

A D E M E



Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

**GUIDE POUR L'INTEGRATION DE PRESCRIPTIONS
ENERGIE-ENVIRONNEMENT DANS LES
SCHEMAS DIRECTEURS D'AMENAGEMENT LUMIERE
ET LES PLANS LUMIERE**

Novembre 2005

Travail initié et financé par l'ADEME, et réalisé par :



Eliane Métreau coordinatrice
Sophie Attali expert

associées à :

Liliane Battais, bureau d'études DEBAT

Denis Chamonin, expert en maîtrise de l'énergie

Jean Sabatier, éclairagiste consultant

AVERTISSEMENT

Les recommandations exprimées dans ce document ont été rédigées par un groupe d'experts en maîtrise de l'énergie et en conception lumière. Elles ne doivent pas se substituer aux règles de l'Art et normes en vigueur, et leur mise en œuvre doit être réalisée par des professionnels qualifiés, sous leur propre responsabilité.

Pour tous renseignements au sujet de ce document, s'adresser à :

ADEME – Département des Marchés et Services d'Efficacité Energétique (DMS2E)
M. Dominique FOURTUNE
38 ter avenue de la Libération - BP 20259
87007 Limoges Cedex

Courriel : dominique.fourtune@ademe.fr

Sommaire

1. PREAMBULE	5
2. PRESENTATION DU GUIDE METHODOLOGIQUE.....	9
3. LEXIQUE	13
4. VOLET 1 – CONSTRUCTION D’UN PLAN D’AMENAGEMENT LUMIERE INTEGRANT MAITRISE DE L’ENERGIE ET ENVIRONNEMENT	14
4.1. CHAPITRE 1 – ELEMENTS DE CONTEXTE	14
4.1.1. Le développement des politiques « d’aménagement lumière »	14
4.1.2. La politique énergétique et environnementale	15
4.1.3. L’évolution des normes et textes réglementaires concernant l’éclairage public	18
4.1.4. La réforme du code des marchés publics et le financement de l’éclairage public	19
4.1.5. L’ouverture des marchés de l’énergie	21
4.2. CHAPITRE 2 – PREMIERES REFLEXIONS SUR L’AMENAGEMENT LUMIERE	22
4.2.1. Objectifs et identification du cadre de l’aménagement lumière.....	22
4.2.2. Vers quel plan d’aménagement lumière ?.....	23
4.2.3. Quelle est l’organisation de la collectivité pour réaliser ce projet ?	24
4.3. CHAPITRE 3 - EXPRESSION ET DEFINITION DES BESOINS	27
4.3.1. La démarche citoyenne	27
4.3.2. L’état des lieux	28
4.3.3. Analyse des besoins et des contraintes	31
4.3.4. Analyse critique (possibilités d’optimisation énergétique).....	31
4.4. CHAPITRE 4 – PROGRAMMATION LUMIERE	33
4.4.1. Les outils existants.....	33
4.4.2. Constitution du Comité de Pilotage et de groupes de travail	35
4.4.3. Définition d’objectifs et hiérarchisation des priorités	40
4.4.4. Définition des moyens financiers à mettre en oeuvre	41
4.5. CHAPITRE 5 – CONDUITE DES OPERATIONS	44
4.5.1. Eléments pour un cahier des charges d’étude	44
4.5.2. Variante au cahier des charges : l’expérimentation	52
4.5.3. Concertation et communication	52
4.6. CHAPITRE 6 – EVALUATION ET SUIVI.....	55
4.6.1. Evaluation.....	55
4.6.2. Pérennisation des actions	60

5.	VOLET 2 – PRESCRIPTIONS TECHNIQUES	63
5.1.	CHAPITRE 1 – LA MAITRISE DE LA DEMANDE D’ELECTRICITE APPLIQUEE A L’ECLAIRAGE PUBLIC	63
5.1.1.	Préambule	63
5.1.2.	La MDE appliquée au service éclairage public	64
5.2.	CHAPITRE 2 – NUISANCES DUES AUX EXCES D’ECLAIRAGE ARTIFICIEL.....	69
5.2.1.	Vie végétale et éclairage public	69
5.2.2.	Vie animale et éclairage public.....	70
5.2.3.	Dégradation de la qualité du ciel nocturne	72
5.3.	CHAPITRE 3 – ECLAIRAGE PUBLIC ET ENVIRONNEMENT (GAZ A EFFET DE SERRE, DECHETS).....	76
5.3.1.	Les émissions de gaz à effet de serre (GES) et le changement climatique	76
5.3.2.	Déchets radioactifs	77
5.3.3.	Déchets issus du recyclage des sources lumineuses	78
5.4.	CHAPITRE 4 – LE RESEAU, LES MATERIELS D’ECLAIRAGE ET LES SYSTEMES DE CONTROLE	84
5.4.1.	Poste de distribution	84
5.4.2.	Réseau de distribution	86
5.4.3.	Les points lumineux.....	87
5.4.4.	Contrôle, commande.....	96
5.4.5.	Feux de signalisation routière.....	98
5.5.	CHAPITRE 5 – ECLAIRAGE D’ESPACES SPECIFIQUES ET D’EVENEMENTS	100
5.5.1.	Les voies de circulation	100
5.5.2.	Lieux de détente et espaces verts.....	103
5.5.3.	Zones d’activités, centres commerciaux, campus universitaires, parkings.....	103
5.5.4.	Points d’information et services publics	105
5.5.5.	Événements (spectacles, stades) et éclairages de fin d’année.....	105
5.6.	CHAPITRE 6 – GESTION, SUIVI ET MAINTENANCE	107
5.6.1.	Gestion et suivi	107
5.6.2.	Analyse des données.....	115
5.6.3.	Maintenance	116
6.	REFERENCES ET CONTACTS	119
6.1.	Références	119
6.1.1.	Eclairage public	119
6.1.2.	Maîtrise de l’énergie et protection de l’environnement	120
6.1.3.	Nuisances lumineuses.....	120
6.2.	Contacts.....	121
6.2.1.	Eclairage public	121
6.2.2.	Maîtrise de l’énergie.....	122
6.2.3.	Protection du ciel nocturne	123

1. Préambule

Aujourd'hui, le développement durable et la lutte contre le changement climatique sont sur le devant de la scène du débat public, sans que les contours de ces deux notions soient toujours bien définis et sans lien suffisant avec la vie quotidienne des élus, des citoyens et des experts qui sont à la recherche de solutions et d'outils pour agir.

Ce Guide présente des applications concrètes de développement durable et de lutte contre le changement climatique à un thème au cœur de la politique de la ville : la lumière.

La politique d'aménagement lumière concerne différentes activités (éclairage des voiries, mises en lumière patrimoniales, mises en lumière festives ou événementielles) et se trouve de fait à la croisée de nombreuses préoccupations. Autrefois purement fonctionnel, l'aménagement lumière touche désormais à la valorisation culturelle et esthétique de la ville. S'y mêlent les thèmes de l'identité et de l'histoire de la collectivité, de la sécurité, de l'urbanisme avec la mixité et les passages entre quartiers, leur extension ou leur rénovation, la satisfaction de la population, etc. De fait, la politique d'aménagement lumière s'intègre dans la problématique de l'urbanisme, de l'aménagement du territoire et de la sociologie urbaine et identitaire. S'y retrouvent également les difficultés de nombreuses collectivités face à la vétusté des installations, les limites budgétaires et le nécessaire échelonnage des priorités : car la question d'éclairer juste est désormais cruciale, il ne s'agit plus de multiplier les points lumineux, mais de les équilibrer de façon pertinente.

Éclairer Juste signifie que les élus des régions, des départements, des communautés urbaines et des communes doivent définir, avec leurs éclairagistes et techniciens, la juste lumière nécessaire, là où il le faut, quand il le faut, et au meilleur coût.

La lumière est l'expression d'une volonté.

- la question d'éclairer ou de ne pas éclairer est posée ;
- les investissements sont planifiés ;
- les solutions techniques sont choisies ;
- le degré de concertation entre les services concernés par la lumière (services techniques, services de l'urbanisme, service culturel...) est défini ;
- la participation des professionnels (assistants à la maîtrise d'ouvrage, concepteurs lumière) est organisée ;
- la planification et l'encadrement des activités sont formalisés (charte lumière, schéma directeur, projet lumière...).

La dimension transversale du développement durable, c'est-à-dire la prise en compte des conséquences des "décisions lumière" sur l'environnement, la consommation d'énergie, la production de déchets ou les nuisances lumineuses nocturnes, est donc le fruit d'un choix motivé.

Ce Guide démontre que le domaine de la lumière constitue un potentiel important d'actions de développement durable – des actions qui permettent de limiter l'impact des décisions sur l'environnement, de réaliser des économies (d'énergie et sur les coûts de fonctionnement) et de satisfaire aux attentes légitimes des citoyens – jouant ainsi sur les trois composantes du développement durable : l'économie, l'environnement et la société.

Le contexte actuel se caractérise par trois phénomènes :

- une obligation de modernisation due à la vétusté de beaucoup d'installations d'éclairage public;
- un contexte en évolution (code des marchés publics, normes sur l'éclairage public, libéralisation des marchés de l'énergie) qui présente des opportunités pour qui veut remanier judicieusement sa politique lumière ;
- une tendance à l'approfondissement et à la formalisation de la réflexion autour de la lumière dans la ville grâce à l'élaboration de documents de référence (schémas directeurs aménagement lumière, plans lumière, chartes lumière).

Ce Guide s'adresse aux collectivités qui se lancent dans l'élaboration ou la reformulation d'une politique d'aménagement lumière et qui entendent profiter de cette démarche pour soulever les questions qui vont enrichir la ville : son identité, son budget, sa contribution au développement durable.

Comment ? En transformant les prescriptions environnementales et de maîtrise de l'énergie en principe structurant la politique lumière, au même titre que les autres principes. Du fait de leurs impacts considérables, la maîtrise de la demande d'électricité et les préoccupations environnementales ne sont plus des ajouts à la marge, mais des éléments constitutifs des politiques des villes : qu'il s'agisse de gérer l'éclairage public et architectural, de construire un bâtiment, ou d'organiser les transports.

L'électricité n'est pas à proprement parler une énergie mais un vecteur énergétique qui résulte de la transformation de diverses sources d'énergie (fossiles, solaire, biomasse, réaction nucléaire contrôlée, etc.). L'électricité transportée par les réseaux de distribution ne se stocke pas et à chaque instant les systèmes de production doivent répondre à la demande des utilisateurs pour des usages très variés (thermique, force motrice, et usages spécifiques¹) qui évoluent en permanence dans le temps. Ces particularités de l'électricité impliquent l'absolue nécessité de maîtriser la demande afin de piloter rationnellement la production, c'est-à-dire l'offre. C'est sur ces bases que s'est développé dans les années 1980 le concept de MDE (Maîtrise de la demande d'électricité) qui consiste à mener des actions permettant de réduire les consommations et les puissances appelées pour un même service rendu.

Les enjeux sont économiques. En faisant des choix techniques et des modes de gestion appropriés on agit sur les puissances et les consommations, ce qui engendre une baisse des coûts de fonctionnement mais aussi de maintenance des équipements. L'ADEME estime qu'une commune peut diminuer ses dépenses d'éclairage public de 20 à 40% avec des investissements rentables. Par exemple, remplacer les lampes issues des technologies des années 1970 (incandescence, ballons fluo...) par celles d'aujourd'hui (vapeur de sodium, iodures métalliques, induction...) permet de diminuer les puissances installées, d'augmenter les durées de vie et de baisser les consommations. A titre d'illustration de ces potentiels d'économie, en appliquant les technologies actuellement disponibles et la modernisation des réseaux, il serait possible pour la ville de Reims (220 000 habitants) d'économiser 135 MWh/an (diminution de 7 %) et donc de diminuer les coûts de fonctionnement de 107 000 €/an (diminution de 10 %)².

Pour le futur, on peut attendre beaucoup des nouvelles technologies (encore coûteuses mais déjà employées dans le cadre de projets de démonstration) comme les diodes électroluminescentes qui ont

¹ On appelle « Usages spécifiques de l'électricité » tous les usages ne pouvant être satisfaits que par le vecteur électrique tels que l'éclairage, l'électroménager, les appareils audiovisuels...

² Cf. chapitre 6: synthèse de l'étude analytique réalisée par ICE dans la Communauté d'Agglomérations de Reims

des durées de vie de plus de 50 000 heures (12 ans de fonctionnement en éclairage public) comparées aux 10 à 15 000 heures des meilleures technologies actuelles.

Parallèlement aux actions en amont dans les choix technologiques, les actions en aval relatives à la maintenance sont des points clés dans le cadre d'une politique lumière intégrant des objectifs de MDE et de réduction des impacts environnementaux. Une bonne maintenance des installations d'EP assure également une efficacité économique puisqu'elle permet de pérenniser dans le temps les qualités lumière définies et mises en œuvre, de garantir le bon fonctionnement des équipements et de faire en sorte que les durées de vie et les performances des appareillages soient conformes aux données des industriels. Par ailleurs, la nouvelle norme européenne *NF EN 13201* stipule qu'un plan de maintenance doit être défini dès le dimensionnement de l'installation afin de respecter les niveaux minimaux retenus (sous lesquels l'installation ne doit pas descendre).

En s'inscrivant sur le moyen et long terme, la MDE permet également d'envisager le coût global de l'éclairage public, en prenant en compte les investissements et les coûts de fonctionnement et de maintenance de différents choix technologiques et organisationnels.

Les enjeux sont environnementaux. Moindre consommation et plus grande durée de vie permettent d'agir immédiatement et directement sur les émissions de gaz à effet de serre (GES), la production de déchets radioactifs et de déchets chimiques et la nuisance lumineuse nocturne.

- Le kWh éclairage public produit en moyenne une émission de GES de 109 g de CO₂/kWh, ce qui correspond pour le service éclairage public des collectivités locales au niveau national à une émission annuelle de l'ordre de 578 000 tonnes de CO₂³.
- Étant donné le mode de production d'électricité en France, la consommation de l'éclairage public est responsable de la production de 265 tonnes de déchets faiblement radioactifs et de 53 tonnes de déchets hautement radioactifs par an⁴.
- Les déchets chimiques proviennent principalement des composants internes des lampes (comme le mercure). Actuellement les collectivités ont l'obligation de recycler les lampes usagées. Faire le choix de technologies à longue durée de vie permet de réduire les taux de remplacement et donc de réduire la quantité de déchets chimiques à recycler.

Les excès de lumière artificielle nocturne constituent un des autres enjeux environnementaux pris en compte par la démarche MDE. On constate en effet que le développement des éclairages urbains a provoqué de fortes émissions de rayons lumineux vers la voûte céleste, dégradant ainsi la qualité du paysage nocturne et les observations des astres. Ces excès provoquent également des perturbations dans la vie animale et végétale, dont les effets à long terme pourraient être importants.

Ces nuisances sont provoquées par de nombreux éclairages plus ou moins bien maîtrisés, comme les éclairages routiers, architecturaux, commerciaux, etc. L'exemple le plus mauvais est donné par les luminaires de type boules qui éclairent plus le ciel que la chaussée. Une démarche MDE conseille le remplacement de ces luminaires par des luminaires fermés sur le haut, ce qui a pour effet de baisser la puissance des équipements mais aussi d'atténuer les émissions de lumière indésirable.

³ Les gaz à effet de serre sont émis par les centrales thermiques à flamme (charbon, fuel et gaz) qui produisent 10 % de l'électricité (2002), principalement en pointe d'hiver. L'éclairage public est en fonctionnement pendant cette pointe, ce qui amplifie la demande d'électricité issue des centrales thermiques à flamme. Le kWh consommé est donc composé d'une somme de nucléaire et d'hydraulique non émetteur de GES, et de fioul, gaz et charbon (source ADEME/EDF).

⁴ Hypothèses de calcul : production d'électricité réalisée à 78 % par des centrales thermiques nucléaires (2002) ; 1 kWh produit engendre en moyenne 0,5 gramme de déchets faiblement radioactifs – durée de stockage de l'ordre de 300 ans - et 0,01 gramme de déchets hautement radioactifs ; consommation de l'éclairage public de l'ordre de 5,3 TWh par an (1,3 % de la consommation finale d'électricité en France).

Les enjeux sont politiques et concernent la société dans son ensemble. Actuellement, la problématique énergétique est confrontée à des choix de société qui ont des conséquences politiques et géopolitiques au niveau local comme international. Depuis le premier choc pétrolier de 1973, la production française a plus que triplé (en passant de 180 à 558 TWh en 2002 pour une consommation finale de l'ordre de 410 TWh⁵). Nous sommes dans une société qui s'électrifie et aucune filière actuellement disponible à court et moyen termes (nucléaire, fossile ou hydraulique) ne peut satisfaire à elle seule les besoins de la demande croissante d'électricité tout en respectant les critères économiques et environnementaux propres au développement durable.

A ce constat, il faut ajouter l'indispensable réduction des émissions de GES qui, malgré les accords de Kyoto, sont en constante évolution et engendrent des modifications inéluctables des conditions climatiques.

On ne peut raisonnablement espérer sur les vingt prochaines années qu'émergent de façon significative dans les bilans énergétiques des modes de production d'électricité sensiblement différents des technologies actuelles (par exemple les filières hydrogène, pile à combustible ou encore de la fusion thermonucléaire). Seule la Maîtrise de la Demande d'Électricité peut permettre d'infléchir la demande tout en satisfaisant les besoins exprimés.

L'éclairage public est un champ d'application exemplaire de la MDE, du fait des progrès technologiques obtenus ces dernières années en termes d'efficacité énergétique sur les systèmes d'éclairage. La MDE appliquée à l'éclairage public doit contribuer de manière exemplaire aux efforts nécessaires, et pour garantir la mise en œuvre de cette démarche, il faut l'inclure explicitement dans la politique d'aménagement lumière.

⁵ Le différentiel entre la production et la consommation interne est dû principalement aux exportations vers les pays de l'Union Européenne et les pertes en distribution.

2. Présentation du Guide méthodologique

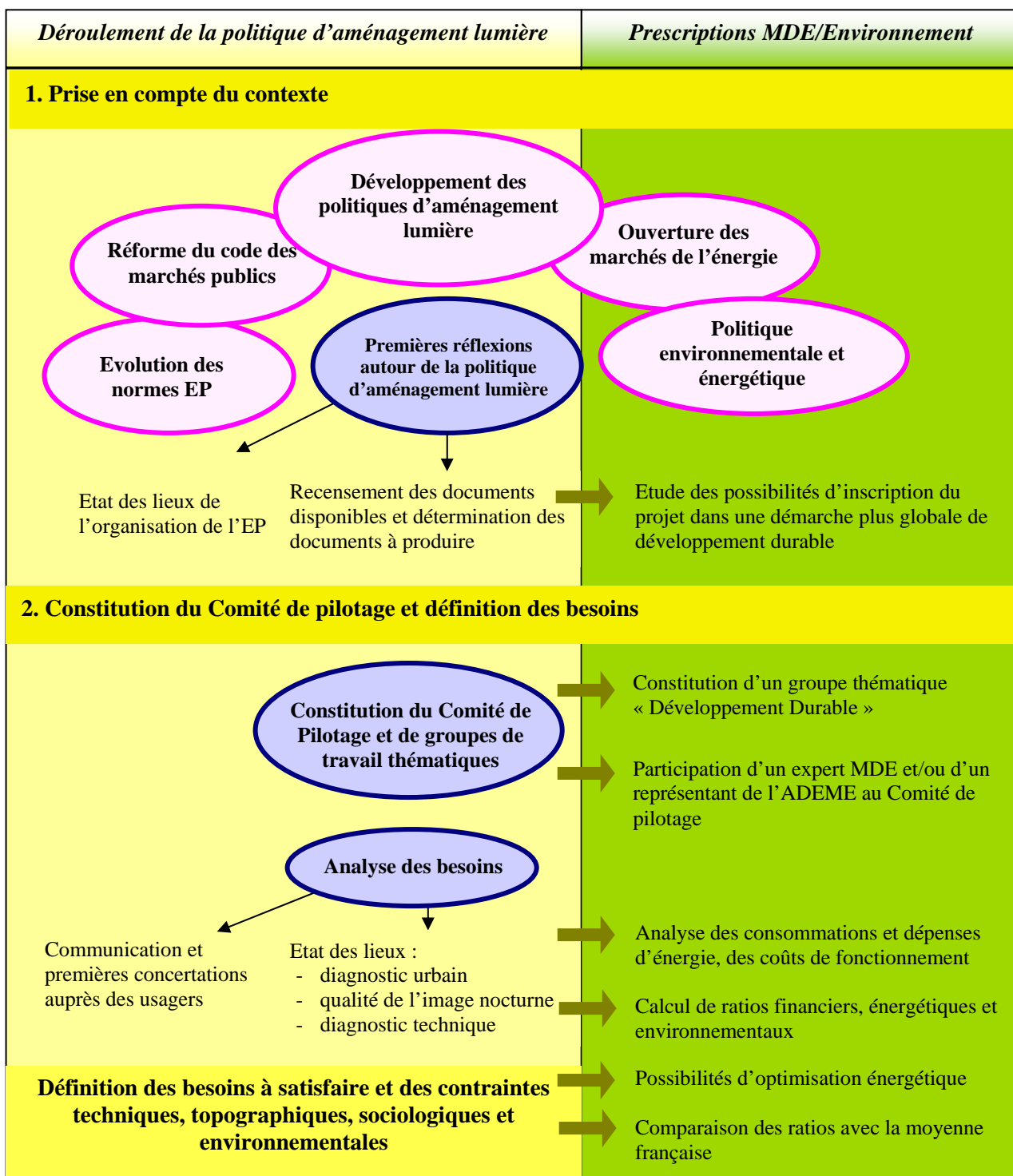
L'objet du Guide méthodologique est de proposer une démarche généraliste permettant d'identifier, à chaque étape d'une politique d'aménagement lumière, les opportunités d'intégration d'actions de maîtrise des consommations d'énergie et de protection de l'environnement.

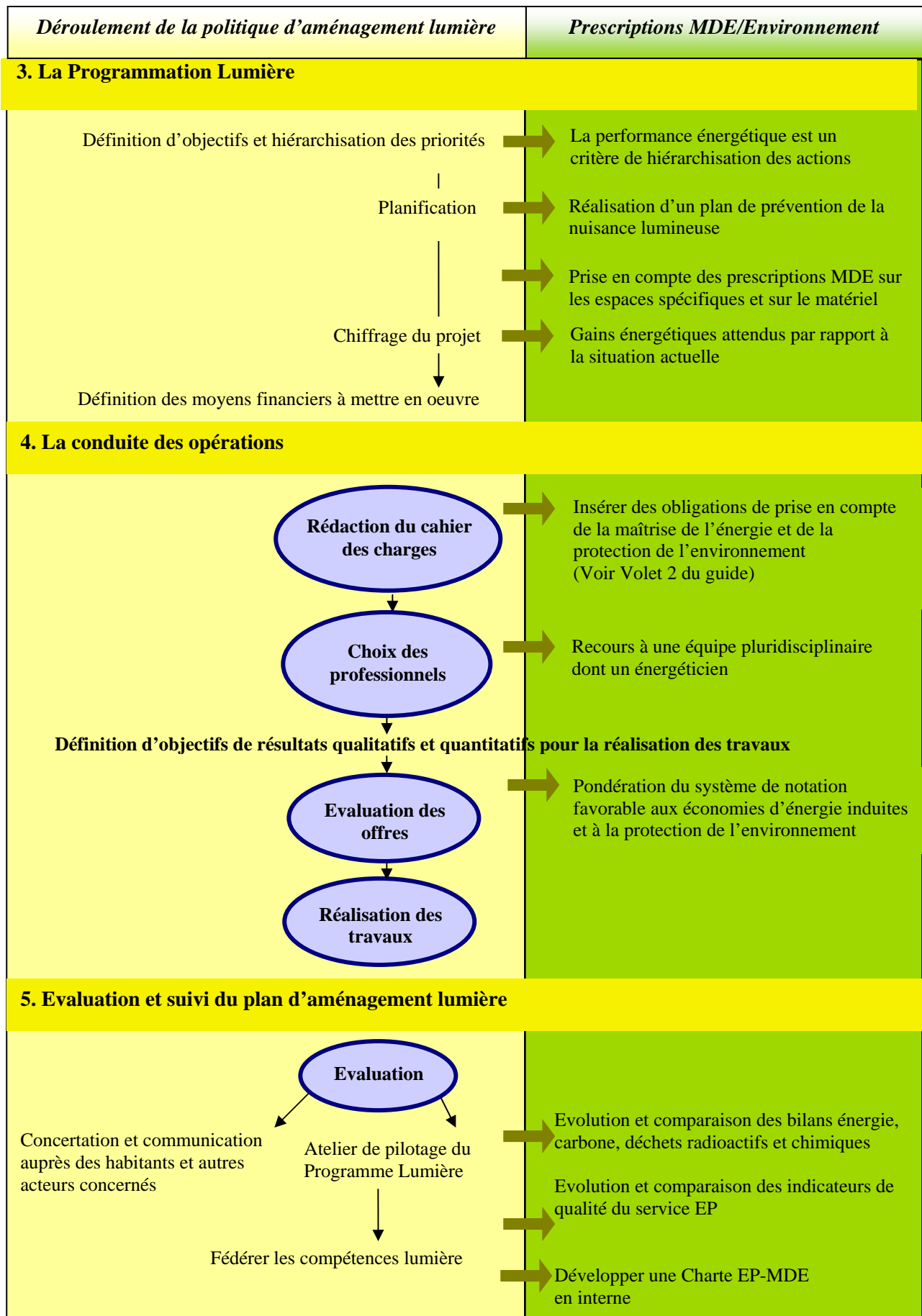
Ce Guide s'adresse en particulier aux élus, concepteurs lumière, urbanistes de collectivités ou techniciens de l'éclairage public souhaitant développer un plan d'aménagement lumière de qualité, respectueux de l'environnement et prenant en compte la maîtrise des consommations d'électricité. Il est destiné essentiellement aux collectivités de moyenne et grande taille puisque ce sont elles qui généralement ressentent le plus le besoin de définir des politiques d'aménagement lumière.

Ce Guide est constitué de deux volets :

- **Volet 1** : Construction d'une politique d'aménagement lumière intégrant respect de l'environnement et maîtrise de l'énergie
- **Volet 2** : Document technique prescriptif, faisant la description des actions concrètes qu'il est possible de mettre en oeuvre

Le Volet 1 présente les grandes étapes de construction d'un plan d'aménagement lumière, de l'initiation d'une réflexion autour de la lumière jusqu'à l'évaluation de la politique d'aménagement lumière retenue, d'un point de vue énergétique et environnemental. Il renvoie à l'organisation générale de la démarche et comprend une série de prescriptions organisationnelles pour favoriser l'inscription de la maîtrise des consommations d'électricité et de l'environnement dans le projet général. Le synoptique ci-après montre comment et à quelles étapes, lors de l'élaboration d'une politique d'aménagement lumière, intégrer des actions de maîtrise de l'énergie et de protection de l'environnement. Mais la chronologie proposée est indicative : l'expérience montre que l'organisation des différentes étapes est très variée d'une collectivité à une autre.





Le Volet 2 est un document technique prescriptif visant à mettre en exergue des principes conceptuels et techniques concourant à une démarche de maîtrise de la demande d'électricité et de protection de l'environnement pouvant être intégrée dans une politique d'aménagement lumière. Il présente les différents aspects de la maîtrise de l'énergie et de la protection de l'environnement dans le domaine de l'éclairage public, de la gestion des déchets aux nuisances lumineuses, jusqu'aux méthodes d'évaluation des orientations choisies. Les recommandations de MDE et environnementales visent à sensibiliser les acteurs de la politique d'aménagement lumière et d'établir une passerelle à contenu technique entre ces acteurs et les techniciens.

Ainsi, le Guide ne vise pas à se substituer aux documents techniques déjà existants et très complets dans le domaine de l'éclairage public. Il a pour objectif de mettre en évidence les aspects de maîtrise de l'énergie et de protection de l'environnement, qui sont présentés de manière plus diffuse dans ces documents. Néanmoins, ce Guide renvoie le lecteur vers ces documents si celui-ci souhaite approfondir les aspects techniques de l'éclairage public. Les principales références utilisées dans ce Guide sont:

- *Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques*, AFE, Editions LUX 1988, nouvelle édition 2002
- *Synthèse des meilleures technologies et pratiques de gestion en éclairage public* (ADEME-EDF), 2004
- *La norme européenne NF EN 13201* définissant des « classes d'éclairage » caractérisées par des performances photométriques à maintenir dans le temps ainsi que la documentation de l'AFNOR FD CEN/TR 13201-1, et un guide du CERTU sur l'application de la norme sur le réseau routier national qui sera édité prochainement.

Par ailleurs, le Guide fournit à la fin des deux volets une liste de références ainsi qu'une série de contacts à qui le lecteur en recherche d'informations complémentaires pourra s'adresser .

La diversité des situations dans le domaine de la gestion de l'éclairage public rend difficile l'exhaustivité. Ainsi, il est possible que certaines collectivités ne retrouvent pas leur situation exacte dans ce Guide. Néanmoins, le caractère générique du Guide doit permettre à la collectivité de comprendre les grandes étapes d'une politique d'aménagement lumière (volet 1) et d'appliquer à son cas particulier les différentes prescriptions environnementales et de maîtrise de l'énergie et de l'environnement relatives aux domaines de l'éclairage public (volet 2).

Enfin, le monde de la lumière artificielle est aujourd'hui caractérisé par un certain flou conceptuel dans la terminologie employée. Quelques termes génériques reflétant des réalités diverses seront employés dans ce Guide. Afin d'en faciliter la lecture, les définitions des termes les plus couramment utilisés sont données ci-après.

3. Lexique

Politique d'aménagement lumière : Terme recouvrant l'ensemble des réflexions et actions en vue de donner une cohérence à moyen et long terme aux orientations de la collectivité dans le domaine de la lumière artificielle (éclairage des voiries, mises en lumière patrimoniales, mises en lumière festives ou événementielles).

Programmation lumière : c'est l'expression formalisée de la politique d'aménagement lumière. Elle se traduit par la constitution d'un Comité de pilotage, la réalisation d'un plan d'aménagement lumière et la mise en place d'une évaluation et d'un suivi des actions.

Plan d'aménagement lumière : outil de type institutionnel portant sur une zone définie par la collectivité et dans lequel sont émises des propositions hiérarchisée et planifiée d'amélioration esthétique, technique et économique du parc de l'éclairage public (installation d'éclairage des voiries publiques et d'illuminations). Il peut s'agir de Schémas Directeur d'Aménagement Lumière (SDAL), de Chartes Lumière ou de Plans Lumière dont les définitions précises sont fournies en Chapitre 4 du volet 1 de ce Guide.

Projet d'éclairage : opération concrète portant sur l'aspect technique de l'éclairage qu'il soit fonctionnel ou esthétique ; il définira les données fondamentales d'une installation : niveau lumineux, de luminance ; nature et orientations des réflecteurs ; nature et puissance des lampes ; positionnement des projecteurs ou appareils.

Concept de mise en lumière : opération concrète portant sur les mises en lumière (éclairage à des fins esthétiques et/ou culturelles). Son expression technique est un projet d'éclairage.

Maître d'ouvrage : c'est le donneur d'ordre ou son représentant (commune, structure intercommunale, société d'économie mixte, etc.).

Maître d'œuvre : c'est l'exécutant pour le maître d'ouvrage. Il peut s'agir des services techniques de la ville, un concepteur lumière, un architecte, un urbaniste, autres.

Service de l'Eclairage Public (SEP) : structure municipale ou intercommunale en charge des installations d'éclairage public, généralement intégrée aux services techniques et associée ou non au service de l'énergie.

Gestionnaire de l'EP : Structure ou personne chargée de la gestion du parc EP. Il peut s'agir d'un prestataire privé, du service interne EP de la collectivité, d'une structure mixte (privée et publique), d'une société d'économie mixte, etc.

Service de l'Urbanisme : selon les collectivités, ce service est placé au sein de la Direction Architecture, la Direction Aménagement, la Direction Urbanisme, etc.

4. VOLET 1 – CONSTRUCTION D’UN PLAN D’AMENAGEMENT LUMIERE INTEGRANT MAITRISE DE L’ENERGIE ET ENVIRONNEMENT

4.1. CHAPITRE 1 – ELEMENTS DE CONTEXTE

Développer une réflexion sur un aménagement du paysage nocturne d’une collectivité n’est plus aujourd’hui une démarche rare ou pionnière : plus d’un tiers des grandes villes (plus de 100 000 habitants) ont déjà élaboré des documents de référence de moyen et long terme pour encadrer l’évolution de leur éclairage public.

En revanche, le contexte général des politiques de la ville est en grande évolution : changements réglementaires dans le domaine des achats publics et des normes, ouverture des marchés de l’énergie, prise de conscience par les élus, les services techniques et les citoyens des impacts de ces politiques sur l’environnement... C’est tout un pan de la "culture" des collectivités locales qui va changer petit à petit et de nouvelles pratiques intégrant ces évolutions se développent d’ores et déjà.

Dans ce cadre, l’aménagement lumière offre aux collectivités locales l’opportunité de repenser l’éclairage public et de s’interroger sur son financement, les entreprises qui fournissent l’électricité et les services qu’elles proposent, celles qui fabriquent et installent le matériel, la diminution des nuisances environnementales et d’en tirer des recommandations sur l’organisation interne la plus adaptée à ce contexte en grande évolution. Cet aménagement doit entre autres permettre de créer des synergies entre ces différentes dynamiques contextuelles pour créer une image nocturne conforme à la politique de la collectivité, prenant en compte l’efficacité énergétique et la protection de l’environnement.

4.1.1. Le développement des politiques « d’aménagement lumière »

Le développement des politiques d’aménagement lumière au début des années 1990 marque véritablement une redéfinition de la fonction de la lumière artificielle dans le paysage urbain. Les fonctionnalités de l’éclairage public sont nombreuses : assurer la sécurité dans le déplacement nocturne des personnes et des biens, améliorer le repérage et le guidage nocturne, voire remplir des fonctions sociales par une conquête des espaces par la lumière, etc. Aujourd’hui et depuis quelques années, on peut ajouter une fonction de valorisation culturelle et esthétique donnant une identité à une collectivité, grâce à la « mise en lumière » au sens figuré et au sens propre d’éléments caractéristiques qui la constituent.

La volonté de mettre en cohérence l’ensemble de ces fonctionnalités s’est traduite par le développement de réflexions sur le rôle de la lumière dans la ville et de planifications de projets d’éclairage public formalisés sous la forme d’études générales (Schéma Directeur d’Aménagement Lumière, Charte Lumière, Plan Lumière, etc.⁶). Ainsi, selon l’enquête du CERTU réalisée en 1999, « environ 27 % de l’ensemble des villes interrogées [dont la taille varie entre 10 000 et plus de

⁶

Voir le Chapitre 4 « Programmation Lumière » pour une définition plus précise.

100 000 habitants] ont réalisé un plan lumière au cours de ces dix dernières années et 12 % envisagent sa réalisation dans les deux prochaines années. ». Six ans après, on peut donc supposer qu'au moins la moitié des collectivités françaises est passée à l'acte.

Cette redéfinition du rôle de la lumière a eu des incidences techniques et socio-économiques sur le secteur de l'éclairage public. D'une part, elle a donné de l'impulsion à l'émergence de nouveaux matériels, de nouvelles sources, la création de lignes de mobilier urbain... D'autre part, elle a entraîné la création d'une nouvelle filière professionnelle associant compétences techniques, architecturales et artistiques : « la conception lumière ».

Jusqu'à maintenant, la maîtrise de l'énergie et la protection de l'environnement n'ont pas trouvé de façon majeure leur place au sein de cette nouvelle profession. Mais certaines collectivités commencent à engager une réflexion approfondie sur la possibilité d'associer les deux expertises (expertise lumière et expertise énergétique/environnementale) dans un seul projet intégrateur.

4.1.2. La politique énergétique et environnementale

4.1.2.1. Politique locale de lutte contre le changement climatique

Dans son Plan Climat 2004⁷, le gouvernement rappelle que la France s'est engagée à lutter contre le changement climatique de la planète en limitant ses émissions de gaz à effet de serre, l'objectif étant de stabiliser ses émissions en 2010 au niveau de 1990, ce qui implique en fait un effort de réduction des émissions de 10 % à 15 % par rapport à une situation où rien ne serait fait en tenant compte d'un taux de croissance économique moyen de 2 % par an. Les collectivités locales ont un rôle important à jouer dans la réalisation de cet objectif. En effet, les émissions de gaz carbonique dépendent majoritairement des infrastructures (patrimoine construit et infrastructures de transport), sur lesquelles les collectivités territoriales ont une influence directe ou indirecte, à court ou à long terme.

Plusieurs dispositions législatives et instruments sont à la disposition des collectivités locales pour élaborer et mettre en œuvre la participation à cet effort. L'éclairage public et la réflexion d'aménagement lumière peuvent s'appuyer sur ces instruments pour développer leurs dimensions MDE et respect de l'environnement. Nous citons ici quelques exemples, mais il existe d'autres outils (notamment dans le domaine de l'urbanisme) qui recouvrent l'éclairage public⁸.

- Le Plan Climat 2004, plan d'actions du gouvernement pour permettre à la France de tenir les engagements de Kyoto, regroupe des mesures qui visent tous les secteurs de l'économie avec pour objectif d'éviter l'émission de 54 millions de tonnes de CO₂ chaque année d'ici 2010. Un des piliers du plan Climat est de s'appuyer sur les plans climat territoriaux, qui peuvent recouvrir le domaine de l'éclairage public.
- La loi n°99-533 relative à l'orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire (LOADDT) du 25 juin 1999, première à évoquer le terme de développement durable, prévoit la création de conseils de développement et de structures de concertation permettant la participation de la société civile aux projets locaux – y compris ceux concernant l'éclairage public.

⁷ 2004, Plan Climat – Face au changement climatique, agissons ensemble - Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, Novembre 2004.

⁸ 2003, Mémento des décideurs, *Les collectivités territoriales engagées dans la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre*, Mission Interministérielle de l'Effet de Serre, Ed. 2003

- Les Agendas 21 locaux - cités dans la LOADDT - sont des projets de développement durable, conçus à l'échelle d'un territoire. Impulsés par les élus, ils sont élaborés et mis en œuvre en impliquant le plus grand nombre d'entités : tous les services de la mairie, les habitants, les associations, les entreprises, les structures déconcentrées de l'État, etc. Les Agendas 21 locaux sont issus du Sommet de la Terre (Rio, 1992) et de son programme d'action pour le 21^{ème} siècle, l'Agenda 21. Ils peuvent donc englober le domaine de l'éclairage public⁹.
- Les schémas de services collectifs relatifs à l'énergie, aux transports de personnes et aux transports de marchandises, prévus dans la LOADDT, fixent les choix stratégiques dans ces domaines. Par exemple, le schéma de service collectif énergie définit les conditions d'une maîtrise de la demande, d'une meilleure efficacité énergétique, et du développement des énergies renouvelables qui doivent s'imposer aux collectivités lors de la révision de leurs documents d'urbanisme.
- La loi n°99-586 relative au renforcement et à la simplification de la coopération intercommunale du 12 juillet 1999 incite notamment aux regroupements communaux. Les compétences transférées au sein des intercommunalités peuvent concerner l'éclairage public et sont susceptibles d'orienter significativement la demande énergétique sur le territoire correspondant.
- La loi n° 2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la Solidarité et au renouvellement urbains (SRU) institue les Plans locaux d'urbanisme (PLU) qui remplacent et modifient les Pos — Plans d'occupation des sols — et les Schémas de cohérence territoriale (Scot) se substituant aux schémas directeurs. L'éclairage public peut être discuté dans le cadre plus large d'une approche urbanistique.
- La Loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique (n°2005-781 du 13 juillet 2005) prévoit à la fois un système d'obligations pour les fournisseurs d'énergie à réaliser des économies et un système de marchés d'échange de certificats d'économie d'énergie. Selon les dispositions définitives des textes et décrets qui seront adoptés, les collectivités locales pourraient faire valoir des économies d'énergie réalisées sur leur territoire - y compris dans le domaine de l'éclairage public.

De nombreuses collectivités locales ont déjà décliné ces instruments au niveau local, en élaborant des plans d'actions intégrés couvrant l'ensemble des secteurs émetteurs de gaz à effet de serre : transports, bâtiments, efficacité énergétique, déchets, urbanisme, production d'énergie décentralisée, etc. Elles ont développé des plans territoriaux de lutte contre l'effet de serre, des agendas 21, des déclarations ou des chartes municipales¹⁰... souvent soutenues par des réseaux européens et internationaux de villes encourageant les échanges d'expériences, comme ICLEI (le Conseil international pour les initiatives environnementales locales), l'Alliance Climat ou Énergie-Cités.

Certaines associations et projets concernent plus directement la lumière en milieu urbain :

- L'Association LUCI (Lighting Urban Community International)¹¹, présidée par la Ville de Lyon est un réseau de municipalités et de professionnels de la lumière de très nombreux pays. Les objectifs sont d'échanger des informations et des expériences et de « *promouvoir la*

⁹ Pour plus d'information et des exemples de collectivités ayant mis en place un Agenda 21, voir : <http://www.agenda21france.org/>

¹⁰ Voir en particulier la Déclaration de Strasbourg (octobre 2002) initiée par le Conseil général du Bas-Rhin et soutenue par l'Association des maires de France (AMF).

¹¹ Voir le site internet www.luciasociation.org/fr/index2.html

lumière au service des villes comme outil majeur de la vie, de l'architecture et de l'aménagement urbains ».

- GreenLight¹² est un programme européen d'incitation à la réduction de la consommation d'énergie liée à l'éclairage (intérieur comme extérieur). En France, il est piloté par l'ADEME qui apporte son soutien pour les diagnostics, le calcul du retour sur investissement, l'aide à la prescription, et éventuellement pour certains travaux.

En général, ces plans locaux de lutte contre l'effet de serre sont détaillés, et passent pour chaque secteur, y compris celui de l'éclairage public, par :

- l'analyse des émissions de gaz à effet de serre et de la consommation énergétique ;
- l'élaboration de scénarios prospectifs ;
- la définition des objectifs à atteindre ;
- la définition d'une stratégie à moyen et long terme ;
- la mise en œuvre du plan d'action ;
- l'évaluation et les éventuels réajustements.

Les documents de programmation lumière pourraient s'inspirer des orientations de ces plans locaux pour formuler une stratégie EP compatible avec le respect de l'environnement et la maîtrise de la demande d'électricité.

4.1.2.2. Les enjeux énergétiques et environnementaux de l'éclairage public

A première vue, les enjeux énergétiques macro-économiques derrière l'éclairage public ne semblent pas importants - l'éclairage public des collectivités locales ne représente qu'environ 1,3 % de la consommation nationale d'électricité, soit près de 5,3 TWh¹³ (2000).

Mais ce secteur pourrait constituer un terrain privilégié d'intervention de la maîtrise de l'énergie, car l'éclairage public est le deuxième poste du bilan énergétique d'une commune et constitue le premier poste de consommation d'électricité, soit, en 2000, 45 % de la consommation totale d'électricité des communes, mais 37 % de la dépense d'électricité¹⁴. Il constitue également un gisement d'économies d'énergie non négligeable - il est possible de diminuer de 20 à 40 % les dépenses d'éclairage public en effectuant des investissements rentables¹⁵ (retard d'adaptation technologique, suréclairage dans certains cas, mauvais contrôle des allumages et extinctions, vieillissement des réseaux...- cf. volet 2, chapitre 4) - et ainsi d'optimiser des dépenses publiques.

S'ajoutent à ces enjeux énergétiques et économiques, la production et la gestion des déchets liés au matériel et aux sources lumineuses, la production de déchets radioactifs et les émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation d'électricité, dont les coûts et les impacts sur l'environnement peuvent diminuer considérablement grâce à une prise en compte en amont de la réflexion d'aménagement lumière.

¹² Une illustration plus détaillée du programme GreenLight est disponible en partie 5.3 de ce Volet.

¹³ Énergie et patrimoine communal Enquête 2000, Taylor Nelson Sofres pour l'ADEME, AITF, ATTF, EDF et GDF, et chiffres DGEMP sur la consommation d'électricité nationale en 2000.

¹⁴ Enquête Sofres, mars 2002

¹⁵ ADEME, Syndicat de l'éclairage – "Éclairer juste", 2002.

Concernant les déchets, deux Directives Européennes 2002/95/CE et 2002/96/CE publiées en 2003 portent sur la limitation des polluants à la source (dès la conception des produits)¹⁶ et sur la collecte sélective et le traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques¹⁷. Le décret n° 2005-829 du 20 juillet 2005 transpose les deux directives en droit français. Les modalités pratiques d'application de ces directives seront fixées par arrêté. Le système de collecte qui devra être mis en place prévoit la participation des collectivités locales, des distributeurs, des fabricants et, pour certains équipements, des ménages¹⁸.

4.1.3. L'évolution des normes et textes réglementaires concernant l'éclairage public

Une norme européenne entre pour la première fois dans le domaine de l'éclairage public pour préciser des exigences lumineuses. Cette norme a été homologuée fin 2004 – début 2005 en France ; elle est donc déjà applicable et demeure à ce jour « d'application volontaire ».

Cette norme est constituée de 3 parties, respectivement NF EN 13201-2, NF EN 13201-3 et NF EN 13201-4. Si cette norme ne se prononce pas sur l'opportunité d'éclairer, elle invite à définir, pour chaque zone du projet à étudier, des « classes d'éclairage », caractérisées par des performances photométriques à maintenir dans le temps.

Pour aider au choix de ces classes, l'utilisateur peut consulter le fascicule de documentation de l'AFNOR FD CEN/TR 13201-1, le guide du CERTU sur l'application de la norme européenne sur le réseau routier national qui sera édité prochainement, ou tout autre document d'application de la norme.

L'utilisation de cette nouvelle norme passe inévitablement par une classification des voies publiques. Il y a donc un travail d'anticipation à mener par les services responsables de l'éclairage public, pour évaluer les enjeux et les besoins de l'éclairage public pour chaque situation. Par ailleurs, la norme pose la question des moyens humains et financiers disponibles pour la maintenance et l'exploitation de l'installation ; en état de cause, un plan de maintenance doit être défini dès le dimensionnement de l'installation afin de respecter les niveaux minimaux retenus (sous lesquels l'installation ne doit pas descendre).

D'autres normes et textes réglementaires concernent le domaine de l'éclairage public, notamment sur les aspects équipements et protection électrique. Une liste assez exhaustive est rassemblée dans l'ouvrage « Éclairage Public – Répertoire des textes officiels et des normes, mise à jour 2003 » édité par le CERTU. De même, il existe de nombreuses pratiques, relevant des règles de l'art et non de textes réglementaires ; le lecteur pourra se référer aux recommandations AFE ainsi qu'aux guides du CERTU, notamment le guide d'application de la norme européenne mentionné précédemment ainsi que le guide du contrôleur de chantier qui sera édité prochainement.

Pour les collectivités locales, il s'agit de bien étudier ces normes et réglementations lors de l'élaboration des aménagements lumière, tant dans le dimensionnement et le choix des matériaux que dans l'optique de l'exploitation et la maintenance de l'installation.

16 Directive 2002/95/CE : Limitation des substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques (RoHS)

17 Directive 2002/96/CE : Déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE)

18 Pour en savoir plus, voir le dossier de l'ADEME sur les déchets :

<http://www.ademe.fr/entreprises/Dechets/dechets/dechet.asp?ID=31&o=2>

4.1.4. La réforme du code des marchés publics et le financement de l'éclairage public

4.1.4.1. Le code des marchés publics

Concernant le code des marchés publics (Décret du 7 janvier 2004 et Circulaire du 7 janvier 2004 portant sur le manuel d'application), plusieurs instruments peuvent aider à garantir un service d'éclairage public économe en énergie et respectueux de l'environnement :

- La procédure de dialogue compétitif (article 67 du Code des Marchés Publics) permet d'introduire une phase de négociation lors de la sélection des fournisseurs afin de mieux adapter l'offre à la demande. Cette procédure peut être utilisée dans le respect de certains seuils, lorsque le marché est considéré comme complexe et que l'acheteur (la collectivité) n'est pas en mesure de définir les moyens techniques qui répondent à ses besoins (solutions innovantes par exemple) ou d'établir le montage juridique ou financier de son projet.

Cette procédure implique la définition d'un programme fonctionnel comportant des résultats vérifiables à atteindre ou des besoins à satisfaire. Les moyens pour parvenir à ces résultats ou répondre à ces besoins font l'objet d'une proposition de la part des candidats.

- Le dialogue compétitif reprend des éléments de « l'appel d'offre sur performance » de l'ancien code des marchés publics. L'engagement des candidats à atteindre certains objectifs implique la possibilité d'introduire dans le contrat des éléments de performances (avec différents seuils de rémunération en fonction de la performance du service rendu) et de pénalités (au cas où certains aspects ne seraient pas respectés).
- Sous certaines conditions, l'achat d'énergie peut se faire sur bons de commande (article 10 sur l'allotissement et article 81 sur l'acquisition d'énergies non stockables par la personne publique). Cela implique de pouvoir déterminer la nature et le prix unitaire de la fourniture d'énergie (ou des règles pour les déterminer) au moment de l'émission du bon de commande. Par son caractère relativement prévisible, la consommation d'énergie pour l'éclairage public pourrait faire l'objet d'un lot distinct de l'achat d'énergie des communes et bénéficier d'un tarif spécifique (en principe relativement modéré et en tous cas adapté à des consommations planifiées, puisque l'énergie la plus chère est celle appelée au dernier moment). Les fournisseurs d'énergie ont d'ailleurs développé des offres spécifiques pour l'éclairage public.
- Il existe également une possibilité de créer des groupements d'achat (article 8), intéressants pour les collectivités de taille petite et moyenne qui ne disposent pas toujours de compétences en interne pour pouvoir tirer le meilleur parti à la fois du code des marchés publics et de la libéralisation des marchés de l'énergie (voir point 1.5) afin d'obtenir un meilleur service pour un meilleur prix.

4.1.4.2. Le Partenariat Public Privé (PPP)

La réglementation a également évolué concernant le Partenariat Public Privé (PPP)¹⁹. La loi du 2 juillet 2003 a institué le principe de la création d'une nouvelle catégorie de contrats administratifs dénommés « contrats de partenariats ». Il ne s'agit ni de marchés publics ni de délégations de service public (ces deux catégories de contrats restent régies par les textes qui leur sont propres).

Le terme de PPP est générique et recouvre une grande variété de relations entre le secteur public et le secteur privé, puisqu'il désigne un accord contractuel entre un organisme public et une entreprise à but lucratif organisant les compétences et les ressources de chacun en vue de la livraison de biens ou de services destinés à la collectivité. Les contrats prévoient le partage des ressources, des risques et des rémunérations et sont de droit public ou de droit privé, selon leur contenu. Il devient ainsi possible de faire participer le partenaire privé aux investissements de moyen et long termes et de l'intéresser, y compris financièrement, à la performance globale de l'activité, qui dépend notamment de son efficacité énergétique et de son moindre impact sur l'environnement.

Selon le Ministère de l'Économie et des Finances, les contrats de partenariat sont indiqués :

- lorsque le projet du partenaire public implique des investissements d'un prix élevé ;
- lorsque le projet implique un degré élevé de technicité ;
- lorsque le projet doit être financé par le contribuable plus que par l'utilisateur ;
- lorsque le secteur privé est mieux à même d'assurer la qualité du service à l'utilisateur.

Selon une étude américaine²⁰, l'intérêt des PPP pour un organisme public réside principalement dans la réduction des coûts et à l'accès à un savoir-faire des entreprises privées.

Dans la délégation traditionnelle de service public, le concessionnaire est directement rémunéré par les usagers. Avec les PPP, le système de délégation du service public est élargi et englobe les services pour lesquels la collectivité peut payer au nom de ses usagers – l'éclairage public est donc concerné.

Ces modifications importantes du cadre juridique des marchés et services publics impliquent que les différents services de la municipalité soient associés en amont de la réflexion d'aménagement lumière. Le service juridique en charge des marchés publics doit être informé voire formé aux spécificités de l'éclairage public (investissement lourds, sur le long terme, nécessité de prendre en compte la performance globale des installations, la maintenance, la relative prévisibilité des consommations...) pour pouvoir en déduire les montages réglementaires et financiers les plus adaptés : possibilité d'allotissement, de grouper les achats avec d'autres collectivités spécifiquement pour l'éclairage public, élaboration d'un contrat de PPP, etc.

Il est d'autant plus important d'organiser soigneusement cet échange entre les différents services que les périodes d'évolutions réglementaires des marchés publics sont souvent accompagnées d'une grande prudence des acheteurs animés par le souci - légitime - de respecter de nouvelles procédures complexes et peu enclins à tester de nouvelles approches.

¹⁹

Décrets du 21 et 29 octobre 2004.

²⁰

Dossier de Energie-Cités n° 27, Avril 2004

4.1.5. L'ouverture des marchés de l'énergie

Les marchés de l'énergie (gaz et électricité) sont ouverts à la concurrence depuis le 1^{er} juillet 2004 pour tous les consommateurs non résidentiels, y compris les collectivités locales (lois du 10 février 2000 et du 3 janvier 2003 sur la modernisation du service public de l'énergie). Étant données les règles portant sur les achats publics²¹, les acheteurs publics sont cependant libres de mettre en concurrence les fournisseurs d'énergie ou de poursuivre leur contrat en cours avec les opérateurs historiques, mais uniquement jusqu'à la libéralisation complète du marché de l'énergie prévue pour 2007. Toutes les collectivités locales sont ainsi concernées.

La majorité des observateurs ne prévoit pas de baisse des tarifs dus à l'ouverture à la concurrence de ce nouveau marché. Les villes doivent se poser la question de l'achat d'énergie et comment la transformer en opportunité, y compris pour l'éclairage public.

En effet, les fournisseurs d'électricité proposent des offres spécifiques pour l'éclairage public (EP), qui peuvent ou non mettre en avant la maîtrise de la demande d'électricité (MDE). Il est de la responsabilité des collectivités locales d'encourager les fournisseurs à proposer des offres intégrant l'environnement et l'efficacité énergétique. Pour ce faire, elles disposent de plusieurs leviers :

- Ceux liés au choix des procédures d'achat public d'énergie (voir 1.4) qui permettent d'envisager l'allotissement selon les cas (pour l'éclairage public), le dialogue compétitif avec les candidats sur des critères de performance, la signature d'un partenariat public privé ou le regroupement avec d'autres communes de manière à lisser leur courbe de charge pour la rendre plus constante et moins onéreuse, à mutualiser les coûts de négociation et de transaction et réaliser des économies d'échelle...
- Et ceux liés à la rédaction du cahier des charges d'appel d'offres pour la fourniture d'électricité qui permet de déterminer le choix du fournisseur au-delà du prix proposé, selon la fourniture d'informations, le suivi des consommations, la fourniture de services d'efficacité énergétique spécifiques à l'EP, la fourniture d'électricité verte, la gestion des déchets.

En opposition au système de tarification passé dans lequel les clients pouvaient être récompensés financièrement s'ils pouvaient réduire leur consommation à certains moments, le système actuel fixe à l'avance un prix pour un forfait de consommation - les dépassements coûtent très chers. Aussi est-il crucial de connaître et de prévoir le mieux possible les consommations (pour pouvoir négocier au plus près de la consommation réelle), y compris celles spécifiques à l'éclairage public (consommation de base nocturne) et les éléments susceptibles de les faire varier (éclairage festif, aménagements prévus, nouvelles routes, évènements nocturnes, etc.), car c'est l'énergie achetée au dernier moment qui coûte le plus cher.

On voit bien dès lors la nécessité non seulement de disposer de connaissances assez techniques et pointues qui sont de la responsabilité du gestionnaire de l'EP, mais également de les mettre en commun, au sein des collectivités, avec les services responsables de l'achat d'énergie et des marchés publics. Il s'agit, face à la multiplication des interlocuteurs, d'élaborer une stratégie qui ne porte pas uniquement sur les prix, et de l'énoncer clairement. Cela implique sans doute une évolution de la "culture" des services d'éclairage public qui doivent continuer de cultiver leur savoir faire, mais aussi développer un "savoir faire faire" (dans le cadre des aménagements lumière ou de PPP par exemple) et informer les autres services concernés de la ville.

²¹ Circulaire du 16 décembre 2004 modifiant la circulaire du 7 janvier 2004 portant manuel d'application du code des marchés publics.

4.2. CHAPITRE 2 – PREMIERES REFLEXIONS SUR L'AMENAGEMENT LUMIERE

Avant l'exercice de programmation lumière, une collectivité souhaitant développer une politique d'aménagement lumière doit engager un travail préalable de réflexion. Outre la prise en compte du contexte dans lequel s'inscrit cette démarche (contexte national politique, législatif, environnemental mais aussi politique globale de la ville), ce travail implique la définition claire des objectifs poursuivis par la collectivité et une très bonne compréhension de l'organisation du service éclairage public sur son territoire.

4.2.1. Objectifs et identification du cadre de l'aménagement lumière

4.2.1.1. Objectifs

Les objectifs d'une collectivité pour commencer une réflexion générale autour d'un aménagement lumière sont divers :

- maîtriser l'aspect sécuritaire et fonctionnel de la lumière, en ciblant les usagers concernés et en identifiant les problèmes de sécurité des biens et de personnes ;
- prendre en compte le budget financier et les ressources humaines à court, moyen et long terme ;
- accompagner des opérations de développement urbain, en prenant en compte les projets de la collectivité touchant à d'autres domaines que l'éclairage public ;
- prendre en compte l'évolution des matériels et des techniques ;
- utiliser la lumière comme outil de cohésion sociale, en réalisant un traitement des quartiers équitables ou en valorisant certains quartiers réputés « difficiles » ;
- proposer une ambiance lumineuse appropriée, tenant compte des normes et des réglementations et évitant par exemple les éblouissements ou les surcharges de lumière ;
- rendre le milieu urbain plus vivant, plus attractif et plus convivial par exemple, accompagner par la lumière le développement économique et touristique et la création d'espaces ludiques.

Quel(s) que soit l'(es) objectif(s) poursuivi(s) par la collectivité, il s'agit pour elle d'intégrer dans sa politique d'aménagement lumière des objectifs de développement durable :

- respect de l'environnement
- limitation des nuisances lumineuses ;
- préservation de la qualité de l'air ;
- maîtrise des consommations d'énergie et de matières premières ;
- gestion pertinente des déchets ;
- amélioration de la qualité de vie des usagers ;
- meilleure répartition des aménagements lumineux entre les quartiers et en particulier dans les zones difficiles.

4.2.1.2. Inscription du projet dans un cadre particulier

Pour mettre en place cette politique sur une collectivité, il convient d'avoir une vision globale des évolutions que la collectivité va connaître sur les moyen et long termes afin de pouvoir relier les actions à entreprendre dans le domaine de la lumière aux réalisations envisagées en matière de traitement de l'espace public, de constructions de voies, de réhabilitations. L'existence de projets d'aménagement urbain aura des implications certaines sur la conception lumière des espaces concernés.

L'aménagement du paysage nocturne peut aussi s'inscrire dans un cadre plus restrictif comme la préparation d'un événement spécifique (comme des événements festifs autour de la lumière tels les « Fêtes de la lumière » à Lyon ou les fêtes de fin d'année).

Si la collectivité a adopté une démarche globale autour du développement durable (de type Agenda 21), ou si elle s'apprête à le faire, le politique d'aménagement lumière doit à la fois en tenir compte et en faire partie.

Illustration

Intégration du développement durable dans le Plan Lumière de Lyon

Le premier Plan Lumière de la Ville de Lyon, commencé à la fin des années 80, a constitué une œuvre pionnière dans le domaine de la politique lumière et a contribué à faire progresser la perception même de l'éclairage public. La lumière fait partie intégrante, grâce à la notion de « paysages nocturnes » dorénavant familière, de l'action publique et des projets d'aménagement paysagers, urbanistiques et architecturaux. Ce Plan a par ailleurs contribué à ouvrir la voie à la professionnalisation d'une nouvelle activité : la « conception lumière ». Aujourd'hui, sur l'initiative de l'adjoint au Maire de Lyon chargé de l'Urbanisme et du développement durable, Lyon renouvelle son Plan Lumière. Parmi ses diverses ambitions (ouvrir le champ de la création, intégrer les nouvelles possibilités techniques, mieux utiliser la lumière dans un souci de développement urbain ou social, etc.), sont placées en priorité la prévention des nuisances lumineuses et la réduction des consommations d'énergie des lampes.

Les propositions du Plan ont été débattues au sein de trois ateliers (vision de la ville et la création, évolution des techniques et écologie de la lumière) rassemblant chercheurs, experts, professionnels, techniciens, associations, et concepteurs. Un atelier spécifique appelé « Atelier Développement Durable » était chargé de débattre des questions de protection de l'environnement et de maîtrise des consommations d'électricité.

Le nouveau plan Lumière est donc soucieux du développement durable. Il se traduit par des engagements nombreux et vise à couvrir un champ allant de la récupération des matériaux à la diminution des consommations ou des nuisances et à l'utilisation de sources lumineuses vertes et de véhicules propres pour la maintenance.

4.2.2. Vers quel plan d'aménagement lumière ?

Pour engager une démarche globale d'aménagement de son paysage nocturne, la collectivité doit donc se poser les questions suivantes :

1. **Définition des besoins** : quels sont les besoins à satisfaire et les contraintes techniques, topographiques, sociologiques, environnementales ?
2. **Définition des objectifs et des priorités** : quels sont les objectifs spécifiques de la collectivité ? Où place-t-elle ses priorités ? Ces questions découlent de l'objectif général.
3. **Mise en place d'outils de planification** : de quels outils de planification la collectivité dispose-t-elle ou lesquels doit-elle élaborer ?

4. **Mode de gestion et moyens techniques et financiers à mettre en œuvre** : à combien estime-t-elle la réalisation de l'ensemble du projet ? En d'autres termes, quel est le coût global estimé du projet en termes humains et financiers ? Quel est le niveau de budget de la collectivité sur ce projet ?
5. **Définition de l'expertise nécessaire** : la collectivité a-t-elle les moyens d'engager seule le programme (service technique...) ou doit-elle faire appel à un Assistant à Maîtrise d'Ouvrage (AMO) ou à un Bureau d'Etudes (BE) spécialisé pour établir le plan d'Aménagement Lumière ?
6. **Constitution du Comité de Pilotage** : quels acteurs doivent être associés à la démarche ?
7. **Evaluation** : quels moyens d'évaluation de la MDE la collectivité compte-t-elle mettre en place ?

Ce Guide fournit des éléments pour mieux intégrer les aspects de MDE et de protection de l'environnement dans l'ensemble d'un plan d'aménagement lumière.

4.2.3. Quelle est l'organisation de la collectivité pour réaliser ce projet ?

Les questions concernant le plan d'aménagement lumière doivent être posées en parallèle à des questions de type « introspectives ». En effet, trop souvent, on a constaté un relatif échec des projets d'éclairage et des concepts de mise en lumière ou du moins une absence d'appropriation du projet par ceux-là mêmes qui l'avaient initié en raison d'un manque de connaissances des acteurs impliqués dans l'éclairage public. La collectivité doit savoir quelles sont ses compétences en éclairage public et de quelles structures relèvent les autres compétences sur le même sujet, qui gère quoi et quels sont les documents à sa disposition pour commencer de façon optimale la démarche lumière proprement dite.

4.2.3.1. Quelles sont les compétences de la collectivité dans l'éclairage public ?

L'éclairage public concerne de nombreux espaces et sites allant des bâtiments (monuments, centres sportifs, patrimoines), à la signalisation, en passant par les espaces publics (voies publiques, parcs, bords de rivières, etc.). La gestion de ces sites et espaces sur un même territoire relève souvent d'acteurs différents. Il arrive ainsi qu'une intercommunalité assure la gestion de l'éclairage des voiries et de la signalisation pour l'ensemble de ses communes membres alors que celles-ci gèrent individuellement leur propre plan d'aménagement lumière : illuminations festives, illuminations à raisons esthétiques ou culturelles, illumination des bâtiments sportifs. Le cas contraire est également rencontré : l'éclairage des voiries, les feux tricolores, les illuminations des bâtiments sportifs et éducatifs ou les illuminations festives sont sous la responsabilité de la municipalité tandis que l'intercommunalité à laquelle elle appartient prend en charge les grands projets d'éclairage.

Toutes les situations existent et rendent l'application d'un plan d'aménagement lumière plus ou moins complexe. Il s'agit de ne pas développer un projet en contournant un acteur pourtant directement concerné. L'identification des responsabilités de chaque acteur est donc une première étape incontournable.

4.2.3.2. Qui gère et exploite l'éclairage public dans la collectivité ?

On constate une diversité des situations dans la gestion du parc EP. Selon l'enquête du CERTU réalisée en 1999, près de la moitié de l'ensemble des villes exploite directement leur patrimoine éclairage public en régie municipale. Cette proportion est encore plus forte dans les grandes villes où elle atteint 67%, les villes de moins de 100 000 habitants faisant davantage appel aux entreprises pour l'exploitation de leurs installations d'éclairage²². Le gestionnaire de l'éclairage public participera évidemment à la réflexion engagée par la collectivité autour de la lumière. C'est d'ailleurs souvent lui l'initiateur du projet. En règle générale, lorsque l'initiative vient du gestionnaire, l'objectif affiché du projet concerne plutôt la programmation d'une remise à niveau ou modernisation du parc EP sur le moyen et long terme, formalisée par un Schéma Directeur d'Aménagement Lumière.

4.2.3.3. Quels sont les documents et données disponibles ?

Une fois les acteurs et les compétences identifiés, la collectivité réalise un recensement de l'ensemble des documents à sa disposition pour commencer l'analyse. Elle s'interrogera tout d'abord sur l'historique des projets d'éclairage et de conception de mise en lumière sur son territoire : son projet constitue-t-il une première ou au contraire s'inscrit-il dans une continuité de politique d'aménagement lumière ? Dans le second cas, il est important de connaître les projets passés (qu'ils aient été réalisés ou non, en tout ou partie) et de rechercher une cohérence entre les différents projets afin d'éviter toute discordance lumineuse ou une trop grande rupture dans la pratique habituelle de l'éclairage public.

C'est aussi un moment privilégié pour étudier si l'environnement et la maîtrise de l'énergie ont été pris en compte précédemment et comment introduire ces paramètres dans la nouvelle démarche tout en conservant une cohérence avec les précédents plans d'aménagement lumière.

Plusieurs documents seront recherchés, parmi lesquels :

- un diagnostic urbain : analyse du patrimoine architectural ;
- un diagnostic technique : analyse de l'existant (nocturne et diurne), données techniques sur l'éclairage public, détail des investissements réalisés au cours des dernières années, plan de récolement des opérations les plus récentes ;
- des cartographies diverses : plan des réseaux électriques existants, carte photométrique, cartographie de la qualité d'éclairage des voies ;
- une analyse paysagère, un schéma de végétalisation ;
- un inventaire financier de l'existant (coûts des investissements et de fonctionnement) ;
- le contrat de maintenance en vigueur ;
- les précédents plans d'aménagement lumière (le cas échéant) ;
- les avis de la population (recensement des plaintes éventuelles).

Pour cela, l'initiateur du projet s'adressera aux différents services ou institutions concernés de près ou de loin par l'éclairage public (service EP bien sûr mais aussi service de la voirie, de l'aménagement du territoire, agence d'urbanisme, etc.)²³.

²² Enquête 1999, La pratique des villes françaises en matière d'éclairage public, collections du CERTU

²³ Voir le chapitre 4 de ce volet « Programmation Lumière »

A ce stade de la démarche, il faudra réfléchir à la façon d'obtenir et de produire les documents dont elle ne dispose pas et dont elle a pourtant besoin. Bien entendu, la méthode de travail et de recensement pourra être simplifiée en fonction de la taille de la commune ou du quartier à traiter : l'étude d'un petit bourg ne demande pas un recueil de données aussi complexe que l'élaboration d'un plan d'aménagement lumière à l'échelle d'une grande collectivité. Mais la logique de la démarche reste la même. Ce sont la nature et l'importance des renseignements à recueillir, et ensuite la composition de l'équipe de projet qui vont varier en fonction des cas à traiter.

Cette phase de réflexion (qui relève d'une démarche interne à partir des compétences des services et avec l'aide des conseils dont la collectivité peut disposer) est une étape importante qui apparaît comme un bon moyen de cadrage et d'orientation des études à effectuer. Elle sert à communiquer les attentes et exigences du maître d'ouvrage.

4.3. CHAPITRE 3 - EXPRESSION ET DEFINITION DES BESOINS

4.3.1. La démarche citoyenne

Le développement durable implique un mode d'intervention transversal plutôt qu'une approche sectorielle, un partenariat public/privé permettant d'associer aux actions publiques les fonds et intérêts privés, et la concertation avec tous les acteurs concernés. Il ne s'agit plus d'appliquer des règles dans l'intérêt général mais de construire un processus de décision où tous les acteurs participent (y compris le pouvoir public).

La politique d'aménagement lumière (comme n'importe quel projet urbain) doit être définie par l'ensemble de la communauté et prendre en compte une grande diversité d'acteurs, des temporalités et des échelles différentes. Le rôle des techniciens et des décideurs s'en trouve modifié car ils doivent construire de nouveaux rapports avec les habitants et entre eux :

- le décloisonnement nécessaire des domaines de compétence des élus et des services techniques conduit à une optimisation des interventions et des investissements puisqu'il aboutit à une synergie entre compétences et moyens à un instant donné ;
- le développement de moyens de consultation et de structures participatives permet de mieux informer, d'associer les citoyens aux décisions ;
- la démarche facilite l'acceptation des décisions et évite des réactions de rejet et des actions en justice ;
- le dépassement des relations opposants/partisans ou élus/administrés permet à la collectivité de faire appel à des savoir-faire et des expertises diverses et de créer une coordination entre tous les acteurs.

Pour faciliter le processus, la collectivité peut se faire aider par une assistance à maître d'ouvrage (AMO), spécialiste indépendant de la collectivité et des différents opérateurs concernés.

La prise en compte des besoins et suggestions des usagers s'effectue dès l'amont de la démarche et peut prendre plusieurs formes :

- *réunions publiques d'information par quartier*, expliquant l'intérêt d'une politique d'aménagement lumière mais également comment la concertation est mise en place (annonce de l'envoi d'un questionnaire de consultation) et *les échéances* ;
- *questionnaire accompagné d'une présentation du projet global* (avec une date limite de rendu) adressé aux habitants, aux entreprises et aux associations du quartier : ce questionnaire permettra de recueillir les opinions des acteurs sur le projet ainsi que leurs attentes ;
- *analyse des incidents, des plaintes ou demandes* des usagers concernant les installations en place (pour y répondre et éviter que cela se reproduise - dans la mesure du possible) ;
- *information sur l'évolution du projet à chaque étape* (réunions, bulletins d'information, exposition de projets ou d'exemples et recueil des réactions...) ;
- *organisation d'une visite dans une autre ville « phare »* ayant développé un projet d'éclairage intégrant des aspects environnementaux ;
- *amélioration de l'accès à l'information* et garantie d'une bonne compréhension des idées et projets en évitant un langage technocratique.

Ce processus de concertation enrichit les projets et renforce la responsabilité des élus et collectivités locales.

4.3.2. L'état des lieux

La base indispensable d'un plan d'aménagement lumière est la connaissance du terrain et des équipements existants. Il faut donc mettre en place une base de données informatique précise (d'après l'International Association for Energy-Efficient Lighting - IAEEEL -, un registre papier peut être suffisant en dessous de 1000 points d'éclairage).

4.3.2.1. Diagnostic technique

Avant tout engagement dans un plan d'aménagement lumière, la collectivité doit bien connaître l'ensemble des éléments constituant son parc d'éclairage public. Le diagnostic technique se déroule de la manière suivante :

- inventaire et classement du matériel en place : modèles et caractéristiques de luminaire, de support (matériel, hauteur), de type de lampe (source lumineuse), réseau (vétusté, longueur, câblage), performances lumineuses (avant et après nettoyage), autres équipements (régulation, armoires, etc.), distance entre les équipements ;
- relevé de l'état de vétusté du matériel (photométrique, mécanique, électronique...);
- recensement des moyens disponibles (service, base de données, atelier...) et organisation du service EP (nombre d'employés, fonctions, gestionnaire, etc.) ;
- étude et analyse des factures d'électricité sur au moins une année complète avec localisation des postes de distribution, analyse des abonnements, du mode de facturation et de tarification, définition d'indicateurs comme la dépense par poste, analyse des consommations d'électricité, relations avec le fournisseur d'électricité ;
- organisation de la maintenance, incidents techniques relevés ;
- coût de fonctionnement (énergie, maintenance, remplacement des lampes, etc.) ;
- recensement des incidents ;
- etc.

Ce diagnostic aboutit au calcul de ratios financiers, énergétiques et environnementaux (gaz à effet de serre, production de déchets nucléaires induits, production de déchets chimiques, impacts sur la courbe de charge...). La méthode pour calculer ces ratios est fournie de façon détaillée dans le volet 2, au Chapitre 6.

Illustration

Résumé de l'état initial réalisé sur la Communauté d'Agglomération Reims (CAR)

Particularité de la CAR	<ul style="list-style-type: none"> - 6 communes - 220 000 habitants
Type de gestion	<ul style="list-style-type: none"> - Fonction du service éclairage public de la CAR (19 personnes) <ul style="list-style-type: none"> o Gestion du recensement technique de l'ensemble des matériels et appareillages du réseau (logiciel Citée Gestion) o Programmation et suivi des travaux neufs et des rénovations o Achat et gestion des matériels et appareillages (sauf les lampes dont le remplacement est de la compétence des sociétés de maintenance) - Maintenance du réseau assurée par un groupement de 3 entreprises
Nature du réseau	<ul style="list-style-type: none"> - Triphasé et monophasé - 550 km de voirie éclairée
Nombre de postes de distribution	<ul style="list-style-type: none"> - 1 poste MT vert A5 moyenne utilisation de 332 kW - 1 poste MT vert A5 moyenne utilisation de 80 kW - 391 postes BT éclairage public totalisant 4 903 kW - Puissance souscrite totale = 5 315 kW
Matériels en place	<ul style="list-style-type: none"> - 28 705 points lumineux - 26 676 supports installés - 13 types de lampes en fonction - 59 % de lampes sodium haute pression
Mode de fonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> - Alterné (1 point sur deux de 0h30 à 4h30) - Commande par système astronomique Pulsadis géré par EDF - Temps de fonctionnement annuel en 2003 = 4 106 heures

4.3.2.2. Diagnostic urbain

Cette phase de l'étude consiste à analyser les sites dans toutes leurs dimensions, de jour comme de nuit suivant plusieurs principes. Il n'existe pas, en effet, d'éclairage « standard » pour un lieu donné (rue, place, traversée d'agglomération, espace piéton, parc, etc.).

Un certain nombre d'études et analyses sont réalisées en vue d'un diagnostic urbain :

- morphologie des sites : elle dépend des formes, des hauteurs des bâtiments, des matériaux, du relief, etc. ;
- caractères des sites : ils dépendent de leur histoire, de leur fonction, de leur ambiance, des pôles structurants qui animent la vie quotidienne, des usages, de l'architecture, du sens et des symboles qui s'y attachent (comme pour les sites historiques), etc. ;
- importance relative des lieux : les collectivités sont constituées d'éléments ayant une force relative les uns par rapport aux autres : il est nécessaire de faire émerger les centres d'intérêt ou ceux auxquels on veut donner du poids, et pour ce faire de recenser tous les ensembles architecturaux et paysagers remarquables du patrimoine de la collectivité et les différencier selon leurs styles et leurs époques d'édification et répertorier les éléments de « micro

patrimoine » que sont les détails architecturaux, tels que les portes cochères avec leurs ouvrages de ferronnerie.

- continuité et rupture : cela implique l'identification de ce qui relie des quartiers ou les sépare, les inter-activités socio-économiques qui existent entre eux, etc.
- analyse paysagère (plans, lignes, écrans et transparences, points singuliers, matières, couleurs, ombres...) qui permettra de définir les points forts du paysage urbain et un concept (symbolisme) adapté à une bonne lecture du paysage.

La collectivité pourra utilement compléter son enquête par des observations de terrain sur le comportement des usagers. Par exemple :

- cheminements privilégiés : les habitants empruntent toujours le chemin le plus court ou le plus sécurisé, qui peut ne pas être le tracé prévu (passage piétons, allée de parc...). Pour répondre aux besoins réels, il est important de comprendre la raison du comportement et d'effectuer une correction (en équipant l'espace d'un éclairage adapté par exemple) ou de modifier l'équipement (changement d'emplacement du passage piéton ...);
- points de repère visuels, culturels ou sociologiques caractérisant la vie du quartier (qui pourra être mis en valeur par un éclairage adapté);
- lieux de rencontre ou d'activités : certains espaces sont investis par des usagers à certains moments de la journée ou de la nuit. Ce n'est jamais un hasard : l'espace présente des caractéristiques, des signes, qui répondent aux attentes des intéressés (espaces verts, bancs publics, escaliers ou bordures servant de banquettes ou de lieux de rendez-vous, surface permettant de pratiquer le roller ...). La connaissance de ces usages permet d'améliorer l'aménagement de l'espace (mobilier urbain ou éclairage adapté) et d'encourager (ou décourager) les pratiques observées.
- expression des craintes des citoyens concernant les accidents, le sentiment d'insécurité ou le vandalisme dans certaines zones.

À partir de ce diagnostic, la collectivité réalise une première cartographie du point de vue de tous les référents évoqués.

Les diverses analyses permettent de mieux connaître le site, sa vie de jour comme de nuit, les problèmes qui s'y posent, les principaux enjeux. Des axes prioritaires d'intervention pourront ainsi être dégagés.

Il est recommandé de ne pas omettre la diffusion du résultat des enquêtes aux personnes interrogées : la prise en compte de la consultation des citoyens et l'explication des décisions qui seront prises est une base incontournable pour l'acceptation des réalisations ultérieures.

4.3.3. Analyse des besoins et des contraintes

Il s'agit de recouper les diverses informations et analyses (en provenance du terrain, des consultations et concertation, des renseignements obtenus auprès des élus et des responsables des services municipaux notamment en matière d'évolution de la ville) afin de définir et de hiérarchiser les actions de la politique d'aménagement lumière, en fonction du programme de la collectivité et des contraintes fonctionnelles, techniques, écologiques et réglementaires.

Les contraintes à prendre en compte sont de plusieurs ordres :

- fonctionnelles : espaces à éclairer, accessibilités...
- techniques : alimentation électrique, implantation des appareils et des supports, nature du sol, accessibilité des points lumineux pour la maintenance...
- prise en compte impérative de la MDE,
- usages : quartier commerçant, activités de loisirs, riverains...
- climatiques : vents dominants, humidité du lieu, risques d'avalanches, salinité...
- écologiques : présence de faune ou de flore fragiles, d'espèces protégées, proximité d'un observatoire astronomique...
- réglementaires : propriété du site, 500 m autour d'un monument classé, ZPPAUP, réserve naturelle, proximité d'un port, d'une gare ou d'un aéroport...
- économiques : montant du budget d'investissement et d'exploitation.

L'étude de l'ensemble de ces contraintes permet de cadrer la conception et de guider les choix techniques.

La **cartographie** est le plus souvent le moyen approprié pour regrouper l'ensemble de la connaissance acquise et la représenter de façon synthétique. Mais on peut avoir recours à des **photos aériennes** ou à des **images de synthèse** afin de mieux visualiser le projet (croissance des végétaux, effets lumineux...).

Un rapport et des documents graphiques permettant la communication des informations et facilitent le partage du diagnostic.

4.3.4. Analyse critique (possibilités d'optimisation énergétique)

Pour atteindre les objectifs MDE, l'ensemble des éléments ci-dessus doit être examiné dans un but d'optimisation énergétique, sans nuire à la qualité de la proposition.

Le projet sera passé au crible des questions suivantes :

- L'opportunité d'éclairer est-elle avérée ?
- Les choix technologiques sont-ils pertinents ?
- Les simulations économiques et coûts relatifs des propositions sont-ils valides ?
- Les contrats de fourniture d'énergie sont-ils adaptés aux besoins ?
- Les performances lumineuses sont-elles adaptées aux besoins ?
- Quels sont les impacts sur l'environnement et les mesures possibles d'atténuation ou de suppression ?
- Les objectifs énergétiques sont-ils atteignables, à quel prix ?

Le remplacement des installations existantes par des matériels plus performants permet de réaliser d'importantes économies et d'adapter les types d'éclairages aux situations. Cela participe également à l'amélioration de l'ambiance urbaine.

Une comparaison avec les ratios de la moyenne française²⁴ et avec les meilleures pratiques européennes (Cf. Energie Cités²⁵) permettra de situer le niveau du projet.

²⁴ Des ratios de la moyenne française sont fournis en Chapitre 6, point 6.2, du Volet 2., p 61

²⁵ *A guide to the main issues in the management of public lighting by local authorities* – CLEEN, Energie Cités, octobre 2000

4.4. CHAPITRE 4 – PROGRAMMATION LUMIERE

Une fois les objectifs, le cadre et les besoins identifiés, le travail de programmation lumière peut commencer. Il implique de choisir un outil de programmation adapté aux objectifs et la mise en place d'une structure de concertation dans laquelle pourra être construite la programmation.

4.4.1. Les outils existants

A la fin de l'analyse critique, les enjeux énergétiques, environnementaux et budgétaires auront été soulevés. La collectivité devra maintenant trouver les moyens de prendre en compte la maîtrise des consommations d'énergie dans le cadre de la programmation de son aménagement lumière.

La programmation permet aux collectivités locales d'adapter l'éclairage à chaque zone de la ville tant au niveau de la qualité que des performances des équipements. Les documents de programmation qui fournissent des règles et des informations objectives, sont des aides à la décision précieuses lors des choix d'équipements et permettent de mener une politique d'éclairage cohérente. Roger Narboni, concepteur lumière, fournit dans son ouvrage « *La Lumière Urbaine* »²⁶ une définition indicative mais aujourd'hui reconnue par les principaux intervenants de la conception lumière, des différents documents de programmation déclinés selon les objectifs poursuivis et le périmètre de l'action. Le Guide présente ici ces définitions.

4.4.1.1. Schéma Directeur d'Aménagement Lumière (SDAL)

Définition

Ce terme de SDAL a été calqué sur celui de SDAU utilisé en urbanisme, pour Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme. Appelé parfois schéma directeur lumière, le SDAL concerne des études urbanistiques globales réalisées à l'échelle d'une ville, d'une Zone d'Activité Commerciale (ZAC), d'un quartier ou d'un site. Il consiste en une réflexion approfondie sur la lumière urbaine : analyse de l'existant, principes synoptiques, typologies d'éclairage, composition, tonalités, bâtiments et espaces publics à privilégier. Il s'intéresse plus particulièrement à l'éclairage des espaces publics, des monuments et bâtiments remarquables.

Le SDAL n'est pas un projet : il ne débouche sur aucun chiffrage, mais définit un concept global à long terme (à une échéance de 15 à 20 ans), des orientations, des lignes directrices à respecter, un programme pour l'éclairage urbain, les ambiances nocturnes, les mises en lumière et le mobilier d'éclairage. Il est présenté sous la forme d'un mémoire accompagné de nombreux plans et coupes. Après son approbation par la municipalité, le SDAL est un outil destiné aux services techniques (Direction de la voirie et de l'éclairage) et à la Direction de l'architecture et de l'urbanisme de la ville, qui ont à gérer dans le court et le long terme son application.

Elaboration

L'élaboration d'un SDAL nécessite la mise en place par le maître d'ouvrage d'un groupe de pilotage qui doit se réunir régulièrement – une fois par mois au minimum – pour valider l'avancement des

²⁶

Paru en 1995 dans la collection Techniques de conception.

études et les options proposées avant finalisation du document. Ce groupe doit rassembler, en plus du maître d'ouvrage qui pilote le projet, des élus, des représentants des directions de la commune concernées (services techniques, architecture et urbanisme, espaces verts, tourisme, culture) et des représentants de l'État (architecte des bâtiments de France [ABF], Direction Départementale de l'Équipement [DDE], Direction Régionale des Affaires Culturelles [DRAC], etc.).

Utilisation

Après approbation par le Conseil municipal, le SDAL sert de document de référence pour rédiger le programme d'une consultation et pour éditer un cahier des charges ou une charte des recommandations. La maître d'ouvrage peut s'appuyer sur le SDAL pour :

- programmer les opérations de rénovation de l'éclairage public ;
- planifier les projets d'illuminations ;
- initier des travaux d'aménagement et d'éclairage public ;
- émettre un avis dans le cas où un concours de concepteurs a été organisé ;
- attribuer un permis de construire à une opération menée par un promoteur immobilier ;
- attribuer une autorisation de travaux dans un périmètre historique ou dans le cadre d'une zone protégée ZPPAU.

Coûts

Dans le cas où le maître d'ouvrage décide de sous-traiter la réalisation du SDAL, les coûts d'études sont très variables. Ils dépendent de plusieurs facteurs : le périmètre d'étude, le degré de précision souhaitée et la durée de l'étude. Le SDAL d'une ville (grands axes, hypercentre et lieux clés) peut alors varier de 10 000 € (pour une commune de 5 000 habitants) à 55 000 € HT (pour une commune de 300 000 habitants et plus). Le SDAL d'une ZAC ou d'un quartier (ensemble des espaces publics) s'échelonnent de 15 000 à 55 000 €

Délais

Les délais d'études d'un SDAL sont généralement importants : ils peuvent varier de quatre mois à plus d'un an en fonction du périmètre à étudier. La phase d'analyse de l'éclairage existant dure un à deux mois. La prise en compte de la MDE et de l'environnement peut nécessiter plus de temps qu'une démarche « traditionnelle ».

4.4.1.2. Plan Lumière (PL)

A la différence d'un SDAL, le plan lumière consiste à repérer, dans une ville, un quartier ou un site, les monuments, ouvrages d'art et édifices remarquables à illuminer.

L'éclairage urbain (rues, avenues, places, parcs) peut être abordé mais de manière tout à fait secondaire.

Le plan lumière permet donc de dessiner la silhouette nocturne d'une ville à une échéance de quatre à six ans, à partir d'une collection d'édifices éclairés. Les projets d'illuminations sont ensuite confiés à un ou plusieurs concepteurs lumière, en collaboration avec l'auteur du plan, qui joue ainsi un rôle équivalent à celui d'un architecte en chef de ZAC. Le plan lumière définit le phasage et le chiffrage des opérations, de manière à programmer des investissements annuels. C'est un document illustré de perspectives nocturnes.

Élaboration

Le plan lumière est concrétisé par des réalisations programmées annuellement en fonction des budgets d'investissement disponibles.

Coûts

Comme pour les SDAL, les coûts d'études des plans lumière sont très variables. Le plan lumière d'un quartier et d'une ville (monuments et lieux clés) peut aller de 15 000 € à 75 000 €

Délais

Les délais d'études d'un plan lumière vont de trois à neuf mois selon la taille de la ville. Une analyse de l'état existant n'est en général pas demandée. Cependant, prendre en compte la MDE et l'environnement nécessite dans tous les cas, même lorsque le périmètre est restreint, une analyse minimale de l'existant : consommation, puissance, coûts de fonctionnement des installations présentes et comparaison avec les installations proposées.

4.4.1.3. Charte Lumière

Ce terme désigne plus spécifiquement l'établissement d'un cahier des charges pour l'éclairage urbain et le mobilier lumière à l'échelle d'un quartier ou d'un site. La Charte lumière peut constituer l'ébauche d'un SDAL ou résulter d'un SDAL existant.

Elle débouche sur la réalisation de zones tests, le phasage et le chiffrage des opérations. Le matériel et la typologie d'éclairage définis sont mis en œuvre progressivement par les services techniques, en fonction des investissements prévus et des opérations de renouvellement d'éclairage existant.

4.4.1.4. Scénographie lumière

La "scénographie lumière" est une mise en scène nocturne élaborée par un concepteur unique, à l'échelle d'un site, sur une thématique clairement affirmée. Il s'agit donc d'une démarche située à l'opposé d'une conception résolument globale de la ville nocturne comme le SDAL. Elle diffère aussi du plan lumière, appliqué pour sa part progressivement et par différents concepteurs.

A partir d'une analyse du site, un concept de paysage nocturne est projeté, qui inclut la mise en lumière des monuments, édifices et ouvrages d'art, et parfois l'éclairage des espaces urbains adjacents. La scénographie lumière est une étude de projet qui comprend le phasage et le chiffrage prévisionnel des travaux.

4.4.2. Constitution du Comité de Pilotage et de groupes de travail

La constitution d'une équipe mobilisée autour du projet de plan d'aménagement lumière garantit la motivation des acteurs et leur contribution dès le début de la démarche ; cette contribution peut prendre la forme d'un apport de données techniques ou architecturales sur la ville (services techniques, direction de l'architecture, prestataires de services de maintenance, fournisseur d'énergie, etc.), d'un appui financier (subventions), de la réalisation d'actions de communication autour de la démarche... Les différents acteurs pourront ou non participer au Comité de Pilotage ou aux différents groupes de travail thématiques.

4.4.2.1. Désigner le chef de projet en charge du dossier du début (définition des objectifs) à la fin (suivi après la réalisation des travaux).

Selon l'objectif général de la collectivité, certains services sont plus pertinents que d'autres pour superviser le projet et réaliser la maîtrise d'ouvrage. Ainsi, par exemple, pour un aménagement lumière visant à prendre en compte l'évolution des matériels et des techniques et à rénover l'ensemble du parc EP de la collectivité, le service EP s'avère plus approprié. Pour l'éclairage d'un parc ou, plus généralement de végétaux, ce sera *a priori* le service des espaces verts. En revanche, pour un projet d'aménagement dont l'objectif est de rendre le milieu urbain plus attractif par l'illumination de bâtiments remarquables, le service de l'urbanisme est sans doute mieux équipé pour être le meneur du projet.

Ainsi, il convient de bien identifier le plus tôt possible le service et le chef de projet qui sera responsable de la démarche. Ses fonctions seront d'assurer tout le suivi de la démarche, de diffuser les informations et sensibiliser en interne (assurer le dialogue entre les réunions des groupes de travail et du Comité de pilotage), de rédiger les comptes-rendus des réunions et les différents cahiers des charges.

Il est préférable que ce chef de projet ait des compétences dans le domaine de la maîtrise de l'énergie. Dans le cas contraire, il peut rechercher cette compétence au sein de la collectivité (par exemple si le chef de projet provient du service de l'urbanisme, il peut faire appel à un ingénieur MDE travaillant dans le service EP) ou envisager une assistance à maîtrise d'ouvrage.

4.4.2.2. Quels sont les acteurs à impliquer dans la démarche?

Les nouvelles démarches en matière de politique d'aménagement lumière et d'éclairage public doivent faire évoluer les pratiques des responsables de la voirie, des espaces verts ou de la sécurité : une approche partenariale s'impose, entre acteurs politiques (élus, syndicats d'électrification...), sociaux (usagers, associations de quartier...), économiques (commerçants, professionnels...) et techniques (architectes, ingénieurs, services techniques des villes...), pour atteindre la cohérence et l'efficacité des installations d'éclairage public.

Constitution du comité de pilotage

Le rôle d'un Comité de pilotage est d'assurer la mise en place puis le suivi du plan d'aménagement lumière. Il aura pour objectifs de définir et décider des grandes orientations souhaitées pour la politique d'aménagement lumière, de valider les différents documents produits (cahier des charges à destination des concepteurs, plaquette de communication auprès des usagers, analyse urbaine, etc.) et de suivre le travail réalisé par le prestataire (concepteur et/ou éclairagiste professionnel).

Le chef de projet doit identifier les « personnes ressources » au sein des différents services de sa collectivité. S'il fait partie d'une intercommunalité, il doit vérifier en quoi son projet peut concerner les services des communes membres de l'intercommunalité.

Afin d'assurer l'intégration de mesures MDE et de protection de l'environnement, il est souhaitable que les services de l'urbanisme et de l'éclairage public participent au projet et se concertent sur tous les types de décisions, même celles relevant habituellement du domaine « artistique ».

La composition d'un Comité de Pilotage dépend évidemment du contexte dans lequel s'inscrit la politique d'aménagement lumière et des objectifs qu'elle poursuit. Ainsi, si l'objet de la politique est la mise en œuvre d'un événement culturel et festif, type la « Fête des Lumières » à Lyon, la participation d'artistes et de designers au Comité est incontournable ; elle n'est pas indispensable dans le cas où l'objectif est de développer une programmation des installations EP sur le moyen à long terme.

Cependant, un Comité de pilotage est généralement composé :

- du Président du Comité : un élu,
- du Maître d'ouvrage : généralement le service EP ou le service de l'urbanisme, les deux services doivent être représentés,
- de l'assistant à maîtrise d'ouvrage sélectionné sur la base de ses compétences dans les plans d'aménagement lumière et de ses compétences MDE,
- des représentants des autres Directions de la Collectivité (affaires culturelles, tourisme, espaces verts, etc.),
- du gestionnaire du parc EP (si ce n'est pas le service EP),
- d'un sociologue urbain,
- des représentants de l'État (DDE, DRAC, ABF, etc.),
- éventuellement, du fournisseur d'énergie, des installateurs, constructeurs et de l'entreprise en charge de la maintenance du parc EP.

La participation d'un représentant de la délégation régionale de l'ADEME, dont le but serait de conseiller l'AMO et la collectivité, permettrait d'assurer que ceux-ci prennent bien en compte les prescriptions énergie/environnement et d'apporter les documents techniques nécessaires. Le maître d'ouvrage peut donc contacter la délégation régionale de l'ADEME de sa région pour proposer qu'un représentant de l'ADEME participe au Comité de pilotage. C'est également une occasion d'étudier avec l'ADEME l'opportunité de participer au programme européen Greenlight.

Constitution de groupes de travail

La constitution de groupes thématiques formés de spécialistes dans le domaine du thème traité permet d'enrichir la politique d'aménagement lumière et faire en sorte qu'elle soit appropriée par les différents acteurs de la collectivité de sensibilités et de provenances diverses. Par exemple, dans un groupe « Vision de la ville », pourront intervenir des architectes de la ville, des paysagistes, des artistes, etc. Interviendront dans un groupe « Développement Durable » des ingénieurs MDE, le porteur d'un Agenda 21 local s'il en existe, des associations de lutte contre les nuisances lumineuses nocturnes, l'ADEME, etc. L'objet de ces groupes est de travailler en commun sur les différents aspects thématiques de l'étude et de produire des documents qui seront ensuite utilisés comme base documentaire pour la prise de décision par le Comité de pilotage. Ces acteurs ne participent donc pas nécessairement au Comité de Pilotage, sauf durant certaines séances plénières dont la tenue est décidée par le Comité de Pilotage.

La constitution des groupes de travail doit être décidée très en amont et si possible dès la première réunion du Comité de pilotage de manière à ce que les acteurs s'engagent activement dans la définition de la politique d'aménagement lumière.

Ainsi, selon le/les objectif(s) souhaités, différents groupes thématiques peuvent être créés et organisés en parallèle. Les exemples cités ci-dessous sont indicatifs :

- Groupe « Aménagement urbain »,
- Groupe « Développement durable »,
- Groupe « Vision de la ville »,

- Groupe Technique,
- Groupe Financement,
- Groupe formé pour traiter des zones urbaines particulières (qui peuvent être des zones « tests » identifiées dans le plan d'aménagement lumière).

C'est dans le cadre de ces groupes thématiques que pourront intervenir des acteurs de la ville comme les habitants, les commerçants, les propriétaires de façades, les associations de protection du ciel nocturne, etc. **La MDE et les questions environnementales doivent y être traitées de la façon la plus transversale possible.**

Une des premières tâches du chef de projet sera de constituer un planning prévisionnel d'étude et de concertation entre le Comité de pilotage et les groupes thématiques.

Bien sûr, cette structure peut paraître impressionnante et semble plus adaptée pour les collectivités de grande taille. La démarche doit en effet rester souple et l'existence de nombreux groupes thématiques pourraient provoquer l'effet contraire à celui escompté (meilleure coordination et concertation entre les acteurs). Ainsi, les propositions faites concernant la déclinaison en groupes thématiques sont indicatives. La collectivité choisira la mise en place de groupes dont les thèmes sont pertinents au regard des objectifs qu'elle poursuit.

4.4.2.3. Formalisation

A la fin de cette phase d'identification des acteurs, le chef de projet consultera l'ensemble de ces acteurs pour obtenir leur accord de participation à cette démarche. Un tableau synthétique présentera l'ensemble des participants, leur type d'implication et leur répartition dans chacun des groupes thématiques.

Exemple de tableau d'acteurs

	ACTEURS			Type d'implication
	Organisation/ Service	Nom	Fonction dans le cadre du projet	
Comité de Pilotage	<i>Elu - DGA Espaces Urbain</i>	<i>Mme XXX</i>	<i>Président du comité de Pilotage</i>	Choix des lieux identitaires, patrimoine local
	<i>Elus de la collectivité</i>			
	<i>Service Eclairage public</i>	<i>M. BBB</i>	<i>Chef de projet Maîtrise d'ouvrage</i>	Diagnostic technique, Réalisation éclairage aggro
	<i>Service Urbanisme</i>		Diagnostcic urbain, Choix d'axes communs de mise en valeur, OPAH
	<i>Groupement d'entreprises</i>	<i>M.. Mme..</i>	<i>AMO</i>	
	<i>Etc.</i>			
Groupe « Développement durable »	<i>Service Eclairage public</i>	<i>M. YYY</i>	<i>Animateur du groupe Maîtrise d'ouvrage.</i>	
	<i>Groupement</i>	<i>M.. Mme..</i>	<i>AMO</i>	
	<i>Association de protection du ciel nocturne</i>	<i>M. RR</i>	<i>Consultant</i>	
	<i>Sociologue urbain</i>			
Groupe Technique	<i>Service Eclairage public</i>	<i>M. YYY</i>	<i>Animateur du groupe Maîtrise d'ouvrage.</i>	
	<i>Groupement</i>	<i>Mlle ZZZ</i>	<i>A.M.O</i>	Aides à l'établissement de documents cadres spécifiques
	<i>DDE</i>			Réseaux départementaux, entrées de villes, CPER
	<i>Installateurs, constructeurs</i>			
	<i>Technicien lumière</i>			Expertise lumière et MDE
Groupe « Vision de la Ville »	<i>Service Eclairage public</i>	<i>M. YYY</i>	<i>Animateur du groupe Maîtrise d'ouvrage.</i>	
	<i>DGA Tourisme</i>			
	<i>Artistes</i>	<i>Mme V.</i>		Valorisation de sites remarquables, expérimentation
	<i>Office du Tourisme</i>	<i>I</i>		Itinéraires touristiques, communication, évènements
	<i>Propriétaires privés</i>			Intervention sur immeubles privés, co-financement des mises en lumière,
	<i>Association des commerçants</i>			Valorisation d'axes commerciaux
	<i>Sociologue urbain</i>			
<i>Association de quartier - habitants</i>			Appropriation des espaces nocturnes, expérimentation	

4.4.2.4. Financement du plan d'aménagement lumière

Les plans d'aménagement lumière peuvent donc prendre des formes différentes selon leurs objectifs et l'étendue des problématiques qu'elles recouvrent. De ce fait, leur coût peut varier grandement et leur financement peut être plus ou moins difficile à trouver. En général, ces études sont financées sur le budget propre de la collectivité mais certaines aides peuvent être obtenues auprès :

- de l'ADEME, en particulier pour le financement du diagnostic EP, c'est-à-dire la première étape de ces études,
- de la Région ou le Département qui peuvent attribuer des subventions, en particulier si la volonté d'intégrer des prescriptions MDE et environnementales à l'étude est clairement affichée,
- d'autres partenaires de la collectivité qui pourraient être mis à contribution, comme les fournisseurs d'énergie (comme par exemple au Mans) ou les syndicats d'électrification.

4.4.3. Définition d'objectifs et hiérarchisation des priorités

4.4.3.1. Etablir un plan d'aménagement lumière

Le plan général d'éclairage identifie les zones à éclairer et doit à la fois proposer la mise aux normes des anciennes et nouvelles installations d'éclairage et être un outil d'aide à la décision pour l'extension et la réhabilitation du réseau.

Pour tout projet de mise en lumière, différents aspects doivent être pris en compte :

1. *Le flux lumineux souhaité*

Les éclairages doivent être adaptés aux caractéristiques des différents espaces à éclairer : zones de repos, voies piétonnes, arrêts de bus, passages piétons, zones historiques, croisements, zones d'activités...

En tenant compte de la réglementation, des contraintes de maintenance et des moyens humains et financiers de la collectivité, on limitera strictement le niveau lumineux aux usages identifiés (circulation automobile, piétonne ou cycliste, balisage, sécurité, valorisation de bâtiments...) en évitant les gaspillages et les nuisances lumineuses (implantation et hauteur des candélabres...) ²⁷.

2. *La politique générale de la collectivité*

La démarche s'appuie sur une hiérarchie des espaces urbains à laquelle correspond des catégories de matériels (type d'équipements pour les voies rapides, les sites de transport, la circulation douce, les différentes catégories de voies, les carrefours...) et des modes d'éclairage spécifiques (balisage, emplacement et style des candélabres...).

3. *Les équipements utilisés pour l'éclairage*

Le projet lumière va s'appuyer sur un état des lieux des installations existantes. Ainsi, des propositions d'amélioration du matériel et de l'organisation en place pourront être faites (par exemple l'utilisation des armoires existantes) et les alternatives proposées seront aisément justifiées.

4.4.3.2. Hiérarchiser les actions à mener et fixer des objectifs

Le maître d'ouvrage (et son assistant) doit établir des critères de hiérarchisation définis en fonction de son programme, des contraintes du site et de la performance énergétique des propositions techniques. Ils sont différents pour chaque projet.

Un planning devra fixer l'échéance des différentes étapes (qui découlent évidemment des priorités établies). Pour chaque étape il importe de définir des objectifs qualitatifs (réponse aux besoins identifiés) et quantitatifs qui faciliteront le travail d'évaluation du groupe de pilotage.

²⁷

“Guide pour la conception de l'éclairage public en milieu urbain”, Certu/STU, 1981
“Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques”, AFE, 2004
“Sécurité des routes et des rues”, Certu/Setra, 1992
“Le cahier de l'éclairage public”, Certu, 1995

4.4.3.3. Planification (zonage détaillé, plans d'exécution par secteurs, outils de suivi et de contrôle)

Après avoir réalisé un diagnostic, établi une synthèse et hiérarchisé les objectifs, l'équipe chargée de l'étude lumière entrera dans la phase de projet consistant à faire des propositions de travaux et un échéancier pour les réalisations.

Le rapport présente l'ensemble de la démarche, les conclusions et les propositions. Il est accompagné de cartes, moyen le plus approprié pour synthétiser et visualiser les informations.

Plusieurs niveaux de documents sont nécessaires à la collectivité : outils de programmation, d'exécution et de suivi/contrôle des installations :

- **Zonage détaillé** (révisé périodiquement) qui indique le maillage, la classe d'éclairage, le positionnement des équipements, le type de candélabre, les types de lampe ... C'est ce que devra fournir l'étude lumière.
- **Plans d'exécution par secteurs** qui définissent tout ce qui est nécessaire pour la mise en œuvre des installations, depuis le creusement des trous pour les réverbères jusqu'à la programmation des périodes d'éclairage. Ces plans sont élaborés par le maître d'œuvre et/ou le gestionnaire des installations.
- **Outils de suivi et de contrôle** : la mise en place d'un réseau d'éclairage public très performant nécessite un suivi et une maintenance des équipements soigneux. Le suivi met en évidence les principales défaillances du réseau et permet d'améliorer les points faibles pour garder un bon niveau des installations. Ces outils doivent être mis en place au moment de la réhabilitation ou des nouvelles installations : ils sont garants de la qualité du service public et de la maîtrise de l'énergie et des coûts.

4.4.4. Définition des moyens financiers à mettre en œuvre

Le plan d'aménagement lumière doit également présenter, au-delà de ses orientations esthétiques, économiques et techniques (voir Chapitre 5), un plan de financement pour les différentes réalisations proposées, ainsi que pour leur mise en œuvre et pour leur maintenance.

Il ne suffit pas que le projet soit chiffré ; il faut également que des préconisations soient faites sur les moyens financiers à mobiliser. Ces préconisations doivent tenir compte de la situation spécifique de la collectivité car les moyens financiers varient selon :

L'organisation de la collectivité :

- gestion directe ou indirecte de l'EP,
- contrats de fournitures d'énergie arrivés à terme, profiter de cette occasion pour demander des services d'efficacité énergétique définis pour l'EP ou changer de fournisseur d'énergie, pou
- sensibilisation du service en charge des marchés publics aux spécificités de l'EP (à même de comprendre les enjeux liés aux différentes procédures disponibles – du dialogue compétitif, de

la procédure adaptée, du lancement de consultations pour des partenariats publics privés), etc.²⁸

La mise en chantier d'un aménagement lumière peut être une opportunité pour mener une réflexion et améliorer ces aspects organisationnels.

La disponibilité de fonds de différentes provenances :

- fonds propres,
- emprunts,
- tiers financement,
- investissement d'un partenaire privé,
- subventions de l'échelon départemental ou régional, ou de l'ADEME

Cette définition des moyens financiers devrait également permettre d'évaluer les coûts et les bénéfices de la MDE, séparément pour l'investissement et le fonctionnement de l'aménagement lumière, puis pour la dépense totale sur les moyen et long termes, et de comparer ce bilan prévisionnel à une situation n'incluant pas de préconisations MDE. Cet exercice est instructif même s'il faut être conscient de ses limites car il ne permet pas de prendre en compte les bénéfices indirects et non financiers de la MDE et de l'attention portée à l'environnement.

Ci-dessous est présenté un concept novateur de gestion et de financement des économies d'énergie appliqué dans le secteur public : « *le Contrat de performance interne dans le secteur public (PICO – Public Internal Performance Contracting)* ». Ce mécanisme ne convient pas pour toutes les installations d'EP, même si elles sont performantes du point de vue énergétique, car certaines technologies n'ont pas encore atteint une maturité suffisante sur le marché pour réduire leur coût initial. C'est le cas par exemple des systèmes de variation de puissance ou des sources à diodes électroluminescentes dont le coût d'investissement est encore trop élevé en regard aux économies d'énergie attendues. En revanche, ce mécanisme semble très pertinent pour d'autres investissements du secteur de l'éclairage public : c'est le cas, par exemple, des ballasts électroniques dont les économies d'énergie engendrées par rapport aux ballasts conventionnels permettent un temps de retour brut de l'ordre de 3 ans, ou des feux de signalisation à LED qui peuvent permettre une baisse de puissance et donc de consommation de l'ordre de 70 %²⁹ par rapport aux feux de signalisation à incandescence. En tout état de cause, une analyse technico-économique préalable permettant d'étudier les domaines d'intervention rentables et le bien-fondé de la mise en place d'un tel mécanisme s'impose.

²⁸

Voir le Chapitre 1 sur les éléments de contexte.

²⁹

Cf. Bilan sur un carrefour de la ville de Grenoble, au Volet 2, Chapitre 4, point 5.

Illustration

Le Contrat de performance interne dans le secteur public (PICO – Public Internal Performance Contracting) est un concept novateur de gestion et de financement des économies d'énergie dans le secteur public.

Les barrières à la réalisation des potentiels d'économies d'énergie dans le secteur public, les caractéristiques propres au **financement des investissements publics** jouent un rôle majeur. Les sociétés de services énergétiques ont trouvé une solution à cette situation et, au cours de la dernière décennie, les marchés du tiers financement, des contrats de performance, ou contrats de gestion de l'énergie, se sont développés. Très proche du contrat de performance, **le contrat de performance interne dans le secteur public (PICO)** permet d'investir dans les économies d'énergie grâce à un plan de tiers financement interne. Par exemple, la direction technique d'une municipalité peut apporter un service financier et d'efficacité énergétique à une autre direction. La rémunération de ce service se fait par des paiements croisés entre les budgets de ces deux directions distinctes d'une même administration publique. Comme dans des schémas de tiers financement habituels, les travaux d'économie d'énergie réduisent la facture annuelle d'énergie de la direction cliente, ce qui lui permet de payer le coût de PICO, par exemple selon un accord d'économies partagées.

A l'heure des restrictions dans les budgets publics, PICO permet une mise en œuvre continue de mesures d'économie d'énergie par l'allocation temporaire de fonds de démarrage. Par exemple, à l'occasion d'une réorganisation des budgets, de prêts, de subventions etc., pendant la phase de démarrage du PICO, il est possible de stimuler un **flux continu d'investissements** pour que les remboursements puissent à leur tour servir de fonds pour des projets suivants.

4.5. CHAPITRE 5 – CONDUITE DES OPERATIONS

La réflexion menée en interne par la collectivité (le maître d’ouvrage) et en amont de la conduite des opérations permet de clarifier ses attentes et les objectifs qu’elle poursuit.

Si le maître d’ouvrage n’a pas les compétences internes pour mener à bien cette réflexion, à savoir des compétences dans les domaines de l’urbanisme, de l’éclairage et de la maîtrise de l’énergie, il peut faire appel à une Assistance à Maîtrise d’Ouvrage (AMO). Pour s’assurer que l’AMO possède bien les compétences souhaitées, il est conseillé d’avoir recours à une équipe pluridisciplinaire constituée d’un moins deux experts : un spécialiste de l’EP possédant des compétences en urbanisme et un expert MDE.

Cette équipe doit aider au final le maître d’ouvrage à rédiger le cahier des charges à destination des concepteurs lumière, et en particulier les clauses MDE/Environnement.

Ce chapitre vise justement à fournir au maître d’ouvrage des éléments pour prendre en compte des prescriptions de ce type dans le cahier des charges à destination des concepteurs du plan d’aménagement lumière. Il propose également une série d’actions de communication à destination des usagers.

4.5.1. Eléments pour un cahier des charges d’étude

4.5.1.1. Choix des professionnels concernés

La composition de l’équipe pluridisciplinaire doit permettre de réaliser une véritable synergie entre des spécialistes exerçant dans des domaines d’activités complémentaires, permettant de recouvrir tout le champ de la problématique urbaine :

- éclairagiste ou concepteur lumière,
- architecte,
- économiste en aménagement,
- énergéticien,
- BE Electricité
- urbaniste et/ou sociologue urbain,
- paysagiste.

Des compétences en communication et relations publiques peuvent également être souhaitées dans le cas où le maître d’ouvrage souhaite recevoir des propositions sur la façon de communiquer au public les objectifs et réalisations du plan d’aménagement lumière.

4.5.1.2. Préconisations pour la rédaction du cahier des charges

Selon la collectivité, sa taille, l'organisation de la gestion de l'éclairage public, les prestations demandées à un intervenant extérieur dans le cahier des charges peuvent être plus ou moins nombreuses. Ainsi, un maître d'ouvrage peut n'avoir besoin des services d'un prestataire extérieur que pour la réalisation d'une activité spécifique (par exemple, un projet particulier de mise en lumière d'un monument) ou au contraire il peut nécessiter d'une prestation sur l'ensemble du projet, de l'audit des installations EP à la programmation lumière.

Le Guide considère l'ensemble des prestations pouvant être demandées à un concepteur lumière et y associe des prescriptions pour prendre en compte la MDE et d'environnement, pouvant être intégrées dans le cahier des charges :

- a. réalisation d'un audit complet des installations d'éclairage public,
- b. analyse des besoins,
- c. constitution d'un plan d'aménagement lumière (SDAL ou Charte Lumière),
- d. réalisation des travaux.

Le maître d'ouvrage sélectionnera alors les prescriptions relatives au service demandé.

➤ *Réalisation d'un audit complet des installations d'éclairage public*

Avant toute planification lumière, l'ensemble du parc EP de la collectivité doit faire l'objet d'un recensement et d'une analyse. Le prestataire réalisant cet audit produira :

- un inventaire technique de l'existant,
- un bilan financier, un bilan énergétique et un bilan environnemental,
- un état photométrique ou plus simplement un constat visuel nocturne

Le maître d'ouvrage précisera quels sont les moyens mis à disposition au titulaire pour mener à bien l'exercice d'audit et de programmation³⁰.

Concernant l'inventaire technique de l'existant, nous reportons le lecteur au point 3.2.1 sur le diagnostic technique du Chapitre 2 concernant l'expression des besoins. Concernant les bilans financier, énergétique et environnemental, ils doivent faire apparaître :

- **le bilan des consommations et des dépenses** (à partir des factures émises par le fournisseur d'électricité et des contrats des sociétés de maintenance) : cette analyse doit être effectuée en **coût global** en intégrant non seulement les coûts énergétiques mais aussi ceux de la maintenance, de l'amortissement du matériel, etc.
- **un calcul des impacts environnementaux** des installations de l'éclairage public actuelles (déchets, gaz à effet de serre, nuisances lumineuses nocturnes)³¹ ;
- **un calcul des ratios** de base : nombre de points lumineux par km de voirie éclairée, nombre d'habitants par point lumineux, puissance moyenne d'un point lumineux, taux d'utilisation (TU)³² des puissances souscrites (global et par poste de distribution), coût moyen annuel de fonctionnement et de maintenance d'un point lumineux, dépense moyenne annuelle par habitant pour le service éclairage public. Ces ratios peuvent être comparés aux ratios connus

³⁰ La phase de recensement des documents en vue de la réalisation de l'exercice est présenté en Chapitre 1 de ce volet.

³¹ Cf. Volet 2 - Chapitre 3 « Eclairage public et environnement ».

³² Une puissance souscrite bien adaptée aux besoins donne un TU de l'ordre de 85 à 90 %. Cf. définition du TU au chapitre 4 « Les appareillages », point 4.1.1.

quantitatifs et qualitatifs et permettent à la collectivité de se situer par rapport aux autres collectivités françaises³³.

- un **calcul de pertes de consommation d'énergie sur les réseaux anciens (installés avant les années 1980)**³⁴.

Enfin, concernant l'état de l'éclairage, le titulaire dressera, selon une méthode qu'il devra préciser, une carte des éclairagements dans la ville en soulignant les « points noirs » mais également les zones d'éclairage trop intenses.

➤ *Analyse des besoins*

Cette phase vise à répondre à trois questions :

- 1) Que veut-on éclairer ?
- 2) Quel usage veut-on privilégier ?
- 3) Que veut-on mettre en valeur par la lumière ou par le manque de lumière ?

Cette phase d'analyse des besoins sera faite en étroite collaboration avec les acteurs de l'aménagement public (élus, urbanistes, services techniques municipaux, professionnels de l'éclairage...). Le prestataire expliquera également comment il compte associer les usagers du service éclairage public (habitants, acteurs économiques et socioculturels, visiteurs...) à cette démarche de définition des besoins de manière à prendre en compte leurs attentes et ainsi d'adapter la politique d'aménagement lumière aux souhaits de la population³⁵.

La programmation lumière est définie à partir de cette analyse rigoureuse des besoins.

➤ *Constitution d'un plan d'aménagement lumière*

Le prestataire traduira ensuite cette demande dans le cadre des contraintes techniques, sociales, économiques et environnementales et construira un plan d'aménagement lumière. Le Guide propose des prescriptions concernant :

- la réalisation d'un plan de sauvegarde de l'ombre et de prévention de la nuisance lumineuse³⁶,
- les espaces spécifiques,
- le matériel,
- l'exploitation et à la maintenance de l'EP,
- le chiffrage de chacun des volets du projet.

³³ Le Chapitre 6 « Gestion, suivi et maintenance » du Volet 2 fournit des ratios de référence pour la population française.

³⁴ Cf. Volet 2 – Chapitre 4 « Les appareillages », point 4.2

³⁵ Des pistes d'action pour cette tâche sont fournies au Chapitre 3, point 3.1 de ce volet.

³⁶ Cf. Volet 2, Chapitre 3 « *Nuisances lumineuses* ».

1. Réalisation d'un plan de prévention de la nuisance lumineuse³⁷

- Dans ce plan, il sera proposé de supprimer les lumières parasites de quelques secteurs sensibles. Des temporalités différentes adaptées aux espaces devront être prises en compte. L'usage dans le temps de l'éclairage (permanent, semi permanent, alterné, réduit, intermittence de saison d'activité, occasionnel, respect des contraintes de nuisance lumineuse nocturne [confort des usagers, ciel, faune et flore]...) et la qualité de lumière requise (flux lumineux, uniformité, rendu de couleur, ambiance...) seront déterminés. Ce plan pourra démontrer la nécessité de démonter certaines installations d'éclairage dispendieuses ou inutiles.
- Seule la lumière utile (en termes de sécurité, confort et ambiance) à un projet sera prise en compte et une proposition trop dispendieuse ne sera pas retenue.

2. Prescriptions concernant les espaces spécifiques³⁸

La classification des voies selon leur fonctionnalité tiendra compte des nouvelles valeurs retenues par les normes européennes. Les solutions techniques seront différenciées en fonction des types d'espace et devront se décliner selon les heures de la journée.

Le tableau ci-dessous fournit des prescriptions que le prestataire devra respecter pour chaque type d'espace.

Eclairage de voiries	<ul style="list-style-type: none">- Eviter les flux horizontaux et les flux débordant des zones à éclairer (éclairages de façades gênants pour les riverains).- Installer des appareils équipés d'un dispositif (miroir) renvoyant une plus grande partie du flux lumineux vers la surface à éclairer évitant chaque fois que c'est possible l'émission de lumière au delà de 70° / horizontale.- Créer une ambiance lumineuse propice à limiter la vitesse en rappelant le caractère résidentiel de la zone : mise en valeur des façades, de la végétation...;- Eviter les éblouissements des conducteurs ou des piétons (puissance et direction des sources lumineuses).- Eviter les enseignes publicitaires perturbantes après concertation avec les commerçants et les annonceurs.- Ne pas masquer la signalisation.
-----------------------------	---

³⁷ Cf. Volet 2, Chapitre 3 « Nuisances lumineuses ».

³⁸ Cf. Volet 2, Chapitre 5 : « Eclairage public d'espaces spécifiques et d'évènements »

Eclairage des espaces verts	<ul style="list-style-type: none"> - Proposer des installations (puissance et positionnement) permettant une bonne lisibilité des obstacles sur le sol (bordures, marches, entourages d'arbres...), d'identifier les individus croisés à 10 mètres, de trouver son chemin, de lire les plaques d'information, d'apprécier les aménagements et abords. - Si la fréquentation est peu importante, des bornes lumineuses basses ou hautes suffisent pour baliser le trajet. - Etudier les opportunités d'application utilisant des énergies alternatives et en particulier des panneaux photovoltaïques (panneaux d'information, plots lumineux destinés à souligner les chaussées, etc.).
Eclairage des végétaux	<ul style="list-style-type: none"> - Proposer des installations prenant en compte correctement la croissance des plantes (hauteur et positionnement des appareils, puissance des lampes, angles d'ouverture des réflecteurs...) et évitant de les endommager. La conception devra donc respecter donc une distance minimale entre le point d'éclairage et les végétaux. - Proposer des installations avec alimentations électriques différenciées, afin d'adapter l'éclairage paysager en fonction de la durée de la nuit (extinction à minuit ou pendant la saison hivernale par exemple). - Etudier les opportunités d'utiliser des solutions alternatives de type panneaux photovoltaïque pour les végétaux éloignés des postes d'alimentation.
Eclairage des monuments	<ul style="list-style-type: none"> - Eviter les installations en contre-plongée (de bas vers le haut) comme les projecteurs disposés au pied des bâtiments et qui éclairent fortement vers le haut. Si des projecteurs sont nécessaires, on obtient généralement un meilleur « rendu » en choisissant plusieurs petits projecteurs plutôt qu'un seul gros projecteur puissant. - Choisir des appareils et des emplacements non éblouissants pour le voisinage. Les diodes électroluminescentes à très faible consommation électriques peuvent dans ces cas offrir de nombreuses possibilités selon leur positionnement, leurs couleurs et peuvent être utilisées pour la mise en valeur, la signalétique et le balisage. - Utiliser le réfléchissement des éclairages sur les façades vitrées ou les plans d'eau...
Evénements (spectacles, stades) et éclairages de fin d'année	<ul style="list-style-type: none"> - Proposer des matériels performants adaptés aux besoins identifiés. - Avoir recours au « fil lumière » plutôt qu'aux guirlandes classiques avec des lampes à incandescence pour les illuminations de fin d'année. - Mettre en place des réducteurs de puissance pour les périodes tardives quand il faut maintenir un éclairage.

Points d'information et services publics (panneaux d'information, abribus, toilettes publiques, etc.) ³²	<p>Proposer des solutions tenant compte de la temporalité de ces services, ce qui implique l'étude des opportunités d'installation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de détecteurs de mouvement ne s'allumant qu'aux moments nécessaires - de programmeurs pour les points d'information ayant une faible fonction durant la nuit : ainsi les panneaux publicitaires ont une fonction quasiment nulle entre minuit et 5 h du matin (en l'absence de public).
--	---

3. Prescriptions sur le matériel³⁹ _

Plan de source	<p>Proposer un plan de source, par zone, avec remplacement progressif des ballons fluorescents par des sources lumineuses de meilleur rendement (sodium haute pression notamment) garanties sans mercure ni plomb par les fabricants.</p> <p>Proposer le placement sur des zones « tests » de lampes à très longues durées de vie et hautement performantes telles que lampes à induction, les lampes à halogénures métalliques avec brûleur céramique ou les systèmes à diodes électroluminescentes.</p>
Luminaires	<p>Proposition de luminaires respectant certaines caractéristiques afin d'éliminer les flux parasites, de réduire le halo lumineux et la puissance nécessaire, et d'éclairer seulement l'espace voulu :</p> <ul style="list-style-type: none"> - pour éviter les flux parasites on préférera les luminaires équipés de fermeture plane, - interdiction des luminaires de type boule, - projecteurs d'éclairage de façade possédant un encorbellement opaque. (déflecteurs)
Support	<p>Etablissement d'un plan d'approvisionnement progressif de supports à durée de vie augmentée grâce à une protection renforcée contre la corrosion (par exemple, acier inoxydable allié à la galvanisation et à la peinture polyuréthane réalisée en usine).</p>
Ballasts	<p>Etablissement d'un plan d'approvisionnement progressif en ballasts électroniques de classe supérieure au ballast conventionnel (ferromagnétique).</p>

³⁹

Cf. Volet 2, Chapitre 4 « Les appareillages », point 4.3.2

Système de régulation et de variation de puissance	<p>Etude des opportunités d'installation de système de régulation et de variation de puissance sur le réseau d'EP indiquant les économies d'énergie prévisionnelles permises par ces systèmes et en les comparant à leur coût. Cette étude technique et économique devra prendre en compte les paramètres suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - insertion du des) système(s) au poste de distribution, - adaptabilité des sources lumineuses au(x) système(s), - recensement technique des composants du réseau, - économies d'énergie engendrée, - coût du(des) système(s) et son amortissement possible, - niveaux souhaités d'atténuation du flux lumineux sur certaines périodes nocturnes en fonction des zones urbaines.
Système de commande	<p>Etude des différents systèmes de commande et proposition sur le système le plus optimal en termes d'efficacité énergétique, de coût d'investissement et de coût de fonctionnement.</p>
Feux de signalisation	<p>Proposition d'un plan de remplacement des feux de signalisation à incandescence par des feux de signalisation à LED, en vérifiant les intensités lumineuses du matériel afin d'éviter les éblouissements éventuels et en respectant les normes et les recommandations de la CIE en vigueur.</p>

4. Propositions relatives à l'exploitation et à la maintenance de l'EP

- Gestion des déchets chimiques et recyclage des installations : le prestataire émettra des propositions d'actions pour améliorer le système de tri des lampes de la collectivité et tenir compte de la réglementation européenne⁴⁰ relative au recyclage des lampes. Il mènera une réflexion sur les actions possibles pour utiliser le matériel déposé lors de rénovations ou de modifications des installations.
- Exploitation : le prestataire fournira une méthode de suivi et d'évaluation des installations EP et du plan d'aménagement lumière⁴¹
- Maintenance : le prestataire proposera un plan de maintenance préventive en indiquant la périodicité optimale d'intervention sur les éléments du réseau en fonction de la durée de vie des appareillages proposés⁴².

5. Chiffrage du projet

Le prestataire devra fournir un chiffrage prévisionnel des investissements à engager sur la durée de la programmation et leur associer :

- les consommations d'électricité induites,

⁴⁰ La publication du décret français, transposant les directives 2002/95/CE et 2002/96/CE relatives à la limitation des substances dangereuses, et à l'élimination des déchets d'équipements électriques et électroniques, est attendue avant la fin du mois de juillet 2005.

⁴¹ Pour plus d'information sur ce point, voir le Chapitre 6 de ce volet ;

⁴² Pour plus d'information sur ce point, voir le Chapitre 6 de ce volet ;

- les coûts de fonctionnement (énergie et maintenance),
- *les gains énergétiques (consommation et puissance) attendus par rapport à la situation actuelle,*
- le temps de retour financier,
- *les impacts environnementaux attendus*

Dans le cas où il propose des solutions alternatives, de type énergies renouvelables, il effectuera une comparaison économique technico-économique avec une solution traditionnelle.

Cette estimation financière et de gains énergétiques servira de base à la réalisation des travaux.

➤ *Réalisation des travaux*

Le maître d'œuvre dirigeant les travaux préconisés dans le plan d'aménagement lumière peut être soit le concepteur de l'étude lui-même soit un autre intervenant. Quel que soit le cas, il sera tenu d'atteindre les objectifs en termes de maîtrise des consommations d'électricité et de protection de l'environnement définis dans le plan d'aménagement lumière.

Il lui appartiendra de définir avec précision les moyens techniques, procédés de gestion et méthode de maintenance qui permettront de garantir les objectifs du programme du maître d'ouvrage ; ces éléments seront réunis dans un cahier des charges précis à destination des entreprises d'installation. Le maître d'œuvre doit donc disposer d'un cahier des charges précis, définissant des **objectifs de résultats qualitatifs et quantitatifs**.

4.5.1.3. Evaluation des offres

Le maître d'ouvrage pourra établir un système de notation, qui associera à une caractéristique du projet, une pondération. Les critères proposés ci dessous sont donnés à titre indicatifs sans notion de hiérarchie :

- Economies d'énergie attendues
- Coût de la prestation
- Prise en compte des nuisances lumineuses
- Proposition innovante sur le recyclage des installations EP et sur la gestion des déchets
- Valeur artistique et esthétique du projet
- Sécurité de la circulation, des biens et des personnes
- Caractère innovant de la méthode proposée
- Recours à des technologies performantes et innovantes

Les critères de sélection et la valeur des pondérations associée dépendent des objectifs poursuivis et des priorités définies par la collectivité. Ils auront été définis en interne par le Comité de pilotage à la suite des discussions avec les groupes thématiques et seront mentionnés dans le cahier des charges.

4.5.2. Variante au cahier des charges : l'expérimentation

La politique d'aménagement lumière peut être l'occasion d'expérimenter sur la collectivité de nouveaux matériaux, des technologies innovantes ou des méthodes de gestion nouvelles. Ainsi, la collectivité peut demander au concepteur de proposer des actions de type expérimental, encore relativement mises en œuvre dans d'autres collectivités, sur une ou plusieurs « zones test ». Très utiles, en particulier dans le domaine de la MDE encore nouveau pour l'EP, ces essais permettent de vérifier sur la zone test, les points d'implantation, les problèmes d'accessibilité, les choix des matériels d'éclairage, les niveaux lumineux préconisés, etc.

Ainsi, pourraient faire l'objet d'expérimentation :

- les nouvelles lampes en cours de développement : lampes à induction⁴³, lampes à halogénures métalliques avec brûleur céramique ou les systèmes à diodes électroluminescentes, qui des applications de signalisation balisage apparaissent maintenant en application d'éclairage.
- des matériaux innovants tels que les vasques auto-nettoyantes,
- des systèmes de télégestion et de télésurveillance ou des variateurs,
- une nouvelle ligne de mobilier urbain intégrant les évolutions esthétiques et technologiques.

Par ailleurs, l'expérimentation dans le cadre d'une politique d'aménagement lumière ne se limite pas à la prestation du concepteur. La collectivité, en tant qu'expérimentateur et stimulateur peut lancer d'autres études ayant trait à la qualité de l'éclairage public comme :

- la perception et l'impact de la lumière sur la population des mal voyants,
- la sensibilité des habitants aux différents types de lampes utilisées en éclairage public (température de couleur).

Sur ces différentes expérimentations, il semble fondamental d'engager des partenariats avec les chercheurs, constructeurs et les professionnels, des filières concernées (santé, fabricants,...)⁴⁴.

« Une étude lumière constitue un cadre pour la mise en place d'une politique lumière qui doit se concevoir comme un processus ouvert, évolutif, souple et adaptable dans le temps. Il s'appuie donc sur l'expérimentation pour être toujours en mouvement, en recherche d'innovation, avec les partenaires de la collectivité. »⁴⁵

4.5.3. Concertation et communication

Les mesures de maîtrise de la demande d'électricité et de respect de l'environnement ont le désavantage de ne pas être directement visibles pour la population, les services techniques ou les élus. Il est donc capital de mettre en valeur ces mesures et d'en souligner les bénéfices chaque fois que cela est possible, en citant précisément les actions entreprises, en avançant des chiffres concrets sur les économies d'énergie et donc de budget pour un projet dont la qualité, elle, n'est pas à démontrer - puisque l'aménagement lumière se ressent et se voit.

S'il est nécessaire d'avoir une approche de concertation la plus large possible en amont de la réflexion lumière (voir Chapitre 3 – « *La démarche citoyenne* »), la ville à tout intérêt à maintenir

⁴³ Cette technologie fut développée il y a une quinzaine d'années pour l'éclairage des locaux industriels à très grande hauteur de plafond. Elle a été adaptée depuis quelques années dans les applications d'éclairage public.

⁴⁴ Voir point 6.2 de ce Volet.

⁴⁵ Extrait de la plaquette d'information concernant le nouveau plan lumière de la ville de Lyon.

cette approche tout au long de l'exécution du projet puis une fois le projet finalisé. Informer sur le fait que la ville porte une attention particulière à l'énergie et à l'environnement dans toutes ces politiques, y compris celle de l'éclairage public, participe à la construction de l'identité de la collectivité, donne des gages de bonne gestion à la population et peut servir d'exemple, car la ville joue un rôle d'incitateur.

Il s'agit donc d'informer et de sensibiliser différents publics :

- Les élus, qui jouent une partie de leur popularité sur les aménagements lumière réalisés sous leur mandat et qui peuvent mettre en avant un bilan plus ou moins économe en énergie et respectueux de l'environnement de leur gestion ;
- Les divers services de la mairie, techniques, urbanisme, ou architecturaux, afin d'assurer une bonne coordination de la mise en œuvre du plan d'aménagement lumière peuvent jouer un rôle fédérateur et porteur en interne et en faciliter ainsi l'exploitation médiatique tant en interne que vis-à-vis des populations résidentes ou touristiques.
- La population qui vivra un certain temps avec l'aménagement lumière, qui pourra participer à l'élaboration des prochaines décisions et appliquer les principes de MDE et de respect de l'environnement dans sa vie quotidienne.

Nous citons ci-après des exemples d'actions qui permettent de remplir ces objectifs de communication :

- Organiser un "*parcours témoins*" sur une partie de la zone concernée afin de présenter un premier résultat grandeur nature du futur aménagement lumière aux élus qui verront leurs choix se matérialiser, aux services de la municipalité qui pourront tester la faisabilité de certaines solutions et à la population.
- Organiser un *concours à l'échelle régionale ou nationale* attribuant un prix "MDE et environnement" à la collectivité ayant su allier au mieux esthétique et efficacité énergétique dans l'exécution de son plan d'aménagement lumière.
- Participer à *différents réseaux et programmes nationaux et Européens* (ex. LUCI, Greenlight, Commission Internationale de l'Eclairage) et le faire savoir ; communiquer sur la volonté politique illustrée mais aussi sur les actions concrètes.
- Ne pas hésiter à *présenter le plan d'aménagement lumière sur le site internet de la ville*, en précisant les attentes puis le bilan en termes esthétiques, économiques, techniques et environnementaux.
- Organiser des événements festifs, comme par exemple les « *Fêtes de la lumière* » à Lyon ou « *Les Nocturnales* » au Mans, et en profiter pour développer des « *stands MDE* » destinés à sensibiliser la population sur les thèmes de l'énergie et de l'environnement. Les *Espaces Info Energie* présents sur le territoire pourraient contribuer à cette activité d'animation.
- Organiser des *parcours en autocar*, sur l'exemple de Grenoble, diurnes et/ou nocturnes en suivant le trajet de la mise en lumière, afin d'informer les habitants (et les services techniques de la ville) mais aussi de recueillir leur opinion. Des questions relatives à l'environnement et à la maîtrise de l'énergie pourraient être envisagées dans le rapport de satisfaction.
- Collaborer avec les *conseils de quartiers* et les informer sur les projets d'éclairage et de mise en lumière, en soulignant les décisions spécifiques aux thèmes énergie et environnement, au besoin en adaptant les bénéfices à l'échelle du quartier.

Le Programme Européen GreenLight

Une initiative de la Commission Européenne coordonnée en France par l'ADEME

Le programme GreenLight est une action volontaire pour préserver l'environnement qui encourage les consommateurs d'électricité du secteur non-résidentiel (publics et privés), référencés en tant que Partenaires, à s'engager auprès de la Commission Européenne sur l'installation des technologies d'éclairage à rendement optimum dans leurs équipements quand :

- le choix technologique est économiquement rentable, et
- la qualité de l'éclairage maintenue ou améliorée.

GreenLight a été lancé le 7 février 2000 par la Direction Générale de l'Energie et des Transports (DG TREN) de la Commission Européenne.

L'objectif du programme GreenLight est de réduire la consommation d'énergie liée à l'éclairage (intérieur et extérieur) dans l'ensemble de l'Europe, et ainsi réduire les émissions polluantes de gaz à effet de serre.

Les partenaires de la Commission Européenne signent une charte dans laquelle ils s'engagent :

- Pour les espaces existants : soit à entreprendre la rénovation d'au moins 50% de tous les espaces éligibles possédés ou en location à long terme, soit à réduire la consommation globale totale de l'électricité pour l'éclairage d'au moins 30%. Les espaces éligibles sont les espaces pour lesquels les rénovations des systèmes d'éclairage sont rentables.
- Pour les nouveaux espaces : choisir les nouvelles installations de sorte qu'aucune installation alternative n'existe qui pourrait maintenir ou améliorer la qualité de l'éclairage fournie par l'installation choisie, consommer moins d'électricité et représenter un investissement supplémentaire qui serait profitable.

Les professionnels de l'éclairage intéressés à promouvoir GreenLight et à aider ses Partenaires sont encouragés à s'enregistrer comme "Parrains" de GreenLight. Les Parrains obtiennent la reconnaissance publique pour leurs efforts à soutenir le programme GreenLight et sont contactés pour des diagnostics par les Partenaires du programme.

Comme la Commission Européenne ne fournit pas d'aides financières à l'investissement pour les mises à niveau des systèmes d'éclairage (du fait de la rentabilité économique des opérations), elle propose un appui aux Partenaires sous forme d'information et de communication institutionnelle (plaques sur le bâtiment, annonces, utilisation exclusive du logo, récompenses, etc.).

En France, les villes de Lyon, Lille et Illkirch – Groffenstaden ont déjà signé la Charte.

Pour obtenir des informations complémentaires sur GreenLight, contacter l'ADEME qui coordonne le programme en France, via ses délégations régionales

Web: www.ademe.fr, www.eu-greenlight.org

Source : site Internet, http://www.eu-greenlight.org/pdf/synopsis_fr.pdf

4.6. CHAPITRE 6 – EVALUATION ET SUIVI

La question sous-jacente à ce chapitre est celle du lien entre le plan d'aménagement lumière, la réalisation des travaux et la pérennisation des actions entreprises. En d'autres termes, comment assurer que les prescriptions fournies par un concepteur dans un plan d'aménagement lumière sont suivies par l'(les) installateur(s) ? Comment vérifier l'évolution du parc EP suite à la réalisation de l'étude ? Enfin, comment garantir que les bonnes pratiques proposées dans le plan d'aménagement lumière se pérennisent ?

4.6.1. Evaluation

Evaluer un plan d'aménagement lumière implique l'évaluation de la qualité du service EP délivrée par ce projet. Or, c'est un tâche délicate, dans la mesure où les fonctionnalités de l'éclairage public sont diverses et nombreuses : on rappelle que l'éclairage public peut présenter, selon les contextes, des fonctions de sécurité, de signalisation, de repérage voire de guidage urbain, de valorisation patrimoniale ou paysagère, de confort, de garantie de l'unité urbaine, etc. Quels peuvent donc être les indicateurs qui prennent en compte l'ensemble de ces composantes qui mêlent à la fois l'objectif et le subjectif ?

De plus, la tâche se complique lorsqu'il s'agit de définir des indicateurs pour mesurer la qualité et/ou l'efficacité, dans un plan d'aménagement lumière, des différentes fonctions de la lumière, puisqu'on l'a vu, chacun des aspects du plan est d'une part particulier à la collectivité et à ses caractéristiques et d'autre part tributaire des motivations et objectifs visés par les maîtres d'ouvrage. Ainsi, il faudra que les indicateurs d'évaluation prennent en compte les caractéristiques de la collectivité, indépendamment de l'exercice de programmation ou de planification engagé et s'adaptent au plan d'aménagement lumière particulier de la collectivité.

La réalisation de l'évaluation passe par la constitution d'un *Atelier de pilotage du Programme Lumière* chargé de :

- suivre les actions engagées,
- participer à l'élaboration des programmes des principaux projets déclinés dans la programmation (SDAL ou Charte Lumière) et porter un avis sur ces projets,
- suivre l'évolution des données et proposer de nouvelles orientations si nécessaires,
- favoriser les partenariats (voir point 4.6.2.2).

En point 4.6.1.1 est présentée une méthode pour réaliser l'évaluation du plan d'aménagement lumière (étude + travaux) du point de vue environnemental et de la maîtrise de l'énergie basé sur un bilan carbone, un bilan énergétique et un bilan des déchets radioactifs et chimiques.

Une étude vient d'être lancée par l'ADEME pour la « *réalisation d'un outil d'auto-diagnostic permettant à une collectivité locale d'estimer la qualité de service de son éclairage public* ». Elle aura comme base un travail mené en 2003 par le CEREN⁴⁶ dont le but était de développer un outil

46

Novembre 2003, *Evaluation et suivi des gisements de maîtrise de la demande d'électricité dans le secteur de l'éclairage public - Mise en place des indicateurs de qualité de service*, Etude du CEREN réalisée pour l'ADEME

permettant d'évaluer la qualité de service en éclairage public au niveau national. L'ADEME souhaite aujourd'hui le décliner en un outil local de mesure, utilisable par les collectivités individuellement pour mieux appréhender la qualité du service qu'elles rendent à leurs usagers et assurer le suivi de leurs consommations d'électricité. Une synthèse de l'étude CEREN permettant au lecteur d'avoir une idée du contenu du futur outil d'auto-diagnostic ainsi que les premières perspectives sur cet outil sont fournies en point 4.6.1.2.

4.6.1.1. Bilan énergie, bilan carbone et bilan des déchets radioactifs et chimiques

L'évaluation du plan d'aménagement lumière se fait sur la base de deux informations :

- Le bilan initial, à savoir l'audit sur les installations d'EP⁴⁷,
- Les objectifs quantitatifs définis par le concepteur dans le plan d'aménagement lumière pour chacun des paramètres du bilan,

En effet, une évaluation ne peut se faire que par rapport à une situation de référence, qui peut être la situation à l'état initial ou la situation moyenne des autres collectivités (cf. l'outil du CEREN).

L'évaluation consiste à comparer ces deux données à des dates clés de l'exercice de programmation.

Le maître d'ouvrage pourra alors suivre l'évolution de la consommation et des dépenses d'énergie, des dépenses de maintenance, du bilan environnemental et des ratios présentés dans le tableau ci-dessous.

Bilan des consommations et des dépenses	2005	2006	2007	...	2009	...	2015
Puissance installée							
Puissance souscrite							
Consommation							
Dépenses d'électricité							
Dépenses de maintenance							
Bilan des gaz à effet de serre	2005	2006	2007	...	20...	...	2015
Production de GES par kWh consommé en EP							
Emission de GES							
Production de déchets radioactifs à la source	2005	2006	2007	...	20...	...	2015
Déchets faiblement radioactifs							
Déchets hautement radioactifs							
Production de déchets chimiques	2005	2006	2007	...	20...	...	2015
Nombre de lampes de traitées							
Mercuré récupéré en unité de recyclage							
Calcul des ratios	2005	2006	2007	...	20...	...	2015
Nombre de points lumineux par km de voirie							
Ecartement moyen des supports							
Puissance moyenne d'un point lumineux							
Nombre d'habitants par point lumineux							
Mètres de voirie éclairés par habitant							
Puissance souscrite par km de voirie éclairée							
Taux d'utilisation de la puissance souscrite							
Poste en tarif vert							
Poste en tarif jaune							
Tarif Bleu (total)							
Coût énergétique par point lumineux							
Dépense énergétique par habitant							
Ratios de dépense avec la maintenance							

⁴⁷

La méthode de construction des bilans est fournie dans le volet 2.

Les données doivent être rentrées dans le tableau de façon annuelle de manière à suivre régulièrement leur évolution et à pouvoir agir si les données s'écartent des objectifs établis lors du plan d'aménagement lumière.

Ce suivi permet de :

- quantifier en termes énergétique, économique et environnemental les impacts des actions de MDE engagées (par poste de distribution et globalement),
- mesurer la performance des appareillages mis en service,
- repérer les éventuelles dérives de consommation (dysfonctionnement toujours possible),
- contrôler la qualité de facturation (erreur de mesure, périodicité...),
- analyser l'évolution des ratios de consommation, de dépenses et de qualité sur une période donnée.

4.6.1.2. Vers une définition d'indicateurs de qualité du service EP : synthèse de l'étude CEREN

Avec l'aide d'un groupe d'experts reconnus du secteur de l'éclairage public, le CEREN a réalisé un modèle qualitatif et quantitatif dans lequel il a défini sept thèmes auxquels ont été associés des indicateurs simples devant permettre de les mesurer : *« les règles retenues dans la modélisation QSEP (Qualité du Service Eclairage Public) sont simples et de bon sens. Pour que l'éclairage public rende un service de qualité, il est important de constater l'existence en agglomération de sa présence; que cet éclairage soit régulier, suffisant et continu dans la durée de la nuit, qu'il ne provoque pas de gêne, que son entretien permette de conserver en état le matériel au sens large et son efficacité dans le temps. Il doit utiliser autant que faire se peut des technologies, notamment de lampes, faiblement consommatrices d'énergie et/ou efficaces et pour répondre à une telle demande de service, il est nécessaire de mettre en place des outils de gestion adaptés qui permettent une vision des besoins dans la durée »*⁴⁸.

Les sept indicateurs qualitatifs définis par le CEREN et le groupe d'experts sont les suivants :

- **I1 - Existence de voies avec EP** : permet d'apprécier le niveau de couverture de l'EP en agglomération, quel que soit la forme de l'EP. Il est calculé sous forme de taux.
- **I2 - Niveau d'éclairage** : découle d'une estimation de la quantité de lux réalisée à partir des données objectives du parc d'EP de la commune, d'une estimation des longueurs de voies éclairées et d'une largeur fictive de voirie.
- **I3 - Confort de l'éclairage** : a pour objet de mesurer à partir de grandeurs physiques simples une qualité de confort globale de l'EP. Pour ce faire, le CEREN a rapproché la hauteur du point lumineux de la distance moyenne entre deux point lumineux.
- **I4 - Vieillesse des installations** : montre la part des installations ayant au moins 26 ans d'âge en 2001, dans l'ensemble du parc communal. Les valeurs calculées se distribuent entre 0 et 100%.
- **I5 - Maintenance des installations** : reflète la situation du réseau d'EP, son entretien, le type de relation contractuelle dont dépend sa gestion. Cet indicateur tient également compte d'éléments permettant de se faire une idée sur l'importance que l'on accorde à ce service. La notation du modèle intègre une dizaine de paramètres. Les notes obtenues s'échelonnent de 15 à 85 %, preuve d'une bonne variabilité dans la notation.

- **I6 - Temps d'utilisation :**
- **I7 - Indicateur de programmation :** cet indicateur, qui prend trois valeurs possibles, 0 – 50 – 100, donne une information sur la manière de prendre en compte, dans la gestion communale, le futur de la vie de l'EP. Il reflète l'état d'esprit des collectivités locales sur leurs réelles préoccupations dans le temps.

La méthode retenue par le CEREN pour construire un indicateur composite de qualité du service EP, le QSEP est celle de la notation. Chacun des sept indicateurs définis ci-dessus a fait l'objet d'une notation sur 100 points et le groupe d'experts s'est associé au CEREN pour se prononcer sur leur importance relative, leur attribuer une pondération et au final, construire une note globale. Cette pondération est relative dans la mesure où elle est issue du jugement arbitraire des experts dont les appréciations sont subjectives et parfois opposées. Ainsi, le QSEP reflète un ensemble de paramètres qui témoignent ou non de ce que les experts du groupe de travail ont reconnu comme nécessaire à la qualité de service en EP. Ils témoignent d'une bonne utilisation, d'un bon entretien et d'une bonne gestion communale de l'EP à un moment donné et dans le temps.

Les pondérations retenues ont été finalement les suivantes :

Thèmes	Indicateurs		Pondération
La couverture spatiale	I1	Existence de voies avec EP	5
La photométrie	I2	Niveau d'éclairage	5
La durée de vie des installations	I3	Confort de l'éclairage	10
Le mode de fonctionnement	I4	Vieillessement des installations	5
La maintenance	I5	Maintenance - exploitation	40
Les types d'installations et de sources	I6	Durée moyenne d'éclairage	20
La vision future, programmée des installations	I7	Programmation communale	15

Le CEREN a réalisé une simulation de son modèle pour trois types de collectivités :

- les communes de moins de 10 000 habitants (51 % de la population métropolitaine),
- les communes de plus de 10 000 habitants (49 % de la population métropolitaine),
- les communes toutes tailles de population confondues.

Résultats des indicateurs

Indicateurs		Toutes communes confondues	Communes de moins de 10 000 hab.	Communes de plus de 10 000 hab.
I1	Existence de voies avec EP	91,7	90,7	92,8
I2	Niveau d'éclairage	94,3	89,1	99,8
I3	Confort de l'éclairage	47,5	22,7	73,3
I4	Vieillessement des installations	66	56,4	76
I5	Maintenance - exploitation	62,2	51,7	73,2
I6	Durée moyenne d'éclairage	89,8	82,4	97,5
I7	Programmation communale	38,1	26,7	50
	QSEP	65,9	55,2	77

A ces indicateurs, le CEREN a ajouté :

- un **indicateur de consommation par habitant (IC)**. Il s'agit d'une consommation annuelle d'électricité au mètre de voirie équipée d'EP.
- un **indicateur quantitatif composite en Éclairage Public (IQEP)** : calculé de manière à obtenir un flux d'énergie théorique sur l'ensemble du réseau pendant une année complète, ramené à 1 mètre de voirie. Il est pondéré par l'indicateur de maintenance pour « dégrader » sa note selon le résultat de la maintenance ;
- un **indicateur de performance (IP2M)** : c'est le rapport entre les deux indicateurs précédents : il fournit une valeur d'efficacité lumineuse moyenne, que l'on pourrait rapprocher de l'efficacité théorique moyenne du parc des lampes installées.

Perspectives pour l'outil d'auto-diagnostic

L'outil CEREN est un outil très complet créé pour mesurer la qualité du service EP au niveau national. Sa déclinaison au niveau local de chaque collectivité permettrait d'obtenir des indicateurs de la qualité et de la performance énergétique de son service EP. Elle suppose néanmoins un certain nombre d'adaptations et de modifications. L'étude en cours de l'ADEME propose un certain nombre d'actions pour rendre l'outil facilement utilisable et convivial pour les collectivités en vue de la réalisation d'un auto-diagnostic.

Afin d'insister sur l'efficacité énergétique, l'étude actuel envisage l'option de construire, avec les données déjà collectées par le questionnaire conçu par le CEREN, un indicateur supplémentaire d'Efficacité Énergétique de l'Eclairage Public (EEEP) plus riche que les indicateurs IC, IQEP et IP2M. Ce nouvel indicateur permettra d'évaluer séparément de la QSEP, l'Efficacité Énergétique de l'Eclairage Public. Cet indicateur (EEEP) pourrait reposer sur les indicateurs déjà définis par le CEREN, les questions déjà posées par le CEREN dans le questionnaire, des indicateurs environnementaux supplémentaires à créer.

Pour compléter l'outil CEREN sur le volet environnemental, l'outil d'auto-diagnostic pourrait en effet créer de nouveaux indicateurs de mesure prenant en particulier en compte la qualité de la gestion des déchets chimiques, la satisfaction des usagers (par exemple, nombre de réclamations adressées au service EP, etc.) afin de mesurer l'impact sonore des condensateurs des lampes, la gêne visuelle..., les nuisances lumineuses, l'intégration paysagère.

De plus, afin de faciliter la collecte et le traitement des informations, l'outil d'auto-diagnostic devrait être développé sur Internet : ce sont les communes elles-mêmes, accompagnées ou non d'une assistance de l'ADEME, qui renseigneraient alors les différentes questions. Cette approche présenterait entre autres avantages, ceux de faciliter la collecte et traitement des données, de rendre la démarche interactive, d'assurer une actualisation automatique de la base de données.

Il convient d'ajouter que deux besoins s'opposent dans la conception de l'outil d'auto-diagnostic : d'une part, l'outil doit offrir une base de comparaison fixe pour permettre aux communes de se comparer les unes par rapport aux autres ; d'autre part, il doit être « personnalisable » afin de s'adapter aux choix de politiques d'EP, par nature propre à chaque collectivité, en particulier dans le cadre d'une politique d'aménagement lumière.

Pour trouver un compromis, en plus d'une QSEP générale (set de paramètres (p_1, \dots, p_7) tel que défini par les experts du CEREN), des QSEP adaptées à différents types de politique de gestion de l'EP pourraient être construites et proposées, par exemple : une QSEP adaptée à une politique d'EP

insistant sur la sécurité, une QSEP adaptée à une politique d'EP recherchant une minimisation des coûts, une QSEP adaptée à une politique d'EP recherchant une maximisation de l'efficacité énergétique. Ces QSEP adaptées pourraient être créées tout simplement en modifiant la pondération des paramètres composant la QSEP générale.

Les communes pourraient ainsi se comparer à l'ensemble des autres communes via la QSEP générale, puis plus spécifiquement aux communes qui auraient fait le choix d'une politique d'EP particulière.

En plus de permettre à la collectivité de se positionner par rapport aux autres collectivités, l'outil d'auto-diagnostic devrait apporter des recommandations pour la gestion de l'Eclairage Public. Ces recommandations pourraient être adaptées en fonction : de la taille de la collectivité, de la politique de gestion que souhaite suivre la collectivité (ex. : sécurité, économie maximale, efficacité énergétique...), etc...

Au final, l'outil d'auto-diagnostic permettra à la commune de suivre les évolutions dans le temps de sa gestion de l'EP, et ainsi permettre de mesurer les objectifs qu'elle poursuit dans le plan d'aménagement lumière (éventuel). Par le suivi de sa gestion dans le temps de l'EP, la collectivité pourra quantifier les économies (d'énergie) réalisées. Cela pourra lui offrir des perspectives intéressantes dans le cadre du nouveau système des certificats blancs.

4.6.2. Pérennisation des actions

4.6.2.1. Développer une Charte EP-MDE en interne

La réalisation d'une Charte EP-MDE en interne, issue des préconisations du plan d'aménagement lumière et des réflexions menées en interne peut s'avérer un bon moyen de pérenniser l'action entreprise dans le cadre de la politique d'aménagement lumière. Cette Charte sera appliquée par le gestionnaire de l'EP qu'il s'agisse d'un gestionnaire privé contractualisant avec la collectivité ou du service EP d'une collectivité. Elle pourra avoir pour objectifs de :

- fournir une méthodologie pour organiser les approvisionnements de matériel EP selon certaines règles (dont des règles MDE) : par exemple,
 - introduction de la norme ISO 14001 dans les appels d'offre de fournitures de lampes,
 - intégration de la notion de « développement durable » dans les travaux d'aménagement : clause imposant aux entreprises le recyclage du matériel qu'elles déposent,
 - rédaction d'un « cahier des charges techniques type » pour le choix du matériel ;
- établir une série de prescriptions sur l'installation du matériel : par exemple, formuler certaines règles spécifiques à l'illumination des végétaux ;
- fournir une méthodologie pour le choix des luminaires selon la topologie des voies : à chaque type de voie correspondra un type de luminaire, un type de candélabre, un type de source. Par exemple, pour les voies piétonnes et de centre, la Charte pourrait prescrire :
 - Accroche en façade : à privilégier pour libérer les trottoirs
 - Luminaire : projecteur (favoriser la discrétion)
 - Source lumineuse : iodure métallique.

Cette charte devra être connue des développeurs de projet d'éclairage et pourrait servir des bases à l'élaboration des prochains cahiers des charges techniques.

4.6.2.2. Fédérer les compétences

Une fois l'exécution du plan d'aménagement achevé, il est important de ne pas faire retomber la dynamique qui s'est instaurée dans la collectivité autour de la lumière. Une politique d'aménagement lumière réussie est une politique qui a su fédérer autour d'elle une série de compétences et d'experts qui pourront prendre le relais de la réflexion engagée par la collectivité et en particulier par ses services techniques.

Dans le cadre de la mise en œuvre de son nouveau plan lumière, la ville de Lyon a réfléchi à la possibilité de créer un véritable pôle de compétence, un lieu ressource, qui rassemblerait tous les partenaires de la région intéressés de près ou de loin par la lumière, à l'image de LUCI, association internationale regroupant les villes lumière. Ce réseau mondial permet aux collectivités de confronter leurs expériences et de partager leurs compétences⁴⁹.

A l'exemple de Lyon, toutes les collectivités de grande taille (en particulier les intercommunalités et les agglomérations) pourraient engager une réflexion sur l'opportunité de créer un pôle local de compétence autour de la lumière. Cela suppose au préalable un véritable travail d'analyse contextuelle et institutionnelle afin de bien identifier l'ensemble des acteurs intervenant dans l'éclairage public, de la production de matériel jusqu'à la mise en lumière. Puis, une série de concertations avec les professionnels identifiés (fabricants, fournisseurs d'énergie, laboratoires de recherche, universités, concepteurs lumière, urbanistes, etc.) permettrait de définir les modalités de création et d'intervention de ce pôle de compétence.

⁴⁹ Trente-cinq villes à travers le monde en sont d'ores et déjà membres dont Lyon, Turin, Shanghai, Birmingham, Hambourg, Milan ou Budapest.

5. VOLET 2 – PRESCRIPTIONS TECHNIQUES

5.1. CHAPITRE 1 – LA MAITRISE DE LA DEMANDE D'ELECTRICITE APPLIQUEE A L'ECLAIRAGE PUBLIC

5.1.1. Préambule

Le premier choc pétrolier de 1973 a été le déclencheur de la mise en œuvre d'actions et d'interventions de maîtrise de la demande d'électricité dans tous les secteurs économiques et en particulier dans le secteur de l'éclairage public. Grâce à la MDE, la plupart des acteurs de l'éclairage public (industriels, gestionnaires, techniciens territoriaux et par la suite les concepteurs lumière...) ont pu moderniser les équipements tout en limitant la croissance des consommations d'électricité. Ces actions ont été rendues possibles par l'arrivée sur le marché d'équipements performants en terme d'efficacité énergétique (lampes au sodium, systèmes de régulation et de commande...). Ces progrès technologiques se sont poursuivis dans les années 90 (lampes à iodure métallique, à induction, régulateurs...) et plus récemment avec la première génération de système à diodes électroluminescentes⁵⁰.

Cet ensemble de technologies, associé à des outils informatiques de gestion performants, permet aujourd'hui d'élaborer des politiques d'aménagement lumière rationnelles du point de vue énergétique.

La MDE poursuit plusieurs objectifs :

- satisfaire les usages finaux au moindre coût pour l'utilisateur ou le gestionnaire de service (intérêt du consommateur) ;
- diminuer les impacts sur l'environnement (émissions de gaz à effet de serre, production de déchets chimiques et radioactifs abusifs et respect des espaces vivables pour la faune et la flore⁵¹) ;
- répartir les consommations dans le temps (meilleure gestion des réseaux de distribution et du parc de production) ;
- atténuer les appels de pointe (supprimer les suréquipements de production et de transport).

Satisfaire ces objectifs implique la mise en œuvre d'un ensemble d'outils technico-économiques et d'une méthodologie de suivi quantitatif et qualitatif du besoin satisfait ou du service rendu.

Ainsi une démarche MDE implique :

- l'établissement d'un état initial des consommations, des dépenses, des modes de gestion et d'utilisation, d'un recensement technique des matériels utilisés et d'une analyse qualitative du besoin ;
- une connaissance des besoins à satisfaire, présents et futurs ;
- des choix techniques pour satisfaire les besoins exprimés ;
- un calcul des coûts d'investissement et des coûts de fonctionnement ;

⁵⁰

Cf. Chapitre 4 « Les appareillages »

⁵¹

Cf. Chapitre 2 « Nuisances lumineuses »

- un calcul des impacts environnementaux rapporté à la source de production mais aussi un bilan environnemental des matériels utilisés ;
- une analyse de la puissance appelée par la demande.

5.1.2. La MDE appliquée au service éclairage public

L'intégration du concept de maîtrise de la demande d'électricité (MDE) dans une politique d'aménagement lumière nécessite une démarche transversale impliquant les différents acteurs du secteur. Cette démarche s'organise en cinq phases chronologiques principales :

- Phase 1 : Etablissement de l'état initial de l'usage de l'éclairage public
- Phase 2 : Identification des besoins
- Phase 3 : Choix techniques et modes de gestion⁵²
- Phase 4 : Etablissement de l'état futur
- Phase 5 : Suivi et évaluation des actions de MDE après la réalisation des travaux (réhabilitation, modernisation, extension du réseau, etc.)

Chacune de ces phases implique la réalisation d'une étude spécifique.

Les phases 1, 4 et 5 relèvent généralement de la compétence d'une structure ou d'une personne chargée de la gestion énergétique, dont les missions sont présentées de façon détaillée dans le Chapitre 6 « Gestion, suivi et maintenance ».

5.1.2.1. Phase 1 : Etablissement de l'état initial de l'installation d'éclairage public

La réalisation de cet état initial permet de faire l'analyse qualitative et quantitative du réseau d'éclairage public en termes technique, financier et environnemental. C'est à partir de cet état initial que sera réalisée l'évaluation des actions de MDE mises en œuvre dans le cadre de l'application d'une politique d'aménagement lumière.

Etablir l'état initial comprend les actions suivantes :

- recensement technique des matériels et appareillages (caractéristiques des postes de distribution, état du réseau d'alimentation, types de support, luminaires et lampes, définition des régulations et des systèmes de commande) ;
- Analyse des modes de fonctionnement (permanent, alterné, semi permanent, réduit) ;
- Bilan des modes de gestion (type de maintenance, suivi des dépenses, consommations et traitement des déchets) ;
- Bilan des consommations et des dépenses (à partir des factures émises par le fournisseur d'électricité et des contrats des sociétés de maintenance) : cette analyse doit être aussi effectuée en coût global en intégrant non seulement les coûts énergétiques mais aussi ceux de la maintenance, de l'amortissement du matériel, etc.
- calcul des impacts environnementaux (déchets, gaz à effet de serre, nuisances lumineuses)⁵³ ;
- calcul des ratios de base : nombre de points lumineux par km de voiries éclairées, nombre d'habitants par point lumineux, puissance moyenne d'un point lumineux, taux d'utilisation

⁵² Cf. Chapitre 6 « Gestion, suivi et maintenance »

⁵³ Cf. Chapitre 3 « Eclairage public et environnement »

(TU)⁵⁴ des puissances souscrites (global et par poste de distribution), coût moyen annuel de fonctionnement et de maintenance d'un point lumineux, dépense moyenne annuelle par habitant pour le service éclairage public. Ces ratios peuvent être comparés aux ratios connus quantitatifs et qualitatifs.

Les principaux ratios de l'éclairage public dans les communes en France ainsi que la synthèse de l'état initial réalisée sur la Communauté d'Agglomération de Reims (CAR) sont présentés dans le Chapitre 6 « Gestion, maintenance et suivi des consommations et dépenses ».

5.1.2.2. Phase 2 : Identification des besoins

L'éclairage public a pour fonction principale de produire un flux lumineux artificiel quand le flux lumineux naturel du soleil est insuffisant. La production de ce flux lumineux artificiel répond à des besoins obligatoires tels que :

- l'éclairage des voies de circulation (piétons, cyclistes, véhicules...),
- les applications réglementaires,
- la sécurité des biens et des personnes.

Mais l'éclairage public répond également à d'autres besoins spécifiques tels que :

- la création d'ambiances lumineuses,
- la mise en valeur de patrimoines remarquables,
- l'identification de lieux (entrées de ville, ronds-points...),
- la signalétique et l'information.

Qui définit les besoins ?

En tenant des recommandations usuelles et des normes sur l'éclairage public, ces besoins sont bien souvent identifiés et définis par les acteurs de l'aménagement public (élus, urbanistes, concepteurs lumière et éclairagistes, services techniques municipaux, professionnels de l'éclairage...). Associer également les usagers du service éclairage public (habitants, acteurs économiques et socioculturels, visiteurs...) à la démarche de définition des besoins permet d'intégrer leurs attentes et ainsi d'adapter la politique d'aménagement lumière aux souhaits de la population. Le dialogue entre décideurs et usagers s'inscrit dans une **démarche pédagogique de citoyenneté**.

Traduction des besoins

Une fois les besoins exprimés et identifiés, le rôle des décideurs institutionnels et techniques est de traduire la demande dans le cadre des contraintes techniques, réglementaires, sociales, économiques et environnementales. Pour cela, deux paramètres sont à prendre en compte :

- *Les caractéristiques des espaces urbains*

Une fois les besoins identifiés, les solutions techniques seront différenciées et mises en œuvre en fonction des types d'espace en respectant les recommandations de l'Association Française de l'Eclairage. En effet, l'uniformisation qualitative et quantitative de la mise en œuvre des besoins constitue bien souvent une source de gaspillage énergétique et engendre des impacts environnementaux négatifs. Les actions pour satisfaire les besoins doivent donc être modulées en fonction des caractéristiques de vie des espaces urbains (quartiers d'habitation, centres d'animations

⁵⁴ Une puissance souscrite bien adaptée aux besoins donne un TU de l'ordre de 85 à 90 %. Cf. définition du TU au chapitre appareillage.

socioculturels et sportifs, pôles d'activités économiques et commerciales, lieux d'enseignements (écoles primaires, collèges, lycées, campus universitaires), espaces verts, espaces d'accueil touristique et des gens de voyage...)⁵⁵.

■ *L'usage et la temporalité*

Pour chaque besoin associé à un espace, il faut également déterminer l'usage dans le temps de l'éclairage (permanent, semi permanent, alterné, réduit, intermittence de saison d'activité, occasionnel, limitation des nuisances [confort des usagers, ciel, faune et flore]...) et la qualité de lumière requise (flux lumineux, uniformité, rendu de couleur, ambiance...).

Les programmes de MDE sont définis à partir de cette analyse rigoureuse des besoins.

5.1.2.3. Phase 3 : Choix techniques et modes de gestion⁵⁶

Les choix techniques interviennent une fois les besoins identifiés, quantifiés et qualifiés pour chaque espace et dans le temps. Dans le cadre de la politique d'aménagement lumière, ils seront hiérarchisés en fonction de leur efficacité énergétique et financière et de leurs impacts environnementaux.

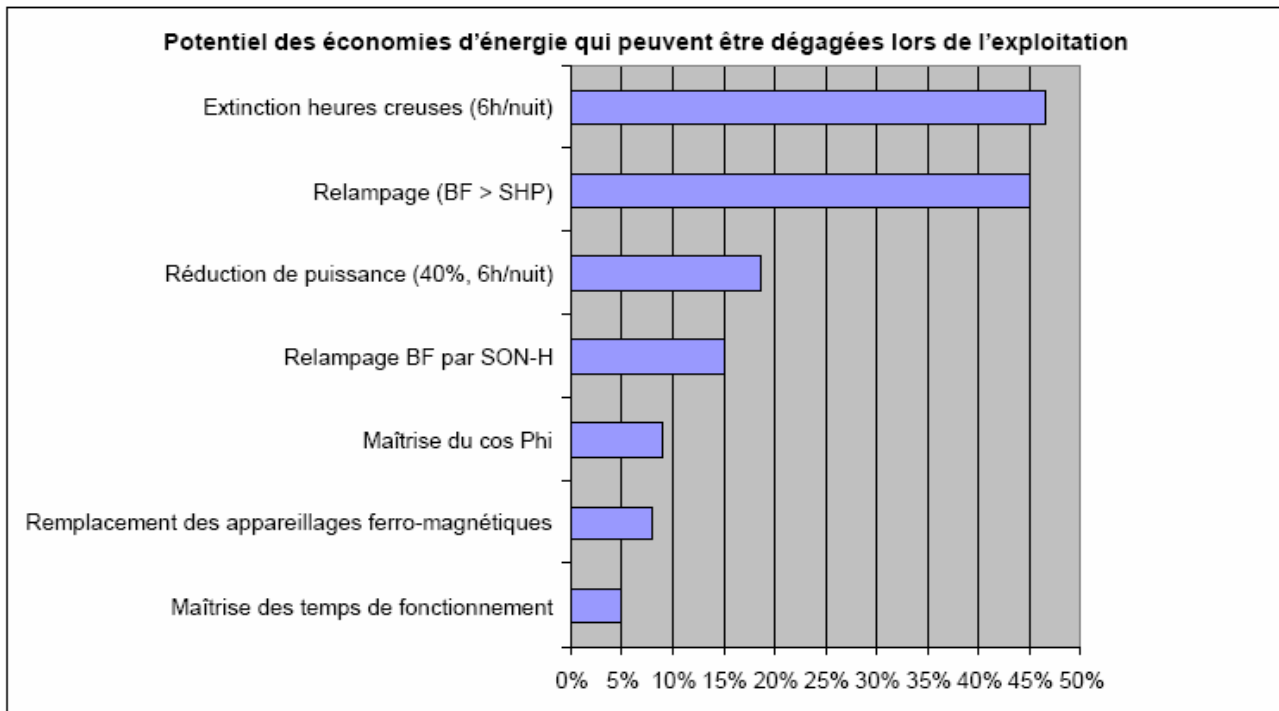
Une étude de l'ADEME et d'EDF⁵⁷ montre que les actions les plus efficaces à mener consistent à éteindre les lampes durant les heures creuses et à effectuer le relampage (et particulièrement dans le cas des réseaux anciens). Mais la première action est déconseillée pour des raisons de sécurité. La seconde action, quant à elle, réside dans le remplacement des ballons fluorescents (technologie datant des années 60-70) par des sources lumineuses au sodium haute pression de meilleur rendement « compatibles » avec les appareils d'alimentation et les luminaires.

Le tableau ci-dessous permet d'effectuer une hiérarchisation des actions MDE en fonction du gisement d'économie d'énergie. Cependant, une démarche de hiérarchisation demeure particulière pour chaque collectivité en fonction de ses objectifs, de ses priorités et de ses moyens.

⁵⁵ Cf. Chapitre 5 « Eclairage public d'espaces spécifiques et d'événements »

⁵⁶ Cf. Chapitre 6 « Gestion, suivi et maintenance »

⁵⁷ Cf. Synthèse des meilleures technologies et pratiques de gestion en éclairage public, étude de Gaudriot pour ADEME-EDF (2004)



Source : synthèse des meilleures technologies et pratiques de gestion en éclairage public, ADEME-EDF

Il est important de préciser que l'extinction pendant les heures creuses n'est plus aujourd'hui considérée comme la meilleure alternative principalement pour des raisons de sécurité.

Néanmoins, cette mesure peut être mise en œuvre sur des axes ou des espaces non utilisés la nuit (parkings utilisés de jour, routes de campagne sans habitation...cf. exemple d'application au chapitre 4 « Les appareillages »).

De plus, en ce qui concerne le relampage (remplacement systématique) des ballons fluorescents par des lampes au sodium, couramment réalisé dans les années 1970/1980, cette action n'a presque plus cours actuellement du fait des avancées technologiques sur les lampes sodium.

Les choix techniques portent sur les points suivants :

- caractéristiques du réseau d'alimentation (monophasé, triphasé, alimentation BT ou MT, aérien ou souterrain),
- supports (type, hauteur, esthétique),
- luminaires (type, réflecteur, efficacité lumineuse, design, inclinaison, volume, technologie des matériaux),
- lampes (rendu de couleur, durée de vie, rendement),
- modes de contrôle commande (systèmes astronomiques, cellules photo...),
- régulation (par poste ou/et par point).

Une fois les choix technologiques réalisés, il faut établir pour l'ensemble du réseau :

- une méthodologie de gestion énergétique et de règles de maintenance⁵⁸,
- un suivi des consommations et des dépenses,
- une programmation de travaux (rénovation, extension et modernisation),
- un bilan environnemental (déchets et gaz à effet de serre),
- un calcul des ratios de fonctionnement.

⁵⁸

Cf. Chapitre 6 « Gestion, suivi et maintenance ».

5.1.2.4. Phase 4 : Etablissement de l'état futur

Pour chaque action de MDE et donc chaque choix technologique et/ou de maintenance, on détermine :

- les investissements à engager,
- les consommations d'électricité induites,
- les coûts de fonctionnement (énergie et maintenance),
- l'amortissement des investissements,
- les gains énergétiques (consommation et puissance),
- le temps de retour financier,
- les impacts environnementaux.

5.1.2.5. Phase 5 : Suivi et évaluation des actions de MDE

Une fois les travaux et actions effectués, le suivi des consommations et des dépenses est réalisé pour chaque poste de distribution à partir des factures du fournisseur d'électricité et en partant de l'état initial réalisé préalablement.

Ce suivi permet de :

- quantifier en termes énergétique, économique et environnemental les impacts des actions de MDE engagées (par poste de distribution et globalement),
- mesurer la performance des installations mis en service,
- repérer les éventuels dérives de consommation (dysfonctionnement toujours possible),
- contrôler la qualité de facturation (erreur de mesure, périodicité...),
- analyser l'évolution des ratios de consommation, de dépenses et de qualité sur une période donnée.

Ces cinq phases doivent être intégrées dans toute politique d'aménagement lumière soucieuse de maîtriser sa consommation et ses dépenses d'électricité et de préserver l'environnement.

5.2. CHAPITRE 2 – NUISANCES DUES AUX EXCES D’ECLAIRAGE ARTIFICIEL

La lumière naturelle est essentielle à la vie animale, comme à la photosynthèse⁵⁹ des plantes. La lumière artificielle a également des impacts positifs sur le comportement humain (impression psychologique, qualité de vie, sentiment de sécurité) et son horloge biologique (meilleure maîtrise des décalages horaires ou réduction du stress hivernal). Cependant quelques précautions s’imposent pour respecter l’environnement, même en zone urbaine. De plus, l’éclairage urbain répond à de nombreuses exigences du citoyen : sécurité, ambiance urbaine, zones commerciales, mise en valeur du patrimoine, spectacles...

La « pollution lumineuse » est un phénomène facile à constater : les halos de lumière qui surplombent les agglomérations sont parfois visibles à de grandes distances.

Elle a des conséquences dans différents domaines:

- le paysage : à côté du paysage diurne, existe un paysage nocturne dont le ciel fait partie ;
- la biodiversité et les écosystèmes : la lumière artificielle peut avoir des impacts (positifs ou négatifs) sur la faune (oiseaux, invertébrés, insectes...), les espèces migratrices (fragmentation des habitats) et la flore ;
- la qualité de vie : la lumière agit sur l’homme (son rythme biologique) mais également sur son bien-être (obligation de se protéger de l’éclairage public pour dormir par exemple) ;
- le patrimoine culturel : le ciel étoilé constitue une richesse universelle, légendaire, un repère spatial, un modèle pittoresque, poétique, artistique et scientifique;

Les nuisances lumineuses concernent donc plusieurs secteurs : la protection de l’environnement, les règles d’urbanisme et d’aménagement du territoire. Dans ce cadre, la marge de manœuvre de l’éclairage public est étroite : l’éclairage public n’est en effet pas le seul à participer à la formation du halo lumineux et une part importante de celui-ci est constitué les autres sources de lumière artificielle : mise en valeur de sites, éclairages commerciaux, éclairages intérieurs des bâtiments de bureaux, etc.

Cependant, la limitation des flux perdus est une priorité que doit avoir tout gestionnaire de l’éclairage et qui passe par un dimensionnement adapté des installations (éclairer juste) et l’utilisation de techniques efficaces (inclinaison des appareils, utilisation très limitée des éclairages de bas en haut, choix des matériaux, etc.).

5.2.1. Vie végétale et éclairage public

Les troncs et branches des arbres et plantes s’allongent et augmentent de diamètre chaque année, de manière extrêmement diverse selon les conditions climatiques, l’habitat et le milieu.

=> *prendre en compte correctement cette croissance (hauteur et positionnement des appareils, puissance des lampes, angles d’ouverture des réflecteurs...).*

Ce n’est pas l’intensité de la lumière qui est l’ennemi des plantes, mais plutôt le rayonnement

⁵⁹

Photosynthèse : production de glucides par les plantes et certaines bactéries à partir de l’eau et du gaz carbonique de l’air qu’elles peuvent fixer grâce à la chlorophylle, en employant comme source d’énergie la lumière solaire.

thermique dû à la proximité de la lumière artificielle. En effet, les végétaux sont habitués à recevoir beaucoup de lumière. Cependant, les caractéristiques d'un éclairage artificiel sont physiquement très différentes de celles de l'éclairage naturel : un éclairage artificiel moyen produit sur une surface dépasse rarement 1 500 à 2 000 lux alors qu'une journée ensoleillée produit environ 30 000 lux⁶⁰.

En revanche, le rayonnement thermique d'un appareil d'éclairage placé trop près d'un feuillage génère une sphère de chaleur susceptible de modifier le développement de la plante : des bourgeons peuvent pousser bien avant le printemps et des feuilles peuvent subsister sur l'arbre quand l'automne est bien avancé.

=> veiller à ne pas placer de sources lumineuses puissantes (> 50 ou 100 Watt) trop près des feuillages pour ne pas les brûler, les endommager durablement ou modifier les cycles de la flore.

La photosynthèse s'effectue généralement par la face supérieure des feuilles et les cellules qui s'y trouvent sont beaucoup plus résistantes au rayonnement de celles situées sur le dessous des feuilles.

=> être très précautionneux pour la mise en place d'éclairage en contre-plongée et respecter une distance minimale entre le point d'éclairage et les végétaux.

Le rythme biologique des plantes nécessite des moments d'obscurité et une alternance saisonnière (faible luminosité en période de repos végétatif et forte luminosité en saison de végétation). On constate des périodes de floraison écourtées pour les espèces végétales sensibles trop (mal) exposées à la lumière.

=> prévoir des alimentations électriques différenciées, afin d'adapter l'éclairage paysager en fonction de la durée de la nuit (extinction à minuit ou pendant la saison hivernale par exemple).

Le dommage majeur causé par l'éclairage artificiel alimenté par le réseau, est occasionné aux niveau des racines par la mise en place sur une longue distance et en milieu fragile, de réseaux souterrains d'alimentation (tranchées, fourreaux et câbles électriques).

⇒ **étudier les solutions utilisant des énergies alternatives.**

Illustration

En Corse, des éclairages publics alimentés par panneaux photovoltaïques permettent l'éclairage dans des zones éloignées des postes d'alimentation (évitant ainsi les tranchées) : un panneau de 0,5 m² de surface fournit environ 15 Watt. L'énergie devant être stockée dans des batteries, la capacité de ces dernières détermine le nombre d'heures d'alimentation disponibles par jour.

5.2.2. Vie animale et éclairage public

La lumière artificielle peut, si elle est mal employée, nuire à l'espèce humaine. En milieu urbain dense, éclairé durant toute la nuit, le temps moyen de repos nocturne a fortement diminué au cours des siècles, posant à terme, des problèmes de santé (fatigue visuelle, insomnie, stress...). En effet, l'éclairage quasi permanent ou agressif (panneaux lumineux publicitaires clignotant...) des zones

⁶⁰

p. 34, Roger Narboni, Février 2003, « La lumière et le paysage », Le Moniteur

urbaines perturbe les cycles biologiques naturels de l'homme et autres êtres vivants et peut contribuer au développement de pathologies via l'œil ou la peau comme l'attestent de nombreuses études concernant les hommes⁶¹ ou les animaux.

De plus, beaucoup d'espèces animales sont sensibles à la lumière artificielle⁶² :

parce qu'elles vivent la nuit et que la lumière peut modifier leur comportement nocturne (chauves-souris, chouettes, rongeurs, araignées...) ;

Ainsi, les oiseaux migrateurs peuvent être gênés par l'éclairage intense et uniforme des autoroutes ; l'éclairage de parois rocheuses gêne la nidification de certaines espèces (rapaces, mouettes...).

parce qu'elles vivent le jour et que la lumière peut empêcher leur repos,

Le pigeon biset par exemple dont le cycle hormonal est très lié à la durée de la nuit, se reproduit même en période hivernale car l'éclairage artificiel empêche le déclenchement de la période normale de repos physiologique.

parce qu'elles sont irrésistiblement attirées par la lumière (papillons nocturnes, oiseaux...).

L'éclairage est généralement fatal aux coléoptères et papillons nocturnes : la lumière trouble leur sens de l'orientation et ces insectes succombent à la chaleur des luminaires ; certains oiseaux, comme les pétrels de La Réunion, se précipitent sur les réverbères, tombent à leur pied et meurent car ils ne peuvent plus s'envoler.

=> Réaliser en amont d'un plan d'aménagement lumière des études biologiques précises sur l'environnement animal et végétal autour des points lumineux que l'on installe. Ce type d'étude doit bien sûr être envisagé à l'échelle d'un territoire (ville, communauté de communes, parc régional...) car leur coût peut être significatif.

=> réaliser en amont d'un projet d'éclairage des études biologiques précises sur l'environnement animal et végétal autour des points lumineux que l'on installe si on se trouve sur un site sensible (Natura 2000...).

⁶¹ Rapports techniques de la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) n° 125 de 1997 « Standard erythema dose », n° 138 de 2000 « Risques de photocarcérogénèse », n° 139 de 2001 « Influence de la lumière naturelle et artificielle sur les cycles circadiens et les variations saisonnières chez les humains », n° 158 de 2004 « Conséquences de l'éclairement de l'œil sur la physiologie et le comportement humains » et Journal CIE n° 6 « photobiologie et photochimie – Influence du rayonnement selon les longueurs d'ondes », Mc Kinlay, 1987

⁶² Les informations de ce chapitre proviennent de l'ANPCN, d'associations ornithologiques d'Ile-de-France, de La Réunion..., de la FNE.

5.2.3. Dégradation de la qualité du ciel nocturne

5.2.3.1. Aménager l'espace lumineux

La volonté d'améliorer l'éclairage public et les nécessités économiques ont souvent mené les villes à choisir des équipements « standards ». La généralisation des lampes au sodium haute pression dans l'éclairage des voiries et l'éclairage systématique des monuments, de bâtiments patrimoniaux ou de certains mobiliers urbains conduisent de fait à une uniformisation et à une perte d'identité nocturne et culturelle des villes peu souhaitable.

Le souci de maîtrise des consommations d'électricité peut être une opportunité de réfléchir aux effets souhaités, à jouer sur les couleurs, la localisation et l'intensité des éclairages... On peut profiter de la nécessité d'améliorer l'éclairage public pour créer un nouveau paysage nocturne de la ville en s'appuyant sur les éléments identitaires du paysage (végétaux, architecturaux, minéraux...) et en les hiérarchisant pour créer une mise en scène.

Il ne faut pas oublier que la ville est également composée de zones d'ombres qu'il est important de sauvegarder. Comme le soulignent les intervenants sur le Plan Lumière de Lyon, « le trop plein d'éclairage rendrait la rue froide et inhabitée » et « il faut aussi savoir respecter la liberté du citoyen à voir ou ne pas voir, l'harmonie doit être pensée entre les différentes illuminations en prenant en compte l'obscurité ». La simple transition d'un espace très éclairé à un espace qui l'est moins, peut donner une sensation d'obscurité désirable et reposante sans que cette dernière soit absolue⁶³.

Il est donc important de prévoir des espaces moins éclairés et de prendre en compte des temporalités différentes dans la dynamique du plan d'aménagement lumière.

Enfin, depuis de nombreuses années, les astronomes professionnels ou amateurs, tirent la sonnette d'alarme et mènent des actions pour sauvegarder de bonnes conditions d'observation du ciel nocturne. L'UNESCO a convaincu des pays membres de signer une charte internationale pour la protection du ciel nocturne et des associations ont été créées (Centre pour la Protection du Ciel Nocturne⁶⁴ et Comité National pour la Protection du Ciel Nocturne⁶⁵ en France, *International Dark Sky Association...*).

Ces organisations préconisent :

- la protection des zones autour des observatoires en créant des servitudes,
- la création de zones de ciel noir, « réserve » dédiée notamment à l'astronomie.

Mais ces mesures présentent des contraintes :

- prévoir des périmètres suffisants qui restent à déterminer ;
- déterminer des points de références de pureté du ciel ;
- ne pas créer des situations de discrimination territoriale.

⁶³ Dans son ouvrage « *La lumière et le paysage* », Roger Narboni préconise un zonage des villes « plans d'occupation de la lumière » ou « plans de sauvegarde de l'ombre ».

⁶⁴ Le CPCN est notamment chargé d'entreprendre la cartographie des régions à protéger.

⁶⁵ Le CNPCN organise régulièrement des réunions avec l'ADEME, EDF, le Ministère de l'Environnement, les collectivités territoriales, l'Association Française de l'Eclairage.

5.2.3.2. Les mesures règlementaires

Le ciel n'étant pas considéré comme un élément du patrimoine commun de l'humanité au même titre que la Lune, les fonds marins, l'Antarctique, le génome humain... il n'existe pas de mécanisme de protection directe du ciel nocturne au plan international. Seules des recommandations sont émises.

Les réglementations étrangères

Cependant, les exemples étrangers nous montrent que la prévention et la réduction des nuisances lumineuses ont leur place dans le débat législatif :

- la **Lombardie (Italie)** a adopté une loi sur la « pollution lumineuse » et les économies d'énergie en 2000⁶⁶. La loi impose d'instituer des zones « noires » autour des observatoires professionnels ou non, dont la situation sera précisée (articles 5, 910) :
 - 30 km autour des observatoires professionnels
 - 15 km autour des observatoires non professionnels
- la **Catalogne (Espagne)** a adopté en 2001, une loi sur la « réglementation environnementale de l'éclairage pour la protection du milieu/environnement nocturne »⁶⁷. A laquelle s'ajoute la protection des observatoires situés aux Canaries.
- les **USA, le Chili, les Canaries** instituent également des servitudes autour des observatoires.
- la **République Tchèque** a introduit dans une loi récemment promulguée sur la protection de l'atmosphère, des dispositions sur la « pollution lumineuse ». Depuis le samedi 1er juin 2002, cette loi est entrée en application et stipule que tout éclairage extérieur doit être pourvu d'une coiffe empêchant la diffusion du flux lumineux vers le ciel et que l'intensité lumineuse doit être réduite de 30 % après minuit. Cette loi pose également l'obligation de déterminer des zones soumises à des mesures de réduction et d'interdiction d'éclairage. Les activités ayant lieu dans ces zones seront soumises à des mesures de prévention de la « pollution lumineuse », ainsi qu'à des seuils maximum de « pollution lumineuse » autorisée, sans concerner uniquement les observatoires astronomiques. Cette loi a pour objectif la protection de l'environnement nocturne dans sa globalité. Quatre types de zones sont définis en fonction de leur vulnérabilité à la « pollution lumineuse » où on admet une brillance minimum, réduite, moyenne ou forte (la zone 1 concernant des cadres territoriaux devant faire l'objet d'une protection spéciale pour leurs caractéristiques naturelles ou leurs valeurs astronomiques).
- **Le code européen des transports adoptés fin 2001 par le Conseil de l'Europe** a pour objectif de servir de ligne de conduite sans portée contraignante pour les Etats, afin d'intégrer les considérations environnementales dans les politiques des transports. On pourra remarquer qu'il préconise le recours aux meilleures techniques disponibles afin de limiter les impacts lumineux sur la faune et la flore et de limiter la lumière dans les zones rurales. De même, il encourage l'utilisation de méthodes minimisant la perte de lumière.

66

Loi n°17/00, « Urgent measures to fight the light pollution and to achieve energy saving in the use of outdoor lighting ».

67

Ley 6/2001, de 31 de mayo, de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno

En France, quels outils pour éviter les nuisances lumineuses ? Prévention ou responsabilité ?

La loi Solidarité et renouvellement urbain (SRU) impose, lors de l'élaboration ou de la modification d'un document d'urbanisme, un dossier contenant un rapport de présentation (avec une étude d'environnement), un projet d'aménagement et de développement durable (art. R123-3), le règlement (avec documents graphiques, zonages et document écrit) et des annexes.

Certains documents d'urbanisme comme les Schémas de Cohérence Territoriale, les Plan Locaux d'Urbanisme (PLU) et les Zones de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager (ZPPAUP) pourraient insérer des dispositions sur l'éclairage car ils ont pour objectif de préserver la qualité architecturale et l'environnement (caractéristiques et traitement des rues, espaces et ouvrages publics à conserver, modifier ou créer ; mesures de nature à assurer la préservation des paysages et l'entrée des villes). Ces documents, prenant en compte les besoins de la commune et ses objectifs, sont opposables pour les permis de construire, permis de lotir....

L'Analyse Environnementale de l'Urbanisme (cf. guide ADEME) permet de prendre en compte ces aspects qui peuvent être précisés dans le cahier des charges de consultation des bureaux d'études chargés de l'élaboration des documents d'urbanisme.

La responsabilité des personnes publiques peut dans certains cas être engagée du fait de l'éclairage public. Les installations d'éclairage public répondent aux critères de l'ouvrage public : « immeuble affecté à l'intérêt général ». Aussi le régime de responsabilité sera-t-il celui des dommages de travaux publics, ces derniers pouvant provenir de la présence ou du fonctionnement de l'ouvrage. Cependant le régime sera différent suivant que la victime du dommage est un tiers ou un usager.

- Si la victime est un tiers, la responsabilité de la personne publique pourra être engagée sans pouvoir s'exonérer sauf force majeure. La victime devra uniquement prouver un préjudice anormal et spécial. Ainsi dans un arrêt du *10 mars 1997 Commune de Lormont*, le Conseil d'Etat a engagé la responsabilité de la personne publique en raison du préjudice subi par des pépiniéristes du fait d'un éclairage trop important. En effet, les chrysanthèmes furent invendables du fait d'un trouble de floraison dû à un éclairage de forte puissance. L'anormalité et la spécialité du préjudice sont caractérisées.
- S'agissant d'un usager (en l'espèce, des voies publiques), le régime est un régime de responsabilité pour faute simple, la faute consistant dans un défaut d'entretien normal de l'ouvrage.

L'adoption à titre préventif d'un document lumière de référence type Plan Lumière, Charte Lumière et SDAL... garantirait l'information et la consultation des citoyens et le repérage d'éventuelles nuisances.

L'adoption par les collectivités territoriales d'une politique d'aménagement lumière transversale et intelligente, intégrant la maîtrise de l'éclairage et donc limitant les dérives liées au trop plein de lumière, est une solution adéquate et réaliste. En ce sens, elle répondrait à divers intérêts et en premier lieu celui des économies d'électricité et assurerait dans le même temps le respect des écosystèmes et du cadre de vie en introduisant des recommandations sur les types de luminaire, en imposant des horaires, en délimitant des zones ombre/lumière, tout en respectant les limites traditionnelles de sécurité et de respect de l'ordre public.

Perspectives

1. Au plan local

Les collectivités territoriales peuvent d'ores et déjà limiter les nuisances lumineuses en adoptant une **Approche Environnementale de l'Urbanisme** pour l'élaboration de tous leurs documents de planification qui intégreront la politique d'aménagement lumière définie lors d'un Plan Lumière, une Charte Lumière ou un SDAL.

2. Au plan national

Il serait judicieux de réfléchir à :

- **une loi** s'inspirant de la démarche de nos voisins européens (Italie, Espagne...) **pour encourager l'adoption systématique d'éclairages économes en énergie** évitant le gaspillage (éclairage du ciel) et respectueux du milieu nocturne ; la loi pourrait s'inspirer des propositions émises par l'Association Nationale pour la Protection du Ciel Nocturne (ANPCN) dans le texte « *Mesures urgentes contre la nuisance lumineuse et en faveur des économies d'énergie dans l'éclairage public* » ;
- l'établissement de **zones de protection autour des observatoires**, par exemple rayon de 30 km autour des observatoires professionnels et de 15 km autour des observatoires amateurs.

Pour l'instant, néanmoins, il n'existe aucune évaluation des lois mises en place dans les autres pays européens. Avant de mettre en place de telles mesures, il faut évaluer ou avoir un retour sur leur efficacité dans les pays où elles ont été mises en œuvre.

3. Actions de communication

- Un concours des villes les plus performantes et créatives dans ce domaine

5.3. CHAPITRE 3 – ECLAIRAGE PUBLIC ET ENVIRONNEMENT (GAZ A EFFET DE SERRE, DECHETS)

Ce chapitre traite du changement climatique (émissions de gaz à effet de serre [GES]), de la production de déchets radioactifs induites par la consommation d'électricité de l'éclairage public et des déchets issus du retraitement des lampes en sachant que l'éclairage public induit d'autres déchets facilement récupérables : métaux ferreux et non ferreux, palettes de bois, déchets d'emballage, etc.

5.3.1. Les émissions de gaz à effet de serre (GES) et le changement climatique

En France, en 2002, la production d'électricité a été réalisée à 78 % par les centrales thermiques nucléaires, 12 % par la filière hydraulique et 10 % par des centrales thermiques à flamme (charbon, fuel et gaz).⁶⁸

Si les filières nucléaire et hydraulique n'émettent pas de GES (dioxyde de carbone [CO₂] et protoxyde d'azote [NOx]), ce n'est pas le cas de l'électricité produite par la filière thermique à flamme. Cette filière est principalement utilisée en appel de pointe journalière ou saisonnière (en été lorsqu'un grand nombre de centrales nucléaires sont à l'arrêt pour rechargement et procédure de contrôle et en hiver lorsque les besoins de chauffage sont importants). De ce fait, le kWh consommé induit des émissions de GES qui varient en fonction des mises en service des centrales à flamme pour répondre à la demande d'électricité. Celle-ci dépend évidemment des besoins à satisfaire dans le temps.

Le besoin en éclairage public intervient, en règle général, chaque jour à la tombée de la nuit et donc en partie pendant l'appel de pointe, en soirée hivernale lorsque les centrales thermiques à flamme sont sollicitées.

Le système de production d'électricité en France et les évolutions journalières et saisonnières des besoins (constituant l'ensemble des appels de puissance et de consommation), font qu'un kWh consommé par un usager ou service, tous usages confondus, engendre en moyenne une émission de GES de l'ordre de 109 grammes d'équivalent CO₂ par kWh produit à la source^{69 et 70}. (ou 28 grammes d'équivalent carbone)

A partir des résultats de l'enquête DGCL/ADEME (2002), la consommation d'électricité pour les besoins d'éclairage public des communes de France conduit à une émission annuelle de GES de l'ordre de 7,8 millions de tec soit 4 % des émissions totales de la France tous secteurs d'activités confondus.

Dans le cadre du protocole de Kyoto sur les changements climatiques, la France s'est engagée à réduire ses émissions de GES de 16 millions de tonne équivalent carbone (tec) à l'horizon 2010/2012.

Dans le cadre de cet engagement, les collectivités locales ont un rôle d'exemplarité à jouer. A ce titre, l'établissement de leur propre bilan carbone sur leur patrimoine et en particulier sur le parc

⁶⁸ 2003, Rapport annuel du ministère de l'industrie

⁶⁹ La valeur moyenne en g de CO₂ par kWh des émissions de GES par famille d'usage est : chauffage 180 g, éclairage tertiaire et résidentiel 100 g, éclairage public 109 g, usages intermittents 60 g, usages en base 40 g (Source : ADEME/EDF 2004)

⁷⁰ En juillet 2003, les calculs d'EDF donnent une valeur moyenne de 30,2 grammes de carbone par kWh consommé tous usages confondus.

éclairage public leur permet d'une part de contribuer à la réalisation de l'engagement national et d'autre part de jouer un rôle essentiel de pédagogie et de sensibilisation auprès de la population. Il en est de même pour le bilan déchets radioactifs et chimiques.

Comment réaliser un bilan carbone sur la collectivité ?

A partir des calculs effectués par EDF et l'ADEME, le kWh consommé par l'usage éclairage public induit une émission de GES estimée à 109 grammes de CO₂.

Pour réaliser le bilan carbone de l'éclairage public il faut donc établir le bilan des consommations annuelles à partir des factures du fournisseur.

Illustration	
Bilan CO₂ EP de la Communauté d'Agglomération de Reims pour l'année 2003	
Consommation annuelle	17 465 MWh
Production de GES par kWh consommé en EP	109 g de CO ₂
Emission de GES	17 465 MWh * 109 kg = 1904 tonnes de CO ₂
Emissions de GES par habitant	8,7 kgCO ₂ /an

5.3.2. Déchets radioactifs

La consommation d'électricité engendre, au niveau des centres de production électronucléaires, des déchets radioactifs.

On distingue deux familles de déchets radioactifs :

- Les déchets faiblement et moyennement radioactifs qu'il faut stocker pendant trois cents ans pour neutraliser leur activité radioactive⁷¹.
- Les déchets à haute activité qui ont des durées de vie radioactive dépassant 20 000 ans pour certains transuraniens tel que le plutonium⁷². Actuellement en France ces déchets sont stockés en piscine dans le centre de retraitement de La Hague. Un laboratoire d'enfouissement en grande profondeur en zone géologique stable est en cours de construction pour tester ce mode de stockage. L'expérimentation devrait fournir des résultats vers 2010. A ce jour, au niveau mondial, il n'existe aucune solution technique fiable éprouvée à long terme pour le stockage de ce type de déchets.

⁷¹ Ces déchets sont actuellement stockés dans le centre d'enfouissement de l'Aube géré par l'ANRADE qui a une capacité de 1 million de tonnes.

⁷² Le plutonium est actuellement récupéré dans le centre de retraitement de La Hague pour être ensuite utilisé comme combustible dans les centrales nucléaires sous la dénomination de combustible MOX. Dans ce cas, le plutonium peut ne pas être considéré comme un déchet.

Comment réaliser un bilan déchets radioactifs sur la collectivité ?

Pour chaque kWh d'électricité consommé, tous usages confondus, EDF a calculé les productions moyennes de déchets nucléaires :

Déchets faiblement et moyennement radioactifs	0,05 g/kWh
Déchets à haute activité	0,01 g/kWh

On peut facilement calculer les productions induites de déchets radioactifs à partir du bilan des consommations annuelles d'électricité de l'usage éclairage public.

Illustration		
Bilan Déchets radioactifs et chimiques		
sur la Communauté d'Agglomération de Reims pour l'année 2003		
Production de déchets radioactifs à la source		
	Déchets faiblement radioactifs	87 kg
	Déchets hautement radioactifs	17,5 kg
Changement moyen annuel de lampes		14 000 unités
	Mercuré récupéré en unité de recyclage	Inférieur à 100 g annuel

Tout comme pour les GES, la MDE appliquée à un réseau d'éclairage public permet de réduire les productions de déchets radioactifs.

5.3.3. Déchets issus du recyclage des sources lumineuses⁷³

La plupart des lampes à décharge (tube fluorescent, sodium, mercure et iodure métallique) contiennent du mercure et autres métaux lourds polluants (les composés du mercure agissent comme un poison pour les cellules.). La réglementation impose le retraitement de ces sources lumineuses. C'est pourquoi, les collectivités locales sont tenues de faire réaliser le recyclage des lampes à décharge usagées. Or, selon les données du CERTU, en 1999, seules 65 % des villes de plus de 50 000 habitants effectuent la collecte des lampes. Ce taux n'est que de 37 % pour les autres villes⁷⁴.

Le 23 mai 1997 le décret n° 97 517 du 15 mai 1997 relatif à la classification des déchets dangereux est paru au journal officiel. Il complète la transposition en droit français de la directive européenne 91/689 du 12/12/1991 établissant une liste de déchets dangereux. Celle-ci est applicable à compter du 1er janvier 1998. Dans cette liste figure les lampes à décharge contenant du mercure.

Sur la base du décret français n° 2005-829 du 20 juillet 2005, transposant les directives 2002/95/CE et 2002/96/CE relatives à la limitation des substances dangereuses, et à l'élimination des déchets d'équipements électriques et électroniques, l'ensemble des acteurs s'organise pour mettre en place la filière de collecte et recyclage des DEEE.

⁷³

La majeure partie des informations contenues dans ce chapitre sont issues des données communiquées par la société TCMS lors de la visite technique effectuée par ICE sur le site en septembre 2004.

⁷⁴

Etude CERTU, enquête 1999, « La pratique des villes françaises en matières d'éclairage public »

Concernant les déchets, deux Directives Européennes 2002/95/CE et 2002/96/CE publiées en 2003 portent sur la limitation des polluants à la source (dès la conception des produits)⁷⁵ et sur la collecte sélective et le traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques⁷⁶. Le décret n° 2005-829 du 20 juillet 2005 transpose les deux directives en droit français. Les modalités pratiques d'application de ces directives seront fixées par arrêté. Le système de collecte qui devra être mis en place prévoit la participation des collectivités locales, des distributeurs, des fabricants et, pour certains équipements, des ménages⁷⁷.

Seules les lampes à décharge (produits de remplacement) sont concernées et les luminaires professionnels. Avec la nouvelle réglementation, le producteur devra financer la collecte et le traitement de ces lampes. Les coûts seront mutualisés : il y aura pour tout type de lampes une contribution environnementale fixe. Sans cette mutualisation des coûts, le marché des lampes fluorescentes serait largement défavorisé.

La réglementation implique la création d'un éco-organisme centralisateur qui enregistrera toutes les lampes mises sur le marché (elles se verront attribuées un numéro d'identification) et aura la charge d'organiser la collecte et le traitement des lampes. Tous les producteurs devront obligatoirement adhérer à cet organisme.

En l'état actuel du projet de transposition, chaque producteur devra :

- déclarer le nombre de lampes vendues
- payer la cotisation fixe par lampe (une « visible fee »)⁷⁸
- l'éco-organisme sera chargé de la collecte et de gérer le traitement des lampes.

Une collectivité s'adressera à cet éco-organisme pour la collecte et le traitement des lampes.

A ce jour, il existe en France cinq unités industrielles de retraitement des sources lumineuses : SARP industrie 78520 Limay, DUCLO 13240 Septèmes les Vallons, CITRON 76700 Rogerville, TCMS⁷⁹ 10800 Saint Thibaut et Del France 57150 Creutzwald.

⁷⁵ Directive 2002/95/CE : Limitation des substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques (RoHS)

⁷⁶ Directive 2002/96/CE : Déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE)

⁷⁷ Pour en savoir plus, voir le dossier de l'ADEME sur les déchets :

<http://www.ademe.fr/entreprises/Dechets/dechets/dechet.asp?ID=31&o=2>

⁷⁸ Il s'agit d'un coût environnemental qui correspond au coût de collecte et de traitement des lampes. Il est évidemment interdit au producteur de prendre des marges sur cette charge.

⁷⁹ TCMS recycle les lampes de la CA de Reims (14 000 sources lumineuses par an en moyenne).

Composition des lampes

Composition des lampes à décharge (hors tubes fluorescents)	Composition des tubes fluorescents
<ul style="list-style-type: none"> ○ Une enveloppe de verre de type borosilicate ○ Une douille composée d'aluminium, de verre et d'un isolant bakélite ○ Un brûleur en verre contenant du mercure ○ Une armature en acier ou aluminium pour maintenir le brûleur 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Une enveloppe en verre de type sodocalcique ○ Deux embouts (aluminium, verre, bakélite et cuivre) ○ Une poudre fluorescente

Les principaux éléments constitutif d'une lampe à décharge et pouvant avoir un impact sur l'environnement, sont fournis dans le tableau ci-après en valeur de poids moyen des lampes.

Élément contenu dans la lampe	Fluorescent	Mercure	Sodium haute pression ⁸⁰	Halogénure métallique
Mercure	18 mg	18 mg	30 mg	42 mg
Antimoine	18 mg	0 mg	0 mg	0 mg
Baryum	54 mg	1,8 mg	60 mg	2,8 mg
Indium	1,8 mg	0	0 mg	0 mg
Plomb	9 mg	450 mg	450 mg	420 mg
Sodium	0 mg	0 mg	15 mg	1,4 mg
Strontium	180mg	45 mg	45 mg	1,4 mg
Thalium	0 mg	0 mg	0 mg	1,4 mg
Vanadium	0 mg	63 g	1,5 mg	7 mg
Yttrium	0 mg	90 mg	6 mg	98 mg
Terres rares	18 mg	9 mg	1,5 mg	4,2 mg
Poids moyen de la lampe	180 g	90 g	150 g	140 g

Le bilan matière des lampes à décharge présenté ci-dessous est issu d'une étude réalisée par le syndicat de l'éclairage en 1997.

Les efforts réalisés par les fabricants depuis le début des années 1980 ont fortement diminué les quantités d'éléments polluants. A titre d'exemple, la quantité de mercure dans les lampes fluorescentes a été diminuée d'un facteur 10 en vingt ans.

Pour compléter ces données générales il est présenté ci-après les bilans matières réalisés par la société de recyclage TCMS et un reportage technique sur le process industriel actuellement en service.

Décomposition en poids d'une lampe à décharge (180 g) ⁸¹		Décomposition en poids d'un tube (200 g) ⁸²	
Produit	Poids	Produit	Poids
Verre	124 g	Verre	180 g
Brûleur	10 g	Poudre	2,2 g
Armature métallique	4 g	Aluminium	2 g
Aluminium	7 g	Cuivre	2 g
Mélange verre bakélite	35 g	Mélange verre bakélite	14 g
Contenu mercure	6 mg		

⁸⁰ Les lampes sodium basse pression ne contiennent pas de mercure.

⁸¹ Valeurs moyennes obtenues sur un échantillonnage de tout type de lampes à décharge.

⁸² Valeurs moyennes obtenues sur un échantillonnage de tubes de toute dimension.

Bilan matières des poudres fluorescentes⁸³

Produit	Quantité en mg/kg de poudre
Cuivre	0,2
Cobalt	0,5
Chrome	1
Cadmium	9
Nickel	12
Plomb	20
Zinc	55
Fer	80
Sodium	500
Mercure	900
Antimoine	3 200
Baryum	4 500
Manganèse	5 000
Magnésium	7 500
Aluminium	10 000

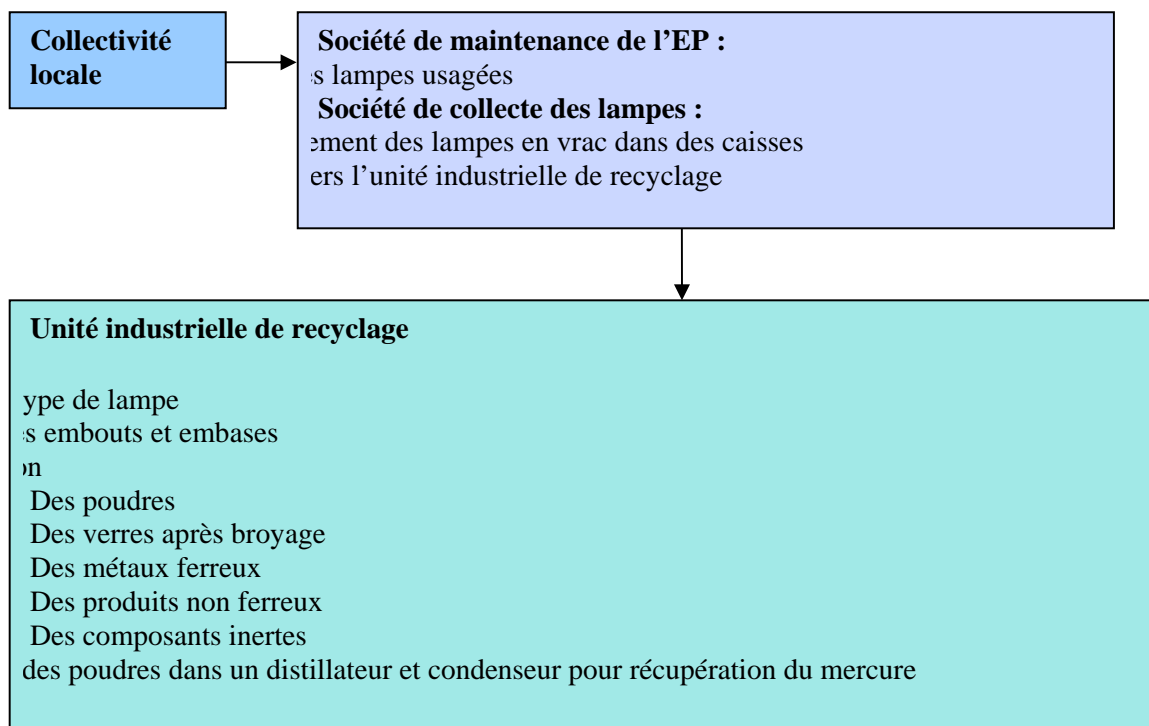
La quantité de mercure par tube est donc en moyenne de **1,98 mg**.
Voici le détail des calculs :

Nombre moyen de tubes traités :
92 000 g de poudre / 2,2 g = 41 818 tubes

Quantité de mercure
0,9 g * 92 kg = 82,8 g

Quantité moyenne de mercure par tube
82,8 g / 41 818 = 1,98 mg

Synoptique général du procédé de recyclage



Le traitement des tubes fluorescents se fait en automatique par des machines qui découpent les embouts, soufflent les poudres fluorescentes, broient les enveloppes de verre et trient les produits ferreux et non ferreux.

Les lampes à décharge sont traitées manuellement à l'unité, un procédé industriel automatique est en cours d'élaboration chez TCMS.

Photo 1 - Colonnes de récupération des poudres fluorescentes



Photo 2 - Container de mercure



Photo 3 - Stockage des armatures des lampes à décharge



Photo 4 - Benne de récupération du verre



Photo 5 - Poste de cassage manuel des enveloppes des lampes à décharge



Potos ci-dessous, site de TCMS, Troie, Denis CHAMONIN,

En 2003, le site de TCMS a traité trois millions de tubes fluorescents et 800 000 lampes à décharge. Les produits sortis d'usine sont les suivants :

- 308 tonnes de verre recyclées par Philips dans son usine de fabrication de lampes à Chalon sur Saône,
- 382 tonnes de mélange verre bakélite mises en décharge,
- 5,6 tonnes d'aluminium et 16 410 tonnes de fer recyclées par un ferrailleur,
- 6,4 kilogrammes de mercure stockés dans un laboratoire spécialisé et réutilisés dans des unités industrielles (telles que Philips pour la fabrication des tubes fluorescents).

Le coût de traitement des poudres fluorescentes est estimé par TCMS à 900 €/la tonne.

Une des premières mesures environnementales à prendre dans le cadre d'une politique d'aménagement lumière est d'imposer autant que possible des lampes garanties sans mercure ni plomb par les fabricants.

D'une façon plus générale, on retiendra que les actions de MDE engendrent dans bien des cas une augmentation de la durée de vie des sources lumineuses ce qui permet ainsi de diminuer les productions de déchets à recycler et ceux qui sont envoyés en décharge. De ce fait, les coûts de recyclage sont moindres pour la collectivité.

5.4. CHAPITRE 4 – LE RESEAU, LES MATERIELS D'ECLAIRAGE ET LES SYSTEMES DE CONTROLE

Ce chapitre énonce des recommandations de base pour la définition de choix techniques compatibles avec la mise en œuvre d'une politique d'aménagement lumière respectueuse de l'environnement et économe en électricité. Ces conseils s'inscrivent en amont des études techniques réalisées par les spécialistes.

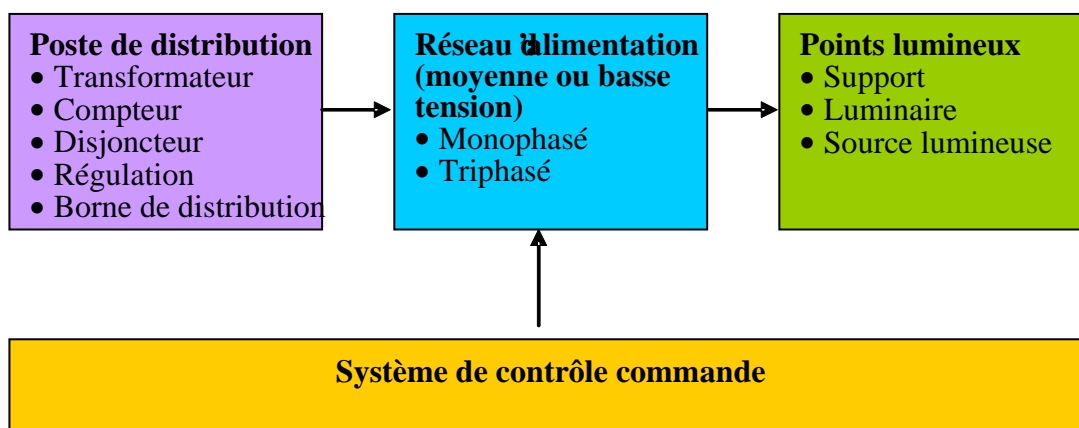
Le lecteur qui souhaiterait approfondir ces connaissances techniques sur les appareillages composant un réseau d'éclairage public se rapportera principalement aux différents documents présentés en fin de chapitre.

Plusieurs types de travaux peuvent s'inscrire dans une politique d'aménagement lumière :

- rénovation de l'ensemble des composants d'un réseau ancien,
- modernisation des équipements existants (postes de distribution, réseaux d'alimentation, supports, luminaires, régulations, contrôle commande...),
- réalisation d'un nouveau réseau,
- création lumière (patrimoniaire, identification spatiale, festive...).

Les recommandations concernant les orientations techniques doivent être adaptées à chaque type de travaux.

Les principaux composants d'un réseau d'éclairage public sont présentés dans le synoptique suivant :



Le choix des composants d'un réseau d'éclairage public est orienté par la qualité de la lumière souhaitée, la performance et l'efficacité énergétique des composants. Ce choix a des conséquences directes sur les consommations d'électricité.

5.4.1. Poste de distribution

La tarification applicable aux postes de distribution est bleue pour des besoins de puissance inférieure à 36 kW (BT) et jaune et verte pour des besoins de puissance supérieurs à 36 kW. La puissance souscrite en tarif bleu peut être ajustée par pas de 100 W et par pas de 1000 W pour les tarifs jaune et vert.

5.4.1.1. Puissance souscrite

- Sur réseau existant

Il est prioritaire d'adapter la puissance souscrite au plus près des puissances électriques des composants installés. Cette mesure n'est à proprement parler une mesure de MDE puisqu'elle n'implique pas de diminution des consommations d'énergie. En revanche, elle permet à la collectivité de dégager des gains financiers par réduction du coût de la prime fixe qui est fonction de la puissance souscrite. C'est un élément de bonne gestion.

Pour effectuer cette adaptation (puissance souscrite/puissance installée), il faut simplement calculer le Taux d'Utilisation (TU). **Une puissance souscrite bien adaptée aux besoins doit être supérieure à 85 %.**

1.1.1.1. Définition du Taux d'Utilisation (TU)

Le TU est le rapport entre la consommation livrée par le poste de distribution (sur un an) et la puissance souscrite, par rapport à la durée annuelle d'éclairage, soit la formule suivante :

$TU = kWh/kW \text{ souscrit (h de fonctionnement annuelles)}$

Exemple

<i>Puissance souscrite</i>	<i>13,9 kW</i>
<i>Consommations annuelles</i>	<i>33 107 kWh</i>
<i>Heures de fonctionnement</i>	<i>3 100 h</i>

$TU = 33107/13,9/3100 \times 100 = 58 \%$

Pour un bon TU de 90 %, la puissance souscrite pour ce poste devrait être de 8,9 kW. Le gain financier sur la prime fixe serait de (13,9 – 8,9) 112,54 € TTC = 562,70 €/an

- Sur réseau existant à réhabiliter

La modernisation d'un réseau existant est l'occasion d'intégrer des actions de MDE pour limiter les consommations et également les puissances installées afin de réduire les puissances souscrites et donc de baisser les coûts de fonctionnement. Préalablement à la réhabilitation, on établit l'état initial en termes de consommations, puissances et coûts⁸⁴. Cet état initial permettra de juger la qualité des choix techniques en effectuant un suivi après réhabilitation.

- Sur nouveau réseau

Dans le cas de la création d'un nouveau réseau, la comparaison en terme de puissance les solutions techniques proposées permet d'optimiser la puissance souscrite en fonction des besoins (en intégrant les indicateurs de qualité d'éclairage, les investissements et les coûts de fonctionnement).

⁸⁴

Cf. Chapitre 1 « La maîtrise de la demande d'électricité appliquée au service éclairage public »

5.4.1.2. Régulation et variation de puissance

Les systèmes de régulation et de variation de puissance permettent, **sans nuire à l'uniformité, d'adapter les niveaux d'éclairage à l'usage et ainsi** de réaliser des économies de consommations d'électricité sur les réseaux d'éclairage public et induisent aussi une augmentation de la durée de vie des sources lumineuses.

Les premiers procédés mis en œuvre il y a une dizaine d'années n'ont pas toujours donné les résultats escomptés. Depuis, l'expérience acquise a permis de résoudre les problèmes techniques rencontrés et de mieux appréhender la mise en œuvre de ces systèmes.

Plusieurs types de régulations et variations de puissance existent sur le marché. Les principaux systèmes sont :

- régulateur de tension,
- réducteur de puissance,
- générateur à induction.

Une étude technique et économique est à réaliser préalablement à l'installation d'un système de régulation et variation. Elle prend en compte les paramètres suivants :

- pertinence du dispositif sur la zone d'étude concernée,
- insertion du système au poste de distribution,
- adaptabilité des sources lumineuses au système,
- recensement technique des composants du réseau,
- économie d'énergie engendrée,
- coût du système,
- amortissement des investissements,
- niveaux souhaités d'atténuation du flux lumineux sur certaines périodes nocturnes en fonction des zones urbaines.

Les fabricants annoncent des économies permises par ces systèmes de l'ordre de 30 à 50 %. Ces valeurs peuvent être obtenues dans le cas de réseaux neufs constitués de composants adaptés aux différents systèmes (alimentation, distribution, source lumineuse...).

Les différentes expériences menées sur des réseaux existants, avec campagnes de mesures, montrent que sur le terrain **les économies d'énergie sont de l'ordre de 15 à 35 %**.

Le coût des différents systèmes étant relativement important, de 3 000 à 7 000 euros par poste, ou dans certains systèmes interactifs plus sophistiqués jusqu'à 250 € par point lumineux, seuls les postes commandant un grand nombre de points lumineux peuvent être équipés dans des conditions économiques rentables à moyen terme.

5.4.2. Réseau de distribution

Les réseaux de distribution (liaison électrique entre le poste d'alimentation et la source lumineuse) peuvent engendrer des pertes de consommation importantes **dépassant les 10 % dans certains cas de réseaux anciens**.

Les causes des pertes de réseau sont essentiellement liées à :

- une section des câbles insuffisante par rapport à la puissance installée des sources lumineuses,
- une longueur importante du réseau dans le cas d'alimentation en monophasé,
- une importante énergie réactive engendrant un facteur de puissance élevée,

- un déséquilibre de phase.

Il est donc indispensable dans le cadre d'une politique d'aménagement lumière de faire réaliser des mesures de calculs de pertes sur les réseaux anciens (installés avant les années 1980). En effet il serait presque vain, du point de vue des économies d'énergie, d'installer des systèmes de régulation/variation ou de moderniser des points lumineux sur un réseau à forte perte.

Il est donc recommandé, dans le cadre de rénovation de réseaux anciens ou d'extension de réseaux, de réaliser une alimentation en triphasé pour des longueurs de réseaux supérieures à 250 mètres, de mettre en place des câbles de section supérieure à celle prescrite à minima par les normes et de compenser les postes de distribution par des systèmes à condensateur, pour les réseaux de forte puissance appelée, afin d'atténuer l'énergie réactive par amélioration du facteur de puissance et d'équilibrer les phases des réseaux si nécessaire.

5.4.3. Les points lumineux

Un point lumineux est composé essentiellement d'un support (mat et/ou crosse), d'un luminaire ou lanterne et d'une source lumineuse avec ses accessoires :ballast, amorceur et condensateurs. C'est en agissant sur ces composants que l'on peut diminuer les consommations et les appels de puissance tout en satisfaisant les besoins exprimés.

Dans le cadre d'une politique d'aménagement lumière, il est essentiel d'inscrire des recommandations générales sur les composants des points lumineux qui serviront par la suite à orienter les choix vers des techniques présentant de bonnes performances énergétiques et environnementales.

5.4.3.1. Le support

Les fabricants proposent une très grande variété de modèles de supports avec des caractéristiques de construction différentes (matériaux, résistance aux chocs, traitement anticorrosion, fonction d'éclairage, contraintes de mises en œuvre, formes, esthétiques, prix de revient...). Le choix des supports dépend des besoins identifiés et de la fonction des espaces à éclairer. On se rapportera principalement, pour traiter le choix des supports et leur implantation aux recommandations de l'AFE.

La qualité lumière et donc la consommation d'électricité sont étroitement liées aux choix des supports puisqu'elle dépend :

- du positionnement des supports (situation, interdistance...)
- de la hauteur des supports (niveau d'éclairage des voies)

5.4.3.2. Le luminaire

Dans cette partie, sont présentées les grandes orientations à suivre dans le cadre d'une politique d'aménagement lumière permettant d'éviter les luminaires peu performants et polluants. Un choix

plus précis de luminaires performants pourra être réalisé à partir de l'inventaire des meilleures technologies ADEME/EDF⁸⁵.

Comme pour les supports, il existe un très grand nombre de luminaires avec des caractéristiques techniques et esthétiques différentes.

Le luminaire a pour fonctions principales de protéger la lampe, son appareillage de connexion, son réflecteur et de diriger la lumière vers l'espace à éclairer. L'expérience montre dans bien des cas que ces deux fonctions de protection et d'orientation ne sont pas toujours respectées.

On attribue également, et de plus en plus, au luminaire une fonction esthétique (voir la photo de la gare de Metz ci-dessous). Cette tendance vers l'esthétisme, très bien symbolisée par le développement des politiques d'aménagement lumière, ne s'oppose pas toujours à la maîtrise de l'énergie. Il existe des luminaires esthétiques très performants en matière de rendement énergétique. Mais ce n'est pas toujours le cas. Ainsi, sur le cas ci-dessous, où l'esthétisme est prédominant dans le choix du luminaire, on constate deux types de luminaires à fonctionnalité esthétique mais efficacité énergétique opposés : les luminaires en fond de photo possède une vasque évitant l'éclairage du ciel et dirige la lumière vers le sol alors que le luminaire de type boule à facette regroupe plusieurs paramètres pénalisant en particulier l'éclairage du ciel et l'éclairage latéral.

- Zone d'ombre au sol créée par le mât

Fonction esthétique des luminaires : exemple de lampadaires dessinés par le designer Philippe Starck pour la Gare SNCF de Metz



Photos, gare de Metz, site de la mairie, <http://www.mairie-metz.fr>

Le choix d'un luminaire performant sur ces deux fonctions principales est donc essentiel afin d'obtenir une bonne efficacité énergétique, réduire les nuisances lumineuses nocturnes⁸⁶ et maintenir en l'état les appareillages le composant.

En ce qui concerne la fonction de protection, il est impératif de choisir des luminaires hermétiques et ce particulièrement dans les zones de forte pollution de l'air ou dans les zones côtières ayant une teneur saline atmosphérique importante. Le luminaire fermé permet de mieux conserver les qualités

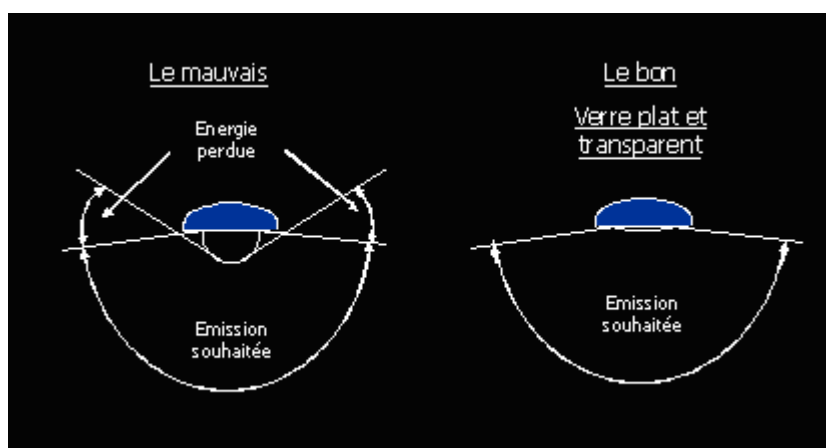
⁸⁵ Voir la liste des références en fin de chapitre

⁸⁶ Cf. Chapitre 2 « Pollution et nuisances lumineuses ».

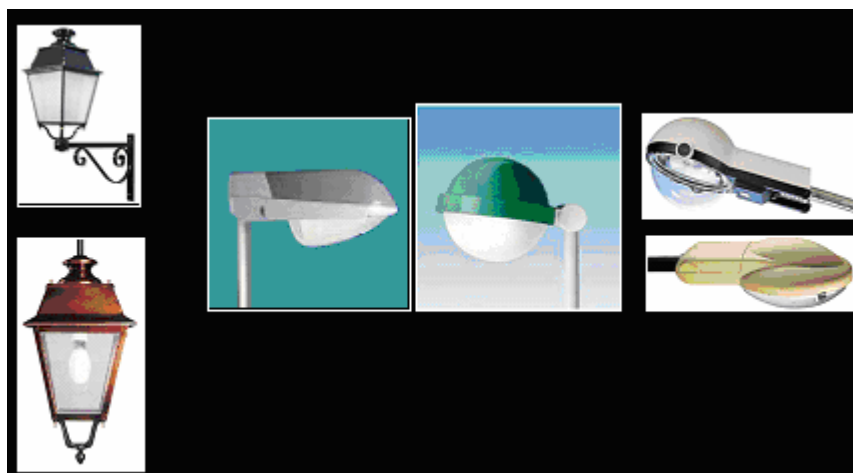
optiques du réflecteur et d'éviter l'encrassement de la lampe et ainsi de maintenir dans le temps la qualité lumière en limitant les dépréciations des paramètres des composants.

Concernant la fonction d'orientation, la principale préoccupation consiste à choisir des luminaires évitant les émissions lumineuses inutiles, c'est-à-dire à prohiber les luminaires ayant des émissions de flux lumineux latérales ou vers le ciel. Ainsi on préférera des luminaires équipés de verre plat et on déconseillera l'usage des luminaires de type boule.

Ci-dessous quelques exemples illustrant les bons et mauvais choix.



Photos ANPCN, <http://www.astrosurf.com/anpcn/>



Photos ANPCN, <http://www.astrosurf.com/anpcn/>

Ce type de luminaire du fait de la position de la source lumineuse, située à l'extérieure ou en partie dans la vasque entraîne des déperditions latérales.

Projecteur (a)



Projecteur (b)



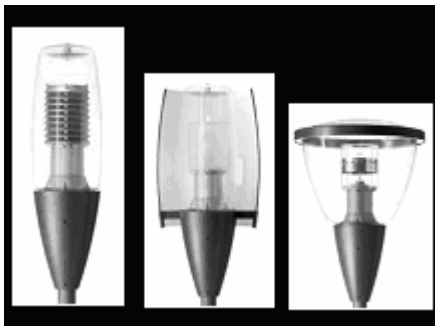
Photos ANPCN, <http://www.astrosurf.com/anpcn/>

De même on préférera mettre en application des projecteurs d'éclairage de façade possédant un encoorbellement opaque (projecteur b) pour limiter les déperditions lumineuses latérales.



Ce luminaire boule accumule les déperditions latérales et illumine inutilement le ciel nocturne. De plus, il est susceptible de provoquer un éblouissement des conducteurs automobiles pouvant aller à l'encontre de la fonction de sécurité de circulation qui est pourtant un des objectifs majeurs de l'éclairage public.

Photos , Denis Chamonin

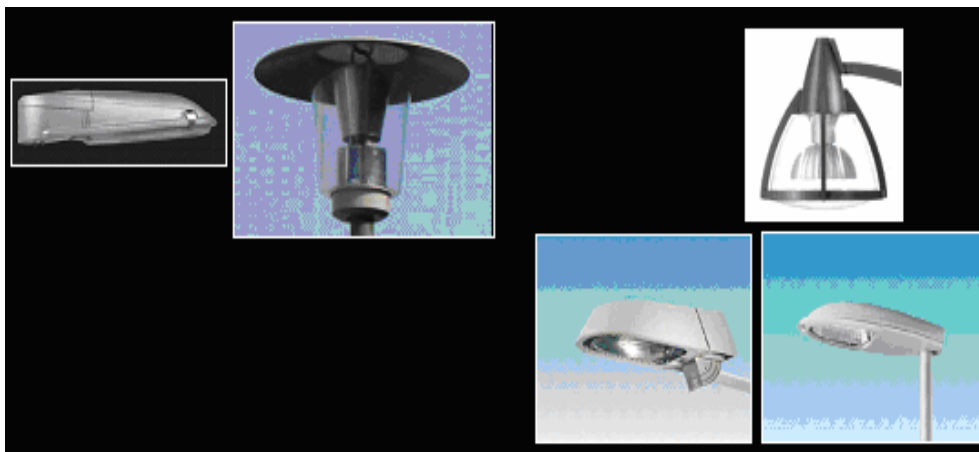


Ce type de luminaire est antinomique avec la fonction d'éclairage des voies de circulation. En effet, les supports opaques situés à la base sur de simple mat droit (facilité technique et donc de moindre coût par rapport à un mat avec une crose) projettent une zone d'ombre sur les surfaces au sol à éclairer.

Photos ANPCN, <http://www.astrosurf.com/anpcn/>

Luminaires préconisés

Les luminaires présentés ci-dessous éliminent les déperditions latérales, réduisent l'illumination du ciel nocturne et éclairent seulement l'espace voulu. La puissance de la lampe est réduite par rapport aux autres luminaires.



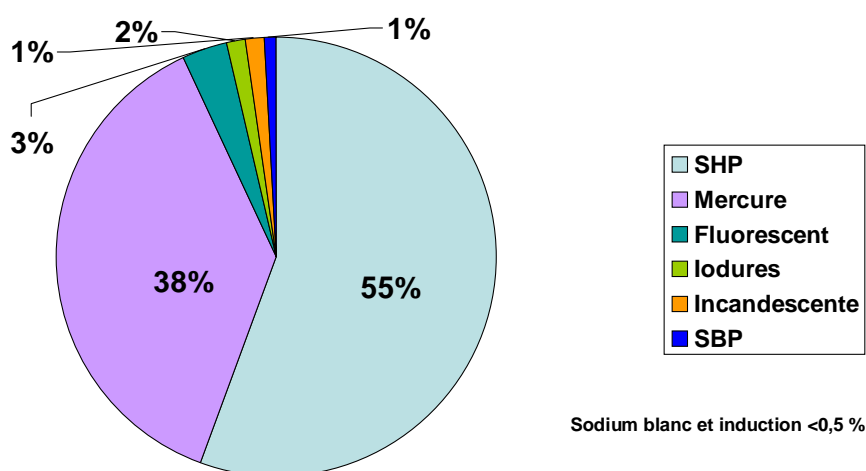
Photos ANPCN, <http://www.astrosurf.com/anpcn/>

5.4.3.3. La source lumineuse

Si le choix de la lampe relève finalement du technicien et/ou du concepteur lumière, il est nécessaire dans le cadre d'une politique d'aménagement lumière de mettre en évidence les principales caractéristiques des sources lumineuses pour orienter ces choix vers une plus grande efficacité en terme de qualité de lumière, de consommation d'énergie et de maintenance. Ainsi, plusieurs paramètres entrent en jeu dans le choix d'une lampe : son prix bien sûr, son efficacité lumineuse (Lumen/W), la qualité lumière (indices de rendu de couleur, température de couleur, etc.), son rendement énergétique, sa durée de vie et la nature de ses composants de fabrication. Ces paramètres sont généralement contradictoires les uns avec les autres. Un bon choix réside dans une bonne combinaison entre ces différents paramètres.

L'étude réalisée par le CERTU⁸⁷ donne la répartition suivante par type de lampes utilisées :

Répartition par type de lampes



On constate encore une forte proportion de lampes au mercure (ballon fluo) qui possèdent des rendements énergétiques faibles par rapport aux lampes au sodium.

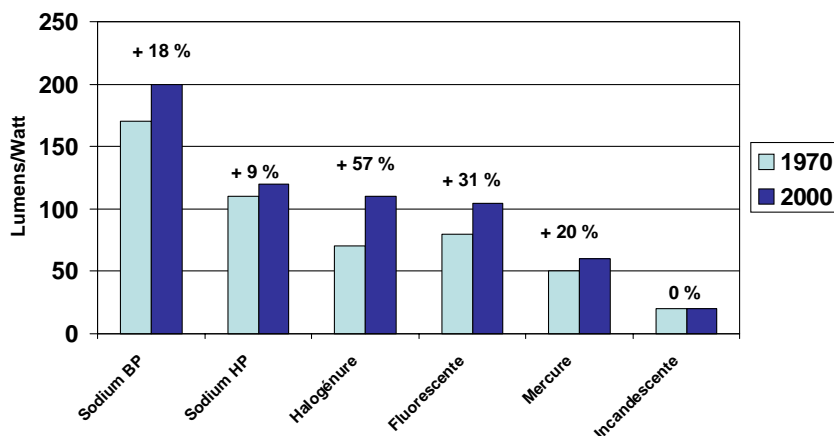
Depuis le début des années 1970, la technologie des lampes d'éclairage public a fortement évolué en ce qui concerne l'efficacité énergétique et de nouveaux matériels sont en cours de développement industriel, comme les lampes à induction depuis une dizaine d'année, les lampes à halogénures métalliques avec enveloppe céramique ou les systèmes à diodes électroluminescentes. Ces nouvelles technologies devraient rapidement sortir, dans la décennie, du champ des opérations de démonstration pour se banaliser dans les actions courantes de modernisation et d'extension de réseaux d'éclairage public.

⁸⁷

Etude CERTU, Enquête 1999, « La pratique des villes françaises en matière d'éclairage public »

Le graphique ci-après montre l'amélioration de l'efficacité lumineuse obtenue entre 1970 et 2000 pour les lampes les plus utilisées actuellement en éclairage public⁸⁸.

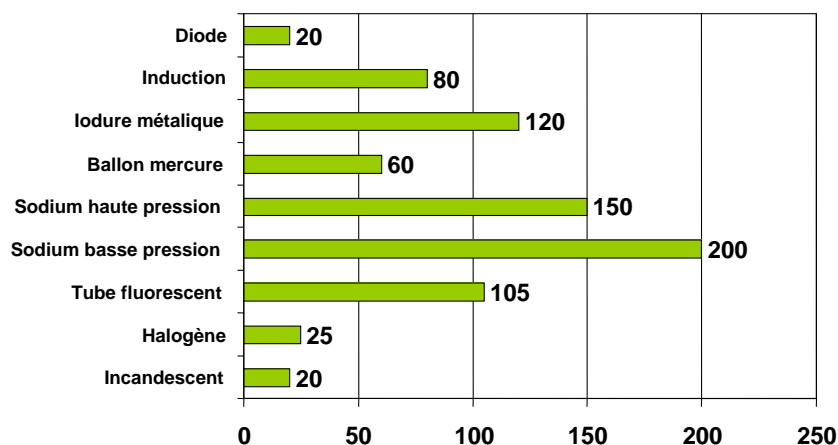
Evolution moyenne de l'efficacité lumineuse des lampes d'éclairage public



Les évolutions technologiques ont donc permis d'améliorer l'efficacité énergétique des réseaux d'éclairage public par simple remplacement des lampes en fin de vie.

Les graphes ci-après donnent l'efficacité énergétique moyenne des sources lumineuses pour tous les types de technologies.

Efficacité énergétique en lumen/Watt (valeurs moyennes maximum à partir des documents des fabricants)



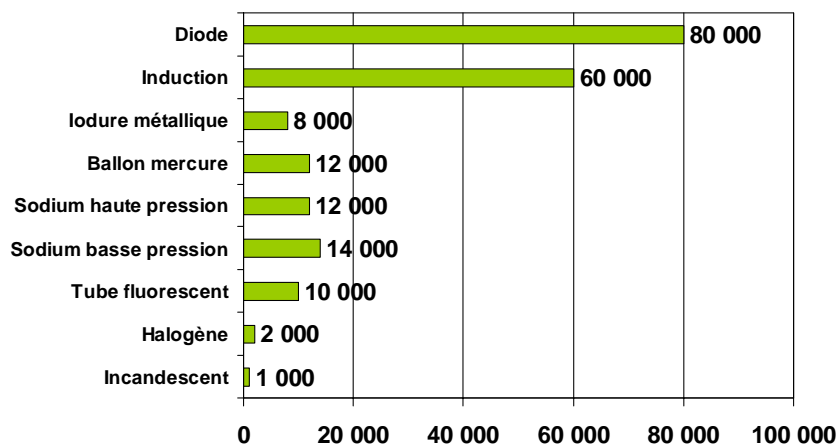
Une des caractéristiques essentielles des lampes concerne leur durée de vie. En effet plus une lampe a une durée de vie importante, moindres sont les coûts de maintenance et les volumes de déchets à retraiter.

⁸⁸

Calculs réalisés par ICE à partir de données du Syndicat de l'éclairage

Le graphe suivant donne les valeurs moyennes des durées de vie des lampes couramment utilisées et les technologies en développement.

Durée de vie moyenne en heures de fonctionnement



Source : *Inventaire des meilleures technologies et pratiques de gestion en éclairage public*, Etude de GAUDRIOT réalisée pour ADEME-EDF, 2004

Le choix d'une source lumineuse doit aussi prendre en considération deux autres paramètres qui sont l'Indice de Rendu de Couleurs (IRC) et la température de couleurs proximale (Tc) qui déterminent la qualité lumière de la source⁸⁹.

Le choix d'une source lumineuse prend donc en compte ces différents paramètres dont les caractéristiques sont déterminées par les orientations de la politique d'aménagement lumière souhaitée par les décideurs (qualité lumière, efficacité énergétique, maîtrise des coûts de maintenance, impacts environnementale).

⁸⁹

Cf. AFE Chapitre 2 des « Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques » et documentations des fabricants

Perspective : Les technologies émergentes

Le système à induction

La lampe à induction fonctionne sur le même principe qu'une lampe à décharge. La différence porte sur le système de décharge qui est réalisé grâce à un champ électromagnétique créé par un courant à haute fréquence circulant dans une bobine. Il n'y a donc aucune usure d'électrode ce qui engendre une très longue durée de vie. Dans les années à venir le rendement énergétique devrait se situer au niveau des lampes à décharge classiques. ***Leur intérêt principal portera donc sur leur durée de vie et leur moindre impact environnemental par rapport au recyclage des composants (verre, armature, éléments de soudure et poudre fluorescente contenant du mercure).***

Les sources à diodes électroluminescentes (LED).

Les diodes électroluminescentes sont constituées d'un substrat solide qui sous l'action d'un champ électrique provoque une luminescence. Elles ont d'abord été utilisées à la fin des années 1960 comme élément de signalisation d'état électrique sur les appareillages et systèmes électroniques. L'amélioration de leur efficacité énergétique permet aujourd'hui de commencer à concevoir des systèmes d'éclairages pouvant avoir des champs d'application dans l'habitat et l'éclairage public. En tant qu'élément solide homogène, elles ont l'énorme avantage de ne pas avoir de paramètres fonctionnels d'usure (pas de filament, d'électrode, de bobine ou de poudre fluorescente), de ce fait ***leur durée de vie dépasse les 50 000 heures de fonctionnement.*** De plus, ce composant ne comporte pas de substances polluantes.

Actuellement, les performances lumineuses des LED, 20 lumens par Watt, font que leurs champs d'application reste la signalisation tricolore, le balisage lumineux et les illuminations décoratives de fin d'année.

En laboratoire on obtient des performances de 100 l/W pour des LED rouge et de 25 l/W pour des LED blanche. Mais il est à noter que les recherches menées sur cette technologie font que ***l'efficacité lumineuse des LED est en progression d'un facteur deux tous les deux ans. On peut donc espérer à moyen terme atteindre des performances de l'ordre de 100 à 150 l/W.***

Aujourd'hui des sociétés commercialisent des luminaires d'éclairage public équipés de LED (plusieurs centaines de LED de 0,5 W par appareil) pour une puissance électrique de 20 à 50 Watts.

Pour faire émerger les nouvelles technologies, les collectivités pourraient offrir des champs d'application à titre d'opérations de démonstration en partenariat avec des industriels et des laboratoires de recherches. Pour cela, elles peuvent obtenir des aides à l'investissement auprès des pouvoirs publics nationaux ou européens.

A titre d'exemple, la ville d'Albi a installé 90 nouveaux lampadaires équipés de systèmes d'éclairage développés par le laboratoire de physique des plasmas de l'université Paul Sabatier de Toulouse dans le cadre du programme de recherche européen LumeLite. Ce nouveau système d'éclairage public permettrait de diminuer la consommation électrique d'un facteur deux par rapport à un éclairage traditionnel et posséderait une durée de vie supérieure à trente ans.

Dans le cadre d'une politique d'aménagement lumière, il peut être envisagé d'inscrire une volonté de participer à des opérations de démonstration en faveur des technologies émergentes.

5.4.3.4. Les équipements annexes

Le fonctionnement des lampes à décharge nécessite l'utilisation de ballasts pour stabiliser le courant qui traverse les lampes, d'amorceur pour faciliter l'allumage et de condensateurs pour redresser le courant.

Deux types de ballast sont proposés par les fabricants. Le ballast conventionnel ferromagnétique (également appelé inductif) et le ballast électronique.

Le ballast conventionnel, du fait de sa puissance (d'environ 12 Watts) représente en moyenne 12% de la consommation de la lampe avec un facteur de puissance de l'ordre de 0,5 (ce qui dans le cas d'un poste d'alimentation en tarif vert est pénalisé sur la facture d'électricité). Le ballast électronique présente l'avantage d'être plus performant avec une consommation inférieure à 10% de celle de la lampe et avec un facteur de puissance proche de 1. De plus le ballast électronique engendre une plus longue durée de vie des lampes.

Le surcoût d'un ballast électronique étant compris entre 15 à 20 €, les économies d'énergie engendrées permettent un temps de retour brut de l'ordre de 3 ans pour une durée de vie moyenne du ballast de 10 à 12 ans.

Dans le cadre d'une politique d'aménagement lumière, les ballasts conventionnels doivent être progressivement remplacés en fin de vie par des ballasts électroniques et exclus des programmes de rénovation et de travaux neufs.

5.4.4. Contrôle, commande

En règle générale, les réseaux d'éclairage public doivent être en fonction lorsque la lumière naturelle n'est pas suffisante ce qui implique une fonction d'ouverture et de fermeture qui détermine une durée de fonctionnement et donc une consommation qui est directement proportionnelle à cette durée de fonctionnement. Il est donc essentiel de mettre en œuvre un dispositif fiable et performant afin d'éviter des mises en service inutiles. La durée d'éclairage moyenne sur le territoire est de 4 100 heures par an. **Un simple décalage d'ouverture et de fermeture de 10 minutes engendre sur l'année un temps de fonctionnement inutile de 120 heures soit une surconsommation de 3 %.** A titre d'exemple, pour le réseau d'EP de la CCA de Reims un tel dysfonctionnement représenterait sur l'année une surconsommation de 524 000 kWh (+ 6 tec en émission de GES) et un surcoût de l'ordre de 41 600 €

Cette simulation montre tout l'intérêt qu'il y a, en terme environnemental, financier et de MDE de parfaitement bien contrôler la commande du réseau.

Illustration n°4

Suivi des temps de fonctionnement de la Communauté d'Agglomération de Reims Janvier 2003

(dispositif par horloge astronomique à commande centralisée [système Pulsadis])

NUIT DU	ALLUMAGE		EXTINCTION		DUREE DE FONCTIONNEMENT			
	Heures	Minutes	Heures	Minutes	Total Minutes	Heures	Minutes	
1 au 2	17	03	08	38	935	15	35	
2 au 3	17	11	08	28	917	15	17	
3 au 4	17	15	08	33	918	15	18	
4 au 5	17	24	08	17	893	14	53	
5 au 6	17	25	08	23	898	14	58	
6 au 7	17	26	08	31	905	15	05	
7 au 8	17	28	08	16	888	14	48	
8 au 9	17	28	08	24	896	14	56	
9 au 10	17	29	08	20	891	14	51	
10 au 11	17	31	08	18	887	14	47	
11 au 12	17	33	08	17	884	14	44	
12 au 13	17	34	08	29	895	14	55	
13 au 14	17	25	08	29	904	15	04	
14 au 15	17	27	08	28	901	15	01	
15 au 16	17	30	08	24	894	14	54	
16 au 17	17	28	08	21	893	14	53	
17 au 18	17	41	08	19	878	14	38	
18 au 19	17	35	08	18	883	14	43	
19 au 20	17	38	08	24	886	14	46	
20 au 21	17	37	08	23	886	14	46	
21 au 22	17	44	08	19	875	14	35	
22 au 23	17	46	08	11	865	14	25	
23 au 24	17	44	08	10	866	14	26	
24 au 25	17	53	08	07	854	14	14	
25 au 26	17	42	08	08	866	14	26	
26 au 27	17	43	08	14	871	14	31	
27 au 28	17	58	08	05	847	14	07	
28 au 29	17	58	08	12	854	14	14	
29 au 30	17	55	08	12	857	14	17	
30 au 31	17	59	08	04	845	14	05	
31 au 1	18	01	08	06	845	14	05	
					TOTAUX	27377	456	17

En dehors d'une commande manuelle de l'EP, qui n'est pratiquement plus utilisée, il existe trois types de dispositifs de commande :

- Horloge classique,
- cellule photo sensible,
- horloge astronomique.

Ces dispositifs peuvent être en commande locale ou centralisée. Les commandes locales impliquent des dispositifs multiples sur les armoires (ou groupement d'armoires) de distribution, ce qui engendre des risques plus importants de dysfonctionnement par rapport à une commande centralisée. *En terme d'efficacité de commande du réseau, on choisira un dispositif par horloge astronomique qui présente l'avantage, par rapport à une horloge classique ou à une cellule photo, de ne pas avoir de risque de dérive de commande par vieillissement ou manque de maintenance.* De plus une commande centralisée par horloge astronomique permet de connaître jour par jour à la minute près le temps de fonctionnement. Cette connaissance du temps de fonctionnement permet d'affiner les

analyses de consommations dans le cadre d'une gestion énergétique (voir Chapitre 6). De plus les coûts de maintenance sont réduits. Il est vrai que ce dispositif demande un investissement plus important que les autres dispositifs et systèmes de commande mais il permet une très bonne maîtrise des coûts de fonctionnement.

Illustration : Action de MDE par commande d'extinction de voie

Bien que l'extinction de points lumineux pendant les périodes de nuit est maintenant très peu mise en application, il est néanmoins utile d'identifier les voies de circulation et les espaces qui ne sont pas utilisés de nuit et dont l'éclairage est inutile. Cela permettrait de baisser les consommations et donc les coûts de fonctionnement.

Par exemple, en prenant un cas d'école que l'on rencontre souvent dans les communes, une route en sortie d'une ville possède un éclairage routier qui assure aussi l'éclairage de la voie piétonne et de stationnement voiture sur la partie opposée. La contre allée piétonne qui possède son propre système d'éclairage (20 points lumineux de 70 W) dessert uniquement le collège et le cimetière communal, après c'est une route de campagne sans habitation et donc non éclairée. Les deux équipements sont fermés en soirée après 19 heures. Dans ce cas il serait judicieux de suspendre l'éclairage de la voie piétonne de 20 h à 6 h (8 heures). La consommation évitée estimée serait de 3 800 kWh par an pour un gain financier de l'ordre de 250 €/par an.

5.4.5. Feux de signalisation routière

Les feux de signalisation routière ne sont pas des éléments de l'éclairage public, mais dans bien des cas ils sont gérés par le service éclairage public. Il est donc proposé dans ce paragraphe de présenter le bilan technico-économique comparatif entre une signalisation à lampe à incandescence et une signalisation à LED à partir des actions menées par la ville de Grenoble qui a entrepris la modernisation de son parc et qui gère 160 carrefours représentant 3 500 boîtiers de signalisation (phares, répétiteurs et piétons). La puissance électrique installée a été estimée à 220 kVA.

Un carrefour classique comporte 4 mats de signalisation avec pour chacun trois boîtiers (un phare tricolore en hauteur, un répétiteur tricolore à mi hauteur et une signalisation piéton). En règle générale, la puissance des sources lumineuse (incandescentes) équipant les boîtiers est la suivante:

- Phare, 6 lampes de 75 W⁹⁰
- Répétiteur, 3 lampes de 40 W
- Piéton, 2 lampes de 60 W

Au total, sur la base d'un feu fonctionnant en permanence (8 760 h), cela représente une puissance moyenne par carrefour de 1 kW. Soit une consommation annuelle de 8 760 kWh.

Le passage en système à LED sur l'ensemble du carrefour permet une baisse de puissance et donc de consommation de l'ordre de 70 %. De plus les LED ayant une très grande durée de vie les charges de maintenance sont moindre.

⁹⁰

Les lampes sont doublées pour des raisons de sécurité

Illustration

Bilan réalisé sur un carrefour de la ville de Grenoble

Caractéristiques du carrefour étudié :

- 4 phares, 7 répéteurs et 8 signalisations piétons.
- 5 Puissance avec lampes à incandescence, 1 240 Watts
- 6 Puissance avec boîtier LED, 330 Watts soit une baisse de 73 %

Bilan financier :

Boîtier	Investissement	Gain annuel sur consommation	Gain annuel sur maintenance	Temps de retour sur investissement
Piétons	1 630 €	412 €	195 €	3 ans
Répéteur	2 210 €	152 €	171 €	7 ans
Phare	5 560 €	152 €	122 €	20 ans
Total	9 400 €	716 €	488 €	8 ans

L'investissement de 9 400 € engendre un gain financier total annuel de 1 204 €

Le passage en système LED est particulièrement évident pour les signalisations piétons et les répéteurs.



Photo Denis Chamonin.

Répéteurs à LED équipé de 60 diodes

5.5. CHAPITRE 5 – ECLAIRAGE D'ESPACES SPECIFIQUES ET D'EVENEMENTS

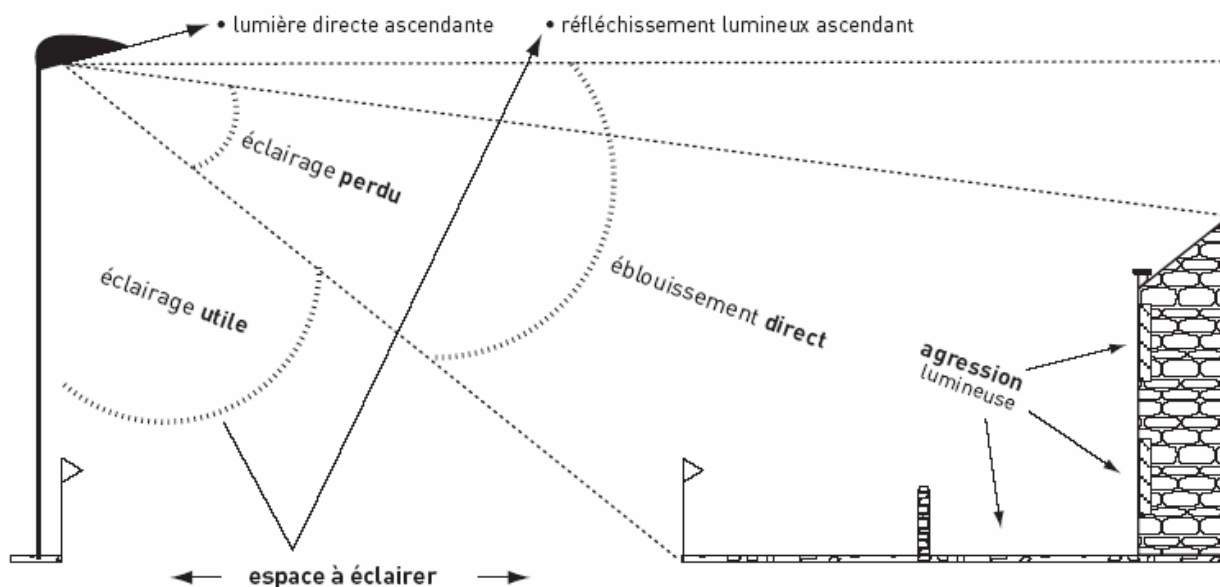
5.5.1. Les voies de circulation

L'éclairage des voies de circulation a pour objectif de faciliter les déplacements (automobiles, piétons, cyclistes...), d'assurer une bonne lisibilité de la ville (hiérarchisation des voies) pour mieux se repérer et d'éviter l'inconfort visuel ou l'insécurité. Le simple éclairage des chaussées n'est donc pas suffisant, il faut que l'utilisateur ait une bonne visibilité (de l'espace, des repères urbains, des signaux directionnels, des autres usagers).

Notons que plus d'un tiers des villes importantes et des grandes villes gèrent des tunnels, généralement longs donc éclairés. Pour ce type d'équipement, la continuité d'un éclairage adapté est indispensable.

De nombreux ouvrages de référence (cf. Association Française de l'Eclairage et CERTU⁹¹) traitent des matériels performants et des règles d'éclairage des différents types de voiries qu'il ne s'agit pas de paraphraser ici. Rappelons simplement que par souci d'efficacité et de maîtrise des consommations d'énergie il importe de :

- Choisir des lampes de bonne efficacité énergétique⁹²,
- Choisir et situer les luminaires de façon à n'éclairer que les zones utiles,
- Eviter les éblouissements,
- Ne pas gaspiller l'énergie en éclairant le ciel.



Graphique ANPCN d'après un rapport technique de la Commission Internationale de l'éclairage n° 126/1997

⁹¹ En particuliers, les « Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques », AFE, Editions LUX 1988, nouvelle édition 2002

⁹² Cf. Chapitre 4 « Appareillages »

Les voies urbaines, squelette de la ville, n'ont pas toutes le même rôle social (circulation, lieux de rencontre...) ni la même fonction (voies piétonnes, pistes cyclables, voies rapides de transit...) et l'éclairage doit en tenir compte. Des documents⁹³ déterminent les éclairages en fonction des types de voies (cf. références) et les collectivités peuvent, tout en les respectant, singulariser l'espace par un éclairage respectueux de l'environnement (maîtrise des consommations d'électricité, prise en compte des usagers et du contexte naturel).

5.5.1.1. Conception intégrée pour l'éclairage des voies de circulation

Pour mettre en place un système d'éclairage cohérent, il est indispensable d'avoir une vision d'ensemble et d'établir une hiérarchisation entre les voies de circulation, mais pas seulement en fonction d'une logique de flux (démarche « routière ») qui aboutirait à une ségrégation entre modes de transport sans tenir compte des autres fonctions urbaines. La voirie n'est pas seulement un lieu où roulent des automobiles mais également un lieu où circulent des cyclistes, des piétons... et où surtout où l'on ne fait pas que se déplacer : il s'y exerce des activités de commerce, de promenade, de jeux, d'habitation...qui doivent être favorisées. En bref, il faut instituer un partage de l'espace entre circulation automobile et vie locale.

L'éclairage public doit être adapté à la fonctionnalité des voies et aux fonctions des espaces et être en accord avec les autres aspects de la voirie (géométrie, signalisation, passage piéton, etc.) de manière à répondre aux besoins des usagers tout en respectant l'environnement et en réalisant des économies d'énergie.

5.5.1.2. Catégorisation des voies et mixité de l'espace

De grands axes, accueillant les lieux emblématiques ou de pouvoir structurent la ville. D'autres voies plus modestes, desservent les quartiers et l'ensemble des bâtiments qui constituent l'essentiel de la trame urbaine. On identifie généralement **trois catégories de voies en fonction de la circulation et du degré plus ou moins fort d'intégration entre circulation et vie locale**. Une mauvaise identification de cette hiérarchie entraînerait des dysfonctionnements de comportement ou d'usages et des gaspillages d'énergie :

➤ *Les voies rapides urbaines*

Entièrement dévolues à la circulation automobile, elles présentent une configuration autoroutière. Elles sont en général inaccessibles aux piétons ou aux vélos. L'éclairage de ce type de voie peut être uniquement tournée vers la lisibilité du parcours, même s'il est utile parfois, pour animer l'espace et se repérer, de signifier aux conducteurs qu'ils entrent dans une ville en éclairant certains immeubles (sans provoquer de gêne visuelle).

L'éclairage des voies rapides urbaines doit répondre à certaines exigences :

⁹³ AFNOR - Fascicule FD CEN/TR 13201-1, recommandations AFE et Guide CERTU « Application de la norme européenne » à paraître.

- permettre une anticipation suffisante pour se diriger, ne pas hésiter aux échangeurs, percevoir les dangers, les obstacles, les autres usagers... ;
- respecter les espaces urbains riverains.

➤ *Les voies de liaison*

Ces avenues ou boulevards supportent un fort trafic automobile, mais participent à la vie locale. Des contre-allées y sont parfois aménagées pour faciliter l'interface entre les deux fonctions.

Dans ce cas, l'éclairage devra assurer une bonne visibilité de la voie, une bonne appréhension des conflits entre usagers et mettre en valeur les espaces de vie urbaine. **Deux types d'éclairages peuvent cohabiter et faciliter la « lecture » urbaine. L'adaptation des niveaux d'éclairage aux usages permet d'éviter les gaspillages d'énergie et les nuisances lumineuses.**

De nombreuses activités se déroulent de nuit pendant une grande partie de l'année (déplacements scolaires, trajets domicile-travail...). Les aménagements et l'éclairage doivent inciter les usagers à la convivialité, au respect mutuel et à la modération des vitesses. Le niveau d'éclairage et la situation des appareils doivent donc répondre à plusieurs conditions :

- Eviter les zones d'ombre sur la voie et les abords,
- Assurer la visibilité réciproque des véhicules et des piétons,
- Créer une ambiance lumineuse propice à limiter la vitesse en rappelant qu'on est en zone habitée : mise en valeur des façades, de la végétation...;
- Rompre l'effet « boulevard » favorisant la vitesse en découpant la voie en séquences différentes (style, couleur, hauteur, implantation des candélabres...)
- Eviter les éblouissements des conducteurs ou des piétons (puissance et direction des sources lumineuses).
- Eviter les enseignes publicitaires perturbantes après concertation avec les commerçants et les annonceurs.
- Ne pas masquer la signalisation.

➤ *Les voies de desserte locale*

Ces rues doivent imposer une circulation automobile modérée et favoriser la vie locale. L'éclairage de ces rues (souvent piétonnes) doit renforcer ce sentiment en étant très créatif et en valorisant l'espace, l'architecture... tout en répondant aux besoins des usagers :

- Se repérer et percevoir les limites de l'espace dans lequel ils se trouvent,
- Pouvoir lire le nom des rues et contempler un monument,
- Flâner devant les vitrines,
- Identifier un visage (10 mètres de visibilité au moins).

Cette catégorisation permet d'introduire une cohérence dans la politique d'aménagement lumière de la ville, mais chaque ville a son image et sa problématique, chaque quartier ses besoins et ses usages. Il n'y a pas de schéma type d'éclairage par type de voie et cela permet une grande diversité d'ambiances, évitant la monotonie, facilitant le repérage des noctambules et constituant une opportunité de développer des actions de maîtrise des consommations d'énergie.

La gestion de l'éclairage des voies de circulation doit faire une large place à la maintenance des lampes et appareils pour des raisons de sécurité, mais également pour maintenir les niveaux de performance énergétique⁹⁴.

5.5.2. Lieux de détente et espaces verts

L'œil humain n'étant pas adapté à l'obscurité, ces lieux piétonniers peuvent de nuit engendrer un sentiment d'insécurité pour l'usager qui n'est pas en mesure d'appréhender d'un coup d'œil la globalité de son environnement.

L'éclairage public a pour rôle de restituer au promeneur une partie de ses performances visuelles diurnes. Tout en évitant l'uniformité, il doit permettre de :

- matérialiser les limites de l'espace,
- assurer l'éclairage continu de l'itinéraire,
- éviter les « trous noirs » pouvant donner un sentiment d'insécurité dans les zones de cheminement.

La puissance et le positionnement de l'éclairage doit permettre une bonne visibilité des obstacles sur le sol (bordures, marches, entourages d'arbres...), d'identifier les individus croisés à 10 mètres, de trouver son chemin, de lire les plaques d'information, d'apprécier les aménagements et abords.

Dans les espaces verts, si la fréquentation est peu importante, des bornes lumineuses basses ou hautes suffisent pour baliser le trajet. Il est possible d'utiliser des sources lumineuses de différentes couleurs.

Le mobilier urbain fait de plus en plus appel à des cellules photovoltaïques. Celles-ci produisent une énergie électrique renouvelable (transformation de la lumière en électricité) et ce type d'installation présente la caractéristique d'être autonome vis-à-vis du réseau (l'énergie captée dans la journée peut être stockée dans des batteries pour être ensuite restituée la nuit). Des panneaux d'information, des plots lumineux destinés à souligner les chaussées ou à éclairer les passages piétonniers, les parcs... en sont des applications. Cette alternative peut s'avérer moins chère qu'un éclairage public raccordé au réseau et des comparaisons économiques doivent être effectuées.

5.5.3. Zones d'activités, centres commerciaux, campus universitaires, parkings

Certains espaces urbains reçoivent des entreprises et des industries, des centres commerciaux, des campus universitaires, des parkings, des lieux de détente, des espaces verts ... Ces lieux sont occupés essentiellement durant la journée mais doivent cependant être éclairés la nuit pour des raisons de sécurité des biens et des personnes.

⁹⁴

Cf. Chapitre 6 « Gestion, Suivi et Maintenance »

L'éclairage de ces zones a un impact nocturne important et peut être utilisé comme moyen signalétique et de communication pour les entreprises, les municipalités...

Ces espaces ont la spécificité d'être occupés à certains moments prévisibles de la journée et nécessitent des éclairages limités en dehors de ces périodes d'activité. Une politique MDE entraîne l'application des principes de base suivants :

5.5.3.1. Réduire les consommations d'électricité et améliorer le paysage nocturne

De loin, l'illumination de bâtiments peut se transformer en un gros point lumineux peu identifiable et finalement assez uniforme. On a donc avantage à personnaliser l'éclairage de ces zones et ce peut être une occasion de réduire les consommations d'électricité tout en valorisant les lieux :

- ***Eviter les projecteurs disposés au pied des bâtiments*** et qui éclairent fortement vers le haut (nuisance lumineuse et gaspillage d'électricité). Si des projecteurs sont nécessaires, on obtient généralement un meilleur « rendu » en choisissant plusieurs petits projecteurs plutôt qu'un seul gros projecteur puissant. Un éclairage trop puissant « écrase » les reliefs et engendre des consommations d'électricité inutiles. De plus il provoque des problèmes d'éblouissement, inconfortables (voire dangereux) pour les piétons.
- Adopter plutôt un ***mode « balisage »*** soulignant la trame des façades ou des détails architecturaux intéressants,
- Choisir des ***appareils et des emplacements non éblouissants pour le voisinage***. Les diodes électroluminescentes à très faible consommation électriques peuvent dans ces cas offrir de nombreuses possibilités selon leur positionnement, leurs couleurs et être utilisées pour la mise en valeur, la signalétique et le balisage. Par la géométrie pointilliste qu'il crée, le balisage permet de dessiner des images surprenantes et composer des formes tout en laissant dans l'ombre la majeure partie des éléments.
- Adapter l'éclairage à la clarté des surfaces et au niveau lumineux environnant (par exemple, ***réfléchissement des éclairages sur les façades vitrées ou les plans d'eau...***)
- ***Choisir des matériaux de sols*** (aire de stationnement, cheminement cyclistes ou piétonnier...) permettant d'obtenir une luminance satisfaisante avec un niveau d'éclairage beaucoup plus réduit : un sol très clair par exemple, nécessitera, pour une luminance égale, un niveau d'éclairage deux fois moins élevé qu'avec un sol noir.
- Installer des ***détecteurs de mouvement*** permettant de maintenir l'éclairage nécessaire dans les zones peu fréquentées.
- ***Démonter certaines installations d'éclairage dispendieuses ou inutiles*** doit également être envisagé : la recherche de contrastes et d'obscurité pour la création de paysages nocturnes ainsi que la volonté de réduire les intensités lumineuses dans certaines zones participent à une stratégie globale de maîtrise des consommations d'énergie.

5.5.3.2. Programmer l'extinction des lumières

Que ce soit dans les zones d'activités ou parcs d'entreprises ouverts ou des espaces clôturés de grande dimension (campus universitaires ...), il n'est pas nécessaire d'éclairer toute la nuit. Ce fait devrait intéresser les utilisateurs des lieux qui doivent se répartir les charges d'exploitation. On peut donc envisager, par exemple, une **extinction des lumières vers 22 heures ou minuit**, selon le rôle joué par l'espace considéré vis-à-vis des espaces publics voisins.

5.5.3.3. Combiner service, sécurité et économie

L'éclairage de sûreté de certains sites (parkings de délestage, campus...) ne doit pas nécessairement être puissant : **les caméras de sécurité sont de plus en plus performantes et peuvent se contenter d'un éclairage moyen de l'ordre de 2 lux sur les périmètres concernés.**

5.5.4. Points d'information et services publics

Certains points de service ou d'information urbains et publicitaires doivent pouvoir être éclairés à n'importe quel moment de la nuit : c'est le cas des panneaux d'information (plan de la ville...), des abribus, toilettes publiques, cabines téléphoniques... Afin de réduire les consommations d'énergie sur ces sites, on peut:

- **Choisir des lampes économes** permettant une identification aisée des lieux mais n'éclairant que ce qui est nécessaire de manière à donner encore plus d'importance au point considéré (par rapport aux abords moins éclairés), mais également à réaliser des économies d'électricité ;
- Ne pas oublier que la **maintenance régulière** de ces équipements est une source d'économie importante et contribue au sentiment de sécurité des usagers.
- Certains panneaux d'information peuvent être munis de **détecteurs de présence** et ne s'allumer qu'aux moments nécessaires.
- Les panneaux publicitaires ont une fonction quasiment nulle entre minuit et 5 h du matin (en l'absence de public). La **mise en place de programmeurs** éteignant ces panneaux durant cette période ne nuit pas à la fonction publicitaire et permet de réaliser d'importantes économies.

5.5.5. Evénements (spectacles, stades) et éclairages de fin d'année

Les lieux de festivités ponctuels et les éclairages de fin d'année engendrent une débauche de lumière, partie intégrante de l'événement. Près de 90 % des villes de moins de 100 000 habitants gèrent elles-mêmes l'éclairage de leurs stades (53 % dans les grandes villes qui délèguent cette tâche à des services spécialisés).

On peut s'appuyer sur les besoins pour réaliser des économies d'électricité tout en répondant aux attentes :

- **Déterminer le besoin à satisfaire** : le niveau d'éclairage n'est pas le même pour un stade durant la performance (137 projecteurs en moyenne par stade, 210 kW de puissance avec une puissance moyenne par source de 1 536 W) ou pour les illuminations de fin d'année qui ambitionnent plutôt de créer une ambiance. Créer une ambiance ne nécessite pas forcément un niveau d'éclairage très important : on doit plutôt s'appuyer sur l'image suggérée, valoriser l'opposition lumière/obscurité...
- **Maîtriser les temps de fonctionnement** : s'il est nécessaire d'éclairer correctement un terrain de foot pendant le match ou à l'occasion d'un spectacle, il est souvent inutile de le faire plusieurs heures avant ou après ;
- **Adapter le niveau d'éclairage à l'événement** : on peut diminuer la puissance d'éclairage ou éteindre une lampe sur deux en dehors des événements proprement dits;
- **Choisir des matériels économes adaptés** aux besoins identifiés : des illuminations festives connectées à l'éclairage public (pour Noël, une fête votive, des campagnes commerciales...) par exemple, sont souvent constituées de lampes à incandescence de petite puissance sous forme de guirlandes. On peut remplacer avantageusement ces formes rigides par des « fils lumières »⁹⁵. D'un point de vue énergétique, on peut comparer les consommations de différents matériels par mètre linéaire :

- guirlande « classique » (lampes de 25 W tous les 20 cm)	125 W
- fil lumière	16 W
- fil lumière à diodes électroluminescentes	4 W
- **S'informer sur la puissance nécessaire pour chaque « motif » installé et calculer sa consommation** en fonction du nombre d'heures de fonctionnement.
- **Mettre en place des réducteurs de puissance** pour les périodes tardives quand il faut maintenir un éclairage.
- Quand les illuminations sont confiées à un prestataire de service extérieur (ce qui est de plus en plus souvent le cas pour les fêtes de Noël ou des festivals), **établir un cahier des charges de consultation prenant en compte la MDE**, préconisant notamment :
 - l'utilisation de matériels économes en énergie,
 - la fourniture d'informations sur la puissance et la consommation prévisionnelle des matériels proposés.

Dans tous les cas, **même pour les matériels utilisés ponctuellement**, il est important de **mettre en place un suivi des matériels et des installations**. En effet, la dégradation de l'un des constituants de l'installation (végétation envahissante, usure des lampes ou des ballasts, salissures des luminaires, problèmes sur les supports, le réseau d'alimentation ou les armoires électriques...) entraîne une dégradation de ses performances et souvent un gaspillage d'électricité.

⁹⁵ Systèmes modulaires constitués de sources miniatures raccordées à une alimentation commune, protégé par une gaine plastique transparente et souple d'environ 1 cm de diamètre et & m de long. Ces systèmes peuvent être raccordés entre eux pour créer des motifs variés et modifiables selon les événements.

5.6. CHAPITRE 6 – GESTION, SUIVI ET MAINTENANCE

5.6.1. Gestion et suivi

La majorité des collectivités locales possédant un service éclairage public réalise une gestion technique des réseaux. Cette gestion technique consiste, avec des moyens informatiques appropriés, à recenser l'ensemble des caractéristiques des composants du réseau, à gérer et superviser les opérations de maintenance et à programmer les travaux de rénovation et d'extension. Jusqu'à maintenant, peu de collectivités ont associé à la gestion technique de l'éclairage public une gestion énergétique fondée sur des moyens humains suffisants et une méthodologie efficace.

Or, il est essentiel dans le cadre d'une politique d'aménagement lumière intelligente d'engager une réflexion sur le bon fonctionnement d'une gestion énergétique du réseau d'éclairage public.

La mise en place d'une gestion énergétique implique obligatoirement la création d'une structure ou d'un poste d'homme énergie spécifique au sein de la collectivité locale. L'Homme énergie n'est pas une émanation du service éclairage public mais une fonction indépendante des différents services (techniques et financiers) qui peut aussi avoir pour mission de traiter les autres postes de consommation (bâtiments, flottes de véhicules...). La gestion énergétique est un métier à part entière avec ses compétences et ses spécificités qui a pour objectif principal d'établir l'état des lieux en terme de consommation et dépense et d'élaborer des programmes de MDE dans le but de satisfaire les besoins de la collectivité, liés à la consommation d'énergie à moindre coût financier (investissement et fonctionnement) et à moindre impact environnemental.

5.6.1.1. Définition et objectifs de la gestion énergétique de l'éclairage public

Si la gestion énergétique est complémentaire à la gestion technique, elle est différente dans sa mise en œuvre.

La gestion énergétique, c'est le suivi, le contrôle et l'analyse dans le temps des consommations et des dépenses d'énergie sur l'ensemble du réseau d'éclairage public. Cela concerne donc les voies de circulation, l'éclairage patrimonial, la signalétique, les éclairages ludiques et d'ambiance.

La gestion énergétique s'articule, à partir de chaque poste de distribution, autour des caractéristiques techniques des appareillages (relations avec le service technique) et des facturations émises par le fournisseur d'électricité (relation avec le service financier).

La gestion énergétique a pour objectifs :

- l'analyse physique des puissances et consommations d'électricité (kW et kWh);
- le suivi des dépenses liées aux consommations grâce aux informations fournies dans la facturation du fournisseur ;
- la mise en évidence des dérives éventuelles des consommations et des dépenses ;
- le calcul des ratios de fonctionnement ;
- l'évaluation financière des actions menées sur le réseau ;
- l'établissement d'un bilan environnemental.

Elle ne vise pas à se substituer à la maintenance mais plutôt à l'accompagner en vue d'atteindre des objectifs de MDE.

La fonction de gestion énergétique implique donc une collaboration permanente et transversale entre le service technique, le service financier et, plus généralement, l'ensemble des acteurs impliqués dans la politique d'aménagement lumière de la collectivité.

5.6.1.2. Méthodologie de travail

Atteindre les objectifs d'efficacité énergétique signifie mettre en œuvre une méthodologie de travail rigoureuse, comportant les phases décrites ci-après.

Phase 1 : Recensement des caractéristiques et composants de chaque poste de distribution

Au niveau de chaque poste, il s'agit de rassembler les éléments suivants :

- identification et référence de facturation,
- type d'alimentation,
- abonnement,
- puissance souscrite,
- mode de contrôle commande,
- durée d'utilisation,
- nombre de points lumineux,
- type de sources lumineuses,

Au niveau de l'ensemble du réseau, il s'agit de rassembler les éléments suivants :

- le nombre d'habitants,
- le nombre de kilomètres de voirie éclairée,
- le nombre de points lumineux,
- la puissance totale souscrite.
- les données financières du chapitre énergie de la comptabilité (M14)

Ces informations minimums sont nécessaires pour la personne ou structure chargée de la gestion énergétique globale (bâtiment, EP et services) au sein de la collectivité locale considérée afin d'appréhender la qualité intrinsèque du poste de distribution et les appareillages qui lui sont liés. Toutes modifications techniques effectuées sur un réseau ou la réalisation de nouveaux réseaux doivent être communiquées par les services techniques au responsable énergie.

Les tâches de collecte doivent être organisées entre les différents services, prestataires extérieurs et fournisseurs d'énergie, et les données centralisées sur le poste informatique du responsable « gestion énergie »⁹⁶.

Ces informations minima essentielles permettent d'établir un état initial global (exemple ci-après).

⁹⁶

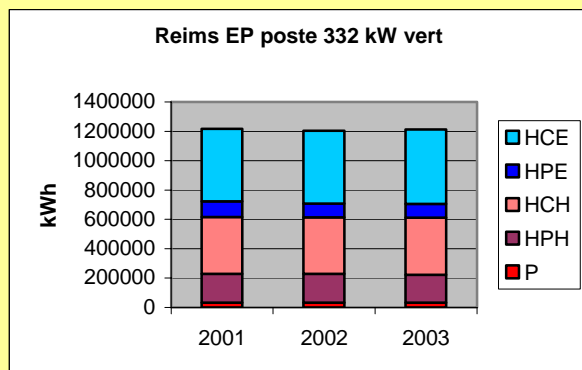
Des logiciels de gestion existent sur le marché mais une application avec un tableur de type Excel peut être suffisante.

Résumé de l'état initial réalisé sur la Communauté d'Agglomération de Reims

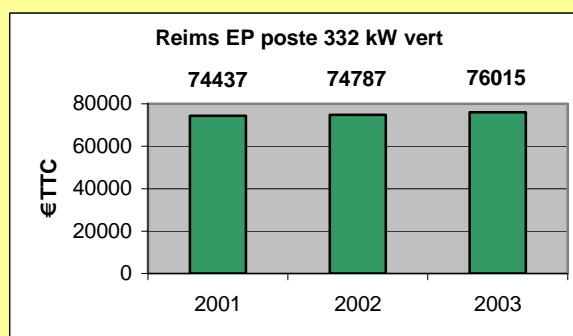
Particularité de la CAR	<ul style="list-style-type: none"> - 6 communes - 220 000 habitants
Type de gestion	<ul style="list-style-type: none"> - Fonction du service éclairage public de la CCAR (19 personnes) - Gestion du recensement technique de l'ensemble des matériels et appareillages du réseau (logiciel Citée Gestion) - Programmation et suivi des travaux neufs et des rénovations - Achat et gestion des matériels et appareillages (sauf les lampes dont le remplacement est de la compétence des sociétés de maintenance) - Maintenance du réseau assurée par un groupement de 3 entreprises
Nature du réseau	<ul style="list-style-type: none"> - Triphasé et monophasé - 550 km de voirie éclairée
Nombre de postes de distribution	<ul style="list-style-type: none"> - 1 poste MT vert A5 moyenne utilisation de 332 kW - 1 poste MT vert A5 moyenne utilisation de 80 kW - 391 postes BT éclairage public totalisant 4 903 kW - Puissance souscrite totale = 5 315 kW
Matériels en place	<ul style="list-style-type: none"> - 28 705 points lumineux - 26 676 supports installés - 13 types de lampes en fonction - 59 % de lampes sodium haute pression
Mode de fonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> - Alterné (1 point sur deux de 0h 30 à 4h 30) - Commande par système astronomique Pulsadis géré par EDF - Temps de fonctionnement annuel en 2003 = 4 106 heures

Bilan des consommations et des dépenses

Consommation (Poste vert)



Dépenses (Poste Vert)



HCE et HCH : Heures creuses été/hiver (22h-6h)

HPE et HPH : Heures pleines été/hiver (6h-22h)

*P = pointe hiver : 4 h par jour en pointe du matin et du soir de novembre à février
[heures d'été, de début avril à fin octobre]*

Postes BT en tarif bleu éclairage public, traitement, factures type mémoire entre le 27/11/02 et le 24/11/03 (362 jours) :

Puissance souscrite	4 903 kW
Consommation annuelle	16 144 MWh
Dépense annuelle	1 303 240 €TTC

Bilan des consommations et dépenses de l'année 2003 (MT et BT)	
Consommation	17 465 MWh
Dépenses d'électricité	1 388 540 €TTC
Dépenses de maintenance	1 067 000 €TTC

Calcul des ratios

Nombre de points lumineux par km de voirie	52 pt/km
Ecartement moyen des supports	21 m
Puissance moyenne d'un point lumineux	185 W
Nombre d'habitants par point lumineux	8 habitants/point (0,12 pt/hab)
Mètres de voirie éclairés par habitant	2,5m
Puissance souscrite par km de voirie éclairée	9,7 kW
Taux d'utilisation de la puissance souscrite	
Poste 332 kW	108 %
Poste 80 kW	40 %
Tarif Bleu (moyenne)	97 %
Coût énergétique par point lumineux	48,4 TTC/an
Dépense énergétique par habitant	6,3 €TTC/an
Ratios de dépense avec la maintenance (hors coût du service éclairage public de la CAR)	
Coût d'un point lumineux	85 €TTC/an
Dépense par habitant	11,2 €TTC/an

Phase 2 : Connaître les qualités et les fonctions des éclairages nocturnes

Il s'agit pour le responsable gestion énergie d'organiser de façon ponctuelle et régulière des parcours de terrain dans la ville pour apprécier les qualités in situ de l'éclairage public (lumière, environnement et équipements), repérer éventuellement les zones en faiblesse ou en excès d'éclairage et les inadaptations d'équipements. Ces parcours se feront systématiquement sur les zones rénovées dans le cadre d'un plan d'aménagement lumière.

Les parcours se font avec un responsable de la maintenance et peuvent comporter un entretien avec les usagers (habitants, passants, commerçants, gestionnaires d'espaces spécifiques, représentants d'associations de quartier...) afin de recueillir leurs besoins et appréciations qualitatives. Les remarques formulées par les riverains devront être transmises aux décideurs de la politique d'aménagement lumière.

Pour chaque poste, le responsable énergie rédige une note d'observation qui sera la base du mémoire du poste et qui permettra le cas échéant de programmer une intervention (défaut de maintenance, avarie de régulation, sécurité, qualités d'ambiance, économie d'électricité...).

Phase 3 : Suivi des consommations et des dépenses

Le suivi des consommations et dépenses doit être réalisé au fil de l'eau au fur et à mesure des transmissions des factures par le fournisseur d'électricité.

En règle générale, les postes de distribution des réseaux d'éclairage public sont en tarif bleu avec une tarification spécifique appelée éclairage public ayant une puissance souscrite inférieure à 36 kVA. A ce type d'abonnement est associée une facture de type «mémoire». Ces factures regroupent plusieurs postes sur un même document avec des dates de relevés des indexes des compteurs souvent différentes et avec un mode de relevés aléatoires qui ne correspond pas à une année comptable.

En règle générale, les compteurs sont relevés en moyenne tous les six mois. Afin de repérer immédiatement toute erreur de facturation ou de dérive de consommation, le suivi doit être réalisé sur un outil informatique ayant pour fonctions d'établir les bilans et de calculer des ratios au fil de l'eau. Pour cela, le service comptable transmet, le jour même, la facture reçue au responsable énergie. Préalablement, les factures auront été identifiées selon les caractéristiques suivantes :

- Date de début de relevé
- Date de fin de relevé
- kWh facturés (par période tarifaire [hiver/été et heures pointe, pleines ou creuses] dans le cas d'un tarif vert ou jaune)
- Dépenses totales associées aux consommations, abonnements, et taxes
- Puissances appelées atteintes (pour les tarifs jaune et vert)

Il est à noter que les tarifs jaune et vert ont une périodicité de relevés régulière d'un mois avec une facture distincte ce qui simplifie la gestion énergétique.

L'outil informatique utilisé pour les saisies doit permettre de calculer pour chaque poste les principaux ratios de fonctionnement suivants :

- consommation moyenne annuelle (sur 365 jours),
- dépense moyenne annuelle,
- coût moyen du kWh consommé,

- taux d'utilisation de la puissance souscrite,
- puissance moyenne d'un point lumineux,
- coût énergétique moyen d'un point lumineux,
- bilan carbone,
- bilan déchets radioactifs.

Pour chaque ratio calculé l'outil informatique détermine les évolutions annuelles en pourcentage.

Exemple d'une ligne de saisie réalisée sur Reims sur des postes en tarif bleu

Compteur				Premier relevé				
Référence	Tarif	N° cpt.	P. S.	Début	Fin	Jrs.	kWh	€
EP 241 S	74	0	7,3kW	27/11/02	22/5/03	176	12 528	963
EP 423 X	74	5	6,4kW	27/11/02	22/5/03	176	13 019	936
EP 073 G	74	13	11,4kW	27/11/02	7/5/03	161	21 583	1 596
EP 297 V	74	16	5,8kW	27/11/02	7/5/03	161	16 339	1 054
EP 039 C	71	19	17,3kW	27/11/02	7/5/03	161	31 165	2 350
EP 303 V	74	24	5,1kW	27/11/02	7/5/03	161	9 820	721

Phase 4 : Tâches après saisie

Première tâche

Une fois les factures saisies, le responsable énergie :

- contrôle la cohérence des termes de la facture et donne l'ordre de payer au service comptable ;
- compare les données de consommations et dépenses avec les saisies effectuées sur la même période l'année précédente, afin d'identifier d'éventuelles dérives importantes de consommation ;
- informe le service technique.

Deuxième tâche

A la fin de chaque année un bilan complet est réalisé avec une analyse détaillée.

Le bilan comprend les points suivants :

Analyse globale
<ul style="list-style-type: none"> - Valeurs moyennes annuelles (consommations et dépenses) - Valeurs moyennes annuelles des ratios de fonctionnement - Evolution des valeurs moyennes par rapport à l'année précédente - Bilan environnemental (carbone, déchets radioactifs et déchets des lampes)
Caractéristiques techniques et économiques du réseau pour la période analysée
<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de points lumineux - Puissance installée - Densité de points lumineux par km de voirie - Puissance moyenne d'un point lumineux - Coût de fonctionnement d'un point lumineux (énergie, maintenance et total) - Dépense par habitant
Saisie des interventions effectuées sur les réseaux
<ul style="list-style-type: none"> - Rénovation - Extension - Changement de technologie - Modification des systèmes de contrôle commande
Analyse de chaque poste
<ul style="list-style-type: none"> - Valeurs moyennes annuelles (consommation et dépense) - Valeurs moyennes annuelles des ratios de fonctionnement - Evolution des valeurs moyennes par rapport à l'année précédente
Interprétation des résultats
Evaluation énergétique, économique et environnementale des actions de MDE
Propositions d'actions MDE sur la base des résultats et des évolutions technologiques recensées

Outre la comparaison des données de la période d'analyse avec les données de la période précédente, il est intéressant pour la collectivité de comparer les ratios sur son territoire aux ratios moyens de la France. Les tableaux ci-dessous fournissent les principaux ratios de l'EP en France.

Principaux ratios de l'éclairage public dans les communes en France

Les informations données dans les tableaux ci-après sont issues de l'enquête quinquennale ADEME/EDF/DGCL (2000) et de l'étude du CERTU (1999) (Cf. références en fin de chapitre)

Ratios généraux

Nbre d'hab. dans la communes	<2000	2000-10 000	10 000-50 000	>50 000
Consommation annuelle par habitant	75 kWh	102 kWh	96 kWh	82 kWh
Dépense annuelle par habitant	6,2 €	7,9 €	7,4 €	6,3 €
Nbre de pts lumineux par km de voirie	19	32	40	47

Moyenne nationale toutes communes confondues

Part de l'éclairage public dans le bilan des consommations d'énergie	18 % (5,3 milliards de kWh)
Part de l'éclairage public dans le bilan des dépenses énergétiques	22 % (403 millions d'euros)
Puissance moyenne d'un point lumineux en service	200 Watts
Coût moyen d'un point lumineux en service	62 €/an

Part de voie éclairée

Nbr. Habitant	Voie gérée (km)	Voie éclairée (km)	Part de voie éclairée	Voie éclairé par habitant	Nbr. de pt/hab.
10 000 à 20 000	69	54	78 %	4,2 m	0,15
20 000 à 50 000	113	99	88 %	3,3 m	0,14
50 000 à 100 000	159	154	97 %	2,5 m	0,12
> à 100 000	447	441	98 %	2,5 m	0,11

Puissance

Nbr. Habitant	Nbr. de sources	Puissance souscrite	Puissance souscrite par km de voirie	Puissance moyenne par source
10 000 à 20 000	2 121	324 kW	5,3 kW	150 W
20 000 à 50 000	4 270	679 kW	7,7 kW	159 W
50 000 à 100 000	7 486	1 250 kW	9,6 kW	179 W
> à 100 000	20 639	3 979 kW	8,8 kW	190 W

Troisième tâche

- Présentation des résultats de l'analyse aux décideurs de la politique d'aménagement lumière
- Action de communication auprès des usagers

Quatrième tâche

Le responsable énergie suit l'ensemble de la mise en œuvre des actions et des programmes qu'il a proposés et qui ont été retenus par les services (technique et communication). Il participe aux groupes de travail chargés d'élaborer les projets futurs de la ville.

5.6.2. Analyse des données

L'analyse consiste à interpréter les différents ratios obtenus par rapport aux ratios moyens issus des études et enquêtes nationales. Cette analyse, qui intègre les spécificités de la collectivité (urbanisation, activités économiques et touristiques, âge des réseaux...), permet de mettre en évidence les cohérences ou les différentiels excessifs entre les ratios.

Illustration 6, Titre : tableau synthétique de l'analyse de l'éclairage public de la CAR

Ratios	Valeur CAR	Valeur ADEME	Valeur CERTU	Analyse
Sources en fonction	0,125 pt./hab		0,11 pt./hab	Suréquipement de +13 % par rapport à la valeur CERTU
Voies éclairées	2,5 m/hab.		2,5 m/hab.	Valeur conforme au type d'urbanisation dense
Densité de points	52 pt/km	47 pt/km		Suréquipement de 11 % par rapport à la valeur ADEME
Puissance (kW/km)	9,7		8,8	Surpuissance de 10 % par rapport à la valeur CERTU, ce qui confirme le sur équipement
(W/source)	185	200	190	Bonne efficacité énergétique des sources par rapport aux valeurs ADEME et CERTU (59 % des lampes installées sont des SHP)
Taux d'utilisation⁹⁷				
Tarif vert 332 kVA	108 %			Sous dimensionné
Tarif vert 80 kVA	40 %			Très excessif
Tarif Bleu (global)	98 %			Correct, mais l'analyse par poste fait ressortir 20 % d'abonnements en sous ou sur dimensionnement
Consommation d'électricité	79 kWh/hab.	82 kWh/hab.		- 3,6 % par rapport à la valeur ADEME (expliqué par la coupure d'un point sur deux de 0h30 à 4 h 30)
Dépenses	6,3 €/hab.	6,3 €/hab.		Malgré le suréquipement, la relativement bonne adéquation du TU ainsi que l'intermittence de nuit font que la dépense moyenne est satisfaisante
Remarques générales	La restructuration du réseau pour atténuer le suréquipement et l'adaptation tarifaire de l'abonnement de 80 kVA permettrait d'engendrer une baisse des consommations et des dépenses de l'ordre de 10 % (107 000 €TTC/an)			

Note : Les valeurs ADEME correspondent à des moyennes nationales toute taille de communes confondues, les valeurs CERTU correspondent à des valeurs moyennes pour des communes de plus de 100 000 habitants.

⁹⁷

Cf. définition et exemple de calcul au Chapitre 4

5.6.3. Maintenance

La maintenance se définit comme l'ensemble des opérations d'entretien d'un matériel technique⁹⁸.

Ces opérations techniques, dans le secteur de l'éclairage public, ont pour objectifs:

- de garder opérationnels l'ensemble des composants et appareillages pour maintenir en état le service attendu,
- de prévenir les pannes ou dysfonctionnements pendant la durée de mise en service et d'intervenir éventuellement dans le cas de mise hors service d'éléments composant le réseau d'éclairage public,
- d'assurer le rendu de la qualité lumière sur tous ses aspects (ambiance, sécurité, ludique, patrimonial...),
- de maintenir les performances photométriques (encrassement du luminaire ou du réflecteur).

On distingue habituellement deux types de maintenance :

- La **maintenance curative** : elle consiste principalement à intervenir sur les appareillages du réseau en cas de panne ou de défaut de fonctionnement. Ce type de maintenance engendre un taux de pannes important par manque d'entretien régulier.
- La **maintenance préventive** : elle consiste à intervenir sur les éléments du réseau par des actions périodiques et régulières menées en fonction de la durée de vie des appareillages. Ce type de maintenance engendre un taux de pannes faible et permet un maintien qualitatif du service rendu avec un maximum d'efficacité énergétique et financière (Cf. référence en fin de chapitre sur les études comparatives qualitatives des modes de maintenance).

La maintenance préventive permet d'intégrer des actions de MDE, définies préalablement dans le cadre d'une politique d'aménagement lumière et inscrites contractuellement dans le cahier des charges de la maintenance.

Ces actions de MDE concernent principalement les points suivants :

- le remplacement des sources lumineuses sur le critère de *durée de vie économique* déterminé par le fabricant. La durée de vie économique est la durée de fonctionnement au-delà de laquelle le fonctionnement de la lampe s'effectue avec un flux lumineux et un rendement décroissant. Les mesures ont montré qu'une lampe maintenue en fonctionnement après sa durée de vie économique peut avoir des dépréciations luminotechniques l'ordre de 20 à 30 %.
- le nettoyage du point lumineux (réflecteur, vasque...) dont la périodicité doit être définie en fonction des pollutions atmosphériques. Ce nettoyage doit être réalisé au minimum tous les trois ans et une fois par an pour les zones côtières (agression saline) et les zones très polluées (à proximité des zones industrielles fortement émettrices de particules polluantes).

⁹⁸

Définition du dictionnaire encyclopédique « Le Robert »

**Légende : Exemple de lanterne très encrassée par la poussière
(le verre n'est plus transparent)**



Photo Denis Chamonin

- le remplacement des réflecteurs montrant des traces de vieillissement,
- le contrôle de la qualité des connections électriques,
- le contrôle de l'équilibrage de réseau et du facteur de puissance ($\cos \varphi$),
- le suivi des temps d'allumage/extinction.

Il est à noter, que l'expérience montre que les agents de maintenance ne possèdent pas, en règle générale, de culture technique et de sensibilisation sur la problématique MDE. Ils appliquent leur métier de base qui consiste à faire en sorte que le phénomène de panne soit le plus faible possible, mais n'intègrent rarement la relation physique entre maintenance de qualité et économie d'énergie. Pour remédier à cet état de fait il est indispensable dans le cadre d'une politique d'aménagement lumière, qui intègre le concept de MDE, de ***planifier des stages et/ou séances de sensibilisation, d'information ou de formation à la MDE (efficacité énergétique et environnement) en direction des agents chargé de la maintenance technique.***

Perspectives

La maintenance préventive, dont les qualités en terme de qualité de service, d'efficacité énergétique, économique, et environnementale est prouvée par de nombreuses études statistiques et technico-économiques, doit être généralisée sur l'ensemble des réseaux d'éclairage public. Cette maintenance préventive est appliquée en règle générale dans les agglomérations urbaines de grande taille qui passent des contrats de maintenance avec des structures privées ou réalisent la maintenance en interne. En revanche, un grand nombre de collectivités rurales de petite taille, sans structures techniques de gestion, sont encore contraintes à réaliser de la maintenance curative.

Néanmoins, quelque soit le type de maintenance appliquée il est indispensable, pour agir en terme de MDE de généraliser la fonction d'agent énergie aux sein des collectivités. L'expérience montre que cette fonction est économiquement et environnementalement positive (les gains financiers de fonctionnement sont largement supérieurs aux coûts induits par la fonction de l'agent énergie). Cela est démontré pour les collectivités de plus de 20 000 habitants.

Pour les communes de taille plus petite, il doit être envisagé de mettre en place la fonction d'agent énergie aux seins de structures intercommunales. A titre d'exemple, le parc naturel régional du Lubéron, qui regroupe 69 communes dont une grande majorité de communes rurales, a créé un poste d'agent énergie dont la mission principale est d'établir le bilan des consommations et dépenses d'énergie des patrimoines communaux dont l'éclairage public. A partir de cette analyse, le parc, en concertation avec les élus des communes, peut établir une politique énergétique commune mettant en œuvre des programmes de MDE et de développement des énergies renouvelables. La Charte du Parc intègrera prochainement la problématique énergétique dans ses objectifs économiques et environnementaux.

6. REFERENCES et CONTACTS

6.1. Références

6.1.1. Eclairage public

- *Inventaire des meilleures technologies et pratiques de gestion en éclairage public*, Etude de GAUDRIOT réalisée pour ADEME-EDF, 2004
- *Le Paysage lumière – Approches et méthodes pour une « politique lumière » dans la ville*, CERTU, 2003
- *Evaluation et suivi des gisements de maîtrise de la demande d'électricité dans le secteur de l'éclairage public - Mise en place des indicateurs de qualité de service*, Etude du CEREN réalisée pour l'ADEME, Novembre 2003,
- Roger NARBONI, *La lumière et le paysage*, Le Moniteur, février 2003
- *Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques*, AFE, Editions LUX 1988, nouvelle édition 2002
- *Énergie et patrimoine communal*, ADEME Éditions, réf. 4454, Juillet 2002
- *A guide to the main issues in the management of public lighting by local authorities*, Partenaires de CLEEN, Programme PHARE de l'Union Européenne Energie-Cités
- Brochure *Eclairer juste* (éclairage public routier, urbain, grands espaces, illumination et cadre de vie), ADEME- Syndicat de l'Eclairage, 2002
- *5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Right Light 5 Proceedings*, Nice, France, 29-31 May 2002
- Enquête 1999, *La pratique des villes françaises en matière d'éclairage public*, collections du CERTU
- MDE *L'éclairage en France, Diffusion des technologies efficaces de maîtrise de la demande d'électricité dans le secteur de l'éclairage en France*, Les Cahiers du CLIP, Janvier 1997.
- *Guide de la maintenance des installations d'éclairage public*, CERTU, 1996
- Roger NARBONI, *La lumière urbaine - Eclairer les espaces publics*, Techniques de conception, Editions du Moniteur, 1995
- *La pratique des villes françaises en matière d'éclairage public*, CERTU, novembre 1990
- Documentations techniques du service énergie du ministère de la région Wallonne. Avenue Prince de Liège 7, - 5100 Jambes (Belgique)

6.1.2. Maîtrise de l'énergie et protection de l'environnement

- *Plan climat 2004 : face au climat, agissons ensemble*. Ministère de l'écologie et du développement durable, 2004
- Mémento des décideurs, *Les collectivités territoriales engagées dans la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre*, Mission Interministérielle de l'Effet de Serre, Ed. 2003
- Bernard Laponche, *Maîtriser la consommation d'énergie*, Edition Le Pommier 239 rue Saint Jacques 75005 Paris, 2003
- *Villes et développement durable. Des expériences à échanger*, Paris, Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, juin 1998
- *Maîtrise de l'énergie pour un monde vivable*, ICE édition 6 rue de Verdun 93450 L'Ile Saint Denis, 1997
- Liste d'études de cas sur le site de ICLEI (International Council for Local Environment initiatives) : <http://www.3.iclei.org/egpis>
- Nedialka Sougareva et Nathalie Holec, *L'histoire des villes durables européen*, site : <http://www.ecologie.gouv.fr>

6.1.3. Nuisances lumineuses

- *Declaration of Stuttgart on Protecting the Night Environment for Present and Coming Generations*, 3rd European Symposium for Protection of the Night Sky, septembre 2003
- Pierre Brunet, Armelle Guignier et Alexis Bosson, Exemple de texte de loi : *Mesures urgentes contre la pollution lumineuse et en faveur des économies d'énergie dans l'éclairage public*, ANPCN, 2003
- Mario Di Sora, dans les comptes-rendus de la rencontre régionale IDA "*Light pollution and the protection of the night environment - Venice: Let's save the night*", pages 177-180. Pierantonio Cinzano (ed.). Venise, 3 mai 2002. Disponible à <http://www.lightpollution.it/istil/venice/>
- Ley 6/2001, de 31 de mayo, *de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno*, Région Catalogne, 2001
- P. Cinzano, F. Falchi et C.D. Elvidge, *Premier atlas mondial de la clarté artificielle du ciel nocturne*, Royal Astronomical Society Monthly Notices, septembre 2001
- John E. Bortle, *Introducing the Bortle Dark-Sky scale*, Sky & Telescope, février 2001
- *Vers une meilleure maîtrise des ambiances urbaines nocturnes*, Lux n°210, novembre/décembre 2000
- *Guidance notes for the reduction of light pollution*, ILE (Institution of lighting Engineers), 2000
- Loi n°17/00, *Urgent measures to fight the light pollution and to achieve energy saving in the use of outdoor lighting*, Région Lombardie, 2000

- *Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe*, Conseil de l'Europe, Direction de l'Environnement et des Pouvoirs Locaux, mars 2000
- *Les générations futures ont droit à une Terre et à un ciel non pollués*, UNESCO, Déclaration des droits pour les générations futures, 1992
- *Préserver le ciel et la nuit, c'est améliorer la qualité de la vie*, ANPCN (Association nationale pour la protection du ciel nocturne), avril 2003
- *Pollution lumineuse et mortalité d'oiseaux. Le cas du nouveau pont-tunnel Oresundsbron reliant la Suède au Danemark*, <http://www.oresundskonsortiet.se>,
- *Rapports techniques de la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) :*
 8. n° 125 de 1997 « Standard erythema dose »,
 9. n° 138 de 2000 « Risques de photocarcinogénèse »,
 10. n° 139 de 2001 « Influence de la lumière naturelle et artificielle sur les cycles circadiens et les variations saisonnières chez les humains »,
 11. n° 158 de 2004 « Conséquences de l'éclairage de l'oeil sur la physiologie et le comportement humains »
 12. Journal CIE n° 6 « Photobiologie et photochimie – Influence du rayonnement selon les longueurs d'ondes », Mc Kinlay, 1987

6.2. *Contacts*

6.2.1. **Eclairage public**

- **Association Française de l'éclairage (AFE)**
17 rue Hamelin
75783 Paris Cedex 16
Tél: 01.45.05.72.00
Fax : 01.45.05.72.70
Site Internet : www.afe-eclairage.com.fr

- **Syndicat de l'éclairage**
17 rue Hamelin
75783 Paris Cedex 16
Tél. : 01.45.05.72.72
Fax : 01.45.05.72.73
Email : syndicateclairage@syndicat-eclairage.com
Site Internet : www.syndicat-eclairage.fr

- **ACE : association des concepteurs lumière et éclairagiste**
17 rue Hamelin
75016 Paris cedex 16
Tel : 01.47.27.01.20
Fax : 01.47.27.01.21
Email : info@ace-fr.org
Site Internet : ace-fr.org

- **Centre d'études sur les réseaux de transport et l'urbanisme (CERTU)**
9, rue Juliette Récamier
F-69456 Lyon Cedex 06
Tél : 04.72.74.59.39
Email : webmaster.certu@equipement.gouv.fr
Site internet : www.certu.fr

- **Association des Ingénieurs Territoriaux de France (AITF)**
Groupe Eclairage public
241 Boulevard St Germain
75007 Paris
Tél : 04.76.93.71.07
Site internet : <http://www.aitf.asso.fr>

- **Fondation Energies pour le Monde**
146, rue de l'Université
75007 PARIS
Site internet : www.energies-renouvelables.org
Cette institution fournit des informations sur le mobilier urbain alimenté par le solaire photovoltaïque.

6.2.2. Maîtrise de l'énergie

- **Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)**
Département des Marchés et Services d'Efficacité Energétique (DMS2E)
500 route des Lucioles, Sophia Antipolis
06560 Valbonne
Tél.: 04.93.95.79.00
Fax 04.93.65.31.96
Site Internet : www.ademe.fr

- **International Conseil Energie**
6 rue de Verdun
93 450 L'Ile Saint Denis
Tel : 01.49.22.00.64
Fax : 01.49.22.00.66
Email : ice@iceconsultants.com

- **Energie Cités**
2 chemin Palente
25 000 BESANCON
Tel: 03 81 65 36 80
Fax: 03 81 50 73 51
Site Internet: ww.energie-cites.org

- **Agora 21**
158, cours Fauriel
42003 ST ETIENNE Cedex 2
Site Internet : www.agora21.org

6.2.3. Protection du ciel nocturne

- **ANPCN (Association nationale pour la protection du ciel nocturne)**
3, rue Beethoven
75016 PARIS
tel : ?
anpcn@astrosurf.com
Site Internet: <http://www.astrosurf.com/anpcn>
- **AFA (Association Française d'Astronomie)**
17, rue E. Deutsch de la Meurthe
75014 PARIS
tel : 01 45 89 81 44
- **SAF (Société Astronomique de France)**
3, rue Beethoven
75016 PARIS
Tel : 01 42 24 13 74
Email : ste.astro.france@wanadoo.fr
Internet : <http://www.saf-lastronomie.com/>