GUIDE TECHNIQUE MODULE 3

ECLAIRAGE PUBLIC

GUIDE TECHNIQUE DES COLLECTIVITES LOCALES EN TUNISIE

CPSCL

TABLE DES MATIERES

I. INTRODUCTION 4

II. LE CADRE REGLEMENTAIRE 5

III. LA PLANIFICATION INITIALE DU RESEAU 6

III.1 TYPES D'ECLAIRAGE PUBLIC 7

IV. SYSTEMES D'ECLAIRAGE 9

IV.1 LES AVANTAGES ET DESAVANTAGES DES TYPES DE RESEAU D'ECLAIRAGE PUBLIC 9

IV.2 NOTE SUR LES SYSTEMES D'ECLAIRAGE SOLAIRES 10

V. EQUIPEMENTS DU RESEAU ECLAIRAGE PUBLIC 12

V.1 EQUIPEMENTS DE BASE 12

V.2 PRINCIPES DE POSE DE CABLAGE 13

V.3 POINT LUMINEUX 13

V.4 LES ELEMENTS D'UN LAMPADAIRE 15

V.5 L'EQUIPEMENT DE GESTION AUTOMATIQUE D'ALLUMAGE ET D'EXTINCTION 16

VI. COMMANDE DE L'ECLAIRAGE SUR DEMANDE 18

VII. MAINTENANCE DE L'ECLAIRAGE PUBLIC 21

VIII. LUTTE CONTRE LA POLLUTION LUMINEUSE 27

VIII.1 IMPACTS DE LA POLLUTION LUMINEUSE 27

VIII.2 LES SOLUTIONS POUR DIMINUER LA POLLUTION LUMINEUSE 28

ANNEXE 1 : DIMENSIONNEMENT ET IMPLANTATION ECLAIRAGE DE ROUTES 30

TYPES D'IMPLANTATION SUR L'ESPACE PUBLIC 30

CALCUL DES INTER-DISTANCES ET HAUTEURS DE FEU 31

MODERNISER L'ECLAIRAGE ROUTIER 32

ANNEXE 2 : COMPOSANTES DES DIVERS RESEAUX 34

ANNEXE 3 : CARACTERISTIQUE DES LUMINAIRES PRINCIPAUX UTILISES EN ECLAIRAGE PUBLIC 35

ANNEXE 4 : CHECK-LISTE DE MAINTENANCE 38

ANNEXE 5 : LIENS INTERESSANTS CONCERNANT L'ECLAIRAGE PUBLIC 41

ANNEXE 6: DECRET 2006-432 42

ABREVIATIONS :

CCP	Coffret de Commande et de Protection
EN	Norme Européenne
EP	Eclairage public
REP	Réseaux d'éclairage public
HT	Haute tension
MT	Moyen tension
IRC	Indice de rendu de couleur
kV	kilovolt
kW	kilowatt
LED	Light Emmitend Diode (anglais) = diode électroluminescente
JORT	Journal Officiel de la République Tunisienne
NT	Norme Tunisienne
PV	Photovoltaïque
STEG	Société Tunisienne d'Electricité et du Gaz
V	Volt (tension de courant)
W	Watt (puissance énergétique)

I. INTRODUCTION

L’éclairage public joue plusieurs rôles dans les projets d’aménagement des Communes. Il s'agit avant tout d'une mesure visant à accroître la sécurité des espaces publics, que cela soit dans les zones de circulation ou dans les zones de détente et de récréation.

L’objectif de l’éclairage public est de :

- Sécuriser les déplacements grâce à une bonne perception des obstacles par tous les usagers, qu’ils soient à pied ou motorisés
- Assurer la sécurité des personnes et des biens par un éclairage d’ambiance satisfaisant
- Repérer aisément les lieux et les points particuliers, carrefours, passages piétonniers, etc.
- Permettre les activités nocturnes, sportives ou autres
- Créer une ambiance agréable en harmonie avec les différents espaces
- Valoriser les bâtiments et les façades ainsi que les espaces verts
- Eviter les nuisances lumineuses telles que l’éblouissement et l’effet de zone obscures
- Maîtriser l’intégration des installations, candélabres et luminaires, avec le mobilier urbain dans leur environnement de jour, sans occasionner de gêne majeure

Dans la partie principale, ce guide fournit des informations globales sur le cadre réglementaire et les divers systèmes disponibles afin de permettre aux Communes d’orienter les Concepteurs de la planification des systèmes par rapport aux besoins spécifiques. Les Annexes fournissent des informations plus détaillées au profit des cadres Techniques de Communes ainsi que des Concepteurs potentiels des réseaux.

II. LE CADRE REGLEMENTAIRE

Le décret 2006-432 publié dans le JORT N°13 le 09 Février 2006 fixe les spécifications techniques des lampes, des luminaires et des régulateurs variateurs de puissance des installations de l'éclairage public.

Par rapport aux lampes à vapeur de sodium à haute pression, la Norme Européenne EN 60662 est applicable. Tous les autres lampadaires doivent avoir une efficacité lumineuse égale ou supérieure à celles-ci.

Concernant les luminaires, il faut respecter les Normes Tunisiennes NT 87.82 (Prescriptions générales et essais) NT 87.31 (Règles particulières luminaires d'éclairage public).

Si l'installation d'un réseau d'éclairage public engendre des risques pour l'environnement ou le patrimoine ou encore demande l'abattage des arbres, les lois suivantes s'appliquent :

- Loi N° 91-362 du 13 Mars 1991, relative aux études d'impact sur l'environnement modifiée et complétée par le décret n°2005-1991 du 11 Juillet 2005 relatif aux études d'impact sur l'environnement et fixant les catégories d'unités soumises aux cahiers de charges.
- Loi N° 2001-119 (Art. 1 et 6)) concernant l'abattage et I 'arrachage des oliviers.
- Code du Patrimoine (Art. 68 et 69 de la loi 94-35 relatif à la protection des monuments historiques et des sites naturels et urbains).

III. LA PLANIFICATION INITIALE DU RESEAU

Tout d'abord, la planification du réseau d'éclairage public dépend de certains facteurs. Afin d'engager les Concepteurs, il est important de prendre en considération et de décrire dans le cahier de charges :

- L'objectif de l'installation : Est-ce qu'il s'agit d'un réseau d'éclairage d'une route principale, de voiries de quartiers résidentiels, des zones industrielles, des zones piétonnes, des zones des récréations et de détente, de l'illumination d'ambiance des bâtiments publics ou des œuvres d'art, etc.
- La taille du réseau, c'est-à-dire le nombre approximatif de lampadaires à installer et la taille de la zone d'intervention
- Les spécificités de la zone d'intervention, c'est-à-dire la densité de l'agglomération, la largeur des voiries, la présence d'une végétation dense, etc.
- L'existence d'un réseau d'alimentation en électricité ou d'un ancien réseau d'éclairage public dans la zone d'intervention
- Les bénéfices, les désavantages et les risques environnementaux et sociales liées à l'installation du réseau, par exemple : augmentation de la sécurité, dépenses communales additionnelles pour la réalisation du réseau ainsi que son fonctionnement et entretien, accumulation potentielle des insectes pendant la nuit, impact négatif sur l'environnement à cause de la consommation d'énergie, etc.
- Les équipements et Ressources Humaines nécessaires ainsi que l'achat régulier de pièces de rechange pour maintenir le réseau.

Le décret 2006-432 demande la gestion automatique de l'allumage et de l'extinction des réseaux d'éclairage public. Il demande également l'inclusion d'une marge de sécurité permettant une extension future du réseau.

Concernant la taille du réseau, lorsqu'il représente une certaine ampleur, il est intégré dans un « plan lumière » conçu pour l'ensemble de l'agglomération en question ou de la commune entière et prenant en compte toutes ses composantes : voiries, zones piétonnes, espaces publics, parc de stationnement, zone résidentielles, bâtiments, espaces verts, etc.

La conception de l'éclairage public doit être adoptée aux espaces et aux édifices auxquels elle est destinée. Le type d'équipement est déterminé en fonction de la nature du projet.

L'objectif n'est pas d'offrir de la lumière uniquement dans un but sécuritaire mais de créer une ambiance nocturne agréable donnant une nouvelle vision des ouvrages et approche des espaces.

La Commune doit s'assurer que le Concepteur chargé du réseau de l'éclairage public indique toutes les

spécificités techniques de façon précise, notamment pour les fournitures et les installations et prestations complémentaires liées.

III.1 Types d'éclairage public

Chaque éclairage public demande une planification rigoureuse, même s'il s'agit de l'éclairage non-lié aux aspects sécuritaires. Les spécialistes ont pour objectif de confectionner un réseau adapté à sa fonction qui respecte les normes avec une faible consommation électrique et une faible pollution lumineuse tout en garantissant une intégration harmonieuse dans l'environnement.

a) Eclairage routier

Eclairer les zones de circulation véhiculaire est principalement une question de sécurité. La grande vitesse des véhicules motorisés pose un risque d'accidents important que l'éclairage nocturne permet de réduire considérablement. En conséquence, la réglementation concernant l'éclairage routier est stricte, et la planification et l'exécution du projet exigent un grand soin.

Source : www.actu.fr

b) Eclairage des espaces publics

L'éclairage des espaces publics facilite leur surveillance pendant la nuit dans le but de prolonger leur utilité et de prévenir des accidents et des crimes. En créant une atmosphère détendue, ils sécurisent donc les utilisateurs. Par conséquence, l'illumination des espaces publics augmente la qualité de vie et stimule souvent les activités économiques dans les agglomérations principales.

Source : obs-urbain.fr

c) Eclairage des espaces sportifs

Pour permettre des activités sportives pendant des heures d'obscurité, il faut éclairer les terrains de sport avec des projecteurs spécialisés. Il est important que ceux-ci soient assez puissants et ne dérangent pas les joueurs pour éviter des accidents.

Source : http://www.maffett-loftis.com

d) Eclairage d’ambiance

L'éclairage des bâtiments et monuments intéressants souligne leur importance, conçoit des points d'identification et crée une atmosphère agréable. De plus, ce type d’éclairage peut prévenir des graffiti et décharges aléatoire des déchets. Il faut être prudent lors de l'éclairage des espaces verts publics, car cela peut nuire aux plantes.

Source : www.actu.fr

IV. SYSTEMES D'ECLAIRAGE

IV.1 Les avantages et désavantages des types de réseau d'éclairage public

Système	Avantages	Désavantages	Cas d'utilisation
Système 1 : Lampadaire solaire isolé (basse tension)	1. Pas de facturation d'électricité 2. Installation rapide 3. Solution simple qui nécessite seulement une petite étude technique 4. Pas de nécessité de raccordement au système public 5. Pas de nécessité de compteurs, armoires, câblage coûteux, etc.) 6. Pas de câblage exposé et pas de risque d'électrocution	1. Coût d'achat plus élevé que les lampadaires branchés sur un réseau public existant 2. Nécessité de remplacer les batteries tous les 5 à 10 ans (en fonction de la qualité) 3. Maintenance intensive : Nettoyage régulier des panneaux solaires 4. Risque de non-fonctionnement en cas de manque de soleil 5. Déconseillé pour les sites ombragés (arbres, vallées, etc.) 6. Risque de vol des installations exposées (panneaux solaires, batteries, régulateurs)	1. Lampadaires ponctuels 2. Réseau aux sites éparpillés (par exemple : rond points et carrefours de routes rurales, petits espaces publics) 3. Sites sans réseau public d'électricité (STEG) 4. Site où l'extension du réseau public n'est pas faisable
Système 2 : Réseau solaire isolé (basse ou moyenne tension)	1. Pas de facturation d'électricité 2. Installation rapide 3. Pas de nécessité de raccordement au système public 4. Plus économique et fiable que les lampadaires solaires isolés pour les réseaux d'éclairage de moyenne taille 5. Réalisable même sur les sites ombragés (arbres, vallées, etc.)	1. Coût du réseau plus élevé que les lampadaires branchés au réseau public existant 2. Nécessité de consulter un(e) spécialiste 3. Nécessité de remplacer les batteries tous les 10 à 15 ans (en fonction de la qualité) 4. Maintenance intensive: Nettoyage régulier des panneaux solaires 5. Risque d'interruption en cas de manque de soleil 6. Risque de vol des installations exposées (notamment les panneaux solaires)	1. Réseau de petite ou moyenne taille sur les sites sans réseau public STEG 2. Sites isolés avec peu de points d'éclairage par site (par exemple : petites agglomérations, écoles isolées, parcs publics) 4. Site où l'extension du réseau public n'est pas faisable
Système 3 : Réseau hybride avec système solaire et réseau public (basse ou moyenne tension)	1. Pas de risque d'interruption en cas de manque de soleil 2. Facturation d'électricité raisonnable (en fonction de la confection du système) 3. Plus fiable que les systèmes solaires isolés 4. Réalisable même sur les sites ombragés (arbres, vallées, etc.)	1. Nécessité de raccordement au réseau public d'électricité 2. Solution coûteuse avec des équipements spécialisés 3. Nécessité de consulter un(e) spécialiste / Implication obligatoire de la STEG 4. Nécessité de remplacer les batteries tous les 10 à 15 ans (en fonction de la qualité) 5. Maintenance intensive: Nettoyage régulier des panneaux solaires 6. Risque de vol des installations exposées (panneaux solaires)	1. Réseau sur les sites pourvus d'un réseau public (STEG) ou présence d'un groupe électrogène 2. Sites sensibles par rapport à la sécurité (par exemple routes principales, parc municipal de la commune, zones industrielles)
Système 4 : Réseau	1. Pas de risque d'interruption en cas de	1. Frais de fonctionnement très élevé / Paiement régulier des factures	1. Réseau de moyen et grande taille pourvu

Système	Avantages	Désavantages	Cas d'utilisation
public (moyenne tension)	manque de soleil 2. Faible en maintenance 3. Pas de nécessité de remplacer périodiquement des équipements coûteux 4 Possibilité de réaliser des grands réseaux	d'électricité 2. Implication obligatoire de la STEG 3. Risque d'électrocution ou d'incendie en cas de câblage exposé prés des bâtiments (réseau moyenne tension)	d'un réseau public d'électricité (par exemple : agglomérations principales, zones industrielles) 2. Sites sensibles par rapport à la sécurité

L'Annexe 2 présente les composantes des divers systèmes de réseau d'éclairage.

IV.2 Note sur les systèmes d'éclairage solaire

Ensemble d'appareils qui distribuent une lumière artificielle reposant sur l'utilisation du rayonnement et de l'énergie du soleil par des capteurs solaires.

Projecteur solaire complet avec batterie intégrée et détecteur de mouvement
Source : montelimar.entrepot-du-bricolage.fr

Kit de plusieurs de projecteurs solaires avec batterie et régulateur
Source : www.amazon.fr

Lampadaire solaire isolé : Système complet avec batterie et régulateur dans une boîte métallique
Source : www.mediaterre.org

Le type de lampadaire qui est alimenté par l'énergie solaire, est équipé de panneaux solaires qui captent la lumière du soleil pendant la journée, ce qui permet de produire de l'électricité. Celle-ci est stockée dans des batteries, puis restituée la nuit pour l'éclairage. Le lampadaire devient ainsi autonome en énergie. S'il est asservi à un système de gestion, par exemple à un détecteur crépusculaire, il peut contribuer à diminuer la pollution lumineuse et la consommation d'énergie.

Ces luminaires s'avèrent pertinents sur les sites isolés ou le réseau électrique n'est pas disponible. Ils évitent ainsi des coûts élevés de raccordement au réseau électrique et permettant d'assurer un cadre sécurisant pour les usagers.

Si le contexte plaide en faveur de l'installation d'un luminaire solaire, quelques précautions

s’imposent :

- Définir de manière optimale le positionnement et l’inclinaison du panneau solaire afin qu’il bénéfice au maximum de l’ensoleillement et ne soit pas dans l’ombrage des éléments de son environnement
- Nettoyer régulièrement les panneaux afin que la poussière, les feuilles mortes ou les excréments d’oiseaux ne viennent pas perturber leur rendement
- Il sera nécessaire de remplacer les batteries régulièrement. En fonction de la qualité des batteries installées, il faut donc prévoir un investissement notable tous les 5 à 10 ans pour les lampadaires individuels et tous les 10 à 15 ans pour les réseaux d’éclairage solaire.
- Les systèmes solaires ne supportent pas tous les types de lampadaires disponibles sur le marché. Les LED sont idéales. il faut également éviter les décharges irrégulières, les charges de point et les pics d’électricité qui contribuent à une dégradation rapide du système.

L'un des inconvénients des systèmes d’éclairage solaires autonomes est la nécessité d'utiliser des batteries. D'une part, celles-ci sont chères à l'achat et utilisent des matières premières précieuses et, d'autre part, elles doivent souvent être remplacées par de nouvelles après quelques années, l'élimination des anciennes batteries pouvant entraîner des coûts non négligeables et des problèmes environnementaux.

Il est donc recommandé d'envisager des alternatives lors de la planification de l'éclairage public, si le raccordement au réseau électrique public est faisable. Dans ce cas, il est possible de réduire la taille des batteries et d'utiliser ponctuellement l'électricité du réseau public. Parallèlement, il est possible de vendre de l'électricité à la STEG en cas de surcapacité. Il en résulte un potentiel d'économies financières, tant au niveau de l'installation des systèmes que de leur exploitation.

Une autre alternative est l'installation de petites éoliennes sur les mâts d'éclairage, qui, à l'instar des panneaux solaires, peuvent également générer de l'électricité la nuit. Il existe des solutions globales qui ne nécessitent pas de batteries et qui permettent également de vendre de l'électricité à la STEG.

V. EQUIPEMENTS DU RESEAU ECLAIRAGE PUBLIC

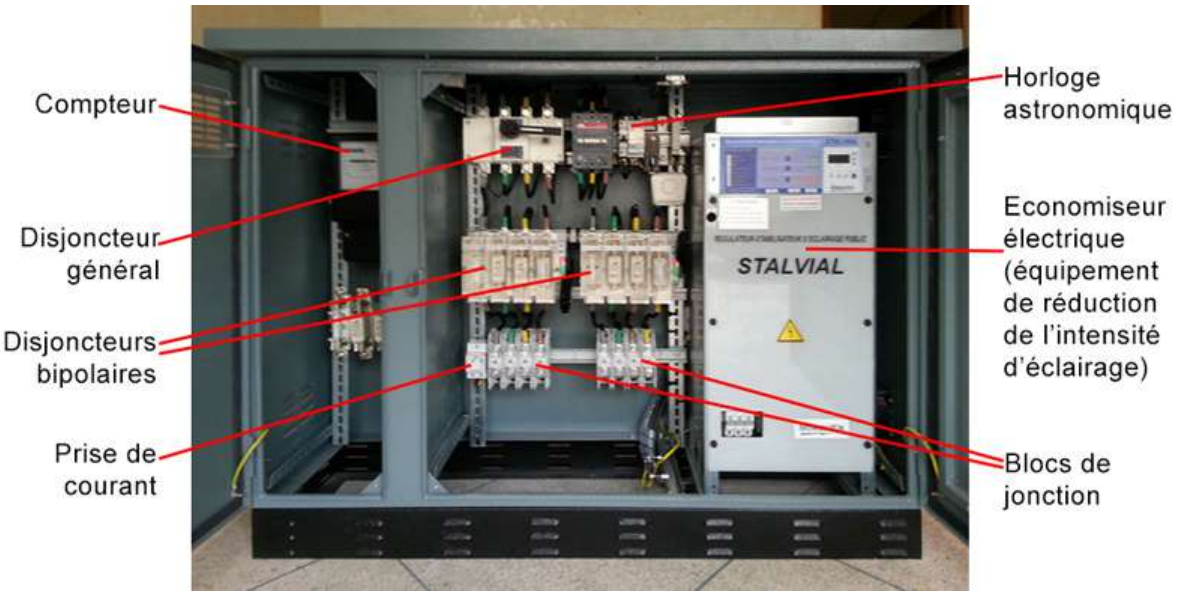
V.1 Equipements de base

Le réseau d'éclairage public est principalement composé :

1) des **armoires** ou coffret d'électricité servant à commander et de protéger le réseau
2) des **câbles électriques** servant à transporter l'électricité à partir des sources d'alimentation
3) des **points lumineux/ lampadaires** qui éclairent l'espace public
4) les **câblages de liaison**

Également appelé **Coffret de commande et de protection** (CCP), l'armoire d'éclairage public permet l'alimentation du réseau d'éclairage public à partir du réseau public de distribution d'énergie. Il renferme des équipements ou dispositifs de comptage, de commande et de protection. Une armoire est généralement constituée d'une partie pour le comptage de la consommation électrique (en cas de branchement au réseau STEG), une partie de commande d'allumage des points lumineux contenant des composantes telles que les détecteurs crépusculaires ou horloges et les contacteurs, comportant tous les appareils de protection (disjoncteur, fusibles...).

Le type, et la taille des **câbles** dépendent de la tension du réseau éclairage (basse tension, moyenne tension), les distances à servir, l'emplacement (sous-sol ou exposé), la protection (posé dans des gaines ou câbles armés). La façon de poser les câbles et le type de câbles ont un impact significatif sur les coûts du réseau d'éclairage.



Les composantes d'un CCP; Source: http://www.mekkoudi.com

V.2 Principes de pose de câblage

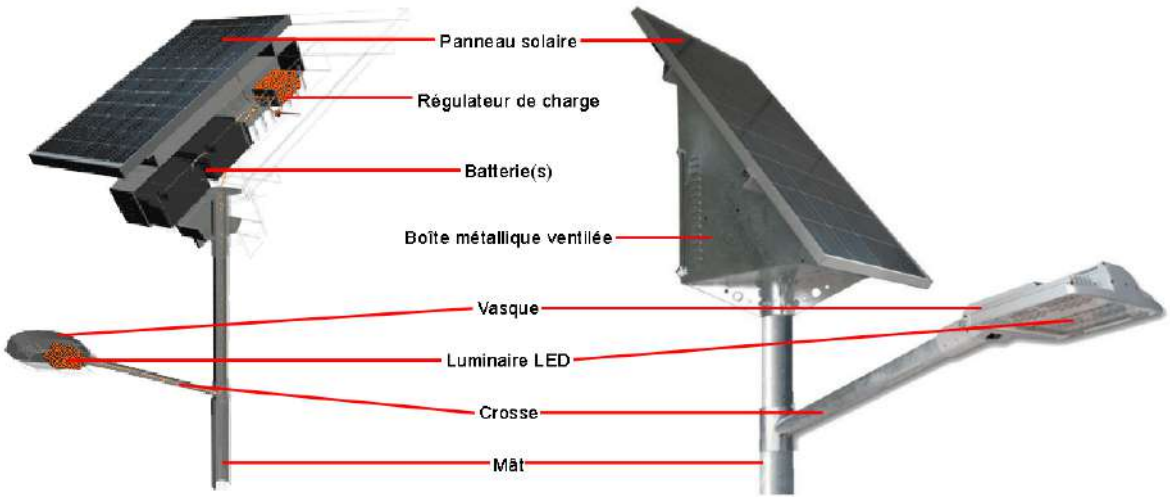
On distingue deux types principaux de réseaux dans L'éclairage public : Le réseau indépendant en **câbles souterrains** qui est le plus recommandé, car il est sécurisé et offre un éclairage plus approprié et le **réseau mixte sur poteaux et sur façade avec des câbles exposés ou partiellement exposés (réseau aérien)**. Ce dernier continue à représenter un certain pourcentage du réseau d'éclairage public dont une partie sur façade et cette solution est habituellement moins coûteuse. Néanmoins, l'éclairage public sur un réseau aérien ne permet pas d'obtenir un éclairement conforme aux normes en vigueur. En effet, l'inter-distance entre supports est imposée par le réseau de distribution desservant les habitations et non en fonction des besoins d'éclairement.

Eclairage avec réseau éléctrique aérien
Source : www.eclairagepublic.eu

Eclaiarage avec réseau éléctrique enterré
Source : www.efficacite-electrique.fr

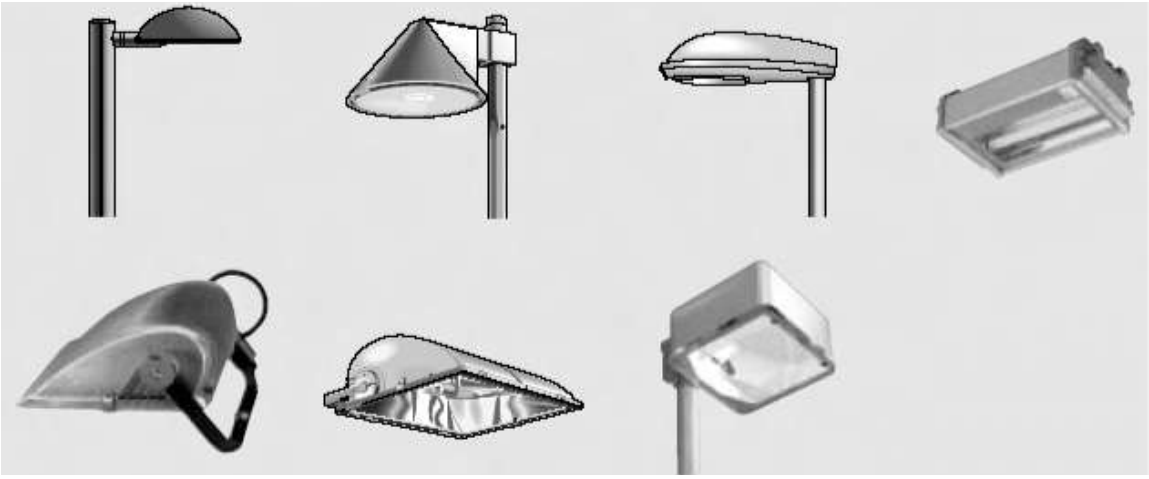
V.3 Point Lumineux

Le point Lumineux constitue l'une des parties les plus importantes et les plus sensibles du réseau d'éclairage public. En effet, c'est la partie qui porte la source lumineuse et qui est la plus exposée aux pannes et aux aléas. Elle nécessite une attention particulière, tant au niveau conception qu'au niveau maintenance. Un point lumineux est composé essentiellement d'un luminaire, d'une crosse et d'un mât avec une boîte de jonction. Les lampadaires solaires complets abritent également le module PV, la batterie et le régulateur avec détecteur crépusculaire.



Les composantes d'un lampadaire solaire isolée
Source: www.lampadairesolaireled.com

Les types de luminaires et de lanternes à éviter à cause de leur inefficacité et pollution lumineuse
Source : www.ascen.be



Type de luminaires conseillés
Source : www.ascen.be

V.4 Les éléments d'un lampadaire

Lanterne

Élément appelé également lanterne ou appareil d'éclairage, il est composé d'une enveloppe regroupant :

- Vasque : Élément permettant de protéger la lampe et le réflecteur de l'environnement extérieur, il est en verre ou en matière plastique et diffuse la lumière émise par la source.
- Optique ou réflecteur : Élément mettant en forme la lumière émise par les sources, de manière à adapter l'éclairage à la voie tout en limitant les nuisances lumineuses. Les deux grandes familles étant les optiques symétriques ou circulaires adaptées pour l'éclairage de place ou de parking et les optiques asymétriques ou routières favorisant un éclairage devant et sur les côtés.
- Le luminaire, c'est-à-dire la lampe ou source lumineuse

Lampe ou source lumineuse

Élément produisant la lumière, les grandes familles étant les lampes à décharge (ballons fluorescents, sodium haute pression, iodures métalliques, ...), les lampes à filament (halogènes, incandescentes) et les semi-conducteurs (module LED).

Deux types de lampes sont favorables pour les réseaux d'éclairage public, grâce à leur puissance, leur faible consommation d'électricité, leur efficacité et leur longévité : Les lampes sodium haute pression et les LED.

La technologie du LED possède plusieurs caractéristiques avantageuses et présente un grand intérêt pour le responsable de l'éclairage public souhaitant optimiser et développer le service d'éclairage public En effet, les principaux avantages du LED sont :

- Durée de vie : Plus de 50000 heures
- Efficacité lumineuse : jusqu'à 130 lumen/watt (efficacité du luminaire)
- Compatibilité avec le courant continu : alimentation directe par source solaire
- Economie d'énergie : 50% en remplacement des lampes Sodium haute pression, 80% en remplacement des lampes Mercure haute pression
- Confort et sécurité : uniformité de l'éclairage améliorée
- Bon rendu des couleurs : beaucoup mieux que les lampes sodium à haute pression
- Lumière instantanée : pas de temps de chauffe ni de refroidissement
- Maintenance aisée et moins onéreuse
- Éclairage flexible : possibilité de variation des intensités sur plusieurs paliers
- Gestion sans-fil des luminaires individuellement ou par groupes
- Éclairage dynamique permettant des jeux de lumières pour l'animation. L'éclairage LED peut produire des millions de couleurs grâce au mélange de couleurs de base rouge, bleu et vert.

Ballaste

Les lampes à décharge nécessitent un ballast. Il est conseillé d'utiliser des ballasts électroniques de faible consommation et d'une longue durée de vie.

Crosse

Élément le plus souvent métallique permettant de déporter la lanterne. Souvent, la crosse est fixée au mât à travers des colliers ajustables en hauteur.

Mât ou support

Élément supportant le luminaire, parfois accompagné d'une crosse. Il peut être droit ou incliné. Idéalement, le mât est fixé sur la semelle en béton à travers d'une platine métallique pour faciliter son remplacement, si nécessaire.

Selon la fonction, l'aspect esthétique, l'espace et l'environnement, on peut identifier plusieurs types de supports, par exemple un poteau en acier, en aluminium, en fonte, en béton, en bois et de forme tubulaire, cylindro-conique, octogonale avec ou sans embase, un mât décoratif, un caténaire, un candélabre traditionnel, une console sur façade ; on peut l'encastrer au sol, etc.

V.5 L'équipement de gestion automatique d'allumage et d'extinction

L'éclairage public dans les espaces externes est uniquement nécessaire pendant la durée de manque de lumière naturelle. Deux technologies appropriées existent pour la gestion automatique de l'éclairage public, et elles sont exigées (décret 2006-432) : Détecteurs crépusculaires et interrupteur horaire (horloge)

1) **Détecteurs crépusculaires** avec une cellule photoélectrique. Ils sont soit intégrés dans les équipements (par exemple un régulateur), soit il s'agit d'unités autonomes. Un éclairage commandé par interrupteur crépusculaire permet de façon automatique de déclencher l'extinction et l'allumage de l'éclairage public en fonction de la lumière du jour.

   Pour assurer la fiabilité et la précision de l'interrupteur, il est essentiel de positionner et d'orienter correctement le capteur de sorte à ne pas subir l'effet des sources lumineuses aléatoires ou ne pas être perturbé par des ombres. Il faut en outre le contrôler et le nettoyer régulièrement afin d'empêcher l'accumulation de poussière.

   Les interrupteurs crépusculaires peuvent être associés à des horloges afin de couper la commande pendant une partie de la nuit.

2) **Interrupteurs horaires programmables** de préférence type horloge dite astronomique, numérique, ou mécanique. Ils sont normalement intégrés dans les coffrets de commande. Ce type d'horloges commande l'extinction et l'allumage de l'éclairage public à des heures spécifiques. Elles sont installées dans les armoires d'éclairage public. S'il ne s'agit pas d'une horloge astronomique, il faut là régler et l'actualiser régulièrement afin de suivre approximativement les heures de lever et de coucher du soleil.

Détecteur crépusculaire intégrable
Source : www.canac.ca

Détecteur crépusculaire expos
Source : www.energical.com

Horloge programmable numérique
Source : www.batiproduits.com

Horloge programmable mécanique
Source : www.topelec.fr

VI. COMMANDE DE L'ECLAIRAGE SUR DEMANDE

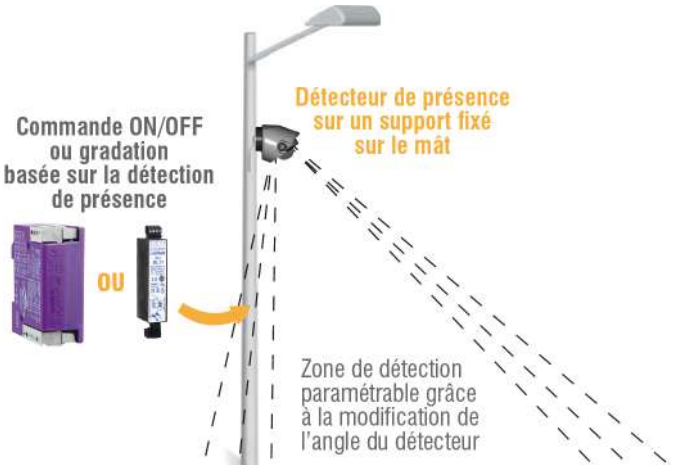
Allumer et éteindre des lampadaires selon le besoin réel est une mesure excellente afin d'économiser la consommation énergétique. Néanmoins, les divers systèmes ne sont pas également adaptés à cette technologie en évolution rapide. Elle est particulièrement intéressante pour les espaces publics utilisés peu fréquemment, comme des toilettes publiques, points publics de collecte des déchets, routes rurales peu fréquentées. Pour les espaces avec une sensibilité à la sécurité élevée, elle est déconseillée (par exemple pour les routes fréquentées, les espaces de circulation routière ou piétonne importants, et les espaces qui demandent une surveillance pendant toute la nuit).

Trois stratégies possibles existent :

1) **Programmer les horaires d'allumage et/ou de réduction d'intensité d'éclairage**. Pour un système avec illumination diminuée, il est nécessaire d'installer des lampes graduables ou deux lampes non-graduables par lampadaire.

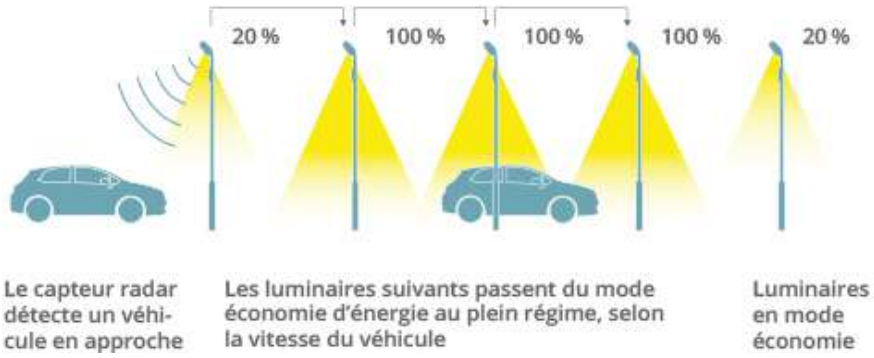
2) Allumage des lampadaires individuels géré par des **détecteurs de mouvement ou détecteurs de présence** et avec un délai d'extinction programmable.

3) Combinaison entre **allumage programmé, fonction de lumière naturelle et/ou détection de mouvement.** Cette option peut être utile par exemple si on souhaite diminuer l'intensité d'éclairage durant la nuit ou uniquement sur demande.



Il est intéressant d'intégrer des détecteurs de mouvement ou détecteurs de présence dans les systèmes d'éclairage branchés au réseau public mais cela dépend fortement du type de luminaire utilisé. Des interruptions irrégulières sont facilement possibles avec des luminaires LED. Les lampes sodium à haute pression, utilisées souvent pour les lampadaires routiers et espaces publics, nécessitent une décharge assez régulière. En conséquence, les horloges programmables sont conseillées pour régler les heures de fonctionnement. En revanche, ne sont pas conseillées les détecteurs de mouvement.

Détecteur de présence sur un mat d'un lampadaire
Source : www.selux.com



Exemple de mode de fonctionnement d'un système d'éclairage routier intelligente avec des détecteurs de mouvement
Source www.effestrada.ch

En revanche, concernant les systèmes d'éclairage solaires isolés, un cycle de consommation régulier et homogène est idéal. Une décharge des batteries inégale à cause des interruptions erratiques entraîne leur dégradation rapide et la nécessité de les remplacer avant la fin de leur durée de vie normale. Par conséquent, les mesures visant à interrompre la durée d'éclairage nocturne de ces systèmes ne conviennent que dans une mesure limitée. Pour les systèmes solaires, sont faisables les interruptions régulières de longue durée, à gérer à travers des horloges astronomiques programmables. Des détecteurs de mouvement sont uniquement conseillés pour les petits projecteurs isolés.

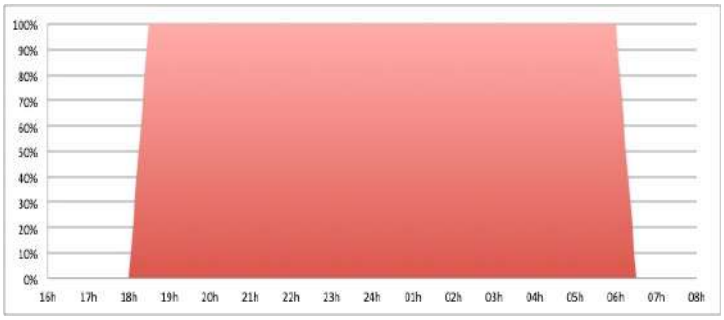
Pilotage d'éclairage intelligent

Paramétrer le réseau d'éclairage public est plus facile avec un **système informatisé de gestion centralisé**. Parmi d'autres fonctions, ce système permet normalement :

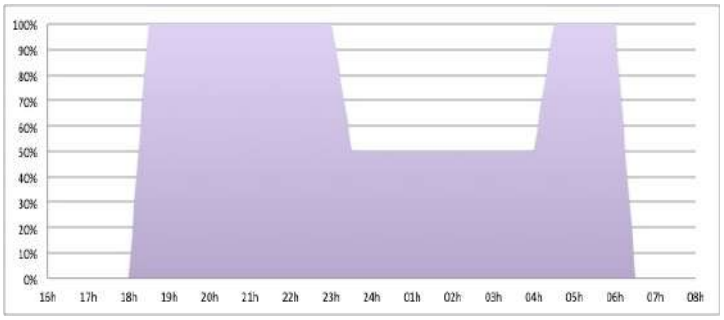
a) le ré-paramétrage facile et rapide de l'ensemble ou de certaines parties du réseau, par exemple pendant des événements extraordinaires qui demandent une adaptation temporaire de la durée d'éclairage dans une zone de la Commune
b) la détection précise des pannes et des dysfonctionnements au niveau des points lumineux et des armoires électriques
c) le suivi de consommation d'énergie par le réseau d'éclairage
d) la liaison du fonctionnement du réseau avec les conditions climatiques et le volume de trafic
e) la gestion des matériels et des ressources humaines liés à la maintenance du réseau

Un tel système consiste à avoir contrôleurs intégrés dans les armoires électriques avec une liaison aux points lumineux ou des contrôleurs individuels intégrés dans les points lumineux eux-mêmes. Les contrôleurs communiquent avec le poste de télégestion (un ordinateur, une tablette ou un Smartphone) via un réseau sans fil, par exemple WIFI ou radio.

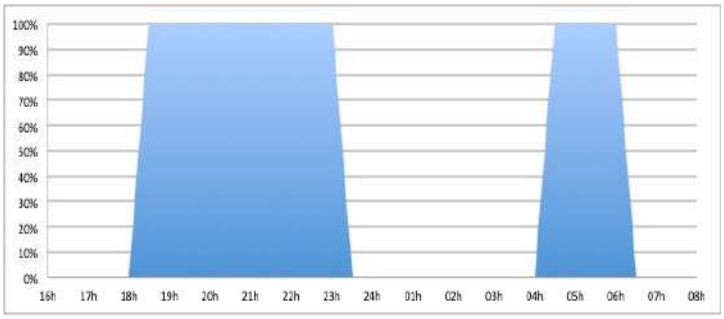
Les diagrammes ci-dessous montrent les heures et l'intensité de fonctionnement de quatre systèmes de l'éclairage public en pourcentage entre 16h et 8h :



Consommation classique de l'éclairage public sans mesures d'économie : Allumage à la tombée de la nuit et extinction au lever du soleil. La consommation est de 100% pendant toute la nuit.
Lieux préférés d'utilisation : Routes fréquentées et espaces publics sensibles à la sécurité.



Réduction de l'intensité d'éclairage pendant les heures peu fréquentées des espaces éclairés. Cette mesure demande des lampadaires avec deux lampes ou des lampes graduables. Le coût initial d'un tel système est donc plus élevé que les systèmes classiques. Economie de 20% à 30% possible.
Lieux préférés d'utilisation : Espaces publics, routes rurales hors des agglomérations, zones piétonnes, stations de train, …



Extinction d'éclairage public pendant les heures de repose nocturne usuel. Economie de 35% à 45% possible. Système adapté aux réseaux solaires et réseaux branchés au réseau d'électricité public.
Lieux préférés d'utilisation : Espaces publics peu fréquentés en dehors des agglomérations principales.

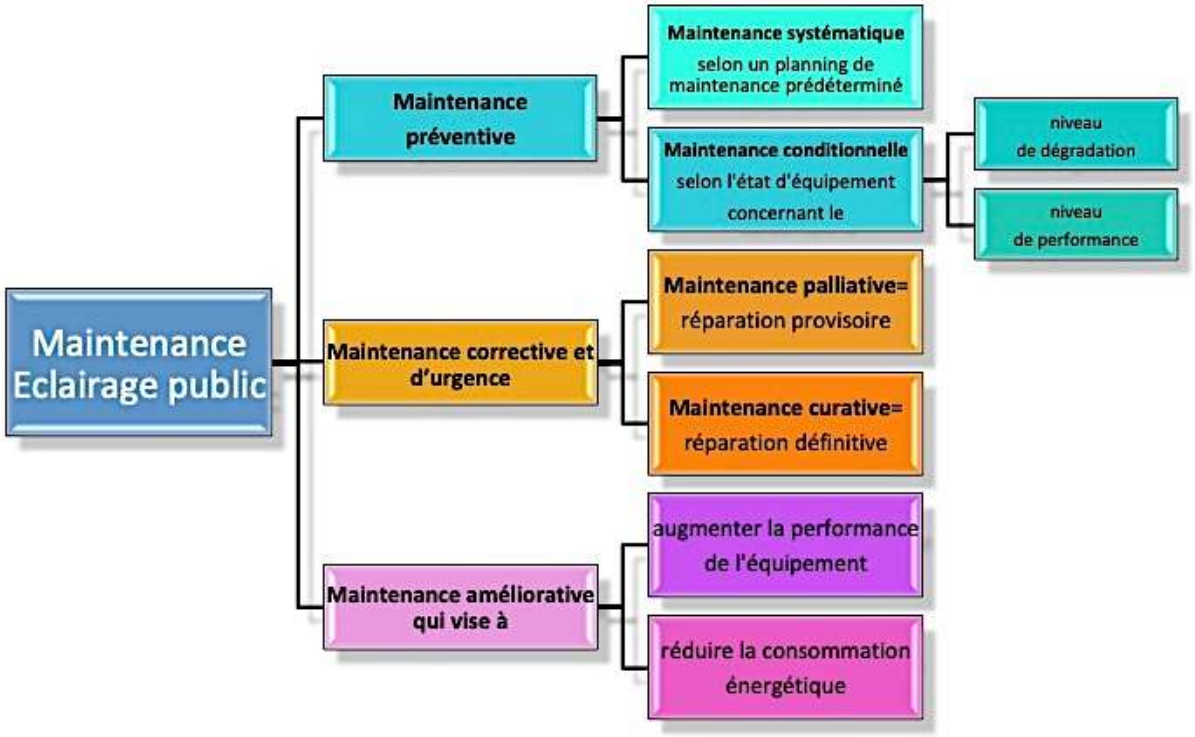
Exemple de la consommation énergétique d'un réseau de lampadaires LED gérés par des détecteurs de mouvement avec désactivation retardée. L'installation est plus coûteuse qu'un système classique mais une économie de plus que 75% est possible.
Lieux préférés d'utilisation : Espaces publics et routes rurales peu fréquentées et branchés sur le réseau d'électricité public

Recommandation : Pour déterminer les fréquences d'utilisation pendant la journée des rues et des zones publiques, un recensement de circulation est souhaitable. Sur cette base, la Commune pourra prendre une décision objective sur la durée d'allumage d'un réseau d'éclairage public. Alternativement, le paramétrage est possible avec un système centralisé de gestion du réseau avec des capteurs radar installés sur les routes et zones les plus fréquentées.

VII. MAINTENANCE DE L'ECLAIRAGE PUBLIC

Chaque réseau d'éclairage nécessite des travaux d'entretien pour garantir sa fonctionnalité à tout moment. Sinon, la performance des installations d'éclairage public diminue, et il en résulte un affaiblissement de la qualité d'éclairage ainsi que des inconvénients et risques potentiels liés (réduction de la fréquentation des espaces publics, accidents, sécurité réduite, etc.).

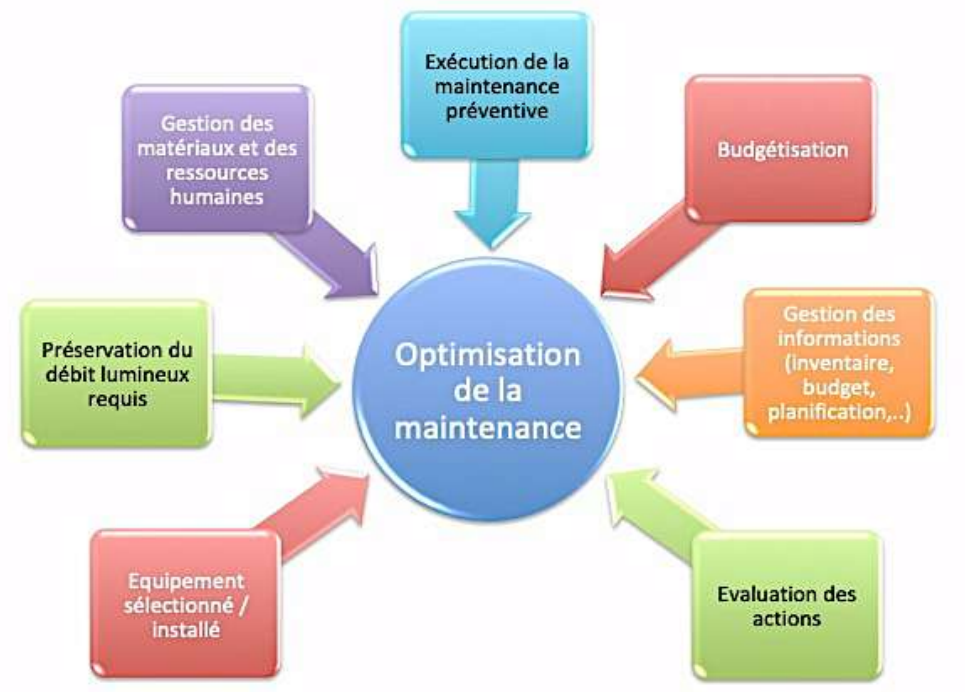
Généralement la maintenance est exécutée en amont ou en aval d'une défaillance. Trois types de maintenance existent :



En général, sont essentiels pour assurer la bonne performance des installations éclairage public :

- Les Ressources Humaines appropriées / la main d'œuvre formée
- Les véhicules de transport et de travail
- L'outillage approprié
- Le nettoyage régulier des appareils
- Le changement des ampoules, des lampes et des équipements obsolètes ou endommagés
- Le contrôle de la conformité des installations
- Un manuel d'entretien et de maintenance (soit uniquement pour l'éclairage public, soit pour l'ensemble des biens de la Commune)
- La vérification régulière des installations à travers des fiches de vérification (check-lists)
- la mise à jour des plans des réseaux et de l'inventaire des équipements.

L'optimisation de la maintenance dépend de plusieurs facteurs qui ont un impact sur la performance, la longévité, les coûts de réalisation et les frais de fonctionnement des installations d'éclairage public. Ces facteurs sont :



a) Equipement sélectionné / installé

Le choix des composantes d'une installation éclairage public a un impact significatif sur les coûts d'installation et les frais de fonctionnement du système ainsi que sur la longévité et la complexité de maintenance du système. Le concepteur du système doit veiller à un bon rapport qualité-prix en tenant compte de certains facteurs spécifiques aux lieux d'installation, comme par exemple :

- Conditions climatiques (températures, pluviométrie, humidité, vents, etc.)
- Présence de facteurs nuisibles (air marin agressif, poussière, émissions, vandalisme, etc.)
- Présence de végétation

Il est recommandé d'intégrer l'accessibilité et la simplicité dans la conception pour une maintenance plus efficace, plus rapide et moins chère. Les caractéristiques qui facilitent la maintenance sont définies comme suit :

- Un indice de protection convenable réduisant le taux d'encrassement des luminaires
- Un mode d'ouverture et de fermeture rapide
- Une conception et forme adéquate de l'appareillage facile à démonter et manipuler : une vasque en verre se nettoie mieux qu'une autre en polycarbonate
- Une gestion centralisée informatisée des réseaux d'éclairage public avec une liaison entre chaque point lumineux et le système de gestion.

Les luminaires LED nécessitent une maintenance réduite sur la source. Mais la surface éclairage et le dessus du capot requièrent un nettoyage fréquent.

b) Préservation du débit lumineux requis

La fonctionnalité du système doit toujours être garantie, en particulier aux endroits où la sécurité est un facteur important. Les considérations budgétaires ne doivent pas servir d'excuse à la négligence.

c) Gestion de matériel et des Ressources Humaines

Les activités de maintenance de l'éclairage public sont uniquement possibles si

- Le personnel formé pour effectuer la maintenance et les matériels appropriés sont disponibles (véhicules, outillages, équipement de diagnostic, etc.)
- La Commune assure une gestion efficace des matériaux et de la main d'œuvre impliquée
- Un stock des pièces de rechange existe (le cas échéant, veiller aux dates limites)

La Commune est tenue d'entretenir un parc municipal avec les lieux de stationnement des équipements, le stockage des matériaux et pièces de rechange ainsi qu'un bureau du responsable et des vestiaires et zones sanitaires. Les Ressources Humaines et les matériaux suivants sont essentiels pour la maintenance des systèmes s'éclairage public :

<table>
<tr><th colspan="2">Matériaux / Matériels</th><th colspan="2">Ressources humaines</th></tr>
<tr><th>Descriptif</th><th>Quantité</th><th>Descriptif</th><th>Quantité</th></tr>
<tr><td>Camion nacelle (ou camion échelle) ; Possibilité de partager cet équipement avec des Communes avoisinantes</td><td>1</td><td rowspan="3">Technicien supérieur (BAC+2) pour le diagnostique des systèmes ainsi que l'identification et planification des travaux requis</td><td rowspan="3">1</td></tr>
<tr><td>Camion de transport pour des déplacements</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Kit d'outillages électriques et de diagnostique des équipements électriques de bonne qualité</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Kit d'instruments de mesure pour déterminer la performance des systèmes</td><td>1</td><td rowspan="2">Technicien (BTS, BT, CAP) en génie électrique ou mécanique</td><td rowspan="2">1</td></tr>
<tr><td>Kit d'outillages mécanique d'une bonne qualité</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Stock de pièces de rechange électriques (ampoules, disjoncteurs, fusibles, batteries, régulateurs, horloges, capteurs, vasques, attache-câbles, etc.) et mécaniques (vis, boulons, etc.)</td><td>En quantité suffisante</td><td>Conducteur des engins et opérateur des équipements avec un permis de conduire en fonction des véhicules et certificat en fonction des équipements utilisés</td><td>1</td></tr>
</table>

Recommandation : **Gardez en stock une quantité minimale de pièces de rechanges pour éviter une pénurie. En cas d'incertitude sur les quantités, veuillez vous renseigner à la STEG, le service technique régional du Gouvernorat ou des Communes avoisinantes. Approvisionnez le stock à temps !**

d) Exécution de la Maintenance préventive

La maintenance des réseaux d'éclairage public doit être une priorité pour la commune. Elle est responsable de la planification et de la mise en œuvre des travaux de maintenance préventive qui est la solution la plus efficace pour garantir le bon fonctionnement des réseaux d'éclairage. Pour cela, il faut garder un **manuel d'entretien et de maintenance** avec une planification prédéfinie (calendrier) des activités de maintenance préventive.

Pendant l'exécution du diagnostic et des travaux de la maintenance, il faut veiller à la sécurité des travailleurs. Il est essentiel que les procédures de sécurité soient observées rigoureusement et que le personnel chargé des activités soit protégé par des équipements de protection efficace.

Recommandation : **Si la commune ne dispose pas de la main d'œuvre ou des équipements adéquats pour effectuer la maintenance préventive, elle peut engager un prestataire pour ces activités, de préférence à travers d'un contrat-cadre, qui peut également couvrir la fourniture de pièces de rechange.**

e) Budgétisation

La Commune doit approuver un budget annuel dans lequel doivent obligatoirement figurer les frais liés au fonctionnement et la maintenance des réseaux d'éclairage public. Ces frais doivent être suffisants pour financer toutes les activités nécessaires pour entretenir et améliorer les installations mais aussi payer les factures d'électricité et/ou des prestations liées. La budgétisation doit être en harmonie avec le planning annuel des activités et des dépenses qui concernent l'éclairage public. Durant la phase nécessaire de budgétisation (annuel ou pluriannuel), il faut prendre en considération:

- Coûts de fonctionnement et amortissement des installations d'éclairage public, notamment les frais d'électricité en cas de branchement au réseau STEG
- Coûts de fonctionnement et d'amortissement des véhicules et des équipements utilisés, principalement pour la maintenance des réseaux d'éclairage public (par exemple camion nacelle), et notamment le carburant requis et la maintenance des équipements
- Coûts d'investissements dans les réseaux d'éclairage public (extensions, améliorations, remplacements et dans les équipements de maintenance du réseau (véhicules, engins, outillages, vêtements de protection, etc.)
- Coûts des réparations à cause des accidents, vandalisme ou similaire

- Coûts de réapprovisionnement du stock des pièces de rechange et des matériels (fournitures)
- Coûts d'entretien de la végétation à proximité des points lumineux
- Coûts de personnel de la Commune impliqué principalement dans les activités de maintenance des réseaux d'éclairage public ou un calcul au prorata du temps alloué à ces activités
- Le cas échéant, les coûts liés à l'engagement des prestataires extérieurs / marchés cadres.

f) Gestion des informations

Tout d'abord, la Commune doit obligatoirement disposer d'un **inventaire** des points lumineux et des autres équipements qui est lié à un outil cartographique (plan physique, plan numérique, plan SIG ou similaire) de leurs lieux d'emplacement. Cet inventaire doit être consultable à tout moment et contenir les données essentielles pour faciliter la maintenance et l'amélioration des installations.

La Commune doit également faire une **planification** :

- Des activités de maintenance préventive selon un calendrier prédéterminé en utilisant les feuilles de vérification et des activités de maintenance curative selon les besoins actuels
- Des Ressources Humaines et des équipements nécessaires pour effectuer la maintenance
- Des dépenses annuelles prévues
- Du réapprovisionnement du stock des pièces de rechanges et des outillages de maintenance.

La Commune doit également assurer le **suivi** de statut :

- Des dépenses réalisées notamment par rapport au budget disponible
- De l'achèvement des travaux de maintenance selon la planification faite en comparaison avec les feuilles de vérification (numériquement mais aussi avec des listes de contrôles placées dans les armoires électriques des divers réseaux)

De plus, la Commune doit mettre en place des **procédures** claires et exhaustives pour la gestion des défaillances techniques et financières, y compris des mesures de rectification, mais aussi des procédures de sécurité des travailleurs qui sont très importantes pour les travaux en hauteur.

Pour les 4 aspects inventaire, planification, suivi et procédures, des applications numériques existent qui s'appellent **Système informatisé de gestion de la maintenance** (Computerized Maintenance Management System / CMMS) ou **Logiciel de gestion des biens de l'entreprise** (Enterprise Assest Management Software / EAMS). Très souvent, les applications offrent des autres fonctions utiles pour gérer les activités et les finances liées à la maintenance.

Recommandation : Si la Municipalité ne dispose pas d'un logiciel de gestion de la maintenance, utilisez des fonctions de rappel des logiciels fréquents ou des applications gratuites (par exemple : MS Outlook, Google Calendrier, Wunderlist, Google Agenda) pour la planification des activités.

La nouvelle génération des réseaux d'´éclairage public utilise un système de gestion informatisé.

g) Evaluation des actions

Afin d'améliorer les activités et procédures qui concernent la maintenance, une évaluation régulière est nécessaire. Cette évaluation est habituellement faite à travers une liste de vérification du succès, d'efficacité et de coûts des actions.

Ensuite, la planification, la gestion et la budgétisation des activités de maintenance seront améliorées selon les leçons tirées de l'évaluation.

Recommandation : Comme les points lumineux d'une Commune sont normalement éparpillés, il est avantageux d'impliquer la population dans la collecte des informations concernant les défaillances des réseaux d'éclairage public. Pour cela, la Commune peut placer des autocollants ou des adhésifs sur les mâts des points lumineux et les armoires électriques avec des numéros de téléphone pour contacter la Commune en cas des pannes mais aussi pour reporter le vandalisme ou des vols. L'image ci-dessous est un exemple d'un tel autocollant :

VIII. LUTTE CONTRE LA POLLUTION LUMINEUSE

Le halo lumineux au-dessus d'une ville ou d'un village est un premier signe permettant de localiser une pollution lumineuse. La pollution lumineuse peut se caractériser par :

- Un éclairage artificiel, brisant l'alternance entre le jour et la nuit, perturbant ainsi tout un écosystème avec des conséquences non négligeables sur le vivant
- Une lumière artificielle, mal orientée, souvent dirigée vers le ciel, non concentrée sur la zone à éclairer, ne rabattant pas convenablement le rayonnement vers le sol
- Une lumière intrusive, débordant vers des zones inutilement éclairées (façades de bâtiments, intérieurs des bâtiments et en particulier les logements…)
- Une lumière éblouissante, préjudiciable aux conducteurs
- Un sur-éclairage (puissance des lampes et éclairage inadaptés aux besoins)
- Un gaspillage énergétique.

VIII.1 Impacts de la pollution lumineuse

La pollution lumineuse a un impact sur :

- Le vivant (faune-flore-santé humaine)
- Les ressources énergétiques (gaspillage énergétique) et donc l'environnement en général

a) Impact sur la faune et la flore

L'environnement nocturne est essentiel pour toutes les espèces, notamment parce qu'il contribue à leur bon fonctionnement physiologique et à leur rythme biologique. L'environnement nocturne constitue presque un écosystème à part entière. Il est un habitat, une ressource, une condition de vie ou de survie. En effet, la plupart des espèces animales sont nocturnes et ont besoin du noir pour s'alimenter, se reproduire et se reposer.

La lumière a deux effets impactant majeurs :

- Un pouvoir attractif : elle attire certaines espèces animales et les désoriente (souvent vers des zones dangereuses comme les routes fréquentées)
- Un effet répulsif en créant une barrière artificielle et morcelant ainsi certains habitats naturels

Les insectes sont attirés par la lumière, ils tournent autour, meurent d'épuisement, finissent par griller par la chaleur de la lampe ou deviennent une proie facile pour les prédateurs tels que les chauves-souris et les oiseaux.

Les Chiroptères (chauves-souris) sont les mammifères qui semblent les plus affectés par la pollution lumineuse. Certaines espèces sont repoussées par l'éclairage ; c'est notamment le cas du petit rhinolophe. D'autres, au contraire se retrouvent en compétition alimentaire autour des luminaires qui

attirent les insectes. Ce phénomène génère des exclusions et la disparition localisées de certaines espèces.

b) Impact sur la santé humaine

L'homme est un être diurne, qui a un rythme biologique bien défini : actif le jour et se reposant la nuit. La nuit est un moment particulièrement important, car nous synthétisons alors de la mélatonine, hormone régulant d'autres hormones, le système immunitaire, la protection des cellules (antioxydant aux propriétés anticancéreuses), mais aussi surtout notre rythme biologique, plus communément appelé « horloge interne ».

La sécrétion débute en moyenne 2-3 heures avant l'heure du coucher (responsable d'une sensation de fatigue, de froid : prélude du sommeil), s'élève durant la nuit (entre 1 heure et 5 heures) et redevient plus basse, 2-3 heures après le réveil.

La lumière a un effet inhibiteur sur cette sécrétion, perturbant les rythmes de l'organisme et toutes les fonctions liées, provoquant par exemple des troubles du sommeil.

c) Impact sur nos ressources énergétiques

Le fonctionnement de cet éclairage nécessite de l'électricité, principalement produite à partir d'énergies fossiles (charbon, gaz, fioul). L'utilisation de ces énergies n'est pas sans conséquences pour l'environnement : émissions de CO2 et dérèglements climatiques liés.

L'éclairage public contribue également à l'appel de puissance hivernal (besoin d'éclairage principalement en hiver) et donc à l'émission de dioxyde de carbone par la mise en route de centrales thermiques à flamme (charbon, fioul, gaz). Il convient de maîtriser ces consommations électriques en évitant les lumières inutiles, surpuissantes ou inadaptées.

d) Impact économique

L'éclairage public pèse aussi de plus en plus sur la facture énergétique d'une Commune. Il représente 50 % de sa consommation d'électricité et environ 20 % de son budget énergie. C'est donc un secteur intéressant, sur lequel il vaut la peine de se pencher pour réaliser des économies d'énergie. Chaque action a son importance pour réduire le gaspillage énergétique, faire face à l'épuisement des ressources, lutter contre le changement climatique, anticiper l'augmentation du coût de l'énergie.

VIII.2 Les solutions pour diminuer la pollution lumineuse

Pour diminuer la pollution lumineuse, il faut adapter l'éclairage aux usagers et besoins réels. En effet la consultation du plan d'éclairage public de la Commune et une visite sur le terrain vont permettre de :

- Cerner les mauvais luminaires à remplacer (mauvaise orientation, émissions au-dessus de l'horizontal)

- Repérer les lampes énergivores (par exemple les lampes à vapeur de mercure) ayant un mauvais rendement et une faible efficacité lumineuse
- Identifier le nombre de lampes blanches et oranges (les lampes blanches par rapport aux jaunes multiplient par deux à la fois l'impact sur l'observation des étoiles et sur le vivant) ; Néanmoins, il faudra harmoniser la couleur des lampes par zone (notamment pour les routes) et prendre en considération l'efficacité énergétique des luminaires
- Localiser les éclairages surpuissants et éblouissants, donc non adaptés à la situation
- Connaître le nombre de kilomètres et les différents types de voies éclairées.

Ainsi, après avoir pris connaissance de son patrimoine, la Commune pourra réduire la puissance des lampes en fonction des besoins, mettre des lampes plutôt orange (car elles attirent moins les insectes et engendrent moins de pollution lumineuse), remplacer les mauvais luminaires en les remplaçant par d'autres plus performants (bonne orientation, aucune émission au-dessus de l'horizontal).

ANNEXE 1 : DIMENSIONNEMENT ET IMPLANTATION ECLAIRAGE DE ROUTES

Cette partie est intéressante pour les cadres techniques des Communes et les Bureau d'études ou Ingénieurs conseils impliqués dans la planification et l'amélioration des réseaux d'éclairage public.

Types d'implantation sur l'espace public

Pour identifier l'implantation appropriée à un espace public, il est primordial de tenir compte des paramètres suivants,

- L: largeur de la chaussée à éclairer
- a : avancement du feu par rapport au bord de la chaussée
- h : hauteur du feu
- e : espacement entre deux foyers lumineux

Il existe 4 types principaux d'implantation des points lumineux dans l'éclairage public.

a) Implantation unilatérale (gauche ou droite)

Dans ce type d'implantation, tous les luminaires sont implantés sur un seul côté de la route. On l'utilise principalement lorsque la largeur de la route est inférieure ou égale à la hauteur des candélabres. La luminance de la partie de la chaussée située loin des luminaires est inévitablement plus faible que celle située du même côté. Ce type d'installation est habituellement utilisé pour l'éclairage d'une route constituant une chaussée simple à double sens de circulation.

b) Implantation bilatérale en quinquonce

Dans ce type d'implantation, les luminaires sont situés de chaque côté de la route, en implantation alternée (ou zigzag). On l'utilise principalement lorsque la largeur de la route est comprise entre 1 et 1,5 fois la hauteur des candélabres. Un soin particulier devra être apporté à l'uniformité des luminances de la chaussée. En effet, l'alternance de zones sombres puis éclairées peut produire un effet 'zigzag' désagréable. Ce type d'installation est habituellement utilisé pour une route constituant une chaussée simple à double sens de circulation.

c) Implantation bilatérale vis-à-vis

Ce type d'implantation est caractérisé par des luminaires implantés des deux côtés de la route et en opposition. On l'utilise principalement lorsque la largeur de la route est supérieure à 15 fois la hauteur des candélabres. Ce type d'installation est habituellement utilisé pour une route constituant une chaussée simple à double sens de circulation

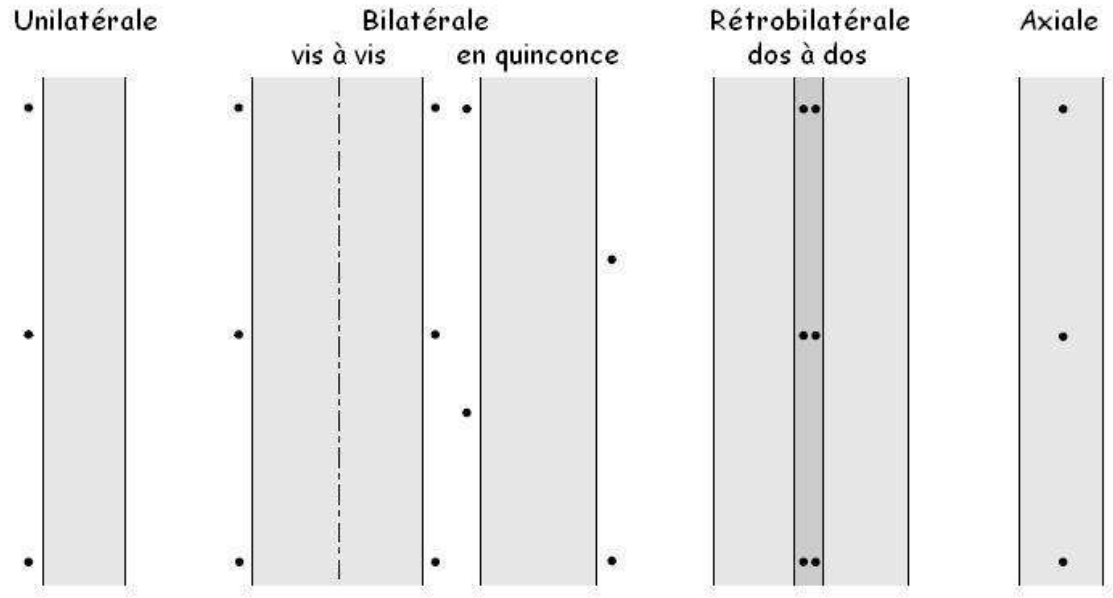
d) Implantation axiale (rétro-bilatérale)

Les luminaires sont implantés au-dessus de la zone centrale. Cette solution équivaut à une installation

unilatérale pour chaque chaussée individuelle.

Le Tableau suivant synthétise les principaux types d'implantation des points lumineux en fonction de la hauteur des feux et la largeur de la chaussée.

Type d'implantation recommandé	Rapport entre h et L	Type de chaussée	Observations
Implantation unilatérale	L ≤ h	Chaussée simple à double sens de circulation	La luminance de la partie de la chaussée située loin des luminaires est plus faible que celle située du même côté
Implantation bilatérale en quinquonce	H < L ≤ 1,5 h		Un soin particulier doit être apporté à l'uniformité de luminance de la chaussée
Implantation bilatérale vis-à-vis	1,5 < h		
Implantation axiale (rétro-bilatérale)	L ≤ h	Chaussée double à deux sens de circulation	



Calcul des inter-distances et hauteurs de feu

Les hauteurs de feux sont à préciser sur la base d'une étude photométrique lors du choix du matériel. Les distances inter-luminaires nommées inter-distances dépendent également de la hauteur du feu.

Ordres de grandeur possibles :

- La largeur de la chaussée (L) peut être égale à la hauteur de feux (H). Donc L = H
- L'inter-distance est comprise entre 3,5 x H et 4 x H.

Il est à noter que certains luminaires LED permettent d'atteindre des inter-distances allant jusqu'à 6 fois la hauteur de feux, ce qui contribue à la diminution du nombre de points lumineux et par conséquent ce qui réduit les frais d'exploitation, de maintenance et de la facture énergétique.

Moderniser l'éclairage routier

Note sur le remplacement des anciennes lampes par des LED pour l'éclairage routier

Si la Commune envisage de remplacer les anciennes lampes avec des LED afin de réduire la consommation électrique, elle doit prendre en compte les aspects suivants :

a) La puissance des lampes à LED dépend de la distance entre chaque luminaire, la hauteur d'installation, le volume de trafic maximal ainsi que le type de revêtement de la route

b) La faisabilité du remplacement est largement due à la longévité des LED. La durée de vie dépend à son tour des facteurs suivants :
   - Qualité de la lampe à LED
   - Gestion de la chaleur / dissipation thermique qui dépend de la qualité d'installation de la lampe et de la confection du luminaire
   - Alimentation électrique / tension de service

c) La température de couleur idéale de la lampe à LED est de 4000 Kelvin et l'indice de rendu des couleurs (IRC) doit être supérieur à 60

d) La modularité du système : Est-ce que la lampe à LED peut être remplacée séparément ou est-ce qu'elle est intégrée au luminaire sans possibilité de là retirer?

e) La disponibilité des pièces de recharge et existence d'un réseau de service après-vente local ou régional

f) La garantie sur le système du fabriquant ainsi que du vendeur et de l'installateur

g) La nécessité d'assurer la compatibilité de la lampe avec les régulateurs variateurs de puissance, le courant de démarrage et la tension d'alimentation (230V, 24V, 12V,…)

h) La nécessité de veiller à une protection de surtension (sensibilité ≥ 4 kV, 10 kA)

Dans les spécifications techniques, il faut mentionner au minimum :

- La puissance électrique
- L'efficacité lumineuse
- La température de couleur et l'indice de rendu des couleurs de la lampe à LED (normalement 3000 Kelvin ou 4000 Kelvin)

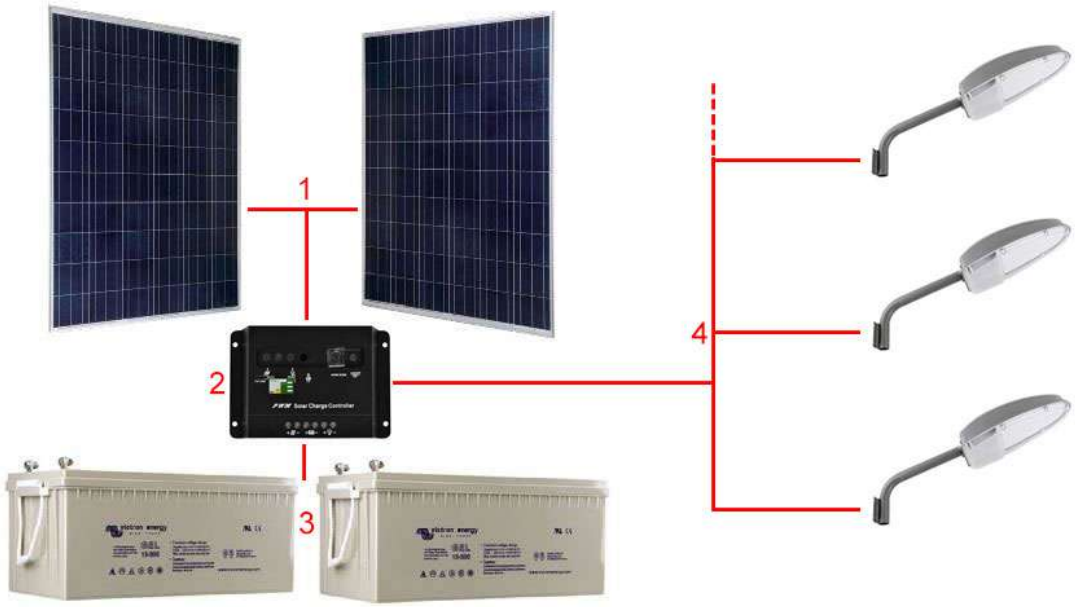
- La durée de vie minimale (pour les LED normalement 35.000 heures de fonctionnement)
- La substituabilité et contrôlabilité de l'installation
- Les instructions de montage
- La certification de la lampe à LED, par exemple par le Centre Technique des Industries Mécaniques et Electriques (CETIME) ou selon les Normes européennes ainsi qu'une certification de performance.

ANNEXE 2 : COMPOSANTES DES DIVERS RESEAUX

Système 1 : Lampadaire solaire isolé

Exemple d'une solution complète avec batterie et régulateur dans la boîte métallique ventilée, panneau photovoltaïque et lampadaire pourvu d'une ampoule LED
Source : www.studylibfr.com

Système 2 : Réseau solaire isolé



Légende :

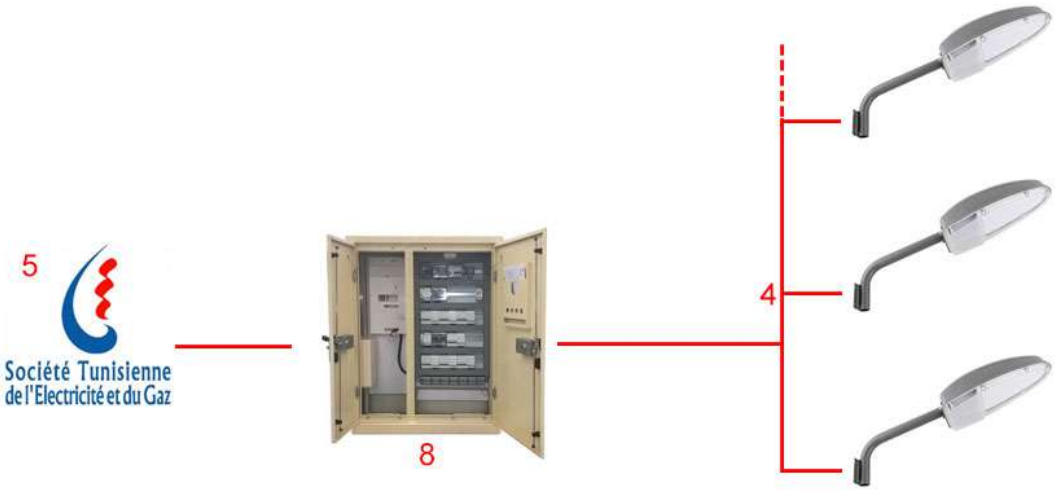
1= Panneau photovoltaïque	*2= Régulateur avec détecteur crépusculaire*	*3= Batterie*	*4= Lampadaires*

Système 3 : Réseau hybride avec système solaire et réseau public

Légende :

1= Panneau photovoltaïque *3= Batterie* *4= Lampadaires*
5= Réseau public (STEG) *6= Onduleur-régulateur* *7= Détecteur crépusculaire ou interrupteur horaire*
8= Armoire de commande avec compteur et équipement de gestion d'allumage et d'extinction

Système 4 : Réseau public

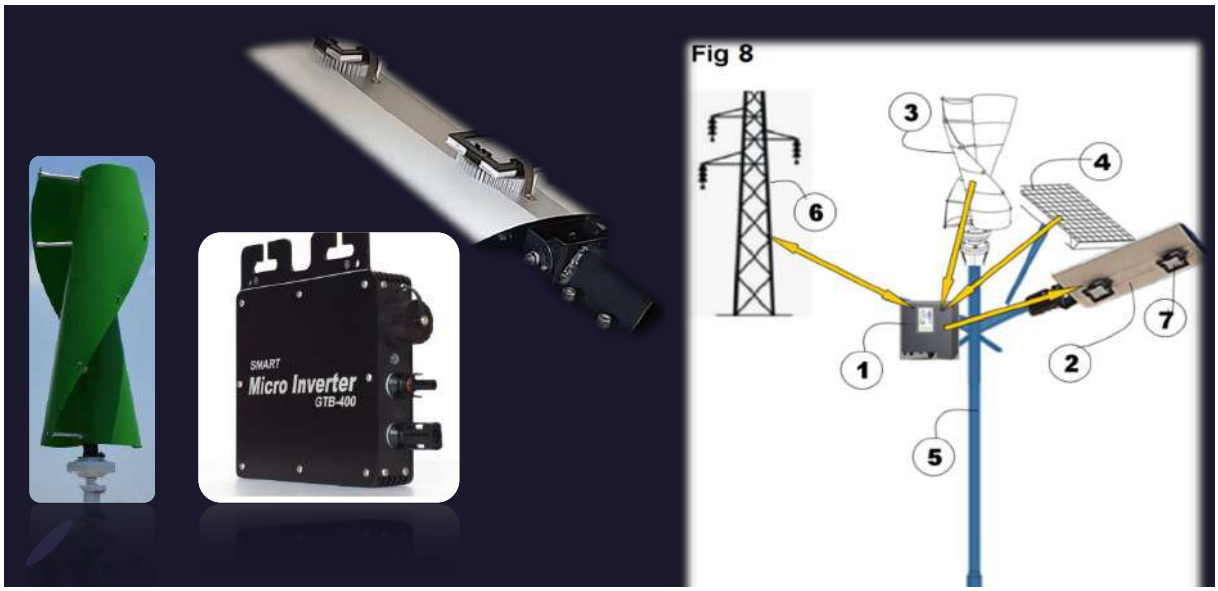


Légende :

4= Lampadaires *5= Réseau public (STEG)*
8= Armoire de commande avec compteur et équipement de gestion d'allumage et d'extinction

Système 5 : Réseau hybride avec système solaire, éolien et réseau public

Ce système utilise deux technologies d'énergie renouvelable (photovoltaïque et éolienne) et permet de vendre le surplus d'énergie à la STEG au lieu d'utiliser des batteries coûteuses qui doivent être remplacées après quelques années. Grâce à un logiciel de suivi et de commande, ce système permet une gestion intelligente du réseau.



Source : Hakim Technologies Sfax ; www.hakimtechnologie.com

Légende :

1= Carte intelligente	*3= Éolienne*	*5= Poteau d'éclairage*	*7= Module LED*
2= Foyer LED	*4= Panneau photovoltaïque*	*6= Réseau distribution STEG*	

ANNEXE 3 : CARACTERISTIQUE DES LUMINAIRES PRINCIPAUX UTILISES EN ECLAIRAGE PUBLIC

Type de lampes	Efficacité lumineuse Lampe + ballast électronique	Température de couleur	IRC	Durée de vie économique	Applications courantes
Vapeur de sodium Haute pression 50 à 1 000 W	58 à 131	2 000 à 2 150	20 à 65	9 000 à 24 000	Urbain, routier, grands espaces, illuminations
Iodures métalliques à brûleur céramique Mococulot G8.5, G12, G22, E27, E40 35 à 250 W	69 à 92	3 000 à 4 200	> 80	6 000 à 12 000	Illuminations, parcs et jardins, résidentiel, espaces piétonniers
Double culot 70 à 250 W	83 à 91	3 000 à 4 200	> 80	9 000 à 12 000	
Iodures métalliques nouvelle génération 45, 60, 90 et 140 W	84 à 111	2 850 à 3 000	65 à 70	16 000	Urbain, espaces piétonniers
Fluorescence À culot à broches avec alimentation électronique séparée 5 à 120 W	50 à 87	2 700 à 4 000	80 à 98	8 000 à 15 000	Tunnels, passages souterrains, ponts
Haut rendement Ø 26 mm (T8) rectiligne ou circulaire 15 à 58 W	65 à 98	2 700 à 5 400	80 à 98	12 000 à 66 000	
Électronique Ø 16 mm (T5) rectiligne ou circulaire 14 à 80 W	75 à 104	3 000 à 8 000	85 à 98	18 000	
À induction 55, 85 et 165 W	65 à 74	2 700, 3 000, 4 000	> 80	60 000	Tunnels, espaces piétonniers
LED de puissance pour l'éclairage extérieur	70 à 95	3 000 à 4 500	> 65	35 000 à 50 000	Voies résidentielles, urbaines, routières
LED de puissance pour l'éclairage extérieur à haut IRC	50 à 85	3 000 à 4 500	> 80	20 000 à 50 000	Parcs et jardins, espaces piétonniers, voies résidentielles et urbaines, places

Température de couleur en Kelvin

IRC= indice de rendu de couleur (exactitude des couleurs : 100% = parfait)

Source : www.syndicat-eclairage.com

ANNEXE 4 : CHECK-LISTE DE MAINTENANCE

Feuille de vérification semestrielle d'un réseau d'éclairage public

N°	Descriptif	Vérifier par ordre [1)]	Priorité [2)]	N° inventaire / lieux (par ex. PL16, devant lycée)	Observations (nature de panne, besoins particuliers, descriptif des pièces,..)
1	**Documentation / Procédures**				
1.1	Présence du manuel d'entretien et de maintenance				En cas d'absence, demander à nouveau
1.2	Présence d'un inventaire actualisé de l'ensemble des réseaux d'éclairage public				Actualisation après chaque intervention / extension et vérification annuelle
1.3	Présence des plans, des schémas et des fiches techniques des réseaux d'éclairage public				Actualisation des plans et des schémas après chaque intervention / extension
1.4	Planification actualisée des tâches de maintenance / mise à jour effectuée				Mise à jour de la planification chaque année
1.5	Numéros de téléphone actualisés pour dépannage, renseignements, etc.				Actualisation après chaque changement
1.6	Paiement des factures effectué (STEG, fournisseurs, prestataires, etc.)				Acquitter les factures non-payés
2	**Equipement / Stock**				
2.1	Présence et fonctionnalité des outillages et de l'équipement de diagnostic				Ajout, remplacement, réparation conforme et notamment après chaque intervention / extension
2.2	Présence et fonctionnalité des véhicules et engins requis				
2.3	Présence d'un stock suffisant des pièces de rechanges non-expirées / Réapprovisionnement fait				Réapprovisionnement et remplacement comme nécessaire
3	**Propreté des équipements**				
3.1	Nettoyage et dépoussiérage des armoires, notamment de ses grilles de ventilation (toiles d'araignées, termites, nids de guêpes, feuilles, etc.), y compris alentours directs de l'armoire				
3.2	Nettoyage et dépoussiérage des vasques, panneaux solaires, boîtiers, etc. (Poussière, résidus calcaires, toiles d'araignées, nids d'oiseaux et de guêpes, feuilles, fèces animales etc.)				
3.3	Enlever des affiches clandestines et des graffiti des armoires électriques et des supports des points lumineux				

[1)] En absence de problèmes, ajoutez un √ ou ok, en cas des insuffisances, ajoutez X ou erreur

[2)] Ajouter la priorité selon un code A = urgent / B = très important / C = important / D = mois important

N°	Descriptif	Vérifier	Priorité	N° inventaire / lieux	Observations
4	**Travaux mécaniques**				
4.1	Vérification de l'état des armoires électriques (enveloppe avec son étanchéité et peinture, portes avec ses serrures, poignées et paumelles / articulations, socle, fixations, supports, crochets, positionnement hors des zones inondables, etc.)				Réparation ou remplacement des équipements comme nécessaire
4.2	Vérification de l'état des vasques, crosses et supports des points lumineux (étanchéité, finition / corrosion, déformation, visserie, platines / boulons, crochets, trappes d'accès, etc.)				Réparation ou remplacement des équipements comme nécessaire
4.3	Vérification de la fixation des divers équipements (panneaux PV, boîtiers des batteries, capteurs, etc.)				Amélioration, si nécessaire
4.4	Contrôle de la présence dans les armoires électriques et sur les points lumineux de la signalisation réglementaire				Ajout ou remplacement de la signalisation manquante ou endommagée
4.5	Contrôle de la présence et actualisation des listes de vérifications dans les armoires électriques				Si nécessaire, réaffichage et actualisation
5	**Diagnostic / Travaux électriques**				
5.1	Vérification par photométrie (test) de l'uniformité et puissance de l'éclairement en utilisant de l'équipement de diagnostic approprié et selon la réglementation et les normes prescrites				Remplacer les lampes / ampoules faibles Correction des autres dysfonctionnements qui causent un éclairement faible
5.2	Vérification par test du bon fonctionnement des disjoncteurs, fusils, appareils de commande, contacteurs, sectionneurs, etc.) selon la réglementation et les normes prescrites				Remplacer tous les équipements trop âgés, endommagés ou fautifs
5.3	Vérification par teste de la tension du système et la protection contre la surintensité des circuits				Remplacement de tous les équipements fautifs ou endommagés
5.4	Vérification par test de la bonne programmation et configuration des appareils de commande automatique (horloges, détecteurs crépusculaires, etc.)				Ajuster la configuration et programmation, si nécessaire
5.5	Vérification de la mise à la terre des masses et de l'isolement et contrôle de la protection contre les contacts directs selon la réglementation et les normes prescrits				Si nécessaire, reconnexion et/ou remplacement des équipements endommagés / corrodés
5.6	Vérification de la bonne fixation et connexion de câblage				Si nécessaire, reconnexion et remplacement du câblage endommagé

Feuille de vérification technique à utiliser
à la réception d'un réseau neuf ou élargi d'éclairage public

N°	Descriptif	Vérifier par ordre	Observations
1	Remise à la Municipalité de la documentation technique complété (fiches techniques avec spécification, manuels, schémas techniques, plans), y compris informations requises pour l'achat futur des pièces de rechange (marque, type, puissance, calibrage, etc.)		
2	Conformité qualitative de l'installation avec les spécifications techniques dans les Cahiers des clauses techniques particulières du contrat (mode d'exécution, nature et section de câblage, types, caractéristiques des équipements, respect des normes, standards spécifiés, mise à la terre, etc.)		
3	Conformité quantitative de l'installation avec les devis quantitatifs du contrat (nombre d'équipements fournis, prestations fournies, etc.)		
4	Formation(s) tenues au profit du personnel technique de la Commune comme spécifiée(s) dans le contrat		
5	Vérification du bon fonctionnement effectué par l'entreprise et en présence des représentants désignés par la Commune		
6	Configuration / programmation du système de contrôle d'allumage et d'extinction automatique des réseaux effectuée		
7	Equilibrage des phases effectué		
8	En cas d'un système branché au réseau de la STEG : Co-signature par la STEG sur le Procès-verbal réception technique du système par la STEG Le cas échéant avec la vérification de réalisation de lever des réserves de la STEG sur l'installation		

ANNEXE 5 : LIENS INTERESSANTS CONCERNANT L'ECLAIRAGE PUBLIC

Installations Photovoltaïques (IPV)

Brochure « Eclairage public par l'énergie solaire en sites isolés" du projet «Solaire Citoyen»
De la GIZ en Tunisie (2017)
https://energypedia.info/images/1/18/Fiche_07_Eclairage_public_par_l'énergie_solaire_en_sites_isolés.pdf

Maintenance des installations d'éclairage public

Guide de maintenance de l'éclairage public du projet CoMun, soutenu par la Coopération technique de l'Allemagne en Maroc (2018)
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjAsO6w9vjlAhUFWBoKHU0xAlcQFjAAegQIBRAC&url=http%3A%2F%2Fcomun.net%2Fcms%2Fuploads%2Fd46e2b28456c4da9c82b7ef359b1f33a18b3f271%2F16.%2520Guide%2520Maintenance%2520de%2520l%27EP.pdf&usg=AOvVaw31cfovrID5IIV_c4068ehi

Pilotage intelligent de réseau d'éclairage public

Vidéo-présentation promotionnelle sur les solutions actuelles et futures concernant l'éclairage public

https://www.youtube.com/watch?v=rkRg5YF75W0

ANNEXE 6: DECRET 2006-432

MINISTERE DE L'INDUSTRIE, DE L'ENERGIE ET DES PETITES ET MOYENNES ENTREPRISES

NOMINATION

Par décret n° 2006-432 du 9 février 2006.

Monsieur Moujahed Hanachi, ingénieur des travaux, est chargé des fonctions de sous-directeur de l'environnement industriel à la direction générale des stratégies industrielles au ministère de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises.

Arrêté du ministre de l'intérieur et du développement local, de la ministre de l'équipement, de l'habitat et de l'aménagement du territoire et du ministre de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises du 9 février 2006, portant sur les spécifications techniques relatives à l'économie d'énergie lors de l'installation des réseaux d'éclairage public.

Le ministre de l'intérieur et du développement local, la ministre de l'équipement, de l'habitat et de l'aménagement du territoire et le ministre de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises,

Vu la loi organique n° 89-11 du 4 février 1989, relative aux conseils régionaux, et l'ensemble des textes qui l'ont modifiée ou complétée,

Vu la loi n° 75-33 du 14 mai 1975, portant promulgation de la loi organique des communes et l'ensemble des textes qui l'ont modifiée ou complétée,

Vu la loi n° 2004-72 du 2 août 2004, relative à la maîtrise de l'énergie et notamment son article 11,

Vu le décret n° 74-93 du 15 février 1974, fixant les attributions du ministère de l'équipement, tel que complété par le décret n° 92-248 du 3 février 1992,

Vu le décret n° 75-342 du 30 mai 1975, fixant les attributions du ministère de l'intérieur, tel que modifié par le décret n° 2001-1454 du 15 juin 2001,

Vu le décret n° 95-916 du 22 mai 1995, fixant les attributions du ministère de l'industrie,

Vu l'arrêté du ministre de l'économie nationale du 18 septembre 1993, fixant les modalités de prélèvement des échantillons prévues par la loi n° 92-117 du 7 décembre 1992, relative à la protection du consommateur.

Arrêtent:

Article premier.- Le présent arrêté fixe les spécifications techniques des équipements utilisés dans les réseaux d'éclairage public, aux fins d'économie d'énergie.

Ces équipements sont :

- les lampes,
- les luminaires,
- les régulateurs variateurs de puissance.

Art. 2. - Les lampes à vapeur de sodium à haute pression doivent être conformes aux normes européennes EN 60662.

En cas d'utilisation d'autres types de lampes, elles doivent avoir une efficacité lumineuse égale ou supérieure à celles des lampes à vapeur de sodium à haute pression et être conformes aux normes internationales en vigueur.

Art 3. - Les luminaires doivent être conformes aux normes tunisiennes suivantes :

- la norme tunisienne NT 87.28 = Luminaires-Partie 1-Prescriptions Générales et Essais.

- la norme tunisienne NT 87.31 = Luminaires- Règles particulières luminaires d'éclairage public.

Les luminaires doivent avoir un rendement supérieur ou égal à 60% et approuvé par un laboratoire indépendant habilité à cet effet, et ce, conformément aux dispositions de l'arrêté du ministre de l'économie nationale susvisé du 18 septembre 1993.

Art 4. - Un ou plusieurs régulateurs variateurs de puissance doivent être installés, selon les besoins, au point d'alimentation électrique du réseau d'éclairage public.

Les régulateurs variateurs de puissance doivent être conformes aux conditions suivantes :

- être conformes aux normes en vigueur,
- obtenir une attestation de conformité aux normes certifiant leurs performances énergétiques d'un laboratoire indépendant habilité à cet effet, et ce, conformément aux dispositions de l'arrêté du ministre de l'économie nationale susvisé du 18 septembre 1993,
- ne pas induire dans le réseau de la société tunisienne d'électricité et du gaz un taux d'harmoniques supérieur à 5%,
- assurer une économie d'énergie minimale de 30% à la réception,
- être équipés d'un tableau d'affichage numérique, d'un système d'alarme visuel et d'un système de by-pass automatique en cas de panne,
- assurer une régulation permanente et indépendante par phase,
- contrôler la tension de démarrage et passer de la tension nominale à la tension réduite en rampe douce et vice versa,
- accepter des tensions d'entrée jusqu'à 230 V ± 10% avec une variation de la tension de sortie à ± 2%.
- assurer un cos φ de 0,8 au minimum,
- être adaptés à tout type de lampes.

La puissance du variateur régulateur doit être adaptée à la puissance du réseau comme suit :

$$P=\frac{N(P_l+P_a)}{Cos\varphi}$$

Et on entend par :

P : Puissance du régulateur (kVA).

N : Nombre de lampes.

P_l : Puissance des lampes (kW).

P_a : Puissance des appareillages auxiliaires de type (kW).

Cos φ : Facteur de puissance (0.9 pour les sources lumineuses).

Une marge de sécurité pour d'éventuelles extensions du réseau doit être prévue.

Art. 5. - Le réseau d'éclairage public doit être muni d'un équipement permettant d'asservir l'allumage et l'extinction des foyers lumineux en fonction du niveau d'obscurité et de luminosité, et ce, notamment en utilisant des cellules photoélectriques ou des horloges programmables.

Art. 6. - La référence aux spécifications techniques relatives à l'économie d'énergie et la mention explicite de leur application sont obligatoires dans les cahiers des charges techniques relatifs aux réseaux d'éclairage public, passés par les établissements relevant du ministère de l'intérieur et du développement local et du ministère de l'équipement, de l'habitat et de l'aménagement du territoire.

Art. 7. - Le présent arrêté sera publié au Journal Officiel de la République Tunisienne.

Tunis le 9 février 2006.

Le ministre de l'intérieur et du développement local

Rafik Belhaj Kacem

Le ministre de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises

Afif Chelbi

La ministre de l'équipement, de l'habitat et de l'aménagement du territoire

Samira Khayech Belhaj

Vu

Le Premier ministre

Mohamed Ghannouchi

Arrêté des ministres de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises et du commerce et de l'artisanat du 9 février 2006, fixant la liste des produits d'importation à prix fluctuant.

Les ministres de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises et du commerce et de l'artisanat,

Vu le décret n° 2002-3158 du 17 décembre 2002, portant réglementation des marchés publics et notamment ses articles 134 et 135,

Sur proposition de la société tunisienne de sidérurgie « El Fouledh ».

Arrêtent :

Article unique : La liste des produits d'importation à prix fluctuant tels que prévus par les articles 134 et 135 du décret susvisé n° 2002-3158 du 17 décembre 2002 est fixée comme suit :

- billettes d'acier,
- fil machine en acier dur et doux,
- rond lisse en acier doux,
- coke métallurgique,
- électrodes en graphites,
- ferro- alliages,
- zinc électrolytique.

Tunis, le 9 février 2006.

Le ministre de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises

Afif Chelbi

Le ministre du commerce et de l'artisanat

Mondher Zenaïdi

Vu

Le Premier ministre

Mohamed Ghannouchi

NOMINATION

Par arrêté du ministre de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises du 6 février 2006.

Monsieur Mohamed Ali Ayed est nommé administrateur représentant le ministère des finances au conseil d'administration de la compagnie Franco-Tunisienne des pétroles, et ce, en remplacement de Monsieur Abdelhakim Mofti.

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, DE L'HABITAT ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

NOMINATION

Par arrêté de la ministre de l'équipement, de l'habitat et de l'aménagement du territoire du 6 février 2006.

Madame Moufida Jaballah, directeur à la direction générale de la coopération financière régionale, est nommée administrateur représentant le ministère du développement et de la coopération internationale au conseil d'administration de la société Tunisie Autoroutes, et ce, en remplacement de Monsieur Youssef Bouhlel.

MINISTERE DU TRANSPORT

Décret n° 2006-433 du 3 février 2006, portant approbation de la convention de concession du domaine public des chemins de fer signée entre l'Etat et la société des transports de Tunis le 29 décembre 2005.

Le Président de la République,

Sur proposition du ministre du transport,

Vu la loi n° 98-74 du 19 août 1998, relative aux chemins de fer, telle que modifiée et complétée par la loi n° 2005-23 du 7 mars 2005,

Vu la loi n° 2003-33 du 28 avril 2003, relative à la fusion de la société nationale des transports et de la société du métro léger de Tunis et notamment ses articles 3 et 5,

Vu le décret n° 86-863 du 15 septembre 1986, fixant les attributions du ministère du transport,

GUIDE TECHNIQUE

MODULE 3 : ECLAIRAGE PUBLIC

Publié par :	**Caisse de Prêts et de Soutien des Collectivités Locales (CPSCL), Tunisie**
	Tel. : (+216) 71 809 100
	Fax : (+216) 71 809 040
	Mail : cpscl@tpnet.tn
	Site web : www.cpscl.com.tn
Elaboré par :	GOPA Infra / SCET-Tunisie / SWECO / CONCEPT
Texte :	Daniel Schumann, Saber Afli
Conception :	Force Management, Tunis
Version :	Novembre 2019 ; Actualisé Février 2025
Photo de couverture:	www.ladepeche.fr; D R Fonroche
Programme :	FICOL (Financement des Collectivités Locales)
Financement :	**Coopération Financière Tuniso-Allemande à travers la KfW-Entwicklungsbank**