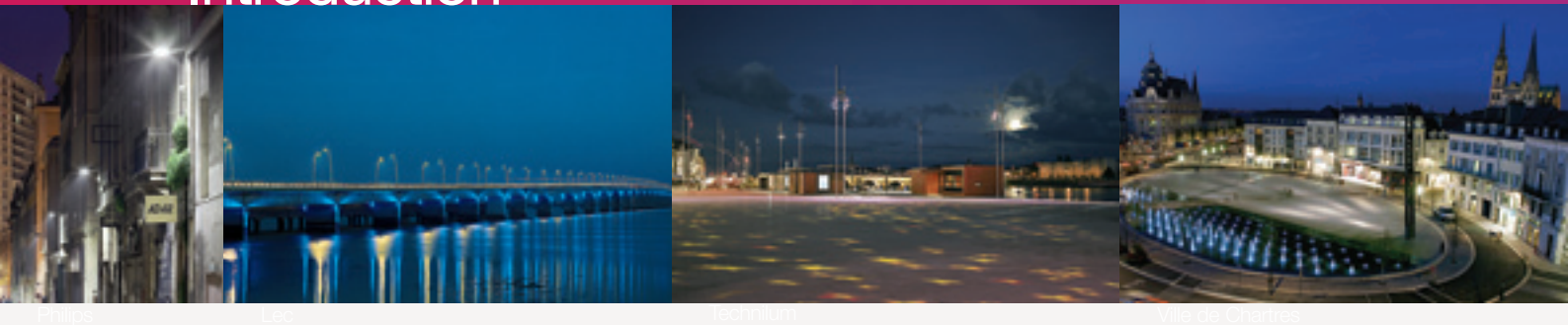


Éclairer Juste



Introduction



Le développement durable : un enjeu permanent de l'éclairage extérieur, renforcé par le Grenelle Environnement

Depuis les premières lanternes déposées en 1558 devant quelques portes et fenêtres parisiennes jusqu'aux systèmes d'éclairage les plus récents, les critères de performances, d'économies d'énergie, de sécurité et de confort visuel sont au cœur des exigences des acteurs de l'éclairage extérieur, des fabricants jusqu'à l'utilisateur final, en passant par les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre, architectes et concepteurs lumière, sans oublier les installateurs. Aujourd'hui, ils sont incontournables :

- **Enjeux économiques** : la consommation d'éclairage extérieur, environ 5 TWh, ne représente que 1 % de la production totale d'électricité en France, mais correspond à 48 % des consommations d'électricité des collectivités territoriales, soit 18 % de leurs consommations toutes énergies confondues. Ce service public pèse pour environ 37 % dans la facture d'électricité des communes.
- **Enjeux environnementaux** : des consommations contrôlées, des nuisances lumineuses limitées, un éclairage adapté aux seules exigences visuelles, la garantie d'une filière de collecte et de recyclage, etc. : autant de critères à prendre en compte pour des installations respectueuses de l'environnement, que les lois Grenelle Environnement vont maintenant rendre obligatoires, dans le neuf comme dans l'existant.
- **Enjeux sociaux** : la sécurité des personnes et des biens reste la première des priorités, qu'elle soit immédiate (sécurité des déplacements dans les espaces publics), ou de long terme (limitation des rejets de CO₂ et des effets du changement climatique). Elle s'accompagne de la recherche d'une qualité de vie que les ambiances lumineuses judicieusement réparties dans l'espace et le temps peuvent procurer. Les exigences spécifiques de santé visuelle (malvoyants, personnes âgées) peuvent et doivent aujourd'hui être traitées de façon plus pertinente.

Un gisement prometteur de réduction des consommations

En France, 9 millions de lampes fonctionnent entre 3 500 h/an et 4 300 h/an pour une puissance installée d'environ 1 260 MW.

L'analyse de l'état des lieux des installations, confirmée par le Grenelle Environnement, fait apparaître d'importants besoins de rénovation ; plus de la moitié du parc est composée de matériels obsolètes et énergivores : boules diffusantes, lampes à vapeur de mercure (environ 1/3 du parc), et 40 % des luminaires en service ont plus de 25 ans.

Même si l'éclairage extérieur fonctionne à 86 % du temps en heures creuses (à faible émission de CO₂), celui-ci participe cependant à la pointe de demande d'électricité en début de soirée l'hiver, fortement chargée en carbone (car issue d'énergie fossile).

La majorité des installations doivent être rénovées et les technologies efficaces sont disponibles : le potentiel de réduction des consommations est énorme. Pour y parvenir, il faut désormais raisonner en coût global et, au-delà de l'investissement initial, tenir compte notamment de la performance des lampes, des luminaires, et des systèmes qui les gèrent, des coûts d'exploitation, de maintenance et de recyclage. Ceci dans un cadre réglementaire en évolution suite aux conclusions du Grenelle Environnement.

Les exigences pour éclairer juste



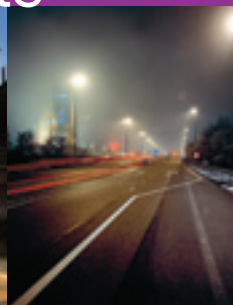
Eclatec



Thorn



Ludac



Havells Sylvania

Réaliser un diagnostic de l'existant, puis un projet, permet de définir et d'ordonner les besoins en éclairage. La norme européenne NF EN 13201 et les *Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques* de l'Association française de l'éclairage (AFE) donnent des indications sur les valeurs d'éclairement et de luminance à maintenir et recensent les solutions selon la nature des sites et des voies. Le projet d'éclairage doit être élaboré en prescrivant des produits performants et adaptés, facteurs clés d'une bonne maîtrise de l'énergie et d'une réduction des nuisances lumineuses.

Optimiser les consommations

La maîtrise des énergies consommées passe par la qualité des études d'éclairage. Celles-ci s'effectuent grâce à une étude photométrique pertinente, à un matériel efficace – lampes, luminaires, auxiliaires d'alimentation – et à des systèmes de gestion et de variation de puissance adaptés aux besoins.

- **L'étude d'éclairage** : étape fondamentale

Après avoir défini et confirmé les besoins réels d'éclairage extérieur, il est indispensable, en neuf ou en rénovation, de réaliser une étude photométrique. Seul le fabricant ou un concepteur compétent et équipé des outils nécessaires est à même de réaliser cette étude. Trop souvent, les installations sont effectuées *"par habitude"*, ce qui peut engendrer des surconsommations, pouvant atteindre plusieurs dizaines de pourcents.

- **Le choix des lampes et des luminaires**

Les différentes caractéristiques des lampes permettent de répondre au mieux aux besoins de l'installation : efficacité lumineuse, dépréciation du flux lumineux, durée de vie, température de couleur, etc. La photométrie et le degré de protection IP caractérisent les principales performances d'un luminaire. La meilleure des sources installée dans un mauvais luminaire donnera un résultat médiocre, et beaucoup de nuisances. Ainsi, le couplage optimal source/luminaire est un élément essentiel pour obtenir une bonne efficacité de l'installation, aussi appelée *"facteur d'utilisation"*.

- **Les appareillages d'alimentation et les systèmes de commande**

Les appareillages ferromagnétiques anciens peuvent être avantageusement remplacés par des ballasts électroniques qui offrent des fonctionnalités complémentaires telles que la régulation automatique de tension et la gradation. Des systèmes de commande autonomes ou centralisés permettent de contrôler les durées d'allumage et de moduler les valeurs d'éclairement selon les besoins définis par l'autorité publique.

Optimiser l'efficacité énergétique

L'indicateur principal correspond à la puissance installée nécessaire pour éclairer, à une certaine intensité lumineuse, une surface donnée de voirie. Plus cette puissance est faible, plus l'installation est performante. Cela signifie aussi que la part des rayons lumineux perdus est faible, donc que les nuisances sont limitées. L'efficacité énergétique s'exprime en watts par lux et par mètre carré de surface éclairée, sous la forme :

$$\frac{1}{u.MF.fe}^{(1)}$$

u : facteur d'utilisation de l'installation
(rapport du flux utile au flux de la lampe)

MF : facteur de maintenance (conservation des performances photométriques dans le temps)

fe : efficacité lumineuse en lumens par watt
(lampe + appareillage)

La meilleure efficacité s'obtient par l'optimisation simultanée de chacun des 3 facteurs.

(1) Voir *Efficacité énergétique en éclairage public*, Dossier de l'Association française de l'éclairage.

Le parc installé de 9 millions de lampes est composé d'environ 55 % de lampes au sodium haute pression (SHP), 30 % de lampes à vapeur de mercure, appelées aussi "*ballons fluorescents*" (BF) ; le reste est partagé entre les lampes mixtes, aux iodures métalliques (IM), les LEDs et les lampes fluorescentes.

Caractéristiques essentielles

Les performances d'une lampe sont déterminées par un certain nombre de caractéristiques.

- **La puissance**, exprimée en watts (W).
- **Le flux lumineux** exprimé en lumens (lm) : quantité de lumière émise par la lampe.
- **L'efficacité lumineuse** exprimée en lumens par watt (lm/W) : rapport entre le flux lumineux nominal de la lampe et sa puissance consommée. Une lampe SHP présente une efficacité lumineuse de 80 à 150 lm/W, alors qu'une lampe à vapeur de mercure (interdite à la vente en avril 2015) offre seulement de 35 à 60 lm/W. Pour obtenir l'efficacité lumineuse globale, il faut ajouter les consommations des appareillages à celle de la lampe. Il est recommandé d'exiger une efficacité lumineuse globale d'au moins 65 lm/W (cf. Circulaire 03/12/2008).
- **La durée de vie économique** (heures) : période au terme de laquelle la chute de flux d'une lampe, combinée à son taux de mortalité, ne permet plus de garantir les niveaux d'éclairement requis. Un remplacement systématique préventif des lampes sur l'installation est alors nécessaire, même si celles-ci fonctionnent encore.
- **La température de couleur**, en kelvins (K) : qualifie l'ambiance lumineuse. Elle varie des teintes

chaudes, à dominante orangée (2 500 K) aux teintes froides, d'un aspect bleuté (5 500 K et plus).

- **L'indice de rendu des couleurs** (Ra ou IRC) : capacité d'une lampe à restituer fidèlement les couleurs telles qu'elles le sont sous la lumière naturelle. Le maximum est 100.
- **Sa forme ou sa taille** : les formes et dimensions de la source et de ses composants internes (brûleur ou nombre de LEDs, par exemple) auront une incidence sur les optiques qu'on pourra y associer.

Exigences européennes

Depuis avril 2010, les fabricants fournissent au moins les informations suivantes sur des sites web en accès libre pour les lampes fluorescentes à ballast séparé et pour les lampes à décharge :

- la puissance nominale et assignée ;
- le flux lumineux nominal et assigné ;
- l'efficacité lumineuse assignée à 100 h ;
- le facteur de conservation du flux lumineux (facteur de dépréciation) ;
- le facteur de survie (taux de survivance) ;
- la teneur en mercure (en mg) ;
- l'indice de rendu des couleurs ;
- la température de couleur ;
- la température ambiante pour laquelle la lampe émet son flux lumineux nominal.

LAMPES UTILISÉES EN ÉCLAIRAGE EXTÉRIEUR EXCLUES DU MARCHÉ PAR LE RÈGLEMENT EUROPÉEN 245/2009	
Avril 2012	Lampes fluorescentes T10 (tubes de 32 mm de diamètre) et T12 (tubes de 38 mm de diamètre)
	Les moins performantes des lampes sodium haute pression (SHP) et iodures métalliques (IM)
Avril 2015	Lampes à vapeur de mercure haute pression, appelées aussi ballons fluorescents (BF)
	Lampes mixtes
	Lampes SHP de substitution aux lampes à vapeur de mercure
Avril 2017	Lampes fluocompactes à 2 broches (lampes à starter intégré)
	Lampes IM ≤ 405 W les moins performantes

Nota bene : les ballasts pour lampes à décharge présentant une efficacité énergétique médiocre sont exclus à partir d'avril 2017.

CARACTÉRISTIQUES DES PRINCIPALES LAMPES EN ÉCLAIRAGE EXTÉRIEUR						
Type de lampe	Efficacité lumineuse		Température de couleur (K)	IRC	Durée de vie économique (h)	Applications courantes
	Lampe + ballast ferromagnétique (lm/W)	Lampe + ballast électronique (lm/W)				
Vapeur de sodium haute pression						
50 à 1 000 W 	58 à 131	58 à 131	2 000 à 2 150	20 à 65	9 000 à 24 000	Urbain, routier, grands espaces, illuminations
Iodures métalliques à brûleur céramique						
Mococulot G8.5, G12, G22, E27, E40 35 à 250 W 	69 à 92	69 à 92	3 000 à 4 200	> 80	6 000 à 12 000	Illuminations, parcs et jardins, résidentiel, espaces piétonniers
Double culot 70 à 250 W 	–	83 à 91	3 000 à 4 200	> 80	9 000 à 12 000	
Iodures métalliques nouvelle génération						
45 à 150 W 	–	84 à 111	2 850 à 3 000	65 à 70	16 000	Urbain, espaces piétonniers
Fluorescence						
À culot à broches avec alimentation électronique séparée 5 à 120 W 	–	50 à 87	2 700 à 4 000	80 à 98	8 000 à 15 000	Tunnels, passages souterrains, ponts
Haut rendement Ø 26 mm (T8) rectiligne ou circulaire 15 à 58 W 	–	65 à 98	2 700 à 5 400	80 à 98	12 000 à 66 000	
Électronique Ø 16 mm (T5) rectiligne ou circulaire 14 à 80 W 	–	75 à 104	3 000 à 8 000	85 à 98	18 000	
À induction						
55, 85 et 165 W 	–	65 à 74	2 700, 3 000, 4 000	> 80	60 000	Tunnels, espaces piétonniers
LEDs						
LED de puissance pour l'éclairage extérieur 	70 à 95 (LED + alimentation électronique)		3 000 à 4 500	> 65	35 000 à 50 000	Voies urbaines, routières, résidentielles
LED de puissance pour l'éclairage extérieur à haut IRC	50 à 85 (LED + alimentation électronique)		3 000 à 4 500	> 80	20 000 à 50 000	Parcs et jardins, places, espaces piétonniers, voies urbaines et résidentielles

Caractéristiques des solutions LEDs en éclairage extérieur (données 2010)

Les LEDs sont des composants électroniques émettant de la lumière dont les performances – température de couleur, durée de vie – sont dépendantes des conditions dans lesquelles elles fonctionnent (température de jonction, température interne au luminaire, intensité du courant). En conséquence, le flux émis par le luminaire est une donnée plus importante que celui des LEDs seules. Les performances des LEDs vont encore progresser, en particulier en matière d'efficacité énergétique, et des normes photométriques devraient bientôt permettre de s'assurer des caractéristiques réelles de ces solutions d'éclairage. Pour certaines applications spécifiques, les LEDs ont l'avantage d'admettre une alimentation en courant continu, ce qui simplifie l'utilisation de sources d'énergies renouvelables. Enfin, elles s'allument et se rallument immédiatement. Pour une application sans risque de ces solutions d'éclairage LED, l'Anses (www.anses.fr) recommande aux professionnels de veiller à respecter l'ensemble des normes relatives à la qualité de l'éclairage.

Attention, les performances et les applications des LEDs sont en constante évolution. Consultez la *Grille de maturité* des solutions LEDs, régulièrement mise à jour, sur www.syndicat-eclairage.com.

Les lampes à décharge ont besoin d'auxiliaires d'alimentation électriques, en particulier d'un ballast, pour stabiliser leur fonctionnement. On peut y adjoindre des systèmes de gestion qui peuvent être logés dans les armoires ou les luminaires, selon les techniques utilisées.

Les ballasts

On distingue deux catégories de ballasts :

- **Le ballast ferromagnétique (ou conventionnel)** : il stabilise l'intensité de la lampe à sa valeur nominale. Il est associé à des auxiliaires, l'amorceur qui assure l'allumage des lampes à décharge à haute pression ou le starter pour les lampes fluorescentes, et le condensateur qui permet de rétablir le facteur de puissance ($\cos \phi$). Le règlement européen 245/2009 interdit en 2017, pour la fluorescence comme pour les autres lampes à décharge, les ballasts conventionnels présentant les plus fortes pertes.
- **Le ballast électronique** : il assure les fonctions d'amorçage, de stabilisation et de correction du facteur de puissance, rectifie les variations de tension du réseau, réduit en général de 5 à 10 % la consommation totale de la lampe et du ballast, à flux équivalent, et offre la possibilité d'une gradation lumineuse.

• Gradation - Régulation

Quelques mises en garde s'imposent :

- pour les lampes sodium haute pression : la variation de la tension est possible uniquement si le ballast est ferromagnétique et la variation de la puissance est possible avec un ballast électronique adapté.
- pour les lampes aux iodures métalliques : la variation de tension risque d'entraîner des problèmes d'allumage, de décrochages, de dérives de la température de couleur, de dégradation de l'indice de rendu des couleurs et une éventuelle réduction de la durée de vie des lampes. La variation de puissance n'est possible que pour certains types précis de lampes, et uniquement avec un ballast électronique adapté.



Ces mises en garde ne concernent pas les systèmes à LEDs.

• Télésurveillance et télégestion

- Un système de télésurveillance consiste à transférer les informations de chaque point lumineux au centre de contrôle, en particulier pour connaître les dysfonctionnements en temps réel ou en différé. Certains de ces systèmes peuvent intégrer une fonction de commande.
- Un système de télégestion consiste à transférer les informations du centre de contrôle à chaque point lumineux.

Les systèmes de gestion

Plusieurs étapes ou niveaux de gestion sont possibles, de la simple commande d'allumage / extinction à la télégestion, en passant par la gradation et la régulation.

• Allumage et extinction :

les interrupteurs crépusculaires (cellules) mesurent la quantité de lumière naturelle et déclenchent l'éclairage à partir d'un seuil assigné adapté à la tâche visuelle,

- les calculateurs astronomiques radiosynchronisés assurent la synchronisation des allumages. Ils gèrent les temps d'allumage à l'aide de programmations et peuvent être couplés à des systèmes de variation, de régulation ou de télégestion,

- la commande centralisée, associée à une horloge universelle, une cellule ou un calculateur astronomique, assure le pilotage à distance des alimentations.



Osram



Philips

Caractéristiques des luminaires

Un luminaire destiné à l'éclairage extérieur est un ensemble optique, mécanique et électrique équipé pour recevoir une ou plusieurs sources de lumière et qui comprend un corps, un système optique, et très souvent le ballast et un système de gestion. Il doit répondre aux objectifs suivants :

- distribuer le flux lumineux émis par la lampe de façon à obtenir la répartition désirée, en permettant aux sources de conserver un fonctionnement normal ;
- contrôler le flux lumineux pour éviter les nuisances et la gêne visuelle des usagers ;
- posséder des qualités électriques et mécaniques qui le rendent propre à l'usage ;
- protéger les lampes et les dispositifs optiques et électriques contre les intempéries, l'encrassement et la corrosion.

Pour assurer la sécurité électrique et mécanique, les luminaires doivent être conçus selon la norme NF EN 60598 (norme de construction) et mis en œuvre selon la norme NF C 17-200 (norme d'installation).

Deux paramètres sont déterminants pour la qualification d'un luminaire :

- L'IP, qui indique le degré de protection contre la pénétration des poussières et des liquides. Les lettres IP sont suivies de deux chiffres dont le premier indique la protection contre la pénétration des corps solides et le deuxième contre la pénétration des corps liquides. Le degré d'étanchéité est déterminant car il agit directement sur le maintien dans le temps des performances photométriques

du luminaire (facteur de maintenance). Les autres parties du luminaire peuvent avoir un degré IP différent de celui du compartiment optique. La circulaire "achats publics durables" exige au minimum IP 5X (X étant en pratique 4 ou 5). Les luminaires de l'opération standardisée CEE RES-EC-04 doivent être IP 55 minimum.

- L'ULOR* est le pourcentage du flux des lampes (mesuré en laboratoire) émis directement par les luminaires vers le ciel, dans leur position de fonctionnement. Ce critère ne permet pas à lui seul de caractériser le flux total dirigé vers le ciel du fait du flux réfléchi par les surfaces éclairées.

Les supports

Les luminaires pour l'éclairage extérieur sont fixés sur des supports qui sont constitués par des candélabres ou des consoles, en acier, aluminium, fonte, bois, béton, matériaux composites. Les candélabres doivent être conformes à la norme NF EN 40 qui les concerne.

Ces supports s'apparentent au mobilier urbain qui doit offrir à la fois un environnement agréable et confortable et une résistance maximale, en particulier à la corrosion et au vandalisme.

Au-delà du support de luminaires, le mât, par la diversité de ses designs, doit s'harmoniser avec chaque type d'environnement. Discret, ou au contraire acteur de l'architecture des villes, le mât prend une autre dimension dans nos paysages urbains.

* Upward Light Output Ratio : flux lumineux émis vers l'hémisphère supérieur.

LES PRINCIPAUX TYPES DE LUMINAIRES UTILISÉS EN ÉCLAIRAGE EXTÉRIEUR



Les encastrés de sol



Les projecteurs en saillie



Les luminaires routiers



Les encastrés muraux



Les bornes



Les luminaires d'ambiance



Cahier des charges

Les niveaux de luminance sont choisis en fonction de la nature de la voie à éclairer ainsi que des paramètres liés à son environnement et sa fréquentation. Des valeurs photométriques indicatives, associées à chaque type de voie, sont prescrites dans la norme NF EN 13201-2 *Éclairage public – Exigences de performances*, selon la classification des voies définies dans le rapport technique RT 13201-1. Les uniformités longitudinale et générale de luminance permettent de garantir une visibilité satisfaisante sur l'ensemble de la surface considérée (uniformité d'aspect).

Il faut choisir des lampes tubulaires claires à efficacité lumineuse élevée, par exemple SHP ou iodures métalliques nouvelle génération, installées dans des luminaires qui concentrent le flux lumineux sur la chaussée afin d'obtenir le meilleur facteur d'utilisation, sans pour autant, pour la sécurité des piétons, négliger les trottoirs adjacents à la voie.

Des adaptations par rapport aux recommandations de la norme peuvent être effectuées, sous la res-



Valmont

ponsabilité des autorités compétentes, notamment pour des raisons d'économies d'énergie et pour assurer la protection d'espaces naturels sensibles (la Loi Grenelle 2 impose que les projets d'infrastructures des collectivités prennent en compte les "trames vertes et bleues" en assurant leur continuité).

Maintenance des équipements et des performances

Les luminaires à degré de protection élevé (IP 65 minimum) sont conçus pour empêcher l'encrassement du bloc optique et

facilitent les opérations d'entretien en évitant les nettoyages internes difficiles à effectuer (travaux en hauteur sur des voies souvent encombrées).

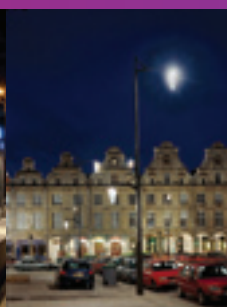
L'intervention concerne seulement le remplacement des lampes hors d'usage, un nettoyage de la surface externe de la vasque (certaines sont en verre autonettoyant) et la vérification des appareillages électriques.

EXEMPLE DE GAINS OBTENUS EN RÉNOVATION D'INSTALLATION D'ÉCLAIRAGE, IMPLANTATION INCHANGÉE (voie de 7 m de large, espacement de 28 m entre chaque point lumineux, tous à 8 m de hauteur)

	Existant	Rénovation
Mode fermeture du luminaire	Ouvert IP 23 (sans vasque)	Vasque verre IP 65
Type de lampe	Ovoïde, 250 W Vapeur de mercure (ballon fluorescent)	Tubulaire, 100 W Vapeur de sodium haute pression (SHP)
Flux lumineux de la lampe utilisée	13 600 lm	10 700 lm
Efficacité lumineuse lampe + ballast	50 lm/W	94 lm/W
Facteur d'utilisation (rendement lumineux) de l'installation	31 %	40 %
Nombre de foyers lumineux au km	36	36
Éclairement moyen à la mise en service	16,7 lux	17 lux
Facteur de dépréciation au bout de 2 ans (avant entretien)	0,38	0,80
Éclairement moyen au bout de 2 ans (avant entretien)	6,4 lux	13,6 lux
Puissance lampe + ballast (ferromagnétique)	250 + 21 = 271 W	100 + 14 = 114 W
Nombre d'heures de fonctionnement par an	4 160 h	4 160 h
Consommation annuelle au km	40 585 kWh	17 073 kWh
Économies d'énergie	—	58 %



Philips



Comatelec



Thorn



Trilux

Cahier des charges

Première étape : effectuer un diagnostic de l'installation et de son état, pour pouvoir ensuite définir son évolution pour les années à venir.

Fondé sur cet inventaire et les éventuelles contraintes du plan lumière de la ville, le cahier des charges du projet d'éclairage doit préciser :

- la classe normative de la voie à éclairer,
- les taches visuelles exigées aux différentes heures de fonctionnement,
- les températures de couleur imposées,
- le degré de protection IP,
- les cycles de maintenance,
- le degré de pollution de l'air (urbain, rural),
- les caractéristiques spécifiques du projet (hauteur, esthétique, exigences ULOR).

Les lampes SHP et certaines lampes iodures métalliques présentent les meilleures efficacités énergétiques. Certains luminaires à LEDs de puissance permettent (en 2010) d'éclairer, avec une efficacité acceptable (énergie, confort visuel, uniformité), des zones résidentielles ou urbaines. Les LEDs permettent également de créer facilement des ambiances lumineuses colorées et dynamiques. Les luminaires sont choisis en fonction de l'adéquation entre leurs performances photométriques, le projet et le contrôle des nuisances lumineuses. Le choix de la hauteur des mâts doit tenir compte des critères esthétiques, photométriques, énergétiques et environnementaux.

Maintenance des équipements et des performances

Effectuer un entretien périodique de l'installation, c'est en conserver l'efficacité énergétique : nettoyer les luminaires, changer les lampes et les condensateurs, contrôler les supports, assurer la maintenance électromécanique. Pour les produits choisis hors catalogue, il est prudent de s'assurer de leur facilité de maintenance et de la disponibilité des pièces détachées.



Comatelec

COMPARAISON DU BILAN ANNUEL D'UNE INSTALLATION D'ÉCLAIRAGE URBAIN SELON LE MODE DE GESTION (puissance installée 15 kW)						
Mode de contrôle	Allumage permanent (cellule)		Calculateur astronomique ⁽¹⁾		Calculateur astronomique + variation de puissance ⁽²⁾	
Application	Durée d'allumage	Consommations annuelles	Durée d'allumage	Consommations annuelles	Durée d'allumage	Consommations annuelles
Éclairage public (75 %)	4 160 h	46 800 kWh	3 938 h	44 302 kWh	3 938 h	38 074 kWh
Espaces piétonniers (25 %)	4 160 h	9 360 kWh	3 938 h	8 860 kWh	3 938 h	3 623 kWh
Total	4 160 h	56 160 kWh	3 938 h	53 162 kWh	3 938 h	41 697 kWh
Évolution des consommations				-5,4 %		-26 %

(1) Calcul astronomique sur la base du centre de la France, soit 3 938 heures en permanent.

(2) Extinctions déjà définies par le calculateur + éclairage maximum du crépuscule à minuit et éclairage minimum de minuit à 5 h du matin.



© G. R. M. / A. B.



© L. B.



© V. M. / A. B.



© S. M. / A. B.

Cahier des charges

Un projet d'illumination de parc ou de mise en valeur de bâtiment doit être traité en harmonie avec les autres ambiances lumineuses définies par le plan lumière.

- Suivant l'effet recherché, l'éclairagiste propose un choix de matériels en fonction des photométries des luminaires et des caractéristiques des lampes. Il faut, en particulier, éviter les nuisances lumineuses et respecter, au moment de la maintenance, les réglages préconisés lors de l'installation (cf. plaquette *Maintenance en éclairage extérieur* éditée par le Syndicat de l'éclairage). L'effet obtenu dépend des choix artistiques.
- Compte tenu des risques de chocs et de détérioration, les projecteurs, bornes et luminaires de faible hauteur doivent présenter une bonne résistance mécanique (de IK 08 à IK 10 – anti-vandalisme) et une sécurité électrique optimale.
- Pour les luminaires encastrés dans le sol, il est recommandé d'adopter des matériels IP 67. Les luminaires encastrés dans les murs et les objets lumineux devront avoir un niveau maximum d'ULOR de 35 %. Pour les luminaires d'éclairage piétonnier, le niveau d'ULOR à respecter est de 25 % maximum.
- Le ballast électronique offre l'avantage d'assurer la coupure automatique de l'alimentation lorsque la lampe est défectueuse. Il garantit par ailleurs la stabilisation et la régulation de la tension et contribue ainsi à un meilleur maintien des températures de couleur dans le temps.

- Les systèmes de variation de puissance, associés éventuellement à un dispositif de commande centralisée, adaptent la consommation énergétique aux besoins définis par l'exploitant.
- Les solutions d'éclairage à LEDs permettent une mise en valeur nuancée des monuments, parcs et jardins. Leurs systèmes de pilotage électronique facilite la conception et la mise en œuvre d'effets de lumière dynamiques et colorés, fiables et aux coûts de maintenance et aux consommations maîtrisés.
- Les parcs et jardins peuvent être des zones intra-urbaines d'un intérêt particulier pour la biodiversité (cours d'eau, zones à végétation spécifique, etc.). Une attention particulière devra donc être portée aux modes et durées d'éclairage artificiel (températures de couleur adaptées, durées et zones limitées d'éclairage). L'éclairage public doit faire partie intégrante de la gestion optimisée des espaces naturels en zone urbaine.

Maintenance des équipements et des performances

Maintenir, c'est aussi conserver le choix esthétique du projet initial en portant une attention particulière au changement à l'identique des lampes et au respect des réglages des projecteurs.



© T. M.



© L. B.

Grands espaces, parkings, terrains de sports



Comatelec



Havells Sylvania



Philips

Cahier des charges

Il faut disposer ici de niveaux d'éclairage élevés à certains moments, en particulier sur les parkings ou dans les terrains et tribunes de stades sportifs.

Pour l'éclairage à grande hauteur qui utilise principalement des projecteurs équipés de lampes de grande puissance et de forte luminance, l'éblouissement doit être maîtrisé.

Pour l'éclairage sportif, il faut se référer à la norme NF EN 12193 et au "Guide de l'éclairage des installations sportives" rédigé par l'AFE (Éditions Lux) qui prend en compte les règlements des fédérations sportives.

- Les lampes de flux lumineux élevé et l'augmentation de la hauteur des mâts ont permis la réalisation de solutions comprenant un nombre réduit de supports et de sources lumineuses.
- Dans les parkings et terrains de petites dimensions, on peut utiliser des luminaires du type "éclairage urbain".
- Pour éviter la lumière perdue, les nuisances lumineuses et les gênes visuelles, on utilise des luminaires disposant d'optiques performantes et précises, éventuellement équipés d'accessoires complémentaires (volets paralumes).
- Les régulateurs de tension permettent d'éviter les surtensions, sources de surconsommations, et d'éviter le désamorçage de la lampe dû aux chutes de tension. Il existe des possibilités de réamorçage à chaud pour certaines lampes de forte puissance ainsi que des alimentations secourues (groupe électrogène ou système batteries-onduleur) qui pallient les coupures secteur.

- Du fait des niveaux lumineux très élevés prescrits pour les terrains de sport, et donc de risque de nuisances générées très fortes, ces installations doivent être très soigneusement conçues – facteurs d'utilisation élevés et si possible des variations d'intensité d'éclairage – et surtout bien gérées dans le temps (surveillance des durées d'utilisation, des niveaux lumineux selon les événements, des coupures par les utilisateurs aussitôt après usage, etc.). En effet, ces installations sont parmi celles qui seront les plus susceptibles d'être visées par la limitation des nuisances prévues par les lois Grenelle Environnement.

Maintenance des équipements et des performances

Il est conseillé de remplacer systématiquement l'ensemble des lampes, sur la base de leur durée de vie économique (facteur de la dépréciation du flux et du taux de survivance).

Ce remplacement est l'occasion de nettoyer l'optique du luminaire (sauf si elle est scellée), de vérifier la fixation de la lampe, les connexions et l'état de l'appareillage. Il est conseillé de mettre hors circuit des lampes défaillantes pour éviter la consommation superflue des auxiliaires.

Une bonne adéquation entre le choix des équipements et la politique d'entretien permet de maîtriser les coûts d'exploitation.

EXEMPLE D'UN PARKING D'HYPERMARCHÉ			
Puissance totale installée : 68,6 kW (80 luminaires avec 2 lampes de 400 W + 2 ballasts de 29 W)	Cellule	Calculateur astronomique sur la base du centre de la France	Calculateur astronomique et réduction de 23 h à l'aube sur 50 % de la puissance
Durée d'allumage par an	4 300 h	4 071 h	Calcul astronomique permanent sur 50 % des luminaires pendant 4 071 h et abaissement de 23 h à l'aube de 50 % de la puissance installée
Consommations annuelles	295 152 kWh	279 433 kWh	179 425 kWh
Évolution des consommations	—	-6 %	-39 %

Éléments de diagnostic et d'aide au calcul en coût global d'une installation d'éclairage extérieur

12

	Éclairage routier	Éclairage urbain	Illuminations	Grands espaces
Données de base				
Niveau d'éclairement à maintenir / luminance souhaitée				
Facteur de dépréciation (de 0,4 à 0,85)				
Niveau d'éclairement / luminance à la mise en service (calculés)				
Caractéristiques photométriques du revêtement routier				
Description de l'installation				
Type de luminaire				
Type de lampe				
Type d'appareillage				
Type de système de commande				
Type de support				
Hauteur de feu				
Espacement entre luminaires				
Nombre de supports				
Nombre de luminaires (au km)				
Données relatives au coût de l'installation				
Luminaires				
Appareillages				
Lampes				
Supports				
Systèmes de commande				
Armoires d'alimentation				
Coût d'installation et de génie civil				
Coût total				
Données relatives au coût de l'énergie				
Puissance nominale pour l'ensemble lampe + ballast				
Nombre annuel d'heures d'allumage à pleine puissance				
Puissance en régime réduit de l'ensemble lampe + ballast				
Nombre annuel d'heures d'allumage en régime réduit				
Puissance souscrite pour l'armoire				
Coût de l'abonnement				
Coût du kWh				
Coût total annuel de l'énergie				
Données relatives au coût de la maintenance				
Périodicité du changement de lampes systématique				
Coût unitaire du changement de lampe systématique				
Coût unitaire du changement de lampe au coup par coup				
Coût annuel du changement de lampe (systématique et coup par coup)				
Coût annuel de la maintenance curative (hors lampe)				
Coût total annuel de la maintenance				
Coût annuel de l'installation				
Coût d'investissement				
Durée d'amortissement				
Taux d'intérêt				
Charges financières				
Coût de l'énergie				
Coût de la maintenance				
Coût total				
Coût global sur 25 ans				

Cet inventaire n'est qu'indicatif. Il convient de l'adapter en intégrant les critères propres à chaque cas.

Certificats d'économies d'énergie

Les CEE, mis en place par le ministère de l'Industrie en 2006, imposent aux fournisseurs d'énergie de réaliser des opérations d'économies d'énergie. Trois moyens pour y parvenir : investir sur son propre patrimoine, inciter les clients à faire des investissements, acheter des certificats à d'autres acteurs.

Des "opérations standardisées" ont été définies, avec un calcul forfaitaire des économies d'énergie exprimées en kWh cumulés actualisés (kWh cumac). Les kWh cumac représentent les kWh économisés durant la durée de vie conventionnelle fixée d'un équipement, corrigés d'un coefficient d'actualisation. Une collectivité qui rénove ses installations d'éclairage peut déposer sa demande de certificat auprès des autorités compétentes (DREAL). Les kWh cumac ainsi obtenus sont négociables auprès des fournisseurs d'énergie pour leur permettre d'atteindre leurs obligations. Les collectivités peuvent également se regrouper pour obtenir des CEE négociables.

QUATRE OPÉRATIONS STANDARDISÉES RELATIVES À L'ÉCLAIRAGE EXTÉRIEUR	
RES-EC-01	Système de régulation de tension en éclairage extérieur
RES-EC-02	Système de maîtrise de la puissance réactive en éclairage extérieur
RES-EC-03	Système de variation de puissance en éclairage extérieur
RES-EC-04	Luminaire d'éclairage extérieur

Contrat de performance énergétique

Ces contrats sont conclus entre un maître d'ouvrage/donneur d'ordre et un opérateur qui délivre une prestation, ou réalise un investissement, visant à améliorer l'efficacité énergétique. Le contrat engage cet opérateur sur la durée du service et sur les performances énergétiques et économiques qu'il a garanties. Les investissements nécessaires peuvent être couverts, totalement ou en partie, par les économies générées et garanties contractuellement.

Circulaire du 3 décembre 2008 "État exemplaire"

La fiche 16 de la Circulaire du 03/12/2008 (JORF du 12/02/2009) relative à l'exemplarité de l'État dans la prise en compte du développement durable dans les achats publics, fixe pour l'éclairage un cahier des charges exemplaire.

Il exige pour les marchés de fourniture un minimum de 65 à 70 lm/W pour l'ensemble lampe + ballast et IP 5X pour tous les luminaires (IP 65 pour les encastrés de sols). Il fixe des valeurs limites d'ULOR (nuisances lumineuses).

Pour les marchés de travaux, il exige un calcul en coût global de l'ouvrage sur 25 ans, un lot éclairage séparé, le respect de la norme NF EN 13201 pour l'éclairage des voies publiques et NF EN 12464-2 pour les lieux de travail extérieur. Enfin, l'entreprise doit prévoir un système automatique pour éviter que les luminaires soient allumés lorsque la lumière du jour est suffisante, et proposer un calcul de l'impact sur les consommations d'un système d'abaissement de puissance.

Nuisances lumineuses et efficacité énergétique en éclairage public

Les lois Grenelle Environnement inscrivent dans le droit français l'obligation de limiter les nuisances lumineuses. Cette exigence est l'expression de l'évolution de la demande sociale, portée par une partie croissante de la population qui demande un éclairage extérieur "raisonné". Les élus et les professionnels sont ainsi incités à modifier leurs pratiques. Ils doivent en particulier préparer des programmes :

- de traitement volontaire anticipé des points noirs "nuisances lumineuses" (à l'instar des "points noirs bruit") ;
- de rénovation systématique des installations vétustes, financées grâce aux économies de fonctionnement générées par les nouvelles installations.

L'AFE a traité ces sujets dans deux documents spécifiques : le guide intitulé "Nuisances dues à la lumière en éclairage extérieur" et le dossier "Efficacité énergétique en éclairage public".

Les interventions de l'ADEME dans l'éclairage extérieur

14



L'éclairage public est un point majeur du poste énergie des communes françaises, quelle que soit leur taille. Les dernières enquêtes nationales confirment en effet que les consommations pour ce poste représentent près de la moitié des consommations totales d'électricité des communes, et près de 40 % des dépenses. En outre, ces équipements sont souvent anciens et peu efficaces énergétiquement. L'ADEME a pour mission d'aider les consommateurs d'énergie à améliorer l'efficacité de leurs équipements, par des conseils, des formations et des aides financières. On estime qu'une

commune peut diminuer ses dépenses d'éclairage public de 20 à 40 % avec des investissements rentables à moyen terme. Dans le but d'atteindre le "Facteur 4" en éclairage extérieur, l'ADEME propose un certain nombre d'outils et d'aides.

Des outils techniques

- Un "Tableau de bord Énergie-Environnement pour l'éclairage public" (recueil d'indicateurs pour le suivi du parc et de ses performances).
- Un Guide pour des prescriptions Énergie-Environnement dans les Plans Lumière et les Schémas Directeurs d'Aménagement Lumière.

Des aides financières à la décision

L'ADEME peut aider financièrement, jusqu'à hauteur de 50 %, les diagnostics de patrimoine, études de faisabilité et volets environnement des études d'urbanisme lumière.

Un soutien à certaines opérations exemplaires

L'ADEME peut, au cas par cas, aider financièrement à l'installation de variateurs de puissance, de ballasts électroniques, de télégestion et de LED, au taux maximum de 30 %. Elle peut aussi, au cas par cas, aider à l'innovation technologique. Les demandes doivent être adressées aux Directions Régionales de l'ADEME. Les coordonnées sont disponibles sur www.ademe.fr

Zoom sur le programme Greenlight



Le programme GreenLight est une action volontaire pour préserver l'environnement qui encourage les consommateurs d'électricité du secteur non résidentiel (publics et privés), référencés en tant que Partenaires, à s'engager auprès

de la Commission européenne sur l'installation des technologies d'éclairage à rendement optimum dans leurs équipements, avec deux conditions : le choix technologique est économiquement rentable, et la qualité de l'éclairage est maintenue ou améliorée. L'objectif du programme GreenLight est de réduire la consommation d'énergie liée à l'éclairage (intérieur et extérieur) dans l'ensemble de l'Europe, et ainsi réduire les émissions polluantes de gaz à effet de serre. De plus, le programme GreenLight permet d'améliorer la qualité des conditions visuelles tout en économisant de l'argent.

L'engagement peut prendre deux formes : soit assurer la rénovation d'au moins 50 % de tous les espaces éligibles possédés ou en location à long terme, soit réduire la consommation globale totale de l'électricité pour l'éclairage d'au moins 30 %. Les espaces éligibles sont les espaces pour lesquels les rénovations des systèmes d'éclairage sont rentables.

L'ADEME est le correspondant GreenLight pour la France.

Pour en savoir plus : www.eu-greenlight.org

Textes réglementaires, normes techniques et règles de l'art

Havells Sylvania

15

Textes réglementaires

- Loi relative à la mise en œuvre du Grenelle (Grenelle 1) du 3 août 2009. L'article 41 donne un cadre législatif à la lutte contre la pollution lumineuse et au gaspillage énergétique.
- Loi portant engagement national pour l'environnement (Grenelle 2) du 12 juillet 2010. L'article 173 donne les moyens d'application de la loi Grenelle 1 en prévoyant des sanctions administratives en cas de non application.
- Règlement 245/2009 de la Commission européenne du 18 mars 2009 mettant en œuvre la directive 2005/32/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences en matière d'éco-conception applicables aux lampes fluorescentes sans ballast intégré, aux lampes à décharge à haute intensité, ainsi qu'aux ballasts et aux luminaires qui peuvent faire fonctionner ces lampes, et abrogeant la directive 2000/55/CE du Parlement européen et du Conseil.
- Circulaire du 3 décembre 2008 relative à l'exemplarité de l'État au regard du développement durable dans le fonctionnement de ses services et de ses établissements publics.
- Décret n° 97-517 du 15 mai 1997 relatif aux déchets dangereux (transposition de la directive européenne 91/689/CEE et de la décision du Conseil de l'Union européenne du 22 décembre 1994).
- Décret n° 95-1081 du 3 octobre 1995 relatif à la sécurité des personnes, des animaux et des biens lors de l'emploi des matériels électriques destinés à être employés dans certaines limites de tension (transposition de la directive européenne 73/23/CEE du 19 février 1973, dite "directive basse tension", modifiée par la directive 93/68/CEE du 22 juillet 1993).
- Décret n° 92-587 du 26 juin 1992 modifié par le décret 95-283 du 13 mars 1995, relatif à la compatibilité électromagnétique des appareils électriques et électroniques (transposition en droit français de la directive européenne 89/336/CEE du 3 mai 1989 modifiée par la directive 92/31/CEE du 28 avril 1992).

Normes techniques

Normes européennes NF EN 13201 relative à l'éclairagisme

La norme européenne d'éclairage public, d'application non obligatoire, a pour objectif d'établir des recommandations pour assurer la sécurité des usagers, la fluidité du trafic et la protection des biens et des personnes, lorsqu'il a été décidé d'éclairer. La notion d'"éclairer juste" se décline au travers de valeurs d'éclairement et de luminances minimales à maintenir exprimées dans les quatre documents qui composent la norme : *Sélection des classes d'éclairage ; Exigence des performances ; Calcul des performances ; Méthode de mesures des performances*. Compte tenu de sa complexité, l'AFE et le Syndicat de l'éclairage ont élaboré un guide d'application de la norme, gratuit et téléchargeable.

Normes européennes NF EN 60598 relatives aux luminaires

Les normes européennes de la série NF EN 60598 visent essentiellement la sécurité électrique du luminaire. La NF EN 60598-1 : *Luminaires Partie 1 – Prescriptions générales et essais*, concerne tous les luminaires, les parties 2-3 et 2-5 traitent spécifiquement des luminaires utilisés en éclairage public. La marque de qualité européenne "ENEC" est facultative, mais elle garantit au consommateur européen que la conformité aux normes de sécurité du produit est contrôlée par un laboratoire

indépendant du fabricant, et que sa fabrication fait l'objet d'une procédure d'assurance qualité. À noter que des travaux de normalisation sont en cours pour fournir des référentiels relatifs aux LEDs et systèmes à LEDs.

Norme française NF XP X 90-013 relative aux nuisances lumineuses

Cette norme expérimentale, à paraître en 2011, a été élaborée afin de donner un référentiel normalisé pour évaluer et mesurer les nuisances lumineuses, en application des dispositions des textes découlant de la Loi Grenelle 2.

Normes européennes NF EN 40 relative aux candélabres

Cette série de normes (de NF EN 40-1 à NF EN 40-7) se substitue aux règles françaises NV 65 et CM 66. Les zones de vents sont définies dans l'Eurocode 1 partie 1-4 : *Actions sur les structures, Actions du vent*, et ses annexes nationales (NF EN 1991-1-4/NA). Leurs limites géographiques sont définies en quatre zones pour la métropole, auxquelles est associée une vitesse moyenne de référence du vent.

Normes françaises relatives à l'installation

- NF C 15-100 : Installations électriques à basse tension.
- NF C 17-200 : Installations d'éclairage extérieur - Règles.

Normes diverses relatives à la construction électrique et aux matériaux électrotechniques

- NF EN 61140 : Protection contre les chocs électriques-Aspects communs aux installations et aux matériels.
- NF EN 60529 : Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP).
- NF EN 62262 : Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (Code IK).

Règles de l'art

- **Publications de l'AFE** : *Efficacité énergétique en éclairage public - Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques* - Guide d'application de la norme européenne d'éclairage public NF EN 13201 (plaquette gratuite AFE - Syndicat de l'éclairage).
- **Plaquettes gratuites du Syndicat de l'éclairage** : *Maintenance en éclairage extérieur : Préconisations des constructeurs pour garantir les performances mécaniques, électriques et photométriques des matériels* - *Candélabres pour l'éclairage public : Norme NF EN 40 et marquage CE, obligations réglementaires et recommandations de pose*.
- **Guide relatif à la bonne utilisation des normes** dans la réglementation (publié par le ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi).
- **Guide relatif à la prise en compte du coût global** dans les marchés publics de maîtrise d'œuvre et de travaux (publié par l'Observatoire économique de l'achat public).
- **Guide pratique UTE C 17-205** : Installations d'éclairage extérieur - Détermination des sections des conducteurs et choix des dispositifs de protection.
- **Guide pratique UTE C 17-210** : Installations d'éclairage public - Dispositifs de déconnexion automatique pour l'éclairage public.
- **Guide pratique UTE Maintenance des installations d'éclairage public** à paraître fin 2010.
- **Avis de l'ADEME** sur l'éclairage à LED.
- **Rapport de l'Anses** sur les systèmes d'éclairage à LED.

Le syndicat de l'éclairage regroupe les fabricants de lampes, luminaires, candélabres et composants :

3 E International - Abel - Abi - Ansorg - Aric - Atéa - Atelier Sédap - Aubrilam - Comatelec - Conimast - Debbas - Éclatec - Erco - Étap - Flos - GE Lighting - GHM - Harvard Electronics - Havells Sylvania - Holight - Honeywell - I Guzzini - KRS - LEC - Legrand - Lenzi - Lledo France - Ludec - Osram - Petitjean - Philips - Radian - Régent - Ridi - SEAE - Sammode - Sarlam - Sécurilite - Sogexi - Targetti Poulsen - Technilum - Thorn - Toshiba - Trato - Tridonic - Trilux - Valmont - Waldmann



Couverture (de gauche à droite et de haut en bas) : © Thorn, autoport de Nice, photo J. Lacombe • © LEC, photo R. Arnaud • © Sarlam • © Eclatec, Issy-lès-Moulineaux, design luminaires J.-M. Wilmotte, photo P.-A. Martin • © Targetti Poulsen, West McLaren Mercedes Factory • © Valmont, Morcenx, photo A. Piroche, F. Buffard • © Havells Sylvania • © Eclatec, château de Capendu, photo J. Trojanowski • © Sammode, barrage Cusset, photo A. Caste • © Eclatec, Issy-lès-Moulineaux, design luminaires J.-M. Wilmotte, photo P.-A. Martin • © Ludec, hôtel du département, Lyon • © Trilux • © Philips, stade Yves du Manoir, Montpellier, photo P. Crouzet • © Osram • © Valmont, Saint-Vallier • © Aubrilam, Poitiers • © Technilum • © Comatelec, Rouen, place de l'Hôtel de ville - Page 2 : © Philips, rue Thubaneau, Marseille, photo X. Boymond • © Comatelec • © Technilum • © Ville de Chartres, place des Épars, Chartres, paysagiste J. Osty, architecte Reichen & Robert, concepteur lumière R. Narboni agence Concepto, matériels d'éclairage Aubrilam, LEC et Thorn - Page 3 : © Eclatec, Sète, design luminaire J.-M. Wilmotte, photo J. Trojanowski • © Thorn, conception lumière R. Narboni, agence Concepto, photo X. Boymond • © Ludec • © Havells Sylvania - Pages 4 et 5 : © LEC, photo R. Arnaud - Page 5, lampes : © Osram • © Havells Sylvania • © GE Lighting • © Philips • © GE Lighting • © GE Lighting • © Philips • © Philips • © Osram - Page 6 : © Ludec, Valence • © Philips • © Osram • © Philips - Page 7 : © Technilum • © Lec, Saint-Nazaire, photo X. Boymond • © Erco • © Philips, photo X. Boymond • © Sarlam • © Targetti Poulsen, port de Dunkerque, architecte Atelier de l'Île, Photo P. Koslowski • © Thorn - Page 8 : © Philips, photo X. Boymond • © Ludec, Toulouse • © Technilum, esplanade Lamartine, Mâcon • © Thorn, port autonome fluvial de Strasbourg, photo A.-M. Oberlé • © Valmont - Page 9 : © Philips, photo X. Boymond • © Comatelec, Arras • © Thorn, Cannes, photo J. Lacombe • © Trilux • © Comatelec, Arras - Page 10 : © Sammode, barrage de Cusset, photo A. Caste • © Ludec, Paris • © Valmont, Issoire • © Osram • © Thorn, St-Martin-en-Haut, hôtel de ville, photo P. Crouzet • © Ludec, Saint-Nicolas-de-Port - Page 11 : © Comatelec, Zénith de Strasbourg • © Havells Sylvania • © Philips, stade Yves du Manoir Montpellier, photo P. Crouzet - Page 12 : © Thorn, Strasbourg, photo A. M. Oberlé - Page 13 : en.wikipedia, Los Angeles - Page 14 : © Osram - Page 15 : © Havells Sylvania - 4^e de couverture : © Lec • © Trilux • © Philips, photo X. Boymond • © Comatelec • © Thorn



Dans la même collection et disponible gratuitement sur papier ou téléchargeable auprès de l'ADEME ou du Syndicat de l'éclairage :

- Bureaux/écoles : mieux s'éclairer à coûts maîtrisés
- Éclairage industriel : pour une approche en coût global
- Variation et gestion de l'éclairage tertiaire et industriel
- Les tubes fluorescents haut rendement : une solution performante pour l'éclairage économique des locaux industriels et tertiaires
- Les lampes à économie d'énergie : efficacité lumineuse pour des usages professionnels
- Éclairage des commerces



Pour vous former

Formations ADEME "MDE en Éclairage Public : vers le Développement Durable" (session de 3 jours)

Contact : www.ademe.fr/formations

Formations qualifiantes en "éclairage extérieur" (3 niveaux) ou formations "à la carte" élaborées par l'AFE et dispensées par le Centre de formation et de perfectionnement en éclairage

Contact : formations@lux-editions.fr - Tél. : 01 45 05 72 22 - www.lux-editions.fr

Pour en savoir plus

ADEME
(Agence de l'environnement
et de la maîtrise de l'énergie)
20, avenue du Grésillé - BP 90406
49004 ANGERS CEDEX 01
Tél. : 02 41 20 41 20
Fax : 02 41 87 23 50
www.ademe.fr



AFE
(Association française de l'éclairage)
17, rue Hamelin
75783 PARIS CEDEX 16
Tél. : 01 45 05 72 00
Fax : 01 45 05 72 70
www.afe-eclairage.com.fr



**SYNDICAT
DE L'ÉCLAIRAGE**
17, rue Hamelin
75783 PARIS CEDEX 16
Tél. : 01 45 05 72 72
Fax : 01 45 05 72 73
www.syndicat-eclairage.com



ISBN 978-2-35838-021-8

