



SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGEMENT LUMIERE (SDAL)

SOMMAIRE

I.	CONTEXTE - INTRODUCTION	3
II.	CARACTERISTIQUES DU PARC D'ECLAIRAGE PUBLIC DE LA COMMUNE	3
II.1	L'éclairage de Grasse en quelques chiffres.....	3
II.2	Analyses thématiques sur la base des données du patrimoine éclairage public	4
II.3	La nuisance lumineuse	9
II.4	Analyse des pannes récurrentes.....	11
III.	SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGEMENT LUMIERE (SDAL)	12
III.1	Schéma directeur des éclairagements.....	12
III.2	Schéma directeur du mobilier d'éclairage	15
III.3	Schéma directeur de rénovation	18
	ANNEXE 1 : Note de synthèse sur norme NF EN 13201	23
	ANNEXE 2 : Liste des cartographies jointes	28

I. CONTEXTE - INTRODUCTION

Activement engagée dans une démarche de transition énergétique, la ville de Grasse souhaite se doter d'un Schéma directeur d'aménagement lumière pour l'ensemble de son parc d'éclairage public. Les objectifs sont de définir une stratégie d'éclairage raisonnée visant la diminution des consommations énergétiques mais aussi la réduction des effets dus à la pollution lumineuse sur l'environnement et sur la santé humaine.

Ce schéma définira ainsi les orientations et les principes d'éclairage et de mise en valeur de la commune et déterminera pour chaque voie le niveau d'éclairement, l'ambiance lumineuse définie par une température de couleur et une typologie de matériel ainsi qu'une plage de fonctionnement adaptée aux usages et respectueuse de l'environnement.

Le présent document directeur détaille :

- Une synthèse des données du parc d'éclairage public actuel,
- Un Schéma Directeur d'Aménagement Lumière (SDAL) composé d'un schéma directeur des éclairagements, d'un schéma directeur du mobilier d'éclairage et d'un schéma directeur de rénovation.

II. CARACTERISTIQUES DU PARC D'ECLAIRAGE PUBLIC DE LA COMMUNE

II.1 L'éclairage de Grasse en quelques chiffres

La ville de Grasse possède **8 275 foyers lumineux**, répartis sur l'ensemble de la commune, représentant une puissance totale installée de l'ordre de **1 159 kW**, alimentés par **229 armoires**. La puissance moyenne de chaque source lumineuse est de l'ordre de **123 W**.

Le tableau ci-dessous récapitule les principaux indicateurs et ratios concernant l'éclairage public de la Ville, ainsi qu'une comparaison avec les statistiques nationales :

50 37 habitants en 2015	Données totales de référence	Ville de Grasse	Moyennes nationales (source ADEME)
Nombre de sources par habitant	8 275 sources	0,16 sources/hab.	0,14
Puissance installée par habitant	1 159 kW installés sources + appareillages	23 W/hab	23 W/hab
Puissance moyenne par lampe	1 022 kW pour les sources	123 W/source	117 W/source
Nombre d'armoires de commande rapporté au nombre de foyers	229 armoires	36 lampes par armoire	
Nombre d'armoires de commande rapporté au nombre d'habitants	229 armoires	222 hab. desservis par armoire	
Consommation énergétique annuelle théorique (éclairage public) avec prise en compte des extinctions et des modules Altron	859 296 kWh	3 859 296 kWh	
Consommation énergétique annuelle (éclairage public) rapporté par habitant	3 859 296 kWh	76 kWh/an/hab.	92 kWh/an/hab

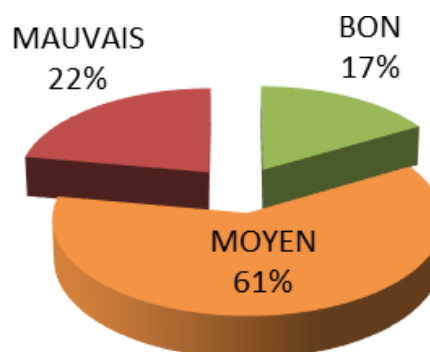
II.2 Analyses thématiques sur la base des données du patrimoine éclairage public

L'ensemble du patrimoine a pu être cartographié d'après ses caractéristiques principales. Il ressort les points essentiels suivants.

II.2.1 Etat des points lumineux

L'état des lieux réalisé permet de classer les foyers lumineux en trois catégories :

Etat	Foyers	%
BON	1373	17%
MOYEN	5064	61%
MAUVAIS	1838	22%
Total	8275	100%



Les luminaires peuvent tous être classés selon qu'ils sont du type « fermé », lorsqu'ils comportent un compartiment optique fermé et une vasque ouvrable ou non. Ils sont du type « ouvert » en l'absence de vasque. Par ailleurs, il convient de noter que la nature de la vasque (souvent bombée en plastique ou plate en verre) est aussi une caractéristique importante pour évaluer la pérennité de la performance énergétique du luminaire ainsi que son potentiel de nuisance lumineuse pour l'environnement.

Le tableau ci-dessous est issu de l'analyse fine du parc d'éclairage public actuel de la ville. Il démontre clairement l'intérêt d'opter pour des luminaires fermés et de préférence munis d'un réflecteur, et par conséquent de remplacer ceux ne présentant pas ces caractéristiques.

	Sans vasque		Vasque verre ouverte	Vasque plastique		Vasque verre	
	Sans réflecteur	Réflecteur/ paralume	Sans réflecteur	Sans réflecteur	Réflecteur /paralume	Réflecteur/ paralume	Total général
FONCTIONNEL	48	182			4134	181	4545
BON						7	7
MOYEN					2950	169	3119
MAUVAIS	48	182			1184	5	1419
LANTERNEH						619	619
BON						567	567
MOYEN						52	52
LANTERNEV			54				54
MAUVAIS			54				54
PROJECTEUR					1	713	714
BON						252	252
MOYEN					1	396	397
MAUVAIS						65	65
RESIDENTIEL					326		326
BON					270		270
MOYEN					56		56

	Sans vasque Sans reflecteur	Reflecteur/ paralume	Vasque verre ouverte Sans reflecteur	Vasque plastique Sans reflecteur	Reflecteur /paralume	Vasque verre Reflecteur/ paralume	Total général
APPLIQUE					135	34	169
BON					58		58
MOYEN					77	24	101
MAUVAIS						10	10
DECO URBAIN					997	99	1096
BON						8	8
MOYEN					947	91	1038
MAUVAIS					50		50
ENCAST_MURAL						37	37
BON						19	19
MOYEN						16	16
MAUVAIS						2	2
ENCAST_SOL						646	646
BON						155	155
MOYEN						285	285
MAUVAIS						206	206
REGLETTE					2	19	21
BON					2	19	21
PROJECTEUR IP68						16	16
BON						16	16
BOULE				32			32
MAUVAIS				32			32
Total général	48	182	54	32	5 595	2 364	8 275

NB : Les lanternes horizontales (LanterneH) et les lanternes verticales (LanterneV) sont toutes des lanternes de style 4 ou 6 faces. La différence réside dans la position de l'ampoule :

- Ampoule horizontale dans un réflecteur pour les lanterneH (les lanternes avec platines LED sont dans cette catégorie)
- Ampoule verticale sans réflecteur pour les lanterneV



Exemple de lanterneH



Exemple de lanterneV

II.2.2 Notions sur le SLEEC, indicateur d'efficacité en éclairage public

L'optimisation de l'efficacité en éclairage public passe, entre autres, par un indicateur appelé SLEEC ou Street Lighting Energy Efficiency Criterion correspondant à la puissance installée nécessaire pour éclairer, à une certaine intensité lumineuse, une surface donnée de voirie. Ce critère est introduit pour faciliter et justifier le choix des zones à rénover. Il a été procédé à un calcul théorique pour chaque foyer installé actuellement sur la commune. Ces calculs sont basés sur des performances standard des matériels.

L'efficacité énergétique théorique des luminaires, dans une situation type, s'exprime en watts par lux et par mètre carré de surface éclairée, sous la forme :

$$\text{Sleec} = 1 / (u.MF.fe) \text{ en W/lux/m}^2$$

u : facteur d'utilisation de l'installation (rapport du flux utile au flux de la lampe)

MF : facteur de maintenance (conservation des performances photométriques dans le temps)

fe : efficacité lumineuse en lumens par watt (lampe + appareillage)

Ainsi, pour chaque type de luminaire, selon sa technologie, la nature de sa vasque et la présence d'un réflecteur, l'indicateur SLEEC est calculé à partir d'hypothèses ou de consensus des hommes de l'art portant sur :

- La dépréciation des lampes après 12 000 heures en fonction de la nature de la technologie ;
- La dépréciation du rendement du luminaire (hors lampe) après 12000 heures sans nettoyage et dans un environnement de pollution moyen à élevé.

Cela comprend :

- ☞ L'encrassement des lampes après 8000 heures ;
- ☞ L'encrassement du réflecteur après 8000 heures ;
- ☞ Le vieillissement réflecteur après 12 000 heures ;
- ☞ L'encrassement intérieur vasque après 8000 heures ;
- ☞ L'encrassement extérieur vasque après 8000 heures ;
- ☞ Le vieillissement vasque après 12 000 heures ;
- Le facteur d'utilisation moyen (soit le rapport entre le flux utile sur le flux sortant du luminaire) ;
- L'efficacité énergétique de chaque type de lampe ou technologie.

Lors du passage en revue des différents luminaires, l'indicateur SLEEC permet de conforter des préconisations de remplacement ou de rénovation du foyer. Plus l'indicateur SLEEC est faible, meilleure sera l'efficacité énergétique du luminaire. Avec un SLEEC au-dessus de 0,10 W/lux/m², un luminaire pourra être prévu en rénovation.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs de SLEEC calculées sur les luminaires de style (lanterne 4 faces ou 6 faces) de la commune.

Il a été réalisé le même calcul pour tous les luminaires installés à Grasse.

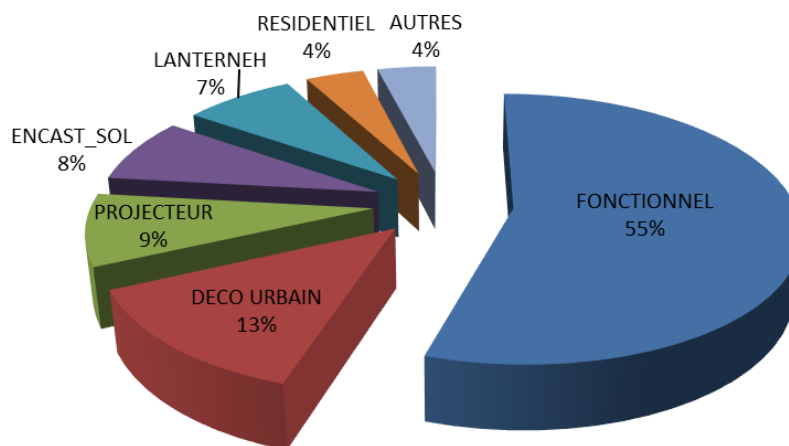
	SLEEC en W/lux
LANTERNEH	0,03
CAZES – FRAGONARD 6 FACES Platine LED	0,03
CAZES – FRAGONARD 4 FACES Platine LED	0,03
THORN – LEGEND	0,08
RAGNI – VENCE 4 FACES	0,04
LANTERNEV	0,22
CAZES – FRAGONARD 6 FACES	0,24
CAZES – FRAGONARD 6 FACES	0,14
Total Général	0,05

II.2.3 Parc des types de luminaires installés

A partir des modèles de luminaire présents dans la GMAO, il a été réalisé une classification des luminaires telle que celle suivie par la plupart des fabricants de matériel.

Elle est présentée ci-dessous :

Foyers		%
FONCTIONNEL	4 545	55%
DECO URBAIN	1 096	13%
PROJECTEUR	714	9%
ENCAST_SOL	646	8%
LANTERNEH	619	7%
RESIDENTIEL	326	4%
APPLIQUE	169	2%
LANTERNEV	54	1%
ENCAST_MURAL	37	0%
BOULE	32	0%
REGLETTE	21	0%
PROJECTEUR IP68	16	0%
Total général	8 275	100%



Parallèlement, il a été identifié les dix références de luminaires les plus installés sur la commune :

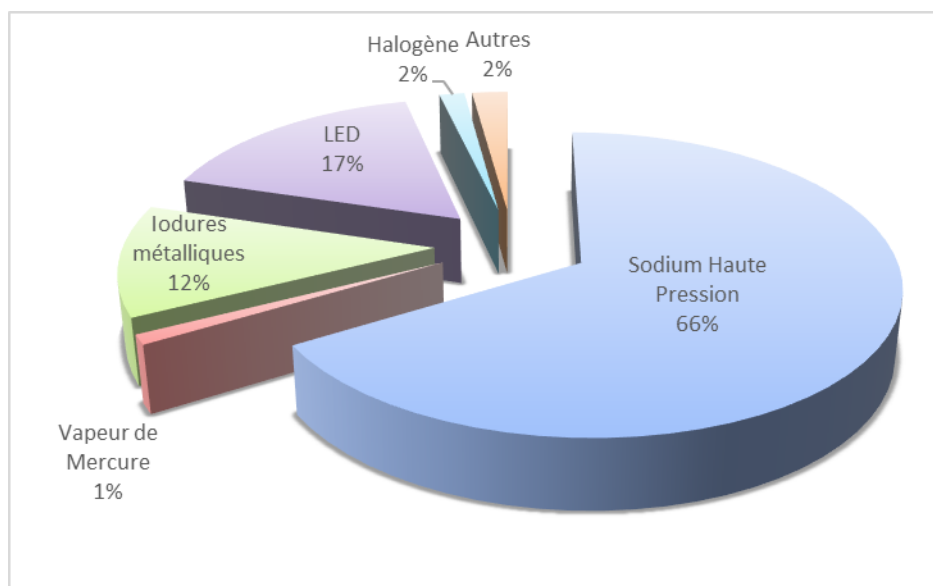
Références de luminaires	Nbre de foyers	% du parc
ECLATEC - MURENA	1979	23,92%
THORN - ORACLE	551	6,66%
ALCATEL - AG3	494	5,97%
THORN - DECOSTREET	307	3,71%
CAZES - FRAGONARD 6 FACES Platine LED	283	3,42%
CAZES - FRAGONNARD 4 FACES Platine LED	281	3,40%
3 EI - HARMONY	270	3,26%
PHILIPS - MARBELLA	262	3,17%
3 EI - LUXOR	232	2,80%
CARIBONI - LEVANTE SMALL	193	2,33%

Cette liste de matériel mélange des luminaires installés récemment, des luminaires rénovés via relampage LED et des luminaires anciens à rénover. Pour conserver une cohérence sur l'ensemble de la Ville et faciliter les opérations de maintenances, il sera proposé dans le Schéma Directeur d'Aménagement Lumière des modèles de luminaires en cohérence avec le parc actuel de la ville de Grasse.

II.2.4 Technologie des sources lumineuses

Les technologies de sources installées sur la Ville sont les suivantes :

Type lampe	Foyers	%	Enquête nationale 2007
Sodium Haute Pression	5 500	66%	55,00%
Vapeur de Mercure	89	1%	30,00%
Iodures métalliques	1 008	12%	15,00%
LED	1 373	17%	
Halogène	126	2%	
Autres	179	2%	

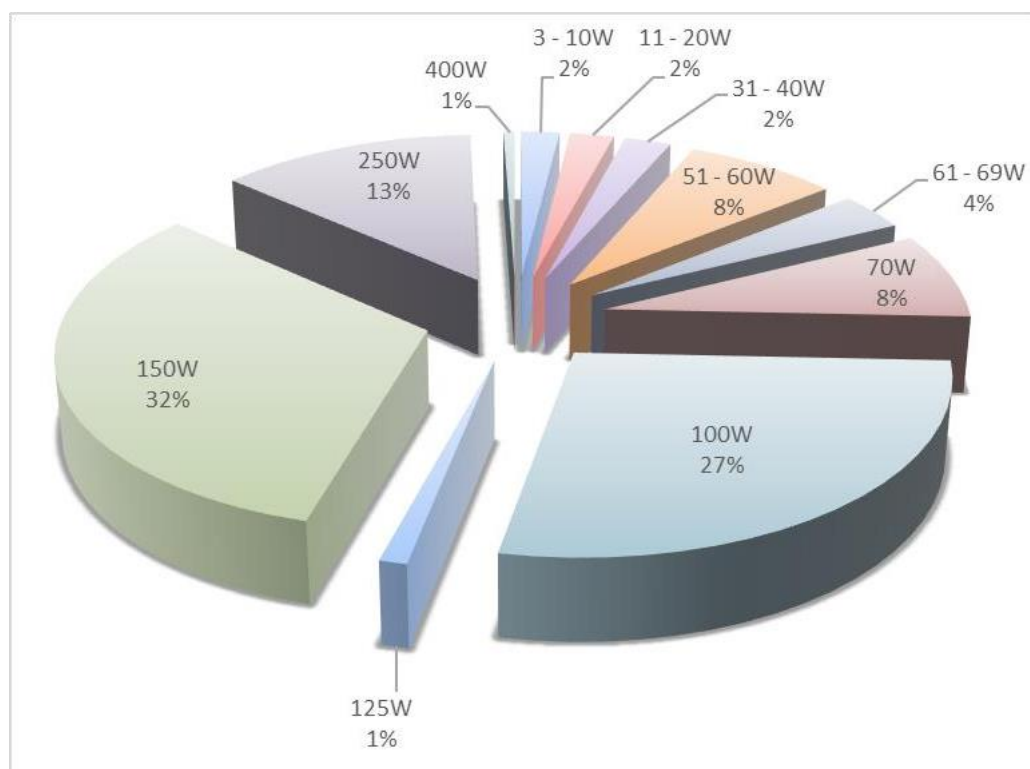


Le taux de luminaires à LED montre un niveau de rénovation de l'éclairage public ces dernières années en cohérence avec les chiffres nationaux. En effet, en France et en région PACA, le taux de luminaires à LED est de l'ordre de 20% environ.

La répartition des technologies met en avant un petit reliquat des sources à Vapeur de Mercure dont la fin de vie commerciale date d'avril 2015 et dont les efficacités énergétiques sont faibles. Cela permet de définir tout de même une première piste d'économies d'énergie, l'objectif étant la suppression totale de ce type de lampe à court terme. Leur remplacement systématique par des lampes à LED permet un gain immédiat de près de 50 à 70% en moyenne d'économie d'énergie pour ces points lumineux.

II.2.5 Répartition selon les puissances des lampes

Les puissances des sources installées sur la Ville sont présentées sur le graphique ci-dessous :



La gamme des puissances installées s'étend globalement **de 3 W à 1000 W**. Les puissances les plus représentatives sont les sources de 150 W et 100 W. Il est constaté également la présence de plus de 1000 sources de 250W (13% du parc), ce qui représente un potentiel d'économie d'énergie important car l'essentiel de ces sources 250 W pourront, selon les objectifs photométriques à fixer, être réduites selon les voies et besoins recensés.

II.3 La nuisance lumineuse

La nuisance lumineuse est due à un halo lumineux résultant du rayonnement visible et invisible diffusé par les constituants de l'atmosphère (gaz, molécules, aérosols, particules polluantes) dans les directions d'observation. Il est provoqué par le rayonnement artificiel des installations d'éclairage, lequel se compose :

- du rayonnement direct vers le ciel des lampes et des luminaires
- du rayonnement dû à la lumière réfléchiée par les surfaces éclairées et leurs abords.

Les mécanismes générant ce halo artificiel doivent être analysés en vue d'optimiser les solutions qui permettront de réduire son importance.

L'éclairage public a pour vocation prioritaire d'améliorer la sécurité nocturne des biens et des personnes. Mais il provoque aussi des effets indésirables lorsqu'il est mal conçu en éclairant plus ou moins ce qui n'a pas lieu de l'être. L'excès de lumière artificielle nocturne représente un gaspillage d'énergie ainsi que des risques écologiques et sanitaires.

II.3.1 Perturbation sensible de la faune et de la flore

Le comportement des animaux nocturnes est fortement perturbé par la disparition de l'obscurité. L'éclairage artificiel déroute les oiseaux migrateurs nocturnes. Ils le paient souvent de leur vie. Les lampadaires attirent les insectes nocturnes par milliers (par ex. papillons, coléoptères) dans un rayon de 50 à 700 mètres. Ils deviennent ainsi des proies faciles et ne peuvent plus se reproduire. Il a aussi pu être montré des impacts négatifs de la lumière artificielle sur les algues, les puces d'eau, les poissons, les amphibiens et les tortues. De plus les plantes bourgeonnent plus tôt que d'habitude et sont donc plus exposées au gel. En Provence, les platanes exposés à l'éclairage urbain gardent leurs feuilles vertes bien plus longtemps. Les phases de leur croissance sont déréglées.

II.3.2 Effets sur l'homme

La dégradation de l'obscurité nocturne a des conséquences inattendues. Ainsi, la production de certaines de nos hormones repose sur l'alternance du jour et de la nuit. Une perturbation durable de ce cycle naturel peut avoir des conséquences sur la santé (par ex. troubles du sommeil).

Une étude a révélé que l'exposition à la lumière artificielle durant la nuit stimulait la croissance des tumeurs mammaires chez l'humain en supprimant le taux d'une hormone essentielle appelée mélatonine. L'étude a également permis de constater que les longues périodes d'obscurité nocturne ralentissaient grandement la croissance de ces tumeurs. Ces résultats pourraient expliquer pourquoi les femmes qui font des quarts de nuit présentent un taux de cancer du sein plus élevé.

La diminution de l'obscurité nocturne entraîne également la disparition du ciel étoilé en empêchant de pouvoir observer et photographier les galaxies et autres astres de faible luminosité.

II.3.3 Les pistes pour réduire le halo lumineux

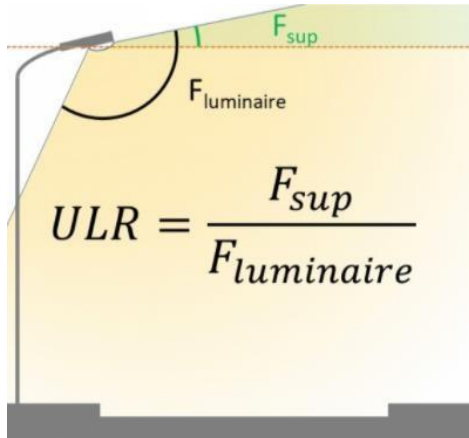
L'importance du halo lumineux peut être réduite en optimisant les paramètres photométriques du matériel d'éclairage et en appliquant quelques règles de base :

- ☞ Proscrire les diffuseurs genre « boule opaque » (35% de la lumière perdue vers le haut).
- ☞ Utiliser des luminaires équipés de verres plats transparents.
- ☞ Utiliser des luminaires avec déflecteurs ou des dispositifs de contrôle dirigeant la lumière vers le bas.
- ☞ N'utiliser l'éclairage qu'aux heures où il est utile et moduler son niveau en fonction des usages, des lieux et des besoins.

Ces mesures ont été renforcées par l'application de l'**arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses**. Il impose, à une commune comme Grasse, les points suivants sur ses futures rénovations ou extensions de son parc installations d'éclairage public :

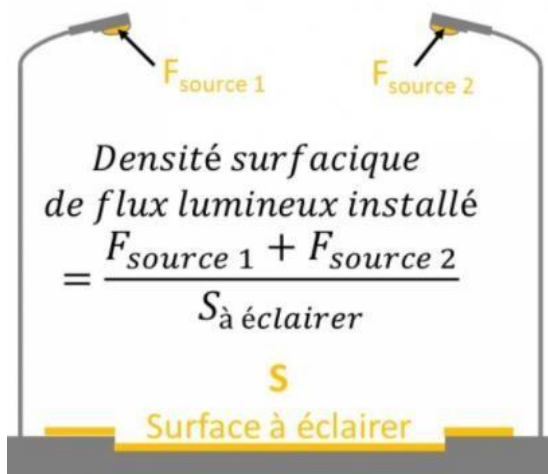
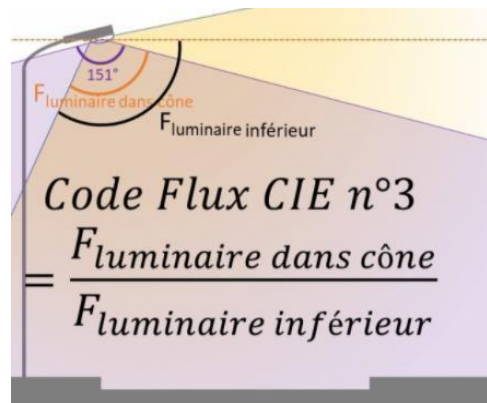
- ULR matériel < 1%
- ULR installation < 4%
- Flux FC3 > 95%
- 3000K maxi
- DSFLI < 35 lm/m²

Les termes définis par cet arrêté sur les nuisances lumineuses sont explicités ci-dessous.



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

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



La densité surfacique de flux lumineux installé (DSFLI) représente le rapport entre le flux total émis par l'installation d'éclairage (somme des flux des différentes sources de l'installation à la date d'installation) et l'ensemble de la surface destinée à être éclairée par l'installation d'éclairage. Elle s'exprime en lumen par mètre carré. Dans ce calcul, les flux considérés sont les flux des sources présentes à l'intérieur des luminaires, et non pas les flux sortants des luminaires.

II.3.4 Analyse des nuisances lumineuses sur la commune

Pour quantifier la nuisance lumineuse générée par les luminaires, les paramètres suivants ont été utilisés :

- ULOR : Il représente la proportion de flux des lampes de tous les luminaires considérés qui est émise au-dessus du plan horizontal passant par les luminaires dans leur position d'installation sur le site étudié.
- DLOR : Il représente la proportion de flux des lampes de tous les luminaires considérés qui est émise en dessous du plan horizontal passant par les luminaires dans leur position d'installation sur le site étudié.
- u : Facteur d'utilisation : Il représente le pourcentage du flux émis par la source lumineuse tombant sur la partie utile de la zone que l'on souhaite éclairer.

La nuisance lumineuse est générée par le matériel d'éclairage mais aussi par la réflexion des surfaces éclairées. Il faut donc estimer la valeur des coefficients des surfaces et des abords des surfaces éclairées. Les coefficients de réflexion ont été pris égal à pour ce qui concerne :

- p1 : surfaces éclairées ▯ valeur moyenne retenue : 0,08 (les surfaces éclairées sont constituées par des routes goudronnées qui réfléchissent moyennement la lumière)
- p2 : abords des surfaces éclairées ▯ valeur moyenne retenue : 0,08

Sur la base de l'ensemble des éléments ci-dessus, nous avons quantifié la nuisance lumineuse, UPF, de chaque point lumineux d'une voie à partir de l'équation suivante :

$$UPF = Fla \times (ULOR + p1xu + p2(DLOR-u)) \text{ avec } Fla, \text{ le flux nominal de la lampe (en lumen)}$$

La valeur finale d'UPF, le flux total hémisphère supérieur en lumen, résulte donc de la somme de toutes les nuisances lumineuses de l'ensemble des points lumineux.

Le flux lumineux contribuant à la pollution lumineuse représente **11% du flux lumineux total** des luminaires de Grasse. Il est de l'ordre de 10 221 562 lumens, soit **l'équivalent de 1022 lampes Sodium HP de puissance 100W qui serviraient uniquement à éclairer les étoiles.**

Catégories UPF	Valeurs Qtés de foyers	Flux total foyers	UPF en lumens	%
<500lm/foyer	1028	4 011 183	309 119	8%
<1000lm/foyer	3118	26 564 336	2 514 260	9%
<1500lm/foyer	2347	30 858 742	3 050 878	10%
<2000lm/foyer	368	5 363 152	596 511	11%
<3000lm/foyer	1136	21 733 967	2 530 664	12%
<5000lm/foyer	247	4 053 209	1 051 572	26%
<10000lm/foyer	30	1 130 652	157 387	14%
>10000lm/foyer	1	80 256	11 172	14%
Total général	8275	93 795 497	10 221 562	11%

Pour information, avec des luminaires LED, le pourcentage de flux dirigé vers le ciel est de 5-7% environ.

La carte « Répartition des foyers par nuisance lumineuse » jointe en annexe classe les foyers de la Ville en fonction de la nuisance lumineuse qu'ils entraînent.

II.4 Analyse des pannes récurrentes

Il a été analysé les demandes d'interventions sur les années 2019 et 2020 afin de mettre en évidence les secteurs touchés par des pannes de manière récurrente et dont une rénovation plus importante doit être prévue.

II.4.1 Armoires

Le tableau ci-dessous recense les armoires ayant entraîné plus de 10 demandes d'interventions au cours des deux dernières années :

N° Armoire	Nom Armoire	Adresse	Nb. interventions en 2019/2020
FN2	FN2 - Paoute	Route De La Paoute	20
AN	AN - Etienne Maurel	Avenue Du Lieutenant Etienne Maurel	13
BB	BB - Rothschild Haut	Boulevard Alice De Rothschild	12
CY	CY - Mottet	Avenue Mottet	11
EN	EN - Ossola	Traverse Saint-Martin	11
FL	FL - Sainte Marguerite	Chemin de Sainte Marguerite	11
HF	HF - Bluemental Haut	Chemin de Blumenthal	11
ZL	ZL - Auguste Renoir	Avenue Auguste Renoir	11
DA	DA - Félix Raybaud	Avenue Félix Raybaud	10
ZC	ZC - CG 06	Avenue De La Libération	10

II.4.2 Points lumineux

De même, ont été identifiées les voies pour lesquelles les interventions ont été les plus nombreuses :

- ⌂ Avenue Pierre Sépard : 46 interventions
- ⌂ Route de Cannes : 44 interventions
- ⌂ Place aux Aires : 37 interventions
- ⌂ Avenue de Provence : 36 interventions
- ⌂ Boulevard du Jeu de Ballon : 33 interventions
- ⌂ Chemin de la Madeleine : 31 interventions
- ⌂ Avenue Auguste Renoir : 31 interventions
- ⌂ Avenue de la Libération : 28 interventions
- ⌂ Boulevard Georges Clémenceau : 24 interventions
- ⌂ Chemin de l'Orme : 23 interventions
- ⌂ Place Azur de Provence : 21 interventions
- ⌂ Avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny : 20 interventions
- ⌂ Route de Saint Mathieu : 20 interventions

III. SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGEMENT LUMIERE (SDAL)

Le SDAL comporte trois éléments directeurs :

- schéma directeur des éclairagements ☐ détermine les objectifs photométriques
- schéma directeur du mobilier d'éclairage ☐ fixe les choix de matériel
- schéma directeur de rénovation ☐ cible les rénovations nécessaires

III.1 Schéma directeur des éclairagements

III.1.1 Proposition de classement des voies

Il est proposé une classification de chaque voie d'après la méthode française proposée par l'Agence Française de l'Eclairage suivant la norme EN 13201 révisée en 2015 pour suggérer un niveau d'éclairage adapté aux besoins des utilisateurs et compatibles avec une notion de développement durable et les critères qualitatifs afférents. Cette norme est d'application non-obligatoire, mais fait office de règle de l'art.

L'adoption de cette méthode est indispensable compte tenu de l'avènement de la technologie LED, de ses opportunités

en termes de luminance sur la chaussée, mais aussi de risques avec des éblouissements parfois incontrôlés. En effet, cette méthode permet de déterminer, non plus un seul niveau d'éclairement à maintenir, mais des luminances et éclairagements minimum à maintenir et maximum. Cette méthode est décrite dans l'annexe 1.

Afin de bien comprendre cette méthode de classification des voies de l'AFE et de manière générale, la norme NF EN 13201, d'application non-obligatoire, mais faisant office de règle de l'art, veuillez-vous référer à l'Annexe 1 « Note de synthèse sur norme NF EN 13201 ».

La légende de la carte « Schéma Directeur des Éclairages en lux – heures pleines » représente la classification du réseau de voiries de la commune de Grasse suivant les 4 niveaux d'exigences photométriques suivants :

- M2 – C2 : 1,5cd/m2 et 20lux moyen à maintenir
- M3 – C3 : 1cd/m2 et 15lux moyen à maintenir
- M4 – C4 : 0,75cd/m2 et 10lux moyen à maintenir
- M5 – C5 : 0,5cd/m2 et 7,5lux moyen à maintenir

Cette classification de 4 niveaux intègre le fonctionnement global du réseau de voirie de la commune, la cohérence des installations d'éclairage devant être évaluées en regard des exigences photométriques fixées sur ces voies. Ces exigences sont définies par référence à la norme NF EN 13 201/2 et sont citées dans le tableau suivant :

Hiérarchie de la voie	Classe d'éclairage (norme NF EN 13 201/2)	Luminance moyenne		Éclairement moyen	
		Min à maintenir	Max	Min à maintenir	Max
1	M2 – C2	1.50 cd/m2	2.00 cd/m2	20 lux	30 lux
2	M3 - C3	1.00 cd/m2	1.50 cd/m2	15 lux	20 lux
3	M4 - C4	0.75 cd/m2	1.00 cd/m2	10 lux	15 lux
4	M5 - C5	0.50 cd/m2	0.75 cd/m2	7.5 lux	10 lux

Tout au long de la durée de vie des installations, selon la norme NF EN 13 201, les niveaux d'éclairement moyen à maintenir devront être assurés. Pour anticiper le vieillissement des équipements (luminaires, sources, appareillages...), la valeur à la mise en service est réévaluée d'un coefficient compensateur de dépréciation fixé à 1.25.

La méthode AFE a été retenue afin de pouvoir adapter votre schéma directeur des éclairages dans le temps en fonction de la variation des besoins et des enjeux. En effet, nous avons réalisé deux cartes pour le schéma directeur des éclairages, une avec les objectifs en heures pleines et une pour les heures creuses. La structure d'un schéma directeur des éclairages type en fonction de la typologie des voies est reprise ci-dessous :

Type de voie	Régime	Classe d'éclairage (norme NF EN 13 201/2)	Luminance moyenne minimale à maintenir	Eclairement moyen minimal à maintenir
Routes interurbaines	Heures pleines	M3-C3	1,00 cd/m2	15 lux
	Heures creuses	M4-C4	0,75 cd/m2	10 lux
Voies principales(ville)	Heures pleines	M2-C2	1,50 cd/m2	20 lux
	Heures creuses	M3-C3	1,00 cd/m2	15 lux
Voies principales (village)	Heures pleines	M3-C3	1,00 cd/m2	15 lux
	Heures creuses	M4-C4	0,75 cd/m2	10 lux
Voies secondaires - transversales	Heures pleines	M4-C4	0,75 cd/m2	10 lux
	Heures creuses	M5-C5	0,50 cd/m2	7,5 lux
Voies résidentielles - Lotissement	Heures pleines	M5-C5	0,50 cd/m2	7,5 lux
	Heures creuses	M5-C5	0,50 cd/m2	7,5 lux

Néanmoins, cette classification se doit d'être éventuellement adaptée pour prendre en compte la fréquentation des voies, les projets urbanistiques, des contraintes de sécurité, de vie sociale etc...

La période d'heures creuses peut évidemment correspondre à une extinction et non simplement à une baisse du niveau d'éclairement comme préconisé dans ce paragraphe. L'abaissement en période nocturne correspond généralement à -30% à -50% par rapport à la puissance nominale.

A titre indicatif, le tableau ci-dessous permettant d'estimer la puissance nécessaire de la platine LED pour obtenir le niveau d'éclairement moyen cible :

Eclairement moyen minimal à maintenir	Puissance estimative lanterne neuve LED
20 lux	85 / 95 W
15 lux	60 / 70 W
10 lux	45 / 50 W
7,5 lux	25 / 35 W

Ces valeurs sont indicatives et la consommation réelle dépendra de la configuration de la voirie (hauteur de feu, largeur de voie, interdistance...).

On trouve la carte « Schéma Directeur des Éclairements en lux – heures pleines » et la carte « Schéma Directeur des Éclairements en lux – heures creuses » en annexe.

Ce schéma directeur des éclairements peut être complété avec des **objectifs de température de couleur selon les types de voies**. L'éventail des possibilités se situe aujourd'hui avec la LED en éclairage public entre 2200K, 2700K et 3000K (3000K est le maximum autorisé suite à l'arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses) dans les catalogues fabricants (la présence du 2200K n'est pas systématique dans les gammes des fabricants).

Deux possibilités s'offrent alors à la Ville :

- ☞ Variation de la température de couleur sur le territoire communal ⇒ il est généralement réalisé une dégressivité de la température de couleur de 3000K sur les voies principales à 2200K sur les voies résidentielles. Des secteurs particuliers (places, rues commerçantes...) ou des quartiers (centre-ville avec vieilles pierres...) peuvent également être différenciés par des températures de couleurs plus chaude.
- ☞ Uniformisation sur une teinte de couleur (2200K, 2700K ou 3000K).

De manière non négligeable, la teinte des LED a un impact sur leur efficacité lumineuse (ratio lm/W). Avec les produits sur le marché en 2021, **des LED en 2200K entraînent une surconsommation de l'ordre de 15% par rapport à des LED de 2700K et de 25% par rapport à des LED en 3000K.**

III.1.2 Comparaison des niveaux d'éclairement actuels avec les exigences du schéma directeur proposé

Dans le cadre de ce Schéma, des mesures photométriques ont été réalisés par sondage.

A partir de ces données, il a été possible de comparer les performances estimées de chaque foyer avec les niveaux requis. Sur la base des classes d'éclairage C et des exigences d'éclairement minimal, un coefficient de performance a été défini comme le rapport de l'éclairement moyen du point lumineux par le niveau d'éclairement moyen requis par la norme.

Cinq « niveaux de performances » sont ainsi définis :

	niveau A:	<25% du niveau requis par la norme
	niveau B:	25% à 50% du niveau requis par la norme
	niveau C:	50% à 75% du niveau requis par la norme
	niveau D:	75% à 130% du niveau requis par la norme
	niveau E:	>130% du niveau requis par la norme

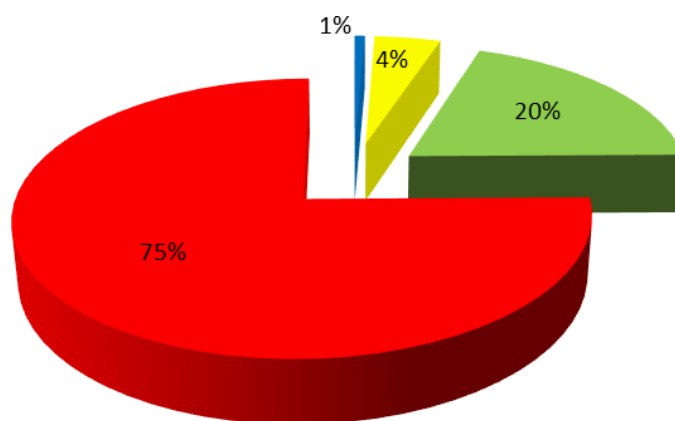
Ces niveaux déterminent ainsi la performance de la configuration d'éclairage et des équipements du point lumineux (luminaire, type et puissance de la source) de manière à déterminer les rénovations à réaliser :

- ☞ En cas de performances faible → renforcer l'efficacité énergétique du point lumineux (sans augmentation de la puissance de la lampe)
- ☞ En cas de performances « normales » → vérifier que la performance n'est pas à un prix « énergétique » trop élevé
- ☞ En cas de performances surabondantes → réduire les puissances en place tout en maintenant une efficacité optimisée

La répartition des points lumineux sur la carte de la commune « Répartition des foyers par niveaux de service » en annexe permet de mettre en évidence les secteurs pour lesquels les comparaisons avec les objectifs sont inférieures au seuil requis ou trop fortement positif (>130%) uniquement pour les 22% de voies pour lesquelles nous disposons de mesures photométriques.

La répartition chiffrée et illustrée ci-contre met en exergue le nombre éventuel de foyers procurant, soit un niveau d'éclairage insuffisant, soit un niveau d'éclairage trop abondant :

Niveau de service	Foyers	%
<25% du niveau requis	0	0%
25% à 50% du niveau requis	13	1%
50% à 75% du niveau requis	83	4%
75% à 130% du niveau requis	369	20%
>130% du niveau requis	1 409	75%



Sur les 22% de voies pour lesquelles des mesures d'éclairage existent, il a été constaté uniquement 5% de voies sous-éclairées, mais 75% de voies sur-éclairées. Même si ces résultats ne sont sans doute pas extrapolables à l'échelle de la Ville, **ils mettent tout de même en évidence 1 409 points lumineux pour lesquels le niveau d'éclairage est trop élevé**. Cela représente 17% du parc de la commune où des économies d'énergie sont réalisables.

III.2 Schéma directeur du mobilier d'éclairage

Pour notre proposition de schéma directeur du mobilier d'éclairage, notre priorité est de remplacer les luminaires ou sources par des luminaires LED en respectant les exigences permettant l'obtention des certificats d'économie d'énergie (RES-EC-104). Il s'agit d'un prérequis, avant même le choix esthétique des différents types de luminaire, et donc de s'assurer que :

- Ensemble optique fermé d'indice de protection IP 65 minimum.
- Efficacité lumineuse de l'ensemble lampe + auxiliaire d'alimentation supérieur ou égal à 90lumens/watt dans le cas n°1 (luminaire fonctionnel) ou supérieur ou égal à 70lumens/watt dans le cas n°2 (autres types de luminaires).
- Valeur du pourcentage du flux de lampe sortant du luminaire installé directement dirigé vers l'hémisphère supérieur du luminaire (ULR) $\leq 3\%$ dans le cas n°1 ou $\leq 15\%$ dans le cas n°2.
- La pérennité et le sérieux des fabricants assurés par une garantie de 5 ans
- Respect de l'arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses

Le respect de ces critères permettra à la Ville de récupérer une partie de son investissement via la valorisation de la fiche CEE RES-EC-104.

En considérant le style actuel du mobilier d'éclairage, la hauteur et le type des supports, la classe d'éclairage (objectifs photométriques issus de la norme NF EN 13 201), ainsi qu'en prenant en compte les rénovations récentes, nous avons déterminé le style que devront adopter les luminaires de remplacement. L'objectif est de donner un sens, une lisibilité et une écriture cohérente du mobilier d'éclairage urbain à l'échelle de la commune, mais en tenant compte des spécificités de chaque quartier. Il permettra également de fixer un cap pour réduire le nombre de références de luminaires dans le cadre des rénovations et ainsi faciliter l'exploitation du parc EP de la commune.

Concernant l'éclairage public fonctionnel, il a été déterminé quatre grandes familles de luminaires :

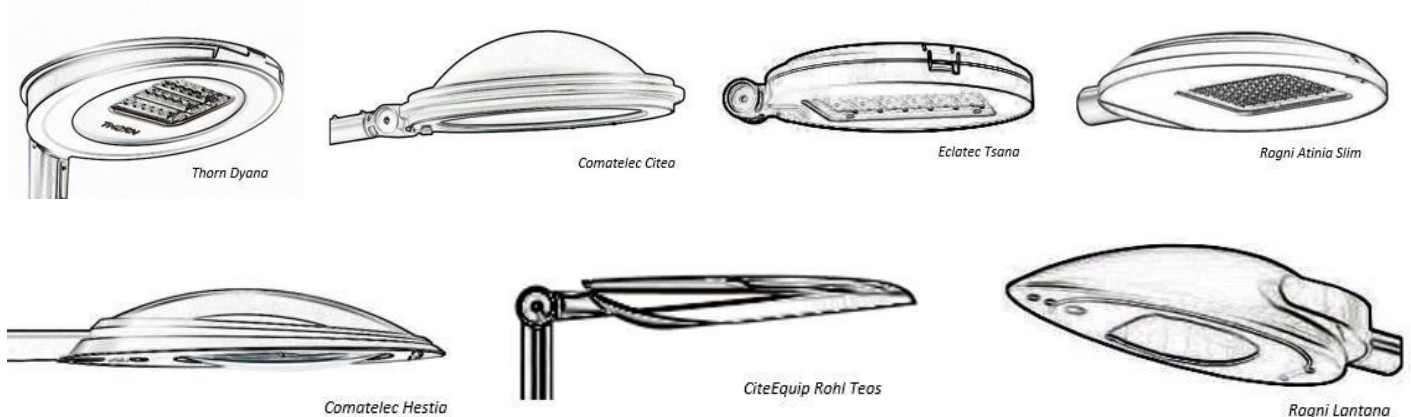
- **Fonctionnel**

Ce type de luminaire peut se trouver sur tous types de voies, mais avec un enjeu esthétique peu important vis-à-vis de l'efficacité énergétique. Il sera généralement sur des candélabres en acier galvanisé ou des supports partagés avec Enedis en bois ou en béton à des hauteurs supérieures à 6m. Il est présenté ci-dessous différentes esthétiques et différents modèles de luminaires correspondant à cette famille :



- **Décoratif urbain**

Ce type de luminaire est situé principalement sur les voies principales à fort enjeux (commerces, lieux de vie...) et sur des supports en acier peint thermolaqué de toutes hauteurs. Il est présenté ci-dessous différentes esthétiques et différents modèles de luminaires correspondant à cette famille :



Les luminaires de type déco urbain installés actuellement sont plutôt de type « rond » comme sur la 1^{ère} ligne ci-dessus. Il est présenté, tout de même sur la 2^{ème} ligne, des luminaires d'esthétique allongée pouvant correspondre à cette catégorie.

- **Lanterne de style (ou lanterne horizontale)**

Ce type de luminaire est situé principalement dans les centres anciens avec bâtiment en pierre sur des consoles en façade ou des candélabres en fonte à des hauteurs de 4/5m. Il est présenté ci-dessous différentes esthétiques et différents modèles de luminaires correspondant à cette famille :



Il pourra également être installé des luminaires 6 faces comme existant actuellement sur le centre-ville. Précédemment, de nombreuses lanternes de style ont été relampées avec des platines LED. Cette opération pourra être renouvelées sur les lanternes en technologies Sodium Haute Pression ou Iodure Métallique à condition de vérifier au préalable la pérennité de l'opération.

- **Résidentiel**

Ce type de luminaire est situé principalement dans des lotissements, quartiers résidentiels ou des impasses avec des supports à 3/5m de hauteur. Il est présenté ci-dessous différentes esthétiques et différents modèles de luminaires correspondant à cette famille :



Les modèles de luminaires évoqués ci-dessus sont présentés à titre d'illustration afin de visualiser le type de luminaire correspondant à la description.

La carte « Schéma Directeur du mobilier d'éclairage » proposant une répartition des types de luminaire présentés dans ce paragraphe sur l'ensemble de la Ville est fourni en annexe.

III.3 Schéma directeur de rénovation

Ce schéma directeur aborde :

- ☞ Le volume de rénovation à mettre en œuvre (nombre de point lumineux ou armoires concernés).
- ☞ Les économies d'énergies potentielles dues à ces rénovation (en puissance installée et en consommation énergétique) avec pour hypothèse un abaissement de 50% entre 22h et 5h.
- ☞ Un chiffrage (€ HT) ponctuel à l'armoire de commande ou au point lumineux avec une technologie LED, un driver permettant l'abaissement en milieu de nuit et la protection dans le coffret classe II, une esthétique et un flux lumineux en accord avec les schémas directeurs proposés précédemment.
- ☞ Les économies en coût (€) conséquences des économies d'énergie avec un prix du kWh estimé en 2025 pour avoir une vision des économies potentielles à moyen terme (majoration de 3% par an avec un prix de base à 0,1352€/kWh en 2020, soit 0,1567€/kWh en 2025).
- ☞ L'évaluation d'un ratio illustrant les kWh économisés en regard de l'investissement réalisé (en kWh économisé/€ investi).

Les investissements sont chiffrés en HT avec pièce et main d'œuvre comprises.

Pour estimer les gains énergétiques des rénovations, les hypothèses suivantes sont prises :

Classe d'éclairage de la voie	Puissance consommée LED + Driver
C2	97W
C3	70W
C4	49W
C5	32W

III.3.1 Rénovation des armoires électriques de commande et des réseaux électriques

D'après les investigations menées sur les pannes récurrentes en 2.4.1, il a été constaté entre 70 et 90 armoires pour lesquelles la récurrence des anomalies semblait indiquer une vétusté de l'armoire et éventuellement du réseau.

Les travaux à réaliser ont été classés selon deux ordres de priorité :

- ☞ Rénovations à programmer à court termes : 32 armoires avec quelques aménagements des réseaux associés ⇒ 183 000€ HT, ramené à 170 000€ HT après suppression de quelques remplacement de luminaires ou candélabres,
- ☞ Rénovations à programmer ultérieurement : 50 armoires ⇒ estimation des travaux à 5 300€ HT par armoire.

Il a également été identifié des réseaux vétustes entraînant des défauts d'isolement sur les postes GE, FC, FL, HI, FW, ZA et ZC, ainsi qu'un réseau hors-service au chemin des Chasseurs. Le renouvellement de ces réseaux a été estimé à environ 100 000€ HT.

Le récapitulatif des rénovations à entreprendre sur les armoires et les réseaux électriques est présenté dans le tableau ci-dessous :

Programme de rénovation détaillé	Qtés	Gain kW installés	Gain en kWh/an	Coût u. HT en LED	Investissement HT	Gain elec. (prix kWh 2025) avec LED	Gain kWh par € investis
Rénovation des armoires et réseaux électriques	82				535 000 €		
Rénovations armoires prioritaires	32	-	-	chiffage Illumineo	170 000 €		-
Rénovations armoires secondaires	50	-	-	5 300 €	265 000 €		-
Renouvellement réseaux vétustes ou HS	8 secteurs			chiffage Illumineo	100 000 €		

L'enveloppe financière pour la rénovation des armoires et réseaux est donc estimée à 535 000€ HT. Elle devra être affinée après audit des armoires par l'entreprise attributaire du marché global de performance.

III.3.2 Rénovation des luminaires

Eu égard aux différentes remarques et constats réalisés dans le chapitre 2, il a été construit un schéma directeur de rénovation hiérarchisé sur l'ensemble du parc d'éclairage public de la Ville. Les points lumineux concernés sont présentés sur la carte « Hiérarchisation du schéma directeur de rénovation » jointe en annexe.

Pour construire ce schéma directeur de rénovation, nous avons suivi la logique suivante :

- ☞ **Priorité 1** : Rénovation des luminaires à Vapeur de Mercure ⇒ Objectif de bannir les lampes à Vapeur de Mercure de la commune (commercialisation interdite depuis 2015) et diminuer le nombre de panes,
- ☞ **Priorité 2** : Rénovation des luminaires anciens avec un niveau d'obsolescence « mauvais » ⇒ Améliorer significativement le taux de pannes instantanées sur la commune et optimiser la consommation énergétique sur les luminaires les plus anciens,
- ☞ **Priorité 3** : Rénovation des luminaires en sur-éclairage ⇒ Eclairer juste et de manière cohérente sur la Ville et réaliser des économies d'énergie
 - Priorité 3A : Constat de sur-éclairage lors des mesures photométriques de 2017
 - Priorité 3B : Estimation de sur-éclairage en fonction des puissances des sources et des classes d'éclairage dans le schéma directeur des éclairagements de la manière suivante ⇒ voies C2 en sur-éclairage si sources de 250W ou 400W / voies C3 en sur-éclairage si source de 250W ou 400W / voies C4 en sur-éclairage si source de 150W, 250W ou 400W / voies C5 en sur-éclairage si source de 100W, 150W ou 250W
- ☞ **Priorité 4** : Rénovation des luminaires avec un niveau d'obsolescence « moyen » et un SLEEC > 0,10 ⇒ Améliorer l'efficacité énergétique des luminaires et optimiser la consommation énergétique sur des luminaires vieillissants

Pour évaluer l'investissement nécessaire, il a été tenu compte, pour chaque point lumineux, de l'objectif d'éclairage sur la voie et du type de luminaire du schéma directeur du mobilier d'éclairage. Ces estimatifs de prix sont issus de notre base de données de prix régulièrement mise à jour lors des dépouillements et analyses de marchés d'éclairage public que nous réalisons.

Le tableau ci-dessous présente les chiffres et ratios clés du schéma directeur de rénovation proposé pour l'éclairage fonctionnel :

Programme de rénovation détaillé	Qtés	Gain kW installés	Gain en kWh/an	Coût u. HT en LED	Investissement HT	Gain elec. (prix kWh 2025) avec LED	Gain kWh par € investis	RSI
Eclairage fonctionnel: remplacement du luminaire actuel par un luminaire LED en lieu et place répondant aux caractéristiques du SDAL								
Priorité 1: luminaire à Vapeur de Mercure	81	9,0 kW	30307 kWh/an	428 €	34 640 €	4 750 €	0,9 kWh/€	7,3 ans
Priorité 2: luminaire en état mauvais	1486	172,7 kW	618352 kWh/an	486 €	721 875 €	96 917 €	0,9 kWh/€	7,4 ans
Priorité 3A: luminaire en sur-éclairage d'après mesures de 2017	969	121,4 kW	482350 kWh/an	542 €	524 775 €	75 601 €	0,9 kWh/€	6,9 ans
Priorité 3B: luminaire en sur-éclairage estimé	1784	228,9 kW	760516 kWh/an	464 €	827 855 €	119 199 €	0,9 kWh/€	6,9 ans
Priorité 4: luminaire en état moyen et SLEEC > 0,10	81	-0,4 kW	134 kWh/an	151 €	12 270 €	21 €	0,0 kWh/€	584,3 ans

Les économies indiquées dans ce tableau tiennent compte des abaissements via module Altron et des extinctions déjà en vigueur dans la commune.

Il a été anticipé un budget pour les potentiels changements de crosses ou crossettes qui pourraient être nécessaires soit pour des raisons de vétusté trop importante, soit pour des questions esthétiques. Par ailleurs, il a été prévu cette possibilité pour 7% des luminaires remplacés.

Le détail est dans le tableau ci-dessous.

Programme de rénovation détaillé	Qtés	Gain kW installés	Gain en kWh/an	Coût u. HT en LED	Investissement HT	Gain elec. (prix kWh 2025) avec LED	Gain kWh par € investis
Provision travaux sur support	308	-	-	100 €	30 800 €	-	-
Provision changement de crosse/crossette pour raison vétusté ou esthétique	308	-	-	100 €	30 800 €	-	-

Il a également été relevé les luminaires d'éclairage de mise en valeur qui nécessite également une rénovation. Pour ces luminaires, la même échelle de priorité a été utilisée en rajoutant le préfixe « DECO ». Il n'y a bien évidemment pas de priorité DECO 3 car il n'y a pas d'objectif d'éclairage sur les mises en valeur, donc pas de sur-éclairage.

Notez également que ces points lumineux étant sujet à un parti-pris esthétique, il n'a pas pu être évaluer les gains énergétiques envisageables (ce qui ne veut pas dire qu'il n'y en aura pas). Devant l'hétérogénéité du parc des luminaires de mise en valeur, un forfait de 500€ a été déterminé, fourni-posé par luminaire, pour évaluer l'enveloppe de rénovation de ces sites. Une étude spécifique sera nécessaire pour chaque mise en valeur du patrimoine.

Le tableau ci-dessous présente le bilan des investissements à réaliser sur l'éclairage architectural :

Programme de rénovation détaillé	Qtés	Gain kW installés	Gain en kWh/an	Coût u. HT en LED	Investissement HT	Gain elec. (prix kWh 2025) avec LED	Gain kWh par € investis
Eclairage de mise en valeur	300	-	-	500 €	150 000 €		-
Priorité DECO 1: luminaire à Vapeur de Mercure	8	-	-	500 €	4 000 €		-
Priorité DECO 2: luminaire en état mauvais	263	-	-	500 €	131 500 €		-
Priorité DECO 4: luminaire en état moyen et SLEEC > 0,10	29	-	-	500 €	14 500 €		-

III.3.3 Certificats d'économie d'énergie

Les certificats d'économie d'énergie ont été mis en place par la loi de programme du 13 Juillet 2005. Ils ont pour but d'inciter les consommateurs à réduire leurs consommations en énergie par des investissements qui en retour vont générer des économies, matérialisées sous la forme de certificats qui seront à monnayer auprès des vendeurs d'énergie.

Dans le cadre des rénovations proposés au 3.3.2, la ville de Grasse pourra bénéficier de la fiche d'opération standardisée d'économie d'énergie relatives à l'éclairage public « RES-EC-104 - Rénovation d'éclairage d'extérieur ». Pour ce faire, les luminaires mis en place devront respecter les quatre exigences permettant l'obtention du certificat RES-EC-104 :

- La source lumineuse peut être remplacée.
- Ensemble optique fermé d'indice de protection IP 65 minimum.
- Efficacité lumineuse de l'ensemble lampe + auxiliaire d'alimentation supérieur ou égal à 90lmens/watt dans le cas n°1 ou supérieur ou égal à 70lumens/watt dans le cas n°2.
- Valeur du pourcentage du flux de lampe sortant du luminaire installé directement dirigé vers l'hémisphère supérieur du luminaire (ULOR) $\leq 1\%$ (ou pour les luminaires à LED, $ULR \leq 3\%$) dans le cas n°1 ou $\leq 10\%$ (ou pour les luminaires à LED, $ULR \leq 15\%$) dans le cas n°2.

Le certificat RES-EC-104 donne 9 300kWh (cas n°1) ou 7 200kWh (cas n°2) économisé pour chaque luminaire remplacé, conforme aux spécifications techniques décrites dans le certificat et reprises ci-dessus.

Il est ainsi estimé à 4 168 le nombre de luminaires rénovés qui pourront bénéficier de ce certificat, dont beaucoup dans le cas n°1.

En estimant à minima que les luminaires respecteront le cas n°2, le potentiel d'énergie économisée pour cette action est au minimum de :

$$4\ 168 \text{ luminaires rénovés} \times 7\ 200 \text{ kWh} = 30\ 009\ 600 \text{ kWh}$$

D'après le Registre National des Certificats d'Economie d'Energie, les CEE sont rachetés entre 6 et 7€ / MWh cumac à l'heure actuelle. La valeur récupérée par la Ville dépendra de la meilleure proposition d'un vendeur d'énergie qu'elle obtiendra et sans certitude suivant fluctuation du cours.

Par prudence, il a été évalué sur une hypothèse de 5,5€ / MWh cumac. Pour 30 009 600kWh cumac, **la ville de Grasse peut envisager récupérer 165 000€ environ.**

III.3.4 Bilan schéma directeur de rénovation

Programme de rénovation détaillé	Qtés	Gain kW installés	Gain en kWh/an	Coût u. HT en LED	Investissement HT	Gain elec. (prix kWh 2025) avec LED	Gain kWh par € investis	RSI
Rénovation des armoires et réseaux électriques	82				535 000 €			
Rénovations armoires prioritaires	32	-	-	chiffage Illumineo	170 000 €		-	
Rénovations armoires secondaires	50	-	-	5 300 €	265 000 €		-	
Renouvellement réseaux vétustes ou HS	8 secteurs			chiffage Illumineo	100 000 €		-	
Eclairage fonctionnel: remplacement du luminaire actuel par un luminaire LED en lieu et place répondant aux caractéristiques du SDAL								
	4401	531,5 kW	1891660 kWh/an	- €	2 121 415 €	296 487 €	0,9 kWh/€	7,2 ans
Priorité 1: luminaire à Vapeur de Mercure	81	9,0 kW	30307 kWh/an	428 €	34 640 €	4 750 €	0,9 kWh/€	7,3 ans
Priorité 2: luminaire en état mauvais	1486	172,7 kW	618352 kWh/an	486 €	721 875 €	96 917 €	0,9 kWh/€	7,4 ans
Priorité 3A: luminaire en sur-éclairage d'après mesures de 2017	969	121,4 kW	482350 kWh/an	542 €	524 775 €	75 601 €	0,9 kWh/€	6,9 ans
Priorité 3B: luminaire en sur-éclairage estimé	1784	228,9 kW	760516 kWh/an	464 €	827 855 €	119 199 €	0,9 kWh/€	6,9 ans
Priorité 4: luminaire en état moyen et SLEEC > 0,10	81	-0,4 kW	134 kWh/an	151 €	12 270 €	21 €	0,0 kWh/€	584,3 ans
Provision travaux sur support	308	-	-	100 €	30 800 €	-	-	-
Provision changement de crosse/crossette pour raison vétusté ou esthétique	308	-	-	100 €	30 800 €	-	-	-
Eclairage de mise en valeur	300	-	-	500 €	150 000 €	-	-	-
Priorité DECO 1: luminaire à Vapeur de Mercure	8	-	-	500 €	4 000 €	-	-	-
Priorité DECO 2: luminaire en état mauvais	263	-	-	500 €	131 500 €	-	-	-
Priorité DECO 4: luminaire en état moyen et SLEEC > 0,10	29	-	-	500 €	14 500 €	-	-	-
CEEs RES-EC-04	4168		30009600 kWh	165 053 €	<i>recupérable, mais non comptabilisé</i>			
		531,5 kW	1891660 kWh/an		2 837 215 €	296 487 €	0,7 kWh/€	9,6 ans

ANNEXE 1 : Note de synthèse sur norme NF EN 13201

Le champ d'application de la norme NF EN 13201 « Eclairage Public » est constitué par **les installations d'éclairage public** fixes sur des zones de circulation publique en extérieur.

La norme s'applique dans les situations suivantes :

- Dans le cadre de projets neufs ou à l'occasion de projets de réaménagement de voirie ou d'espaces publics,
- Dans le cadre de projets de réhabilitation spécifique d'installations d'éclairage public existantes.

Elle n'a pas pour objet de se prononcer sur les critères justifiants ou non l'éclairage d'une zone donnée. Une fois que la décision de créer une installation d'éclairage public a été prise, la norme intervient à plusieurs niveaux du projet d'éclairage :

- En phase conception, pour la détermination du niveau de performances photométriques de l'installation à atteindre à la mise en service,
- En phase réception et exploitation pour le contrôle de ces performances et de leur maintien tout au long de la durée de vie de l'installation.

La norme NF EN 13201 « Eclairage Public » d'origine est composée de 4 documents distincts. Un cinquième complète les 4 premiers documents remaniés depuis la révision de 2015.

- La partie 1 FD EN 13201-1, non retenue en tant que norme par le Comité Européen de Normalisation (CEN), propose deux **méthodes de sélection des classes d'éclairage** : une méthode simplifiée par rapport au principe de la CIE 115 de 2010 et une méthode française proposée par l'AFE.
- La partie 2 NF EN 13201-2 est dédiée aux exigences de performances. Les classes d'éclairage public y sont définies en référence à des exigences photométriques à maintenir dans le temps.
- La partie 3 NF EN 13201-3 décrit les conventions et procédures mathématiques à adopter pour **calculer les performances** des installations d'éclairage public.
- La partie 4 NF EN 13201-4 aborde les **méthodes de mesure des performances photométriques**.
- La partie 5 NF EN 13201-5 s'intéresse à l'**efficacité énergétique des installations**.

Le document « numéro 2 » constitue en fait la première partie de la norme. Il introduit la notion de classes d'éclairage rattachées à des situations d'éclairage préalablement identifiées.

Chaque classe est associée à un contexte de déplacement et permet de traduire les besoins identifiés sur chacune des zones d'étude à travers des paramètres photométriques appropriés aux situations d'usage de ces zones. Cette première partie NF EN 13201-2 introduit ainsi, pour chaque classe, les grandeurs photométriques pertinentes pour la situation de la zone à éclairer, ainsi que les valeurs seuils à maintenir impérativement.

Les classes retenues par la partie 2 de la norme sont les suivantes.

Les **classes M**, basées sur la **luminance** c'est à dire la quantité de lumière réfléchie par la chaussée en direction du conducteur, et les valeurs qui en découlent (uniformités générale et longitudinale, augmentation relative au seuil de perception...) dans des conditions atmosphériques normales (temps sec).

Exemple : Les classes M s'appliquent essentiellement aux **sections courantes** ou à des voies linéaires pour lesquelles l'aspect lisibilité et perception du tracé est primordial.

Les **classes C**, basées sur les niveaux d'**éclairement**, c'est-à-dire la quantité de lumière incidente sur la chaussée. Elles s'appliquent également pour les zones où les calculs de luminance, tels que définis dans la partie 3 présentée dans le paragraphe suivant, sont inapplicables ; par exemple, une distance d'observation inférieure à 60m, la multiplicité des points d'observation, etc.

Exemple : Les classes C s'appliquent dans les cas où le besoin de l'utilisateur s'exprime davantage en terme de renforcement de la visibilité de son environnement direct, que de « guidage » renforcé par le niveau de luminance de la chaussée. Les zones de conflit (carrefours, voiries où plusieurs modes de déplacements (dont des usagers vulnérables) se côtoient, etc.) entrent en général dans ce cadre.

Les **classes P**, sont adaptées, quant à elles, selon les conditions d'usage et les enjeux de la zone, à des besoins spécifiques en terme de performances lumineuses pour les piétons et les cyclistes :

Exemple : Les classes P s'appliquent aux parties de la routes disposées séparément ou le long de la chaussée (chemins piétonniers, pistes cyclables, bandes d'arrêt d'urgences...) ainsi qu'aux zones caractérisées par un usage mixte (voies résidentielles ou piétonnes, aires de stationnement, cours d'école...).

L'enchaînement des étapes de conception d'une installation s'appuie sur l'organisation suivante :

- ☞ Définir la zone de projet considérée, en la décomposant en une ou plusieurs **zones d'études** homogènes,
- ☞ Sélection de la **classe d'éclairage** recommandée pour chacune des zones d'études, en fonction d'une des deux méthodes proposées dans le document FD EN 13201-1,
- ☞ Procéder aux ajustements éventuels après vérification des **contigüités** entre les différentes zones adjacentes.

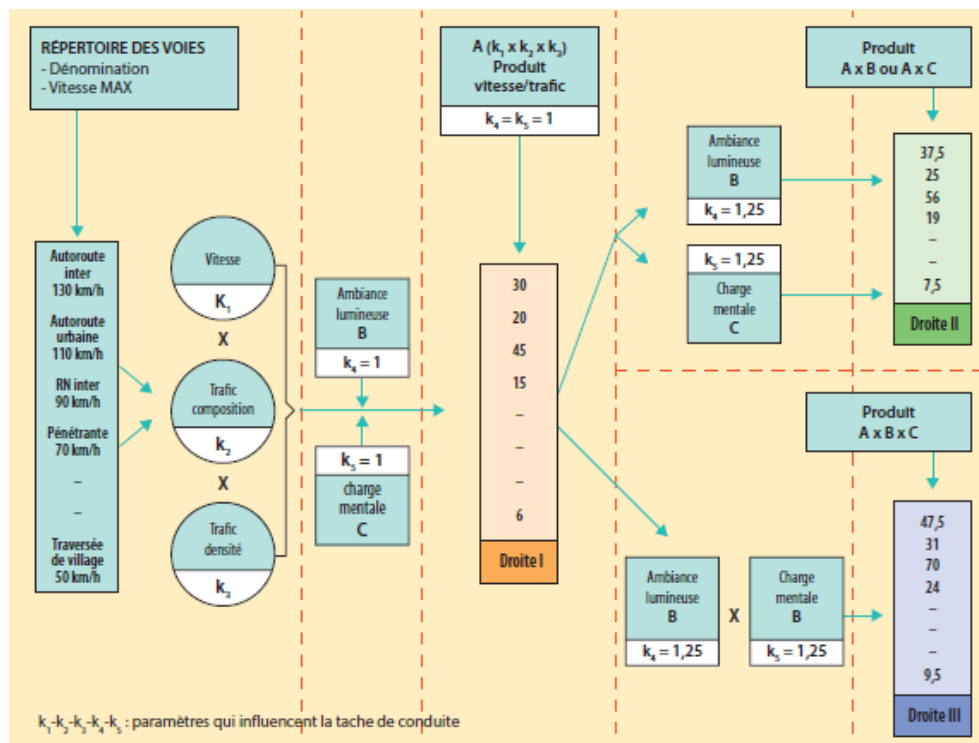
A l'issue de ces 3 étapes, le concepteur disposera des éléments requis pour procéder au dimensionnement de l'installation.

Méthode de sélection des classes d'éclairage de l'AFE

Cette nouvelle méthode vise à déterminer, non plus un seul niveau d'éclairement à maintenir ainsi qu'une uniformité mais pour chaque situation des luminances et éclairages minimum à maintenir, maximum et ciblés en fonction :

- Du régime de fonctionnement ;
- De la densité du trafic ;
- De l'influence de la luminosité ambiante (et notamment faible dans les communes rurales du SEV 84) ;
- De la charge mentale du conducteur.

Le schéma synoptique ci-dessous présente la méthode de sélection :



La méthode AFE commence par la recherche d'un premier coefficient global (A) qui caractérise le produit des paramètres k1 (type de voie – vitesse autorisée), k2 (composition du trafic) et k3 (densité du trafic).

Concernant les deux autres paramètres k4 (lumières parasites) et k5 (influence négative sur la sécurité, nommée « charge mentale »), la méthode AFE considère, soit qu'ils prennent la valeur « 1 » en situation de conduite normale et n'influencent pas le coefficient global (A), soit que l'ambiance lumineuse ou la charge mentale, ou bien les deux simultanément sont élevées (coefficient multiplicateur de 1,25 pour chaque qualification « élevée »). C'est pour cela qu'on retrouve deux autres séries de coefficients globaux dans le schéma ci-dessus, multiples de (A) dans le rapport de 1,25 lorsqu'un seul des deux derniers paramètres est influent (AxB ou AxC) et dans le rapport de 1,56 (1,25x1,25) lorsque les deux coefficients sont à considérer (AxBxC).

On retrouve ci-dessous le tableau de sélection des coefficients globaux (A), (AxB) ou (AxC), et (AxBxC) en fonction des paramètres k1 à k5.

CLASSES M et C TYPES DE VOIES	Chaussées et vitesses				Trafic							Ambiance lumineuse	Charge mentale	A	B	C	Coefficient global	
	Chaussées		Vitesse autorisées (km.h ⁻¹)	Coefficients Vitesse Chaussées	Composition					Densité			Faible à normale	Produit des coefficients Vitesse/trafic pour ambiance et charge mentale normales	Ambiance lumineuse	Charge mentale	A x B ou A x C	A x B x C
	unique	séparées			Non motorisés	Motorisés seuls	Mixte	Mixte à majorité non motorisés		Forte	Moyenne	Faible			Forte	Forte		
				Coefficients				Coefficients			Coefficients	Coefficients						
				1	2	3	4	3	2	1	1	1		1,25	1,25			
Autoroute interurbaine		X	≤ 130	5		2			3				30				37,5	
									2			*	20	*	—		25	
										1			10				12,5	
Autoroute urbaine		X	≤ 110	5		2			3								37,5	47
Voie rapide									2			—			*	*	25	31
										1							12,5	16
Route principale interurbaine									3				45				56**	70**
Ex. : RN	X		≤ 90	5			3		2			*	30	*	— / *	*	38	47,5
										1			15				19	24
									3								45	56
Pénitente urbaine importante	X		≤ 70	4			3		2			—			*	*	30	37
										1							15	19
									3								34	42
Voie urbaine importante (Boulevard, avenue)	X		≤ 50	3			3		2			—			*	*	23	28
										1							11	14
									3								34	
Voie urbaine secondaire (Avenue, rue)	X		≤ 50	3			3		2			*	18	*	*	—	22	
										1			9				11	
									3								22,5	
Voie urbaine de desserte	X		≤ 50	2			3		2			*	12	*	*	—	15	
										1			6**				7,5	
									3								15	18
Voie urbaine en section dangereuse. 30	X		≤ 30	1			4		2			*	8	*	*	*	10	18
										1			4				5	7
									3								34	42
Voie urbaine Intersections	X		≤ 50	3			3		2			*	18	*	*	*	23	28
Traversées de village										1			9				11	14

Classification préconisée

Les types de voies présentes dans les zones urbaines et notamment sur la commune de Grasse sont les suivantes : voie d'accès à la zone urbanisée/route interurbaine, voie importante/principale, voie secondaire/transversale, voie résidentielle/lotissement. On retrouve les coefficients globaux de ces quatre types de voies dans le tableau ci-dessous :

CLASSES M et C Villes, villages, bourgs, hameaux (en zone rurale) TYPES DE VOIES	Vitesses				Trafic							Ambiance lumineuse	Charge mentale	A	B	C	Coefficient global		
	Chaussées		Vitesses autoroutières (km/h-1)	Coefficients Vitesse Chaussées	Composition				Densité			Faible à normale	Produits des coefficients Vitesse/trafic pour ambiance et charge mentale normales	Ambiance Lumineuse	Charge mentale	A x B ou A x C	A x B x C		
	unique	séparées			Non motorisés	Motorisés seuls	Mixte	Mixte à majorité non motorisés	Forte	Moyenne	Faible								
Coefficients				Coefficients			Coefficients			Droite I*	Coefficients		Droite II*	Droite III*					
1	2	3	4	3	2	1	1	1	1	1,25	1,25								
Voie d'accès à la zone urbaine	II		≤ 90	5			3		3	2	1	•	•	45	—	•	37		
										2				30			19		
											1			15					
Traverse non principale	II		≤ 50	3			3		3			•	•	27		•	34	42	
										2				18		—	22		
											1			9		—	11		
Voies transversales	II		≤ 50	3			3					•	•			•	—		
										2				18			22		
											1			9			11		
Lotissement	II		≤ 30	1				4											
										2				8		•	•	10	12
											1			4				5	6

En fonction des coefficients globaux ci-dessus, on détermine les classes d'éclairage, ainsi que les valeurs minimales et maximales de luminance et d'éclairement de la norme NF EN 13201 selon deux régimes de fonctionnement (heures de plein régime et heures creuses de nuit).

Voie	Régime	Vitesse max		Trafic				Ambiance lumineuse		Charge mentale		Produits k1xk2 x...xk5	Classe de la voie	Lecture des performances (graphique)					
		Km/h	k1	Composition	k2	densité	k3		k4		k5			Luminance moy (cd/m2)			Eclairement moy (lux)		
														Min	Max	lecture	Min	Max	lecture
Route interurbaine	Pleines	≤90	5	Mixte	3	Forte	3	Faible	1	Faible	1	45	M3-C3	1,00	1,50	1,10	15	20	16
	Creuses	≤90	5	Mixte	3	Moy	2	Faible	1	Faible	1	30	M4-C4	0,75	1,00	0,87	10	15	12,5
Voie principale (ville)	Pleines	≤50	3	Mixte	3	Forte	3	Forte	1,25	Forte	1,25	42	M2-C2	1,50	2,00	1,65	20	30	22
	Creuses	≤50	3	Mixte	3	Moy	2	Forte	1,25	Forte	1,25	28	M3-C3	1,00	1,50	1,30	15	20	18
Voie principale (village)	Pleines	≤50	3	Mixte	3	Forte	3	Forte	1,25	Faible	1	34	M3-C3	1,00	1,50	1,17	15	20	16,5
	Creuses	≤50	3	Mixte	3	Moy	2	Forte	1,25	Faible	1	22	M4-C4	0,75	1,00	0,94	10	15	13,5
Voie transversale	Pleines	≤50	3	Mixte	3	Moy	2	Forte	1,25	Faible	1	22	M4-C4	0,75	1,00	0,94	10	15	13,5
	Creuses	≤50	3	Mixte	3	Faible	1	Faible	1	Faible	1	9	M5-C5	0,50	0,75	0,55	7,5	10	8
Voie résidentielle	Pleines	≤30	1	Maj non motorisés	4	Moy	2	Faible	1	Faible	1	8	M5-C5	0,50	0,75	0,53	7,5	10	7,5
	Creuses	≤30	1		4	Faible	1	Faible	1	Faible	1	4	M5-C5	0,50	0,75	0,46	7,5	10	7

A partir de ce tableau, les voies référentes décrites précédemment et présentes sur la commune peuvent se voir attribuer des objectifs photométriques déduits de la norme NF EN 13-201/2.

Cette classification intègre le fonctionnement global du réseau de voirie de la commune, la cohérence des installations d'éclairage devant être évaluées en regard des exigences photométriques fixées sur ces voies.

Ces exigences sont définies par référence à la norme NF EN 13 201/2 et sont citées dans le tableau suivant :

Type de voie	Régime	Classe d'éclairage (norme NF EN 13 201/2)	Luminance moyenne minimale à maintenir	Eclairement moyen minimal à maintenir
Routes interurbaines	Heures pleines	M3-C3	1,00 cd/m2	15 lux
	Heures creuses	M4-C4	0,75 cd/m2	10 lux
Voies principales (ville)	Heures pleines	M2-C2	1,50 cd/m2	20 lux
	Heures creuses	M3-C3	1,00 cd/m2	15 lux
Voies principales (village)	Heures pleines	M3-C3	1,00 cd/m2	15 lux
	Heures creuses	M4-C4	0,75 cd/m2	10 lux
Voies secondaires - transversales	Heures pleines	M4-C4	0,75 cd/m2	10 lux
	Heures creuses	M5-C5	0,50 cd/m2	7,5 lux
Voies résidentielles - Lotissement	Heures pleines	M5-C5	0,50 cd/m2	7,5 lux
	Heures creuses	M5-C5	0,50 cd/m2	7,5 lux

Tout au long de la durée de vie des installations, selon la norme NF EN 13 201, les niveaux de luminance et d'éclairement mini à maintenir devront être assurés. Pour anticiper le vieillissement des équipements (luminaires, sources, appareillages...), la valeur à la mise en service est réévaluée d'un coefficient compensateur de dépréciation fixé à 1.25.

ANNEXE 2 : Liste des cartographies jointes

- Répartition des foyers par nuisance lumineuse
- Répartition des foyers par nuisance lumineuse (centre-ville)
- Schéma Directeur des Éclairements en lux – heures pleines
- Schéma Directeur des Éclairements en lux – heures pleines (centre-ville)
- Répartition des foyers par niveaux de service
- Répartition des foyers par niveaux de service (centre-ville)
- Schéma Directeur du mobilier d'éclairage
- Schéma Directeur du mobilier d'éclairage (centre-ville)
- Hiérarchisation du schéma directeur de rénovation
- Hiérarchisation du schéma directeur de rénovation (centre-ville)