa mise en valeur la nuit, du périmètre de visibilité que l'on souhaite lui donner et de sa durée.

Éclairer un monument ou du petit patrimoine ne relève pas d'un éclairage fonctionnel mais d'une mise en lumière afin d'identifier l'intérêt de l'édifice.

Chaque bâtiment doit faire l'objet d'une recherche particulière. La lumière sera comme un atout esthétique pour révéler la qualité d'une architecture, souligner un élément, constituer un repère. Une forte intensité lumineuse n'est pas nécessaire, l'idée est de pointer sobrement sur un détail à dévoiler.

De nombreuses espèces nocturnes tirent profit des infrastructures humaines et des bâtiments patrimoniaux comme les églises, à l'exemple des chauves souris et des rapaces nocturnes. L'éclairage systématique et la sur-illumination de ces grandes structures les affectent. Ces éclairages étant destinés à montrer l'architecture, les lumières blanches à bon indice de rendu des couleurs sont généralement de mise.

LA ROTONDE (Commune de Capavenir Vosges) AVANT RÉNOVATION

Ensemble bâti construit à partir de 1910 classé monument historique (1986)

Lieux aux multiples usages, la Rotonde accueille :

- Des spectacles et des concerts
- Des associations sportives et culturelles
- Salle du patrimoine, musée d'histoire locale

Facture Enedis : 1 004 € TTC

Contrat de maintenance (sur 4 ans) : 4 688 € TTC *(remplacement des lampes toutes les 4 000 heures)*

Consommation annuelle : 29 040 kWh

Nombre de points lumineux : 52

Puissance : 4 200 Watt

LA ROTONDE (Commune de Capavenir Vosges) APRÈS RÉNOVATION

Facture Enedis : 280 € TTC soit -72%

Contrat de maintenance (sur 4 ans) : 3 767 € TTC soit -20%

Économie annuelle : 29%

Nombre de points lumineux : 90

Puissance : 676 Watt

Efficacité moyenne : 48.35 lm/W

Quand éclairer ?

Chaque ville et village doit se poser les bonnes questions : Pourquoi faut-il de l'éclairage ? Quels sont les besoins des usagers ? Faut-il éclairer en milieu de nuit, lorsque les seuls usagers de l'espace public sont de rares automobilistes qui bénéficient déjà de l'éclairage des phares de leurs véhicules ?

Ainsi, plusieurs données sont à appréhender afin de mettre en évidence les contraintes de circulation, de configuration des voies, de dangerosité, de nuisances lumineuses, de consommations électriques, de protection de l'environnement…

Au regard de ces diverses analyses, le maire, a la possibilité de pratiquer l'extinction de l'éclairage public en milieu de nuit totalement ou de façon partielle. Ainsi, l'éclairage peut être réduit aux voies principales et ainsi permettre des économies substantielles.

Aspects réglementaires et législatifs

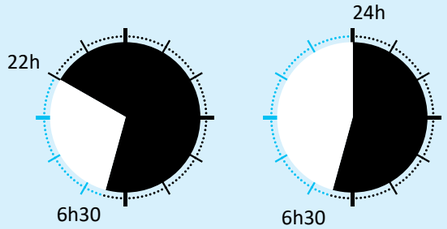
L'éclairage public est un moyen au service de la sécurité publique, qui relève du pouvoir du maire. De ce fait, les communes ont la possibilité de couper l'éclairage public de manière exceptionnelle (aucun texte n'impose l'obligation d'éclairer).

Néanmoins, la responsabilité du maire est susceptible d'être engagée lorsqu'en l'absence d'éclairage public, la sécurité des usagers n'est pas suffisamment assurée par d'autres dispositifs de signalisation.

Il est obligatoire d'afficher en entrées de commune les formalités de coupure ou d'extinction de l'éclairage *(cf. Annexe : modèle d'arrêté)*. Des dispositifs d'information existent et font partie des devoirs de police du maire *(cf. Articles L 2212-1 et L 2212-2 du CGCT)*.

Exemple d'aménagement de plages horaires sur une commune rurale

Durée de fonctionnement annuel : 1 420 h, soit 34 % du fonctionnement permanent (4 100 h)



Coupure semaine 22h — 6h30

Coupure week-end 24h — 6h30

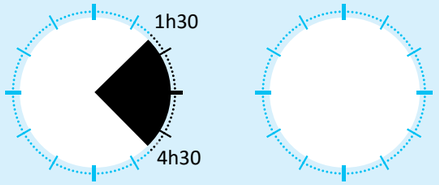
Gain énergétique : 67 %

Gain financier : 53 %

Exemples de panneaux d'information possible

Exemple de plages horaires pratiquées à Epinal (30 000 hab.)

Durée de fonctionnement annuel : 3 320h, soit 80 % du fonctionnement permanent (4 100 h)



Coupure semaine 1h30 — 4h30

Sans coupure week-end (Ve et Sa)

Gain énergétique : 44 %

Gain financier : 40 %

© Scot des Vosges Centrales

Epinal, pratique l'extinction de l'éclairage public depuis 2015.

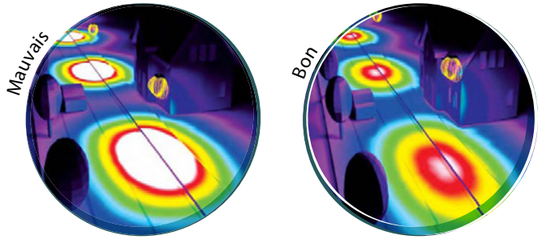
Deux ans plus tard, l'amplitude horaire de l'extinction est élargie d'une heure.

Quel éclairement à prévoir ?

Niveaux d'éclairement

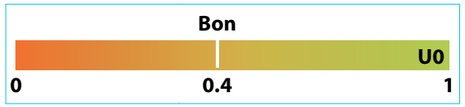
En éclairage public, les niveaux s'échelonnent et permettent de définir plus précisément les catégories de voies de circulation :

- Configuration de l'espace public, type d'usagers,
- Vitesse autorisée, trafic moyen, type de chaussée,
- Zones de vigilance (proximité de bâtiments recevant du public, carrefour…)
- Contraintes du site (champ de vision, risque d'agression),
- Niveau lumineux ambiant.

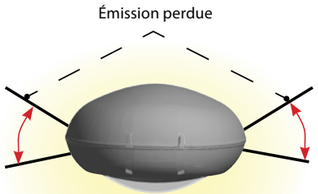


Uniformité d'éclairement

Des luminaires trop espacés, un flux mal dirigé ou des optiques non adaptés au site génèrent des zones de moindre éclairement, voire des zones d'ombres qui provoquent un inconfort visuel. L'uniformité d'éclairement est donc primordiale. Elle consiste à obtenir un éclairement de même niveau sur l'ensemble d'un espace de même usage. Le calcul de l'uniformité d'éclairement complète le calcul du niveau d'éclairement.



La norme EN 13-201 préconise une uniformité sur la chaussée de $U_o = 0,4$ qui correspond à un confort visuel suffisant (plus l'uniformité est élevée, meilleur est le ressenti des usagers).



Ces choix conditionnent la configuration du luminaire :

- Mât et ancrage en zone 5 *(Norme En 40 : vitesse de vent - CTICM/NV 65)*
- Avancée *(saillie)*
- Inclinaison *(0° à 15°)*
- Lampe :
  - *Efficacité lumineuse (en lumen/Watt)*
  - *Durée de vie économique de la lampe (en heures : durée de vie au-delà de laquelle les caractéristiques d'éclairement nominales de la lampe sont inférieures à 80 %)*
  - *TC ou « couleur d'éclairement » (sodium jaune, mercure blanc, iodure blanc... en Kelvin)*
  - *IRC : réalité des couleurs perçues par l'œil (en % plus on est proche de 100, meilleure sera la perception)*

Exemple :
Choix d'éclairement par analyse photométrique

Les études photométriques sont à généraliser autant que possible en amont des décisions politiques pour définir les projets d'éclairage public. Elles permettent d'optimiser l'implantation des luminaires, de choisir des systèmes optiques et des sources adaptées aux besoins.

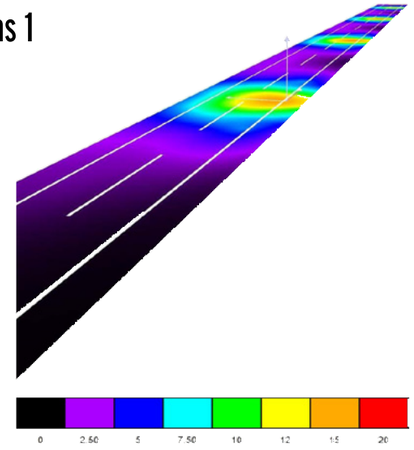
Caractéristiques de l'espace public :

Positionnement unilatéral	
Largeur de la chaussée	5,50 mètres
Largeur des trottoirs	2x1,40 mètres
Facteur de maintenance	0,71

Type de lanterne

Lanternes ECLATEC TWEET S2-X2 2BLS12 ERL 700mA 53W 3 000K

Cas 1



Fixation sur crosse 1,50 mètres avec inclinaison de 5° sur un poteau béton de 8 mètres

Inter-distances : 40 mètres

Résultats photométriques :

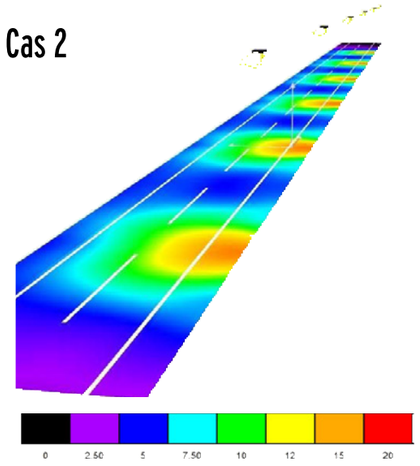
Classe d'éclairage choisie : CE5

Éclairement moyen (E_{moy}) : 5,38 lux

Uniformité (U_o) : 0,25

Uniformité insuffisante pour une voie principale du fait d'un remplacement place pour place.

Cas 2



Fixation sur crosse 1,35 mètres sur un mât de 8 mètres (réseaux enfouis)

Inter-distances : 26 mètres

Résultats photométriques :

Classe d'éclairage choisie : CE5

Éclairement moyen (E_{moy}) : 10 lux

Uniformité (U_o) : 0,40

Bonne uniformité du fait de l'enfouissement des réseaux et de l'inter-distance réduite.

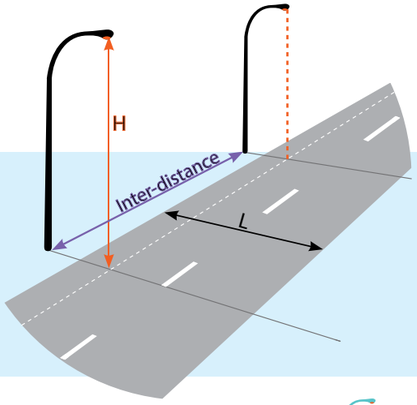
© ACERE, Études DiaLux EVO

Quelles dimensions donner au projet ?

Règles de prédimensionnement

Le choix des implantations est fait en fonction :

- De la largeur à éclairer et donc des « *hauteurs de feu* » (inter-distance)
- De la configuration de la voirie (trottoirs, pistes cyclables, couloirs bus…) et des aménagements (plantations, mobilier urbain…) déterminant l'implantation du matériel (unilatérale, bilatérale, axiale...)
- Des réseaux souterrains existants
- Du type d'éclairage : fonctionnel (à systématiser sur les voies structurantes) ou d'ambiance (envisageable sur les trottoirs, places, parkings, lotissements)
- De l'image diurne souhaitée et de l'ambiance nocturne escomptée (étude photométrique).



La largeur de la chaussée (L) peut être égale à la hauteur de feux (H).

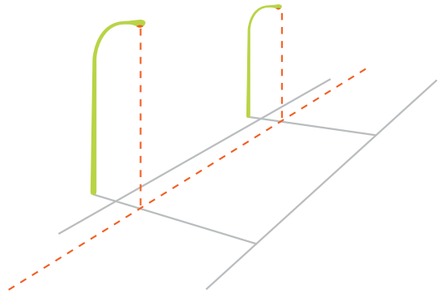
Donc L = H

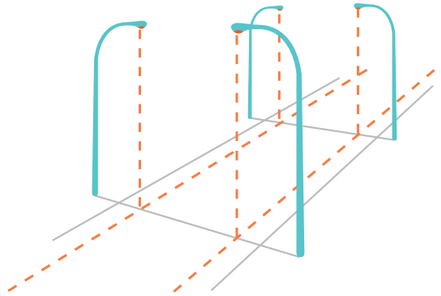
Inter-distance minimale = 3 à 3,5 H (optiques « urbaines »)

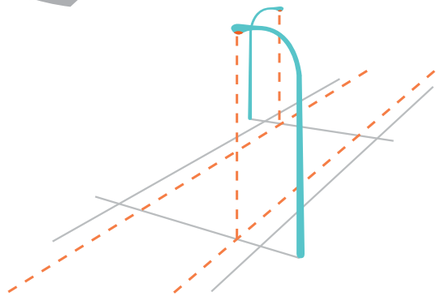
Inter-distance = 4 à 4.5 H (optiques « routières »)

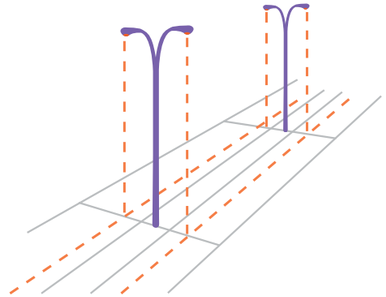
Inter-distance = 4 à 5 H (luminaires architecturaux)

Les LED permettent d'atteindre des inter-distances allant jusqu'à 6 fois la hauteur de feu (vérification obligatoire par étude photométrique).









	Implantation unilatérale	Implantation bilatérale en vis-à-vis
	Voiries urbaines – Cheminements piétons – Pistes cyclables	Voiries urbaines larges
Avantages	Investissement limité (une seule rangée de mâts) Encombrement limité d'un seul trottoir	Adaptée aux chaussées de largeur plus importante Recouvrement des flux lumineux à l'axe Limitation possible de la hauteur de feu (H=L/2) Éclairement identique de chaque côté Bien adaptée aux chaussées doubles
Inconvénients	Adaptée aux chaussées de largeur limitée (H ≥ L) Uniformité de luminance réduite côté opposé	Investissement plus important (deux rangées de mâts) Encombrement des 2 trottoirs

Implantation bilatérale en quinconce	Implantation axiale
Voiries de desserte – Cheminements piétons – Pistes cyclables – Parcs et jardins	Voiries urbaines importantes – Voiries mixtes
Adaptée aux chaussées de largeur importante Limitation possible de la hauteur de feu Éclairement identique de chaque côté Esthétique intéressante	Investissement limité (une seule rangée de mâts) Pas d'encombrement des trottoirs Bien adaptée aux chaussées doubles (avec Terre Plein Central, TPC) ou rues étroites (candélabres dans l'axe) Hauteurs limitées si rue étroite
Investissement plus important (deux rangées de mâts) Encombrement des 2 trottoirs et des réseaux Uniformité de luminance plus complexe à obtenir	Uniformité de luminance réduite côté opposé Maintenance difficile si chaussées doubles

Quelle ambiance donner à l'espace éclairé ?

Interpréter son territoire lumière

La démarche consiste à proposer des solutions d'éclairage pour révéler la forme urbaine de la ville tout en préservant la *Trame Noire* du territoire.

La lumière peut souligner entre autres :

- La singularité, mise en évidence d'une forme architecturale ou urbaine (éléments patrimoniaux),
- La continuité des espaces à vocation sociale, liens entre espaces urbains et viaires,
- La différenciation lumière permettant de particulariser et de renforcer l'identité nocturne,
- La création d'un maillage lumineux dans le cheminement,
- Les séries temporelles permettant de rythmer un cheminement (succession d'événements lumineux).

Au-delà des aspects fonctionnels, la lumière joue plusieurs rôles fondamentaux afin d'agrémenter l'ambiance et la perception nocturne de la ville.

Fonctionnel

La première fonction de la lumière urbaine, est d'assurer une mise en sécurité des usagers à travers leur déplacement nocturne. Elle s'appuie sur de notions de performance d'éclairement, de guidage visuel et de reconnaissance.

Qualitatif

Selon l'espace ou la rue à mettre en scène, une définition des sources, des indices de rendu des couleurs vont permettre un certain confort visuel ainsi qu'une attractivité de la lumière.

Ambiance

La lumière permet de mettre en place un aspect créatif et structurel en correspondance avec la morphologie urbaine.

Ce critère propose une harmonisation du design du mobilier, de l'espace urbain scénographié ainsi qu'une valorisation de la ville (composantes architecturales, paysagères...).

Environnement

L'espace urbain est continuellement modifié par la lumière du jour. De nuit, l'éclairage artificiel donne un caractère et une qualité de vie à la ville. Néanmoins, cet éclairage se doit d'être respectueux de l'environnement par une réduction de la pollution lumineuse, de la consommation énergétique afin de respecter la biodiversité.

Température de couleur

La température permet de déterminer la couleur d'une source de lumière. Mesurée en Kelvin (K), la couleur d'une source détermine l'ambiance d'un site.

Lumière de référence, le soleil s'associe à des variations de couleurs durant la journée (angle d'incidence du soleil par rapport à la terre).

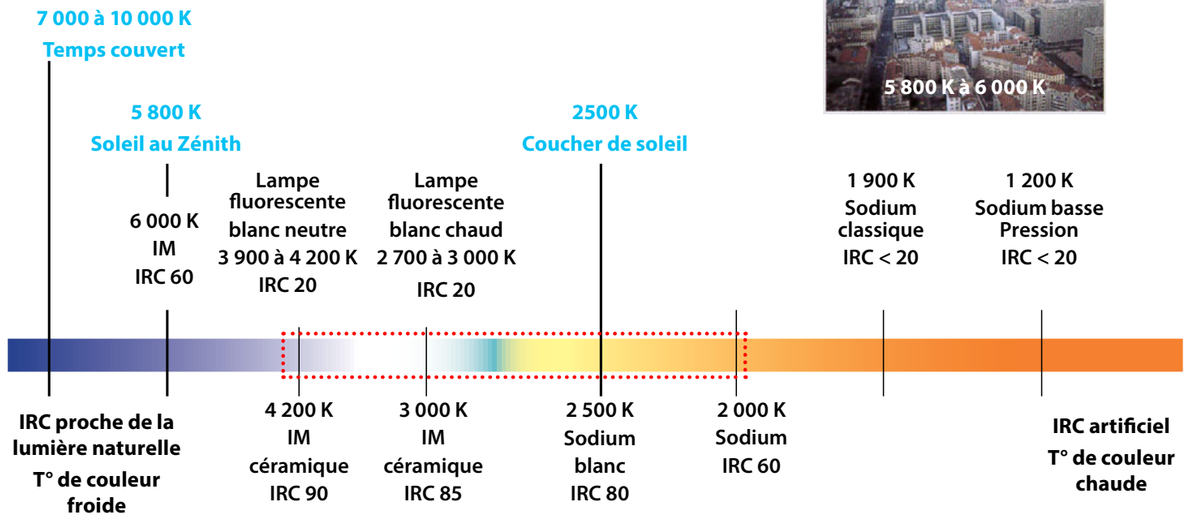
De plus, chaque source lumineuse artificielle possède une température de couleur. Sa mesure correspond à la température physique d'un *« corps noir »* chauffé jusqu'à ce qu'il émette la même couleur de lumière.

Une faible température de 2 000 K est une teinte chaude de couleur orange dorée. En intermédiaire, la température de 5 000 K, est une couleur neutre. les couleurs dites de teinte froide et plus ou moins bleutée ont une température de couleur élevée : de 5 000 à 10 000 K.

Enfin, pour apprécier l'aspect et la qualité de la lumière, il convient d'associer température de couleur à *indice de rendu de couleur ou IRC*, nombre entre 0 et 100 qualifiant le respect des couleurs.

Selon les objectifs énoncés à chaque espace, une température de lumière sera définie pour décliner la technologie de source lumineuse la mieux adaptée en conséquence.

© Philips lighting



Rendu des couleurs

En complément des aspects purement photométriques, s'ajoutent des critères liés à la nature de la lumière artificielle destinée à éclairer les sites en période nocturne.

L'IRC, est la capacité qu'a une source lumineuse de restituer les différentes couleurs et leur qualité. Plus l'IRC est grand, plus les couleurs sont restituées de manière optimale ; plus l'aspect de fidélisation des couleurs perçues représente un enjeu important sur le projet.

Une couleur ne peut être représentée avec précision que si elle est présente dans le spectre de la source lumineuse.

En éclairage public, les IRC des sources les plus courantes se situent sur une fourchette assez large, entre 25 (SHP) et 80 à 90 (IM) ou les LED. Les lampes de type « *Cosmo* » sont également performantes dans ce domaine (65).

Un bon niveau d'IRC permet d'envisager une bonne restitution des couleurs qu'il faut cependant modérer en fonction des courbes spectrales des lampes.

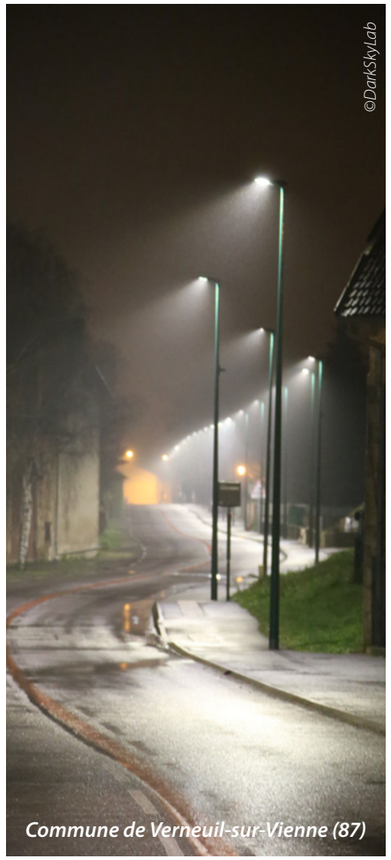
Ainsi, une source émettant peu de radiation dans les teintes bleutées sera peu performante à restituer ces teintes pour l'usager.

©Philips lighting

2 000 K
Sodium haute pression

2 500 K
Sodium blanc

3 000 K
Iodure céramique



©DarkSkyLab

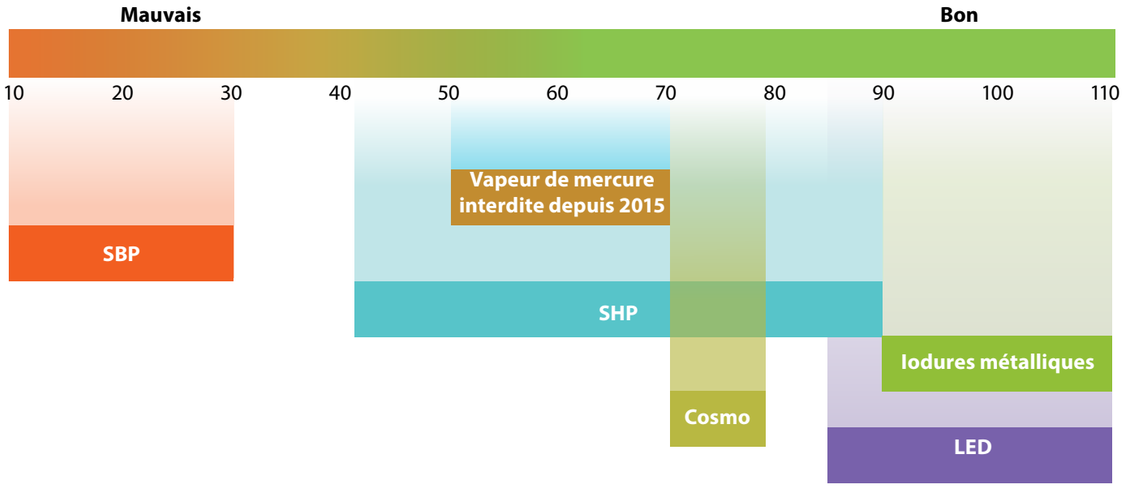
Commune de Verneuil-sur-Vienne (87)

4 000 K
LED

Choix des sources

Afin de choisir des sources, il est essentiel de prendre en compte leur qualité d'éclairage (IRC et température de couleur), leur aspect économique et énergétique, leur maintenance, leur efficacité lumineuse et leur durée de vie.

Pour cela, il existe diverses sources exploitées en éclairage public.



Famille de sources lumineuses	SHP	Halogénures métalliques	Lampe nouvelle génération	LED
Durée de vie	> 5 (21 000 h)	4,5 (18 000 h)	4 (16 000 h)	> 10 (45 000 h)
Efficacité lumineuse (lumen/W)	116 lm/W	110lm/W	118 lm/W	70 lm/W
Indice de rendu des couleurs (IRC)	< 25	> 87	> 57	> 75
Température de couleur (K)	2 000 K	2 800 K	2 880 K	4 000/ 5 000 K
Mercure	16 mg	15.8 mg	2 mg	

Sodium

Sodium Haute Pression (SHP)

Les lampes SHP offrent une lumière jaune-orangée. *L'Indice de Rendu des Couleurs (IRC)* est médiocre : couleurs dénaturées et mal restituées. Mais leur coût est raisonnable, leur durée de vie importante et leur efficacité élevée. Cette lampe a été utilisée de manière très générale depuis plusieurs décennies au profit du rendement énergétique gommant toute hiérarchie des espaces mis en lumière.

Sodium Basse Pression (SBP)

Les lampes SBP offrent une lumière monochromatique jaune. L'IRC est quasi nul. Par contre, l'efficacité lumineuse est très bonne. Ces sources sont privilégiées lorsque les enjeux qualitatifs en terme de rendu des couleurs sont moindres.

Iodure ou halogénure métallique

Les lampes IM ou HM offrent une lumière blanche de bonne qualité avec un bon IRC. Les couleurs sont majoritairement bien restituées. Le coût est raisonnable avec une efficacité moyenne et une durée de vie comparable aux lampes SHP. Les lampes IM s'utilisent dans les zones où les piétons sont fréquents.

Ces sources sont privilégiées lorsque les enjeux qualitatifs et esthétiques sont importants : lieux touristiques, espaces végétalisés, zones minérales spécifiques, décors à valoriser.

Lampes "nouvelles génération"

Elles combinent à la fois une efficacité énergétique semblable aux SHP et un rendu des couleurs approchant celui des IM. Performantes, ces sources élargissent les possibilités d'éclairage. Néanmoins, elles disposent d'un prix plus élevé à l'investissement comme pour son remplacement.

Commune de Champingeulles (54)

Commune de Corrençon-en-Vercors (38)

Commune de Longages (31)

Commune d'Epinal

LED

Les LED ont une évolution rapide. Leur efficacité lumineuse est en constante augmentation avec une longue durée de vie.

Elles peuvent produire une gamme très variée des couleurs qui est très appréciée pour l'éclairage architectural. De plus, ces sources étendent les choix possibles en matière de modulation et de qualification lumineuse des lieux à éclairer.

La technologie LED se positionne dans de nombreuses configurations d'éclairage de façon favorable, potentialités croissantes sur des puissances et des hauteurs croissantes.

Autres sources

Lampes à vapeur de Mercure (Ballon fluorescents)

Les ballons fluorescents produisent une lumière blanche bleutée de qualité médiocre. Leur coût est faible. Ils sont interdits à la mise sur le marché depuis Avril 2015, car leur efficacité est trop faible. Leur remplacement par d'autres technologies est systématiquement proposé en rénovation dans le cadre des schémas directeurs de rénovation.

Lampes Fluorescentes Compacte (FLC)

Les lampes fluorescentes peuvent fournir une lumière jaune à blanche. L'efficacité est très bonne. Elles sont utilisées dans les bornes des chemins piétonniers.

Éblouissement

Il est provoqué soit par un regard prolongé sur une source lumineuse intense, soit par l'alternance rapide entre un milieu obscur et un endroit fortement éclairé. Celui-ci entraîne :

- une gêne, un inconfort dans le déplacement ;
- une diminution de la perception à distinguer des objets, occasionnant une perte de réflexes dans la conduite ;
- les deux sensations simultanément.

L'éblouissement provient d'un luminaire mal positionné, mal incliné ou mal orienté provoquant une réelle gêne visuelle.

Ainsi, il est essentiel d'effectuer un choix approprié du type de luminaire, de lampe et de disposition de l'installation limitant les risques d'éblouissement liés à l'éclairage public.

En bref...

Le choix des luminaires doit répondre à :

- un vecteur de qualité au travers de solutions de gestion adaptées,
- un vecteur de sécurisation, contre les risques anxiogènes et accidentogènes,
- un vecteur de sociabilité esthétique et polysensorielle,
- un vecteur de durabilité vertueux et respectant l'environnement.

Différentes ambiances, différents équipements lumières
Commune de Poussay
© DarkSkyLab

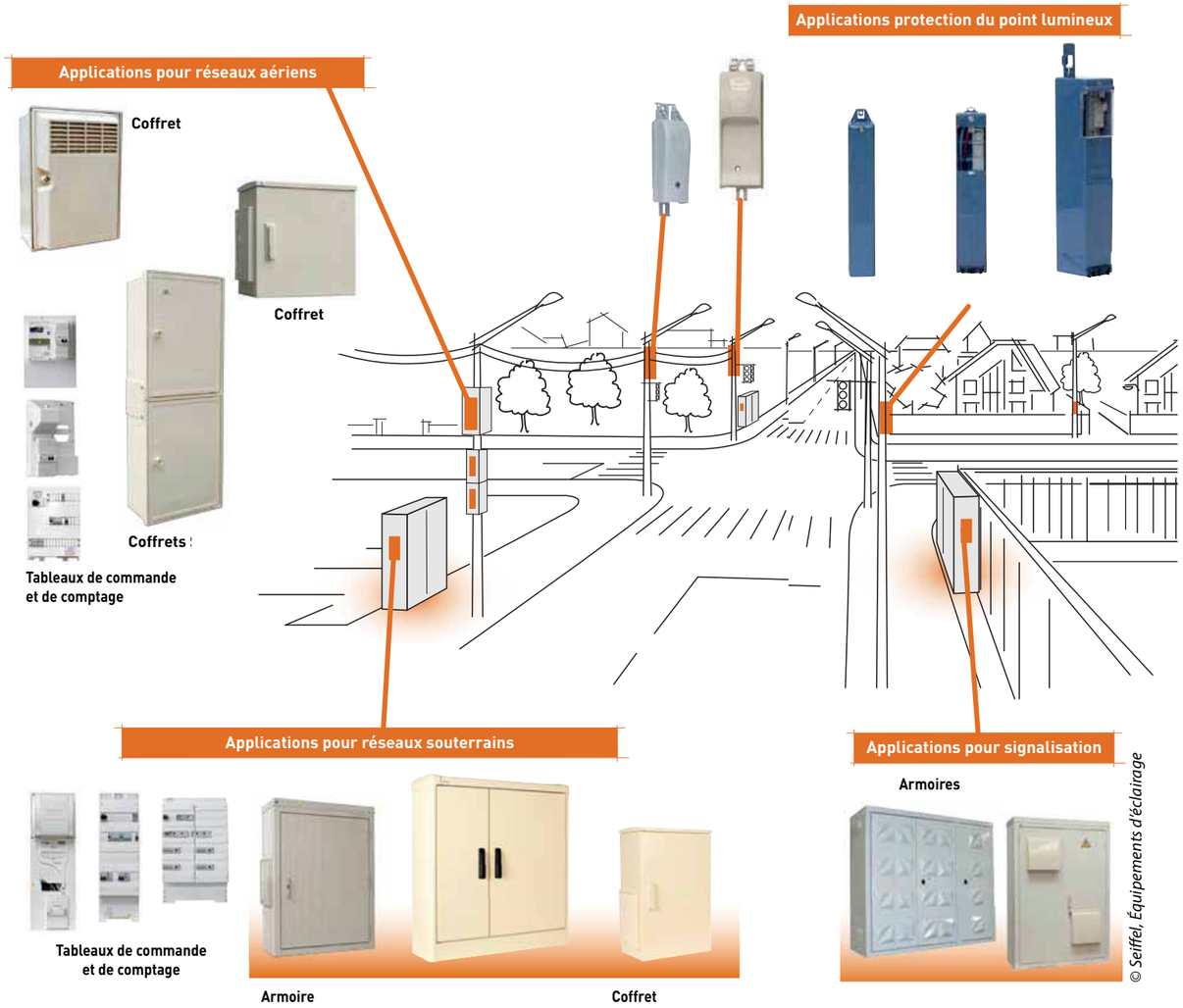
Quels équipements spécifiques ?

Dispositif de commande 32

Modulation de fonctionnement 34

Les ballasts 36

Dispositif de commande



© Seiffel, Équipements d'éclairage

Les alimentations électriques des coffrets sont réalisées depuis le réseau de distribution publique basse tension et doivent être conformes à la norme branchement NFC-14-100.

Les armoires de contrôle et de commande d'éclairage public doivent comporter deux compartiments (un pour le comptage fournisseur et un pour la partie éclairage). Pour de très petites installations, il peut être toléré une armoire ayant un seul compartiment qui regroupe les deux parties. Leur composition est définie par la norme NFC 15-100 édition 2005, et permet à l'installateur de respecter la norme NFC 17-200 de septembre 2016.

Lumandar ou cellule photo-électrique : relais photo-électrique sensible au niveau de l'éclairage ambiant.

+ AVANTAGES	- INCONVÉNIENTS
Mesure la quantité de lumière naturelle environnante Déclenchement selon un seuil assigné	Impossible de régler une cellule assez précisément pour avoir un allumage simultané Durée de fonctionnement annuelle variable (4 200h contre 4 000 h avec une horloge astronomique) = surconsommation Événements météorologiques (orage, éclipse...) pris en compte

Horloge astronomique : définit pour chaque jour de l'année, l'heure théorique d'allumage et d'extinction de l'éclairage public en fonction de sa position géographique.

+ AVANTAGES	- INCONVÉNIENTS
Uniformité dans l'allumage et l'extinction des armoires Durée de fonctionnement annuelle stable et cohérente = réduction jusqu'à 5% Événements météorologiques non pris en compte	Pas de corrélation avec le niveau de luminosité réel Dérive horaire de l'horloge

Modulation de fonctionnement

Ces armoires doivent contenir des éléments capitaux pour la sécurité des tiers et des travailleurs intervenant sur le réseau : ouverture spécifique, interrupteur frontière cadenassable, organes de coupures...

1

Les modes de fonctionnement « ***semi-permanent*** » ***ou*** « ***tout ou rien*** » sont à proscrire puisque si une rue est équipée de matériel pour l'éclairage public, celui-ci doit fonctionner correctement et conformément aux normes en vigueur.

Le mode de fonctionnement semi-permanent même s'il permet des économies de consommation, nuit gravement à la qualité de la lumière.

De plus, il ne facilite pas la maintenance, car sa durée de vie diffère des lampes.

2

L'abaissement aux points lumineux doit correspondre à une diminution de la classe d'éclairage de référence (diminution du trafic, charge mentale plus faible, usagers différents, …).

Il permet une continuité de service au contraire du *tout ou rien*. La technologie LED permet une plus grande utilisation de ce mode de fonctionnement.

Plusieurs types de régulations et variations de puissance existent sur le marché. Les principaux systèmes sont :

- Régulateur de tension;
- Réducteur de puissance;
- Générateur à induction;
- Ballast gradable.

3

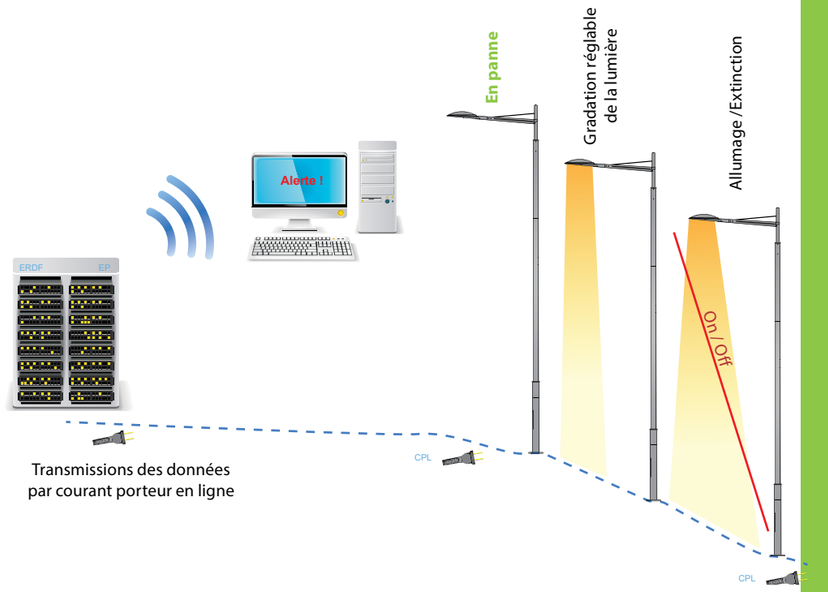
Les variateurs de puissance (horloge astronomique, lumandar...), installés à l'armoire ou au point lumineux, peuvent être utilisés pour économiser de 30 à 45 % de la facture énergétique en régime permanent. Ils doivent toutefois garantir un seuil de tension minimum requis pour un bon fonctionnement des lampes.

Les variateurs de puissance peuvent permettre l'abaissement de puissance ou d'extinction avec des modulations de fonctionnement.

4

La télégestion est un système de gestion centralisée avec récepteurs dans les armoires de commande et dans les points lumineux (si gestion au point).

Son fonctionnement peut être par ondes radio, *Courant Porteur en Ligne (CPL)* , *GSM* ou fibre optique. Il peut être intégré dans les nouveaux projets pour s'orienter vers la « *Smart ligthing* » : bonne gestion de la lumière, traçabilité, réduction des délais d'intervention, économie d'énergie et de gestion de la maintenance.



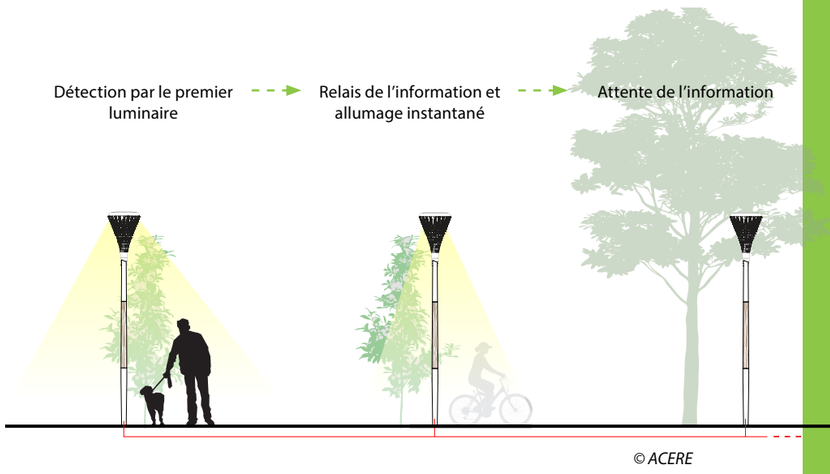
Transmissions des données par courant porteur en ligne

5

La détection de présence permet d'utiliser l'abaissement de manière plus étendu. Elle n'est possible qu'avec la technologie LED qui bénéficie d'un allumage instantané « on / off ».

Il est à recommander dans les secteurs piétonniers. La détection se fait grâce à un capteur infrarouge situé sur le luminaire. Celui-ci pourra distinguer tout changement de température dans un périmètre défini.

Il peut également être utilisé sur le trafic routier mais demande une technologie différente du fait de la vitesse des véhicules et de l'obligation de communication entre luminaires pour anticiper le déplacement.

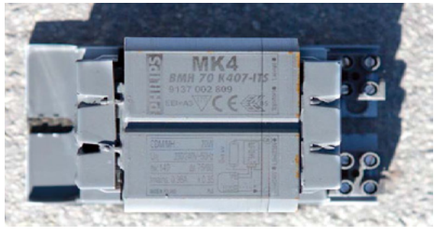


© ACERE

Les ballasts

Auxiliaires d'alimentation interposés entre le réseau électrique et la lampe, les ballasts (ferromagnétiques ou électroniques) adaptent le courant nécessaire au fonctionnement des lampes selon leur type et leur puissance.

Les ballasts ferromagnétiques nécessitent l'utilisation d'un condensateur pour limiter l'énergie réactive et d'un amorceur pour allumer la lampe.



© ACERE

+ AVANTAGES

Stabilise et limite l'intensité de la lampe à sa valeur nominale

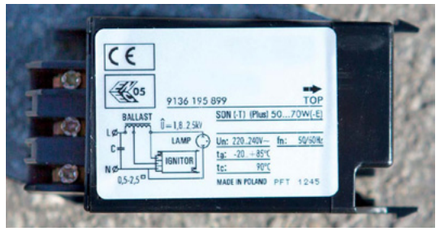
Assure l'allumage des lampes et le condensateur sert à augmenter le facteur de puissance.

- INCONVÉNIENTS

Vérification et un remplacement périodique afin d'éviter surconsommations et dysfonctionnements.

Entraîne des surconsommations en fin de vie (1% de surtension = 3% de surconsommation)

Les ballasts électroniques permettent une bonne régulation des variations du réseau, une bonne maîtrise des surtensions du réseau et un meilleur usage de l'énergie puisqu'on obtient des gains de l'ordre de 10 % par rapport au système conventionnel.



© ACERE

+ AVANTAGES

Réduction jusqu'à 50% : facteur de puissance amélioré, fonctions d'amorceurs et de condensateurs intégrées

Abaissement de l'éclairage en fonction des besoins

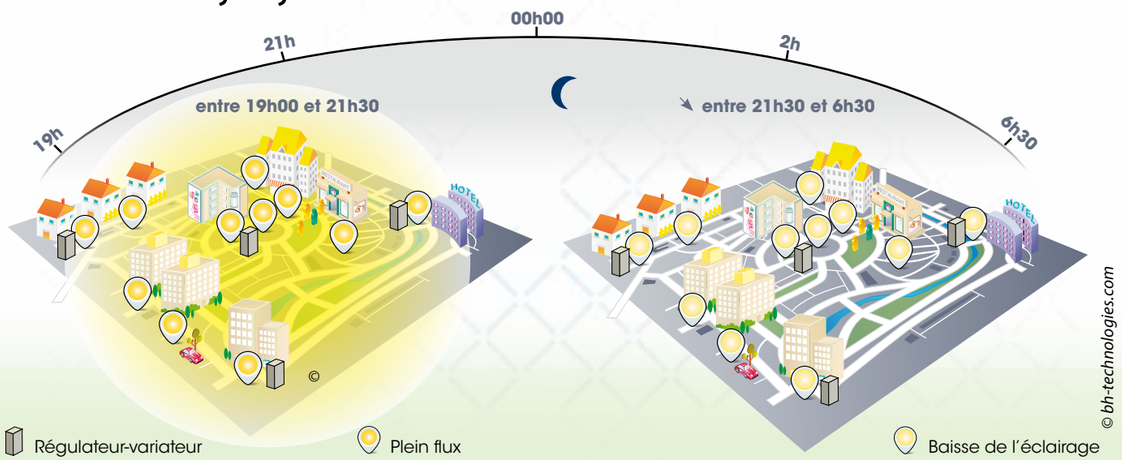
Durée de vie plus importante et variation du niveau d'éclairement en fonction de la gradabilité

- INCONVÉNIENTS

Installation de parasurtenseurs pour les protéger des surtensions du réseau de distribution

Fiabilité variable et « *loi du nombre* » à respecter

Vers le " Smart lighting "



© bh-technologies.com

Gradation de puissance :

Ballast électronique gradable	Ballast électronique non gradable
Régulation analogique (1 à 10 V) ou numérique. Développement de systèmes intelligents	Amorçage instantané ou à préchauffage des électrodes Choix en fonction du nombre de cycles d'allumage / extinction journaliers

Le protocole permet à des systèmes de gestion centralisée de communiquer avec des luminaires, à la fois pour leur envoyer des ordres mais aussi pour recueillir des informations.

C'est le seul protocole de communication numérique standard existant au monde pour l'éclairage.

Matériel et technicité lumière
Commune de Mirecourt
© DarkSkyLab

Comment choisir son luminaire ?

Pour avoir un luminaire de bonne qualité 40

Pour avoir un luminaire performant 42

Pour limiter son impact sur l'environnement 44

Pour faciliter la maintenance 45

Les LED, avantages et inconvénients 46

Pour avoir un luminaire de bonne qualité

La principale norme concernant la fabrication des luminaires est la NF EN 60 598 qui se décompose en deux parties :

- Partie 1 : exigences générales et essais
- Partie 2 : exigences spécifiques qui dépendent du luminaire.

L'étanchéité

IP

L'indice de protection IP détermine le degré de protection du matériel contre la pénétration des corps solides (1er chiffre) et liquides (2e chiffre). Pour garantir une étanchéité suffisante, le choix des luminaires dont l'indice de protection est à minima de 55 (IP ≥ 55). L'atteinte de ce niveau de protection fait d'ailleurs partie des critères d'éligibilité aux *Certificats d'Économies d'Énergie (CEE, voir en annexe)*.

La solidité

IK

L'indice IK détermine le degré de protection du matériel contre les chocs d'origine mécanique. Pour garantir une résistance suffisante, l'indice de résistance aux chocs est d'au moins 6 (IK ≥ 06).

La protection électrique

C

Tout matériel électrique raccordé à une alimentation doit comporter une protection contre les chocs électriques adaptée aux conditions d'installation. Cette protection est assurée soit par des dispositions internes propres aux matériels eux-mêmes, soit par des conditions externes d'alimentation (voire d'environnement), soit par une combinaison appropriée de dispositions internes et de conditions externes. Les protections ne peuvent être assurées que si les matériels sont en bon état et s'ils sont correctement choisis et installés.

La protection contre les contacts indirects se fait par deux sortes d'installations électriques :

- Installation de classe 1 : les parties métalliques sont reliées à la terre. Un dispositif provoque la coupure automatique de l'alimentation en cas de défaut d'isolement *(Dispositif de Déconnexion Automatique : DDA)*.
- Installation de classe 2 : les parties électriques sont totalement isolées. Par construction et par installation, les défauts d'isolement sont nuls (sauf en cas d'accident ou de détérioration volontaire) conformément à la norme électrique C17-200.

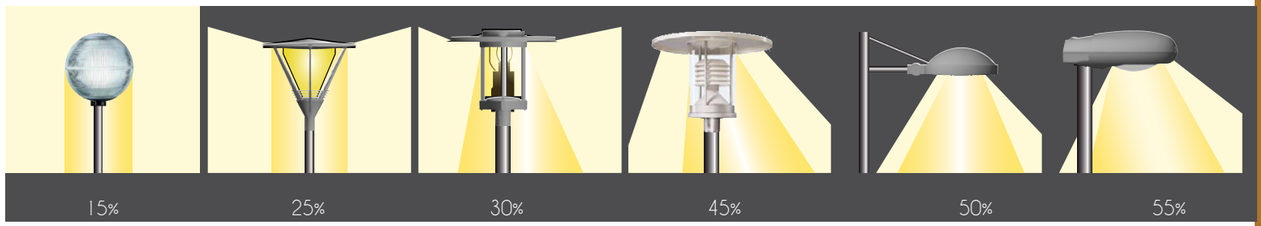
Aspects normatifs

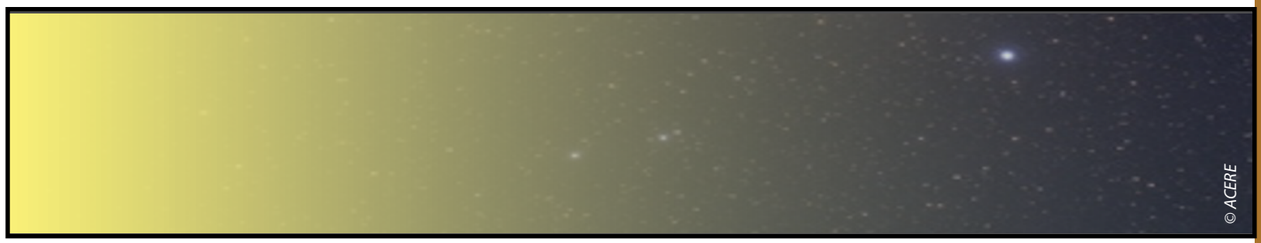
Concernant la solidité des supports de candélabres, la série de normes européennes, rassemblées sous l'appellation de norme EN 40, sert de référence en matière de marquage CE, d'obligations réglementaires et de recommandations de pose.

Les candélabres sont construits pour résister à une charge donnée et connue, tenant compte des contraintes liées à une zone géographique et un site donné.

- Tout ajout d'accessoires doit faire l'objet d'une vérification préalable auprès du fabricant de mâts, fondée sur les caractéristiques précises des accessoires ;
- Les candélabres en acier ou en aluminium doivent obligatoirement être marqués CE (conformité européenne) ;
- Lors du remplacement d'un luminaire sur un candélabre en bon état, vérifier que le support reste conforme à la norme.
- Les installations d'illumination temporaires relèvent de la norme Nfc 17-200 lors de leur installation, puis de leur maintenance.

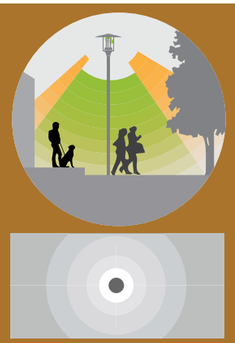
Efficacité de flux et pollution lumineuse en fonction du type de luminaire





Pour avoir un luminaire performant

Les luminaires doivent répondre aux exigences photométriques de la norme EN 13-201 et présentent des caractères techniques spécifiques à chaque secteur d'installation (modularité de mise en œuvre, adaptation aux variations géométriques des rues, aux besoins d'implantation, d'expression de continuité....).

Optiques	ROUTIÈRE	URBAINE	CIRCULAIRE	LONGITUDINALE
Utilisations	Configuration standard permet d'espacer les candélabres tout en concentrant le flux lumineux sur la chaussée	Chaussées larges (avec pistes cyclables, places de stationnement...)	Places, parkings, trottoirs Inter-distances limitées	Grandes inter-distances avec faibles largeurs (pistes cyclables par exemple)
Exemple photométrique				
Types	Fonctionnel	Fonctionnel	Ambiance, Style	Luminaires LED exclusivement

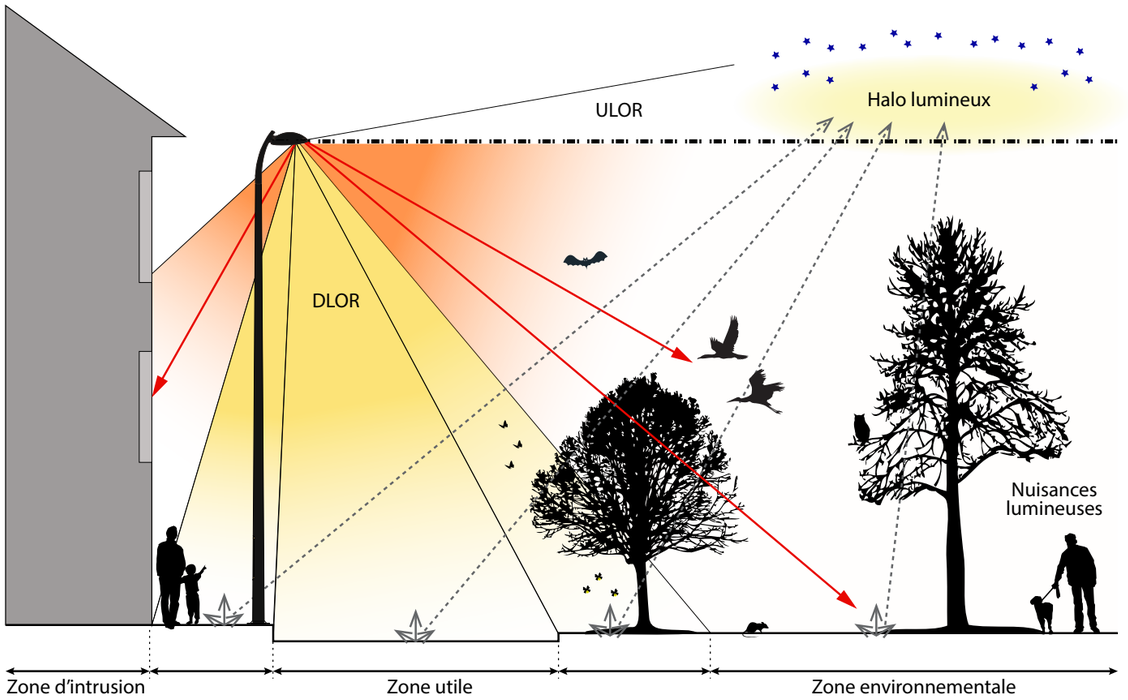
ULOR

Le flux lumineux dirigé vers le ciel

L'ULOR est le flux lumineux sortant du luminaire vers le ciel. Ce flux est gâché en matière d'efficacité énergétique, et gênant en matière de nuisance lumineuse.

L'exemple le plus flagrant de luminaires présentant un ULOR déplorable est celui des luminaires boules ou celui des luminaires ayant une inclinaison élevée.

Dans chacune des propositions de matériel, le coefficient de flux lumineux est vérifié afin de maîtriser les flux et la pollution lumineuse. Il fait partie des critères d'éligibilité aux Certificats d'Economies d'Energie (CEE, voir en annexe).



Pour limiter son impact environnemental

Le recyclage

L'analyse du cycle de vie (ACV) liée à l'éclairage public permet un questionnement vis-à-vis des ressources naturelles, de l'énergie grise nécessaire à la fabrication et à la recyclabilité des matériaux. Ce dernier point limite :

- la production de déchets à enfouir ou incinérer ;
- l'utilisation des ressources naturelles ;
- la quantité d'énergie, les émissions de CO2 et de composés polluants lors de la fabrication des matériaux.

De nombreux matériaux sont recyclable en éclairage public :

- Les supports :
  - Béton, recyclés à 100 % (fonderies / gravats de béton) ;
  - Aluminium, recyclés à 100 % (pollution importante) ;
  - Bois (traitement des polluants si besoins, métallerie...)
- Les lampes, recyclées via la filière « *Récylum* »;
- Les lanternes et appareillages (déchets électroniques).

Conformément à la réglementation, ces déchets dangereux doivent faire l'objet d'une collecte et d'un traitement séparé.

récylum
engagés pour un recyclage responsable

Différentes solutions sont proposées :

- « *Récylum* » pour des volumes importants (> 2 m^3/an), ou un stock ponctuel important à évacuer (> 500 kg)
- Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques Professionnels (DEEE Pro)

- le distributeur de lampes ou votre déchetterie professionnelle
- le prestataire si la maintenance est externalisée.

Sous certaines conditions d'éligibilité, il est possible de bénéficier de soutiens financiers au titre :

- des investissements à réaliser pour stocker les bacs de collecte à l'abri des intempéries sur les déchetteries ;
- des efforts de promotion du recyclage des lampes réalisés par la collectivité auprès de ses administrés.

Aspects réglementaires et législatifs

Loi n°75-663 du 15 juillet 1975 :

tout détenteur de déchets est responsable de leur élimination dans le respect de l'environnement.

Décret n° 2002-540 du 18 avril 2002 :

les tubes fluorescents et autres lampes à décharge sont des déchets classés comme dangereux (car contenant du mercure) donc destinés à une collecte sélective et un traitement par des filières appropriées.

Décrets du 20 juillet 2005 et du 2 mai 2012 :

les producteurs sont responsables de la fin de vie des déchets des équipements électriques et électroniques. Les détenteurs doivent assurer leur tri et les recycler.

Pour faciliter la maintenance

« *Éclairer juste* » est une nécessité qui répond à une demande de sécurité et d'ambiance urbaine.
C'est également investir dans une installation et d'assurer son exploitation dans les meilleures conditions (changement et recyclage des lampes, nettoyage des luminaires, consommation d'énergie).

Afin de conserver les performances du luminaire en termes de niveau d'éclairement et de consommation électrique, l'éclairage public doit être entretenu en mettant en œuvre une maintenance facilitée par des luminaires bien conçus.

Ainsi, quelques caractéristiques permettent de s'assurer une facilité de la maintenance :

- IP > 55 pour un encrassement moindre,
- un mode d'ouverture rapide avec un dispositif de retenue du capot,
- une conception sécurisée des vis,
- un démontage de l'appareillage et de la lampe sans outil ; des formes simplifiées de la lanterne (limitant les recoins, nids à poussière),
- une vasque adéquate (en verre plutôt qu'en polycarbonate pour le nettoyage et inversement pour le vandalisme).

Enfin, en gage d'économie d'énergie, les luminaires à LED et autonome sont à privilégier dans votre réflexion.

Ils requièrent une maintenance réduite à un contrôle annuel de l'installation et à un nettoyage périodique des vasques...

Ces actions permettent de conserver l'efficacité du luminaire et de son installation dans le temps.

Assistance à la maintenance

Les LED, Avantages et inconvénients

Cette technologie appliquée à l'éclairage public a fortement évolué au cours de ces dernières années. Elle est d'une nature radicalement différente des lampes à décharge et apporte de nouvelles solutions en termes d'efficacité énergétique, de températures de couleur et d'applications innovantes.

+ AVANTAGES	- INCONVÉNIENTS selon fournisseur de LED
Durée de vie importante (plus de 80 000 heure contre environ 16 000 heures pour des lampes à décharge)	Coût d'acquisition plus élevé mais en baisse
Possibilité de couleur pour des illuminations	Risque d'éblouissement (installation différente des lampes à décharges)
Possibilité d'extinctions fréquentes (détecteurs de présence)	Possibilité de recyclage des composants LED réduites
Compatibilité avec du courant continu pour une alimentation directement à partir d'une énergie renouvelable	Émission de lumières bleues nuisibles

Les points de vigilance

Les fabricants et fournisseurs indiquent souvent l'efficacité énergétique de la LED seule. Or, celle-ci ne fonctionne pas sans un appareillage électronique qui consomme également de l'électricité. L'efficacité lumineuse d'un luminaire est à apprécier au regard de l'efficacité de l'ensemble LED (ou lampe) + appareillage.

Attention à ne retenir que des luminaires dont le *cos phi* est supérieur à 0,8 pour un bon *rendu des couleurs (cf. annexe)*.

©ACERE

Comment rendre les LED moins polluantes pour le vivant ?

Types de lampes	Production de la mélatonine		Voilement du ciel étoilé	
	% d'émission de lumière bleue entre 405-475 nm	Impact sur la production de mélatonine	% d'émission de lumière bleue entre 475-530 nm	Impact sur le voilement des étoiles
SBP	0%	Quasi nul	0%	Quasi nul
LED ambrée 1 800 K	0,9%	Très faible	0,3%	Très faible
SHP	5,2%	Acceptable	5%	Acceptable
Iodure céramique à faible proportion de longueur d'onde bleue	entre 9% et 10%	Moyen	entre 9% et 10%	Moyen
LED 2 700 K	15,2%	Important	2,2%	Faible
Fluorescent	17,2%	Important	9,5%	Moyen
IM	26,1%	Très important	7,9%	Moyen
LED 4 000 K	18,3%	Très important	13,5%	Important

Impact de la composante bleue de l'éclairage sur la production de mélatonine et sur le voilement du ciel étoilé (source : guide éclairage RICE du Pic du Midi)

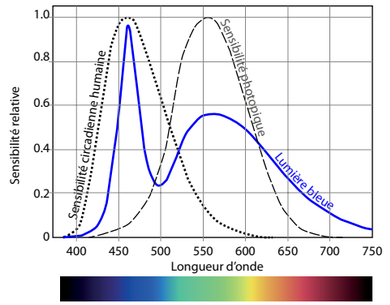
Lorsque l'on s'intéresse à l'impact de la lumière extérieure sur l'environnement et sa perception par les usagers, le spectre lumineux est très important, Cela revient à se poser la question quelles longueurs d'ondes (ou couleurs) sont émises.

Des sources lumineuses peuvent paraître blanches à l'œil humain, alors que la quantité de lumière bleue présente est critique en termes d'impact environnemental et sur les êtres humains.

La longueur d'onde bleue est celle se diffusant le plus dans l'atmosphère *(diffusion de Raleigh)*. Ainsi le remplacement de toutes les sources par des LED froides (tous paramètres égaux par ailleurs) aurait pour conséquence une multiplication du halo lumineux par un facteur 4.

De plus, c'est également la couleur bleue qui perturbe le plus notre métabolisme *(étude ANSES sur l'impact des écrans de tablettes et smartphone sur l'endormissement et sur la formation de la cornée des enfants)* et la biodiversité de manière générale.

Les insectes sont 2 à 4 fois plus attirés par des lampes avec une forte proportion dans le bleu *(Eisenbeis et Hassel, 2000)*. Cet effet a pour conséquence de modifier le comportement de leur prédateur et notamment des chauves-souris *(Rydell, 2006)*.



Corrélation pour la LED entre le spectre d'émission de lumière bleue et la sensibilité circadienne humaine

En sélectionnant des lampes à faible pourcentage dans le bleu, en évitant les lampes blanches comme les lampes à vapeur de mercure (Ballons Fluorescents) ou les LED froides, il est donc possible de réduire l'impact de la lumière sur le ciel mais aussi sur la biodiversité.

Pollution lumineuse sous aurore boréale

© Station spatiale internationale, 2012

Annexes

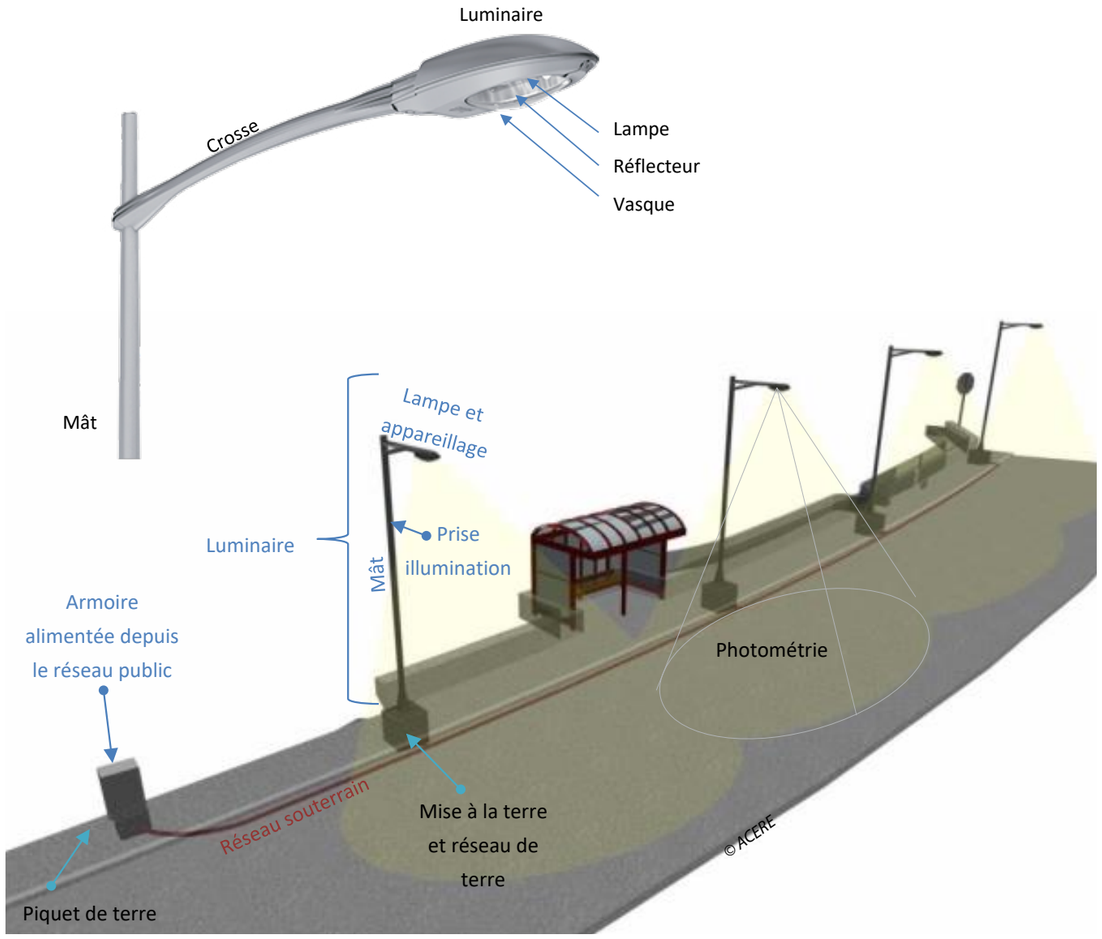
Les éléments constitutifs d'un candélabre et d'une installation d'éclairage public 50

Préconisations d'éléments constitutifs d'un diagnostic des installations d'éclairage public 51

Récapitulatif : Pollution lumineuse et Données métriques de l'éclairage 52

Conditions pour la délivrance des Certificats d'Économies d'Énergie 54

Les éléments constitutifs d'un candélabre et d'une installation d'éclairage public



Préconisation d'éléments constitutifs d'un diagnostic des installations d'éclairage public

1. Armoire

1. Vérification de la présence de la mise à la terre.
2. Vérification et adaptation du calibrage de la puissance souscrite en fonction du projet.
3. Vérification et adaptation du calibrage des protections des départs en fonction du projet.
4. Vérification de l'état et de la conformité de l'enveloppe et du bon état de fermeture.
5. Vérification de l'état, des raccordements et de la conformité du tableau de commande.

2. Réseau

1. Contrôle des câbles :
   - Vérification de la continuité des conducteurs (phases, neutre) avec localisation du défaut éventuel.
2. Contrôle des terres :
   - Vérification de la présence de la mise à la terre sur chaque point lumineux.
   - Vérification de la continuité de terre entre chaque point lumineux et localisation du défaut éventuel.
3. Contrôle de l'isolement des câbles.
   - Vérification de l'isolement entre conducteurs (phase-phase, phases neutre, phases-terre et neutre-terre).
4. Fourniture d'un rapport détaillé des relevés avec schéma de distribution et localisation des défauts.

3. Support

Vérification de l'état mécanique des mâts, y compris de la semelle, et des accrochages.

Récapitulatif : Pollution lumineuse et Données métriques de l'éclairage

Quelques phénomènes de pollution lumineuse
- Attraction, répulsion, éblouissement...
- Grand type de problème

Quelques données métriques d'éclairage possibles pour les traduire dans les réseaux écologiques
- Dimension quantitative
- Dimension qualitative

Nombre/Densité de points lumineux
=> Comptage aérien ou au sol

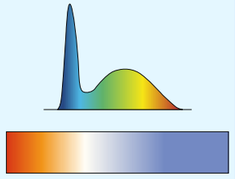
Lumière directe et précise
=> Eblouissement pour les espèces photosensibles + Piège écologique pour les espèces à phototactisme positif

Luminance (cd/m²)
= Intensité lumineuse rapportée à la surface d'émission

Flux Lumineux (Lumen)

Temporalité de l'éclairage

Spectre lumineux et Température de couleur



Intensité ou flux visibles depuis le ciel
=> Images satellites

Lumière diffuse dans l'atmosphère (Halo)
=> Etoiles masquées pour les animaux se repérant avec le ciel étoilé

Recouvrement des enjeux astronomie et biodiversité

Brillance du ciel nocturne
=> Mesure au sol (Sky Quality Meter)

ULOR
= Lumière émise au dessus de l'horizontale

Lumière d'ambiance ou projetée
=> Habitat nocturne dégradé, environnement trop risqué (prédation), perturbation de la bioluminescence, évitement par les espèces lucifuges

Coefficient de réflexion
(revêtement au sol)

Niveau d'éclairement (Lux)
= Flux lumineux rapporté à la surface de réception
=> Mesure au sol (Luxmètre)

Source : Sordello, 2017

Conditions pour la délivrance des Certificats d'Économies d'Énergie (CEE)

Opération n°RES-EC-101 : Système de régulation de tension en éclairage extérieur

Sont éligibles à cette action les équipements qui assurent la fonction régulation de tension sur tout luminaire dont la source lumineuse est une lampe à décharge : régulateurs de tension, ballasts électroniques, variateurs de puissance.

$$\frac{\text{Montant en kWh cumac par W installé}}{2} \times \frac{\text{Puissance installée de l'éclairage régulé en W}}{P}$$

Opération n°RES-EC-102 : Système de maîtrise de la puissance réactive en éclairage extérieur

Sont éligibles à cette action les régulateurs de tension, les ballasts électroniques ou les variateurs de puissance qui assurent la fonction régulation de la puissance réactive, sur tout luminaire dont la source lumineuse est une lampe à décharge.

$$\frac{\text{Montant en kWh cumac par W installé}}{1.6} \times \frac{\text{Puissance installée de l'éclairage régulé en W}}{P}$$

Opération n°RES-EC-103 : Système de variation de puissance en éclairage extérieur

Sont éligibles à cette action les ballasts électroniques permettant une gradation ou les systèmes qui assurent cette fonction. Les technologies utilisées pourront être des systèmes centralisés (variateur sur le départ au niveau de l'armoire d'alimentation) ou décentralisés (variateur lampe par lampe).

$$\frac{\text{Montant en kWh cumac par W installé}}{8} \times \frac{\text{Puissance installée de l'éclairage régulé en W}}{P}$$

Opération n°RES-EC-104 : Rénovation d'éclairage extérieur

Est éligible à cette action toute rénovation pour laquelle chaque luminaire neuf respecte les exigences suivantes

- ensemble optique fermé d'un degré de protection (IP) de 65 minimum,
- cas n°1 : efficacité lumineuse ≥ 90 lumens par Watt et ULOR ≤ 1 % (ou, pour les luminaires à LED, ULR ≤ 3%),
- cas n°2 : efficacité lumineuse ≥ 70 lumens par Watt et ULOR ≤ 10 % (ou, pour les luminaires à LED, ULR ≤ 15 %).

La preuve de réalisation de l'opération mentionne la dépose des luminaires existants ; la mise en place de luminaires neufs ; et le nombre et les caractéristiques des luminaires neufs installés : degré de protection de l'ensemble optique fermé (IP), efficacité lumineuse en lumen par Watt, et ULOR (ou ULR pour les luminaires à LED).

$$\frac{\text{Montant en kWh cumac par luminaire installé}}{\text{cas n°1 : 9 300} \quad | \quad \text{cas n°2 : 7 200}} \times \frac{\text{Nombre de luminaires installés}}{N1 \quad | \quad N2}$$

Opération n°RES-EC-107 : Horloge astronomique pour l'éclairage extérieur

Est éligible toute action pour laquelle chaque horloge astronomique respecte les exigences suivantes :

- heure courante assurée soit par radio synchronisation soit par un système interne,
- mise à l'heure automatique par radio synchronisation.

$$\frac{\text{Montant en kWh cumac par horloge installée}}{17\,500} \times \frac{\text{Nombre d'horloges installées}}{N}$$

Glossaire

A	**Analyse du cycle de vie (AcV)**	Méthode quantitative et multicritère d'évaluation des impacts environnementaux associés à un produit, tout au long de sa vie.
	Amorceur	Envoie pendant un laps de temps très court (quelques micro-secondes) une tension très élevée à la lampe, de manière à initier un arc électrique entre les électrodes et ainsi provoquer l'allumage d'une lampe à décharge.
C	**Candela (cd)**	Unité de mesure de l'intensité lumineuse.
	Coefficient de maintenance	Exprime la perte de flux lumineux après perte au cours de la durée de vie d'un luminaire . Il est fonction des caractéristiques techniques du luminaire (IP, matériau de la vasque), du choix de la lampe et de la fréquence d'entretien.
	Condensateur	Composant électrique ou électronique pouvant emmagasiner une charge électrique qui permet de compenser l'effet de déphasage du courant par rapport à la tension.
	***Cos phi* ou facteur de puissance**	Déphasage où cette énergie réactive occasionne un mauvais rendement de l'installation, des pertes et des chutes de tension sur le réseau électrique entre la tension et l'intensité du courant alternatif. Plus la puissance réactive est élevée, plus le cos phi est bas.
D	**Disjoncteur différentiel**	Composant électrique installé dans une armoire de commande qui assure la protection des matériels et des personnes, contre les incendies, contre les risques d'électrocution.
	Charge mentale	Interaction complexe de facteurs individuels, techniques, organisationnels et sociaux donc une « contrainte » de irculation qui est non seulement fonction des exigences inhérentes à la tâche : contrainte de temps, complexité, vitesse, minutie, attention demandée,... mais également des capacités de traitement de la personne chargée de l'exécuter.
E	**Éclairement**	Quantité de lumière émise sur une surface en lux ou lumen/m^2. Éclairement = Flux lumineux / Surface
	Efficacité lumineuse	Quantité de lumière émise par Watt électrique consommé (s'exprime en Lumen par Watt : lm/W).
	Émetteur	Système électronique de commande centralisée qui émet un signal aux différentes armoires de commande (allumage simultané de l'éclairage d'une commune).
	Étude photométrique	Étude permettant de déterminer un ou plusieurs choix d'aménagement et de matériel d'éclairage public pour un niveau d'éclairement et une uniformité donnée. Vérification de la conformité à la norme EN 13-201.
F	**Flux lumineux Φ**	Quantité de lumière émise par une source lumineuse dans toutes les directions par seconde (s'exprime en lumen : lm).

G	**Gradable**	Lorsque le flux lumineux d'une lampe peut varier à l'aide d'un gradateur.
	Gradateur	Appareil électrique permettant de faire varier le flux lumineux d'une lampe.
H	**Horloge astronomique**	Horloge électronique qui calcule en tout instant la position du soleil et détermine en conséquence l'allumage et l'extinction de l'éclairage public.
I	**Inter-distance**	Représente la distance entre deux points lumineux ou candélabres.
	Intensité lumineuse	Flux lumineux d'une source dans une direction donnée (s'exprimer en candela : cd).
L	**LED**	Sigle anglais pour *Light Emitting Diode* - composant électronique émettant de la lumière au passage d'un courant électrique.
	Lumen (lm)	Unité de flux lumineux, exprimant la quantité de lumière émise par une source.
	Luminance	Perception qu'on a du niveau lumineux ambiant. Plusieurs facteurs influencent le niveau de luminance : • l'intensité lumineuse de la source de lumière ; • les paramètres géométriques de la surface éclairée ; • la coloration de la source lumineuse.
	Lux	Unité de mesure de l'éclairement lumineux. Il caractérise le flux lumineux reçu par unité de surface : 1 lux = 1 lm/m^2. Cadre normatif pour définir les niveaux minimum requis pour l'éclairage public...
P	**Parasurtenseur ou parafoudre**	Protège les installations électriques et de télécommunications contre les surtensions du réseau de distribution
R	**Récepteur**	Dispositif électronique installé dans les armoires de commandes qui ordonne l'allumage et l'extinction de l'éclairage. Son fonctionnement est associé à l'émetteur d'une commande centralisée.
U	**ULOR**	Acronyme anglo-saxon signifiant « *Upward Light Output Ratio* » Pourcentage de flux lumineux émis par la lampe au dessus de l'horizontale (dirigé vers le ciel).
	Uniformité	Rapport de l'éclairement minimal à l'éclairement moyen de la surface considérée. Uniformité d'éclairement moyen : Uo = E min/E moy (coefficient 1 = uniformité parfaite).
V	**Variateur de puissance**	Système électronique qui permet de réduire le niveau d'éclairement par la réduction de puissance. L'implantation du dispositif peut s'effectuer au point lumineux ou de manière centralisée à l'armoire de commande.

Mentions légales

Directeur de la publication :
Michel Heinrich, Président du Syndicat Mixte du *SCoT des Vosges Centrales*

Suivi de publication :
Jacques Gröndahl, chargé de missions Climat-Energie, *SCoT des Vosges Centrales*

Élaboration :
- Conception graphique : Nathalie Camail, bureau d'études *ACERE*
- Conseil technique : Nathalie Camail, Lucile Jacquot et Laurent Dumas, *ACERE*
- Trame Noire et biodiversité : Claude Maury , cabinet *L'Atelier des Territoires*
- Pollution Lumineuse : Sébastien Vauclair, bureau d'études *DarkSkyLab*
- Engagement des collectivités : Jacques Gröndahl et Théo Lukasek, *SCoT des Vosges Centrales*

Remerciements :
- Didier Mathieu, Responsable du *planétarium d'Epinal*
- Thierry Demange, photographe, pour la photo p.13
- Jean-François Hamard, photographe, pour les clichés d'Épinal avant et après extinction
- A tous les bénévoles du Planétarium ayant contribué à la campagne de mesures
- A tous les participants du groupe de travail, qui ont contribué, par leur relecture et leurs apports à l'amélioration de la qualité du présent support

Financement :
Guide réalisé avec le soutien de l'ADEME et de l'Etat dans le cadre du programme *Territoire à Energie Positive pour la Croissance Verte (TEPCV).*

Impression : 100 exemplaires

Ouvrage disponible au :
Syndicat Mixte du SCoT des Vosges Centrales
4, rue Louis Meyer - 88190 Golbey
À télécharger sur : www.scot-vosges-centrales.fr

© Photos de couverture : Jean-François Hamard

Mettre en Lumière l'Univers de la Nuit

Guide pour une sobriété de l'éclairage public dans les Vosges Centrales

Volume I : Une Trame Noire pour le SCoT

Prérequis

Les enjeux d'une politique éclairée d'éclairage public

Les collectivités des Vosges Centrales s'engagent

A qui s'adresser ?

Volume II : Concevoir un projet d'éclairage compatible avec la Trame Noire du SCoT

Les questions à se poser avant tout projet d'éclairage ?

Quels équipements spécifiques envisager ?

Comment choisir son luminaire ?

SCOT
Schéma de Cohérence Territoriale

SYNDICAT MIXTE
DU SCOT DES
VOSGES CENTRALES