

**CONCOURS INTERNE ET TROISIÈME CONCOURS  
DE TECHNICIEN PRINCIPAL TERRITORIAL DE 2<sup>e</sup> CLASSE**

**SESSION 2024**

**ÉPREUVE D'ÉTUDE DE CAS**

ÉPREUVE D'ADMISSIBILITÉ :

**Étude de cas portant sur la spécialité au titre de laquelle le candidat concourt.**

Durée : 4 heures

Coefficient : 1

**SPÉCIALITÉ : SERVICES ET INTERVENTION TECHNIQUES**

**À LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET :**

- ♦ Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif dans votre copie, ni votre nom ou un nom fictif, ni initiales, ni votre numéro de convocation, ni le nom de votre collectivité employeur, de la commune où vous résidez ou du lieu de la salle d'examen où vous composez, ni nom de collectivité fictif non indiqué dans le sujet, ni signature ou paraphe.
- ♦ Sauf consignes particulières figurant dans le sujet, vous devez impérativement utiliser une seule et même couleur non effaçable pour écrire et/ou souligner. Seule l'encre noire ou l'encre bleue est autorisée. L'utilisation de plus d'une couleur, d'une couleur non autorisée, d'un surligneur pourra être considérée comme un signe distinctif.
- ♦ Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner l'annulation de la copie par le jury.
- ♦ Les feuilles de brouillon ne seront en aucun cas prises en compte.

**Ce sujet comprend 31 pages.**

**Il appartient au candidat de vérifier que le document comprend  
le nombre de pages indiqué.**

*S'il est incomplet, en avertir le surveillant.*

- ♦ Vous répondrez aux questions suivantes dans l'ordre qui vous convient, en indiquant impérativement leur numéro.
- ♦ Vous répondrez aux questions à l'aide des documents et de vos connaissances.
- ♦ Des réponses rédigées sont attendues et peuvent être accompagnées si besoin de tableaux, graphiques, schémas...

Vous êtes technicien principal territorial de 2<sup>e</sup> classe, responsable du centre technique municipal (CTM) de la commune de Techniville (10 000 habitants). Le CTM comprend 17 agents (1 menuisier, 2 électriciens, 1 serrurier, 1 plombier sanitaire, 1 peintre, 5 jardiniers, 1 maçon, 3 agents de propreté et 2 agents polyvalents). Les équipes du CTM interviennent pour les dépannages, les réparations, mais aussi pour des réalisations spécifiques (peinture, création de structure bois...) sur les bâtiments communaux (tous corps d'état et équipements techniques), l'éclairage public, les petits entretiens des voiries, le remplacement de la signalisation routière, les espaces verts. Les équipes interviennent également en soutien logistique et technique sur des manifestations municipales, la maintenance et la gestion des espaces publics.

Le maire s'est engagé auprès de ses administrés à réaliser et gérer de façon « écoresponsable » les aménagements et les espaces publics communaux.

### **Question 1 (2 points)**

Vous listerez les points de vigilance à prendre en compte au stade de la conception d'un espace public afin d'en faciliter la maintenance et l'exploitation. Vous justifierez votre réponse.

### **Question 2 (4 points)**

Afin de répondre au mieux aux attentes des élus de la commune, le directeur des services techniques (DST) vous demande d'élaborer un guide technique de maintenance et d'exploitation des espaces publics.

- a) Vous expliquerez comment sera conduite l'élaboration de ce guide technique. (2 points)
- b) Vous proposerez les thématiques qui devront être traitées dans le guide technique. Vous justifierez votre réponse. (2 points)

### **Question 3 (3 points)**

- a) Vous proposerez une définition de l'économie circulaire ainsi que des pistes d'actions pour en décliner les principes dans l'activité du CTM. (1,5 point)
- b) Vous proposerez une démarche pour faire adhérer les agents à ce nouveau mode de fonctionnement. (1,5 point)

### **Question 4 (4 points)**

- a) Dans le cadre de la préservation de la ressource en eau, vous proposerez des actions pour désimpermeabiliser les sols d'un espace public. (2 points)
- b) Sous forme d'un tableau, vous listerez les avantages et inconvénients d'une désimpermeabilisation en fonction des lieux dans lesquels elle est mise en place ? (2 points)

### Question 5 (4 points)

L'éclairage des espaces publics nécessite d'être modernisé.

- a) A partir de l'annexe A, vous listerez les actions à engager en faveur des économies d'énergie. (2 points)
- b) Vous préciserez dans quelles mesures ces actions doivent être adaptées aux différents types d'espaces publics. (2 points)

### Question 6 (3 points)

Après l'adoption du guide technique, le DST vous demande d'établir un planning annuel par activité du CTM pour l'entretien et la maintenance des espaces publics.

#### Liste des documents :

- Document 1 :** « Liaisons douces et économie circulaire : l'exemple du parc des Chanteraines (92) » (extrait) - *cerema.fr* - 2023 - 5 pages
- Document 2 :** « La gestion économe des installations d'éclairage public » (extrait) - *cerema.fr* - janvier 2022 - 4 pages
- Document 3 :** « L'économie circulaire du BTP dans la rédaction des marchés et contrats » - *cerema.fr* - octobre 2021- 4 pages
- Document 4 :** « A la reconquête de la nuit. La pollution lumineuse : état des lieux et propositions » (extrait) - *Ministère de la transition écologique et solidaire* - novembre 2018 - 4 pages
- Document 5 :** « Comprendre l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses » - *Cerema* - septembre 2020 - 7 pages
- Document 6 :** « Améliorer l'acceptabilité de la modulation de l'éclairage grâce à la participation citoyenne, la concertation et la co-construction » - *Cerema* février 2022 - 3 pages

#### Liste des annexes :

- Annexe A :** « Plan du parc et des installations lumineuses » - 1 page

#### Documents reproduits avec l'autorisation du C.F.C.

*Certains documents peuvent comporter des renvois à des notes ou à des documents non fournis car non indispensables à la compréhension du sujet.*

*Dans un souci environnemental, les impressions en noir et blanc sont privilégiées. Les détails non perceptibles du fait de ce choix reprographique ne sont pas nécessaires à la compréhension du sujet, et n'empêchent pas son traitement.*

« Liaisons douces et économie circulaire : l'exemple du parc des Chanteraines (92) » (extrait)  
cerema.fr - 2023

Voirie, espaces publics : des solutions économes - Fiche n° 6  
Liaisons douces et économie circulaire L'exemple du parc des Chanteraines (92) (extrait)  
(...)

1 • UN PARC FRANCILIEN AU SERVICE DES MOBILITÉS ACTIVES

Situé dans un environnement urbain dense de l'ouest parisien, le parc départemental des Chanteraines couvre une surface de 87 hectares en partie sur les communes de Gennevilliers et de Villeneuve-la-Garenne (92).

Inauguré en 1978, le parc se compose de trois parties aménagées successivement entre les années 1975 et 1990. L'ensemble constitue une coulée verte jusqu'aux berges de la Seine (la promenade bleue) : le parc des Tilliers et son étang artificiel de 9,5 hectares, les Hautes Bornes avec son étang de 1,5 hectare et sa ferme récente inspirée des fermes du Vexin au XIX<sup>e</sup> siècle et les Fiancés jouxtant le fleuve.

Aménagé dans un secteur très urbanisé, le parc a su composer avec les différentes coupures urbaines du territoire (infrastructures routières telles que l'autoroute A 86, les boulevards urbains...) : il participe au maillage d'itinéraires des modes actifs sur les communes de Gennevilliers et de Villeneuve-la-Garenne. Il constitue par ailleurs un « espace vert de qualité environnementale » particulièrement apprécié des citadins souhaitant s'accorder un temps récréatif et de détente. Labellisé « Espace vert écologique » (EVE®) par l'organisme de certification Ecocert en 2012, le parc ne reçoit annuellement pas moins d'un million et demi de visiteurs<sup>2</sup> en moyenne, piétons comme cyclistes. Il est ouvert tous les jours avec des horaires d'ouverture variables selon la saisonnalité.

Le parc met par ailleurs à disposition du public plusieurs équipements : des aires de jeux et de brumisation, une ferme pédagogique, un parcours ornithologique, un parcours santé nature, une petite ligne ferroviaire pour la circulation d'un train touristique à travers le site.

Les équipements du parc sont desservis par un réseau hiérarchisé d'allées (sur un linéaire de 8 km) ponctuées par des placettes.

Ces allées couvrent une surface minéralisée de 25 000 m<sup>2</sup> (soit près de 3 % du parc) et sont de deux natures différentes :

- **des allées principales (6 km)** : d'une largeur de 4,5 m, elles sont dimensionnées pour les déplacements des piétons et des cycles, plus ponctuellement pour la circulation des véhicules légers d'entretien et des engins d'intervention (par exemple, des camions pompiers en cas d'incident) ;
- **des allées secondaires (2 km)** : leur largeur moyenne est de 3,5 m. Leur portance est plus faible. Elles sont préférentiellement utilisées par les piétons (joggeurs et randonneurs) et dans une moindre mesure

par les cycles mais aussi par les petits véhicules et matériels pour l'entretien et la surveillance du site.

Le parc compte plus marginalement d'autres surfaces minéralisées comme l'aire de jeux des Hautes Bornes (500 m<sup>2</sup>), l'aire de service du parc (1 750 m<sup>2</sup>) ou encore l'ancienne allée le long de la berge de l'étang des Tilliers.

Les eaux pluviales issues de ces surfaces minérales imperméabilisées sont gérées au moyen d'un système traditionnel de récupération dans le réseau enterré d'assainissement.

2 • LA DÉMARCHE INNOVANTE DE RÉNOVATION DES ALLÉES DE DESERTE

Sous maîtrise d'œuvre de la Direction des parcs, paysages et environnement du CD 92, le projet de réaménagement du parc poursuit plusieurs objectifs : créer de nouveaux espaces verts qualitatifs, installer des équipements neufs, sécuriser les accès. Un des objectifs du projet porte sur la rénovation des allées du parc qui, datant de 1989-1990, arrivent en fin de vie. Pendant une période de trente ans, elles ont assuré leur fonction dans de bonnes conditions avec un minimum d'entretien (béton fibré désactivé de 15 cm d'épaisseur sur couche de forme de 20 cm d'épaisseur en matériaux récupérés compactés).

Le projet de réhabilitation, commencé à l'automne 2018 pour se terminer à l'automne 2020, est élaboré suivant les principes de l'économie circulaire détaillés ci-après.

Une rénovation avec zéro déchet

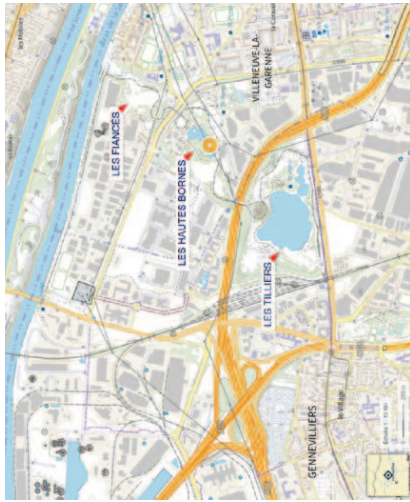
L'un des objectifs principaux du projet est de préserver les ressources naturelles en limitant au maximum la production de déchets et l'apport de nouveaux matériaux sur le site. Le projet se caractérise par une réutilisation complète des bétons du site à travers deux phases de déconstruction des allées (la première portant sur 15 000 m<sup>2</sup> sur un total de 25 000 m<sup>2</sup> s'est terminée fin 2019). Ainsi, les

dalles des anciennes allées (en béton avec un calepinage de pavés<sup>3</sup> en granit gris de 10 cm de côté) sont intégralement transformées sur site en granulats. Le recyclage des granulats issus du mélange béton/granit (8 600 m<sup>3</sup>) permet une réutilisation à 100 % répartis dans les usages suivants :

- constitution des sous-couches des chemins rénovés (2 000 m<sup>3</sup>) ;



Mise en œuvre des sous-couches de roulement



Un parc situé au cœur d'un territoire dense et urbanisé du nord de Paris (crédit : © IGN 2023)



L'organisation spécifique du parc en plusieurs secteurs

1 La labellisation repose sur une gestion environnementale évaluée sur 10 critères : la qualité du paysage, la richesse de la biodiversité, les économies d'eau, l'entretien d'un sol vivant, la qualité de l'air, le niveau de bruit, la maîtrise de l'énergie, la gestion des déchets, la qualité des matériaux/matériaux-produits, la prise en compte des aspects sociaux et humains.  
2 Fréquentation moyenne annuelle relevée ces cinq dernières années.

- création de « murs » en gabions<sup>4</sup> notamment sur un linéaire de 150 mètres dans la zone des Hautes Bornes (400 m<sup>3</sup>);



Réalisation d'un mur en gabions

- confection d'un nouveau béton 100 % à base de granulats de béton concassés et recyclés<sup>5</sup> mis en œuvre notamment pour la voie de service longue de 35 mètres à l'entrée du parc donnant accès à la ferme pédagogique (700 m<sup>3</sup>);



Allées d'accès à la ferme



Réalisation d'accotements perméables

- réalisation d'accotements permettant le croisement des véhicules d'entretien. La circulation ponctuelle sur ces accotements a nécessité la mise en place de tranchées latérales drainantes comblées de béton recyclé (500 m<sup>3</sup>) puis enherbées;

- substitution majoritaire du ballast de la voie de chemin de fer du parc, prévu lors de la seconde phase de déconstruction (5 000 m<sup>3</sup>).



Substitution du ballast de la voie ferrée

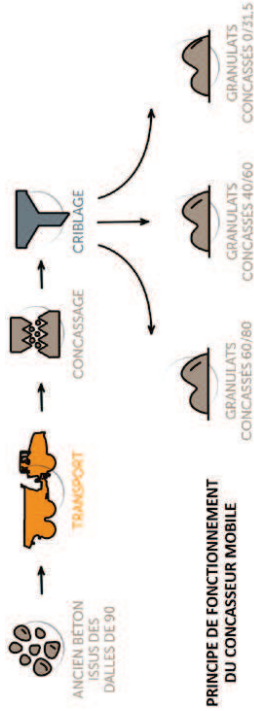
## Un chantier avec réduction des transports



4 Gabions : casiers en fils métalliques remplis de matériaux non gelifs.  
5 La réalisation de ce béton confectionné avec 100 % de granulats recyclés a suivi les recommandations du projet national Recybeton.

0/31,5 – 40/60 – 60/80. Ils sont ensuite répartis sur le site en plusieurs tas pour une utilisation ultérieure.

Au final, le concasseur mobile procure plusieurs avantages à l'échelle de l'opération : pas de déchet produit et préservation des



Intervention du concasseur mobile sur l'aire de transformation des matériaux



## Une gestion durable des eaux pluviales

L'opération s'est inscrite dans une démarche de désimperméabilisation partielle du parc à travers la mise en œuvre de trois actions

- **La réduction de la largeur des allées**  
La largeur d'emprise des anciennes allées est optimisée au regard de la fréquentation et des usages actuels du site tout en veillant à conserver un bon confort d'usage et garantir l'accessibilité des plus vulnérables. La réduction de largeur d'emprise est de 22 % soit 6530 m<sup>2</sup> d'espace naturel supplémentaire. Selon les secteurs, les allées principales passent d'une largeur de 4,5 m à 3,5 m voire jusqu'à 2,5 m. Les allées secondaires passent de 3,5 m à 2,5 m (ponctuellement 2,0 m selon la géographie du lieu) et les cheminement<sup>6</sup> simples sont réduits à 1,40 m. La nécessité de garantir le croisement de véhicules d'entretien conduit la maîtrise



Aperçu avant (premier plan) / après (second plan) de la réduction d'emprise

6 Les dalles sont transportées par dumpers jusqu'au concasseur sur une distance allant de quelques dizaines à quelques centaines de mètres. Largeur minimale réglementaire d'un cheminement accessible (cf. réglementation accessible, notamment l'arrêté du 15 janvier 2007).

L'accotement perméable est mis en œuvre sur une largeur moyenne de 0,80 m pour une profondeur moyenne de 0,60 m. Il est constitué d'un mélange composé de 2/3 de

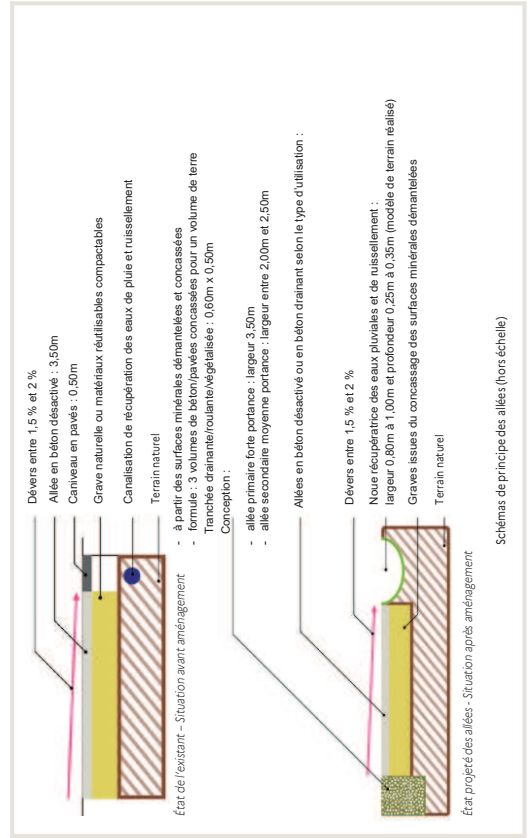
• la réalisation de noues le long des allées principales

Un système hydraulique de noues végétalisées de 0,80 m à 1,00 m d'emprise et de 0,25 m à 0,35 m de profondeur, vient, en fonction de la topographie du terrain, accompagner le système de récupération des eaux pluviales le long des allées principales en béton désactivé. Un dévers de 1,5 à 2 %, compatible avec les règles d'accessibilité, est aménagé sur ces allées pour le ruissellement des eaux pluviales. Les 1 200 m<sup>2</sup> de noues créées dans le cadre de la première phase de l'opération contribuent, d'une part, à stocker puis infiltrer l'eau dans le sol, d'autre part, lorsque la situation se présente,



Avant

Après aménagement, des allées confortables et adaptées aux usages du site et à leur affluente



granulats en béton recyclé et 1/3 de terre végétale recouvert d'un semis spécifique résistant aux piétinements ;

à orienter directement les eaux pluviales dans les zones humides de proximité ;



Après



Après

• l'utilisation de revêtement perméable en béton drainant

Une partie des allées rénovées (environ 4 000 m<sup>2</sup>) et deux aires de jeux du parc (réalisées en 2016 en mettant en œuvre 15 cm de béton drainant sur un fond de forme compacté 500 m<sup>2</sup>) sont revêtues de béton drainant pour une déconnexion totale des eaux pluviales du réseau d'assainissement au profit d'une infiltration directe dans le sol et du respect du cycle de l'eau. Le béton drainant est utilisé comme revêtement des cheminements situés



À gauche, allée en béton drainant ; à droite, allée en béton désactivé



Une des stations du parcours santé nature du site

autour de l'étang sur la parcelle des Tilliers, côté Genevilliers. Il offre la particularité d'avoir été réalisé sur site dans une centrale de chantier. Le béton drainant est également utilisé dans l'aménagement des stations sportives ponctuant le parcours Santé Nature du site. Leur conception (accès direct et à niveau depuis les allées) garantit l'accessibilité et confort d'usage pour tous.



Jonction entre allée en béton désactivé (à gauche) et en béton drainant (à droite), les anciens pavés sont remplacés par des joints de calepinage



Panneau d'information du parcours santé nature

### 3 • LE BILAN DE L'OPÉRATION

Dans le cadre du projet de réaménagement du parc départemental des Chanteraines, la démarche environnementale impulsée par la maîtrise d'ouvrage s'est montrée concluante à plusieurs titres. La mise en œuvre du projet de recyclage initiée par la maîtrise d'ouvrage a été facilitée par les conditions même du site (dalles anciennes sur place et foncier disponible pour l'installation d'un concasseur mobile).

Cette démarche s'est en outre accompagnée d'une réduction du coût total de l'opération.

#### Des bénéfices environnementaux en phase de construction... et en phase d'usage

Sur le plan environnemental, les bénéfices évalués quantitativement par la maîtrise d'ouvrage<sup>10</sup> sont substantiels, notamment :

- **préservation des ressources naturelles** : économie de 8 318 tonnes de granulats (sous forme de matière première) ;
- **pas de production de déchets ni de mise en décharge** ; l'intégralité des gravats de béton a été recyclée sur place ;
- **transport de matériaux limité au strict minimum** avec des impacts positifs sur l'énergie : économie de 58 525 litres de carburant ;
- **contribution à la réduction du réchauffement climatique** :
  - piégeage du CO<sub>2</sub> par « carbonatation du béton »<sup>11</sup> concassé du site (murs de gabions, ballast...) pendant la vie de l'ouvrage<sup>12</sup> : de 15 à 20 kg et jusqu'à 120 kg de CO<sub>2</sub> par mètre cube de béton peuvent être capturés en fonction de la nature du béton (à dire d'expert),
  - empreinte carbone réduite : économie de 170 tonnes d'émission de CO<sub>2</sub> liée au transport.

#### Une contribution à la réduction de l'effet d'îlot de chaleur

L'utilisation d'un béton drainant, de par ses propriétés intrinsèques (mécaniques et hydrauliques), présente plusieurs avantages environnementaux : gestion durable des eaux de pluie, amélioration de la qualité de l'eau, réduction de la pollution, absorption acous-tique et réduction du bruit de roulement des véhicules.

Même si, à ce jour, ses propriétés thermiques restent peu étudiées, ce revêtement peut, sous certaines conditions (conditions d'humidité, albedo<sup>13</sup> plus élevé), représenter une solution avantageuse de lutte contre les îlots de chaleur. En restituant moins de chaleur qu'un sol en béton classique, il tend à accroître le confort d'usage pour le public en période de forte chaleur (régulation de la chaleur, évapotranspiration de l'humidité accumulée dans le matériau par exemple) comme par temps de pluie (pieds restés au sec par temps de pluie, pas de flaques ni de boue...).

La restitution de surfaces minérales perméables (16 %) et d'espaces naturels (38 %) favorise et renforce les îlots de fraîcheur et la qualité paysagère du site.

#### Des bénéfices économiques

La recherche d'efficacité dans l'utilisation des matériaux de construction des allées (exploitation maximale des ressources du site par la réutilisation à 100 % du béton des anciennes allées, optimisation des largeurs d'emprise...) conduit à des économies budgétaires. Ainsi, comparativement à un scénario traditionnel de démolition / reconstruction à neuf (impliquant l'évacuation des déchets et l'approvisionnement de matériaux neufs), le coût de l'opération de réhabilitation du parc des Chanteraines **est réduit de 17,5 % environ** soit une économie de 293 100 € sur un coût total d'aménagement de 1,68 M€ net (données 2018-2019).

De plus, la démarche de gestion durable des eaux pluviales à travers les solutions techniques mises en œuvre (travaux de désimperméabilisation, dispositifs d'infiltration des pluies courantes à ciel ouvert, etc.) s'efforce de répondre aux enjeux environnementaux actuels sur la question cruciale des ressources : eau, matériaux, bilan carbone. La maîtrise d'ouvrage s'est appuyée sur des partenaires institutionnels (Agence de l'eau Seine- Normandie, Agence nationale du sport) pour soutenir et subventionner le projet. Le recours à différents dispositifs de gestion durable des eaux pluviales assurant une restitution directe et naturelle de l'eau dans le sol (système de béton drainant, réseau de noues le long de certaines allées) vient compléter ou se substitue au réseau souterrain d'assainissement, plus complexe et coûteux à mettre en œuvre (caniveaux, avaloirs, réseau enterré...).

Le contexte du site (foncier disponible dans les accotements des allées, espace naturel...) est particulièrement bien adapté à la mise en place d'un réseau de noues (terrassment, fourniture, pose) tout en se révélant plus économique qu'un système d'assainissement traditionnel<sup>14</sup>. Enfin, sur le plan de la gestion, les dispositifs d'assainissement à ciel ouvert sont plus faciles à entretenir qu'un système complexe de réseau enterré d'assainissement et donc moins coûteux en fonctionnement.

#### L'impact sur les usages

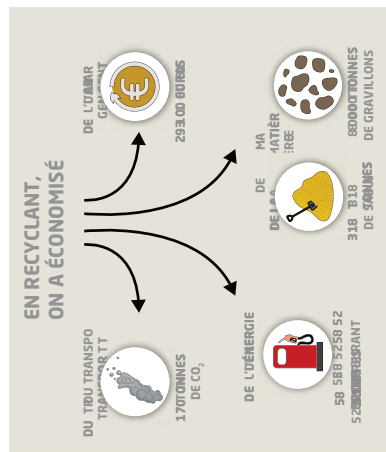
L'organisation du chantier et la planification des travaux sont étudiées et optimisées en vue de limiter l'impact sur l'exploitation du parc pendant les deux années du chantier. Le parc est en effet resté ouvert et accessible au public pendant toute la durée des travaux. De plus, les propriétés de mise en œuvre du béton permettent une réouverture rapide à la circulation des promeneurs et des véhicules légers (2 à 3 jours après son coulage à température normale).

Outre l'impulsion politique, la réussite du projet repose sur la mise en œuvre de plusieurs leviers d'actions.

- **La connaissance préalable de l'existant** Les différents types de surfaces minérales du site ont été cartographiés. L'identification des différents matériaux présents dans les couches, leur qualification et leur quantification ont permis au maître d'ouvrage de réfléchir à plusieurs possibilités de réemploi de ces matériaux pour leur redonner une valeur économique.
- **L'appui et l'assistance nécessaires d'un expert technique** Les conseils et l'expertise d'un partenaire technique spécialiste en béton, Cimbéton, se sont révélés essentiels pour vérifier notamment la faisabilité du recyclage au regard des normes en vigueur. L'expert a également largement contribué à transposer le programme national RecyBéton dans l'aménagement d'un espace vert.

#### Un changement de posture de la maîtrise d'ouvrage et l'engagement de la maîtrise d'œuvre

Afin qu'il puisse être vertueux sur un plan environnemental, le projet a conduit le Département des Hauts-de-Seine à rompre avec les pratiques traditionnelles d'aménagement des espaces dont ils assurent la gestion. La démarche s'est montrée concluante grâce à l'engagement volontariste de la maîtrise d'ouvrage : effort supplémentaire de réflexions en amont du projet et vision globale du projet.



Bilan de la démarche d'économie circulaire

<sup>14</sup> Ordre de coût moyen linéaire d'une noue : 100 €/m soit bien inférieur à la mise en œuvre d'un réseau séparatif.

<sup>10</sup> Sur le fondement de l'estimation réalisée par Cimbéton (Centre d'information sur le ciment et ses applications)  
<sup>11</sup> La « carbonatation du béton » est un phénomène naturel caractérisé par la capture du CO<sub>2</sub> atmosphérique par le béton tout au long de la vie d'un ouvrage. Ce phénomène serait favorisé par le concassage du béton.  
<sup>12</sup> La vie utile d'un ouvrage en béton est estimée à 30 ans environ.  
<sup>13</sup> L'albedo d'un matériau est sa capacité à réfléchir l'énergie solaire. Plus la surface est claire, plus l'albedo est élevé. Sa valeur est comprise entre 0 (pour les surfaces les plus sombres) et 1 (pour les surfaces les plus claires).

## 4 • LA RÉPLICABILITÉ DE LA DÉMARCHE

Le chantier « circulaire » a impliqué de la part de la maîtrise d'œuvre d'assurer une bonne coordination et de créer une synergie entre des services techniques qui n'ont pas toujours l'habitude de travailler ensemble.

- **Une sensibilisation du public aux enjeux de préservation des ressources et une communication tout au long du projet** Des actions de communication portant sur les enjeux environnementaux ont été mises en place en amont et en aval du projet. Elles ont permis d'explicitier la démarche innovante de la maîtrise d'ouvrage et de sensibiliser le public aux enjeux de préservation des ressources.
- **Des actions de sensibilisation des services gestionnaires pour les inciter à des pratiques vertueuses** Des fiches de bonnes pratiques et méthodes d'évolutions des services techniques de changer progressivement leurs pratiques et techniques d'entretien habituelles pour les adapter aux nouveaux dispositifs et équipements mis en place pour répondre aux grands enjeux du vingt-et-unième siècle : gestion durable des ressources (matériaux, eau, énergies par exemple), contraintes climatiques, économie de moyens...
- **Un chantier organisé au plus tôt pour limiter les impacts sur les usages** Le chantier n'a que très peu dégradé la fonction d'accueil du parc au public. La réutilisation des matériaux, l'optimisation du process, le calendrier et le phasage des travaux y ont largement contribué. Les évolutions apportées aux larges chemins (revues parfois à la baisse tout en laissant un passage confortable) ainsi qu'aux revêtements (non meubles, « roulables ») ont su concilier les enjeux de désimperméabilisation avec ceux liés au confort d'usage du site et en particulier à l'accessibilité aux personnes à mobilité réduite.

de blocage (refonte des bases de données, meilleure coordination avec les différentes équipes, évolutions des pratiques interdisciplinaires pour répondre aux objectifs de gestion environnementale...).

L'exemplarité du chantier donne lieu à la mise en place de différentes actions de communication auprès du public dont une consistant en la réalisation d'une exposition ouverte à tous. Située au cœur du parc des Chantieraines, cette exposition vise à sensibiliser plus particulièrement le jeune public aux nouveaux enjeux environnementaux, parmi lesquels la gestion durable des ressources et l'adaptation des espaces publics au changement climatique.

L'exposition a été mise en place le 4 octobre 2022 dans le cadre d'une journée technique organisée par le comité VECU<sup>15</sup> ayant pour thème : « Harmonie entre nature, aménagement et béton : comment préserver l'environnement avec une démarche d'économie circulaire dans les voiries en béton et les espaces verts urbains ? ». Elle a donné lieu à la présentation des planches de l'exposition et à la visite des différents aménagements réalisés.

La démarche n'a pas vocation à s'étendre avec la fin du projet. Au contraire, confortée par les résultats concrets du projet de réaménagement réalisé selon une approche urbanistique et environnementale novatrice, le Département des Hauts-de-Seine envisage, à partir des premiers enseignements tirés, de transposer la démarche à d'autres projets similaires.

Peuvent également se poser des questions sur la longévité des aménagements réalisés, des nouvelles exigences d'entretien et du traitement de ces aménagements en fin de vie (quelle sera la seconde vie des matériaux ? Le béton recyclé utilisé sera-t-il recyclable dans 20 à 30 ans ? Et sous quelles conditions ?).

Cela suppose d'adapter la démarche au contexte et aux contraintes de chacun de ces nouveaux projets. Cela nécessite notamment d'optimiser la programmation simultanée de chantiers situés à proximité les uns des autres, d'organiser des opérations de recyclage des matériaux selon les distances entre les sites ou les chantiers, de travailler en transversalité entre plusieurs directions métiers opérationnelles de compétences et de cultures différentes.

Cette progressivité pourra permettre aux équipes de changer « en douceur » les modes d'aménager, et de lever au fil de l'eau les points



Affichage de panneaux informant le public de la démarche réalisée sur le site



Une des planches de support de l'exposition proposée par le gestionnaire du site

(...)

<sup>15</sup> VECU : Voiries, espaces publics et chantiers d'aménagements urbains. Comité créé par le Specbea réunissant des entrepreneurs, des membres du Specbea, des maîtres d'œuvre, des experts bétons, des membres du SIBPE (Syndicat national du béton prêt à l'emploi) et de Cimbéton (Centre d'information sur le ciment et ses applications).





Voirie, espaces publics: des solutions économes

# La gestion économe des installations d'éclairage public

## État de l'art et applications (extrait)

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

Fiche n° 05 - Janvier 2022

Collection | Connaissances

## 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. (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 CO<sub>2</sub> 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.

**Dependant, 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 milieu rural 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

## 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 armatures électriques, des ballasts, drivers<sup>3</sup> et des réseaux électriques ;
- les relampings<sup>4</sup> 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.

Cerema - Voirie, espaces publics : des solutions économes - Janvier 2022

Fiche n°05 - La gestion économe des installations d'éclairage public - Etat de l'art et applications

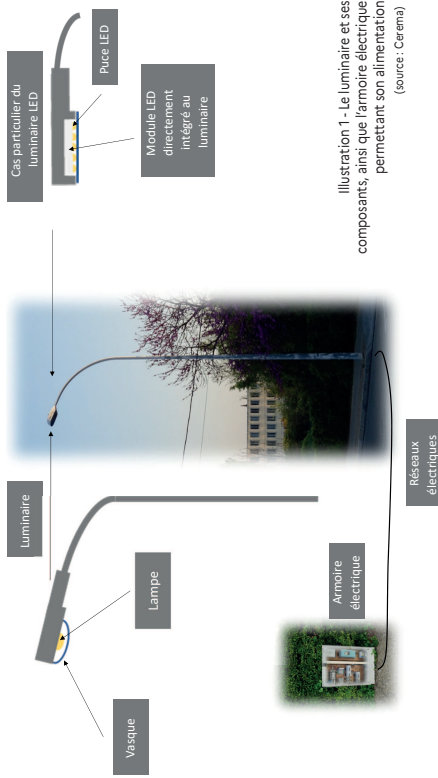


Illustration 1 - Le luminaire et ses composants, ainsi que l'armoire électrique permettant son alimentation (source : Cerema)

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 installés;
- 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 priorité (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)<sup>5</sup>.

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.

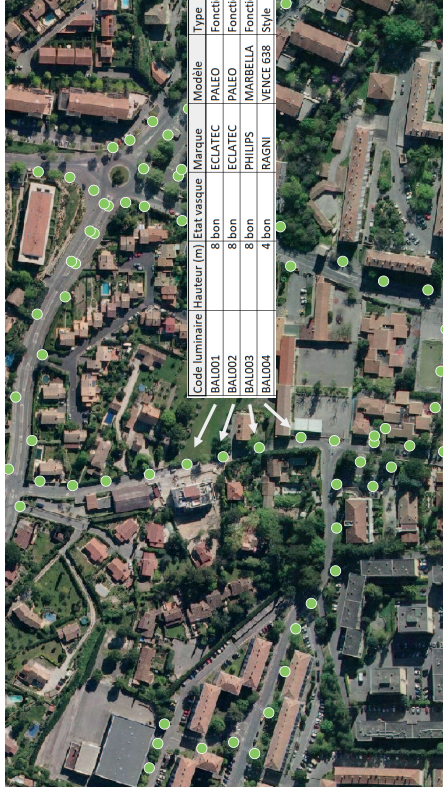


Illustration 2 - Représentation fictive des points lumineux d'une base de données SIG (points lumineux en vert) (source : Cerema)

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 forte<sup>6</sup>. 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 optimisée<sup>7</sup>. 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 Eteindre 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 permet<sup>9</sup> (réglage préalable lors de l'installation). Ainsi, il n'y a pas de surconsommation inutile (courbe verte de l'illustration 3).

Certaines fiches de Certificats d'Économie d'Énergie (CEE) sur les travaux de réseaux sont mobilisables pour des travaux liés à l'éclairage extérieur<sup>\*</sup>: 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 obligatoire des 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/Use/fiches/RES>).

### 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 Bourcoumettes aux Pennes-Mirabeau.

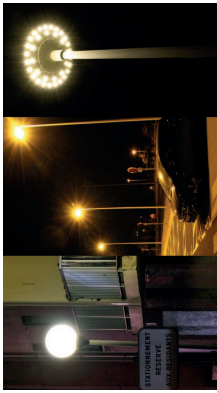


Illustration 4 - Trois technologies de sources lumineuses (de gauche à droite) : vapeur de mercure, sodium haute pression et LED (Source : Cerema)

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

vers des technologies moins énergivores, comme la technologie LED. Celle-ci apporte une efficacité lumineuse<sup>10</sup> généralement meilleure que celles des autres technologies plus anciennes<sup>11</sup> (iodures métalliques, vapeur de mercure<sup>12</sup>, 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 sources<sup>13</sup>), 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 instantanée<sup>14</sup>.

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'uniformité<sup>15</sup> des niveaux lumineux au sol doit être pris en compte<sup>16</sup>. Certains luminaires LED peuvent aussi procurer une perception d'éblouissement accrue en raison de leur forte directivité 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.

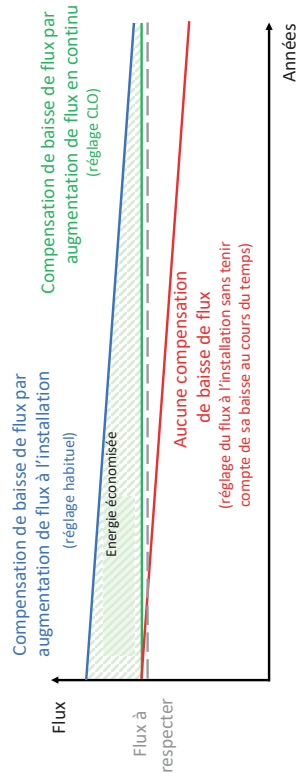


Illustration 3 - Différents scénarios de compensation de la baisse de flux lumineux au fil du temps (source : Cerema)

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

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 refécution 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 pratique<sup>17</sup>.

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 remarquons 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<sup>er</sup> 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.

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

évaluant 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 extinction<sup>18</sup>. 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 « économique ».

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 économique. 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 chemements, de repérer les obstacles ou encore de lire certaines informations telles que la signalétique ou les informations présentes à un arrêt de bus.



# L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE DU BTP DANS LA RÉDACTION DES MARCHÉS ET CONTRATS

## Que devez-vous savoir ?

Le mémento présente les clés de l'intégration d'une économie circulaire liée à la prévention et la gestion des déchets inertes dans les marchés et contrats du BTP. Il présente les responsabilités réglementaires du commanditaire des travaux, la politique pouvant être menée en faveur de l'économie circulaire ainsi que sa transcription dans les conditions d'exécution des marchés et contrats.



Les orientations nationales visent à la transition vers une économie circulaire pour une consommation sobre des ressources, en prévenant la production de déchets puis, à défaut, en les valorisant. Les commanditaires publics et privés de travaux peuvent favoriser cette transition dans leurs projets d'aménagement et de construction. Dans les marchés et contrats, ils peuvent être le moteur de cette transition au travers des prescriptions pour prévenir et gérer les déchets générés par la conception de leurs projets et utiliser des matériaux alternatifs en substitution de ressources non renouvelables.

## LES RESPONSABILITÉS DU COMMANDITAIRE DE TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET D'AMÉNAGEMENT

- Assurer la **gestion des déchets** sans nuire à l'environnement et à la santé humaine (L541-1 CE)
- Participer à l'atteinte de l'objectif national de **valoriser 70 %** des déchets du BTP (L541-1 CE)
- **Prévenir la quantité de déchets**, puis **hiérarchiser les modes de traitement**, de la valorisation à l'élimination, en privilégiant les filières de proximité (L541-1 CE)
- **Caractériser** les déchets en vue de leur gestion (L541-71 CE)
- **Trier** sur le chantier pour éviter les mélanges de déchets et faciliter leur gestion (L541-71 et L541-21-1 CE)
- **Gérer** les déchets jusqu'à leur valorisation ou leur élimination finale, même lorsque le déchet est transféré à des fins de traitement à un tiers (L541-2 CE)

1 - Réemployer	2 - Valoriser		3 - Éliminer
	Réutilisation	Recyclage	
Utiliser les terres excavées du chantier pour réaliser un merlon de protection phonique ou paysager	Utiliser les dalles sur un autre chantier	Transformer les déchets en matériaux alternatifs dans une installation de recyclage	Utiliser les déchets pour le remblaiement de carrières
Exemples			Déposer les déchets dans une installation de stockage

CE : Code de l'environnement

# LES ACTIONS EN FAVEUR DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE DANS LES MARCHÉS ET CONTRATS

Afin de favoriser l'économie circulaire dans ses projets, le commanditaire de travaux fixe des objectifs adaptés au contexte du projet, qu'il devra accompagner de moyens, notamment humains et financiers. Ses objectifs seront affichés dans toutes les pièces des marchés ou des contrats.

CE QUE DEMANDE LA RÉGLEMENTATION	ACTIONS À INSCRIRE DANS LES MARCHÉS ET CONTRATS
<p>Réaliser un diagnostic Produits, Matériaux, Déchets avec pour objectifs de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ caractériser et cartographier les flux générés à l'échelle du chantier</li> <li>→ améliorer le réemploi, la réutilisation ou toute autre valorisation</li> </ul> <p><b>POUR ALLER PLUS LOIN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Étendre le diagnostic à tous les projets du BTP (pas uniquement ceux visés par la réglementation relative à certains bâtiments)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Réaliser ou faire réaliser le diagnostic prévisionnel à l'amont des travaux pour identifier la nature et la quantité des matériaux générés par le chantier</li> <li>→ Organiser le chantier pour faciliter le tri en fonction du phasage d'apparition des déchets et des filières de gestion (SOGED – Schéma d'Organisation et de la Gestion et de l'Élimination des Déchets, SOSED - Schéma d'Organisation et de Suivi de l'Élimination des Déchets de chantier,...)</li> </ul>
<p>→ Prévenir, puis hiérarchiser, le cas échéant, les modes de traitement des déchets</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Intégrer le diagnostic aux contrats et marchés de travaux</li> <li>→ Favoriser les filières de proximité de gestion des déchets</li> <li>→ Laisser l'opportunité aux entreprises de proposer des solutions locales de gestion des déchets</li> <li>→ Assurer un contrôle des performances des matériaux réemployés</li> </ul>
<p>→ Gérer les déchets jusqu'à leur valorisation ou élimination finale</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Mettre en place une démarche de traçabilité des déchets</li> <li>→ Contrôler la conformité environnementale des matériaux alternatifs entrants sur le chantier vis-à-vis des guides publiés sur le site officiel du ministère en charge de l'environnement</li> </ul>
<p><b>POUR ALLER PLUS LOIN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Étendre la traçabilité à toute nature de déchets générés par la conception du projet et aux matériaux alternatifs valorisés dans le cadre du projet</li> </ul>	
<p>→ Prioriser l'utilisation de matériaux issus du réemploi, de la réutilisation ou du recyclage de déchets</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Identifier les besoins du projet en matériaux d'apport</li> <li>→ Ouvrir les marchés et contrats aux ressources secondaires (matériaux alternatifs et matériaux de seconde vie)</li> </ul>
<p><b>POUR ALLER PLUS LOIN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Préciser les compétences requises de l'opérateur contrôlant le flux des matériaux, issus du réemploi, de la réutilisation ou du recyclage, utilisés sur le chantier</li> </ul>	
<p>Pour les travaux de déconstruction de bâtiment et de réhabilitation significative :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Réaliser, à l'issue des travaux, un formulaire de récolement identifiant les matériaux réemployés et les déchets réutilisés, recyclés ou valorisés autrement et leur destination</li> </ul>	<p>Capitaliser sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ La concordance des données du diagnostic prévisionnel avec les matériaux réellement générés lors de la réalisation du chantier</li> <li>→ Les filières de gestion des déchets en fonction de leur nature</li> <li>→ Les taux de réemploi et de valorisation</li> <li>→ Les coûts de gestion des déchets générés par le projet</li> </ul>
<p><b>POUR ALLER PLUS LOIN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Étendre la demande de récolement à tous les projets du BTP</li> </ul>	

Le type de marché peut également faciliter la mise en place d'une démarche d'économie circulaire. Des procédures spécifiques telles que les marchés d'achats innovants, les marchés globaux de performances, les marchés de gré à gré, ou encore de dialogue compétitif ainsi que les procédures de marchés adaptées (MAPA), peuvent simplifier les démarches et permettre la négociation. Notamment, des marchés expérimentaux peuvent être rédigés pour tester le réemploi ou l'utilisation de matériaux alternatifs en faisant appel à des propositions innovantes des entreprises.

## Pour les Travaux Publics

Construction et entretien routier

Loi de 2015 sur la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (article 79)

→ Pour les maîtres d'ouvrage de l'État et des collectivités territoriales : **intégrer dans tout appel d'offres une exigence de priorité à l'utilisation des matériaux issus du réemploi, de la réutilisation ou du recyclage de déchets**

## Matériaux issus du Réemploi, de la Réutilisation et/ou du Recyclage de déchets

Approvisionnement des chantiers de construction

≥ 60 %

Approvisionnement des chantiers de construction et d'entretien

≥ 20 %

Couches de surface

≥ 30 %

Couches d'assise

## Pour le Bâtiment

Démolition et réhabilitation



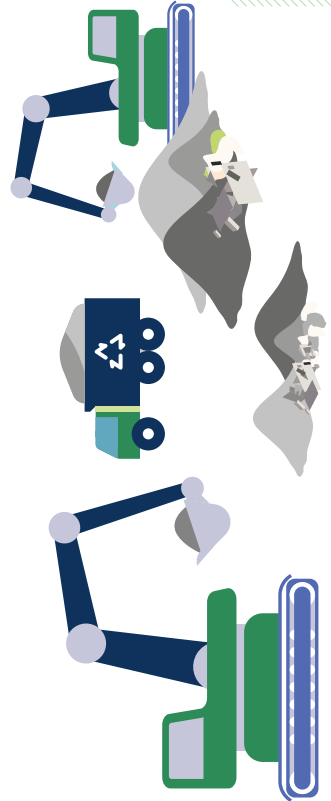
Bâtiment > 1000 m<sup>2</sup> ou avant accueilli une activité agricole, industrielle, commerciale avec usage, stockage, fabrication, distribution de substances dangereuses (L111-10-4 et suivants du code de la construction et de l'habitation)

→ Réaliser un **diagnostic Produits, Matériaux, Déchets** du projet

→ Dresser un formulaire de récolement à l'issue des travaux avec la nature et quantité de matériaux réemployés ou destinés à l'être et celle des déchets réutilisés, recyclés, valorisés ou éliminés en identifiant les repreneurs

## Construction et démolition

→ Trier à la source ou collecter séparément notamment les fractions minérales et le verre. (L541-21-2 CE)



# RÉALISER LE DIAGNOSTIC

Le diagnostic est une action essentielle pour favoriser les projets d'économie circulaire du BTP.



## Pour le bâtiment

Pour les déconstructions de bâtiments et les réhabilitations significatives, le diagnostic devra être conforme aux prescriptions de l'article 51 de la loi anti-gaspillage et économie circulaire de 2020 (AGEC) et des décrets d'application. Il fournira notamment les informations relatives :

- le nom et la qualification du diagnostiqueur, la date du diagnostic et les parties de bâtiment visitées et non visitées, la liste des documents consultés
- la nature, la quantité des matériaux et déchets ainsi que leur localisation dans l'ouvrage
- l'état de conservation des produits, matériaux et équipements
- les possibilités de réemploi, quantifiées par usage, sur le site, sur d'autres sites ou par l'intermédiaire de filières de réemploi
- l'identification des filières locales de réutilisation, de recyclage, d'autres valorisations matière, de valorisation énergétique ou d'élimination
- les précautions de dépose, de stockage et de transport

Un scénario technico économique de la valorisation peut également être établi.

Pour les autres types de travaux, ne rentrant pas dans le périmètre de la réglementation, il est conseillé de systématiser le diagnostic Produits, Matériaux, Déchets à tous les chantiers.

## Pour les travaux de construction et d'aménagement

Aucune prescription réglementaire, cependant il est vivement conseillé de réaliser un diagnostic.

Le diagnostic des déchets de conception pourra notamment regrouper les informations relatives :

- à la nature et la quantité des matériaux générés dans le cadre du chantier
- à la localisation des matériaux dans le projet
- au passage d'apparition des matériaux en fonction de l'exécution du projet



# PRÉVENIR, GÉRER LES DÉCHETS ET VALORISER LES MATÉRIAUX ALTERNATIFS

Le marché et le contrat de maîtrise d'œuvre décrivent les missions en matière d'économie circulaire. Le maître d'œuvre devra mettre en application et contrôler la prévention et la gestion des déchets ainsi que l'utilisation des ressources secondaires. Le marché de travaux décrit l'ensemble des actions permettant la mise en place et le suivi de solutions adaptées aux engagements du commanditaire de travaux en faveur de l'économie circulaire. Les actions inscrites dans les marchés ne devront toutefois pas restreindre la mise en concurrence.

## Assurer la traçabilité des déchets

La traçabilité est assurée par la mise en place d'un outil permettant de suivre le déchet depuis le chantier jusqu'à la valorisation ou l'élimination finale permettant au commanditaire des travaux de s'assurer de la destination des déchets. Le document de traçabilité peut être imposé par la maîtrise d'ouvrage ou proposé par l'entreprise répondant au marché ou au contrat de la maîtrise d'œuvre.

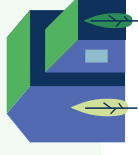
Il correspond à un lot de déchets :

- Un lot pouvant être un camion, une typologie de déchets associée ou non à un exutoire. Les informations contenues sur l'outil de suivi des déchets sont les suivantes :
- Le chantier ayant généré le déchet
- L'identification du lot de déchets
- La nature et quantité de déchets
- Le ou les entrepises de transport du déchet
- La ou les installations intermédiaires avant la valorisation ou élimination finale
- Les destinations finales

## Registre chronologique (R541-43 CE)

Un registre chronologique est tenu à jour sur le chantier afin de consigner tous les déchets sortants. Il contient les informations relatives à :

- La date de l'expédition du déchet
- La nature et quantité de déchets
- Le nom et l'adresse de l'installation vers laquelle le déchet est expédié
- Le nom et l'adresse du ou des transporteurs qui prennent en charge le déchet
- Le type de traitement final (réutilisation, recyclage, autre valorisation ou élimination)



## Organiser le chantier

L'organisation du chantier doit permettre la mise en place des actions en faveur de l'économie circulaire. L'organisation du chantier décrit :

- les méthodes et moyens pour déconstruire ou réhabiliter
- le tri, et, le cas échéant les contrôles mis en place en fonction du phasage d'apparition des matériaux et des filières de gestion, permettant :
- pour les matériaux réemployés, d'atteindre les performances demandées selon l'usage

- de s'assurer que les déchets respectent les conditions d'entrée de chaque installation
- le ou les traitements des matériaux en vue de leur réemploi
- la localisation des zones de stockage sur le chantier. Le stockage concerne les déchets générés par le chantier ainsi que les matériaux alternatifs entrants sur le site
- le type de traitement et la localisation des zones de traitement des matériaux en vue de leur réemploi

## Ouvrir les marchés et contrats aux ressources secondaires (matériaux alternatifs et matériaux recyclés)

Les matériaux issus d'un autre chantier ou d'une installation de recyclage de déchets doivent être utilisés en priorité s'ils répondent aux besoins du projet et s'ils sont conformes aux normes et référentiels de l'usage (L541-33 CE).

Selon le type de procédure (adaptée ou formelle), des variantes peuvent être obligatoires ou autorisées, ce qui peut faciliter des propositions en faveur de matériaux alternatifs ou de matériaux recyclés.

Par ailleurs, dans les marchés, le besoin en ressources secondaires doit être inscrit en termes de performance et non de typologie ou d'origine.

## S'assurer des performances des ressources secondaires entrants sur le chantier

Les ressources secondaires doivent disposer des caractéristiques techniques, performantielles et réglementaires attendues au regard des documents techniques, des règles professionnelles ou des normes existantes pour l'usage. Les matériaux alternatifs issus de déchets élaborés dans une installation de recyclage devront être conformes aux référentiels environnementaux, et le cas échéant sanitaire, reconnus par le ministère en charge de l'environnement. Les matériaux d'autres chantiers de proximité feront l'objet d'un contrat avec les acteurs des chantiers (Maîtres d'ouvrage, maître d'œuvre ou entreprises). Le contrat définira les règles de transaction, notamment :

- le calendrier
- le processus de déconstruction, de stockage et de reconditionnement
- les modalités de traçabilité (l'origine du déchet, les performances, la quantité, la date d'entrée, la localisation au sein du projet)
- le cadencement des livraisons
- les moyens de contrôle à l'entrée du chantier
- les éventuels stockages temporaires en cas de dérive du calendrier prévisionnel
- la responsabilité de chaque acteur
- la gestion des litiges
- les solutions mises en œuvre dans le cas d'une incompatibilité des matériaux pour l'usage demandé, d'une défaillance ou d'un retard de l'autre chantier

Un contrôle sur chantier sera mis en place afin de vérifier la conformité des matériaux. Les matériaux non conformes sont également tracés avec la consignation des informations sur l'origine, la nature la quantité, le motif du refus et la destination suite au refus.

## ILS ONT RÉDIGÉ DES MARCHÉS OU DES CONTRATS POUR FAVORISER UNE ÉCONOMIE CIRCULAIRE DE LEURS PROJETS

### Les graves de mâchefer dans les marchés de travaux du Département de la Savoie

Dans le cadre de sa politique de développement durable, le Conseil Départemental de la Savoie s'attache à promouvoir l'emploi de la grave de mâchefer dans ses opérations routières. Depuis 2012, le Conseil Départemental réalise une étude hydrogéologique permettant de valider l'utilisation de grave de mâchefer sur ses chantiers. Cette étude est fournie dans le dossier de consultation des entreprises.

Si l'usage est démontré, le conseil départemental impose dans ses marchés l'emploi de la grave de mâchefer en solution de base pour tout chantier nécessitant plus de 200 m<sup>3</sup> de matériaux d'apport en remblai ou couche de forme. Si l'usage n'est pas démontré ou si le chantier nécessite moins de 200 m<sup>3</sup> de matériaux d'apport en remblai ou couche de forme, le Département impose l'emploi de matériaux issus de la déconstruction.

Dans tous les cas, les marchés autorisent les matériaux naturels exclusivement en variante.

### A retenir

- Réaliser un diagnostic pour connaître la nature et la quantité des matériaux et déchets générés par le projet du BTP
- Afficher dans les marchés et contrats la politique d'économie circulaire du commanditaire des travaux
- Intégrer le diagnostic dans les pièces de marché et contrats
- Imposer des objectifs sans restreindre la mise en concurrence
- Favoriser l'économie circulaire au travers un système de notation des offres

### Pour aller plus loin cerema.fr

Ce document a été élaboré dans le cadre d'un groupe de travail et avec la collaboration de l'INEC. Le groupe de travail regroupe la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, l'UNICEM Auvergne-Rhône-Alpes, la FRIP Auvergne-Rhône-Alpes, BIP Rhône et Métropole, l'ANJM, le CPT, l'ATILH, Savoie Déchets, le SEDDR, FEDEREC, le SNEFD, la CER Auvergne-Rhône-Alpes, la CNE, l'ADENE Auvergne-Rhône-Alpes, le Conseil Départemental de Savoie, le Conseil Départemental du Rhône et la Région Auvergne Rhône-Alpes.

Contactez le Cerema : [economie-circulaire-materiauxbtp@cerema.fr](mailto:economie-circulaire-materiauxbtp@cerema.fr)



## La pollution lumineuse : état des lieux et propositions

Rapport n°012301-01 établi par Isabelle AURICOSTE, Jean-François LANDEL, Maryline SIMONE

Novembre 2018

En quelques années, le paysage de l'éclairage s'est fortement transformé avec l'arrivée de la Led. Cette nouvelle technologie domine aujourd'hui le marché de l'éclairage privé et les marchés de rénovation de l'éclairage public. En annexe 6 de ce rapport, la mission a souhaité rappeler les atouts des Leds, certaines de leurs caractéristiques, les points de vigilance et leur potentiel d'évolution nécessaire.

En fonction du projet d'éclairage et des besoins associés, de son domaine d'application, telle ou telle technologie sera privilégiée. Les manuels d'éclairage commencent à évoluer mais la plupart de ceux consultables facilement sur internet sont peu diserts sur l'impact de l'éclairage sur la santé humaine et la biodiversité.

### 1.4.5. Éteindre ou doser les intensités lumineuses ?

Contrairement à d'autres pollutions, les effets de la lumière artificielle apparaissent réversibles, puisqu'il suffirait, pour faire cesser la gêne occasionnée, soit d'éteindre, soit d'améliorer les paramètres techniques de l'éclairage.

La temporalité et la durée de l'éclairage sont des variables importantes, qui partent du constat de la complexité du dosage de l'éclairage pour concilier ses différents usages et de l'importance de la limitation globale de la dépense de lumière, pour des raisons environnementales et économiques.

Éteindre paraît ainsi être une mesure simple, parlante et peu coûteuse, dès lors que l'activité humaine ne la justifie plus.

L'extinction est aujourd'hui pratiquée par de nombreuses collectivités, selon des horaires et des temporalités variables, en cœur de nuit. Sa mise en œuvre nécessite un certain nombre de précautions préalables (point développé en annexe 4). Elle peut aussi trouver ses limites pour certaines espèces nocturnes ayant une activité importante au crépuscule.

L'extinction est de plus en plus combinée avec des mesures de réduction et de variation des intensités lumineuses de l'éclairage public, selon les possibilités techniques des équipements, l'analyse des besoins d'éclairage par zone et bien sûr le coût des installations.

Par ailleurs, la notion d'extinction, déjà prévue par la réglementation existante, doit également cibler des sources lumineuses privées (publicités, bureaux, parkings privés...). Une politique publique locale suppose d'identifier en amont les plus excessives d'entre elles (voir parties suivantes 2, 3, 4 et annexe 5 sur les bonnes pratiques).

### 1.5. L'éclairage ne se limite pas aux sources lumineuses : leurs supports, leurs modalités d'installation et la gestion des réseaux sont à prendre en compte

Il ne suffit pas de créer une lampe idéale en laboratoire. Les nuisances lumineuses sont causées ou sensiblement réduites selon les modalités d'installation d'un éclairage dans un environnement donné avec une approche d'aménagement nocturne, notamment sur :

- l'implantation, l'espacement et la hauteur des mâts, la suppression des points lumineux inutiles ;
- les caractéristiques des luminaires (pour maîtriser l'orientation de la lumière).

## La qualité des installations dépend également de plusieurs facteurs :

- Qualité du projet d'aménagement et optimisation de l'éclairage, de son « zonage »<sup>22</sup> et de son intégration environnementale.

Un des facteurs de complexité peut consister dans l'incohérence, pour l'utilisateur, entre l'éclairage public et l'éclairage privé (panneaux publicitaires lumineux, stades ou zones industrielles et commerciales) ou entre deux zones voisines.

- Bon « dosage » des différents paramètres techniques de l'éclairage, en veillant à chaque fois à trouver le bon arbitrage entre les usages.

Il s'agit, par exemple, de réserver les mâts de grande hauteur aux voies de circulation urbaines les plus structurantes et baisser ailleurs leur hauteur tout en orientant, implantant correctement les sources et dosant leurs puissances pour réduire leurs impacts environnementaux. Les détecteurs de présence peuvent être une bonne solution en zone peu fréquentée mais une source de dérangement pour le voisinage humain ou animal si l'allumage/extinction est trop fréquent.

Certaines installations innovantes vont jusqu'à supprimer les mâts et prévoir des points lumineux au sol ou encore au niveau d'une rambarde de bord fréquenté d'un canal, limitant les débordements lumineux vers l'eau et vers le ciel.

Certains échecs d'implantation de nouveaux éclairages peuvent s'expliquer par le maintien des implantations et mâts d'origine ou encore les limites des réseaux et armoires qui auraient permis de programmer de manière différente l'éclairage nocturne de la cour de l'école, du stade et de la rue dans un même quartier.

## Les possibilités économiques et techniques : Quelques chiffres sur les lampes et les installations.

**Le nombre de points lumineux liés à l'éclairage public était de 7,2 millions en 1990 et 9,5 millions en 2015<sup>23</sup>, soit une augmentation de 30 % en 15 ans.** Sur la même période, la durée d'éclairage a diminué : de 4 300 heures en 1990 à 3 100 heures en moyenne pour une commune de métropole en 2015<sup>24</sup>.

Sur les 9,5 millions de points lumineux aujourd'hui en France relevant de l'éclairage public, 30 % sont des lampes à vapeur de mercure, interdites de mise sur le marché depuis 2015, 60 % des lampes au sodium et 10 % des Leds<sup>25</sup>.

**La durée de vie d'un équipement d'éclairage extérieur public est de 30 ans en moyenne. Le taux de remplacement annuel du parc est évalué à 3 % au plus.** Ainsi, 40 % des luminaires en service ont plus de 25 ans<sup>26</sup>. Pour les installations qui ont entre 40 et 50 ans, il faut changer l'ensemble de l'installation dans 90 % des cas<sup>27</sup>. Enfin, le potentiel d'économies d'énergie d'une rénovation est de 50 à 75 %<sup>28</sup> en W.

---

<sup>22</sup> « Zoner » un territoire communal ou intercommunal consiste à distinguer des zones selon leur fréquentation, en se posant à chaque fois la question du besoin et des impacts environnementaux et en adaptant l'éclairage public et ses installations.

<sup>23</sup> Source : Ademe, 2014.

<sup>24</sup> Source : AFE, 2017.

<sup>25</sup> Source : FNCCR, 2018.

<sup>26</sup> Source : AFE, 2017.

<sup>27</sup> Source : AFE, 2018.

<sup>28</sup> Source : AFE, 2017.

Les coûts de rénovation concernent les matériels, les réseaux et les installations mais aussi d'autres aspects. La modification de l'implantation des mâts pour réduire un éclairage inutile nécessite par exemple de revoir les trottoirs (coûts de désinstallation, modification des bacs à fleurs, des revêtements...).

**Une conciliation environnementale in situ des normes « au plus » et « au moins » :** la plupart des cahiers des charges d'éclairage public, selon nos interlocuteurs, intègrent des normes d'éclairage qui engendrent des contradictions à gérer in situ par les éclairagistes et les concepteurs lumière (par exemple, normes de circulation routière ou normes d'éclairage des circulations piétons pour les personnes handicapées, applicables aux abords des bâtiments, aux seuils très élevés pouvant entraîner une recherche d'homogénéité de l'éclairage par le haut, ou encore normes d'éclairage de terrains de camping en milieu naturel).

**Une réflexion sur la pertinence de l'installation elle-même :**

La désinstallation des éclairages autoroutiers, efficiente pour la biodiversité, s'est développée pour réduire d'abord la facture énergétique, des études ayant démontré que l'extinction n'entraînait pas de hausse du nombre et de la gravité des accidents. La dépose des mâts génère néanmoins un coût financier à programmer.

La problématique de l'installation n'est pas en premier lieu technique. Ainsi, sur certains tronçons, l'extinction des autoroutes à proximité des zones industrielles et commerciales fortement éclairées la nuit peut créer des risques de forts contrastes. Elle renvoie donc à une vision d'aménagement territorial de la nuit par les maîtres d'ouvrages publics selon les zones (plus ou moins urbanisées, rurales et à protéger), à la fois large (agglomération, trame sombre) et fine jusqu'à la rue, les zones de transition et de conflits, à l'intelligence in situ de l'éclairage et à la prise en compte des facteurs coûts.

L'évolution de l'éclairage des commerces est beaucoup plus rapide et simple à mettre en œuvre mais relève d'abord de l'initiative individuelle.

## **1.6. Un sujet transversal, avec de nombreux acteurs, sans portage politique**

La pollution lumineuse est un sujet émergent. Ce statut incertain a pour effet de ne pas en faire une priorité. Cependant, son émergence correspond aussi à une sensibilisation croissante des collectivités et des professionnels de l'éclairage (qui préfèrent le terme de nuisances), propice à l'innovation. C'est surtout un sujet très transversal qui « embarque » beaucoup d'acteurs, sans portage unique, sans constats et indicateurs partagés, ce qui engendre une dilution des responsabilités. Les données existent mais sont éparpillées entre ses différents producteurs, privés et publics, sans cadre commun de format d'échange de données.

À forte dimension sociétale, les usages de l'éclairage artificiel sont ancrés dans les mentalités et recouvrent des domaines d'activité extrêmement variés que la mission n'a pu tous explorer. Les évolutions dans les deux sens sont conditionnées par la demande et la pression des citoyens et consommateurs. Aujourd'hui, l'information et les données sont davantage relayées par les associations environnementales et syndicats d'éclairage que, de manière cohérente, par l'État.

La pollution lumineuse revêt un aspect scientifique et technique couvrant plusieurs champs de connaissance, qui nécessitent d'associer, dans les recherches,

éclairagistes, spécialistes de la biodiversité et de la santé humaine et animale, voire des spécialistes du ciel (de l'astronomie à la pollution de l'air).

Au plan environnemental, la pollution lumineuse est bien un sujet de pression, parmi d'autres, dont l'impact avéré sur la santé humaine et une biodiversité de fait « muette » est encore méconnu. Elle est, de ce fait, d'abord associée aux économies d'énergie possibles plutôt qu'à la nécessité d'un éclairage sobre et à bon escient.

Ce sujet revêt aussi une dimension juridique complexe (voir partie 3).

Sa dimension économique et financière doit être prise en compte. Les projets de rénovation de l'éclairage ont un coût d'investissement en grande partie rentable du fait des économies générées. Toutefois, pour les communes, petites et moyennes, ils nécessitent des moyens accrus en maîtrise d'ouvrage pour réaliser les diagnostics préalables et envisager une programmation pluriannuelle.

Il revêt enfin une dimension politique, son évolution nécessitant un portage et une constance aux différents niveaux de décision, quelles que soient les alternances.

D'ores et déjà, les constats faits dans cette première partie posent la question des principaux impacts et enjeux de la lumière artificielle à associer à ceux de l'énergie dans une politique environnementale, développés en partie 2.

*AUBE**Aménagement, urbanisme, biodiversité, éclairage*

## Comprendre l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses

*La série de fiches « AUBE » incite à concevoir l'éclairage différemment, par l'intégration conjointe des enjeux de biodiversité, d'usage et d'économie d'énergie. Elle décrypte aussi l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 portant sur les nuisances lumineuses afin de vous aider dans sa mise en œuvre.*

*Elle s'adresse aux élus et techniciens des collectivités territoriales, gestionnaires, aménageurs et bureaux d'études des domaines de l'éclairage et de l'écologie, et aux gestionnaires d'espaces naturels.*



Le ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) a publié en 2018 un arrêté ministériel visant à réduire le phénomène des nuisances lumineuses. Celui-ci a notamment pour objectif de réduire l'incidence de l'éclairage artificiel sur la biodiversité en encadrant par des prescriptions techniques et temporelles les installations d'éclairage publiques et privées.

Ce texte, bien qu'assez technique, s'adresse à un public très large, ce qui a incité le Cerema à rédiger cette fiche de vulgarisation. Elle s'adresse aux gestionnaires d'éclairage public et privé (collectivités, commerçants, particuliers, etc.) et permet aux lecteurs de comprendre à quels titres ils sont concernés et comment ils peuvent contribuer à réduire les nuisances lumineuses.

Cette fiche suit la structure de l'arrêté ministériel, en détaillant les différentes catégories d'installations d'éclairage, les prescriptions temporelles (extinctions) et techniques (température de couleur, niveau et répartition du flux lumineux) qui s'y appliquent. Elle présente ensuite les cas spécifiques des zones à enjeux de biodiversité et astronomiques et conclut sur le calendrier de mise en application des prescriptions de l'arrêté.

Cette fiche est également disponible en libreaccès sur le site du [Cerema](#).

Elle est ici conçue pour être consultée en format numérique et comprend des liens cliquables. En cas d'impression papier, un certain nombre de ressources dont les cartes dynamiques et les textes de références ne seront donc pas accessibles.

# Article 1 : Définition des catégories d'installations d'éclairage

L'article 1 définit sept catégories d'installations d'éclairage auxquelles font référence les autres articles de l'arrêté.

Les prescriptions de l'arrêté varient en fonction des catégories d'installation concernées.




Précisons que, d'après la [notice explicative](#) du ministère, les installations de balisage ne sont pas concernées par l'arrêté (flux émis inférieur à 100 lumens).

	<p><b>(a) Eclairage extérieur :</b> Sécurité et confort des usagers sur l'espace public ou privé (voirie, cheminements piétons et modes actifs, etc.)</p> <p><b>Exceptions :</b> Eclairage et signalisation des véhicules, tunnels, éclairages impactant la sécurité aéronautique, ferroviaire, maritime et fluviale</p>
	<p><b>(b) Mise en lumière :</b> - du patrimoine - du cadre bâti - des parcs et des jardins (publics ou privés, accessibles au public ou appartenant à des entreprises, bailleurs sociaux ou copropriétés)</p>
	<p><b>(c) Equipements sportifs</b> (plein air ou découvrables)</p>
	<p><b>(d) Bâtiments non résidentiels :</b> Illumination des bâtiments et éclairage intérieur émis vers l'extérieur (locaux à usage professionnels, culturels, de loisirs, administratifs, commerces, etc.)</p> <p><b>Exceptions :</b> gares de péage</p>
	<p><b>(e) Parcs de stationnement</b> (non couverts ou semi-couverts)</p>
	<p><b>(f) Evènementiel extérieur temporaire</b> (festival, défilé, marchés et illuminations de Noël...)</p>
	<p><b>(g) Chantiers en extérieur</b></p>

## Article 2 : les plages horaires d'extinction

L'article 2 définit des conditions temporelles pour trois moments d'allumage et d'extinction de l'éclairage: allumage en fin de journée, extinction (de nuit), et allumage au matin. Aucune condition temporelle d'extinction en début de journée en fonction du lever du soleil n'est donnée par l'arrêté.

Précisons que d'après la [notice explicative](#) du ministère, les prescriptions temporelles s'appliquant aux installations d'éclairage intérieur des locaux à usage professionnel concernent aussi les luminaires qui n'éclairent pas délibérément vers l'extérieur.

Où ? Cas général, sur tout le territoire	Installations d'éclairage auxquelles les dispositions s'appliquent	Allumage (icône = au plus tôt au coucher du soleil)	Extinction (de nuit) Au plus tard :	Allumage (matinal) Au plus tôt :
	Eclairages extérieurs (a) liés à une activité économique et situés dans un espace clos		 1h après la fin d'activité	 ou  à 7h du matin ou 1h avant le début d'activité
	Eclairage de mise en lumière du patrimoine et des parcs et jardins (b)		 ou  à 1h du matin ou 1h après la fermeture des parcs et jardins	
	Éclairage des bâtiments non résidentiels (d)		 à 1h du matin	
	Éclairage intérieur des locaux à usage professionnel (d)		 1h après la fin d'occupation des locaux	 ou  à 7h du matin ou 1h avant le début d'activité
	Eclairage de vitrines de magasins de commerce ou d'exposition (d)		 ou  à 1h du matin ou 1h après la fin d'activité	 ou  à 7h du matin ou 1h avant le début d'activité
	Eclairage des parcs de stationnement (e) annexés à un lieu ou zone d'activité		 2h après la fin d'activité	 ou  à 7h du matin ou 1h avant le début d'activité
	Eclairage des chantiers extérieurs (g)		 1h après la fin d'activité	

Icônes créées par freepik et ibrandify/freepik

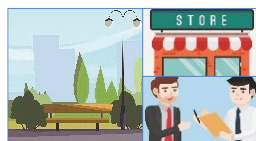
## Pour aller plus loin...

Le Préfet peut prescrire des adaptations locales plus restrictives (prise en compte de sensibilités environnementales locales).



Il est possible d'adapter ces restrictions lorsque ces installations sont couplées à certains dispositifs (détection de présence, asservissement à l'éclairage naturel), pour les catégories a, b, d et e.

Certaines dérogations peuvent être prises par le



Préfet et le Maire dans certaines conditions (cf. Art. 2 VII) pour les catégories b et d.

### L'avis du Cerema

La notion d'allumage au coucher du soleil au plus tôt est sollicitée dans l'arrêté pour tenir compte de la lumière naturelle produite par le soleil. Cependant, il peut être tout aussi intéressant de considérer également une extinction des installations d'éclairage au lever de soleil.

L'arrêté encourage de lancer une réflexion sur les possibilités d'extinction avec les différents acteurs impliqués dans la lutte contre les nuisances lumineuses au niveau local. Il peut être particulièrement intéressant de mener cette réflexion pour l'éclairage de voirie, non considéré par les prescriptions temporelles de l'arrêté.

## Articles 3 et 5 : les prescriptions techniques et les contrôles de conformité

L'article 3 définit les prescriptions techniques des luminaires à respecter en fonction de leurs catégories d'usage.

L'article 5 détaille les contrôles de conformité associés aux prescriptions de l'arrêté.

Le premier paragraphe de l'article 3 justifie les prescriptions techniques à respecter :

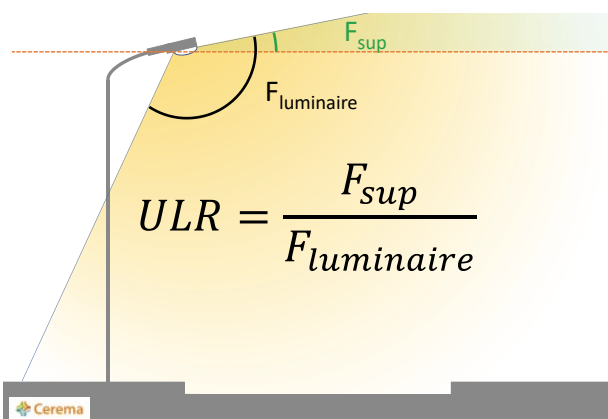
« Les émissions de lumière artificielle des installations d'éclairage extérieur et des éclairages intérieurs émis vers l'extérieur sont conçues de manière à prévenir, limiter et réduire les nuisances lumineuses, notamment les troubles excessifs aux personnes, à la faune, à la flore ou aux écosystèmes, entraînant un gaspillage énergétique ou empêchant l'observation du ciel nocturne. »

Ce paragraphe définit les indicateurs utilisés, puis détaille les seuils prescrits pour ces indicateurs.

### Définition des prescriptions techniques

#### ULR (Upward Light Ratio)

L'ULR (Upward Light Ratio) représente le rapport du flux sortant des luminaires qui est émis dans l'hémisphère supérieur ( $F_{sup}$ ) au flux total sortant des luminaires ( $F_{luminaire}$ ).

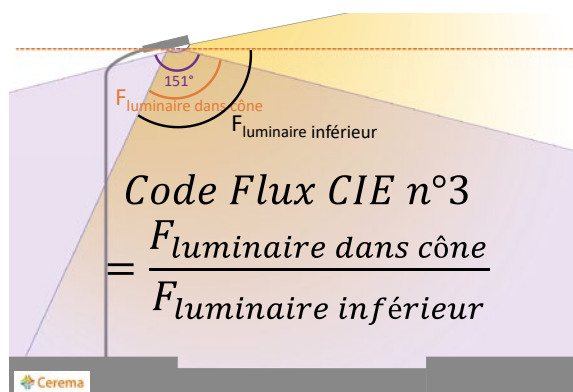


Flux à prendre en compte pour le calcul de l'ULR



### Code Flux CIE n° 3

Le code de flux CIE n° 3 représente la proportion de flux lumineux émis dans l'hémisphère inférieur dans un angle solide de  $3\pi/2$  stéradian (angle solide équivalent à un cône de demi-angle  $75,5^\circ$  soit un angle total de  $151^\circ$ ) par rapport au flux lumineux émis dans tout l'hémisphère inférieur.



Flux à prendre en compte pour le calcul du Code Flux CIE n° 3

### Température de couleur

La température de couleur (mesurée en Kelvin « K ») caractérise le ressenti d'une lumière blanche produit par une source lumineuse. La lumière peut être qualifiée de chaude (valeur basse de température de couleur, teinte orangée) ou froide (valeur élevée de température de couleur, teinte bleutée).



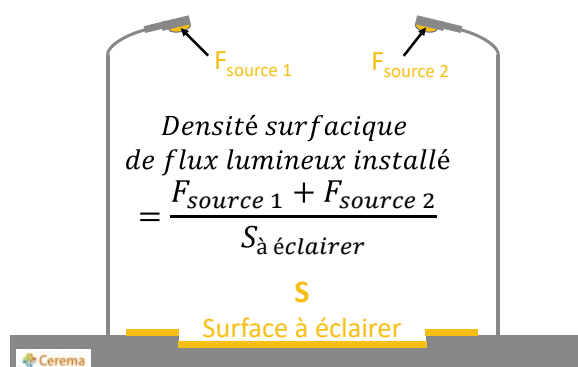
Illustration de la variation de la température de couleur

### Densité surfacique de flux lumineux installé

La densité surfacique de flux lumineux installé (DSFLI) représente le rapport entre le flux total émis par l'installation d'éclairage (somme des flux des différentes sources de l'installation, à la date d'installation d'après la notice du Ministère) et l'ensemble de la surface destinée à être éclairée par l'installation d'éclairage. Elle s'exprime en lumen par mètre carré. Précisons que dans ce calcul les

flux considérés sont les flux des sources présentes à l'intérieur des luminaires, et non pas les flux sortants des luminaires.

Le flux lumineux maximal d'une installation se calcule donc à partir de la surface à éclairer, via la valeur de densité surfacique de flux lumineux définie par l'arrêté (voir tableau ci-après).







Flux et surfaces à prendre en compte pour le calcul de la DSFLI

La notice explicative du ministère détaille la définition du flux d'une source, en s'appuyant sur la définition d'une source lumineuse présente dans le règlement (UE) 2019-2020\*. Remarquons que ce texte précise par contre que pour le cas particulier où un luminaire LED ne peut être démonté afin de vérifier le flux du composant LED séparément (plateau, puces, etc.), le flux du luminaire est à considérer pour les calculs.

\*Règlement établissant des exigences en matière d'écoconception applicables aux sources de lumière et aux appareils de contrôle séparés, en application de la directive 2009/125/CE

## Quelles prescriptions techniques pour quelles catégories d'usage ?

Les prescriptions techniques sont définies par des seuils détaillés pour certaines catégories d'installations d'éclairage :

Où ? Cas général, sur tout le territoire	Installations d'éclairage auxquelles les dispositions s'appliquent	ULR	Code Flux CIE n°3	Température de couleur	Densité surfacique de flux lumineux installé (lumen / m <sup>2</sup> )	
					En agglomération	Hors agglomération
	Eclairages extérieurs (a)	< 1 % (données fabricant) < 4% sur luminaire installé	> 95 %	≤ 3000 K	< 35	< 25
	Mise en lumière des parcs et jardins (b)				< 25	< 10
	Éclairage des bâtiments non résidentiels (d)			≤ 3000 K	< 25	< 20
	Eclairage des parcs de stationnement (e)	< 1 % (données fabricant) < 4 % sur luminaire installé	> 95 %	≤ 3000 K	< 25	< 20
Icônes créées par freepik et ibrandify/freepik						

Agglomération/hors agglomération : distinction se basant sur les panneaux d'entrée/sortie d'agglomération

Précisons que, d'après la notice du ministère, pour la catégorie d :

- les prescriptions techniques ne s'appliquent pas aux luminaires d'éclairage intérieur des locaux à usage professionnel lorsque ceux-ci n'éclairent pas délibérément vers l'extérieur ;
- le calcul de DSFLI s'applique à l'éclairage des façades des bâtiments non résidentiels (autres que mise en lumière du patrimoine), et non pas à l'éclairage intérieur. La surface à considérer pour ce calcul est donc la surface à éclairer de la façade.

De plus, deux points supplémentaires sont indiqués dans l'arrêté :

### Compatibilité avec l'accessibilité PMR

Un cas particulier est prévu pour les cheminements extérieurs accessibles aux personnes à mobilité réduite (PMR) ainsi que les parcs de stationnement extérieurs et leurs circulations piétonnes accessibles aux PMR. Sur ces espaces et infrastructures, aucune contrainte sur la densité surfacique de flux lumineux ne s'applique, mais l'éclairement au sol doit être de 20 lux maximum (possibilité de considérer un facteur de maintenance<sup>2</sup> dans ce cas précis d'après le ministère).

La notice explicative précise que si la réglementation d'accessibilité\* aux établissements recevant du public (ERP) s'applique et préconise un seuil minimal d'éclairement à 20 lux moyen,

2 Facteur correctif pour prendre en compte la diminution progressive de la quantité de lumière produite par l'installation (baisse de flux de la source lumineuse, empoussièremement du luminaire)

l'éclairage doit être de 20 lux en tout point pour respecter les deux réglementations.

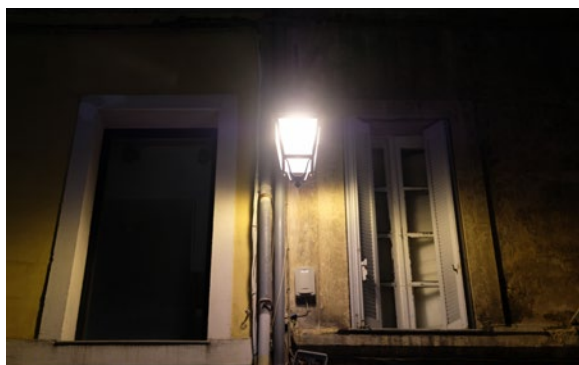
\*Arrêté du 20 avril 2017

### **Lumière intrusive**

#### **L'avis du Cerema**

Cette exigence d'accessibilité porte uniquement sur les zones accessibles aux PMR et les parcs de stationnement extérieurs (des ERP), et pas sur l'ensemble des espaces/infrastructures concernés. Par ailleurs, la réglementation ERP précise que cette exigence s'applique en présence d'usagers : il est tout à fait envisageable d'asservir les installations d'éclairage concernées à un système de détection de présence ou d'éteindre l'éclairage de ces espaces extérieurs lorsque l'ensemble des aménagements est fermé au public.

Il est demandé que les installations d'éclairage n'émettent pas de lumière intrusive excessive dans les logements (illustration ci-dessous), cependant aucune valeur limite n'est prescrite dans l'arrêté.



Lumière intrusive : le flux lumineux de la lanterne d'éclairage public pénètre directement dans les habitations

## **Articles 4 et 6 : cas spécifiques des sites astronomiques et des zones à enjeu de biodiversité**

L'article 4 précise différents niveaux de prescriptions relatives à l'éclairage, selon que l'on se trouve au sein d'un espace naturel, à proximité d'un site astronomique ou de surfaces en eau. Il n'apporte pas de modification concernant la temporalité (extinctions nocturnes, voir partie sur l'article 2).

L'article 6 s'intéresse spécifiquement aux sites astronomiques. Les différents espaces distingués dans l'article 4 de l'arrêté ministériel, ainsi que les prescriptions spécifiques qui s'y appliquent,

## **Contrôles de conformité**

L'article 5 explicite trois types de contrôles de conformité. Les contrôles de conformité relèvent de la compétence du maire, ou de l'État pour les installations communales.

### **Vérification des données techniques**

Le gestionnaire doit tenir à disposition les données techniques suivantes :

- ULR (%);
- code de flux CIE n° 3 (%);
- température de couleur (K);
- puissance électrique du luminaire en fonctionnement au régime maximal (W);
- flux lumineux nominal de la source en fonctionnement au régime maximal (lumen);
- date d'installation de la tête du luminaire.

### **Contrôle visuel**

Vérification de la conformité aux contraintes temporelles définies dans l'article 2.

### **Contrôle par mesures et par calculs**

Vérification de la conformité aux prescriptions techniques définies dans l'article 3.

sont présentés ci-après :

- sites d'observation astronomique,
- réserves naturelles,
- parcs naturels régionaux, parcs naturels marins et parcs nationaux,
- en cœur de parc national.

Des prescriptions sont ensuite détaillées concernant les canons à lumière et rayons lasers, ainsi que les surfaces en eau.

*AUBE  
Aménagement, urbanisme, biodiversité, éclairage*

# Améliorer l'acceptabilité de la modulation de l'éclairage grâce à la participation citoyenne, la concertation et la co-construction

*La série de fiches « AUBE » incite à concevoir l'éclairage différemment, par l'intégration conjointe des enjeux de biodiversité, d'usage et d'économie d'énergie. Elle décrypte aussi l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 portant sur les nuisances lumineuses afin de vous aider dans sa mise en œuvre.*





*Elle s'adresse aux élus et techniciens des collectivités territoriales, gestionnaires, aménageurs et bureaux d'études des domaines de l'éclairage et de l'écologie, et aux gestionnaires d'espaces naturels.*


Une modulation ou extinction de l'éclairage public permet de réduire les consommations énergétiques, améliorer la visibilité du ciel nocturne et limiter les impacts de la lumière sur la biodiversité. Cependant, une telle démarche est parfois redoutée par les bénéficiaires de ce service, pour des raisons variées. Pour aboutir, elle doit donc prendre en compte les usages, besoins et aspirations, afin de trouver le bon compromis entre service public, facture énergétique, préservation de la biodiversité et du ciel nocturne. Cette fiche explore les enjeux et pistes d'actions possibles pour une telle approche. Dans un premier temps, elle définit ce qui est entendu par modulation, puis explicite la notion d'acceptabilité et identifie les obstacles au changement; enfin, elle propose différentes méthodes pour associer la population à une démarche de modulation.



Fiche n° 07 - Février 2022

## Mesurer l'acceptabilité de la modulation de l'éclairage public : les méthodes d'enquêtes

Méthodes d'enquêtes	Quelle enquête pour quel type de données ?	Objectifs	Dispositif et remarques
Enquêtes préparatoires → On explore	 <b>Observation in situ</b> (Données qualitatives)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Accéder aux pratiques des usagers.</li> <li>■ Affiner la préparation d'autres méthodes (trajets à effectuer, thèmes à aborder).</li> <li>■ Construction d'hypothèses par repérage des pratiques des usagers face aux composantes de l'espace (obstacles, zone d'ombre...).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ L'observateur s'installe dans un espace choisi, sans attirer l'attention pour ne pas perturber le comportement naturel des individus.</li> <li>■ Il engrange le plus d'informations possibles sur l'utilisation de l'espace, les usagers qui le fréquentent, les pratiques, les ambiances...</li> <li>■ Des notes, schémas et photos sont réalisés.</li> </ul>
	 <b>Micro-trottoir</b> (Données qualitatives)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Déterminer qui sont les principaux usagers du lieu aux temporalités choisies (touristes, travailleurs, habitants, promeneurs...).</li> <li>■ Recueillir sur le vif les ressentis spontanés d'une grande diversité d'usagers.</li> <li>■ Affiner la préparation d'autres méthodes (trajets à effectuer, thèmes à aborder...).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ L'enquêteur interpelle des passants et leur pose quelques questions sur l'ambiance nocturne des lieux.</li> <li>■ L'entretien est généralement court (quelques minutes) mais peut être étoffé si la personne a un peu de temps à consacrer à l'enquêteur.</li> <li>■ Cette méthode permet d'interroger rapidement un grand nombre de personnes et de recueillir les éléments les plus importants à leurs yeux (ceux qu'ils auront évoqués en premier, sans avoir eu besoin d'y réfléchir).</li> </ul>
Enquêtes confirmatoires → On valide ou on invalide des hypothèses	 <b>Questionnaire</b> (Données qualitatives)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Accéder aux perceptions des usagers.</li> <li>■ Recueillir des données sur un échantillon large, dont les résultats sont susceptibles d'être généralisés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diffusion à large échelle, en ligne (via le site de la collectivité, les réseaux sociaux, les associations...) et/ou sous forme papier (boîitage, accueil des services municipaux...). Sous format papier, il faut penser aux boîtes de dépôt pour recueillir les questionnaires remplis (mairie, écoles, commerces de proximité) ou à fournir une enveloppe timbrée pour renvoi gratuit.</li> <li>■ Si viser un échantillon représentatif de réponses est tentant, cet objectif est souvent difficile à atteindre. Cependant, même si les réponses ne sont pas représentatives de toute la population concernée, elles peuvent néanmoins donner une tendance et indiquer les enjeux principaux liés à l'éclairage public.</li> <li>■ Attention chaque question doit porter sur une seule idée.</li> <li>■ Avantages : permet un recueil quantitatif sur un échantillon important dans un espace géographique donné (du quartier à la ville, en fonction notamment du mode de diffusion – en ligne ou papier).</li> <li>■ Inconvénients : construction des énoncés parfois biaisée par les représentations initiales des techniciens. Des entretiens préalables permettent de contourner la difficulté en donnant l'accès aux pratiques et représentations réelles des individus.</li> <li>■ Les espaces de commentaires libres sont utiles, car souvent riches, mais plus complexes à exploiter lors de l'analyse des réponses.</li> </ul>
	 <b>Parcours commenté individuel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Accéder aux ressentis et aux pratiques le plus directement possible, sur le terrain et en temps réel.</li> <li>■ Comprendre les stratégies de déplacement la nuit, notamment à travers le regard de piétons vulnérables (personnes âgées, ayant une déficience visuelle, etc.).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Deux enquêteurs accompagnent un volontaire le long d'un trajet prévu. Ce trajet est toutefois modifiable selon les circonstances ou échanges avec le volontaire.</li> <li>■ Un enquêteur est au côté du volontaire, invité à s'exprimer librement sur ses ressentis, habitudes, expériences et anecdotes en lien avec les lieux ou le parcours. Le second enquêteur le suit à une dizaine de mètres derrière et filme le parcours pour pouvoir mieux comprendre les propos du volontaire et illustrer ses paroles, enregistrées grâce à un micro-cravate.</li> </ul>

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Enquêtes confirmatoires</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">↳ On valide ou on invalide des hypothèses</p>	 <p><b>Balades commentées collectives</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Accéder aux ressentis, pratiques et attentes des usagers.</li> <li>■ Comprendre les stratégies de déplacement la nuit.</li> <li>■ Mettre en débat les différents ressentis et les différentes opinions, sur la perception des ambiances nocturnes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ces balades regroupent au maximum une dizaine de participants volontaires aux profils variés.</li> <li>■ Le groupe, guidé et encadré par au moins trois enquêteurs (un ou deux animateurs, un cameraman et un preneur de notes), effectue un parcours défini à l'avance (mais adaptable si nécessaire), au cours duquel les usagers sont invités à s'exprimer librement sur leurs ressentis et habitudes, à partager des anecdotes, etc.</li> <li>■ Des points d'arrêt réguliers (prévus ou décidés sur le vif en fonction des échanges) sont effectués afin de partager les avis de chacun, de s'assurer que tous s'expriment et de dégager un éventuel consensus ou dissensus sur les sujets évoqués.</li> <li>■ Lorsque le parcours s'y prête, une certaine latitude est laissée aux usagers pour choisir leur itinéraire. Ils devront expliquer les raisons de ce choix (de tel côté de la rue par rapport à l'autre, choix de traverser à tel ou tel endroit...).</li> <li>■ Pour plus de retours et de détails, il est préférable de prévoir une session de restitution de la balade juste après celle-ci, en salle, avec cartes du parcours et post-it pour recueillir les derniers témoignages et ressentis.</li> </ul>
---	--	--	--

Note : Données qualitatives : elles ne sont pas généralisables mais permettent une analyse plus fine des comportements et ressentis. Données quantitatives : elles peuvent être généralisables à une population plus large.



### Une rencontre entre les services techniques de Saint-Malo et les habitants

En partenariat avec les services techniques de la Ville de Saint-Malo, le Cerema a réalisé en 2018 une enquête visant à évaluer l'acceptabilité du nouveau schéma directeur d'éclairage et de modulation de la cité bretonne. À l'occasion d'une balade nocturne réalisée dans le cadre de l'expérimentation de modulation de l'éclairage public, les services techniques ont répondu aux questions des administrés et ont pu constater que leur métier, pourtant très technique, suscitait beaucoup d'intérêt. Au terme de la rencontre, les usagers se sont dits très satisfaits d'avoir pu davantage comprendre les contraintes techniques liées à l'éclairage, et de fait les décisions politiques qui en découlent. Forts de cette nouvelle compréhension, ils ont également proposé aux services techniques des lieux particuliers où selon eux, il était possible de diminuer plus fortement l'éclairage.



Source : Cerema

Figure 6 - Débriefing en salle d'une balade nocturne animée par le Cerema, entre usagers et services techniques de la Ville de Saint-Malo



Source : Cerema

Figure 7 - Dans un quartier résidentiel de Saint-Malo, parcours commenté réalisé de nuit dans le cadre d'un test de modulation



Source : Cerema

Figure 5 - balades urbaines nocturnes organisées par le Cerema à St Malo



Source : Cerema

Figure 8 - Sur l'esplanade Saint-Vincent, à Saint-Malo, mur d'expression, variante animée d'un micro-trottoir où les passants prennent le crayon pour écrire leurs impressions

# ANNEXE A

## Plan du parc et des installations lumineuses

