

Voirie, espaces publics: des solutions économes

La gestion économe des installations d'éclairage public État de l'art et applications

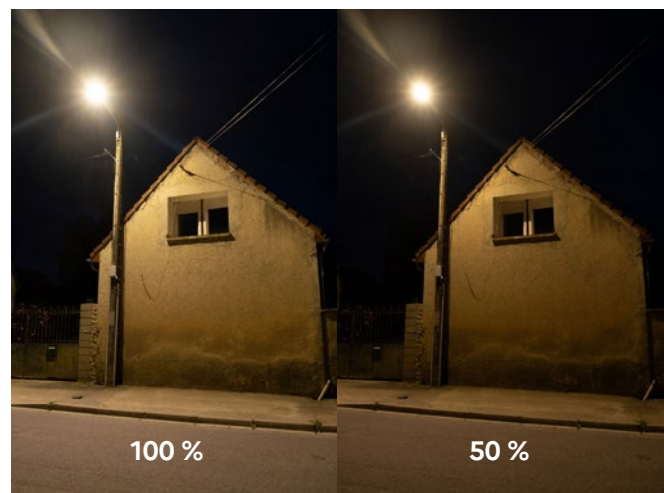
Les enjeux économiques et environnementaux incitent les collectivités locales à développer des démarches économes dans la conception et la gestion de leurs voirie et espaces publics.

Cette série de fiches vise à partager le retour d'expérience de ces collectivités au travers de la présentation d'un panel de solutions économes.

Les dépenses énergétiques liées aux installations d'éclairage public peuvent être fortement réduites (entre 50 et 75 % de potentiel global d'économies d'énergie selon l'Association Française de l'Éclairage). Il appartient aux gestionnaires de parc d'éclairage (communes, intercommunalités, syndicats d'énergie, etc.) de les diminuer en améliorant le matériel du parc (rénovation) et leurs

pratiques d'exploitation (quantité de lumière, temporalité de l'éclairage, etc.) quel que soit l'âge de l'installation d'éclairage public. Cette fiche présente plusieurs leviers d'action pour une gestion économe des installations d'éclairage public (conception, pilotage, entretien, rénovation), suivis de quelques exemples illustratifs.

Illustration de gradation à 50 % du niveau lumineux en cœur de nuit, un des nombreux moyens de diminution de la consommation énergétique



La gestion de l'éclairage public au carrefour de trois enjeux complémentaires

L'éclairage public compte près de 10.5 millions de points lumineux en France, ce qui représente une consommation électrique annuelle de 56 kWh/hab.¹ (près de 3.7 TWh sur le territoire national), soit 32 % des consommations d'électricité des communes (source: Ademe et Association Française de l'Éclairage, AFE). L'éclairage public est responsable de l'émission de près de 85 000 tonnes de CO₂ par an (Ademe). Près de 25 % des luminaires en service ont plus de 25 ans et sont donc obsolètes et énergivores. Par conséquent, les enjeux de dépenses énergétiques et économiques sont souvent les premiers considérés dans la gestion de l'éclairage public.

Cependant, les enjeux liés à l'éclairage public ne sont pas qu'économiques. Celui-ci garantit des conditions de visibilité et de sécurité et participe à l'ambiance paysagère nocturne en milieux ruraux et urbains. Ainsi, il impacte directement la vie nocturne des habitants par la sensation de bien-être ou d'insécurité qu'il peut provoquer et bénéficie autant aux modes actifs qu'aux conducteurs de véhicules.

De plus, il est nécessaire de considérer l'impact de l'éclairage public sur la biodiversité et la qualité de ciel nocturne. Ce sujet bénéficie d'une prise de conscience croissante au fil des dernières années. Ces effets

négatifs sont de mieux en mieux définis: effets d'attraction ou de répulsion de certaines espèces animales, fragmentation de leurs habitats, désorientation, ou encore halo lumineux au-dessus des villes limitant la perception des étoiles dans le ciel. La réglementation a notamment évolué fin 2018 avec la parution d'un arrêté ministériel visant à réduire les nuisances lumineuses² (pour plus de détails, voir [l'article sur cet arrêté ministériel sur le site du Cerema](#)). **L'éclairage peut aussi avoir des impacts négatifs physiologiques et psychologiques sur l'humain (lumière intrusive chez les habitants, retard d'endormissement, etc.)**

Un éclairage public qualitatif se doit donc d'être attentif aux trois composantes complémentaires du développement durable, à savoir les dimensions économique, sociale et environnementale. Nous développerons dans cette fiche l'approche économe de gestion des installations d'éclairage public, tout en gardant en mémoire que les deux autres dimensions du développement durable sont autant, voire davantage, importantes. Cette fiche présente en première partie des concepts généraux sur l'approche économe, organisés de façon thématique, puis en donne trois exemples illustratifs.

Comment concevoir, piloter, entretenir et rénover une installation d'éclairage selon une approche économe ?

Un élément essentiel, à conséquence immédiate, dans la gestion d'une installation d'éclairage est la vérification de l'état des équipements qui la composent et leur entretien car toute négligence entraîne directement une baisse de la qualité de l'éclairage et de l'efficacité de l'installation (d'où un

gaspillage énergétique). Sont à prévoir notamment:

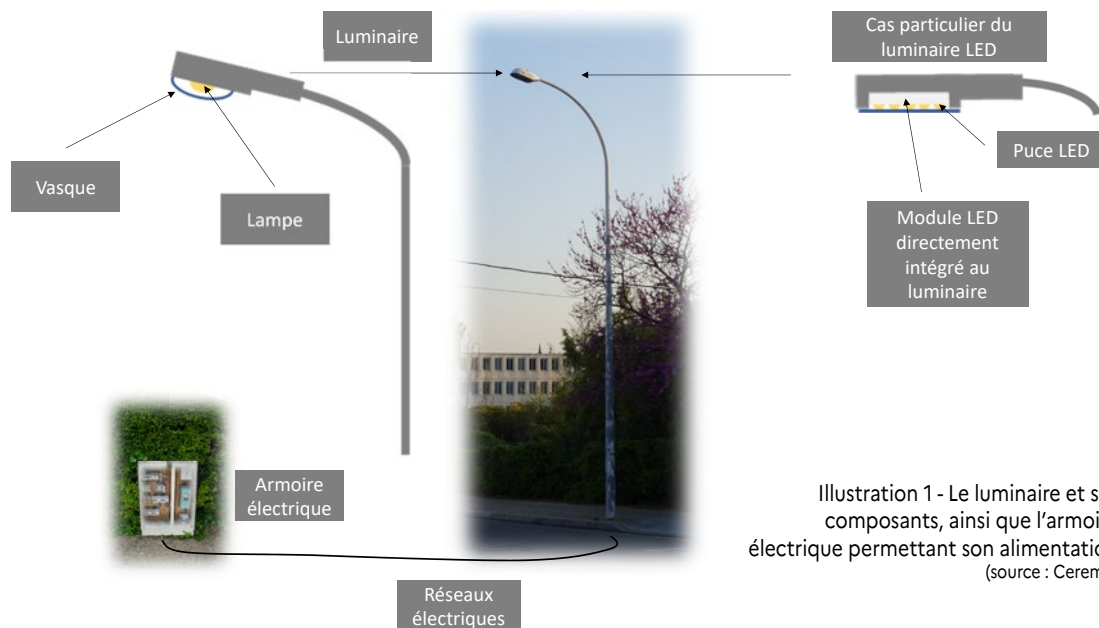
- le nettoyage des vasques;
- la vérification de l'état des armoires électriques, des ballasts, drivers³ et des réseaux électriques;
- les *relampings*⁴ périodiques.

1 Consommation en énergie finale.

2 Ministère de la transition écologique et solidaire. Arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses (2018).

3 Le ballast (ou le driver pour la technologie LED) est l'appareillage situé en amont de la source, permettant d'adapter l'alimentation du réseau. Certains ballasts et drivers permettent aussi de piloter la source.

4 Changement des sources ou des luminaires.



De plus, la première étape dans une approche économe de gestion de parc d'éclairage est de bien connaître ce parc, en détaillant pour chaque point lumineux, a minima :

- son emplacement (localisation sur un système d'information géographique SIG);
- le type de lampes installé;
- sa puissance;
- sa température de couleur;
- son étanchéité;
- sa hauteur;
- l'armoire à laquelle le point lumineux est rattaché.

Tous ces éléments doivent être rassemblés dans une base de données pour gérer l'état du parc de façon efficace et savoir quels critères amélioratifs traiter en priorité⁵ (cf. illustration 2). Mutualiser la conception de cette base de données pour un ensemble de communes est un moyen d'en diminuer le coût. Une telle synthèse de la composition du parc permet par exemple de caractériser ses besoins en termes de puissance, ce qui permet en premier lieu d'ajuster les abonnements électriques à la consommation réelle du parc d'éclairage en réduisant la puissance souscrite (AFE)⁶.

L'étape suivante est de regrouper ces infor-

mations dans une Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO) pour assurer la gestion à l'aide d'un logiciel dédié, planifier les interventions et en garder une traçabilité (et actualiser cette base de données). Enfin, un autre moyen d'optimiser la gestion du parc d'éclairage est le recours à la télégestion (tendance actuelle permettant notamment de s'affranchir de tournées de nuit, avec un système informant sur les luminaires en panne).

Les dépenses énergétiques se calculent à partir de la puissance d'une installation et de la durée pendant laquelle cette puissance est dépensée. S'intéresser à ces deux facteurs dans le but de diminuer ces dépenses est donc pertinent (les deux parties suivantes de cette fiche se focalisent sur chaque facteur).

Un premier levier d'action: diminuer la puissance des installations

Diminuer la puissance des installations par une optimisation des niveaux lumineux par rapport aux besoins

⚠ Ce point est illustré par un exemple d'application, à la fin de cette fiche: Le schéma directeur d'éclairage de la ville de Saint-Malo.

5 Les communes possédant une base de données SIG de leur parc d'éclairage doivent le mettre en accès libre (open data).

6 Il est important également de surveiller les consommations via les factures et compteurs électriques.

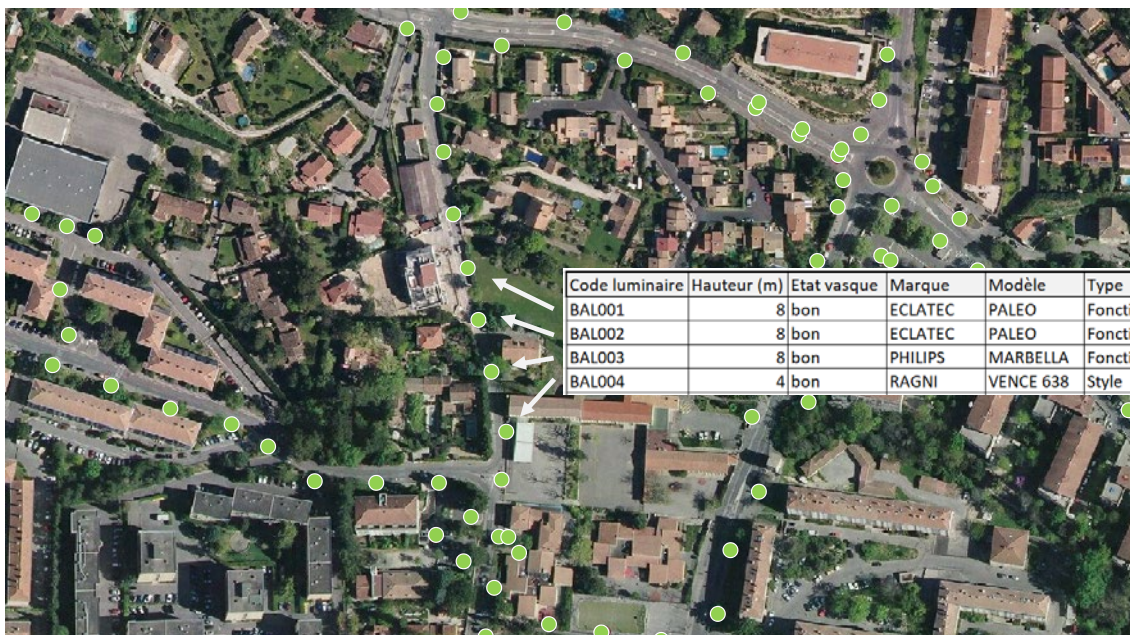


Illustration 2 - Représentation fictive des points lumineux d'une base de données SIG (points lumineux en vert) (source : Cerema)

L'optimisation des niveaux lumineux par rapport aux besoins se décline en deux approches: la réévaluation des niveaux d'éclairages fournis par les installations et la variation de ces niveaux en fonction du moment.

■ L'approche par la réévaluation des niveaux d'éclairages fournis par les installations

Certaines installations d'éclairage sont surdimensionnées au regard du besoin réel des usagers: « bien éclairer » ne signifie pas « beaucoup éclairer ». Ré-évaluer les niveaux d'éclairages à fournir est un moyen d'adapter la quantité de lumière au juste besoin et aux évolutions temporelles de ce dernier, et le cas échéant, de diminuer les flux lumineux émis par les installations d'éclairage. Cette baisse de flux lumineux s'accompagne alors d'une baisse de puissance consommée.

Les niveaux lumineux doivent être fondés sur une analyse des besoins. La norme NF EN 13201 peut être mobilisée pour définir ces niveaux lumineux en tenant compte du type et de la densité de trafic, des vitesses des véhicules, etc. De plus, des enquêtes sur le ressenti des usagers sont un moyen de confirmer ou de discuter ces niveaux.

■ L'approche par la variation des niveaux d'éclairages en fonction du moment

En plus de réduire les niveaux lumineux sur la totalité de la période d'éclairage, abaisser ces niveaux à certaines heures de la nuit est réalisable, à l'aide de dispositifs de gradation, sur une période nocturne préalablement définie durant laquelle la nécessité d'éclairer est moins forte⁷. Précisons qu'il est conseillé de réaliser cet abaissement de flux avec des sources Sodium Haute-Pression (SHP), Iodures Métalliques (IM) ou LED (sachant qu'une source LED permet un abaissement de puissance plus important qu'une source IM ou SHP).

- Abaisser à 50% le flux de luminaires LED
- entre minuit et 5h du matin permet
- d'économiser 25% des dépenses
- énergétiques (en considérant une durée
- théorique d'éclairage de 10h).

Une démarche de schéma directeur d'éclairage est notamment un moyen de diagnostiquer un parc d'éclairage et de définir ses besoins, en vue de le réadapter et d'en proposer une gestion optimisée⁸. Une fois les niveaux d'éclairage définis (différenciation des niveaux en fonction des voies, des usages), les flux lumineux dimensionnés pour obtenir ces niveaux sont habituellement

7 Éteindre l'installation sur une période nocturne est aussi possible, ce point est traité dans la partie « Optimisation de la durée d'éclairage », car cette partie traite de la diminution de puissance.

8 D'autres démarches (Schéma Directeur d'Aménagement Lumière, Plan Lumière) peuvent ajouter à cette définition des besoins une réflexion portée sur l'ambiance nocturne de la commune.

augmentés à l'installation de l'ordre de 10 à 20 % pour compenser la baisse de flux se produisant au fil du temps, ce qui est représenté par la courbe bleue de l'illustration 3 (encrassement des luminaires, vieillissement des sources entraînant une baisse de niveau lumineux à puissance constante). La consigne de flux à maintenir (courbe grise de la figure) est ainsi toujours respectée au fil du temps (la courbe rouge de l'illustration 3 représente la variation de flux sans surdimensionnement à l'installation). Cependant, une meilleure solution consiste à compenser cette baisse en considérant au départ le flux lumineux correspondant à l'éclairage requis puis en augmentant ce flux lumineux au fil du temps de manière automatisée, lorsque la technologie installée le permet⁹ (réglage préalable lors de l'installation). Ainsi, il n'y a pas de surconsommation inutile (courbe verte de l'illustration 3).

Diminuer la puissance des installations par un changement de technologie

⚠ Ce point est illustré par un exemple d'application, à la fin de cette fiche: la rénovation de l'éclairage public du lotissement des Bouroumettes aux Pennes-Mirabeau.

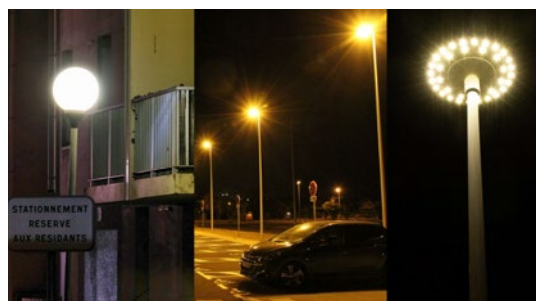


Illustration 4 - Trois technologies de sources lumineuses (de gauche à droite) : vapeur de mercure, sodium haute pression et LED (Source: Cerema)

Certaines fiches de Certificats d'Économie d'Énergie (CEE) sur les travaux de réseaux sont mobilisables pour des travaux liés à l'éclairage extérieur*: rénovation d'éclairage extérieur (RES-EC-101/102/103/104) et installation d'horloges astronomiques (RES-EC-107). Solliciter ces CEE permet d'obtenir des financements proportionnels au nombre d'installations réalisées, et ainsi alléger le coût des projets.

* Les certificats d'économies d'énergies sont un dispositif national obligeant les fournisseurs d'énergie à atteindre un certain nombre de CEE fixé par l'État. Dans ce but, ces «obligés» doivent réaliser des opérations permettant des économies d'énergie sur leur propre patrimoine. Ils ont aussi la possibilité d'acheter des CEE à des tiers et donc de financer indirectement de telles opérations (<http://calculateur-cee.ademe.fr/user/fiches/RES>).

- Un remplacement de lampes à vapeur de mercure par des lampes sodium apporte des économies de l'ordre de 30% (AFE).
- Le passage d'une source à vapeur de mercure à une source SHP ou LED permet d'économiser respectivement 20€ ou 36€ TTC/an par point lumineux (en coût de fonctionnement).
- L'AFE indique que le coût d'un luminaire est de l'ordre de 500€ (estimation relativement basse), auquel s'ajoute 100€ de coût de main d'œuvre pour les collectivités.

En vue de diminuer la puissance d'une installation, une autre possibilité est le changement de technologie des luminaires en s'orientant

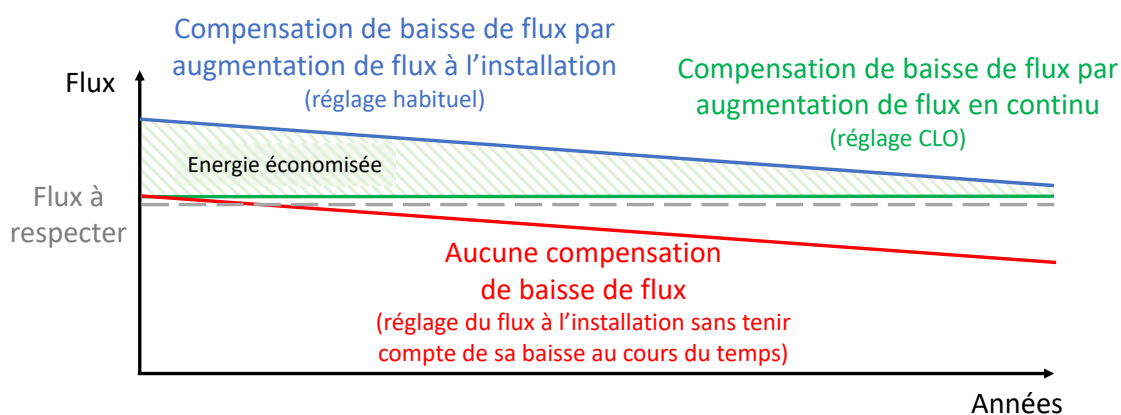


Illustration 3 - Différents scénarios de compensation de la baisse de flux lumineux au fil du temps (source : Cerema)

9 Constant Lumen Output (CLO), fonction paramétrable sur certains types de drivers alimentant les luminaires LED. Il faut néanmoins calculer si l'investissement dans cette solution est compensé par les économies de consommation qu'elle permet (raisonnement en coût global).

vers des technologies moins énergivores, comme la technologie LED. Celle-ci apporte une efficacité lumineuse¹⁰ généralement meilleure que celles des autres technologies plus anciennes¹¹ (iodures métalliques, vapeur de mercure¹², etc.). De plus, l'un des atouts de la technologie LED concerne l'optique des luminaires, qui redirige plus précisément le faisceau lumineux sur l'espace à éclairer, ce qui permet de diminuer la part de flux « perdu ».

Ainsi, après changement de technologie, les luminaires sont plus efficaces grâce à leur efficacité lumineuse (voir tableau ci-dessous) mais aussi grâce à leur directivité de flux. Ce gain d'efficacité se traduit par une baisse des puissances installées et des dépenses énergétiques.

L'autre atout de la LED est sa durée de vie élevée (ordres de grandeur de 50 000 heures comparés à 10 000 - 30 000 heures pour les autres types de sources¹³), qui diminue les dépenses de maintenance (*relamping*). Il est alors intéressant de raisonner en coût global car ces avantages économiques peuvent rapidement compenser l'investissement de changement des luminaires et de rénovation potentielle des réseaux (mais pas nécessairement).

Considérer la variation de rendu visuel, du rendu des couleurs (restitution fidèle des couleurs des objets) et de la température de couleur du nouvel éclairage (teinte blanche ou jaune-orange) est important lors d'un

changement de technologie. Ces éléments peuvent différer en fonction des technologies.

• **La démarche en coût global de Douai**

- La Ville de Douai (59) a raisonné en coût global lors de la rénovation de l'éclairage extérieur des quais de Scarpe. Les lampes à vapeur de mercure installées auparavant consommaient 370 000 KW/h contre 45 000 KW/h pour les nouveaux luminaires à LED, soit environ 85 % d'économies réalisées (source : la gazette des communes, novembre 2016).

De plus, dans le cadre d'une transition vers la « *smart city* », le passage à la technologie LED est une évidence étant donné sa capacité à être pilotable de façon instantanée¹⁴.

Toutefois, le passage à la technologie LED est à choisir en fonction de l'usage destiné. Il faut notamment vérifier que la qualité architecturale de l'espace public ne s'en trouve pas diminuée. Par exemple, le facteur d'uniformité¹⁵ des niveaux lumineux au sol doit être pris en compte¹⁶. Certains luminaires LED peuvent aussi procurer une perception d'éblouissement accrue en raison de leur forte directionnalité et de la visibilité de leurs puces LED: leurs positions et leurs orientations sont à adapter à leurs usages (par exemple éviter des mâts à faible hauteur dans le cas de traversées piétonnes).

Technologie	Puissance courante	Efficacité	Durée de vie
LED	10-1400 W	90-150 lm/W	35 000-100 000 h
Iodures métalliques	35-2000 W	80-100 lm/W	8 000-15 000 h
Sodium haute pression	50-2000 W	70-150 lm/W	16 000 h
Vapeur de mercure	50-1000 W	40-60 lm/W	10 000 h

Tableau 1 - Différents scénarios de compensation de la baisse de flux lumineux au fil du temps (source : Cerema)

10 Quantité de flux lumineux par rapport à la puissance dépensée.
 11 La technologie Sodium Haute Pression (SHP) peut rivaliser avec la LED en termes d'efficacité, cependant son rendu visuel tirera davantage vers le jaune-orangé (et son indice de rendu des couleurs est moins bon). En termes de rendu « blanc », les sources Iodures Métalliques sont intéressantes, mais leur efficacité est moins élevée que celle des LED, leur avenir commercial semble donc compromis.
 12 Les lampes à vapeur de mercure ne sont plus commercialisées depuis 2015 (en application du règlement européen 245/2009). Cette technologie est particulièrement énergivore, et le modèle de luminaire « boule », très fréquemment associé à cette technologie, éclaire en trop grande partie dans l'environnement supérieur (flux perdu).
 13 D'après l'AFE, la durée d'allumage varie en fonction des collectivités : elle est comprise entre 3100 et 4100 heures par an.
 14 Contrairement aux autres technologies de l'éclairage extérieur, la technologie LED ne nécessite pas de temps d'allumage.
 15 Notion relative à l'équilibre en éclairage d'une surface (zones sombres par rapport à l'ensemble de la surface considérée)
 16 Certains luminaires LED pouvant être plus directs, l'uniformité diminue si l'implantation des mâts reste identique lors du passage à cette technologie, d'où une baisse d'homogénéité de l'ambiance lumineuse.

Cette technologie amène par ailleurs de nouvelles problématiques de maintenance (caractéristiques supplémentaires à considérer lors de la maintenance, disponibilité des pièces de remplacement sur le long terme). Enfin, la proportion du rayonnement des LED blanches dans les courtes longueurs d'ondes (domaine du bleu) est considérée comme impactant la biodiversité (nuisances lumineuses): la présence d'enjeux de biodiversité est également à prendre en compte dans le choix de la technologie d'éclairage.

Un changement de technologie de ballast est aussi envisageable: un remplacement de ballasts ferromagnétiques par des ballasts électroniques permet de générer environ 15 % d'économies d'après l'AFE.

Enfin, recourir à une alimentation photovoltaïque des luminaires LED est envisageable lorsque le point lumineux est isolé et que les travaux de réseaux sont trop coûteux ou impossibles (les cas les plus classiques sont ceux de l'arrêt de bus isolé ou du parc-relais). Il convient alors d'accorder de l'importance à la localisation (notamment les masques éventuels) et l'orientation du panneau photovoltaïque ainsi qu'à sa taille, à calculer en fonction des conditions d'ensoleillement et de l'usage du luminaire (fréquence de passage, durée d'allumage souhaitée). Cependant, malgré les économies d'énergie non négligeables, soulignons l'importance de mettre en regard le coût d'achat d'un tel matériel, qui peut être élevé, ainsi que celui de la gestion des batteries (remplacement et retraitement) sur le long terme, par rapport au coût d'installation des réseaux avant de sélectionner cette solution. Précisons que les niveaux lumineux produits ne permettent pas de générer des éclairages à fort flux lumineux.

- Un guide Cerema-ADEME portant sur
- les luminaires solaires devrait paraître
- en 2022. Il détaillera notamment le
- fonctionnement, les performances
- attendues de ces dispositifs, et les
- cas où il peut être intéressant de les
- mobiliser. Celui-ci indique qu'il n'est pas
- économiquement pertinent d'installer
- un luminaire photovoltaïque dans le cas
- d'un réseau d'alimentation existant en
- bon état. Le surcoût* sera par contre

- de l'ordre de 15 à 30% dans le cas d'un
- ajout de point lumineux nécessitant
- une extension ou une réfection du
- réseau électrique, par rapport au coût
- global lié à l'installation d'un luminaire
- photovoltaïque.

- * Calculé en coût global sur 25 ans, incluant
- investissement, fonctionnement, maintenance.

Diminuer la puissance des installations par une optimisation du couple éclairage/revêtement

⚠ Ce point est illustré par un exemple d'application, à la fin de cette fiche: le procédé Lumiroute®.

Les revêtements réfléchissent différemment la lumière: plus le revêtement est clair et plus celui-ci réémet la lumière qu'il reçoit dans son environnement. Ainsi, en fonction de sa couleur et de sa texture (surface lisse, à base de granulats, etc.), un revêtement va plus ou moins réfléchir la lumière dans son environnement (réflexion vers les autres objets) et être perçu comme lumineux (réflexion vers l'œil du passant). Utiliser un revêtement clair est donc avantageux car l'augmentation de réflexion du revêtement permet de limiter la quantité de lumière émise par les luminaires, permettant ainsi un abaissement des puissances installées. Réévaluer les niveaux lumineux pour abaisser les flux lumineux lorsque les revêtements deviennent plus clairs suite à des travaux d'aménagement est donc une bonne pratique¹⁷.

Rappelons la nécessité de considérer l'évolution de la réglementation pour que les installations y soient toujours conformes, et qu'il n'y ait pas besoin de modifier les nouvelles installations par de coûteux travaux de mise en conformité. Nous remarquerons notamment que [l'arrêté sur la réduction des nuisances lumineuses publié en 2018](#) implique de nouvelles prescriptions techniques obligatoires pour les installations mises en service depuis le 1^{er} janvier 2020 (température de couleur, ULR*, etc.).

* L'ULR (Upward Light Ratio) est un indicateur représentant la quantité de lumière émise au-dessus de l'horizontale par rapport à la quantité de lumière totale émise par le luminaire.

17 Cette approche rejoint celle des aménagements « clairs » ayant pour but de réduire la chaleur en milieu urbain.

Ce point nécessite une certaine coordination car les services de gestion des revêtements et de l'éclairage sont généralement dissociés. La coordination et la concertation entre les services est par ailleurs essentielle car elle permet d'anticiper des problèmes d'aménagement associés à une baisse de qualité de l'espace public (luminaires masqués par les feuillages des arbres par exemple).

Dans une démarche globale, incluant les nuisances lumineuses causées par l'éclairage, il est toutefois important de prendre en compte le fait qu'un revêtement clair réfléchit davantage de lumière en direction du ciel, ce qui accentue sa contribution aux nuisances lumineuses: une réflexion de compromis sur la clarté du revêtement est alors nécessaire.

Un second levier d'action : optimiser la durée de l'éclairage



Illustration 5 - Panneau disposé en entrée d'agglomération et avertissant de l'extinction nocturne de l'éclairage public (Source: Cerema)

Après avoir présenté les moyens de réduction de la puissance dépensée, détaillons la réduction de la durée d'éclairage, second facteur intervenant dans le coût de consommation énergétique.

En remplacement des dispositifs d'horloges mécaniques ou de photocellules (capteurs de luminosité), l'installation d'horloges astronomiques permet de piloter l'allumage et l'extinction des points lumineux plus précisément selon des horaires

évoluant chaque jour (préalablement définis en fonction des couchers et levers de soleil, variant en fonction de la localisation géographique de l'armoire de commande). Ainsi, la durée d'éclairage est strictement réduite à la période où l'éclairage est nécessaire. De plus, ces dispositifs permettent de choisir parmi plusieurs modes d'allumage/extinction, allumant ou éteignant plus tôt ou plus tard que l'heure de coucher/lever de soleil (possibilité de sélectionner des réglages plus économiques).

L'extinction des installations sur certaines périodes nocturnes est aussi un moyen de réduire la durée d'éclairage. Il est cependant nécessaire de préalablement bien considérer les enjeux de sécurité et d'accessibilité associés à l'installation d'éclairage et impactés par son extinction¹⁸. Il peut alors être intéressant d'associer les usagers et les riverains dans la réflexion sur cette extinction. Cette coupure nocturne peut être couplée à des capteurs de détection de présence dans le but d'allumer les luminaires uniquement lorsque cela est nécessaire. Cette solution, qui paraît la plus avantageuse, est toutefois à nuancer pour plusieurs raisons :

- elle n'est pas adaptée aux routes à grande circulation mais est efficace pour les parkings, les espaces piétonniers et les jardins;
- l'installation des dispositifs de détection de présence (qui nécessitent la technologie LED) est coûteuse; considérer le temps de retour sur investissement est primordial avant de considérer cette solution comme « économe ».

Rappelons l'importance d'encadrer par arrêté municipal toute mise en œuvre d'extinction et d'en informer les habitants (bulletin municipal, affichage, courriers, etc.).

L'extinction d'un point lumineux sur deux est une solution parfois envisagée comme solution économe. Cependant, cette option entraîne une baisse conséquente de l'uniformité des éclairages, pouvant impacter la visibilité et donc la sécurité. Ainsi, cette solution n'est pas à considérer car susceptible de mise en cause du Maire pour défaut de maintenance d'une installation. Un abaissement conséquent sur une large plage horaire permettra d'atteindre des économies d'énergies similaires.

De même, le remplacement d'un type de source par une source rétrofit LED* semble avantageux (pas de changement de luminaire) mais nécessite de vérifier l'absence de certains inconvénients potentiels comme une photométrie différente, une augmentation de la masse de la lampe, des risques d'échauffement des LED, etc. De plus, le coût de remplacement peut s'avérer plus coûteux que celui d'un remplacement du luminaire.

* Composant permettant d'insérer directement une source LED dans un luminaire destiné à un autre type de source.

18 L'éclairage doit permettre de rendre lisibles et visibles les cheminements, de repérer les obstacles ou encore de lire certaines informations telles que la signalétique ou les informations présentes à un arrêt de bus.

Trois exemples d'application

Exemple 1 ■ Comment prendre en compte l'interaction revêtement/éclairage: LUMIROUTE®

Lumiroute® est un procédé illustrant les avantages apportés par la prise en compte de l'interaction entre le revêtement de la chaussée et les dispositifs lumineux qui l'éclairent: réfléchir un maximum de lumière au niveau du revêtement de chaussée pour que l'utilisateur perçoive suffisamment de lumière tout en minimisant la quantité de flux produite par les luminaires. Dans le but d'étudier ce procédé, quatre couples « revêtement/éclairage » ont été comparés sur quatre sections (200 m) d'un boulevard de la ville de Limoges (87) entre 2014 et 2017. Leur évolution a été observée pendant trois ans (conditions de trafic habituel) en se focalisant sur la mesure de la quantité de lumière perçue par l'utilisateur. Deux sections témoins (sections 3 et 4 de l'illustration 6) ont été éclairées par des luminaires à lampes à décharge (sources iodure métallique 140 W) tandis que les deux sections Lumiroute® (deux revêtements différents correspondant aux sections 1 et 2 de l'illustration 6) ont été éclairées par des luminaires LED (77 W et 103 W), permettant d'adapter leur flux à l'évolution du revêtement dans le temps.

Malgré un dimensionnement conforme à la norme, il a été observé que le niveau lumineux était surdimensionné sur toutes les sections dès le début de l'expérimentation. L'utilisation de la technologie LED a permis d'abaisser la puissance des deux sections Lumiroute®, de façon à ajuster au mieux le flux des LED

pour adapter la performance lumineuse aux objectifs fixés (les sources iodures métalliques ne permettaient pas un abaissement de flux).

L'installation a été suivie dans le temps via des bilans biannuels (et ce pendant trois ans). Ainsi, le vieillissement progressif des revêtements tests, entraînant par exemple un assombrissement du revêtement ou une augmentation de son caractère diffusant, a été pris en compte en procédant à des ajustements de flux lumineux des luminaires LED en cas de sous/sur-performance lumineuse. À l'inverse, la luminance perçue sur les sections témoins (sources iodures métalliques) a augmenté du fait de l'éclaircissement progressif des revêtements¹⁹ sans pouvoir ajuster l'éclairage de ces sections, d'où des niveaux lumineux plus élevés que ceux préconisés dans la norme.

À l'issue des trois années de test, les abaissements de puissance réalisés sur les deux sections Lumiroute®, suite à la prise en compte du changement de réflexion du revêtement, étaient les suivants (exigences normatives respectées): passages respectifs de 79 W et 103 W consommés à 50 W et 65 W (soit des abaissements de 37 % par rapport à la puissance initiale). Les sections témoins étaient restées à des puissances consommées de 152 W, d'où des économies de près de 70 % et 60 % pour les deux procédés Lumiroute® en comparaison à ces sections.



Illustration 6 - photographie des quatre sections (Source : Limoges Métropole)

19 En fonction du revêtement, son vieillissement peut se traduire par un éclaircissement ou un assombrissement.

Cet exemple illustre aussi le fait qu'un passage à la technologie LED permet une baisse des dépenses énergétiques : en plus du revêtement clair et de la possibilité d'abaisser les niveaux lumineux, les économies d'énergie obtenues par rapport aux sections témoins sont dues au fait que la technologie LED est moins énergivore et les flux lumineux mieux maîtrisés pour une même quantité de lumière produite.



Illustration 7 - Carottes de revêtements du projet Lumiroute (Source: Cerema)

Exemple 2 ■ Comment optimiser les niveaux lumineux en fonction des besoins: le Schéma Directeur d'Éclairage de la ville de Saint-Malo

La ville de Saint-Malo (35) a suivi une démarche de réduction des dépenses énergétiques de l'éclairage public. L'originalité de cette démarche a été d'apporter une grande considération au ressenti des usagers de l'espace public. Ainsi, cette réflexion s'est basée sur une approche multicritère impliquant:

- **des évaluations objectives** aboutissant à des préconisations de niveaux lumineux et des modifications du parc d'éclairage (mesures photométriques et colorimétriques, diagnostic d'ambiances lumineuses, proposition d'un schéma directeur d'éclairages réévaluant les besoins en niveaux d'éclairage),
- **des caractérisations d'usage** (fréquentation, type d'usagers, temporalité et saisonnalité des besoins);
- ainsi que **le recueil du ressenti des usagers** par le biais d'une étude d'acceptabilité des scénarios d'éclairage préalablement établis et proposant des niveaux lumineux égaux, inférieurs ou supérieurs aux niveaux normatifs (appréciations de participants volontaires, basées sur différentes procédures²⁰, par exemple ballades nocturnes, parcours commentés, ou murs d'expression).

Ainsi, la ville a notamment défini une stratégie de modulation des éclairages en fonction de la période nocturne, pour les différentes classes d'éclairage définies dans le schéma directeur d'éclairage (jusqu'à 70 % d'abaissement pour certaines zones résidentielles), tout en s'assurant que ces abaissements ne causeraient pas une baisse

de la qualité d'usage de l'espace public. La mise en œuvre de cette modulation à l'échelle de toute la ville, décidée en octobre 2018, devait permettre de réduire de 28 % la facture d'électricité.

Cette étude a été pilotée par l'Unité Éclairage et Lumière du Département Laboratoire d'Angers du Cerema Ouest.

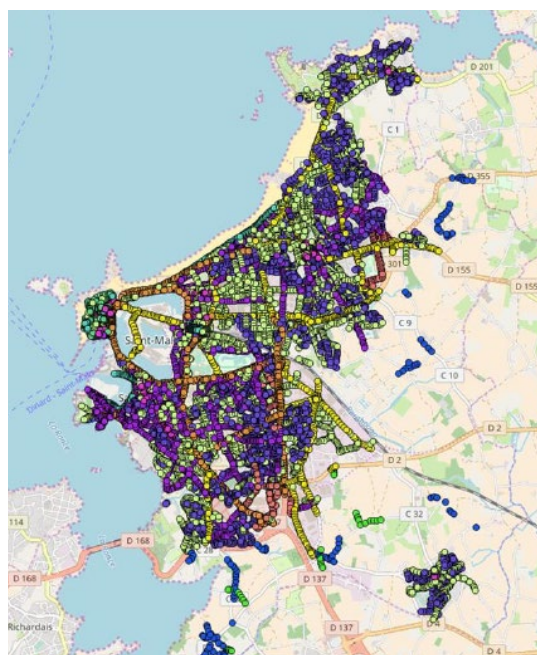


Illustration 8 - Classification des voies en 11 classes dans un schéma directeur (en fonction de la vitesse des véhicules, du trafic, de la densité, de l'ambiance lumineuse, etc.) (Source: Cerema)

20 Procédures encadrées par une équipe du Cerema spécialisée dans l'approche sociologique.

Exemple 3 ■ Comment changer de technologie pour diminuer la puissance installée: la rénovation de l'éclairage public du lotissement des Bouroumettes aux Pennes-Mirabeau

La commune des Pennes Mirabeau (13) a procédé à la rénovation de l'ensemble des luminaires d'éclairage public du lotissement des Bouroumettes. Cette rénovation a donné l'occasion de mettre en conformité les réseaux électriques vétustes associés à l'éclairage public. Précisons qu'elle s'est appuyée sur des études de relevés d'éclairages au sol de façon à garantir des niveaux d'éclairage suffisants sur trottoir et sur chaussée.

Grâce à cette opération, les 140 luminaires de lampes à vapeur de mercure (consommation énergétique annuelle de près de 79000 kWh) ont été remplacés par 142 luminaires LED, de deux modèles différents (consommation énergétique annuelle de près de 17600 kWh, réduite finalement à 4833 kWh via un abaissement des niveaux lumineux en période nocturne). Ce gain énergétique a aussi un enjeu environnemental car équivalent à une réduction de plus de 7 tonnes de CO₂ émises par an²¹.

Ainsi le coût annuel des consommations électriques, initialement de 9470 € TTC, est descendu à 580 € TTC (abonnements compris): l'économie réalisée s'élève à 8890 € TTC/an. Cette économie est à évaluer en considérant le coût d'investissement élevé



Illustration 7 - Luminaires LED posés lors de la rénovation de l'éclairage public du quartier des Bouroumettes (Pennes-Mirabeau), juxtaposés aux luminaires déposés (Source: Ville de Pennes-Mirabeau)

de l'opération, de 305 797 € HT (en excluant le coût de rénovation des réseaux électriques, soit un ordre de grandeur de 2000€ par luminaire).

En conclusion²², la rénovation de l'ensemble des luminaires est intégralement compensée par les économies d'énergie en considérant une durée de fonctionnement d'installation de 34 ans (selon un raisonnement en coût global).

Synthèse des actions pour un éclairage économe

Actions en faveur d'une économie d'énergie	Voirie à faible fréquentation (tout usage)	Voirie à forte fréquentation (tout usage)
Vérifier l'état des équipements	++	++
Constituer une base de données des points lumineux et des armoires	+	+
Ajuster les abonnements électriques	++	++
Avoir recours à la télégestion	+	+
Réévaluer les besoins en éclairage	++	+
Abaisser les niveaux lumineux sur une période nocturne	++	-
Changer de technologie de source (LED, SHP)	++	++
Changer de revêtement de voirie (plus clair), puis réévaluer les niveaux	+	+
Installer des horloges astronomiques	++	++
Mettre en œuvre une extinction nocturne	+	-
Mettre en œuvre une extinction nocturne couplée à de la détection de présence	++	-

21 Une consommation d'électricité liée à l'éclairage de 1 KWh émet de l'ordre de 100 g CO₂ (source : Ademe).

22 Remarquons que cet exemple a été réalisé avec des luminaires très qualitatifs associés à un certain coût (coût d'un luminaire à considérer généralement entre 500 et 2000€). Le temps de retour sur investissement en coût global y est relativement élevé. Ainsi, y compris pour un investissement élevé, la durée obtenue est acceptable car cohérente avec l'ordre de grandeur de la durée de vie moyenne d'une installation d'éclairage public (30 ans).

Série de fiches « Voiries, espaces publics : solutions économes »

- Fiche n° 01 Le réemploi d'une voie ferrée en liaison douce : l'expérience de Caux-Austreberthe, Pays de Caux
- Fiche n° 02 Un parking-relais modulable en période estivale : L'exemple d'Arcachon
- Fiche n° 03 Reconversion d'un parking en parc urbain à Saint-Étienne
- Fiche n° 04 Une solution innovante pour le retraitement en place d'une chaussée polluée
- Fiche n° 05 La gestion économe des installations d'éclairage public - État de l'art et applications

+ Pour aller plus loin ●●●

- Ademe, IN NUMERI. 2019. *Dépenses énergétiques des collectivités locales.*
- AFE. 2019. *Éclairage dans les collectivités : fiches pratiques.*
- AFE. 2019. *L'éclairage en chiffres.*
- Cerema. Décryptage : l'arrêté ministériel "nuisances lumineuses."
- Cerema et Ademe. Guide Cerema-Ademe sur l'éclairage photovoltaïque. (à paraître)
- MTES. 2018. *Arrêté du 27 décembre 2018* relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses.

✍️ Contributeurs ●●●

Sous la coordination de Nicolas Furmanek

Rédacteur principal : Matthieu Iodice

Rédacteurs : Paul Verny, Florian Greffier (Cerema), Patrick Garnier (Service technique Ville des Pennes-Mirabeau)

Relecteurs : Marion Ailloud, Pascal Cheippe (Cerema), Philippe Icke (SymielecVar), Philippe Hunault (SERCE)

Maquettage
Cerema DSC
Pôle édition
et valorisation
des connaissances

✉️ Contact ●●●

Nicolas Furmanek - Cerema Territoires et ville - MEPS/EPVU

Tél. : +33 (0)4 72 74 58 54 - nicolas.furmanek@cerema.fr

epvu.dmeps.dtectv.cerema@cerema.fr

Date de publication

Janvier 2022
ISSN : 2417-9701
2022/01

Commander ou télécharger nos ouvrages sur
www.cerema.fr

© 2022 - Cerema
La reproduction totale
ou partielle du document
doit être soumise
à l'accord préalable
du Cerema.

La collection « Connaissances » du Cerema

Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées.

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment