



Focus sur l'éclairage public dans le Grand Besançon

I. Trois générations de lampes

Historiquement, l'éclairage public s'est développé pour remplir trois fonctions essentielles :

- . sécuriser les espaces urbains
- . permettre l'accroissement de la circulation
- . mettre en valeur les espaces les plus prestigieux.

Plusieurs types de matériels se sont succédés pour éclairer les villes. Sur le territoire du Grand Besançon, trois générations de matériels utilisant l'électricité sont en service actuellement.

Lampe SHP : 55% du parc actuel de GBM

En 1967 apparaissent les premières lampes dites à Sodium Haute Pression (SHP) dans l'éclairage public. Elles émettent un rayonnement lumineux blanc-chaud à teints orangés. Leur constitution se rapproche de celle des ballons fluorescents. Elles éclairent par introduction de vapeur de sodium sous haute-pression introduite dans un tube à décharge résistant à de très hautes températures (supérieures à celles du ballon fluorescent), englobé par une enveloppe en verre.

Durée de vie : entre 4 et 5 ans

LED : 41% du parc actuel de GBM

Depuis 2010, c'est une rupture totale avec les générations précédente car la lumière n'est plus produite par la mise en incandescence d'un filament ou d'un gaz mais par des LED (ou Diodes Electro Luminescentes). Alors que dans les générations précédentes une partie de l'énergie consommée était dissipée en chaleur, la LED utilise la totalité de cette énergie pour produire de la lumière. Concrètement, la lampe ne chauffe plus. Etant par ailleurs contrôlé de façon électronique, ce type d'éclairage permet des variations faciles du flux lumineux.

Durée de vie : 25 ans

Lampe halogène iodures métalliques :

2% du parc actuel de GBM

Apparue dans les années 60, La « lampe à incandescence halogène » est une lampe

constituée d'un filament, recouvert par une ampoule compacte qui permet d'émettre une grande quantité de lumière. Elle a été très utilisée pour la mise en valeur du patrimoine historique. Son défaut est sa grande consommation d'énergie électrique.

Durée de vie : 3 ans

Ballon fluo : 2% du parc actuel de GBM

Le « ballon fluorescent » est une lampe à décharge à vapeur de mercure recouverte par une ampoule opale de forme ovoïde. Elle émet une lumière blanche relativement vive. Elle a été très utilisée en France pour l'éclairage public et industriel dans les années 1950 et 1960. Elle est interdite à la vente depuis 2009.

Durée de vie : 3 ans



II. Le renouvellement du parc dans le Grand Besançon

Le renouvellement du parc des luminaires d'éclairage public a permis, sur le territoire du Grand Besançon, d'améliorer la **qualité de l'éclairage** (son uniformité en fonction de l'éloignement de la source, son rendu des couleurs) et la **consommation d'énergie** électrique (facture d'électricité).

1. Investir pour éclairer mieux tout en réduisant la consommation

Consommation d'énergie

Pour un niveau d'éclairage (en Lux) équivalent, chaque nouvelle technologie installée engendre de grandes économies d'énergie. Ainsi pour une lampe Ballon Fluo de 270 W, une ampoule SHP consommera 116 W et un luminaire LED consommera 50 W.

Le secteur de l'éclairage public a évolué relativement lentement depuis l'utilisation de l'électricité (qui remplace le gaz après-guerre). Depuis l'apparition des luminaires LED, les perspectives d'évolution se sont démultipliées. On a aujourd'hui la possibilité de programmer précisément et individuellement les niveaux de flux souhaité d'un luminaire tout au long de la nuit et donc sa consommation. La prochaine génération de lampes LED va aller encore plus loin en permettant de moduler avec la même souplesse la température de couleur des lampes.

Température de couleur d'une lampe (exprimée en Kelvin - K)

Plus la température de couleur d'une lampe est élevée, plus l'éclairage émettra une couleur blanche-froide, ce qui représente une gêne pour la biodiversité.

On utilise aujourd'hui, en fonction de l'environnement, des lampes dont la température de couleur varie de 1 800 K (Couleur ambre/orangée) à 2 700 K (blanc chaud). Au-delà (4000 K), on est sur une utilisation particulière, telle que sur les stades et autres installations sportives.

Ces nouvelles fonctionnalités techniques ont ouvert le champ d'autres économies d'énergie possibles, par exemple l'abaissement systématique en milieu de nuit à 50% de son flux nominal (en moyenne entre 23h et 5h le lendemain matin).



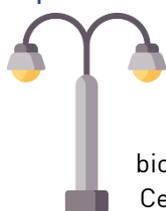
Rythme de remplacement et impact sur la consommation

Depuis 2020, la moyenne de luminaires remplacés par des LED est de 1 100 par an pour le secteur périurbain et 1 400 pour Besançon. En 2020 et 2021, l'effort s'est concentré sur les plus anciens luminaires (ballon fluo), ce qui a fait **diviser par 4 la consommation électrique** des luminaires concernés. Les anciennes lampes ayant pratiquement disparu, les services de GBM se concentrent aujourd'hui sur la génération SHP. Chaque luminaire SHP remplacé par une LED voit sa consommation **divisée par 2**.

2. Les investissements de la Ville de Besançon

Depuis 2008, la Ville de Besançon a entrepris un programme ambitieux d'économie d'énergie en éclairage public sur ses **17 650 points lumineux**. Plusieurs pistes ont été retenues (remplacement des luminaires énergivores et vapeur de mercure, régulateur de puissance à l'armoire de commande et pose de luminaires LED). A partir de 2011 les premières LED ont été installées et à partir de 2017, la détection sur chemins piétons et sur pistes cyclables a été réalisée.

Il a été décidé dès le début, d'opter pour une **température de couleur de 3 000K** (Kelvin), alors



que la plupart des agglomérations optaient pour du 4 000K (plus économique, mais moins vertueuse pour la biodiversité).

Ce choix de température de couleur allait se révéler judicieux puisque le 27 décembre 2018 un décret venait obliger les lanterniers à adopter de nouvelles réglementations sur la pollution lumineuse et la biodiversité.

Au-delà des économies d'énergie apportées, la solution LED répond aux nouvelles normes qualitatives : qualité de l'éclairage, possibilité d'abaissement de puissance et de programmation via la technologie Bluetooth et autres, durée de vie accrue "x3", maintenance réduite, etc.

En 2019, 1 345 luminaires d'anciennes générations (lampes sodium) ont été remplacés par des luminaires LED (neufs et kits retrofits) d'une température de couleur de 3 000 K. Une économie de 863 000 KWh a été réalisée pour cette année, ce qui correspond à environ la consommation de 60 logements de type T4 de 100m² (valeur ENGIE). Ce chiffre s'explique par la suppression des luminaires à très forte puissance (400 et 250 W SHP).



En 2020, 2 043 luminaires ont été remplacés par des luminaires LED toujours en 3 000K avec à la clé, une économie de 785 000 KWh/an. Ce chiffre s'explique par la suppression des luminaires à forte puissance (250 et 150 W SHP), auquel s'ajoute l'abaissement de puissance de 50 % de 23h à 5h.

Pour l'année 2021, 1 025 luminaires ont été remplacés par des luminaires LED en 2 700K, soit 380 000 KWh d'économie énergétique réalisée.

En 2022, 950 luminaires sont en cours de remplacement par des luminaires LED 2 700K, 2 200K et 1 800K « ambre ». Une économie annuelle de 300 000 KWh/an est attendue.

Budget consacré au renouvellement des éclairages et économies générées

	Budget	Nombre de luminaires remplacés ou retrofités	Taux de renouvellement éclairage LED	Economies d'énergie générées
2019	1 117 000€	1345	7.6%	863 MWh/an
2020	1 200 000€	2050	11.6%	785 MWh/an
2021	950 000€	1025	5.8%	385 MWh/an
2022	911 000€	950	5.4%	300 MWh/an

3. Les investissements dans le secteur périurbain

Depuis le transfert de compétences en 2019, le parc LED a doublé. La priorité était de remplacer les luminaires non conformes aux critères de pollution lumineuse (boule blanche et ballons fluos). Désormais, les investissements sont axés sur le renouvellement du parc selon des critères énergétiques et de vétusté.

Le taux d'équipement en LED varie selon les communes de GBM. Il va de 0% à 100% mais le

pourcentage moyen actuel se situe autour de 40%. Plus la commune est importante, plus il sera long de tout remplacer. Certaines communes sont équipées à 100% : Villars-Saint-Georges, Venise, Bonnay, Vieilley, Merrey-Vielley et Novillars.



Budget consacré au renouvellement des éclairages et économies générées

	Budget	Nombre de luminaires remplacés	Taux de renouvellement éclairage LED	Economies énergie générées
2020	830 000€	1110	6.52%	166 MWh/an
2021	850 000€	1147	6.74%	172 MWh/an
2022	800 000€	1078	6.34%	161 MWh/an

II. Les autres solutions pour économiser l'énergie électrique

1. Coupure nocturne

La solution consiste simplement à couper dans sa totalité l'éclairage public d'une commune ou de quartiers de Besançon (réflexion en cours). La consommation d'électricité est ainsi divisée par 2. Le pilotage se fait au niveau de l'armoire électrique qui alimente les départs de lignes électriques via une horloge programmable.



Sur les 68 communes de GBM, 37 pratiquent déjà l'extinction nocturne et d'autres sont actuellement en réflexion.

Le retour des riverains est globalement positif... contre toute attente. La coupure nocturne est la manière la plus efficace de faire des économies d'énergie.

37 communes pratiquent l'extinction nocturne (au 1^{er} septembre 2022)

AMAGNEY - AUDEUX - BEURE - BONNAY - BOUSSIERES - BRAILLANS - BUSY - CHALEZEULE - CHAMPOUX - CHAUCENNE - CHEMAUDIN ET VAUX - DEVECEY - FONTAIN-ARGUEL - GENNES - GRANDFONTAINE - LA CHEVILLOTTE - LARNOD - LE GRATTERIS - MAMIROLLE - MAZEROLLES-LE-SALIN - MEREY-VIEILLEY - MONTFAUCON - MONTFERRAND LE CHATEAU - MORRE - NANCRAI - NOVILLARS - OSSELLE ROUTELLE - PELOUSEY - POULLEY-FRANÇAIS - POULLEY-LES-VIGNES - PUGEY - ROCHE-LEZ-BEAUPRE - SERRE-LES-SAPINS - THISE - TORPES - VAIRE ARCIER - VORGES-LES-PINS

31 ne pratiquent pas l'extinction nocturne (au 1^{er} septembre 2022)

AVANNE-AVENEY - BESANCON - BYANS-SUR-DOUBS - CHALEZE - CHAMPAGNEY - CHAMPVANS-LES-MOULINS - CHATILLON-LE-DUC - CHEVROZ - CUSSEY SUR L'OGNON - DANNEMARIE-SUR-CRETE - DELUZ - ECOLE-VALENTIN - FRANOIS - GENEUILLE - LA VEZE - LES AUXONS - MARCHAUX-CHAUFONTAINE - MISEREY-SALINES - NOIRONTE - PALISE - PIREY - RANCENAY - ROSET FLUANS - SAINT-VIT - SAONE - TALLEMAY - THORAISE - VELESMES-ESSARTS - VENISE - VIEILLEY - VILLARS-ST-GEORGES

1 Commune en cours d'essai : AVANNE-AVENEY

6 Communes en réflexion : LES AUXONS - BESANCON - CHAMPAGNEY - CHATILLON-LE-DUC - DANNEMARIE-SUR-CRETE - FRANOIS

L'exemple de la rocade Nord-Est à Besançon

L'accidentologie de nuit, lors de l'extinction de 2018, ne s'est pas révélée supérieure à la période de mise en service de la rocade. C'est pourquoi les luminaires ont pu être déposés.

Avant extinction	Après extinction
925 luminaires pour une puissance 190 KW	248 luminaires restant, pour une puissance de 16,52 KW
205 W puissance moyenne par appareil	66 W puissance moyenne par luminaire
779 000 KW/h par an	68 000 KW/h par an

677 luminaires ont été supprimés et recyclés par les entreprises titulaires du marché ou récupérés pour la maintenance urbaine et périurbaine par les services municipaux.

2. Abaissement nocturne : réduction du flux lumineux durant 6 h au milieu de la nuit (en moyenne entre 23h et 5h)

Déjà possible et utilisé sur les lampes SHP, le principe vise à réduire le flux lumineux (et donc la consommation de la lampe) aux heures de la nuit où la chaussée est peu fréquentée. Par exemple, au milieu de la nuit entre 23h et 5h le matin, on baisse le flux lumineux de 50 à 70%.

Aujourd'hui, tout nouveau luminaire LED installé est programmé à l'usine pour avoir un abaissement du flux lumineux en milieu de nuit.



3. Détection de présence

Un réseau de radars et détecteurs de mouvement permet l'allumage des luminaires de la zone où évoluent véhicules et piétons. Cette solution est compliquée à mettre en œuvre et coûteuse. En effet, pour être efficace, le nombre de détecteurs doit couvrir une grande

surface de voirie. Ce système a été testé depuis plusieurs années (parc urbain, piste cyclable avenue de Chardonnay à Besançon) mais il doit répondre à des cas spécifiques. (chemins piétons, pistes cyclables et parkings).

4. Application mobile impliquant les riverains



Des applications smartphones commencent à voir le jour. Développées récemment par des start-up, ces applications proposent aux usagers de piloter l'armoire électrique de commande du secteur où ils se trouvent via leur smartphone. A chaque sollicitation, l'éclairage s'allume selon une durée programmée de x secondes. Ce n'est ni plus ni moins que le bouton « lumière » d'une cage d'escalier. Le

système va être testé sur la commune du Gratteris cet hiver.

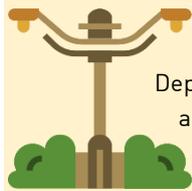
Le coût de fonctionnement est de 120 euros par an et par armoire de commande. La pertinence de la mise en place de cette technologie semble liée à la taille de la zone équipée. Plus la zone est peuplée autour d'une armoire de commande, plus l'allumage risque d'être sollicité et ainsi risquer un effet « guirlande de Noël » où l'éclairage s'allume et s'éteint sans arrêt.

La solution « J'allume ma rue » est basée sur une horloge astronomique communicante (via le réseau mobile 4G) qui permet de piloter individuellement chaque départ électrique de l'armoire d'éclairage publique en fonction du lieu où se trouve le riverain.

C'est une solution naissante. Le recul manque sur son fonctionnement. Elle paraît adaptée à des

cas bien particuliers et ne peut être généralisée, d'autant qu'elle diminue l'impact positif de l'extinction nocturne sur les économies réalisées.

Le choix a été fait de recourir à l'abaissement de puissance de 50% de 23h à 5h du matin. La technologie LED actuelle le permet, ce qui n'était pas le cas avant 2016.



Le respect de la biodiversité

Depuis début 2022, l'ensemble des luminaires d'éclairage public installés sur le territoire GBM sont au maximum à une **température de couleur de 2 700 K**, ce qui est plus contraignant que la réglementation. (Le Décret pollution lumineuse de 2018 permet d'aller jusqu'à 3 000K).

Pour le secteur urbain, le service Systèmes et réseaux travaille en étroite collaboration avec la Direction Biodiversité et Espaces Verts pour le choix de la température de couleur en fonction de la typologie des lieux (par exemple bords de rivière, trame verte, forêt, etc.). Un travail en étroite collaboration avec les maires permet d'identifier et d'équiper les zones sensibles.

Les premières installations qui respectent les différents critères écologiques, température de couleur 2002 K ou ambre, avec détection sont en fonction depuis 2017.

Les communes périurbaines respectent également les 2 700K maximum, sauf dans les zones vertes qui sont éclairées en 2 200K.