



LIVRE BLANC SMART LIGHTING

L'ÉCLAIRAGE PUBLIC INTELLIGENT

JANVIER 2022

INTRODUCTION

Aujourd'hui, l'éclairage public fait partie intégrante de l'environnement d'une ville ou d'une commune. Il est d'ailleurs l'un des **enjeux importants des villes du monde**, c'est pourquoi il est un sujet en perpétuelle évolution et mutation. Nous pouvons le retrouver sous différentes formes, lampadaires, bornes lumineuses, colonnes lumineuses, panneaux lumineux, feu de signalisation, signalisation au sol rétro réfléchissante...

Parmi les différents éclairages présents en ville, on distingue plusieurs catégories de luminaires qui ont chacun leurs manières de disperser la lumière. Des études ont pu démontrer que certaines de ces manières étaient considérées comme mauvaise pour l'économie, mais également pour l'environnement et pour les utilisateurs.

Nous avons ici un dessin récapitulatif de ces différentes catégories avec leur impact sur la ville et sur l'environnement :

Bon



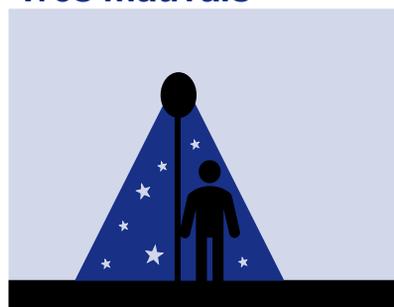
- Éclairage le plus efficace
- Dirige la lumière où c'est nécessaire
- L'ampoule est masquée
- Réduit l'éblouissement
- Limite l'intrusion de la lumière vers les propriétés voisines
- Aide à préserver le ciel nocturne

Mauvais



- Gaspille l'énergie et renvoie la lumière vers le ciel
- Provoque l'éblouissement
- L'ampoule est visible
- Gêne le voisinage

Très mauvais



- Gaspille l'énergie et renvoie la lumière vers le ciel
- Provoque l'éblouissement
- Gêne le voisinage
- Mauvaise efficacité de l'éclairage
- Gaspillage très important

Trois grandes catégories d'éclairage. Source : The University of Texas McDonald Observatory

Entre éclairage public obsolète et énergivore, et forte consommation d'énergie, considérée comme inéluctable depuis des décennies, l'éclairage urbain a longtemps **mobilisé environ un tiers des budgets des collectivités locales**, sans pour autant être toujours efficace.

Avec les **nouvelles technologies**, et intégrée dans un projet de développement durable, la rénovation de l'éclairage pourrait permettre à la fois de **dépenser moins** et de fournir un **meilleur éclairage**. Pour réduire les dépenses jusqu'à deux fois, tout en offrant plus de sécurité et de confort dans l'espace public. Un éclairage public intelligent et bien géré pourrait également contribuer à la **valorisation du patrimoine architectural** et à l'**attractivité de la ville moyenne**.



Un éclairage public calaisien rénové et connecté. Source : Nord Littoral

SOMMAIRE

1

L'HISTOIRE DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC - P. 5

2

L'ÉCLAIRAGE PUBLIC EN FRANCE - P. 10

3

LES TECHNOLOGIES FUTURES - P. 13

4

**LES AVANTAGES DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC
CONNECTÉ - P. 26**

5

**INVESTISSEMENT INITIAL ET GAIN
FINANCIER - P. 30**

6

**TECHNOLOGIES PRÉSENTES SUR LE
MARCHÉ - P. 32**

1

**L'HISTOIRE DE
L'ÉCLAIRAGE
PUBLIC**

GENÈSE DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC

L'histoire de l'éclairage public débute en **1667** à Paris où les autorités décident de placer au milieu et aux deux extrémités de chaque rue des **lanternes garnies de chandelles**. Cet usage se généralisera ensuite à toutes les villes de France.

Près d'un siècle plus tard, en **1744**, un ingénieur français, Dominique-François BOURGEOIS met au point une lanterne de conception nouvelle : **la lanterne à réverbère**.

Les **lanternes** éclairent avec des **chandelles à huile de tripes**, qui répandent une odeur nauséabonde. À cette époque, on parle déjà **d'économie d'énergie** et en **1788**, l'huile de tripes est remplacée par de l'huile de colza, moins coûteuse, moins nauséabonde et fournissant une flamme plus blanche.

La **lampe à pétrole** reprend tous les progrès apportés à la lampe à huile à partir de **1780**, mais simplifiés par rapport à elle, grâce à la fluidité du pétrole lampant (distillat de pétrole) et à son aptitude à monter par capillarité dans la mèche jusqu'à une dizaine de cm.

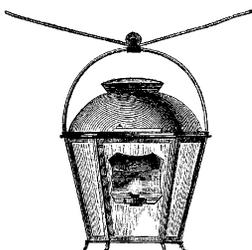
1667

Lanternes garnies de chandelles - Paris



1744

Création de la Lanterne à réverbère



1780

Apparition de la Lampe à pétrole

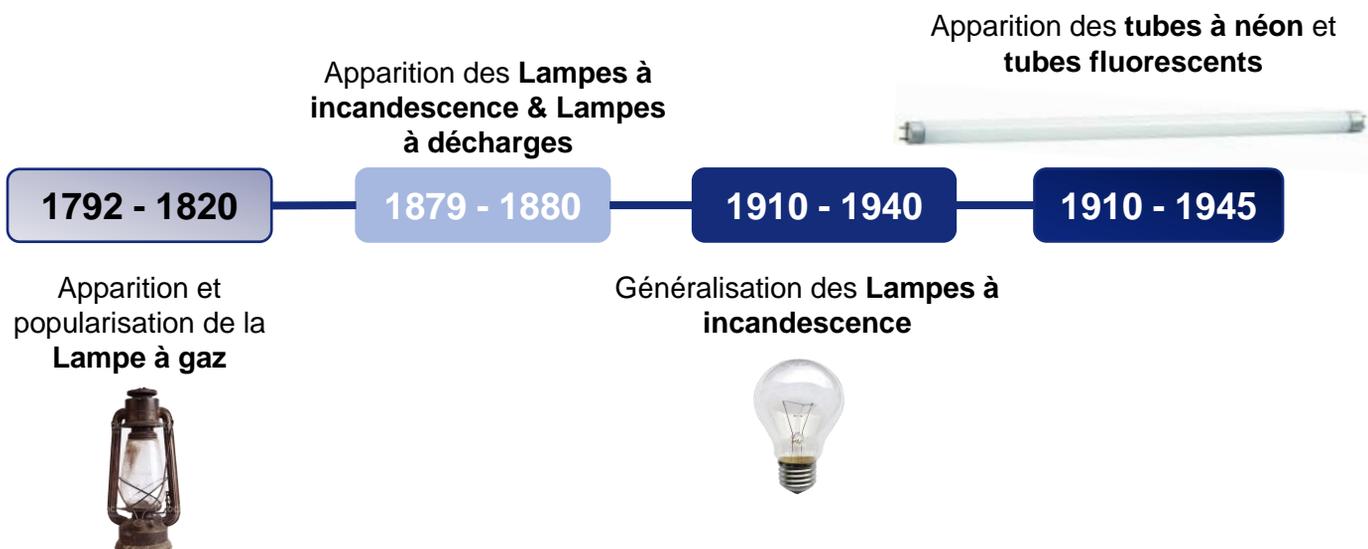


ENTRÉE DANS LE MONDE INDUSTRIEL

En **1792**, l'Écossais William Murdoch et le Français JP Minckelers rendent la **lampe à gaz** utilisable, mais ce n'est qu'après plus de 20 ans de diverses expérimentations que la production industrielle des lanternes à becs de gaz débute réellement. Les premières font leur apparition en **1820** à Londres.

La première **lampe à incandescence** apparaît en **1879**, inventée par Joseph Wilson Swan au Royaume-Uni. Toutefois, elle est peu exploitée à ses débuts, en effet son utilisation reste très consommatrice en énergie pour un éclairage insatisfaisant. Ce n'est qu'à partir du début du **20^{ème} siècle**, grâce aux travaux de **Thomas Edison**, que l'éclairage à l'électricité commence à rivaliser avec l'éclairage au gaz.

Les **premières lampes à décharge** sont apparues dans le cadre de la pose des premières lampes à arc aux alentours de **1880**. Les premières lampes à décharges qui se sont réellement répandues ont été les fameux tubes à **néon**, apparus en **1910**, conçus par le physicien Georges Claude. Celles-ci cohabitent avec les **tubes fluorescents**, qui font leurs apparitions dans les années 1930.



L'ÉCLAIRAGE PUBLIC MODERNE

De 1930 jusqu'à 1980 c'est l'arrivée et le développement de la **fluorescence** et la naissance du **fluocompact** qui ont de nombreux avantages :

- **3 fois plus de lumière** que l'**ampoule à incandescence** pour la **même consommation** ;
- **durée de vie** est bien **plus importante** ;
- **simplicité** d'utilisation.

Au même moment, un nouveau type de lampe fait son apparition, **les lampes à vapeur de sodium**. Tout d'abord les **lampes à Sodium Basse Pression** à partir de 1950, puis à partir de 1967, les **lampes à Sodium Haute Pression** que nous retrouvons encore de nos jours.

Chacune possède ses **avantages**, la **lampe fluorescente** possède un **indice de rendu des couleurs plus élevé**, tandis que la **lampe à sodium** elle a un **rendement énergétique** plus important.

Les années **1990** voient la naissance des premières LEDs Bleue à forte puissance lumineuse. L'apparition de cette technologie est un grand bond en avant pour l'éclairage public :

- bon rapport consommation/efficacité lumineuse ;
- durée de vie beaucoup plus longue qu'une lampe incandescente ou fluorescente.

Néanmoins sa démocratisation ne se fera que 20 ans plus tard au début des années **2010**. Finalement, la dernière avancée en date qui se soit démocratisée est l'apparition **des lampes connectées**. Celle-ci nous permet de contrôler nos lampes à distance à travers notre smartphone ou toute autre interface de gestion.

1945 - 1970

Généralisation de la **lampe fluorescente** et apparition des **lampes à sodium**



1970 - 2013

Généralisation des **Lampes à sodium haute pression**



Depuis 2013

Démocratisation de la **technologie LED**



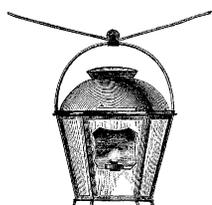
CHRONOLOGIE DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC

Lanternes garnies de chandelles - Paris



1667

Création de la Lanterne à réverbère



1744

Apparition de la Lampe à pétrole



1780

Apparition des tubes à néon et tubes fluorescents



1945 - 1910

1940 - 1910

1880 - 1879

1820 - 1792

Apparition des Lampes à incandescence & Lampes à décharges

Généralisation des Lampes à incandescence



Apparition et popularisation de la Lampe à gaz



1945 - 1970

1970 - 2013

Depuis 2013

Généralisation de la lampe fluorescente et apparition des lampes à sodium



Apparition des Lampes à sodium haute pression



Démocratisation de la technologie LED



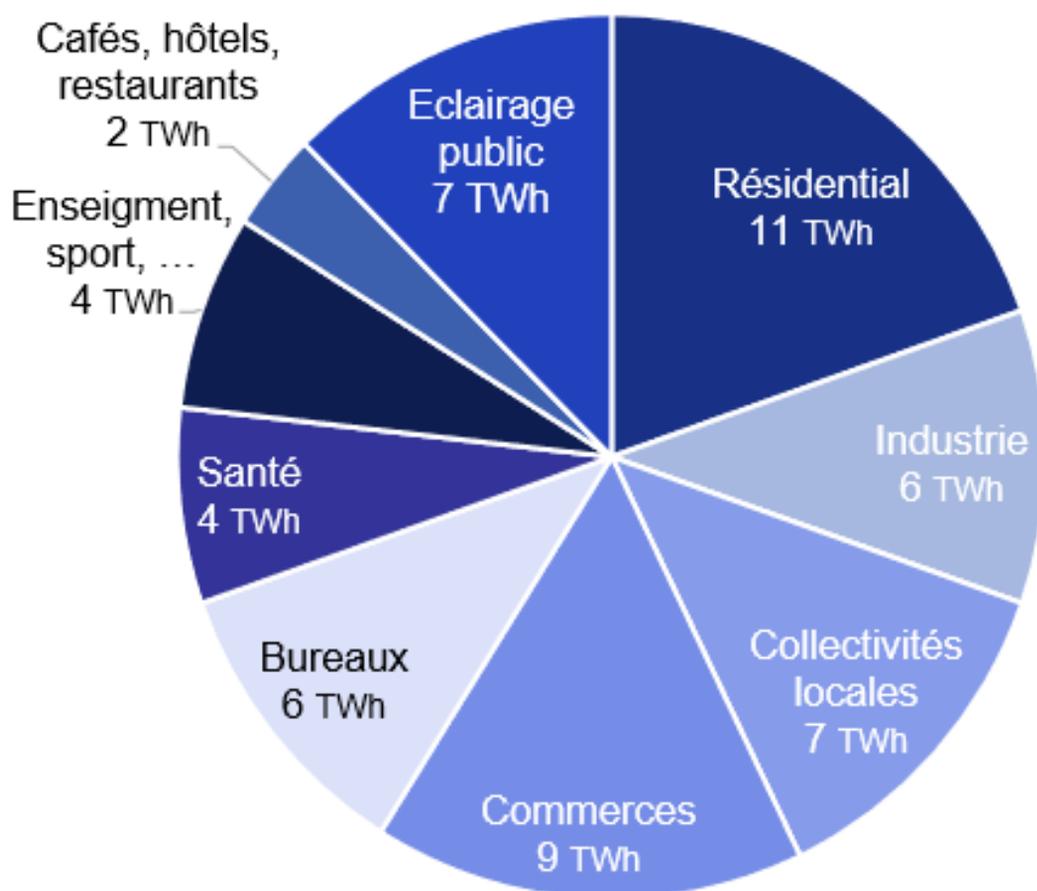
2

**L'ÉCLAIRAGE
PUBLIC EN
FRANCE**

PRÉSENCE DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC

L'éclairage représente **19 %** de la consommation électrique mondiale. Elle est divisée en plusieurs catégories comme le résidentiel, l'industrie, les commerces, les cafés ou encore l'éclairage public.

En France, la **consommation annuelle d'énergie** liée à l'éclairage s'élève à **56 TWh**. Voici comment elle est répartie entre les différentes catégories :



Répartition de la consommation globale d'énergie pour l'éclairage. Source : ADEME

On observe donc que l'éclairage public tient une grande place dans l'éclairage puisqu'il occupe la 3^{ème} place en matière de consommation d'énergie.

LES ENJEUX ÉCONOMIQUES DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC

En France, on compte un temps moyen de fonctionnement d'environ **3200 heures par an** (- 24 % depuis 1990 et un coût moyen de **24 euros** par habitant en 2011).

Les dépenses de l'éclairage urbain s'élèvent globalement à près de **2 milliards d'euros** par an dont :

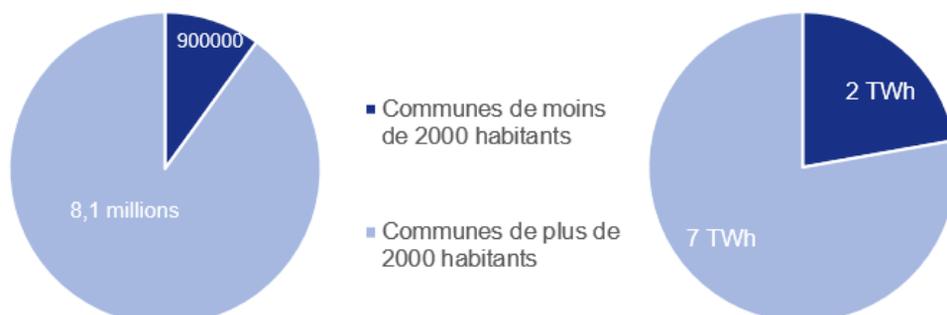
- **1 milliard d'euros** consacrés à la maintenance ;
- **400 à 500 millions** d'euros investis dans le renouvellement du parc ;
- **Plus de 450 millions d'euros** imputables à la consommation d'énergie.

En 2012, près de 3 millions de luminaires "boules" à vapeur de mercure étaient recensés. Leur remplacement d'ici 2015 (interdiction de mise sur le marché par la réglementation européenne) devait générer des économies annuelles d'énergie de 800 GWhs, soit la consommation annuelle d'électricité (hors chauffage et eau chaude) de 300 000 ménages. Cependant, il reste encore aujourd'hui près de **10 % de ces lampes encore en service**, la plupart en zone rurale.

On observe un taux d'installation de LED en France pour l'éclairage public en hausse puisqu'il est estimé à 15 % en 2017.

QUELQUES CHIFFRES :

- Le parc d'éclairage public français est composé de 9 millions de points lumineux.
- La consommation globale du parc est estimée à 7 TWh d'énergie par an.
- 75 % des luminaires qui sont installés ont plus de 25 ans.
- L'éclairage public correspond à 48 % de la consommation d'électricité d'une collectivité.
- Potentiel d'économies d'énergies : 40 à 80 %.



Nombre de points lumineux et consommation d'énergie en fonction de la taille des communes. Source : ADEME

3

**LES
TECHNOLOGIES
FUTURES**

LED (DIODE ÉLECTROLUMINESCENTE)

Aujourd'hui, la technologie LED et les équipements électroniques de gestion répondent à de nombreux enjeux tels que la **réduction de la consommation d'énergie**, des nuisances lumineuses et des émissions de gaz à effet de serre, tout en améliorant le service rendu aux citoyens par l'installation d'éclairage public.



Composition d'une LED. Source : Futura TECH

La LED, soit « Light-Emitting Diode » en anglais ou « diode électroluminescente » en français, est une technologie de production de lumière. Quand un semi-conducteur est parcouru par un courant électrique continu, il produit de la lumière avec des caractéristiques différentes (couleurs, intensité) en fonction de la composition chimique des couches de matériaux qui la composent.

Un appareil à LED est donc constitué du semi-conducteur qui est généralement encapsulé dans une lentille protectrice permettant de rediriger la lumière et est associé à une alimentation électronique pour alimenter la LED en courant continu et stabiliser le courant pour éviter les perturbations électriques.



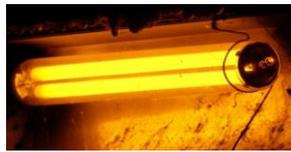
Éclairage public LED. Source : Mersen

La technologie LED est très différente des autres types d'ampoules utilisés depuis plusieurs dizaines d'années. La plupart des autres technologies d'éclairage extérieur utilisaient la circulation de courants élevés dans un gaz entre deux électrodes (aussi appelée lampe à décharge), en voici la liste :

- Les **lampes à vapeur de mercure**, à la lumière blanche, souvent de faible intensité, mise en place depuis les années 1950. Elle consomme énormément d'énergie et constitue 8 % du parc Français. Elles sont d'ailleurs interdites à la vente depuis 2015.



- Les **lampes à vapeur de sodium**, à la lumière orangée, eux aussi apparus dans les années 1950 sous forme de sodium basse pression (SBP), remplacées ensuite dans les années 1970 avec le sodium haute pression (SHP). Elles représentent 60 % du parc Français.



- Les **lampes aux halogénures métalliques**, à la lumière blanche, sont mises en place depuis les années 1990 et sont donc la technologie à gaz (décharge) la plus récente. Elles représentent 5 % du parc Français.



La **technologie LED** est la plus récente, car elle n'existe que depuis les **années 2000**, et représente **15 %** du parc Français.

Toutes ces technologies à gaz sont donc sous forme d'ampoule en verre étanche pour enfermer le gaz entre les électrodes. Cela propage donc la lumière dans toutes les directions, elles sont donc mises dans un coffret qui dispose d'un côté transparent et d'un autre réfléchissant pour rediriger la lumière au bon endroit. En plus d'avoir une perte lumineuse, ces lumières sont de taille conséquente, car l'ampoule en elle-même fait déjà plusieurs dizaines de centimètres, en rajoutant le coffret, le lampadaire en lui-même est donc très gros. La LED contourne ce problème puisque le module fait quelques centimètres et dirige la lumière directement au bon endroit. De plus, le module LED n'est pas composé de verre, ce qui le rend moins fragile.

De plus la LED en elle-même (le semi-conducteur) est modelable ce qui permet de créer des **sources lumineuses** de toute forme et caractéristique, permettant de pouvoir être installée sur n'importe quel support pour **diriger la lumière** comme bon nous semble, tout en ayant des caractéristiques lumineuses correspondant à nos attentes.

La LED a un gros avantage, c'est la gestion des couleurs. En fonction des matériaux qui la compose, il est possible de créer toutes les couleurs, ce qui peut être utile pour de l'éclairage artistique ou informatif. Les LED ont aussi la possibilité de changer la couleur du blanc, nommé le **Kelvin**. Avec les LED il est possible de faire **varier les blancs du blanc chaud orangé à du blanc froid bleu**. Cependant, en France, des limitations existent depuis peu (2019) pour éviter la pollution lumineuse, la lumière bleue étant très mauvaise pour l'environnement. Une fois le soleil couché, la **limite** est de **3000 K** pour une utilisation en continu pour de l'éclairage de voirie classique (cela peut aussi dépendre de l'endroit où le lampadaire se trouve).



Température de couleur de la lumière blanche. Source : BoutiqueLED

En plus de la gestion des couleurs, les LED ont la possibilité de **piloter leur intensité lumineuse**, de 0 % à 100 %, ce qui permet de pouvoir changer l'intensité de la lumière comme on le souhaite ou faire des variations d'intensité de manière graduelle.

Comparé aux technologies gaz, les LED ont la possibilité de pouvoir s'allumer instantanément, alors que les autres ont un temps de « chauffe » avant d'atteindre leur couleur et l'intensité souhaitées. Il est quand même possible de faire un allumage progressif grâce au pilotage de l'intensité lumineuse.

La durée de vie est aussi beaucoup plus intéressante que sur des lampes à décharges. On passe de 4 ans pour des ampoules au gaz, à plus de **20 ans** pour les LED ! Cela permet donc de réduire grandement la maintenance des installations.

Le rendement des LED est très bon, il est 3, voire 4 fois supérieur aux lampes à gaz. Nous avons donc la possibilité d'éclairer plus, mais surtout d'éclairer à une intensité égale au gaz en consommant moins d'énergie.

Le prix des éclairages LED est maintenant égal à un éclairage à décharge, ce qui en fait donc un choix presque systématique lors du changement d'un éclairage.

Comme vous pouvez le voir, les LED ont énormément d'avantages, il existe tout de même quelques inconvénients.

Le principal inconvénient est le **réglage du blanc**, car si celui-ci est trop "blanc" (blanc froid), il peut être perturbant pour l'environnement. La plupart des installations avant 2019 sont moins énergivores, mais émettent une **pollution lumineuse** bien trop importante. Les nouvelles installations corrigent le problème, car elles doivent impérativement respecter la **limite de 3000 K** (blanc chaud), car la LED a l'avantage de pouvoir avoir un réglage du blanc (Kelvin).

Il faut aussi faire **attention à l'éblouissement**, car les sources lumineuses des LED sont directes et si elles sont mal réglées, peuvent aussi perturber les riverains en fonction de leur couleur et de leur positionnement (angle). Cela peut se corriger facilement, en modifiant le placement et l'angle par exemple, et des règles existent pour éviter cela.

L'autre point important est la **gestion de la chaleur**. La LED produit beaucoup de chaleur, et si cela est mal refroidi, cela peut endommager l'électronique. Il ne faut donc pas faire abstraction de cette contrainte. Cependant, les éclairages modernes sont très efficaces sur la dissipation de la chaleur et cela s'améliore d'année en année. C'est ce facteur qui joue en grande partie sur la longévité de la lampe, qui est déjà plutôt longue.

Les LED ont besoin d'un **courant d'appel important**, c'est-à-dire qu'à l'allumage, les LED ont besoin de beaucoup de courant pour amorcer leur allumage comparé à leur consommation en continu. Il faut donc avoir une installation électrique adaptée, même si dans la plupart des cas, l'installation classique est déjà suffisante.

Enfin, les LED sont très **sensibles aux surtensions électriques**, étant donné qu'ils sont constitués d'électronique. Il faut donc prévoir une installation électrique avec des protections adéquates pour éviter d'endommager le matériel.

Nous avons pu voir que les inconvénients sont minimes comparé aux avantages que la solution apporte, et dans la plupart des cas, des solutions existent pour pallier les problèmes.

La **technologie LED** est maintenant mature et à vocation à remplacer toutes les installations existantes. Des améliorations peuvent probablement être encore obtenues sur les performances techniques (**durabilité, maintenabilité, fonctionnalité**) et peut-être sur les performances énergétiques même si nous avons atteint les limites technologiques.

Voici un tableau comparatif entre les anciennes générations de LED, une ampoule à décharge (SHP) et une LED récente :

	LED 45 W Année 2000	LED 45 W Année 2010	SHP 100 W Année 2015	LED 45 W Année 2020
lm utile / W	50	92	53	120
€ HT / luminaire	800	400	190	200
lm utile	2 250	4 140	4 770	5 400
lm utile / €	2	10	25	27

Comparaison du prix et rendement des différentes technologies d'éclairage public.

Source : Guide de l'élu local et intercommunal éclairage public

	LED 40 W Année 2020	SHP 100 W Année 2015
Fonctionnement permanent (4 142 h/an)		
kWh	166	414
€ TTC	25,29	53,73
Fonctionnement avec coupure totale de 23 h à 5 h (1 818 h/an)		
kWh	73	293
€ TTC	8,42	17,46
Fonctionnement avec réduction de 75 % de 22 h à 6 h (4 142 h dont 2 980 h/an en régime réduit)		Fonctionnement avec réduction de 50 % de 22 h à 6 h
kWh	85	262
€ TTC	15,53	37,93

Comparaison de la consommation et du coût des différentes technologies d'éclairage public.

Source : Guide de l'élu local et intercommunal éclairage public

DÉTECTEUR DE PRÉSENCE

Les détecteurs de présence, aussi appelés capteur de mouvement, sont des systèmes électroniques qui ont la **capacité de détecter** la présence de quelque chose, comme un **humain** ou une **voiture**. Lier à un système informatique, nous pouvons traiter l'information pour **modifier l'éclairage**.

Ces détecteurs peuvent être des **infrarouges** (détection par variation de température), des **radars haute fréquence** (détection de mouvement) ou des **caméras avec analyse d'image** (détection de motif). Il est aussi possible d'utiliser des capteurs piézoélectriques qui détectent les vibrations (marche d'un piéton ou passage d'une voiture).

Ce capteur permet d'**économiser de l'énergie** puisque les lampes ne seront allumées à haute intensité que lorsqu'elles détecteront un mouvement (plus ou moins selon la sensibilité du capteur). Par exemple, si une voiture roule sur la route, celle-ci s'illuminera à son passage pour ensuite baisser d'intensité, voir même s'éteindre si aucun mouvement n'est détecté. Lier à des technologies comme la LED qui permette de faire varier l'intensité, il est possible donc d'augmenter la luminosité que lorsque l'on en a besoin, ce qui permet donc de réduire la consommation électrique, car les lampadaires qui ne détecte pas de mouvement seront donc à une intensité lumineuse plus faible et consomme donc moins d'énergie. Cela est plutôt intéressant, car la grande majorité du temps les lampadaires son allumé pour rien, car le passage d'une personne n'est pas long et cela est rarement en continu. Cela permet donc d'utiliser la lumière au bon moment et d'économiser quand cela n'est pas utile.



Lampadaire à LED avec détecteur de mouvement. Source : Les Echos

TÉLÉGESTION

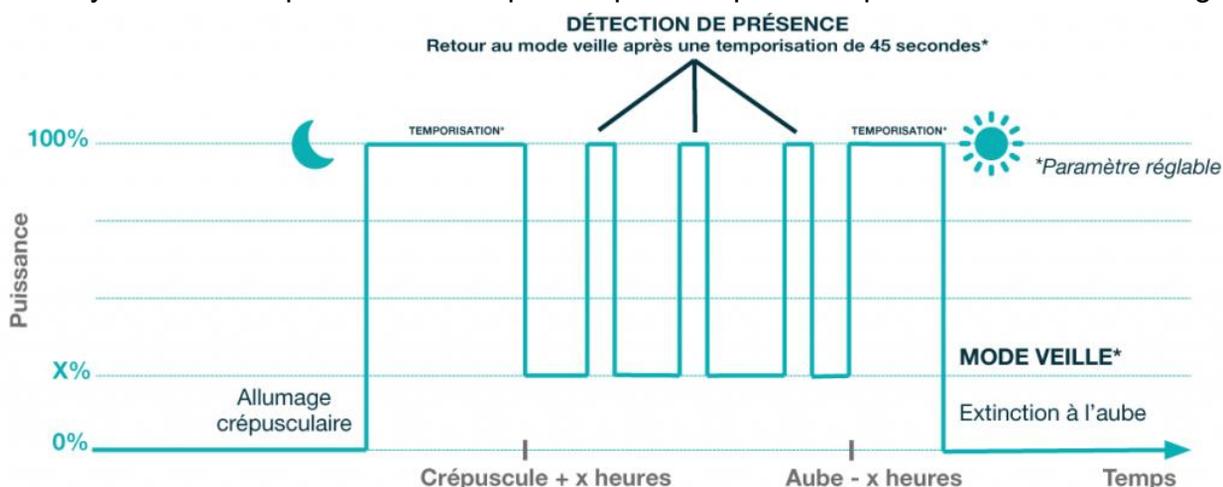
La **télégestion** est déjà connue du monde de l'éclairage public, en effet certaines villes **contrôlent leurs lampadaires à distance**, en les faisant s'allumer ou s'éteindre en fonction de la luminosité prévue ou du temps de la journée. Cependant grâce aux nouvelles technologies il nous est possible de faire bien plus que cela. L'une des premières applications est la gestion de la couleur.

La **gestion de la couleur** dans l'éclairage public est assez récente, car elle implique d'avoir des ampoules qui sont capables de changer de couleur à chaque instant. Cette fonctionnalité est maintenant possible avec l'arrivée des lampes à LED.

Il nous est maintenant possible de changer de couleur à distance les LEDs de certains lampadaires ou autres luminaires pour projeter des lumières particulières sur des endroits importants, tels que des intersections, des priorités à droite, etc.

La **gestion des lampadaires** en fonction de l'heure est une des fonctionnalités de la télégestion avec lequel nous sommes le plus familiers. En effet, un certain nombre de villes et de communes ont pour habitudes **d'éteindre les lampadaires à partir d'une certaine heure**, en fonction du **jour de l'année** et de la **luminosité prévue**. Cependant cette technique a certains **défauts**. Elle est très **rigide**, et ne s'adapte pas forcément aux **conditions climatiques extérieures** ainsi qu'au vrai besoin de l'utilisateur.

Grâce aux nouveaux lampadaires intelligents, il nous sera possible, par exemple, d'analyser le trafic proche de chaque lampadaire pour adapter son seuil d'éclairage



Adaptation de l'éclairage public grâce à un détecteur de présence. Source : Novea Energies

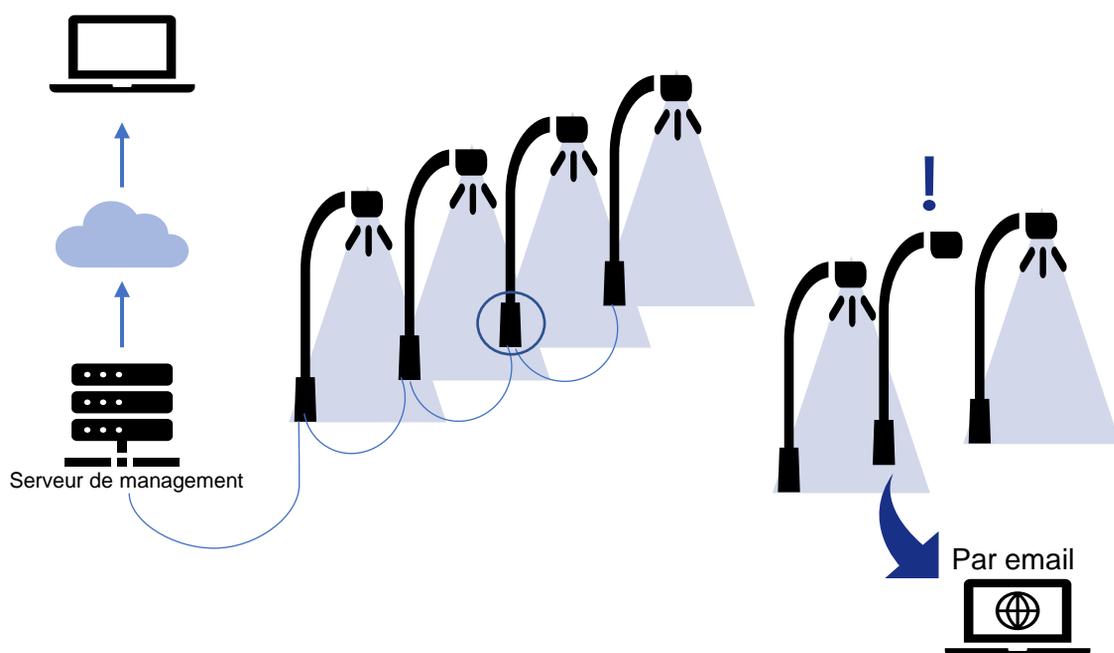
Enfin pour en finir avec la télégestion, nous avons une technologie à fort potentiel : **l'interconnexion des lampadaires**.

Pour donner une image un peu plus précise, nous pouvons prendre comme exemple la façon dont le vivant communique chaque information qu'il perçoit. En effet quand nous voyons une voiture passée nous avons tendance à le communiquer aux personnes autour de nous, et bien pour les lampadaires cela serait exactement la même chose.

Chaque luminaire serait **connecté à ces voisins** pour communiquer les informations qu'il reçoit et ainsi former un grand réseau de neurones, permettant de **prédire les mouvements des utilisateurs**.

Cela permettra **d'allumer chaque lampadaire** individuellement **en fonction du besoin** et du chemin des utilisateurs, sans forcément éclairer toute une rue sans en avoir l'utilité, ce que l'on appelle **le tunnel de lumière**.

En **cas de panne** d'un lampadaire, celui-ci sera capable de **prévenir** de lui-même la personne compétente par l'envoi d'un **mail ou notification**.



Identification de l'incidence
en **temps réel**

CONNEXION INTERNET

L'éclairage public intelligent est un mobilier urbain qui, en plus de sa fonction principale, permet d'avoir une connexion haut débit ou WI-Fi. Cela pourrait permettre de **soulager les réseaux internet** saturés des grandes villes.

La technologie « **Zero Site** » consiste à installer des éléments télécoms à l'intérieur même des lampadaires. L'objectif des opérateurs télécoms est d'augmenter le nombre de sites de cellules radio dans les zones à forte densité tout en évitant l'encombrement urbain. Ces antennes pourront distribuer les **réseaux wifi, 2G, 3G, 4G** ou **5G** aux utilisateurs qui n'en sont pas trop éloignés. Des entreprises comme Ericsson et Philips seront bientôt déjà prêts à commercialiser Zero Site suite à leurs essais aux États-Unis. Nous pouvons prévoir l'utilisation de la **5G**, qui utilise des **nanocells** dans le but d'avoir un réseau optimal.



Lampadaire connecté en 4 G. Source : Urbanattitude

La connexion internet sur les lampadaires connectés offre plusieurs avantages. Tout d'abord, les utilisateurs disposeraient d'un **meilleur débit** sur leurs appareils.

Pour les municipalités, ces lampadaires sont censés **alléger les coûts** d'installation et d'entretien des équipements publics. En effet, en plus d'une économie d'énergie estimée entre 50 et 70 % grâce à l'utilisation d'ampoules LED, les municipalités pourraient louer ces emplacements aux opérateurs qui souhaitent renforcer leur couverture réseau. Ces lampadaires seraient de plus reliés à un centre de commande pour pouvoir **contrôler leur consommation énergétique** dans le but de réaliser des économies.

PANNEAU PHOTOVOLTAÏQUE

Un **panneau photovoltaïque** est un appareil qui **convertit l'énergie solaire en électricité**, à ne pas confondre avec un panneau solaire qui lui convertit l'énergie solaire en chaleur. Ces appareils captent l'énergie des rayons du soleil par le biais de modules et les convertissent.

La démocratisation des panneaux photovoltaïques, couplés à la technologie LED, permet à de nouveaux produits de voir le jour. Il est désormais possible de **concilier** à la fois un **éclairage puissant grâce aux LED** et des **surfaces réduites de panneaux photovoltaïques**.



Photo de lampadaires équipés de LED et d'un panneau photovoltaïque Source : Whatuneed

Le **fonctionnement** de ce type de lampadaire est simple, la **journée**, le module photovoltaïque **capte les rayons du soleil** puis les cellules en silicium **produisent de l'énergie électrique** qui est stockée dans une **batterie**. À la tombée de **la nuit**, la **batterie libère l'énergie stockée** durant la journée afin d'alimenter le lampadaire LED. Le lampadaire peut ainsi s'allumer en puisant dans la batterie et/ou au réseau électrique en cas d'insuffisance provenant du panneau photovoltaïque.



Fonctionnement du panneau photovoltaïque pour un lampadaire. Source : Fonroche Eclairage

Les **panneaux solaires** ont un **avantage** aussi bien **écologique** qu'**économique**. En effet, chaque kilowattheure d'énergie renouvelable produit par un lampadaire solaire photovoltaïque permet **d'éviter de considérables émissions de gaz à effet de serre**. Par conséquent, puisqu'elles produisent une certaine quantité d'énergie qu'elles consomment, ces lampadaires à panneaux photovoltaïques sont également **économiques** et permettent de **réduire la facture d'électricité** de la commune ou de la collectivité.

LE LAMPADAIRE DU FUTUR

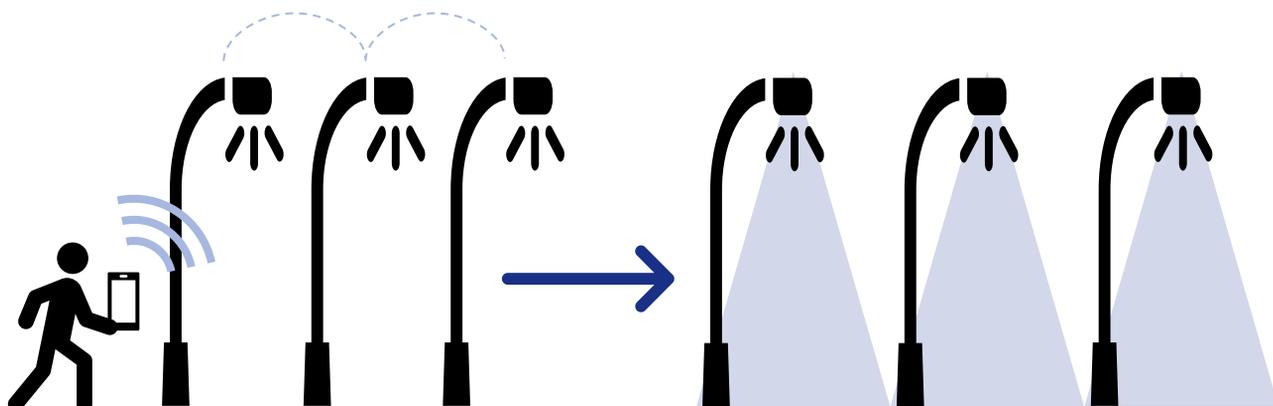


4

**LES
AVANTAGES DE
L'ÉCLAIRAGE
PUBLIC
CONNECTÉ**

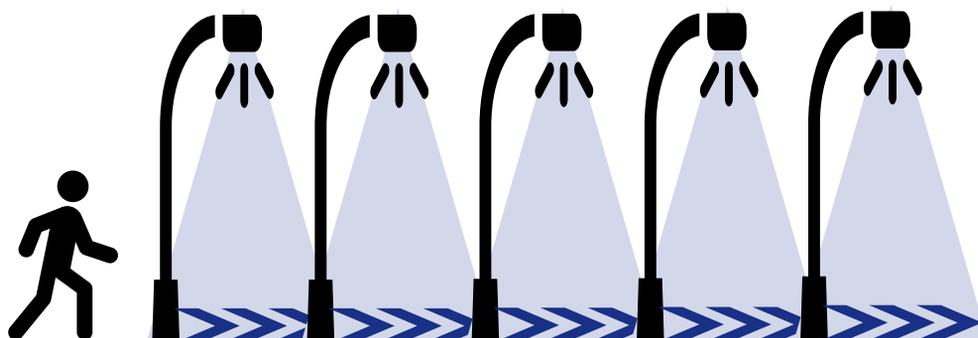
ADAPTABILITÉ AU BESOIN

L'avènement des **éclairages intelligents** va nous permettre de diversifier notre utilisation de ceux-ci ainsi que notre **confort, visuel et d'utilisation**. L'une des premières propositions suggérées est de **laisser** la **gestion** des lampadaires à la **communauté** grâce à une application permettant de contrôler la lumière de leur environnement. Ainsi, chaque utilisateur pourra adapter son éclairage à son utilisation. Attention cependant, pour éviter les abus en tout genre, des conditions strictes seraient à définir pour autoriser ou non certaines actions.



Activation par un usager des lampadaires sur sa route grâce à son smartphone

Actuellement, la gestion de la lumière est principalement **binaire**, en **allumant** ou **éteignant** les lampadaires. La variante actuelle est de **modifier l'intensité des lumières** pour en **diminuer la consommation**. Cependant, maintenant, grâce aux nouveaux lampadaires intelligents, la lumière n'est plus statique, il est possible de modifier l'éclairage pour en faire de l'art lumineux suivant les environs d'un piéton, des flèches pour guider quelqu'un sur son chemin ou bien un « copain » pour aider les jeunes enfants perdus.



Chemin de lumière pour guider les passants.

UN ASPECT DE SÉCURITÉ

L'éclairage public contribue aussi au sentiment de sécurité des individus dans l'espace public.

Plus qu'un sentiment produit, des études anglo-saxonnes ont prouvé le lien qui pouvait exister entre l'état des systèmes d'éclairage et les taux de criminalité. Dans les quartiers où un projet de rénovation des systèmes d'éclairage a été mené, les taux de **criminalité** ont **baissé**. Il y aurait un effet potentiel à la fois sur la criminalité effective et sur la peur du crime, c'est-à-dire le sentiment d'insécurité.

L'éclairage reste **indispensable** pour se **protéger**, pour se **déplacer**, pour **se repérer**.

Aujourd'hui, nous utilisons la **gradation astronomique**, qui est programmée en fonction de l'obscurité à différentes périodes de l'année ainsi que de l'utilisation moyenne des rues. Avec l'éclairage adaptatif, la lumière ne serait pas diminuée en fonction de l'heure de la journée, mais en fonction des besoins, de la présence d'un piéton, etc.

Adapter la luminosité en fonction des besoins et des usages améliore également le **confort des usagers**. En effet, en supprimant les temps d'éclairage inutiles, on peut augmenter la qualité de l'éclairage et donc l'attention des usagers pendant les périodes de la nuit où la lumière est nécessaire. Nous pourrions utiliser les lumières pour **aider les personnes perdues**, comme les personnes âgées. Nous pourrions également aider les personnes handicapées en créant un environnement sûr pour qu'elles puissent se déplacer à l'extérieur.

L'éclairage public est important pour les piétons, mais aussi pour les usagers de la route, car il permet d'**élargir la vision** pour leur permettre, par exemple, de détecter les obstacles sur leur chemin et donc de les éviter, ce qui peut leur permettre « d'éviter les accidents ».

Il est possible de coupler les lampadaires à des **caméras de surveillance** ou à différents **capteurs** afin d'analyser le taux de circulation et d'augmenter ainsi les interventions de sécurité.

RÉDUIRE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE

Actuellement, l'énergie électrique consommée par les lampadaires représente 10 à 38 % de la facture énergétique totale des villes du monde entier, voire 50 % dans certains cas, ce qui fait peser sur les gouvernements une **lourde charge financière** et **environnementale** pour maintenir leur fonctionnement.

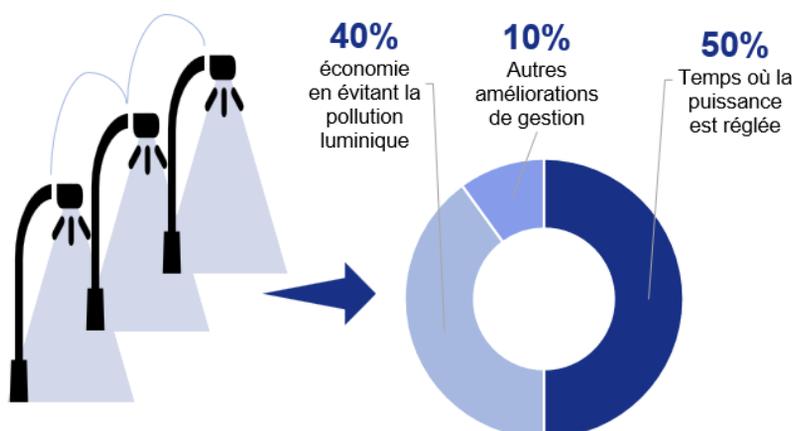
Les systèmes intelligents constituent le cœur de notre nouvelle révolution lumineuse, en alliant confort et sécurité des utilisateurs avec respect de l'environnement.

Pour réduire la consommation d'énergie, les gouvernements locaux remplacent les lampes à sodium haute pression (HPS) par des **technologies de diodes électroluminescentes** (LED) à haut rendement énergétique dans les lampadaires. Les LED peuvent **réduire la consommation d'énergie** jusqu'à **5 fois**.

L'autre moyen de réduire la lumière pour économiser de l'énergie est d'utiliser des **détecteurs de présence**. Ces détecteurs peuvent être des infrarouges (détection par variation de température), des radars haute fréquence (détection de mouvement) ou des caméras et analyses d'image (détection de motif). Cela permettra d'économiser de l'énergie puisque les lampes ne seront allumées à haute intensité que lorsqu'elles détecteront un mouvement (plus ou moins selon la sensibilité du capteur).

En effet, piloter l'éclairage public via la détection de présence est aujourd'hui envisageable pour les voies piétonnes et routières. Cette solution garantit un **service sans faille** à l'utilisateur avec un **minimum de consommation** « inutile ».

Ainsi, nous avons aujourd'hui les clefs pour un **éclairage décoratif** et **qualitatif**, source de développement d'un **sentiment de sécurité collectif**.



5

**INVESTISSEMENT
INITIAL ET GAIN
FINANCIER**

Pour ce qui est du **coût** d'un lampadaire intelligent, il est certain que celui-ci sera **supérieur** à celui d'un **lampadaire classique**. En effet, chaque lampadaire est composé d'une multitude de nouvelles technologies, de capteurs et autres circuits de contrôles qui vont augmenter le coût initial.

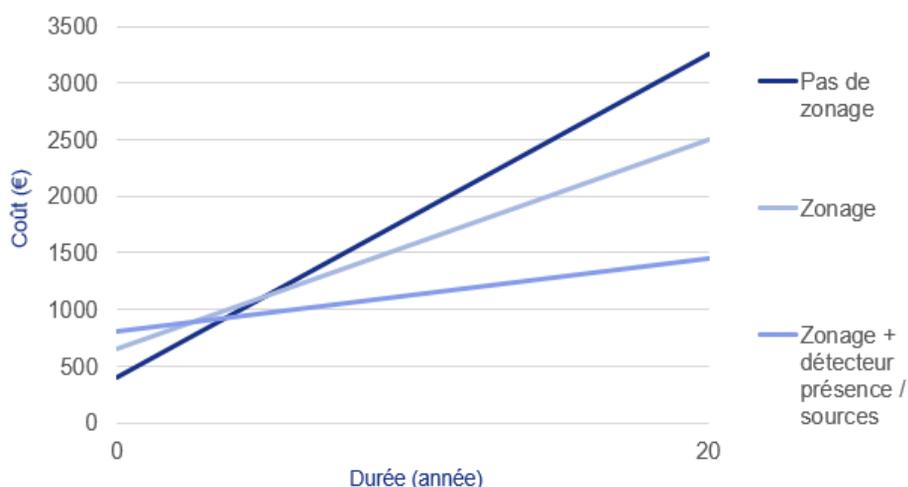


Tableau d'amortissement des coûts selon le type de gestion Source : Guide Bâtiment Durable Bruxelles

Cependant comme chaque investissement il nous faut voir non pas seulement les **dépenses**, mais aussi la **rentabilité**. L'installation de ces nouveaux lampadaires intelligents peut rien qu'avec **une seule technologie, réduire la consommation électrique d'un lampadaire de 25 %**. Si l'on ajoute à cela les capteurs de mouvements, la télégestion et dépannage à distance, les panneaux photovoltaïques, etc. nous pouvons atteindre une **réduction de la consommation de près de 40 % par lampad**

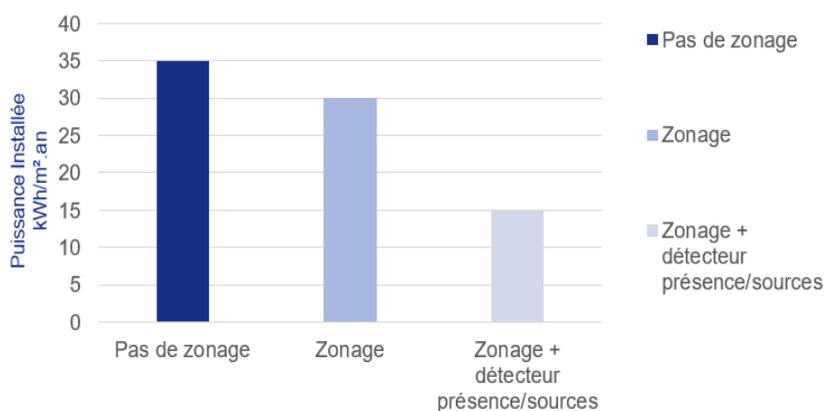


Tableau de consommation électrique selon le type de gestion Source : Guide Bâtiment Durable Bruxelles

6

**TECHNOLOGIES
PRÉSENTES
SUR LE
MARCHÉ**

DES EXEMPLES PLUS PRÉCIS

Il existe déjà un certain nombre de solutions disponibles sur le marché comme des lampadaires solaires, ou des lampadaires LED, solaire photovoltaïque et à détecteurs de mouvement.

Pour donner quelques exemples, **Factorled** produit des lampadaires LED. Ceux-ci sont équipés d'un bloc LED classique et sont à un prix alentour de 90 €.



Lampadaire LED. Source : factorled.com

Factorled propose également des lampadaires LED qui permettent de la télégestion.



Eclairage public LED télégestion

Source : factorled.com 300 €

Un autre exemple est celui de **Ecoworld**, avec un lampadaire LED à énergie solaire avec panneau inclinable et télécommande. Il possède également un capteur de mouvement afin d'allumer le lampadaire dès qu'une présence est détecté.



Eclairage public LED photovoltaïque et capteurs de mouvement

Source : ecoworld-shop.fr 490 €

The background features a dark blue upper section and a light blue lower section, separated by a diagonal white line. The word "CONCLUSION" is centered in the light blue area.

CONCLUSION

L'histoire de l'éclairage public est riche d'innovation. Chaque génération de lanterne et lampadaire a été un bond en avant, en termes d'économie d'énergie, de qualité d'éclairage ou de qualité de vie. Depuis le début en 1667, la France est au cœur du domaine de l'éclairage public en installant des lanternes garnies de chandelles à chaque fin de rue de Paris. Actuellement, la France consomme 56 TWh par ans. Avec plus de 450 millions d'euros de consommation d'énergie sur un budget total de 2 milliards d'euros.

Il existe déjà un nombre de technologies important qui permet à l'éclairage public de s'améliorer en continu. Les panneaux photovoltaïques, détecteurs de présences, LED, télégestion, etc. sont tous disponibles actuellement et implémentés dans des lampadaires disponibles à l'emploi.

L'éclairage public connecté permet d'améliorer le sentiment de sécurité des citoyens qu'ils soient piétons ou conducteurs. Par conséquent, cela permet d'améliorer le confort de vie des habitants de chaque ville disposant d'éclairage public connecté.

En dehors des avantages en matière de sécurité, l'éclairage public connecté permet également de réduire grandement les émissions de gaz à effets de serre et de faire des économies d'énergies grâce notamment à l'utilisation de LED. L'environnement est un enjeu majeur de notre monde actuel et il est important de mener à bien des actions pour le préserver.

Toutes ces technologies sont déjà présentes sur le marché avec des produits modulaires et qui peuvent d'adapter aux besoins des communes. Il existe une multitude de lampadaires LED, de lampadaires connectés ou solaires ainsi que quelques-uns qui rassemblent tout en un.

L'incorporation de ces technologies dans notre vie de tous les jours doit être rapide. La pollution générée par le maintien des anciens éclairages est extrêmement énergivore et contribue à l'augmentation de l'effet de serre et au réchauffement climatique. Adopter les nouvelles technologies pour les lampadaires n'aidera pas seulement à réduire les dépenses liées à la consommation électrique, mais également la pollution générée par ceux-ci. Pour les futures générations, il est nécessaire de passer vers un éclairage plus vert et plus respectueux de l'environnement.

Si la transition vers un éclairage intelligent a déjà commencé par le passage aux LED et de nombreuses expérimentations locales, la modernisation du parc d'éclairage public est toutefois nécessaire pour générer des économies, préserver davantage l'environnement et optimiser les services que peut rendre l'éclairage public aux territoires et aux citoyens.



BIBLIOGRAPHIE

Territoire d'énergie, 2021, Éclairage public, publié par le Guide de l'élu local et intercommunal. Lien : <https://www.lightzoomlumiere.fr/livre/eclairage-public-guide-de-l-elu-local-et-intercommunal-fnccr/>

Nicolas Houel, Dany Joly, Laurent Lescop, 2019, *Perceptions of the nocturnal public space and technological innovations – citizen evaluation of a smart public lighting installation in Nantes*, publié par SHS Web of Conferences

K. Srinidhi, N. Krishna Prakash, 2020, *Smart Connected Street Lighting System*, publié par Springer

Ovidio Rabaza, Daniel Gomez-Lorente, Antonio M. Pozo, Francisco Pérez-Ocon, 2019, *Application of a Differential Evolution Algorithm in the Design of Public Lighting Installations Maximizing Energy Efficiency*, publié par LEUKOS

Candeliance, *Étude de cas "Éclairage public" : Comment développer l'éclairage intelligent pour un territoire intelligent ?*, published by Candeliance

Xprt Energy, 2009, *Solar Powered Roadway & Parking Canopy Lighting - Masdar City, UAE*, publié par Xprt Energy

Laurent Marcaillou, 2009, *Toulouse teste des lampadaires à détecteur de présence*, publié par Les Echos. Lien : <https://www.lesechos.fr/2009/12/toulouse-teste-des-lampadaires-a-detecteur-de-presence-469237>

Urban attitude, 2014, *Des lampadaires connectés en 4G*, publié par Urban Attitude. Lien : <https://urbanattitude.fr/des-lampadaires-connectes-en-4g/>

RÉALISÉ PAR

ALYSSA BINARD



PIERRE DANRÉ



ÉLOÏSE FRANÇOIS



JONAS TOPIN



NOS PARTENAIRES

