

Commune d'Aigle



Plan directeur éclairage public

Auteurs :

Thol Concept
Thomas Blum / Olivier Monnet
Chemin du Pra 3
1695 Villarsel-le-Gibloux

Client :

Commune d'Aigle
Damien Hediger, Chef du service technique
Stéphane Montangero, Municipal
Place du Marché 1
1860 Aigle

Contenu :

Introduction	4
1^{ère} Partie : Notions génériques - Plan Directeur éclairage public	5
1 Objectifs	5
1.1 Objectifs de l'éclairage public	5
1.2 Objectifs du plan directeur	6
2 Notions de base de l'éclairage (public)	7
2.1 Principes d'éclairage d'une route	11
2.2 Normes – Directives	11
2.3 Matériel d'éclairage public	12
2.4 Évolutions - Standardisations	12
2.5 Classification des routes SN64040... / SNR13201-1	13
2.6 Passages piétons	14
2.7 Pollution lumineuse	16
2.8 Gestion de l'éclairage	19
2.9 Smart City et éclairage public	25
3 Responsabilités de la commune	26
3.1 Limites de propriétés éclairage public	26
3.2 LOI sur les routes (LRou-725.01) Canton de Vaud	27
3.3 Base légale (sécurité d'ouvrages)	27
3.4 Inspection fédérale des installations à courant fort (ESTI)	27
3.5 Entretien	28
4 Finances	29
4.1 Valeur du parc	29
4.2 Investissement	29
4.3 Entretien	29
4.4 Consommation	29
5 Méthode pour la définition de l'éclairage public	30
2^{ème} Partie :	31
Plan directeur éclairage public	31
6 Appréciation de l'éclairage actuel	32
7 Nécessité d'éclairer	36
8 Classification des routes (VSS 40040 / SN 13201-1)	42
8.1 Visualisation de la classification	44
9 Choix de la couleur de la lumière	46
10 Passages piétons	46
11 Réflexions sur les possibilités de gestion / d'abaissement / d'extinction	47
11.1 Scénario 1 : Abaissement nocturne avec profil existant ou générique	48
11.2 Scénario 2 : Télégestion avec détection et extinction des zones résidentielles	49
11.3 Visualisation des zones de gestion de l'éclairage	57

11.4	Protection de la nature	60
12	Analyse du matériel d'éclairage public	61
12.1	Inventaire du matériel d'éclairage public	61
12.2	Analyse de l'âge et état général	64
12.3	Défauts.....	65
12.4	Recommandations pour le renouvellement de l'éclairage public.....	66
12.5	Définition des produits	68
13	Analyse financière	69
13.1	Valeur du parc d'éclairage public – uniquement partie hors terre (HT)	69
13.2	Évolution de la consommation d'énergie de l'éclairage public	70
13.3	Retour sur investissement (ROI).....	71
13.4	Planification financière sur 3 ans.....	72
13.5	Résumé coûts annuels (HT)	73
13.6	Coûts annuels budgétaires (HT)	73
13.7	Solutions de financement.....	74
14	Conclusions	76
	Annexes :	77
A	Annexe A : Classification des routes selon SNR13201-1 – détails.....	78
A.1	Routes de liaison régionale (80kmh) avec zones de conflit, gros volume de trafic => Route 11, Route de Transit.....	78
A.2	Routes de liaison régionale (50 - 70kmh) avec zones de conflit, gros volume de trafic, luminosité modérée.....	79
A.3	Routes de liaison régionale (50 - 70kmh) avec zones de conflit, gros volume de trafic, luminosité faible	79
A.4	Routes de liaison régionale (50 - 70kmh) avec zones de conflit, luminosité faible	80
A.5	Routes de liaison interlocalité (50kmh) avec zones de conflit => Routes principales ; Routes collectrices (50kmh) => Routes secondaires.....	80
A.6	Routes de desserte (<50kmh) => Routes de quartier	81
A.7	Places et chemins piéton.....	81
A.8	Parking (Prk).....	81

Introduction

Ces dernières années, l'efficacité des sources d'éclairage public a connu un développement très rapide. En 2010, les lampes à vapeur de sodium haute pression, dotées de bons réflecteurs et de ballasts électroniques, représentaient encore l'éclairage public le plus efficient. Grâce à leur réduction nocturne, leur intensité lumineuse a été réduite de moitié. La législation se limitait à ces critères : des efficacités lumineuses minimales étaient définies pour les lampes à décharge, les lampes à vapeur de mercure étaient interdites et les luminaires devaient être conçus de façon à pouvoir accueillir des ballasts électroniques.

Depuis, la technologie des LED s'est développée rapidement et a dorénavant remplacé les lampes à décharge dans toutes les nouvelles installations d'éclairage extérieur. La technologie LED présente aujourd'hui la meilleure efficacité lumineuse de toutes les sources disponibles sur le marché et permet également une régulation quasi sans limites. La technologie LED n'as pas de temps de préchauffage au démarrage et la possibilité de régulation permet une adaptation du niveau d'éclairage aux besoins des usagers tout au long de la nuit. Des paliers programmables de 5 niveaux dans 5 créneaux horaires différents durant la nuit sont devenus un standard et équipent la majorité des luminaires LED destinés à l'éclairage public. Les normes d'éclairage public ont été adaptées à ces nouvelles possibilités. L'éclairage « sur demande » est devenu réalisable et de nombreux systèmes équipés de capteurs existent sur le marché. Ceux-ci permettent l'adaptation de l'éclairage selon les besoins des usagers, soit en fonction du volume de trafic sur les routes à forte circulation, soit en fonction de la présence sur des routes et des chemins à faible volume d'usagers.

La problématique des émissions lumineuses et leurs effets sur l'être humain, sur la faune, la flore et sur le ciel nocturne ont été analysés d'avantage et ont été intégrés ou renforcés dans les normes, directives et recommandations des organismes de normalisation et des autorités suisses.

Cette évolution amplifie la nécessité de revoir l'éclairage public d'une commune en procédant à une analyse et à une planification qui traite de l'éclairage public dans son ensemble. Cette démarche permettra d'obtenir une vision ainsi qu'une planification cohérente pour les prochaines années, respectueuse de l'environnement, et adaptée aux besoins ainsi qu'aux capacités technologiques.

Le contenu de ce document est confidentiel et ne peut être partagé en dehors des autorités communales de la commune d'Aigle qu'avec autorisation écrite de la société Thol Concept Sàrl.

1^{ère} Partie : Notions génériques - Plan Directeur éclairage public

1 Objectifs

1.1 Objectifs de l'éclairage public

L'éclairage public améliore la qualité de vie et la sécurité des usagers des routes, des chemins et des places pendant la nuit. On peut regrouper ses objectifs dans les différentes catégories suivantes :

- **Sécurité**

- Les usagers motorisés doivent discerner le tracé de la route, les autres usagers et d'éventuels objets sur la chaussée et aux abords de celle-ci.
- Les usagers de la route les plus vulnérables, les piétons et les cyclistes en particulier, doivent être vus par les usagers motorisés ; ils doivent pouvoir repérer les dangers et se sentir en sécurité. Les enfants font partie de ces usagers vulnérables, ils empruntent les trottoirs et les routes les menant jusqu'à l'école et sur le lieu de leurs activités extra-scolaires. Il est donc primordial que l'éclairage public soit au maximum de sa puissance durant les heures où ils se déplacent.

- **Confort**

- Le confort visuel des différents usagers est amélioré par un éclairage adapté et uniforme.
- Les nuisances sur les bâtiments et les parcelles des riverains est réduit au maximum.

- **Urbanisme**

- L'éclairage public caractérise les lieux et leur confère une identité même durant la nuit.
- Le mobilier de l'éclairage public s'intègre dans l'esthétique des rues de la ville / du village.
- Le matériel et l'effet de l'éclairage est en adéquation avec l'affectation de chaque zone (axes routiers, centres urbains, parc et promenades, zones d'habitations, zones industrielles, etc.).

- **Développement économique**

- Augmentation de la fluidité du trafic.
- Favorisation et guidage vers les zones commerciales.

- **Agrément**

- Amélioration de l'ambiance nocturne.
- Guidage de l'animation nocturne dans les zones et aux heures souhaitées.

- **Économie et écologie**

- L'éclairage public doit remplir des critères d'efficacité énergétique et écologique.
- Les effets négatifs sur la santé de l'humain et sur la nature sont à réduire au maximum par :
 - Une analyse de la nécessité de l'éclairage
 - Des niveaux d'éclairage adaptés aux besoins et aux normes en vigueur, la quantité de lumière nécessaire, mais également la plus basse possible
 - Le choix de la couleur de la lumière adaptée à l'environnement
 - Le choix des types de luminaires et leurs emplacements adaptés
 - L'orientation de l'éclairage précis et optimale
 - La gestion de l'intensité de la lumière adaptée aux besoins et aux circonstances
 - L'usage d'écrans protecteurs additionnels dans les cas d'immissions lumineuses problématiques

1.2 Objectifs du plan directeur

Un plan directeur permet de suivre une ligne directrice cohérente de l'éclairage public au fil des années. Il ne doit pas être trop restrictif afin de pouvoir s'adapter aux évolutions technologiques ainsi qu'aux éventuels changements d'affectation de certaines zones de la commune. L'état des lieux ainsi que la classification des routes permettront d'établir des priorités. Celles-ci seront mises en place afin d'échelonner judicieusement le remplacement des points lumineux, tout en respectant les budgets annuels y relatifs. Il sera également traité de la réduction de la consommation énergétique et de la pollution lumineuse, tout en respectant au maximum les recommandations et les normes en vigueur. L'aspect sécuritaire des usagers, plus particulièrement des enfants sur le chemin de l'école, fait partie des points forts de ce plan directeur.

2 Notions de base de l'éclairage (public)

• Couleur de la lumière

Le spectre de la lumière est composé d'une multitude de couleurs qui sont perçues par l'œil humain avec des sensibilités différentes en fonction de la couleur :

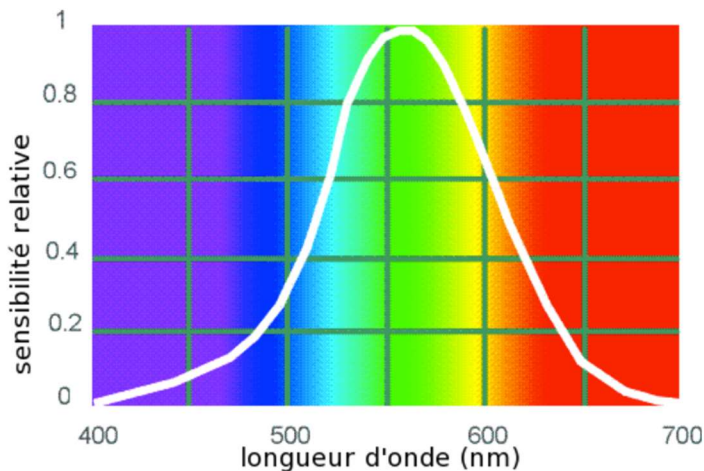
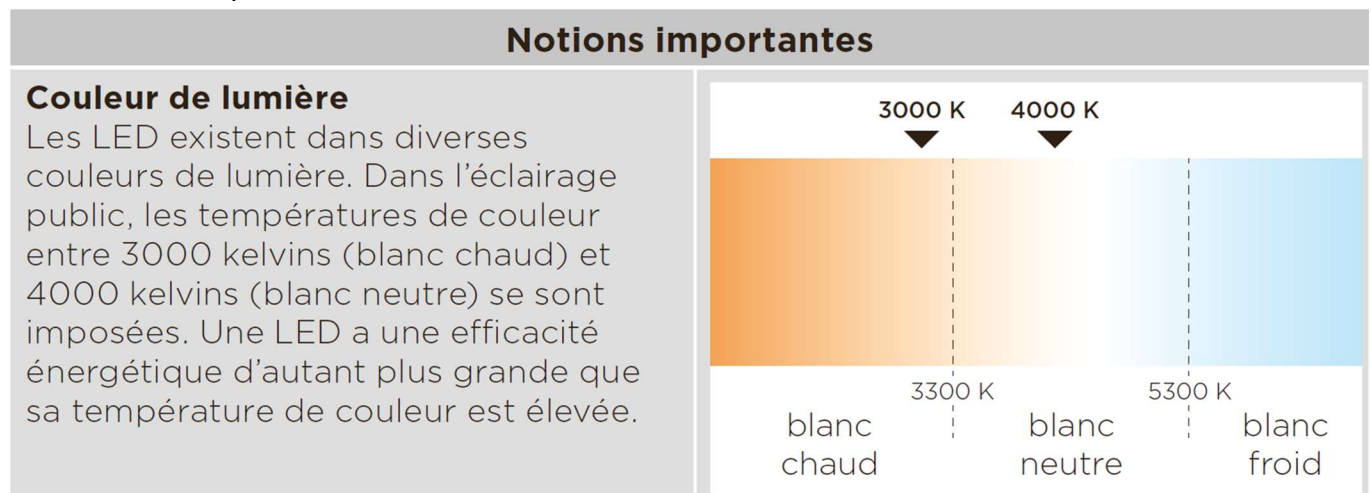


FIG. 1.1: sensibilité relative de l'œil humain en fonction de la fréquence en vision photonique (courbe standard). Cette courbe correspond à la sensibilité des cônes, seules cellules rétinienne permettant la sensation des couleurs. La sensibilité est maximale pour $\lambda = 555$ nm, couleur jaune-vert.

Source: EPFL - Travaux pratiques de physique ASs

Comme on peut le constater, l'œil humain est moins sensible à la couleur jaune-orange. C'est pour cette raison que, lors d'un changement de l'éclairage public du sodium (jaune-orange) vers la LED (blanc), les usagers ont souvent l'impression que le nouvel éclairage est plus fort que l'ancien. Pourtant, lorsque l'on effectue des mesures avec un appareil calibré, on se rend compte que le résultat en luminance et en éclairement est souvent identique, voire plus bas.

Les LED sont disponibles en différentes tonalités de blanc :



Source: topstreetlight.ch: Guide Éclairage public efficient, 2020

La couleur de la lumière est définie avec l'unité « degré Kelvin » – abrégée **K**

Plus la couleur est froide, plus l'efficacité de la LED est grande. Néanmoins, le blanc froid est perçu dans nos régions comme désagréable et le fort pourcentage de lumière bleue est réputé pour exercer une mauvaise influence sur la nature, spécifiquement sur les insectes nocturnes. C'est pour cette raison que le blanc chaud est désormais la couleur la plus utilisée dans l'éclairage public. On trouve également du blanc neutre, qui lui est plutôt utilisé sur les axes principaux des grands centres urbains.

• Rendu des couleurs

Toutes les sources de lumière artificielle présentent plusieurs caractéristiques, l'une d'entre elle est le rendu des couleurs (IRC/RA). Plus le spectre des couleurs sera complet, mieux sera le rendu des couleurs. La lumière du soleil en est la référence avec un rendu des couleurs à 100.

Les lampes traditionnelles d'éclairage public au sodium (lumière jaune-orange) ont un IRC d'environ 25, c'est pour cette raison que les couleurs sont plus difficilement discernables sous cet éclairage.

Les LED existent avec plusieurs IRC, les 90 et plus grands, sont utilisés pour l'éclairage intérieur des musées ou des places de travail artistique. Dans l'éclairage public, c'est un IRC de 70 qui s'est établi pour les routes et les chemins. On pourra choisir un IRC de 80 pour les zones piétonnes à grande affluence.



• Identification

Les sources LED sont souvent identifiées avec un code à 3 chiffres qui rassemble l'indice de rendu des couleurs et la température de la lumière, par exemple 730 :

Le premier chiffre indique le rendu des couleurs : 7 => IRC 70

Les deux chiffres suivants indiquent la couleur : 30 => 3000K

• Flux lumineux

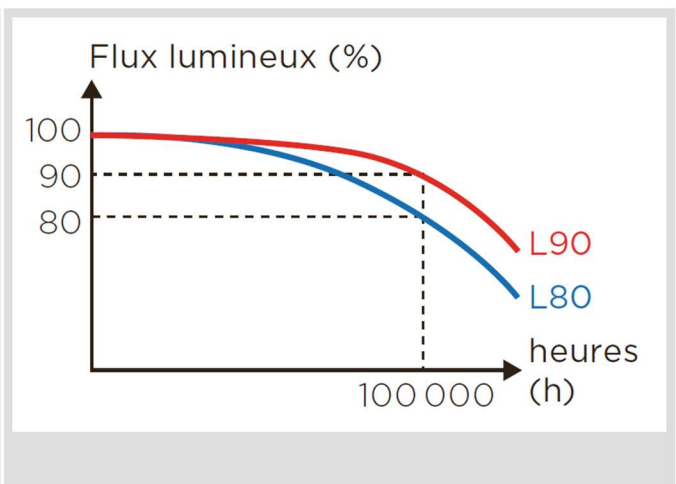
Le flux lumineux indique la quantité de lumière qui est émise par la source lumineuse, celui-ci est défini avec l'unité Lumen (lm).

• Durée de vie et perte de flux lumineux

Chaque source lumineuse artificielle a une durée de vie qui est basée sur la technologie et la qualité des matériaux utilisés. Pour la LED la durée de vie est exprimée ainsi : L90B10/100'00h

Durée de vie et perte de flux lumineux

100 000 heures désignent, par exemple, la durée de vie. Cela ne signifie pas que la LED ne fonctionnera plus au bout de 100 000 heures. Cependant, son flux lumineux diminue au fil du temps et elle éclaire moins bien. Cette perte de flux lumineux est décrite par l'indice L. Ainsi, L80 100 000 h signifie que le module LED n'émet plus que 80 % du flux lumineux initial au bout de 100 000 heures.



Source: topstreetlight.ch: Guide Éclairage public efficient, 2020

Le B10 définit que maximum 10% des luminaires n'atteindront pas la limite de 90% du flux après 100'000 heures de fonctionnement. Ces chiffres sont basés sur des méthodes d'évaluation standardisées.

• Luminance et éclairage

Les effets de l'éclairage peuvent être observés et mesurés de différentes façons ; les deux plus importantes sont l'éclairage et la luminance ; leur uniformité respective est également prise en compte.

L'éclairage représente la quantité de lumière qui est présente sur une surface, il est exprimé et mesuré en Lux (lx).

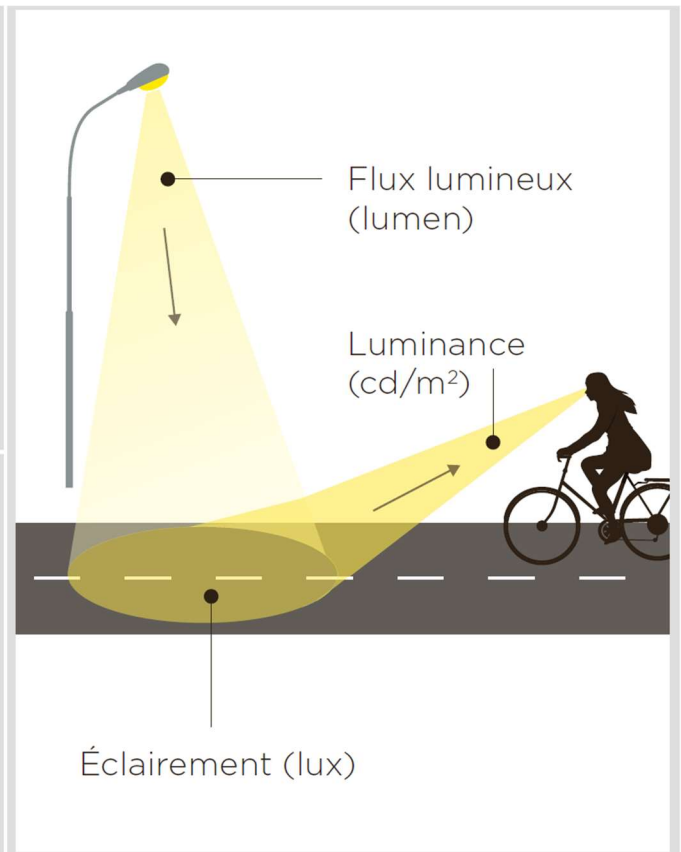
La luminance définit la partie de cette lumière qui est reflétée par la surface éclairée dans la direction de l'observateur, elle est exprimée et mesurée en Candela par mètre carré (cd/m^2). C'est de cette façon que nous observons la lumière. Ce reflet est grandement influencé par les caractéristiques de la surface éclairée et de la position de l'observateur ; ce qui rend la prévision et la mesure de la luminance complexes et laborieuses.

Luminance

La luminance est une grandeur importante pour la performance visuelle et l'impression de luminosité. Elle est exprimée en candela par mètre carré (cd/m^2). Une luminance homogène aide à percevoir les véhicules, les personnes et les objets sur la chaussée. Une luminance irrégulière peut, en revanche, être dangereuse, car l'œil ne s'adapte pas assez rapidement.

Éclairage

L'éclairage désigne la quantité de flux lumineux (lumen) tombant sur une surface déterminée et est exprimé en lux. L'éclairage ne traduit pas l'impression de luminosité, car celle-ci dépend des propriétés de l'objet éclairé. À éclairage identique, des rues sombres paraissent moins éclairées que des rues claires.



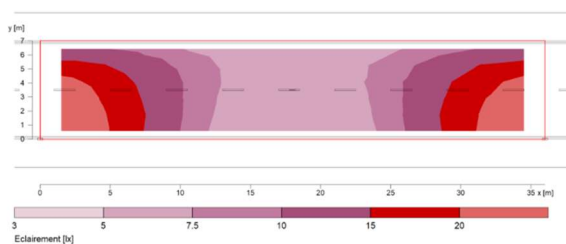
Source: topstreetlight.ch: Guide Éclairage public efficient, 2020

• Uniformité

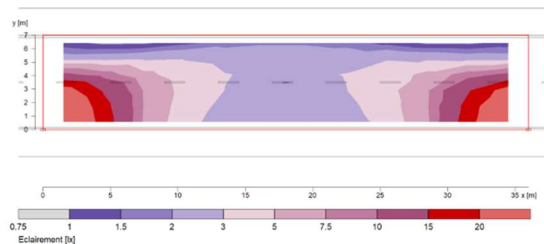
L'uniformité représente l'effet de la lumière que nous observons sur une longue surface (route), tant de façon statique (à l'arrêt) que dynamique, lorsque nous nous déplaçons. Nos yeux, équipés de fabuleux mécanismes, peuvent adapter leur sensibilité à l'environnement mais le changement de cette sensibilité concerne tout le champ de vision et l'œil a besoin d'un certain temps pour s'adapter.

Quand nous nous déplaçons dans une zone éclairée, nos yeux se sont adaptés à la quantité de lumière présente. Lorsque nous quittons cet endroit pour un espace moins éclairé, nos yeux ont besoin d'un certain temps pour adapter leur sensibilité à ce nouveau niveau d'éclairage. Nous aurons l'impression d'être dans le noir, jusqu'à ce que nos yeux se soient adaptés et nous commencerons alors à repérer des nuances de gris. Inversement, lorsque que nous quittons une zone sombre pour un espace bien éclairé, un sentiment d'éblouissement sera ressenti, jusqu'à nos yeux aient adapté leur sensibilité.

Afin de permettre aux usagers de la route de pouvoir repérer les dangers, il est important que les niveaux d'éclairage ne changent pas trop et trop souvent. L'uniformité de l'éclairage d'une route est un paramètre important pour assurer la sécurité, elle est ainsi incluse dans la planification et les mesures d'éclairage.



Simulation d'une bonne uniformité (U_0 : 0.42)



Simulation d'une mauvaise uniformité (U_0 : 0.14)



Situation avec une bonne uniformité
(Source : Trilux GmbH)



Situation avec une mauvaise uniformité

Cet exemple démontre la problématique d'une mauvaise uniformité. Dans la situation de droite, on ne distingue pas la personne poussant son vélo sur le trottoir. Cela confirme également que l'extinction d'un luminaire sur deux n'est pas une solution à adopter.

2.1 Principes d'éclairage d'une route

- Le besoin et le devoir d'éclairer ou non une route sont régis par les lois cantonales et les règlements communaux.
- Les niveaux et l'uniformité de l'éclairage public sont régis par les normes et directives en vigueur.
- Les emplacements des points lumineux peuvent varier en fonction des caractéristiques de la route à éclairer et des aspects esthétiques définis par l'urbanisme et l'architecture des lieux.

Les dispositions des points lumineux les plus courantes sont :

- Implantation unilatérale	
- Implantation bilatérale en quinconce	
- Implantation bilatérale en vis-à-vis	
- Implantation axiale (caténaire)	
- Implantation axiale (sur bande centrale)	

Source: Handbuch für Beleuchtung, SLG

Des exigences d'éclairage sont spécifiées pour la chaussée et ses limites, les trottoirs ainsi que les abords de la chaussée (l'éclairage d'une bande adjacente à la chaussée d'une route).

2.2 Normes – Directives

L'éclairage public fait objet de **normes officielles suisses** :

- SNR 13201-1 Éclairage public - Partie 1 : Fil conducteur pour la sélection des classes d'éclairage
- SN EN 13201-2 Éclairage public - Partie 2 : Exigences de performance
- SN EN 13201-3 Éclairage public - Partie 3 : Calcul des performances
- SN EN 13201-4 Éclairage public - Partie 4 : Méthodes de mesure des performances photométriques
- SN EN 13201-5 Éclairage public - Partie 5 : Indicateurs de performance énergétique

Ces normes sont complémentées par la directive de l'**association Suisse pour l'Éclairage** :

- SLG 202 Éclairage public – Compléments à SNR 13201-1 et SN EN 13201-2 à -5
La directive SLG 202 inclut des exigences, un guide à l'exécution de l'éclairage des passages piétons, un chapitre dédié aux limites de puissance et d'énergie de l'éclairage publique et un chapitre concernant les émissions lumineuses.

L'**Office fédéral de l'environnement (OFEV)** a publié en octobre 2021 un nouveau guide : « Recommandations pour la prévention des émissions lumineuses ».

2.3 Matériel d'éclairage public

L'installation d'éclairage public englobe le matériel suivant :

<u>Matériel</u>	<u>Propriétaire</u>
Armoires (distribution, fusibles, éléments de commande)	Distributeur d'énergie (rarement la commune)
Réseaux souterrains – câbles	Distributeur d'énergie (rarement la commune)
Socles pour les mâts	Commune (rarement le distributeur d'énergie)
Mâts et consoles	Commune (rarement le distributeur d'énergie)
Coupe-circuits (Bornes et fusibles dans le mât)	Commune (rarement le distributeur d'énergie)
Luminaires – sources	Commune (rarement le distributeur d'énergie)
Optionnel : Composants de pilotage	Commune (rarement le distributeur d'énergie)

2.4 Évolutions - Standardisations

A l'époque des luminaires avec lampe à décharge, les culots des lampes étaient standardisés et il existait de nombreux fournisseurs, tant pour les luminaires que pour les lampes. Les services qui s'occupaient de l'installation et de la maintenance pouvaient se procurer des lampes compatibles chez différents fabricants. Avec l'arrivée de la LED, ces standards de compatibilités ont disparu et chaque fabricant a développé ses propres produits et sources. Un échange de matériel, lors de la maintenance, est devenu ainsi dépendant de chaque fabricant.

L'introduction sur le marché de systèmes de pilotage en fonction des besoins et du pilotage à distance, a permis le développement de standards au niveau des interfaces, entre les luminaires et les composants de contrôle (ZD4i), ainsi qu'au niveau du langage et des interfaces informatiques pour les systèmes de pilotage (TALQ, uCIFY). Il est ainsi possible aujourd'hui de choisir des luminaires avec des interfaces standardisées, permettant une future mise en place de systèmes de pilotage provenant d'un autre fabricant.

2.5 Classification des routes SN64040... / SNR13201-1

Une étape très importante dans l'éclairage public est la classification des routes selon la norme SN64040b, elle permet de définir l'affectation des différents types de route, et la SNR13201-1 sert à définir les exigences de l'éclairage.

Cette classification permet la définition des niveaux d'éclairement et l'uniformité nécessaire afin que l'éclairage soit conforme aux normes et directives en vigueur. Plusieurs paramètres sont importants : la vitesse de circulation autorisée ou possible, le volume de trafic ainsi que plusieurs autres paramètres :

Tableau 3 — Paramètres de sélection de la classe d'éclairage C

Paramètre	Options	Description	Valeur V_w
Vitesse	Très élevée	$v > 100$ km/h	a)
	Elevée	$70 < v \leq 100$ km/h	a)
	Modérée	$40 < v \leq 70$ km/h	1
	Faible	$v \leq 40$ km/h ^{b)}	0
Volume de trafic Valeur planifiée du volume de trafic journalier (TMJ)	Trafic journalier moyen dans les deux sens Véhicules par jour	$> 25'000$	1
		de 15'000 à 25'000	0.5
		de 7'000 à 15'000	0
		$< 7'000$ ^{b)}	-0.5
Volume de trafic Valeur réelle du volume de trafic maximal à l'heure	Elevé	> 45 % du volume de trafic maximal	0
	Modéré	de 15 % à 45 % du volume de trafic maximal	-1
	Faible	< 15 % du volume de trafic maximal	-2
Composition du trafic	Mixte, avec un pourcentage élevé de trafic non motorisé		2 ^{c)}
	Mixte		1 ^{c)}
	Motorisé uniquement		0
Séparation des chaussées	Non		0
	Oui		-0.5
Densité de carrefours		Carrefours routiers Nbre/km	
	Elevée	> 3	0.5
	Modérée	≤ 3 ^{d)}	0
Véhicules en stationnement	Oui		0.5
	Non		0
Luminosité ambiante	Elevée	Rues commerciales, panneaux publicitaires, stades de sport, places de gare/d'arrêt, lieux de chargement	1
	Modérée		0
	Faible		-1
Tâche de navigation	Difficile		0.5
	Normale		0

Source: SNR 13201-1

L'exécution de ce processus au niveau du réseau routier éclairé de toute la commune, permet d'avoir une cohérence sur l'ensemble des routes communales et des différentes zones de même affectation. Cette définition, élément clé du plan directeur, fournit en même temps un guide pour tous les futurs projets d'éclairage public.

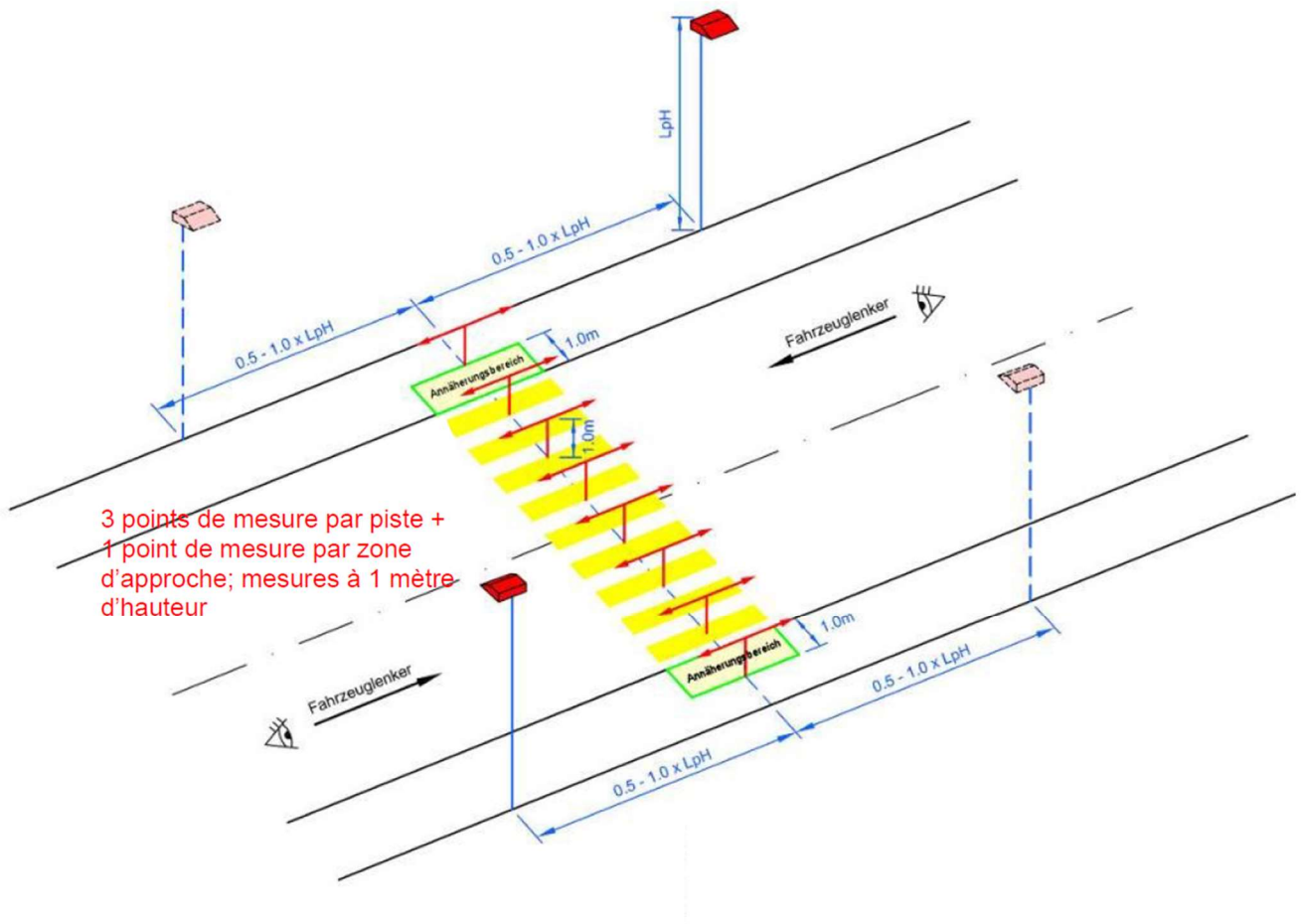
2.6 Passages piétons

Les passages piétons (marqués et non marqués) doivent, selon la directive SLG 202, chapitre 2.3.3, table 2-1, être éclairés avec 5lx verticaux pour les routes concernées :

Classe d'éclairage du tronçon de route à évaluer avec passage piétons			Classe E_v correspondante nécessaire	Performance: E_v min (valeur de maintenance minimale en lx)
Classe M	Classe C	Classe P	Classe E_v	
M3	C3	P1	EV5	5
M4	C4	P2	EV5	5
M5	C5	P3	EV5	5

Table 2-1

Les valeurs des 5 Lux verticaux sont à atteindre dans les deux directions sur toute la largeur du passage piétons ainsi que dans la zone d'attente, 1 mètre à l'arrière du bord de la route selon le dessin ci-dessous.



Source: SLG 202

L'importance de l'éclairage adéquat dans la zone d'approche est évidente sur cette photo :

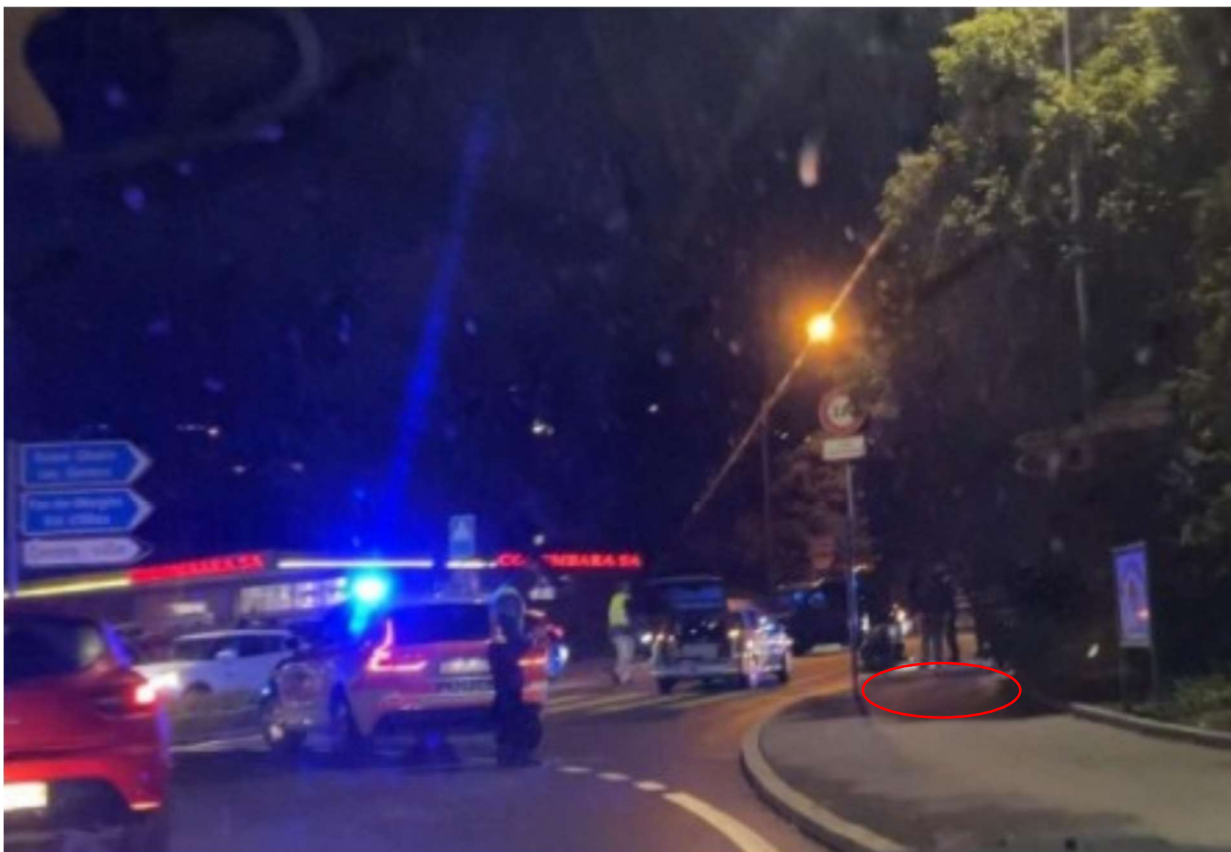


Source: SI Lausanne, Formation SLG Planificateur éclairagiste, extérieure niveau 2

Y'a-t-il un piéton ici ? Oui, mais le mauvais éclairage de la zone d'approche ne permet pas à l'utilisateur motorisé de le distinguer.

Autre exemple :

Accident 12.10.2020 : voiture – piétons sur passage piétons, zone d'approche au niveau du trottoir dans l'ombre, causée par la végétation obstruant le luminaire.



Source: 20Minutes 13.10.2020

2.7 Pollution lumineuse

Avec la croissance de la population et l'urbanisation, la pollution lumineuse est devenue de plus en plus importante. La photo suivante révèle l'Europe de nuit, vue depuis l'espace.



Source: [Pollution Lumineuse - Site de vannesastronomie ! \(jimdofree.com\)](http://jimdofree.com)

La pollution lumineuse a plusieurs formes :

- Halo lumineux
 - 60% des personnes vivant en Europe n'ont jamais vu la voie lactée.
 - Selon la pollution lumineuse, seules quelques étoiles sur des milliers, seront visibles.
- Lumière éblouissante
 - Par des publicités lumineuses trop fortes.
 - Par des projecteurs sportifs ou d'éclairage architectural.
- Lumière envahissante
 - La lumière entre dans l'habitation par les fenêtres et perturbe le résident, dans son logement, dans sa chambre à coucher, etc.

La pollution lumineuse produit des effets négatifs sur :

- L'être humain, son rythme biologique et peut engendrer des troubles du sommeil etc.
- Les insectes, les oiseaux migrateurs, les animaux nocturnes et les plantes.

Il est donc essentiel que l'éclairage public soit planifié et mis en place, en se préoccupant au maximum de la réduction de la pollution lumineuse.

Cette image représente le mauvais exemple de plusieurs sources de pollution lumineuse :

Emissions inutiles



Les luminaires inclinés à verres bombés ont une diffusion plus importante

Les luminaires champignons et boules émettent sur les côtés, vers le ciel et éblouissent

Lumière indésirable dans la chambre à coucher : sommeil agité

Éclairage des bâtiments imprécis et souvent inutile

Les projecteurs de sol génèrent une lumière diffuse inutile

Les vitrines et les panneaux publicitaires lumineux gênent et éblouissent

Source: SAFE, topstreetlight.ch, Guide Éclairage public efficient, 2020

Avec l'optimisation de l'éclairage, la pollution lumineuse peut être réduite considérablement :

Rue optimisée



Équiper les luminaires de détecteurs de mouvements sur les routes à faible trafic

Installés correctement, les luminaires LED génèrent peu de lumière diffuse**

Lumière gênante dans les chambres à coucher évitée

Si l'éclairage des bâtiments est souhaité, choisir un éclairage du haut vers le bas

Réduire l'éclairage des panneaux publicitaires et des vitrines après le crépuscule*

Source: SAFE, topstreetlight.ch, Guide Éclairage public efficient, 2020

Le guide : « **Recommandations pour la prévention des émissions lumineuses** » publié par l'OFEV en Octobre 2021 fournit une approche cohérente dont les éléments principaux suivants sont importants pour l'éclairage public et sont pris en compte dans ce plan directeur :

Le plan en 7 points :

Principes de la limitation des émissions lumineuses (plan en 7 points)



[1] Nécessité

Un éclairage est-il nécessaire ?

- Éclairer uniquement ce qui doit l'être.
- Point 3.3.1



[2] Intensité / clarté

Quelle doit être l'intensité de l'éclairage ?

- Pas plus intense que nécessaire.
- Point 3.3.2



[3] Spectre lumineux / couleur de la lumière

Le spectre lumineux choisi est-il approprié ?

- Adapter le spectre lumineux au but de l'éclairage et aux alentours.
- Point 3.3.3



[4] Choix et positionnement des lampes

Le type de lampes choisi est-il adapté et leur placement est-il approprié ?

- L'éclairage doit être le plus précis possible afin d'éviter la dispersion inutile de lumière dans les alentours.
- Point 3.3.4



[5] Orientation de l'éclairage

Les lampes sont-elles orientées de manière optimale ?

- Éclairer systématiquement de haut en bas.
- Orienter les lampes avec précision lors du montage.
- Point 3.3.5



[6] Gestion dans le temps / système de commande

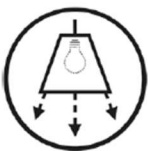
Quand a-t-on besoin de quel éclairage ?

Est-il possible d'éteindre ou de réduire l'éclairage par moments ?

- En fonction des heures du jour et de la nuit ?
- En fonction de la saison ?

Est-il possible de commander activement l'éclairage (en accord avec les besoins) ?

- Adapter l'éclairage en fonction des besoins et l'arrêter ou le réduire par moments.
- Point 3.3.6



[7] Écrans protecteurs

Faut-il prévoir des écrans protecteurs pour limiter la diffusion de la lumière ?

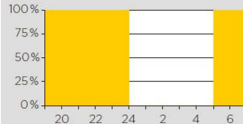
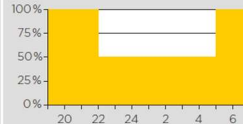
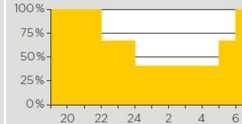
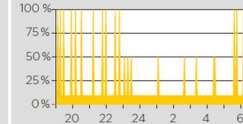
- Écrans additionnels dans certains cas problématiques spécifiques.
- Point 3.3.7

Source: OFEV : *Recommandations pour la prévention des émissions lumineuses*, 2021

Les points 1, 2, 3 et 6 sont traités et appliqués dans le plan directeur, les points 4, 5 et 7 devront être appliqués lors de la planification d'éclairage détaillée basée sur le plan directeur.

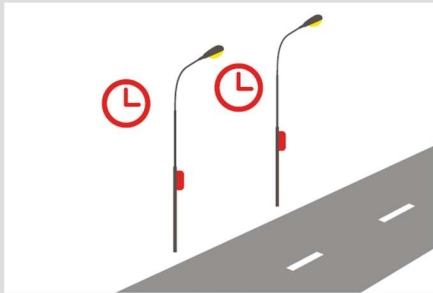
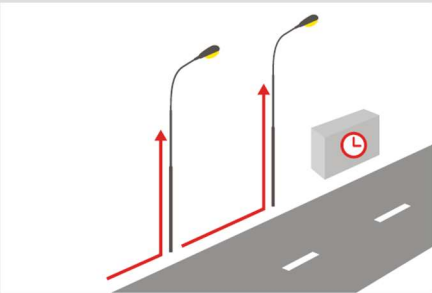
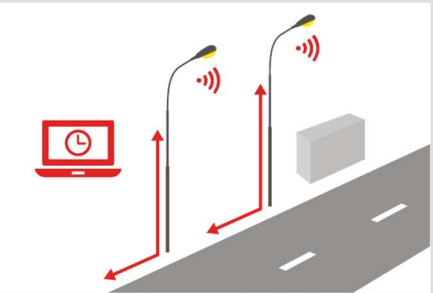
2.8 Gestion de l'éclairage

Dans un esprit d'économie d'énergie et de réduction de pollution lumineuse, et grâce à la technologie actuelle permettant de nombreux scénarios de réduction d'éclairage, il n'est plus envisageable de maintenir l'éclairage à sa pleine intensité durant toute la nuit. En effet, le volume de trafic est fortement réduit au cœur de la nuit sur la majorité des routes suisses ; il est donc tout à fait logique de réduire l'intensité de l'éclairage en conséquence. Les différentes possibilités sont illustrées dans le graphique ci-dessous et commentées dans les chapitres suivants :

Types de fonctionnement				
1. Toute la nuit	2. Moitié de la nuit	3. Toute la nuit avec réduction nocturne	4. Toute la nuit avec profil graduable	5. Dynamique
				
Economie d'énergie : 0%	Economie d'énergie : env. 45%	Economie d'énergie : jusqu'à 35%	Economie d'énergie : env. 35%	Economie d'énergie : jusqu'à 70%
L'éclairage est enclenché toute la nuit sans changement.	Déclenchement nocturne p.ex. entre 24h00 et 05h00.	L'intensité de l'éclairage est réduite la nuit.	Cette réduction se fait en fonction de la charge de trafic expectée.	Avec détecteurs de mouvement : Les heures de fonctionnement et la consommation d'énergie dépendent du trafic.

Source : SAFE, topstreetlight.ch, Guide Éclairage public efficient, 2020

Différents systèmes de commande sont disponibles et permettent l'application du fonctionnement choisi.

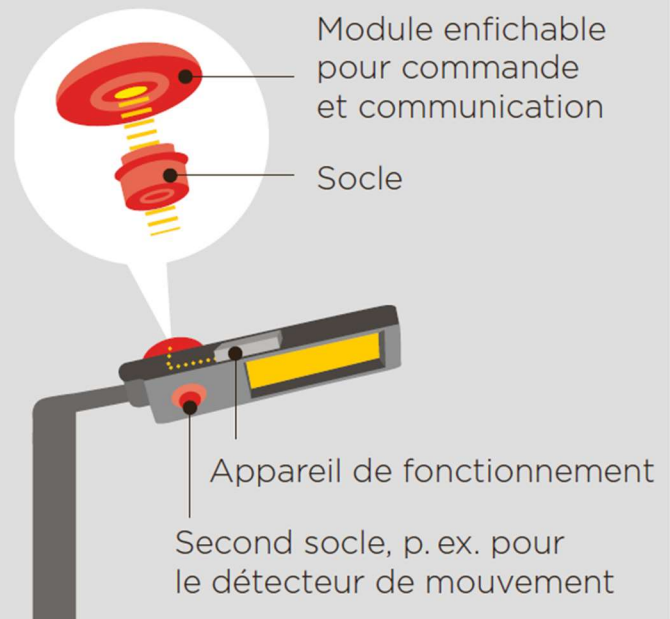
Systèmes de commande		
1. Individuel : autonome	2. Groupe : central	3. Réseau : intelligent
		
Le ballast d'allumage de chaque luminaire est préprogrammé en fonction des horaires. L'ajustement des horaires et des valeurs de consigne est effectué directement à la fabrique.	Le pilote central envoie le même signal à tout le groupe d'allumage, habituellement par l'intermédiaire d'une phase de commande. Les valeurs de consigne sont programmées dans le ballast de chaque luminaire à la fabrique.	Grâce à un système de télégestion intelligent via l'ordinateur, les luminaires peuvent être programmés et pilotés individuellement et de manière groupée. Le système renvoie des données.
Avantages ■ Solution simple et bon marché ■ Aucune phase pilote n'est nécessaire	Avantages ■ Utilisation bon marché de l'infrastructure existante ■ Les changements sont simples	Avantages ■ Flexible, chaque luminaire programmé individuellement ■ Informations supplémentaires (p.ex. lecture automatique de compteurs, facturation ou lampes défectueuses)
Désavantages ■ Les horaires programmés ne sont pas très précis (± 30 minutes) ■ Les horaires d'allumage sont identiques pendant les jours ouvrables et la fin de semaine.	Désavantages ■ Seul l'ensemble du groupe peut être piloté ■ Avec la phase pilote, seulement deux niveaux sont possibles	Désavantages ■ Coûts élevés ■ Formation requise pour les utilisateurs

Source : SAFE, topstreetlight.ch, Guide Éclairage public efficient, 2020

Durant les premières années de l'apparition des systèmes de pilotage sur le marché, chaque fournisseur avait son propre système utilisant des interfaces propriétaires. Entretemps l'industrie a développé des standards permettant l'interchangeabilité entre les différents fabricants de luminaires et de systèmes de pilotage :

Interfaces standardisées

Les alliances Zhaga et DiiA ont développé des interfaces entre le luminaire et les modules externes de communication, de commande et de détecteur au standard ZD4i. Il s'agit d'un standard public, indépendant des fabricants, qui unifie les interfaces mécaniques (Zhaga Book 18) et électroniques (DiiA : D4i). Les luminaires de différents fournisseurs sont ainsi compatibles avec les systèmes de mise en réseau courants. Il est également possible d'équiper ces luminaires de modules de communication ultérieurement et de détecteurs, si nécessaire.



Source : SAFE, topstreetlight.ch, Guide Éclairage public efficient, 2020

Les paragraphes suivants développent les différents fonctionnements des systèmes de pilotage plus en détail.

2.8.1 Extinction

L'extinction partielle de l'éclairage public dans certaines zones, comme des rues résidentielles, est un sujet d'actualité. Ce système peut s'avérer extrêmement onéreux lorsqu'il s'agit d'installations existantes plus anciennes à 2019. Dans ce cas, la coupure doit se faire par le rajout d'un système de commande centralisée ou au niveau du réseau électrique, ce qui peut représenter une modification très complexe. De plus, dans la majorité des cantons de Suisse Romande, il est obligatoire de maintenir l'éclairage des passages piétons tout au long de la nuit.

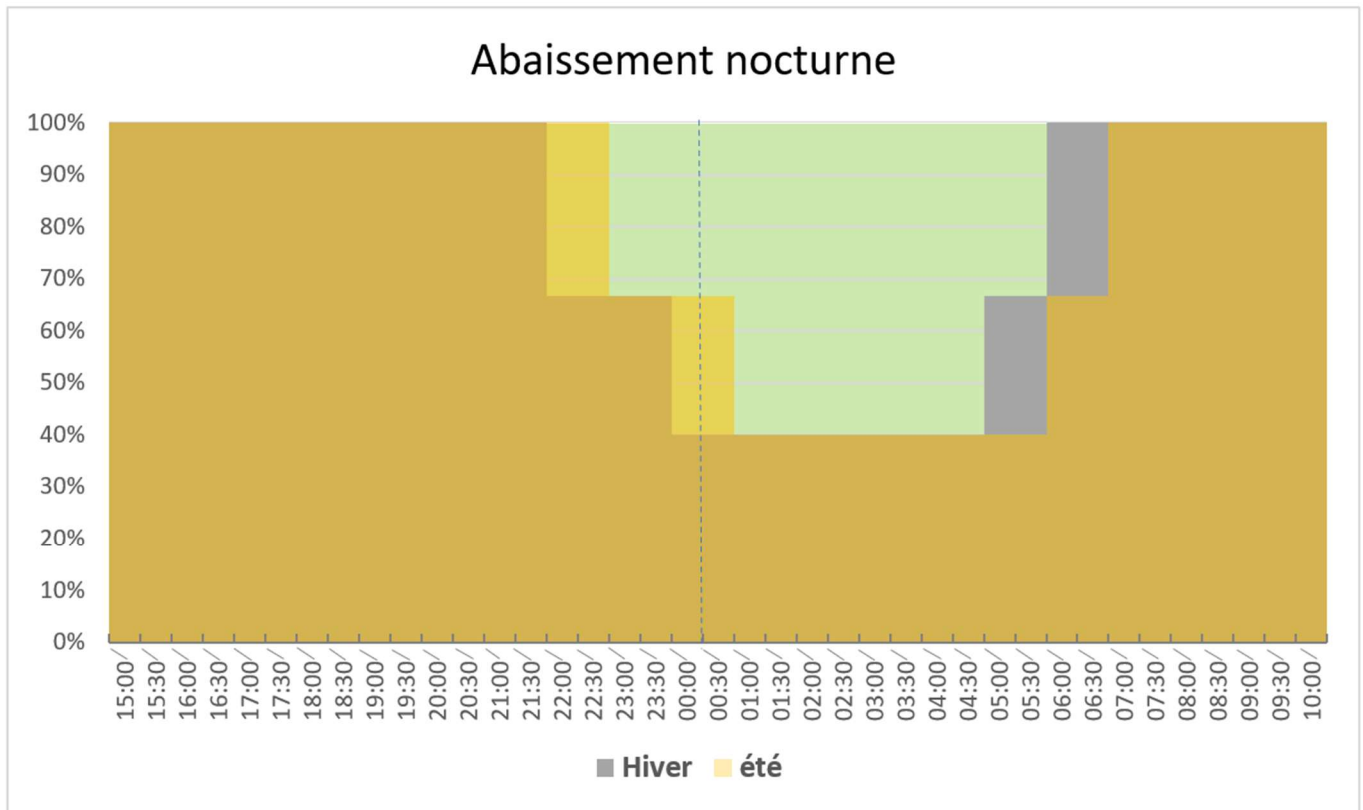


Source : www.RTS.ch/info/regions/neuchatel/10739485-l-extinction-de-l-eclairage-public-sur-les-passages-pietons-fait-debat.html

Si l'installation est neuve, l'extinction peut se faire selon le même principe que l'abaissement décrit dans le paragraphe suivant. En effet, les nouveaux drivers que l'on trouve dans la plupart des luminaires LED aujourd'hui, permettent un abaissement à 0%, ce qui ne nécessite aucune intervention sur le réseau électrique et aucun rajout supplémentaire d'élément de commande. Avec cette solution, les luminaires des passages piétons peuvent être programmés différemment afin de maintenir l'éclairage durant toutes les heures de la nuit.

2.8.2 Abaissement autonome

Les luminaires actuels sont tous équipés de drivers permettant de paramétrer jusqu'à 5 plages d'abaissement tout au long de la nuit. Il s'agit de la solution la plus simple et la moins onéreuse disponible aujourd'hui sur le marché. La programmation se fait en usine, selon le souhait du client et représente un surcoût d'environ CHF 30.00/luminaire. Ces abaissements se feront de manière automatique toutes les nuits et ne demandent aucune modification du réseau électrique. Voici profil type pour une route de quartier :



L'abaissement autonome fonctionne par rapport au milieu de la nuit naturel, utilisant la moyenne de la durée des trois dernières nuits, appliquant ainsi les changements de niveau suite à l'enclenchement, aux heures calculées. La fonctionnalité alignée à l'heure d'hiver est retardée d'une heure durant la période de l'horaire d'été.

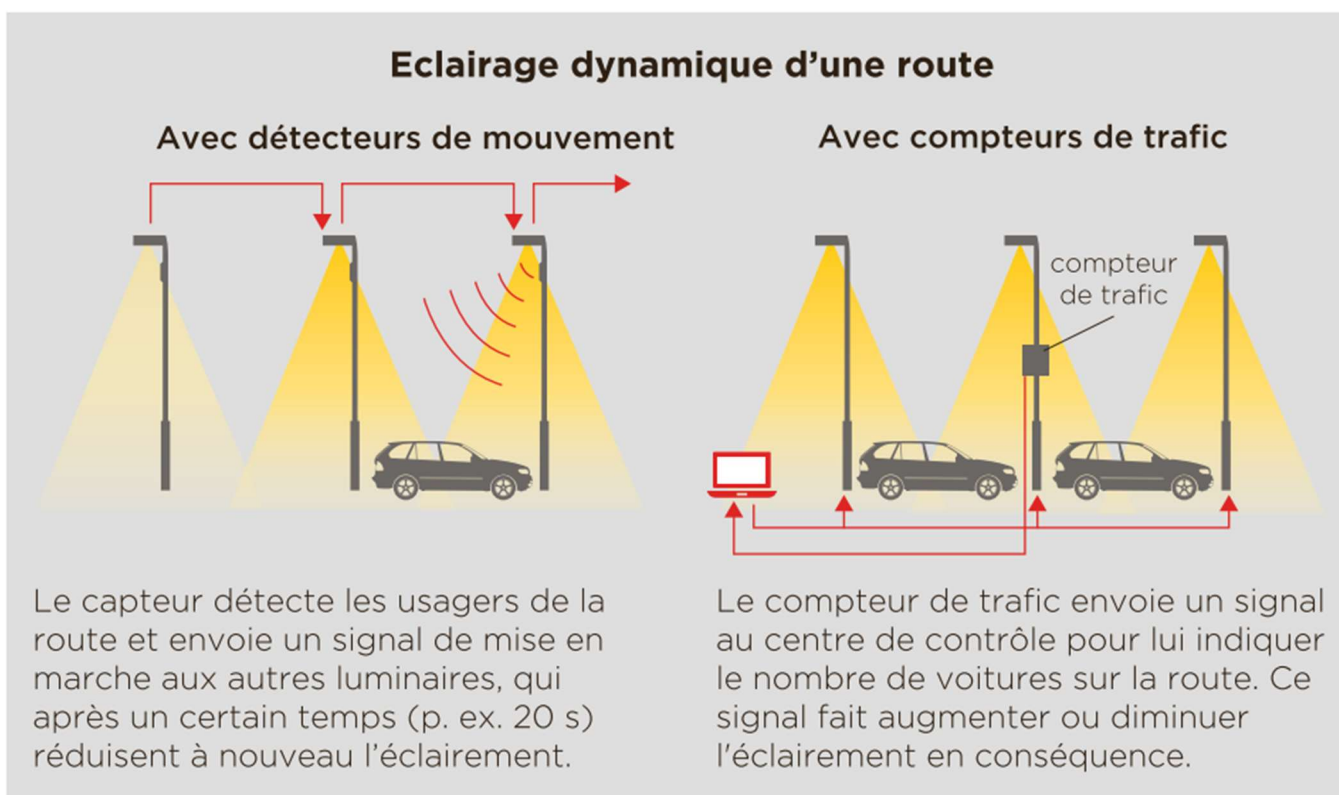
Si vous pensez devoir modifier cette programmation par la suite, deux solutions simples s'offrent à vous :

1. Depuis le luminaire, 2 fils (DALI) peuvent être amenés jusqu'au portillon du mât et ainsi la reprogrammation se fera directement au pied de chaque candélabre, sans devoir intervenir avec une nacelle.
2. Certains luminaires de dernière génération peuvent être équipés de modules Bluetooth. Pour une modification de la programmation, il sera alors possible de le faire avec une tablette ou un smartphone, simplement en se déplaçant de mât en mât, sans devoir ouvrir le portillon. La plus-value pour ce système sera plus importante que la solution des 2 fils supplémentaires mais l'intervention sur site sera plus rapide.

2.8.3 Pilotage dynamique

Depuis 2013, il existe sur le marché des systèmes de pilotage de l'éclairage dits « dynamiques ». Ces systèmes sont équipés de capteurs qui détectent la présence d'un usager de la route ou d'un chemin et augmentent l'éclairage devant et à l'endroit où se tient l'usager, créant ainsi une vague de lumière qui le précède. Sans présence sur la route, l'éclairage est abaissé à un niveau très bas (usuellement à 10%). Ce minimum d'éclairage rassure l'usager en approche et lui permet de voir le tracé de la route. Celui-ci déclenche la vague de lumière lorsqu'il pénètre sur une route ainsi équipée, en adaptant le bon niveau d'éclairage en fonction des heures de la nuit. Derrière lui, l'éclairage redescend lentement à son niveau de base.

Vu le succès des solutions d'adaptation de l'éclairage aux besoins en temps réel, une philosophie permettant son application sur des routes à haut volume de trafic a été développée et testée en 2017. Ces systèmes mesurent le volume de trafic en temps réel, le comparent au volume maximum possible de cette route et adaptent l'éclairage en fonction. De cette façon, l'éclairage est diminué aux heures de faible fréquentation et sera augmenté en cas d'accroissement du volume de trafic, par exemple après la fin d'un événement public.



Source : SAFE, topstreetlight.ch, Guide Éclairage public efficient, 2020

Ces systèmes connaissent entretemps un grand succès, surtout sur des chemins piétons, des pistes cyclables mais aussi pour les routes de quartiers d'habitation où la circulation est moindre au cœur de la nuit. De nombreux axes principaux menant aux villes sont équipés de systèmes pilotant l'éclairage en fonction du volume de trafic. La mise en place d'un éclairage dynamique nécessite qu'un spécialiste évalue la route en détail et définisse les emplacements et les types de capteurs avec soin.

Pour réaliser un éclairage dynamique, chaque point lumineux doit être équipé d'un contrôleur, interne ou externe (sur le mât), qui pilote le luminaire et communique avec les autres points lumineux, usuellement par ondes radio.

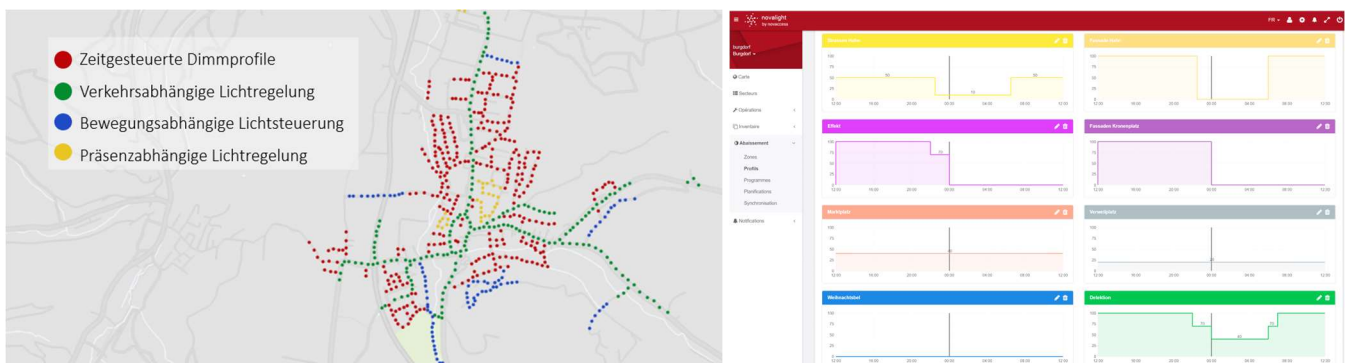
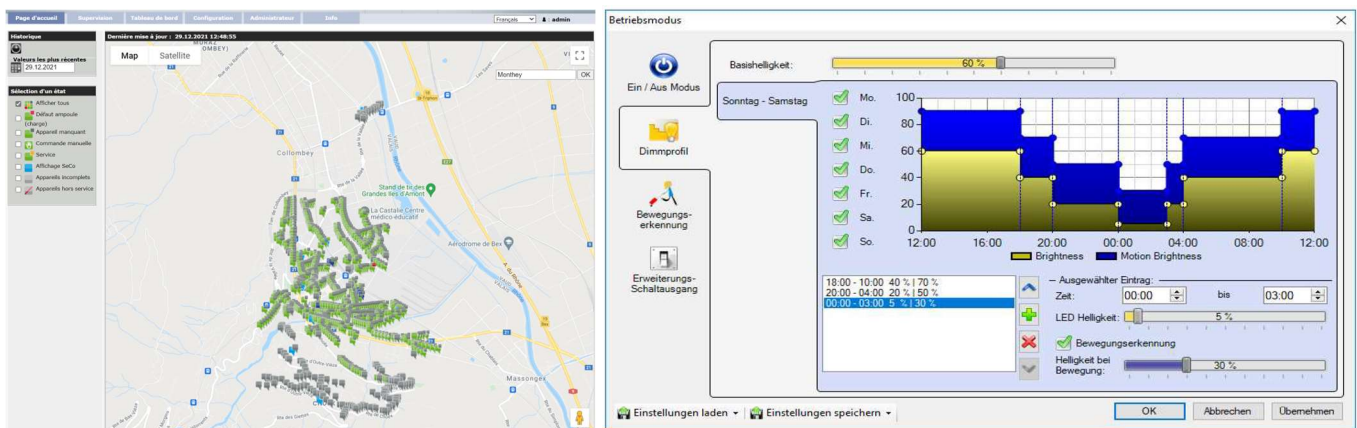
2.8.4 Pilotage centralisé à distance (télégestion)

Afin de pouvoir gérer l'éclairage d'une façon encore plus ciblée, il existe des systèmes qui permettent la gestion centralisée du parc d'éclairage à distance. Ces systèmes permettent :

- D'appliquer des profils d'abaissement aux heures précises durant toute l'année
- D'appliquer des profils d'abaissement différenciés en fonction du jour de la semaine (p.ex. heure d'abaissement plus tardive les nuits de vendredi et samedi).
- De prévoir des jours d'exception avec un profil d'éclairage dédié, par exemple pour des manifestations, des jours de fêtes ou l'extinction durant la nuit des perséides.
- D'adapter les profils d'abaissement à distance sans devoir visiter chaque point lumineux.
- De surveiller les points lumineux à distance, créant des alarmes en cas de défaillance. Cette fonctionnalité permet une réduction non négligeable des coûts d'entretien car il n'est plus nécessaire de se rendre sur site afin de contrôler périodiquement le fonctionnement de l'éclairage.
- De générer des rapports sur le fonctionnement de l'éclairage et de sa consommation.
- D'appliquer et de configurer l'éclairage dynamique par détection.
- D'appliquer, de configurer et de surveiller le pilotage dynamique de l'éclairage en fonction du volume de trafic.

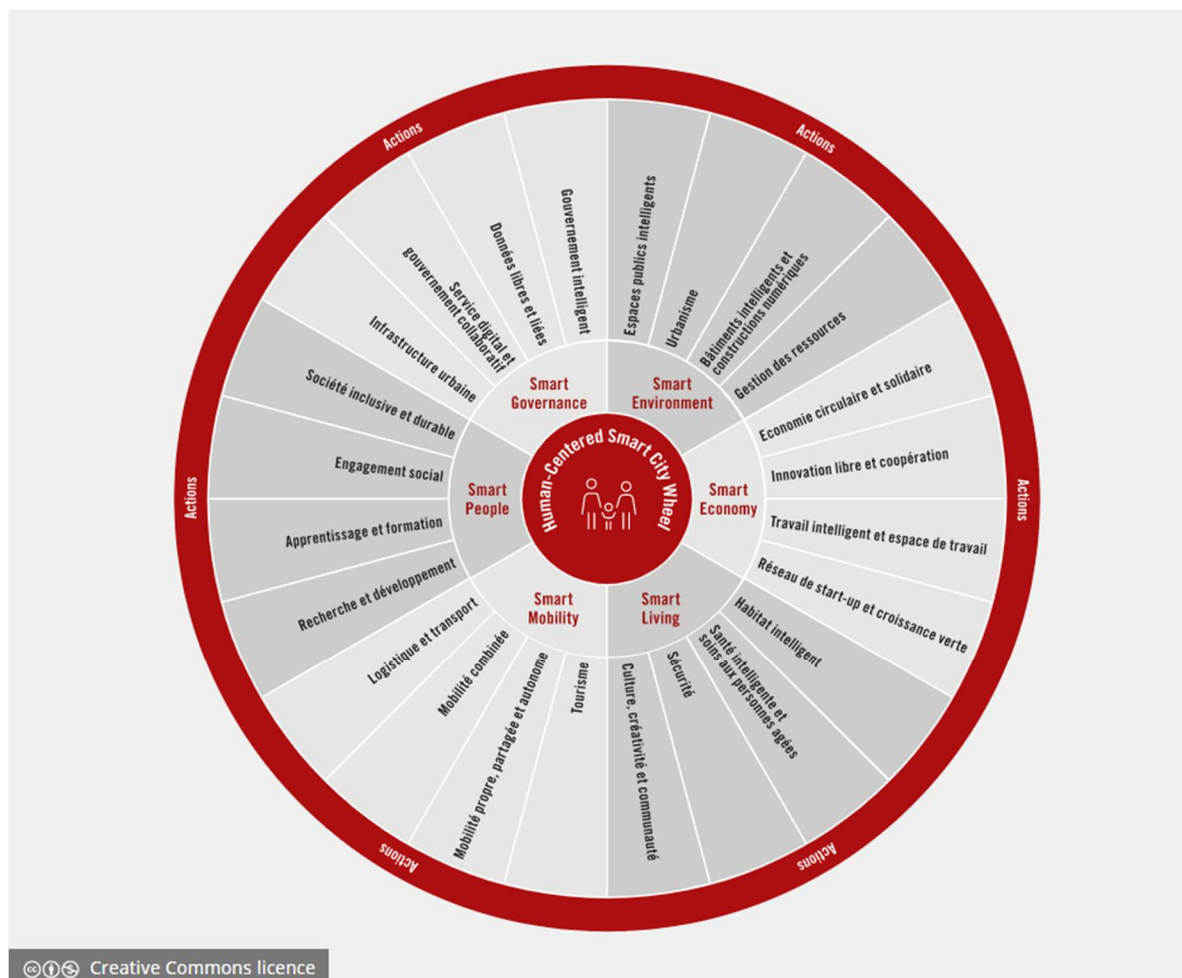
Pour réaliser un éclairage avec pilotage centralisé, chaque point lumineux doit être équipé d'un contrôleur, interne ou externe (sur le mât), qui pilote le luminaire, communique avec les autres points lumineux ainsi qu'avec le système central (soit par GPRS ou grâce un Gateway connecté à internet), usuellement par ondes radio.

Ci-dessous quelques captures d'écrans de systèmes de télégestion :



2.9 Smart City et éclairage public

Le thème de la Smart City est devenu de plus en plus populaire et ne concerne pas que les grandes métropoles, mais peut aussi avoir sa place dans des villages. La définition de la Smart City est résumée par la roue ci-dessous, avec son encrage autour de l'être humain.



© Creative Commons licence

Source: www.smartcityhub.ch / Smart City Wheel de Smart City Hub est sous licence: www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0

En règle générale, une commune ou une ville commence à réfléchir à la Smart City en fonction de ses besoins en nouvelles solutions en relation aux situations actuelles qui nécessitent des améliorations. Les nouvelles solutions sont réfléchies et choisies afin d'être prêt et ouvert à l'intégration dans le contexte de la Smart City. Ces solutions peuvent impliquer n'importe quel domaine comme illustré ci-dessus. Voici quelques exemples issus de la stratégie du Groupe E :

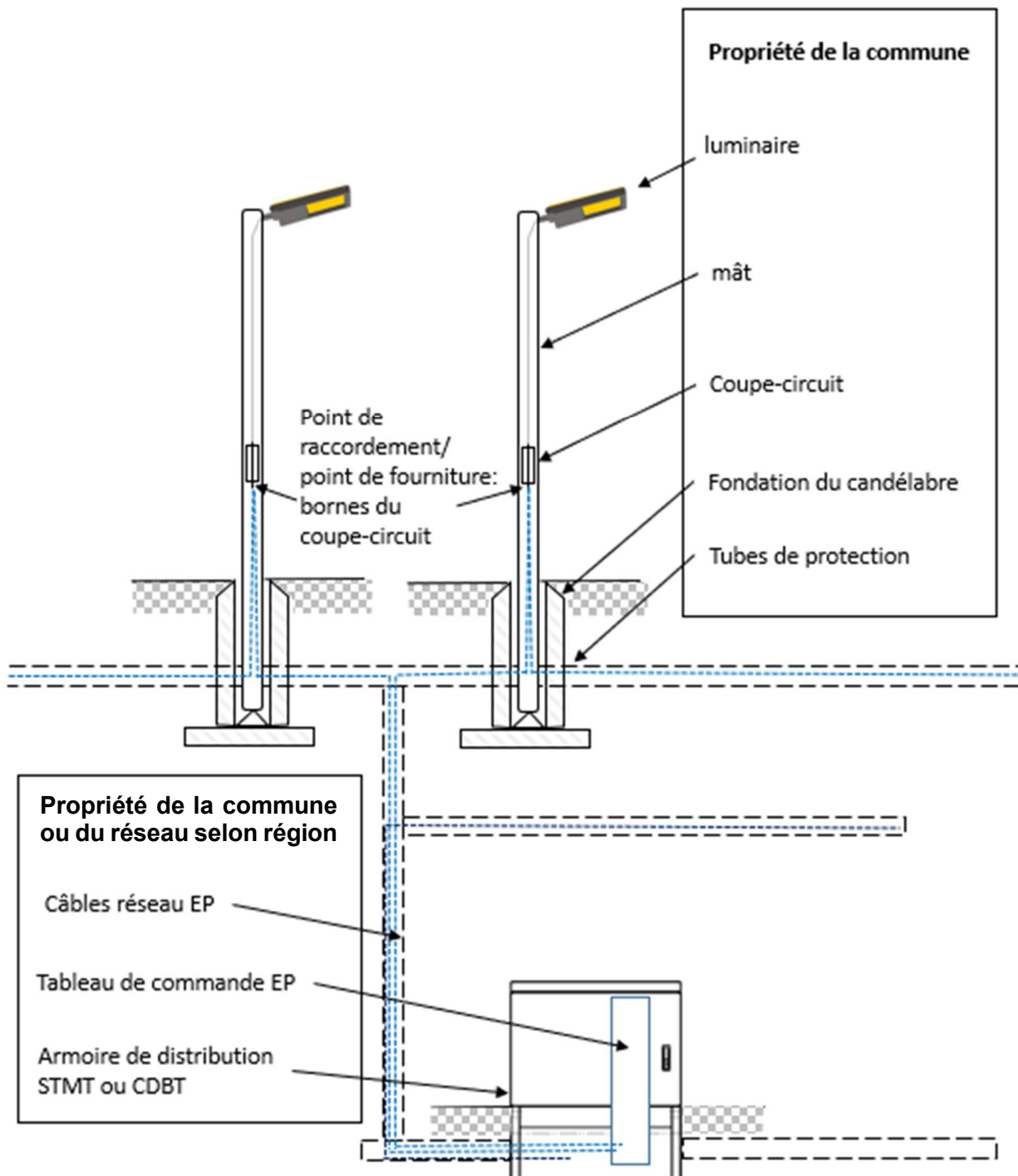


L'éclairage public intelligent est un des modules de la SMART City, probablement celui le plus facile à mettre en œuvre à ce jour. Par le fait que l'éclairage public est présent sur l'ensemble du territoire d'une commune, les supports d'éclairage sont des équipements privilégiés pouvant accueillir à l'avenir d'autres capteurs permettant ainsi de rendre SMART une commune. Des exemples existent déjà en Suisse Romande où l'éclairage public agit comme support pour des capteurs de comptage du trafic. Les données ainsi acquises en temps réel, permettent non-seulement d'ajuster le niveau de l'éclairage public en fonction du trafic, mais également de fournir des informations en temps réel sur la charge de trafic des axes principaux équipés et d'alimenter des statistiques à long terme qui servent à la planification du réseau routier et de la mobilité.

3 Responsabilités de la commune

3.1 Limites de propriétés éclairage public

Limites de propriétés EP



3.2 LOI sur les routes (LRou-725.01) Canton de Vaud

Art. 21 : Eclairage

¹L'éclairage est à la charge des communes.

²A titre exceptionnel, l'Etat peut prendre à sa charge tout ou une partie de l'éclairage de tronçons de routes cantonales, notamment dans les tunnels et aux jonctions de routes importantes.

³Les communes territoriales peuvent décider d'éclairer des tronçons de routes cantonales; les plans d'éclairage doivent alors être soumis à l'approbation du département.

Art. 49 : Signalisation; installations accessoires

¹Le propriétaire d'un fonds riverain d'une route est tenu d'y tolérer la pose d'installations diverses nécessaires à l'exploitation de celle-ci, telles que canalisations, signaux routiers, dispositifs d'éclairage et de sécurité, pare-neige.

3.3 Base légale (sécurité d'ouvrages)

La commune, en tant que propriétaire de la route et de la partie hors-sol de son éclairage public, dispose des responsabilités légales car :

- La route est désignée comme étant un "ouvrage".
- La communauté propriétaire, selon CO 58, répond des défauts de l'ouvrage.
- L'environnement immédiat et permanent d'une route fait partie intégrante du domaine des responsabilités du propriétaire. En font partie notamment les barrières, les hydrantes, les panneaux de signalisation, les candélabres, etc.
- Le propriétaire a l'obligation de réaliser et d'entretenir son ouvrage de telle façon qu'il offre suffisamment de sécurité lors de l'utilisation conforme à sa destination.

3.4 Inspection fédérale des installations à courant fort (ESTI)

L'ESTI est l'autorité de surveillance et de contrôle des installations électriques qui ne relèvent pas de l'Office fédéral des transports. Elle veille à ce que ces installations soient planifiées, construites et entretenues de façon sûre et écologique. Cela inclut les installations à haute tension, à basse tension et à courant faible.

Les activités de l'ESTI ont pour but d'assurer la sécurité des installations électriques pour la population et l'environnement. L'ESTI s'engage aussi pour l'application sûre de l'électricité, afin que la sécurité des installations électriques et des appareils en Suisse soient maintenus à un haut niveau technique.

3.4.1 Contrôles

Selon les directives de l'ESTI (N°244), chaque installation d'éclairage public doit :

- Être contrôlée avant sa mise en service (contrôle initial)
- Être contrôlée périodiquement (tous les 5 ans)
 - Contrôle électrique
 - Contrôle mécanique
- Le propriétaire doit conserver les rapports de contrôle durant deux périodes (10 ans)

Le propriétaire (la commune dans la plupart des cas) de l'installation est responsable du respect de ces règles et des contrôles sont effectués régulièrement par l'ESTI.

3.4.2 Concept de sécurité

L'éclairage public est soumis à l'Ordonnance sur les Installations électriques à Courant Fort (OICF). L'OICF demande que le propriétaire d'une installation à courant fort établisse un concept de sécurité électrique qui définit :

- Les champs d'application
- L'organisation et les responsabilités
- L'instruction du personnel
- L'autorisation d'accès aux installations
- L'organisation en cas d'urgence

Ce concept de sécurité est applicable à la construction, l'exploitation, l'entretien et aux contrôles de l'installation. Ces travaux et leur responsabilité peuvent être sous-traités à une société habilitée pour l'exécution de ces travaux, par exemple avec un contrat d'entretien.

3.5 Entretien

Selon les bases légales, la commune en tant que propriétaire de l'éclairage public, est aussi responsable de son entretien qui doit comprendre au minimum :

- Le contrôle du fonctionnement, de l'état et d'éventuelles obstructions
- La réparation ou le remplacement d'éléments endommagés
- Le nettoyage (du luminaire, l'encrassement de la vitre réduit la quantité de lumière émise par celui-ci)
- La taille de la végétation qui fait obstruction à la distribution de la lumière (ou demande au propriétaire privé l'entretien de sa végétation)

Le dernier point est souvent négligé mais peut avoir des implications non négligeables, comme le montre cet exemple récent :

Le 20.11.19 a eu lieu un accident où un chauffeur de bus n'a pas vu à temps un enfant s'engageant sur un passage piéton. Lors du freinage d'urgence, 4 personnes ont été blessées dans le bus. Le luminaire masqué par les branches d'un arbre, empêchant que le trottoir et la zone d'approche ne soient suffisamment éclairés, était une des raisons pour lesquelles le chauffeur n'a pas vu l'enfant à temps.



Source: 20Minuites 21.11.2019

4 Finances

4.1 Valeur du parc

La valeur du parc est calculée sur la base des éléments dont dispose la commune, utilisant la valeur de remplacement aux prix actuels.

4.2 Investissement

Les investissements nécessaires sont calculés sur la base de l'analyse de l'âge des équipements et la durée de vie estimée par type d'équipement. La durée de vie est dépendante de l'exposition du matériel aux influences externes, comme la météo et des dommages (in)volontaires. En plus de l'âge, des priorités sont définies, basées sur une analyse sur site qui tient compte de l'état des points lumineux, d'éventuelles situations d'éclairage préoccupantes et des performances d'éclairage des luminaires installés.

<u>Matériel</u>	<u>Propriétaire</u>	<u>Durée de vie</u>	<u>Critères</u>
Armoires (distribution, fusibles, éléments de commande)	Distributeur d'énergie (rarement la commune)	45 ans	Matériel interne corrodé, coupe-circuits cassant, porte oxydée, serrure grippée. Armoires à l'intérieur de stations transformatrices qui doivent être reconstruites à l'extérieur afin de permettre l'accès aux employés communaux
Réseaux souterrains – tubes - câbles	Distributeur d'énergie (rarement la commune)	50 ans	Isolation fragilisée, spécialement dans les coudes et les mâts, connectique corrodée au niveau du coupe-circuit
Socles pour les mâts	Distributeur d'énergie (rarement la commune)	40 ans	Collerette cassée, peut être refaite assez facilement
Mâts et consoles (acier)	Commune (rarement le distributeur d'énergie)	40 ans	Oxydation, fragilisation du pied de mât, déformations, portillons endommagés
Mâts (aluminium)	Commune (rarement le distributeur d'énergie)	20 ans	Oxydation, fragilisation du pied de mât, déformations, portillons endommagés
Coupe-circuit (Bornes et fusibles dans le mât)	Commune (rarement le distributeur d'énergie)	40 ans	Bornes corrodées, coupe-circuits cassant, boîtier cassé, couvercle manquant
Luminaires – sources	Commune (rarement le distributeur d'énergie)	20 ans	Oxydation boîtier / connectique / réflecteur, vasque opaque, cassée ou manquante, LED cassés, perte de flux lumineux trop important,
Optionnel : Composants de pilotage	Commune (rarement le distributeur d'énergie)	15 ans	Taux de pannes, mauvais fonctionnement

4.3 Entretien

L'entretien du parc d'éclairage public doit englober les différents éléments suivants :

- Changement des sources systématique ou selon nécessité (luminaires non-LED)
- Nettoyage périodique des vasques
- Contrôle périodique (obligatoire)
- Réparation / remplacement du matériel en panne ou endommagé

L'entretien peut être délégué à un mandataire sous forme d'un contrat d'entretien, peut être fait partiellement par des collaborateurs de la commune ou être délégué de cas en cas à une société externe habilitée pour ce genre de travaux.

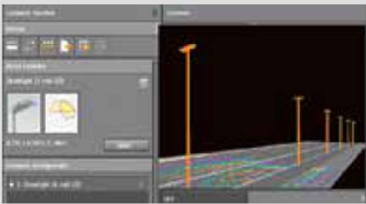
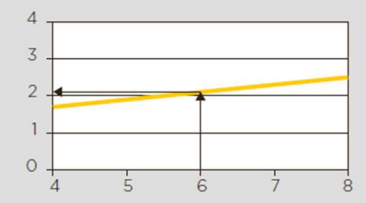
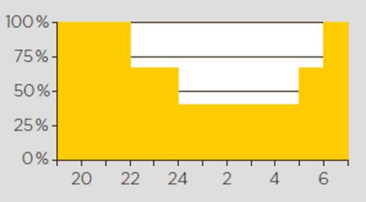
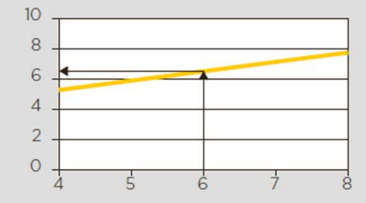
Il est important qu'un registre du parc d'éclairage public soit tenu et mis à jour avec les travaux effectués.

4.4 Consommation

La consommation d'énergie est facturée sur la base de compteurs ou sur la base d'un tarif forfaitaire. Le tarif forfaitaire est calculé sur la base de la puissance installée minorisée par les économies calculées des abaissements nocturnes.

5 Méthode pour la définition de l'éclairage public

L'illustration suivante présente de façon simple, la méthode générique de définition d'un éclairage public, applicable tant pour une nouvelle construction que pour une rénovation / un renouvellement :

1. Besoins		
	Un éclairage public est-il vraiment nécessaire ?	À l'extérieur des localités, l'éclairage est souvent inutile. Responsable : autorités
2. Classification des routes		
	Analyse des paramètres afin d'attribuer la classe d'éclairage.	Paramètre : flux routier, composition des usagers du trafic, vitesse, zones de conflit etc. Responsable : éclairagiste
3. Dimensionnement		
	Calcul pour le dimensionnement de l'éclairage.	Comparaison des luminaires et de leur courbe de distribution spectrale. Résultat : exigences lumineuses et puissance électrique. Responsable : éclairagiste
4. Valeur-limite de puissance		
	Vérification de la puissance en fonction du point 3.	La puissance devrait être inférieure à la valeur-limite. Si tel n'est pas le cas, justifier ou calculer à nouveau. Responsable : éclairagiste
5. Horaire de fonctionnement		
	Évaluation de l'exploitation optimale en fonction de la densité du trafic.	Le régime d'exploitation influence considérablement la consommation future d'énergie. Responsable : autorité/éclairagiste
6. Énergie		
	La consommation d'énergie peut être déterminée en fonction de la puissance (4.) et de l'exploitation (5.).	La consommation d'énergie ne devrait pas dépasser la valeur-limite. Si tel est le cas, justifier. Responsable : autorité / éclairagiste

Source : SAFE, topstreetlight.ch, Guide Éclairage public efficient, 2020

2ème Partie :

Plan directeur éclairage public

Commune d'Aigle



6 Appréciation de l'éclairage actuel

Nous avons parcouru la commune de jour et de nuit et l'avons survolée avec notre drone afin d'obtenir une vision de l'éclairage public en fonction.

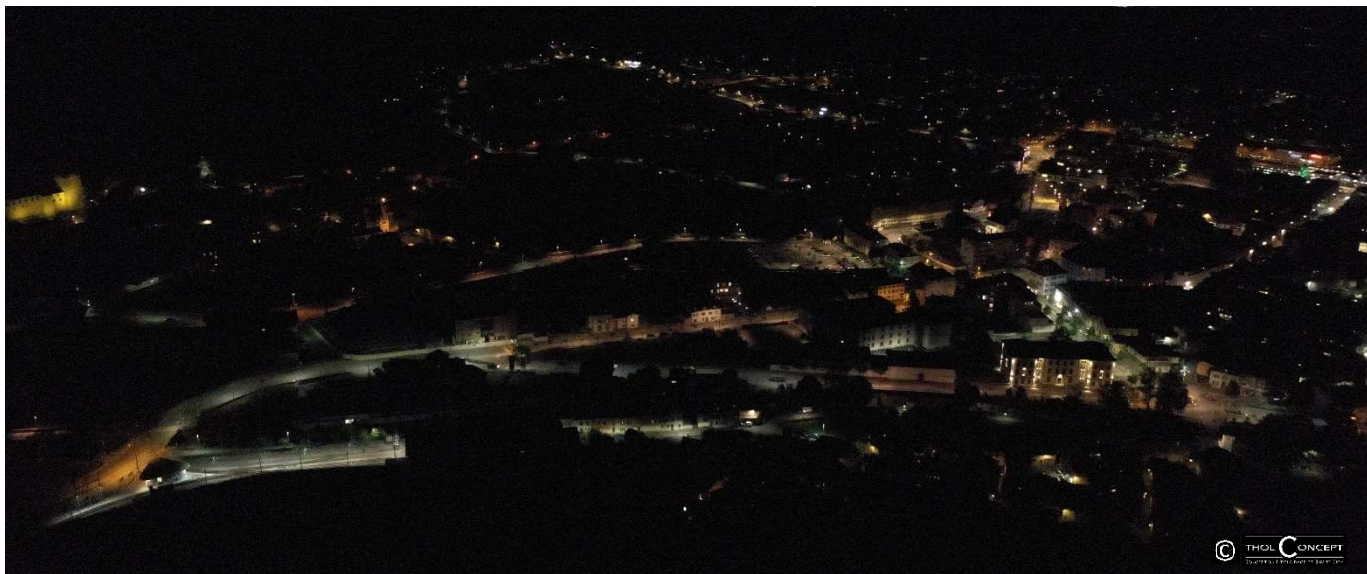


Photo 1: Aigle centre-sud (vu depuis le nord-est)

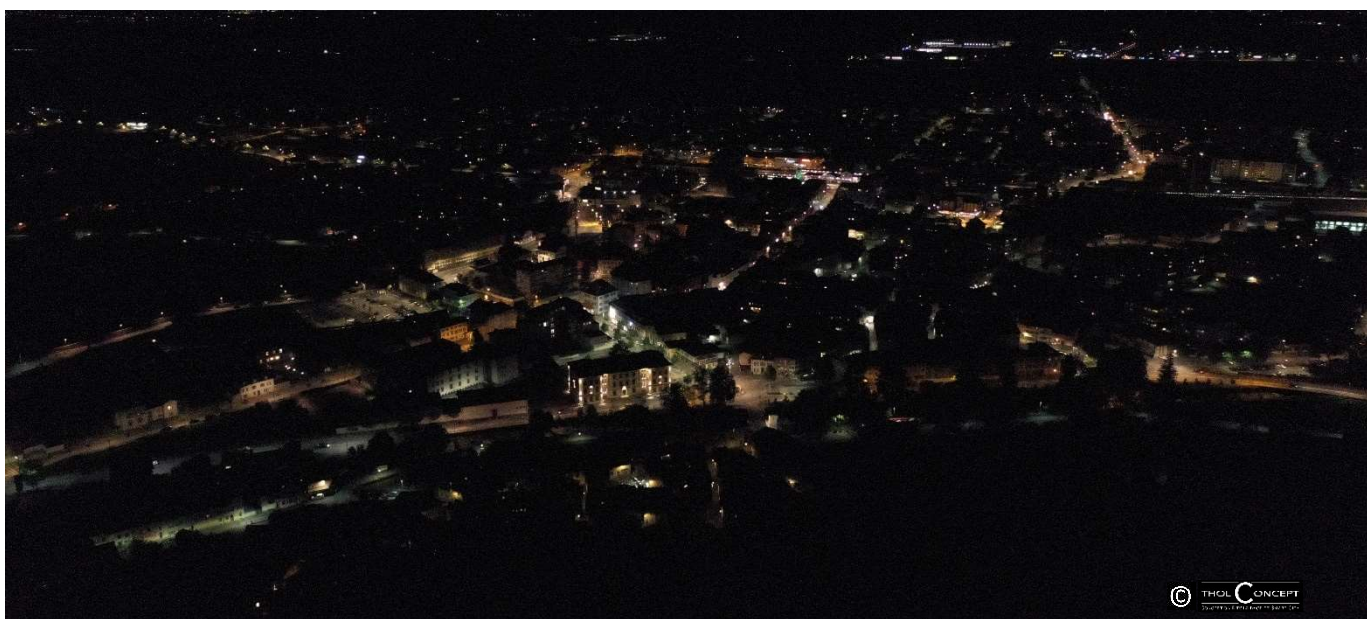


Photo 2: Aigle centre-ouest (vu depuis le nord-est)

Les grands axes sont bien visibles sur les photos 1 à 3. On remarque les trois couleurs de lumière actuellement en service à Aigle, le blanc neutre (4000K) des luminaires LED, le blanc chaud (~2800K) des lampes à décharge à iodure métallique et le jaune-orange des lampes à décharge à sodium.

La hiérarchisation des routes selon la vitesse et du volume de trafic n'est pas reflétée par l'intensité de l'éclairage. Sur la photo 1 on observe que l'intensité de l'éclairage de la Promenade de la Grande-Eau est similaire à celle de l'Avenue des Ormonts et plus haute que celle de l'Avenue des Glariers en arrière-plan.

On observe également différentes sources privées présentant d'importantes émissions lumineuses, comme le panneau publicitaire de Grau Électricité, l'éclairage intérieur de l'arsenal visible par les fenêtres, les éclairages des quais et des voies de la gare et du dépôt des TPC ainsi que celui des stations-service.

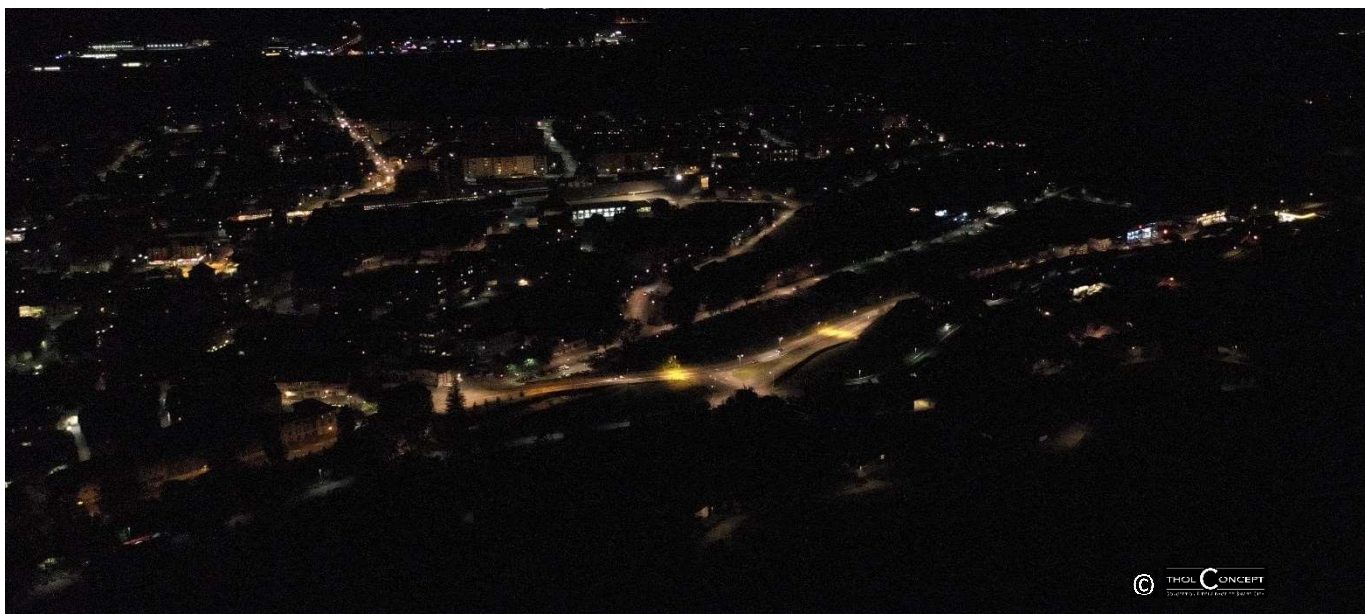


Photo 3: Aigle centre-nord (vu depuis le nord-est)

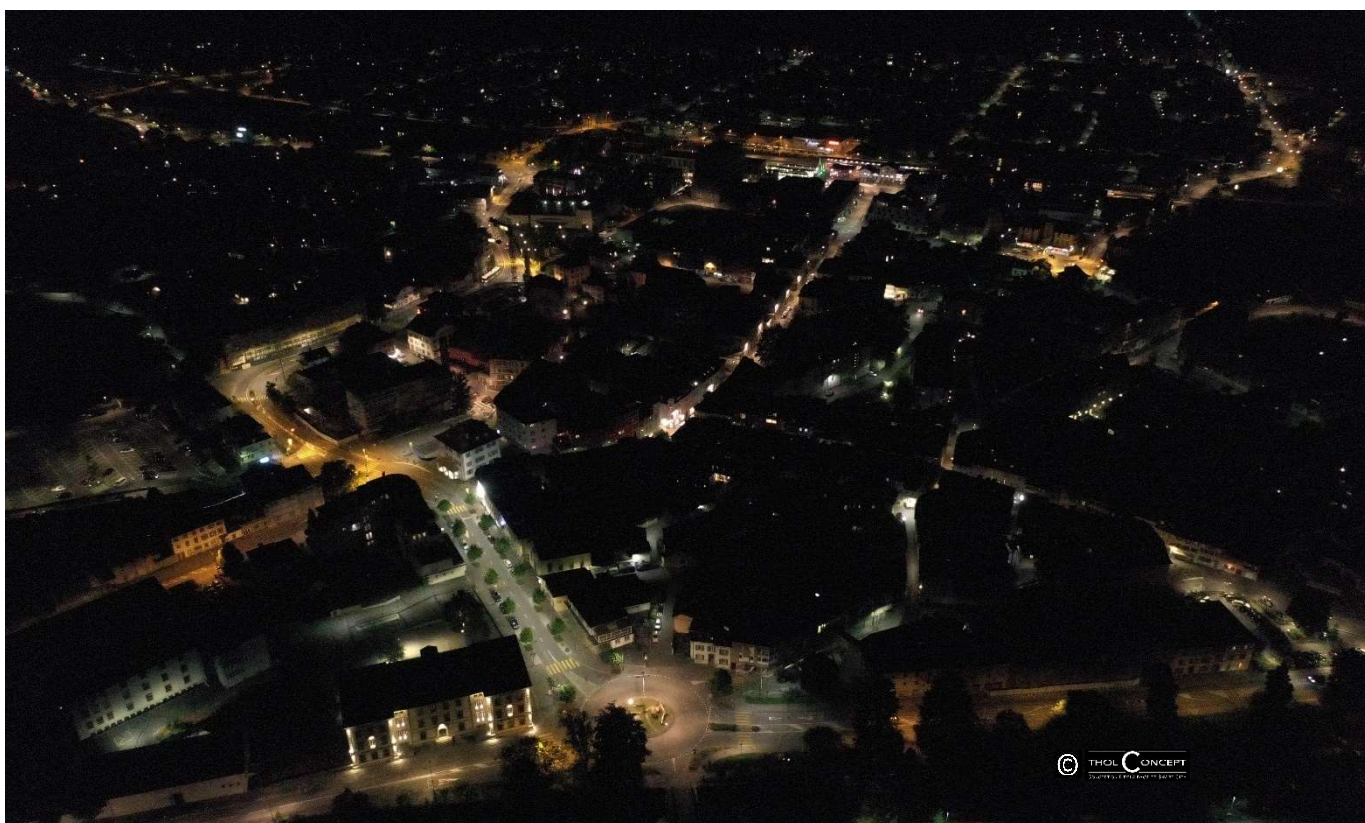


Photo 4: Aigle centre (vu depuis le nord-est)

Le parc d'éclairage public d'Aigle se compose actuellement de 889 luminaires LED (58%) ; 383 luminaires à iodure métallique (25%), 114 au sodium (8%) et le solde avec différents types de source.

Nous avons observé une grande disparité de modèles de luminaires dans les rues d'Aigle. En consultant l'inventaire, ceci est confirmé avec plus de 50 modèles de luminaires et 29 modèles de luminaires LED.

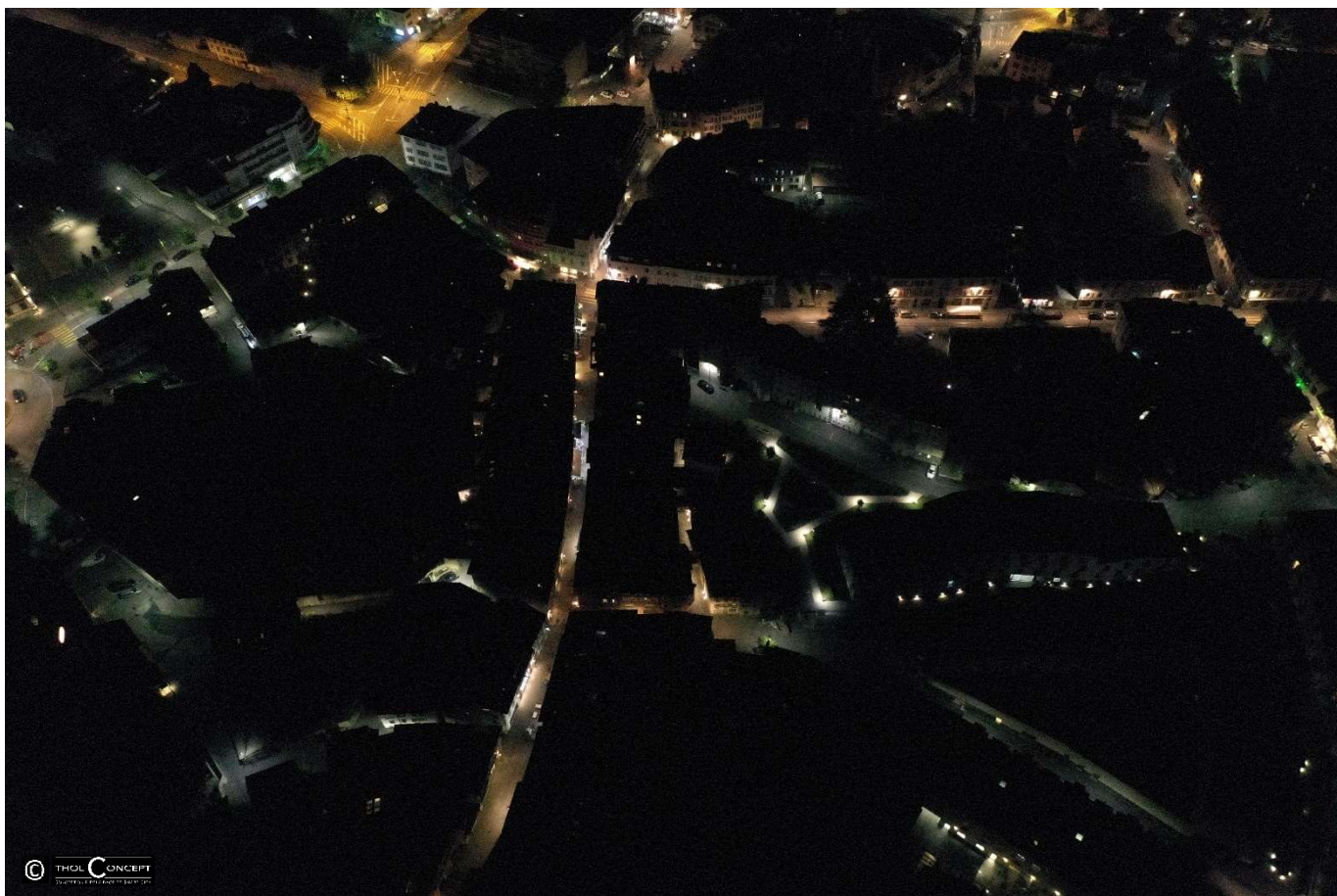


Photo 5: Aigle vieille ville (vu depuis le nord)

Sur la photo 5 on peut observer une grande partie d'éclairage privé produit par les restaurants de la Rue du Bourg et d'importantes émissions lumineuses sur les façades à la Rue de la Gare.

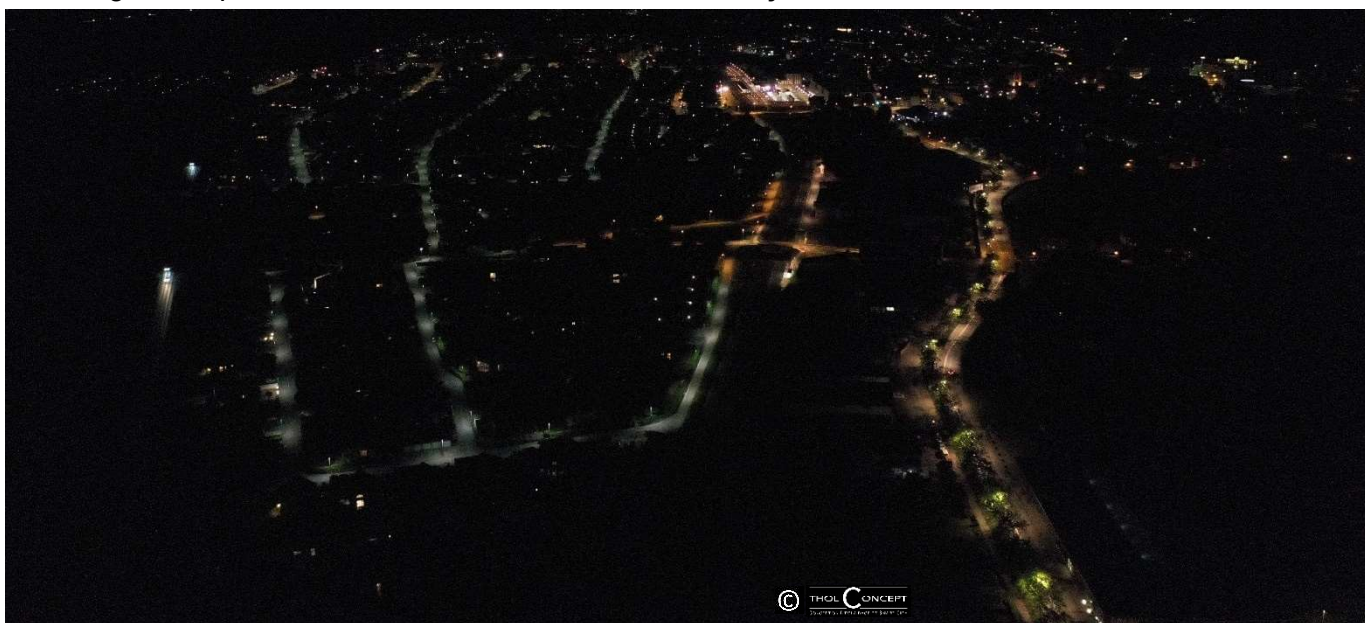


Photo 6: Aigle ouest (vu depuis le sud-est)

Sur la photo 6 on voit notamment l'éclairage du quartier sous-gare en LED blanc neutre et la route d'Ollon en iodure métallique blanc chaud.

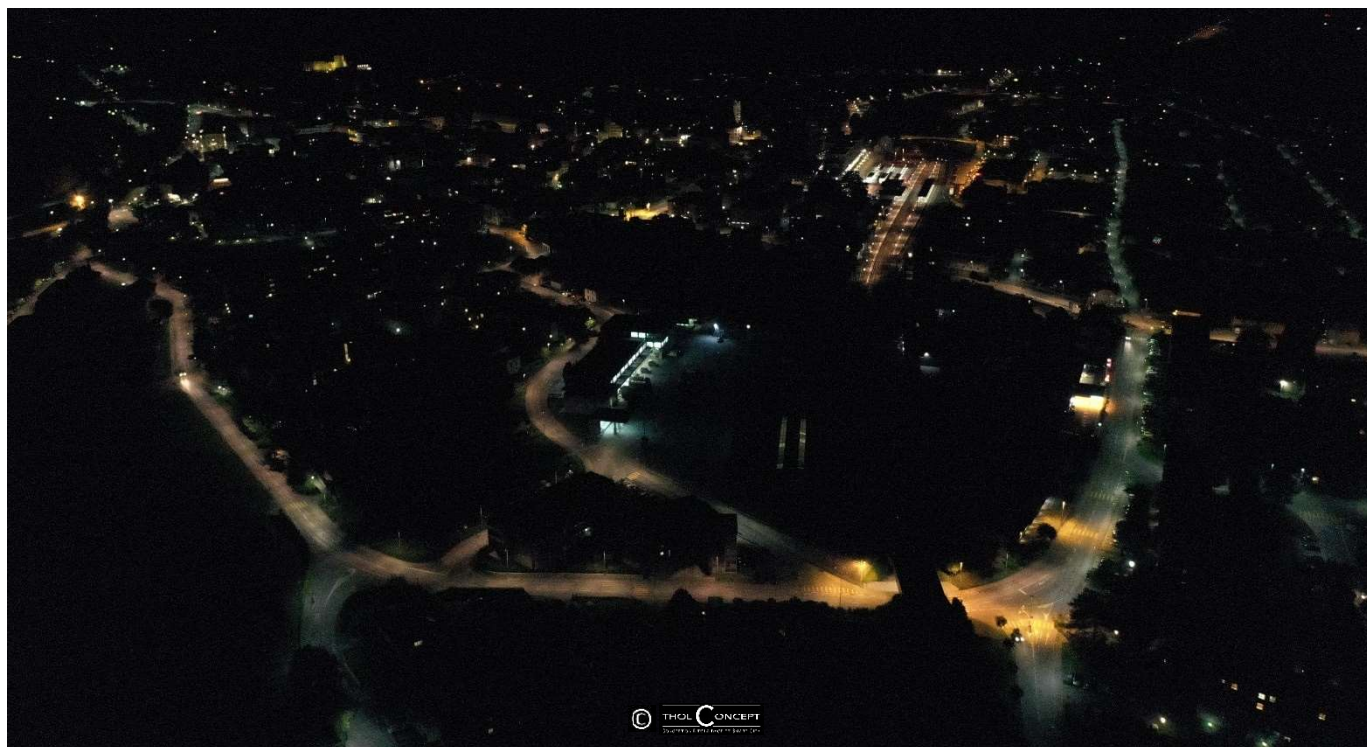


Photo 7: Aigle ville, (vu depuis le nord-ouest)

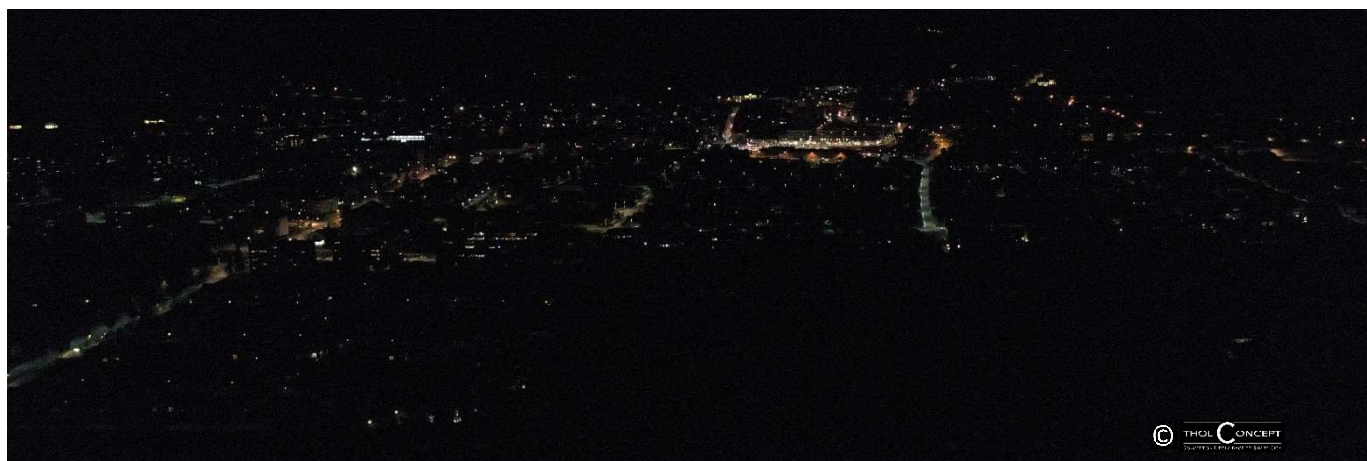


Photo 8: Aigle ville, (vu depuis l'ouest)

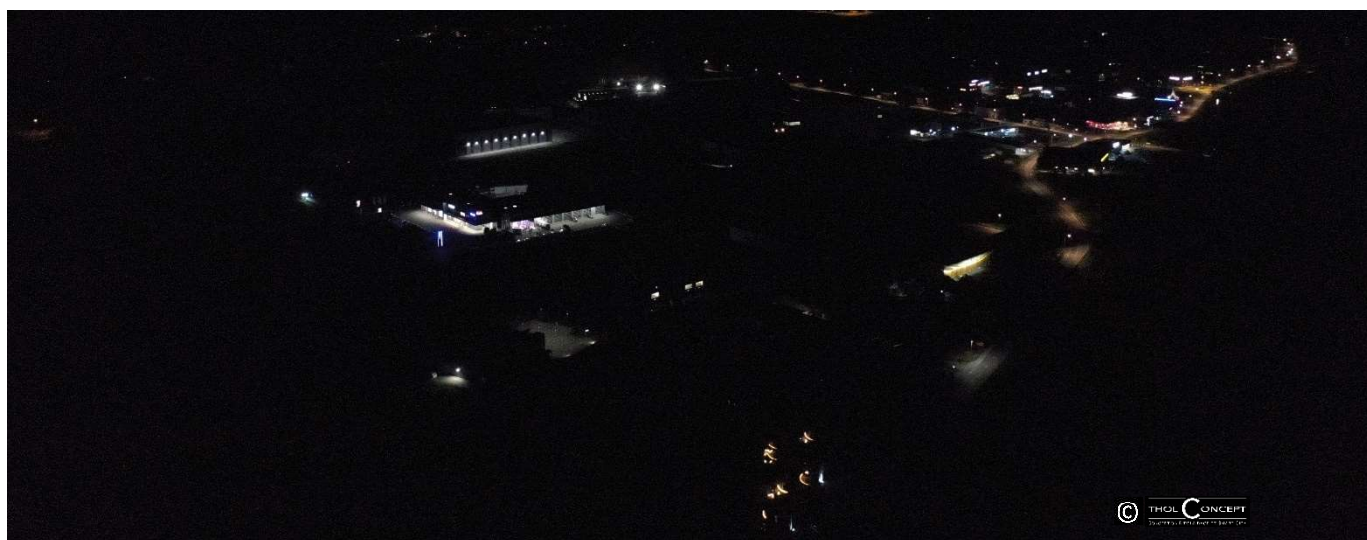


Photo 9: Aigle zone industrielle, (vu depuis le sud)

Sur la photo 9 on observe passablement de sources d'éclairage privé dans la zone industrielle, la photo a été prise après 23h00.

7 Nécessité d'éclairer

À la suite de notre analyse des plans et de notre vision locale, il serait judicieux de se questionner si les points d'éclairage public entourés en bleu sur les extraits de plan suivants sont réellement nécessaires et s'ils ne pourraient pas être supprimés :

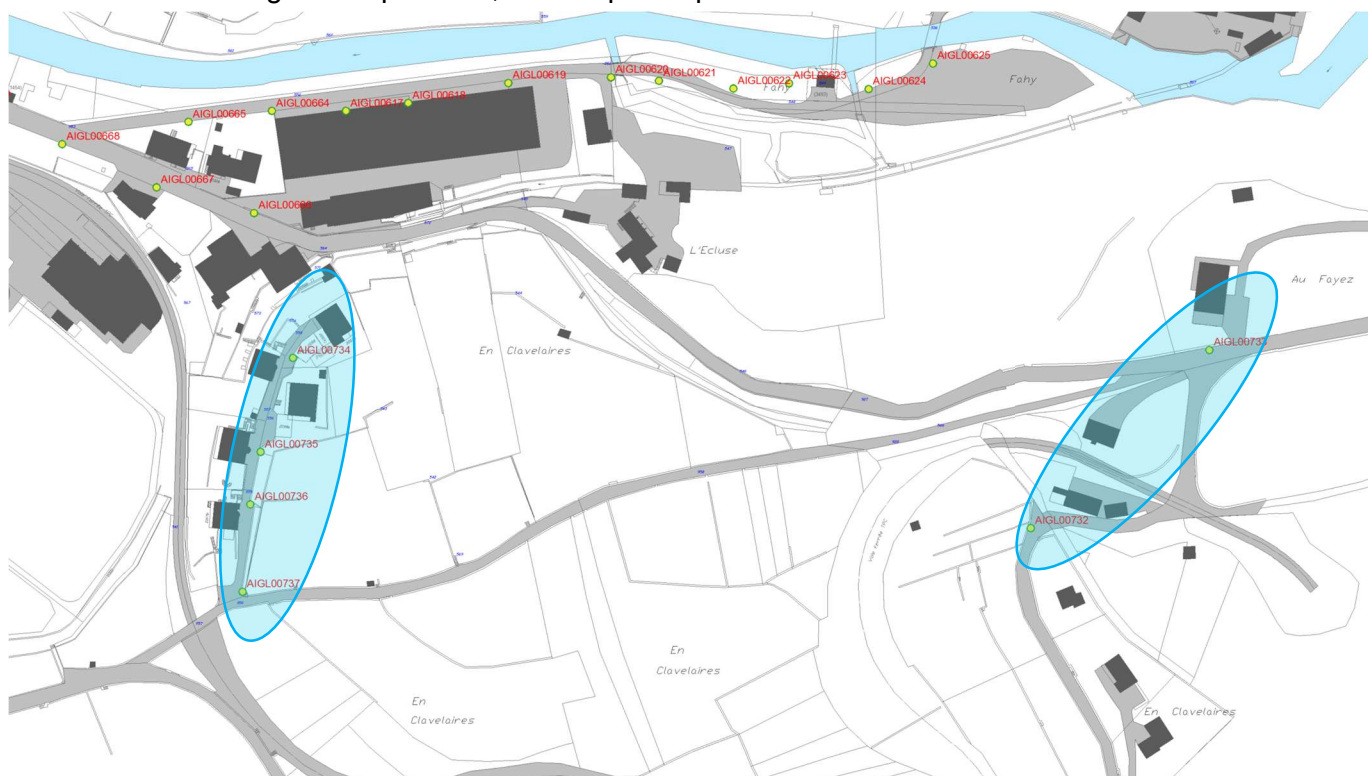
Zones : Au Ciclet / En Plan d'Essert

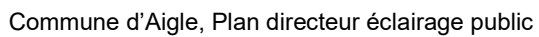
Ces points lumineux se trouvent aux abords des vignes, sur des routes qui n'ont que très peu de circulation. L'éclairage étant ponctuel, il ne dispense pas de bonnes conditions visuelles.



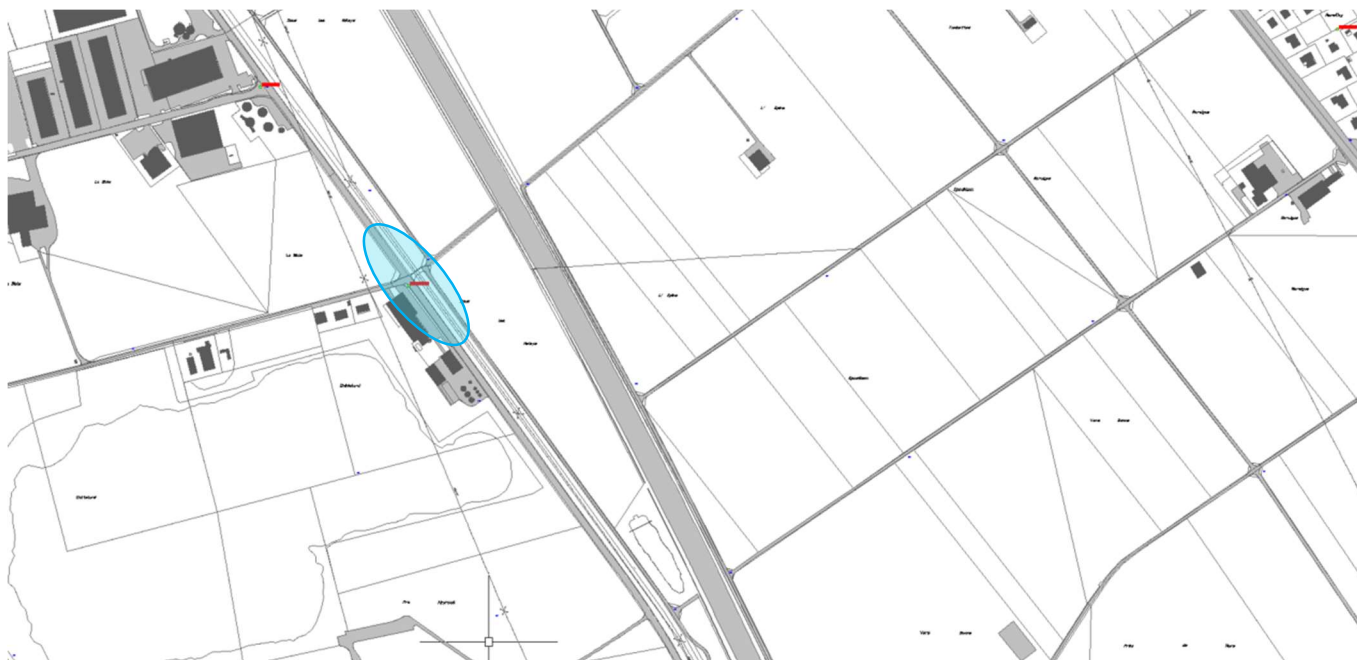
Zones : En Cavelaires / Au Favez

Ces points lumineux se trouvent dans ou aux abords des vignes, sur des routes qui n'ont que très peu de circulation. L'éclairage étant ponctuel, il ne dispense pas de bonnes conditions visuelles.





Zone : La Biole

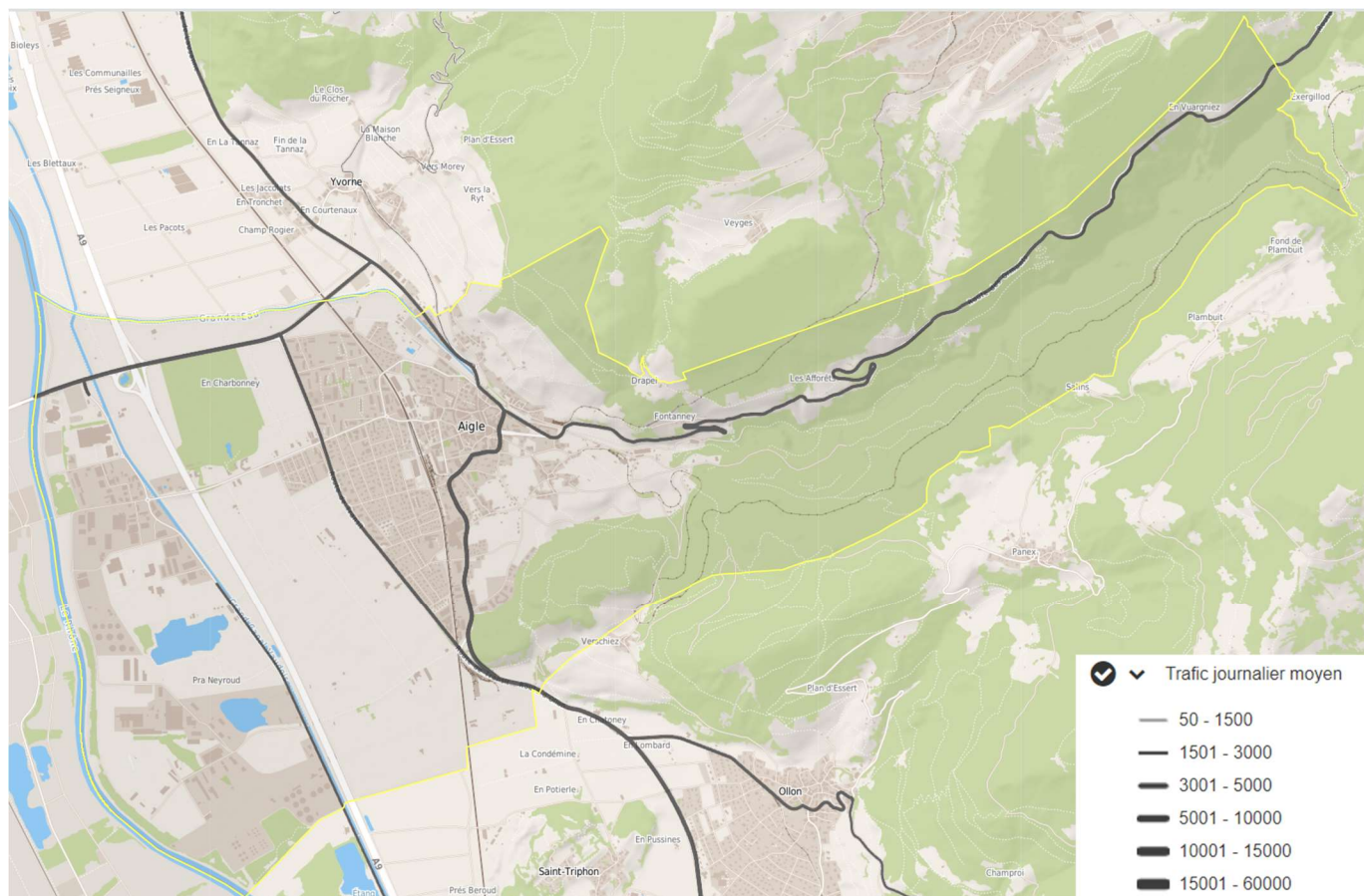


② Cette analyse répond au point 1 du « plan en 7 points » de la recommandation de l'OVEV.

8 Classification des routes (VSS 40040 / SN 13201-1)

Une étape très importante dans l'éclairage public est la classification des routes selon la norme VSS 40040b, elle permet de définir l'affectation des différents types de route, et la SNR 13201-1 définit les exigences d'éclairage.

Un des éléments clé de la classification est le volume de trafic, notamment le trafic journalier moyen (TJM). Pour ce faire, nous avons tenus compte des chiffres publiés par le canton de Vaud :



Source: [Guichet cartographique cantonal \(vd.ch\)](http://Guichet.cartographique.cantonal.vd.ch)

<u>Route</u>	<u>TJM 2015</u>	<u>Source</u>
Route 11	13'650	www.geo.vd.ch
Route de Transit nord	7'350	www.geo.vd.ch
Route de Transit sud	5'150	www.geo.vd.ch
Route de Lausanne	9'250	www.geo.vd.ch
Av des Glariers	9'250	www.geo.vd.ch
Av des Glariers est	5'700	www.geo.vd.ch
Avenue des Ormonts	5'700	www.geo.vd.ch
Route des Ormonts	5'700	www.geo.vd.ch
Rue du Collège	10'150	www.geo.vd.ch
Avenue Chevron	10'150	www.geo.vd.ch
Avenue du Chamossaire	10'150	www.geo.vd.ch
Avenue des Loës	10'150	www.geo.vd.ch
Route d'Ollon	14'400	www.geo.vd.ch
Route Industrielle nord	9'200	www.geo.vd.ch
Route Industrielle sud	4'950	www.geo.vd.ch

La classification permet la définition des niveaux d'éclairement et l'uniformité nécessaire afin que l'éclairage soit conforme aux normes et directives en vigueur. Plusieurs paramètres sont importants : la vitesse de circulation autorisée ou possible, le volume de trafic ainsi que plusieurs autres paramètres.

En résumé, pour la commune d'Aigle, nous recommandons l'application des classes d'éclairage suivantes :

Type de route	Classe 13201-1	Exigences à l'éclairage
Routes de liaison régionale (50-80kmh) avec zones de conflit, grand volume de trafic => Routes principales	C3	E_{ave} : 15lx, U_0 : 0.4
Routes de liaison régionale (50-80kmh) avec zones de conflit, faible volume de trafic => Routes principales	C4	E_{ave} : 10lx, U_0 : 0.4
Routes de liaison interlocalité (50kmh) avec zones de conflit Routes collectrices (50kmh) => Routes secondaires	C5	E_{ave} : 7.5lx, U_0 : 0.4
Routes de desserte (<50kmh) => Routes de quartier /	P4	E_{ave} : 5lx, E_{min} : 1lx
Places et chemins piéton	P6	E_{ave} : 2lx, E_{min} : 0.4lx
Places de parc (SN12464-2)	Prk	E_{ave} : 5lx, U_0 : 0.25

Les routes de desserte (routes de quartier) signalées à 50km/h mais qui sont étroites à tel point que l'on ne peut circuler qu'à 40km/h ou moins sont ainsi classifiées en P4.

Le détail des classifications se trouve dans l'annexe A.

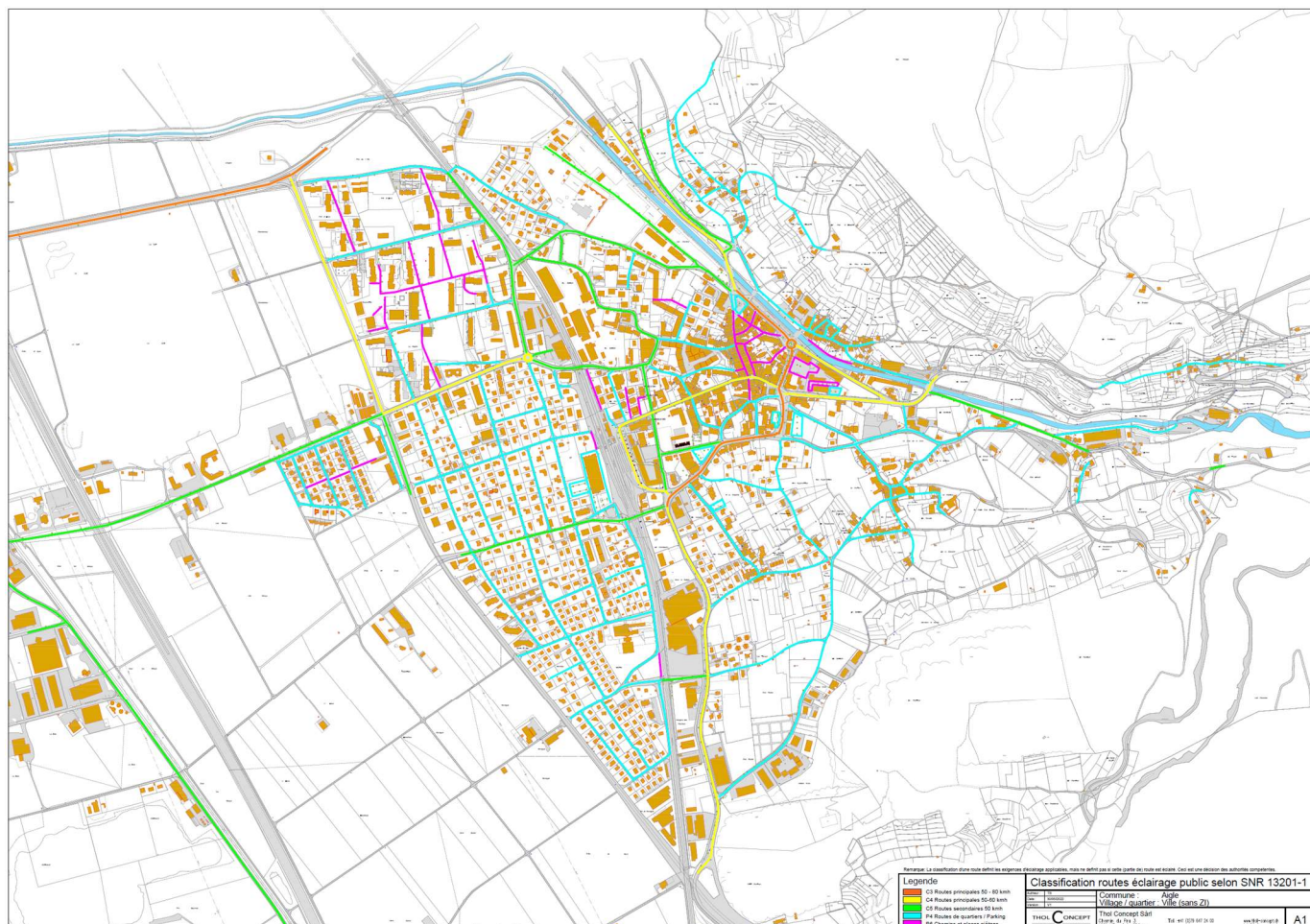


La classification des routes, faite avec soin et cohérence, répond au point 2 du « plan en 7 points » de la recommandation de l'OVEV, pour autant que les niveaux d'éclairement définis soient appliqués.

8.1 Visualisation de la classification

8.1.1 Aigle Ville (sans ZI)

Le plan suivant se trouve en Annexe B1, en format .pdf A1



8.1.2 Aigle zone industrielle

Le plan suivant se trouve en Annexe B2, en format .pdf A3



9 Choix de la couleur de la lumière

Selon les connaissances actuelles de l'influence de la couleur de la lumière LED sur la nature et les recommandations de l'OFEV, nous recommandons l'utilisation du blanc chaud de 3000K pour l'éclairage de la majorité des routes, voire une température plus chaude comme 2700K ou 2200K à proximité des zones naturelles.

Selon notre analyse de l'inventaire, 889 luminaires d'éclairage public d'Aigle sont en LED (58%). La majorité des luminaires LED ont une couleur blanc neutre de 4000K et 73 d'entre eux sont en blanc chaud de 3000K – 3500K.

Malgré cela nous recommandons, lors de futurs remplacements de luminaires traditionnels par des luminaires LED, d'utiliser le blanc chaud (3000K) pour les routes principales et secondaires, et d'utiliser un blanc plus chaud à 2700K pour les routes de quartier, les places et les chemins piétons.



Les recommandations proposées dans ce chapitre répondent au point 3 du « plan en 7 points » de la recommandation de l'OFEV.

10 Passages piétons

L'analyse de l'éclairage des passages piétons ne fait pas partie de ce projet et devra être effectuée dans le cadre d'un plan de rénovation détaillé de l'éclairage public de la commune d'Aigle.

Néanmoins, la vision locale et l'étude des plans démontrent que des améliorations devront être apportées à un certain nombre de passages piétons afin d'améliorer la visibilité des piétons et de les rendre conformes aux directives (voir chapitre 2.6).

11 Réflexions sur les possibilités de gestion / d'abaissement / d'extinction

Il y a deux plages horaires qui sont critiques au niveau de la sécurité des usagers : la première dès 07h00 le matin, lorsque les enfants se rendent à l'école et la deuxième en fin de journée, jusqu'à 20h00, voire 22h00, lors de la fin des classes et des activités extra-scolaires. Pour cette raison, toutes nos propositions assurent un éclairage à 100% durant ces heures, aussi bien pendant l'horaire d'hiver que celui d'été.

Les horaires des transports publics à Aigle commencent à ~05h15 pour les premiers départs et à ~02h05 pour la dernière arrivée.

L'éclairage des passages piétons ne pourra pas être abaissé de la même manière que le reste de l'éclairage des routes car les 5lx verticaux doivent être maintenus. En fonction de l'éclairage planifié / mesuré à 100%, l'abaissement pourra être défini afin de respecter l'éclairage vertical.

A Aigle, une gestion de l'éclairage public avec l'abaissement autonome programmé dans les appareillages / drivers des luminaires est actuellement appliquée à 517 luminaires et 9 différents scénarios d'abaissement autonome sont utilisés.

Pour le futur éclairage public d'Aigle nous proposons deux scénarios, en fonction de la volonté politique et des éventuelles consultations avec la population :

- **Scénario 1** : Abaissement nocturne autonome des nouveaux luminaires LED en fonction de la classification des routes (voir 11.1 ci-dessous).
- **Scénario 2** : Télégestion avec détection de tout l'éclairage public, incluant l'extinction dans les quartiers résidentiels (voir 11.2 ci-dessous).

Les solutions suivantes offrent la possibilité de combiner l'abaissement autonome avec l'extinction :

- Les nouveaux drivers des luminaires LED sont capables d'être programmés avec des plages d'abaissement allant jusqu'à 0%. Des abaissments, par exemple à partir de 22h00, puis l'extinction de 24h00 à 05h00, peuvent ainsi être programmés dans le driver du luminaire. Afin de simplifier d'éventuelles modifications de programmation, nous recommandons d'installer des luminaires qui ont un abaissement nocturne et qui sont équipés d'un câble 5 pôles afin que les deux fils utilisés pour la programmation soient accessibles directement depuis le portillon du mât d'éclairage. La solution Bluetooth est une alternative aux câbles 5 pôles, disponible chez certains fabricants. Pour un surcoût de < 40.- CHF, les luminaires peuvent être équipés de l'option Bluetooth, ce qui permet la programmation depuis le pied du mât, sans fil, avec un appareil Android équipé de l'application adéquate.
- Un nouveau standard public (ZD4i) pour l'interfaçage entre les luminaires, les systèmes de pilotage à distance et les capteurs, a été publié en 2019. Des luminaires compatibles et pré-équipés sont disponibles sur le marché. Si la commune d'Aigle envisage un pilotage plus précis dans le futur, notamment par rapport aux différents jours de la semaine ainsi qu'aux événements particuliers, nous recommandons de commander des luminaires compatibles ZD4i. Ceci permettra une intégration future de modules de gestion à distance et de détecteurs. La programmation des abaissments et des extinctions est possible et restera active jusqu'à ce qu'un module de contrôle installé outrepassse celle-ci. Cette option n'est pas compatible avec le câble 5 pôles (pour la programmation) et probablement pas non-plus avec l'option Bluetooth. Certains fabricants proposent un module de contrôle incluant un certain nombre de changements de profils d'abaissement / d'extinctions sans qu'un abonnement au système de gestion à distance ne doive être souscrit.
- Différents fournisseurs de systèmes de télégestion offrent des modules compatibles ZD4i qui peuvent être installés sur le mât pour le branchement de luminaires LED existants. Ceci permet aux communes comme Aigle d'équiper également les luminaires LED existants avec un module ZD4i.

11.1 Scénario 1 : Abaissement nocturne avec profil existant ou générique

L'abaissement nocturne est déjà appliqué à 455 points lumineux à Aigle,

- 438 points lumineux ont un abaissement à 50% de 23h00 à 05h00 permettant une économie de 24%
- 10 points lumineux ont un abaissement à 50% de 22h00 à 06h00 permettant une économie de 33%

Les 7 autres points lumineux ont tous des abaissements différents.

Les niveaux d'abaissements nocturnes suivants sont définis dans la norme SNR 13201-1.

Classe	1er Niveau	2ème Niveau
C3	67%	50%
C4	75%	50%
C5	67%	40%
P4	60%	40%
P6	?	?

Plutôt que d'avoir 3-4 différents scénarios selon la classification de la route et dans le but de simplifier l'entretien futur, nous proposons l'application d'un profil générique qui s'approche de la moyenne des différentes classes de route.

Classe	1er Niveau	2ème Niveau
Générique	65%	45%

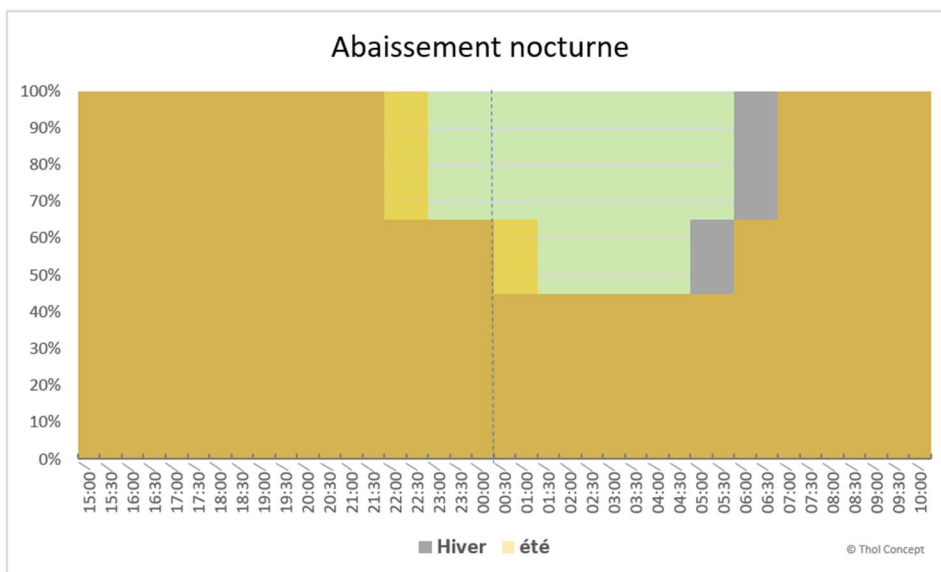
Pour la réalisation de ce scénario, les nouveaux luminaires LED (à l'exception des luminaires des passages piétons) pourront être commandés avec ce profil préprogrammé.

Heure d'hiver

De	à	Niveau %
15:00	22:00	100%
22:00	00:30	65%
00:30	05:00	45%
05:00	06:00	65%
06:00	10:00	100%

Heure d'été

De	à	Niveau %
15:00	23:00	100%
23:00	01:30	65%
01:30	06:00	45%
06:00	07:00	65%
07:00	10:00	100%



Economie d'énergie 30%

Dans ce scénario, nous avons appliqué :

- Pour les routes qui ont déjà un abaissement, l'abaissement identique pour les nouveaux luminaires
- Pour les routes sans abaissement actuel, l'abaissement générique comme défini ci-dessus

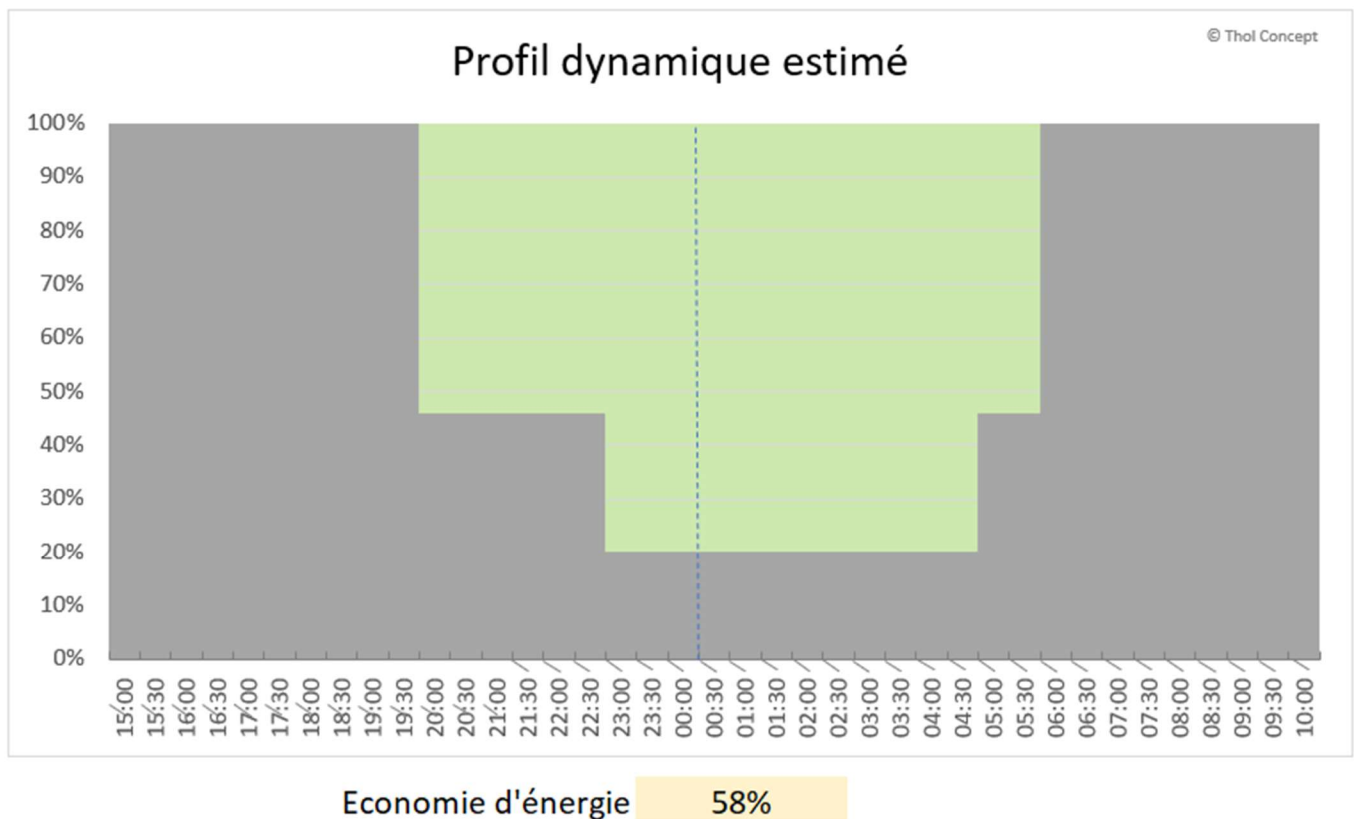
Le coût de la programmation des nouveaux luminaires se situe entre 0.- et 20.- CHF (HT) par luminaire en fonction du fournisseur.

11.2 Scénario 2 : Télégestion avec détection et extinction des zones résidentielles

Vu le grand nombre de luminaires LED déjà en place à Aigle et que l'extinction n'est pas programmable dans ces luminaires, nous proposons la mise en place d'un système de télégestion pour tous les luminaires d'éclairage public. Un tel système permet la mise en place de scénarios différenciés par zones et d'inclure le pilotage par détection pour toutes les routes. L'abaissement est possible et peut être combiné avec l'extinction. Les points lumineux à LED existant peuvent être équipés d'un système de télégestion installé sur le mât. Pour les nouveaux luminaires, le système utilisant les socles Zhaga peuvent être utilisés.

11.2.1 Axes principaux :

Pour les axes principaux (zones jaunes sur le plan au paragraphe 11.3), le profil suivant peut être mis en place :



Dans ce profil, l'éclairage des axes principaux est à 100%, de l'enclenchement jusqu'à 20h00.

Dès 20h00, l'éclairage de base (sans usagers) est abaissé à 10% et l'éclairage monte à 100% lors de la présence d'usagers ; durant cette période nous estimons ~40% de présence.

Dès 23h00, l'éclairage de base (sans usagers) est abaissé à 10% et l'éclairage monte à 50% lors de la présence d'usagers ; durant cette période nous estimons ~25% de présence.

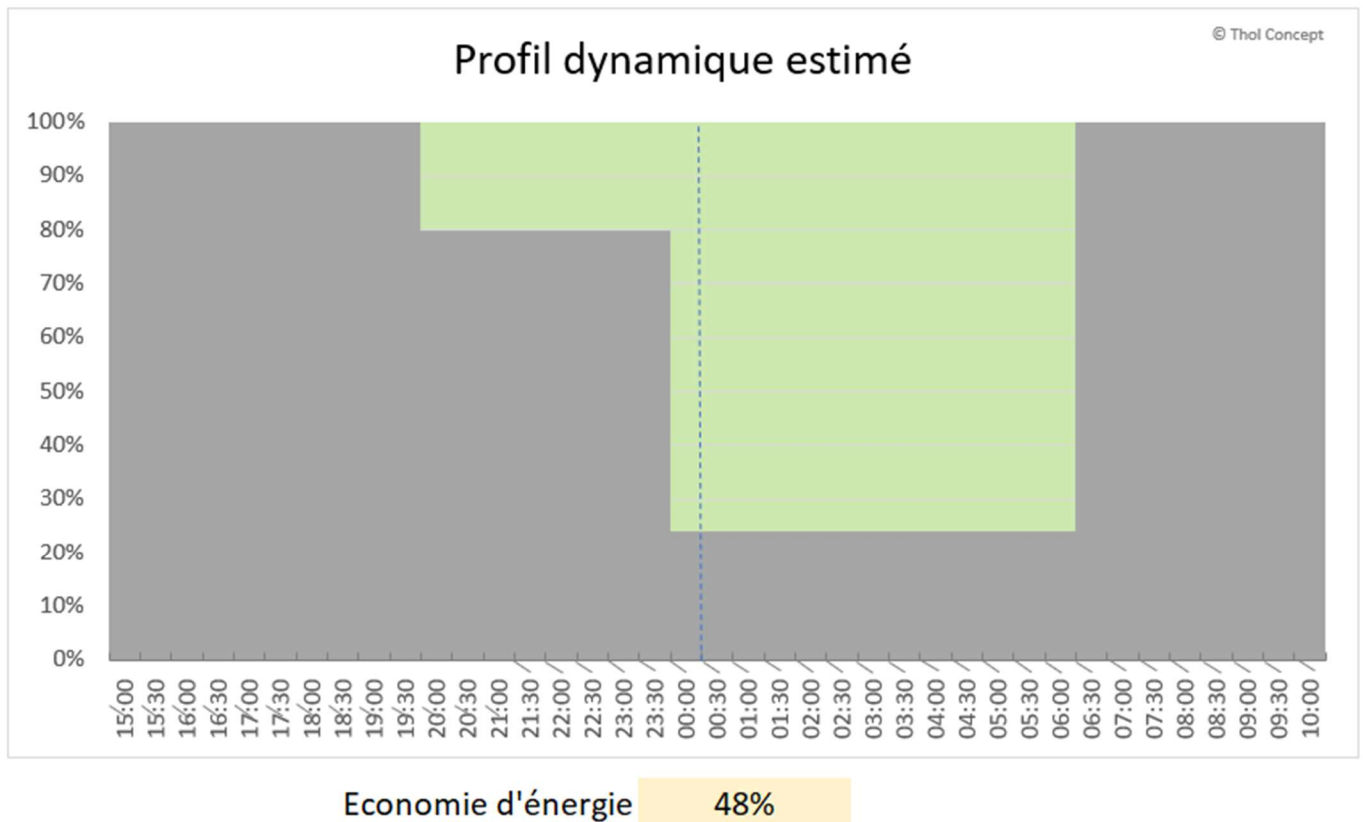
A partir de 05h00, l'éclairage est allumé à 10% et monte à nouveau à 100% lors de la présence d'usagers ; durant cette période nous estimons ~40% de présence.

A partir de 06h00, l'éclairage est permanent à 100% jusqu'à l'extinction.

11.2.2 Zone Vieille ville :

Pour la zone de la vieille ville (zones magenta sur le plan au paragraphe 11.3), un profil différent pour les jours de semaine et le weekend peut être mis en place :

Jours de semaine (Dimanche à jeudi, 4 nuits par semaine) :



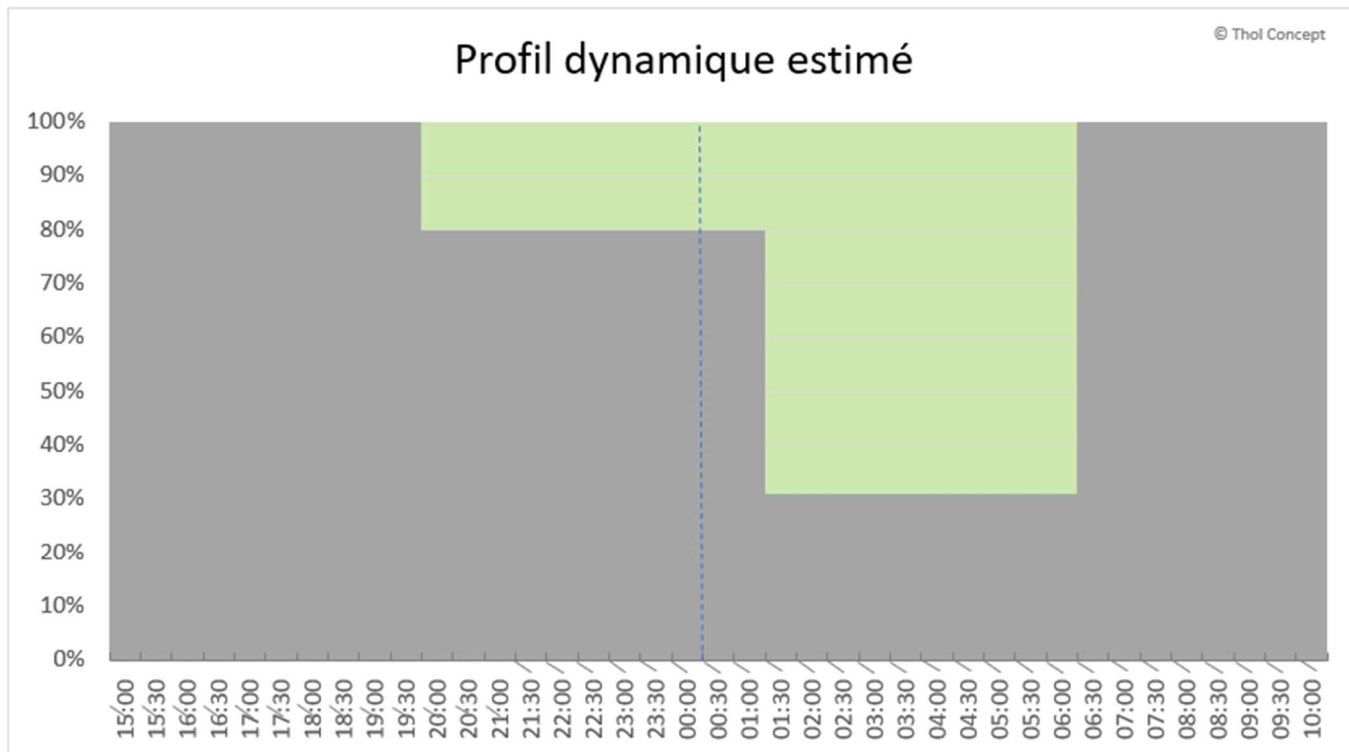
Dans ce profil, l'éclairage de la vieille ville est à 100%, de l'enclenchement jusqu'à 20h00.

Dès 20h00, l'éclairage est à 80%, favorisant une ambiance plus conviviale.

Dès 00h00, la détection est activée, l'éclairage de base (sans usagers) est abaissé à 10% et l'éclairage monte à 80% lors de la présence d'usagers ; durant cette période, nous estimons ~20% de présence.

A partir de 06h30, l'éclairage est allumé à 100% jusqu'à l'extinction.

Weekend (Jeudi à samedi, 3 nuits par semaine) :



Economie d'énergie 38%

Dans ce profil, l'éclairage de la vieille ville est à 100%, de l'enclenchement jusqu'à 20h00.

Dès 20h00, l'éclairage est à 80%, favorisant une ambiance plus conviviale.

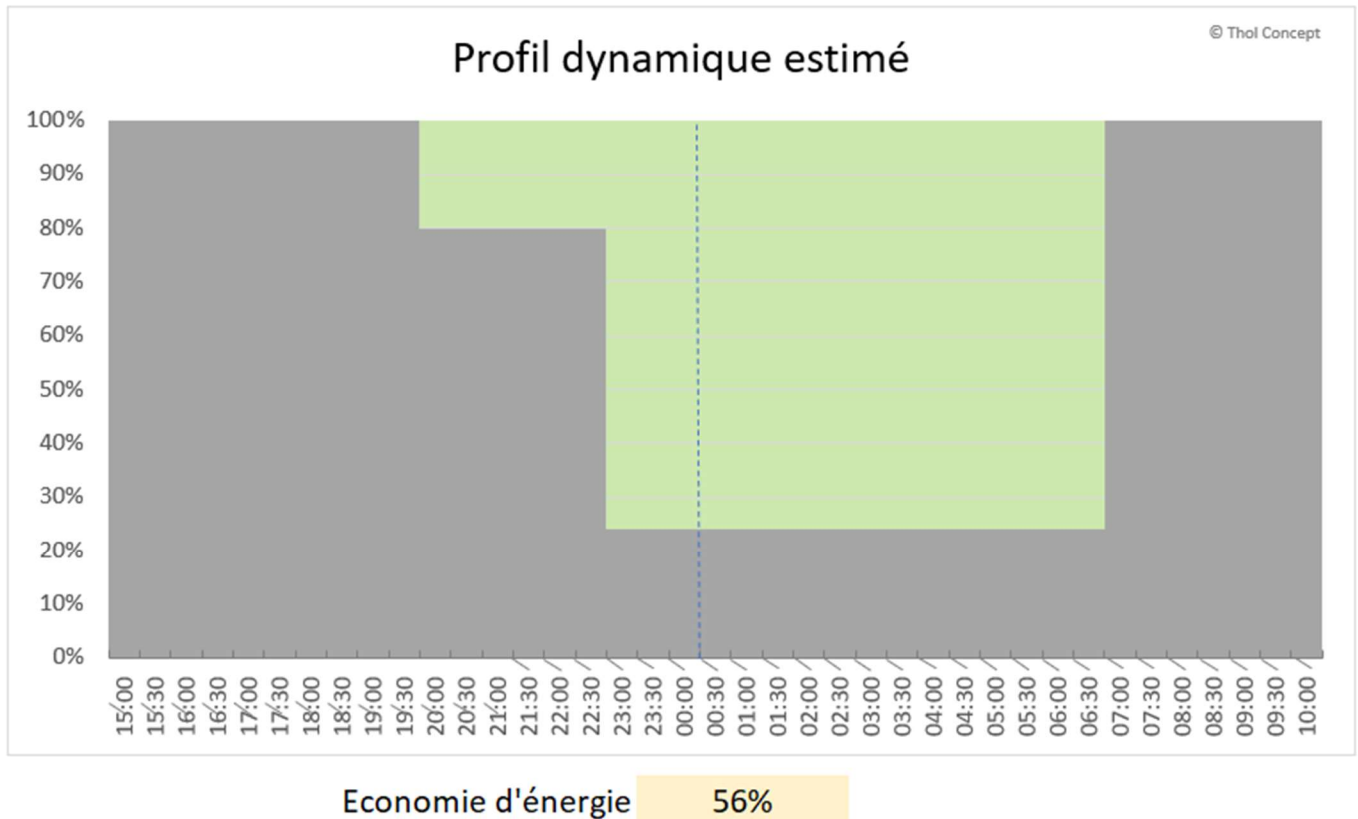
Dès 01h30, la détection est activée, l'éclairage de base (sans usagers) est abaissé à 10% et l'éclairage monte à 80% lors de la présence d'usagers ; durant cette période, nous estimons ~30% de présence.

A partir de 06h30, l'éclairage est allumé à 100% jusqu'à l'extinction.

La combinaison de ces deux profils représente une économie estimée de 44% sur l'année. Avec la télégestion, le calendrier permet de prévoir d'autres scénarios à des dates spécifiques, par exemple durant la période des fêtes.

11.2.3 Zone historique :

Pour la zone historique (zone verte sur le plan au paragraphe 11.3), le profil suivant peut être mis en place :
Jours de semaine (Dimanche à vendredi, 5 nuits par semaine) :



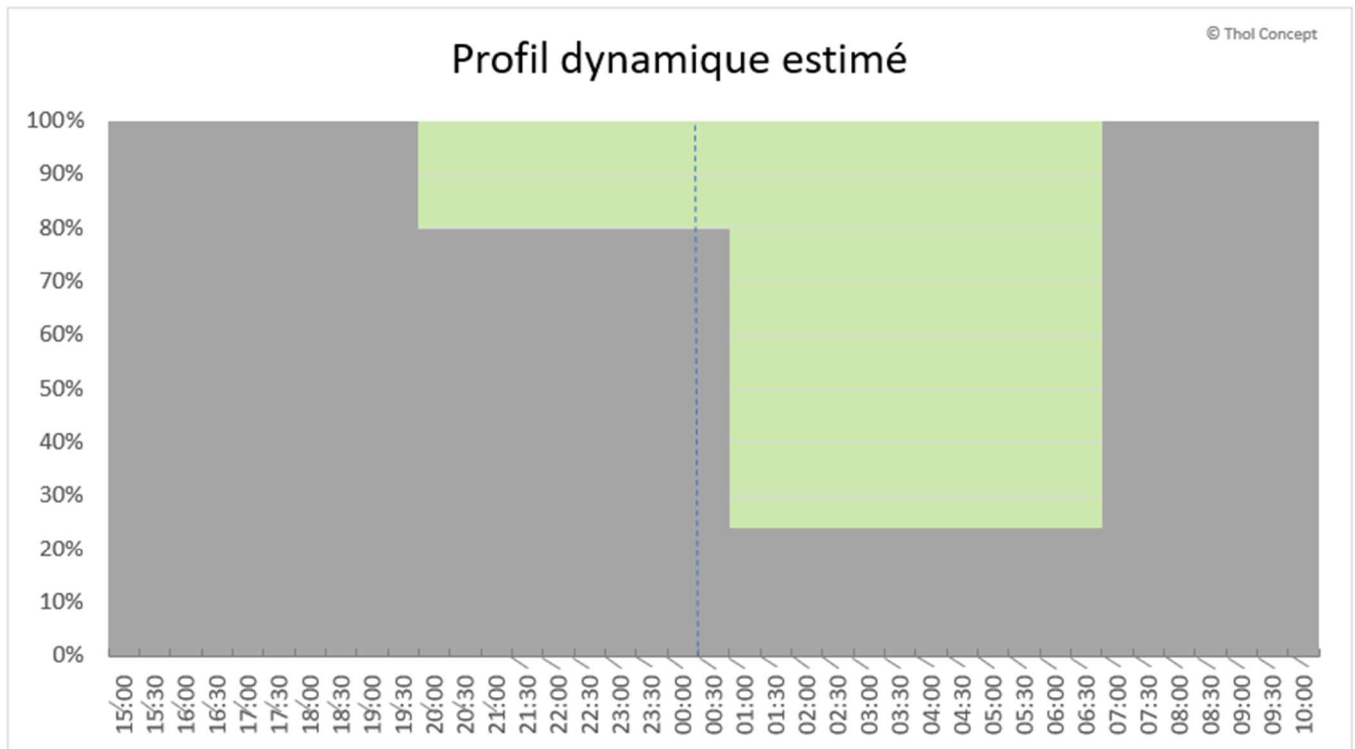
Dans ce profil, l'éclairage de la zone historique est à 100%, de l'enclenchement jusqu'à 20h00.

Dès 20h00, l'éclairage est à 80%, favorisant une ambiance plus conviviale.

Dès 23h00, la détection est activée, l'éclairage de base (sans usagers) est abaissé à 10% et l'éclairage monte à 80% lors de la présence d'usagers ; durant cette période, nous estimons ~20% de présence.

A partir de 07h00, l'éclairage est allumé à 100% jusqu'à l'extinction.

Weekend (Vendredi à samedi, 2 nuits par semaine) :



Economie d'énergie 46%

Dans ce profil, l'éclairage de la vieille ville est à 100%, de l'enclenchement jusqu'à 20h00.

De 20h00, l'éclairage est à 80%, donnant une ambiance plus conviviale.

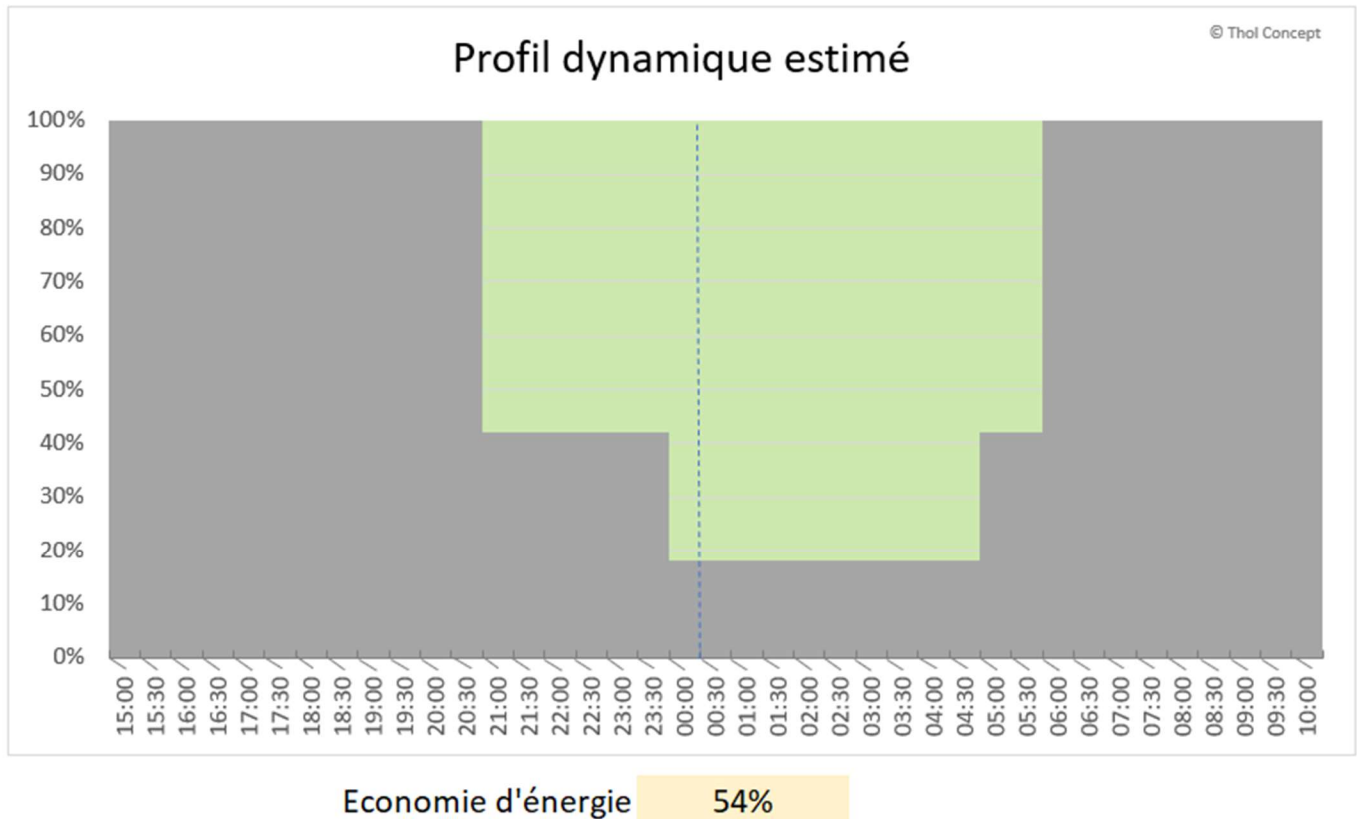
De 01h00, la détection est activée, l'éclairage de base (sans usagers) est abaissé à 10% et l'éclairage monte à 80% lors de la présence d'usagers, nous estimons sur cette période ~20% de présence.

A partir de 07h00, l'éclairage est allumé à 100% jusqu'à l'extinction.

La combinaison de ces deux profils représente une économie estimée de 53% sur l'année. Avec la télégestion, le calendrier permet de prévoir d'autres scénarios à des dates spécifiques, par exemple durant la période des fêtes.

11.2.4 Zones commerciales, industrielles et sportives :

Pour les zones commerciales, industrielles et sportives dans le périmètre de la ville (zones rouges sur le plan au paragraphe 11.3), le profil suivant peut être mis en place :



Dans ce profil, l'éclairage des axes principaux est à 100%, de l'enclenchement jusqu'à 21h00.

Dès 21h00, l'éclairage de base (sans usagers) est abaissé à 10% et l'éclairage monte à 100% lors de la présence d'usagers ; durant cette période, nous estimons ~35% de présence.

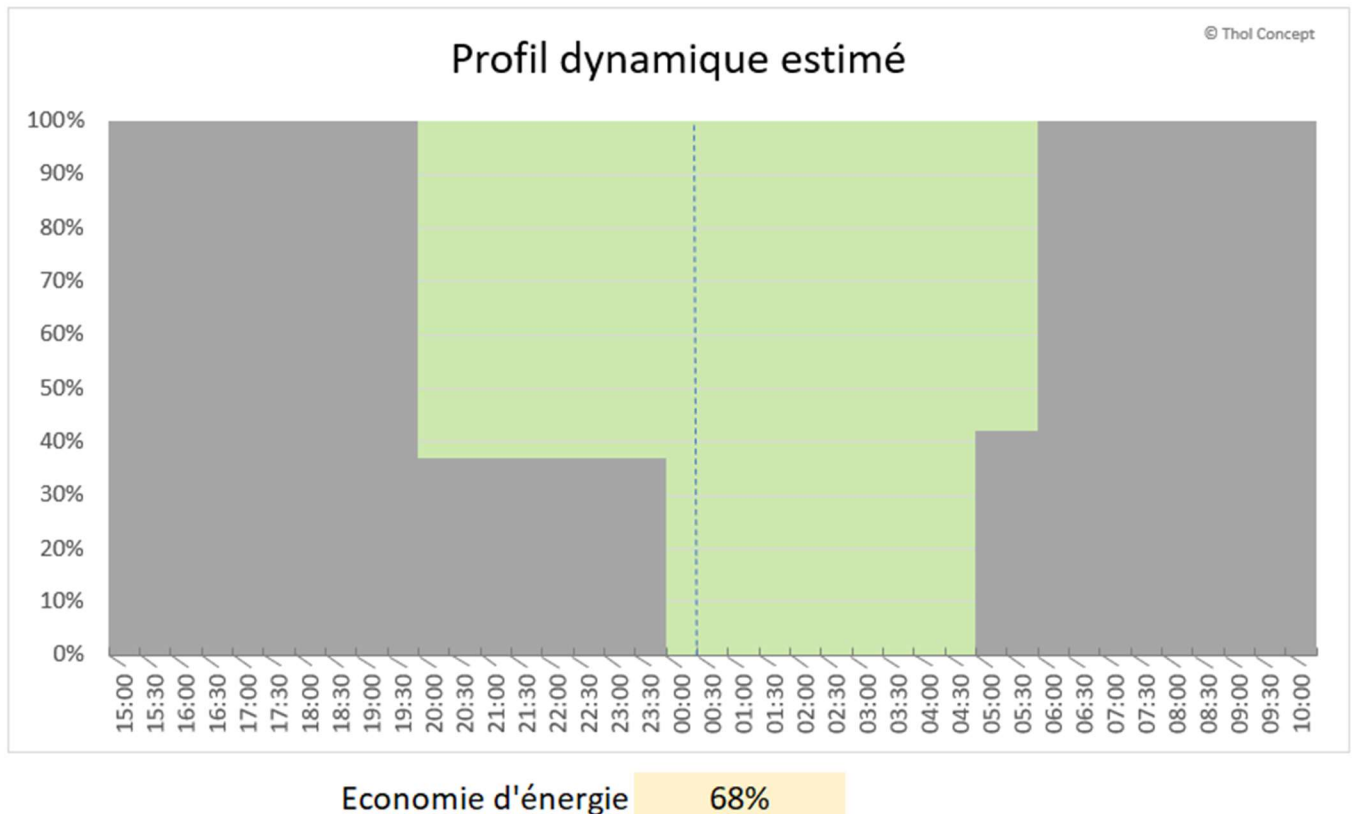
Dès 23h00, l'éclairage de base (sans usagers) est abaissé à 10% et l'éclairage monte à 50% lors de la présence d'usagers ; durant cette période, nous estimons ~20% de présence.

A partir de 05h00, l'éclairage est allumé à 10% et monte à nouveau à 100% lors de la présence d'usagers ; durant cette période, nous estimons ~35% de présence.

A partir de 06h00, l'éclairage est permanent à 100% jusqu'à l'extinction.

11.2.5 Zone industrielle du Rhône :

Pour la zone industrielle côté Rhône (zone rouge sur le plan au paragraphe 11.3 / Annexe C2), le profil suivant peut être mis en place :



Dans ce profil, l'éclairage des axes principaux est à 100%, de l'enclenchement jusqu'à 20h00.

Dès 20h00, l'éclairage de base (sans usagers) est abaissé à 10% et l'éclairage monte à 100% lors de la présence d'usagers ; durant cette période, nous estimons ~30% de présence.

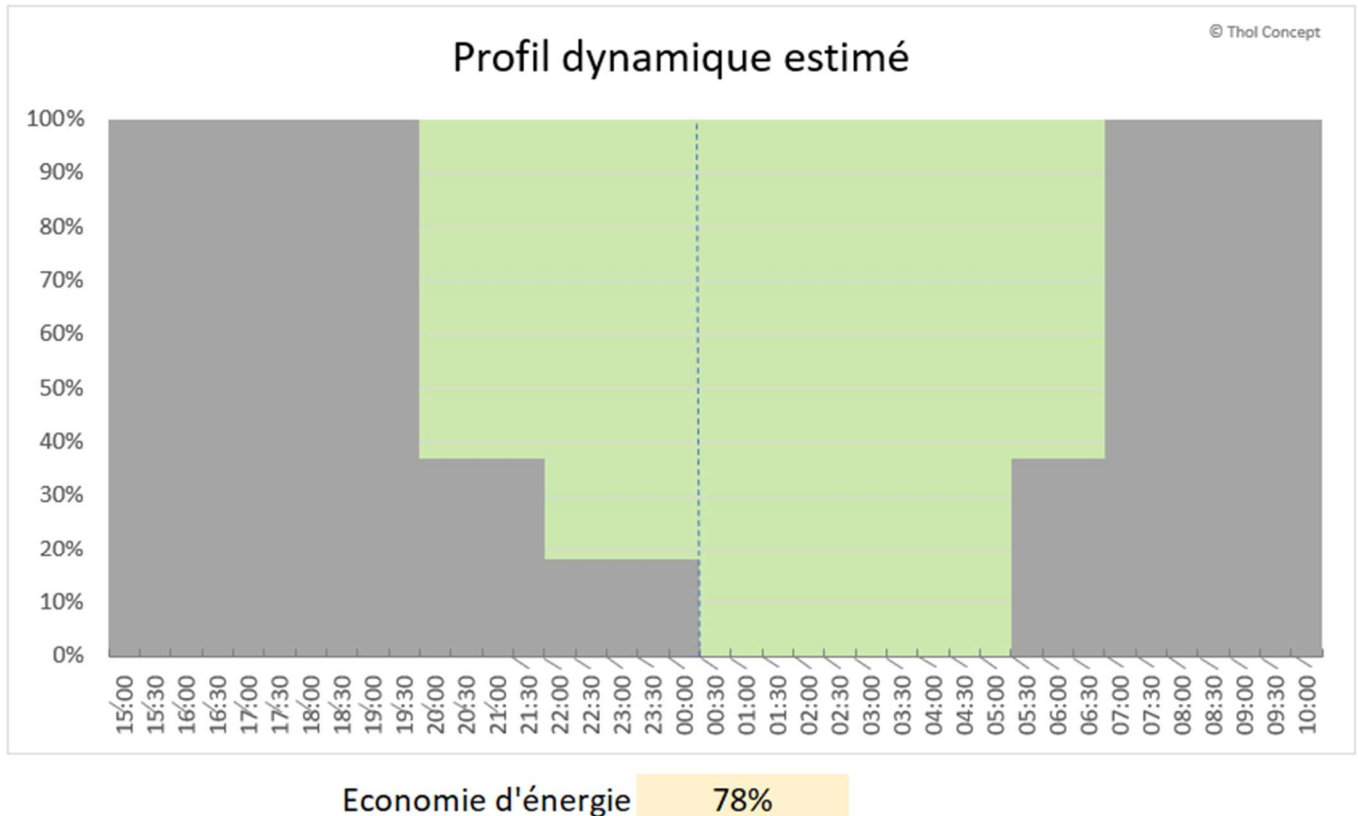
Dès 24h00, l'éclairage est éteint et ne réagit pas à la présence.

A partir de 05h00, l'éclairage est allumé à 10% et monte à nouveau à 100% lors de la présence d'usagers ; durant cette période, nous estimons ~35% de présence.

A partir de 06h00, l'éclairage est permanent à 100% jusqu'à l'extinction.

11.2.6 Zones résidentielles :

Pour les zones résidentielles (zones bleues sur le plan au paragraphe 11.3), le profil suivant peut être mis en place :



Dans ce profil, l'éclairage des routes de quartier est à 100%, de l'enclenchement jusqu'à 20h00.

Dès 20h00, l'éclairage de base (sans usagers) est abaissé à 10% et l'éclairage monte à 100% lors de la présence d'usagers ; durant cette période, nous estimons ~30% de présence.

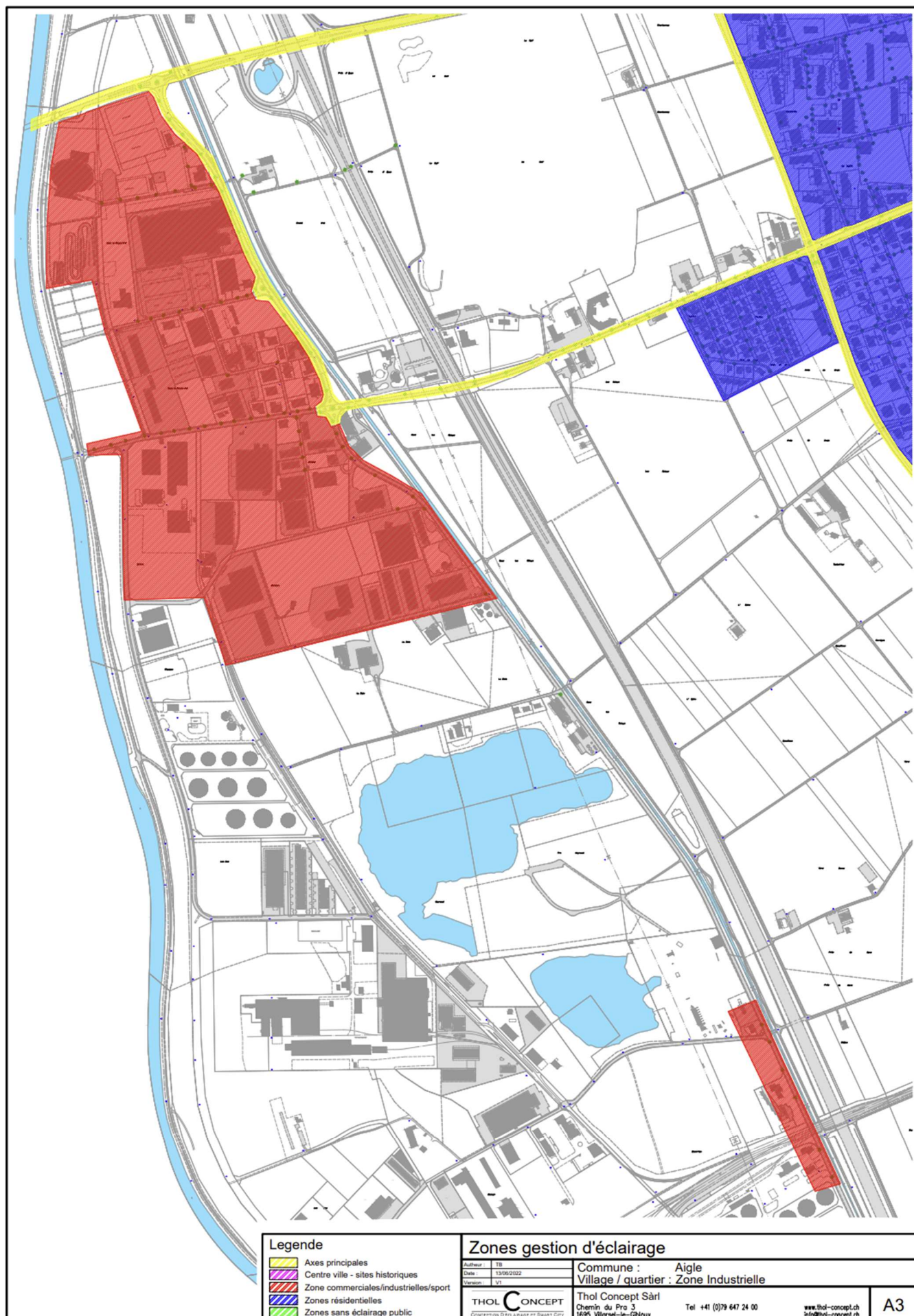
Dès 22h00, l'éclairage de base (sans usagers) est abaissé à 10% et l'éclairage monte à 50% lors de la présence d'usagers ; durant cette période, nous estimons ~20% de présence.

A partir de 00h30, l'éclairage est éteint et ne réagit pas à la présence.

A partir de 05h30, l'éclairage est à nouveau allumé à 10% et monte à 100% lors de la présence d'usagers ; durant cette période, nous estimons ~30% de présence.

A partir de 07h00, l'éclairage est permanent à 100% jusqu'à l'extinction.

Le plan suivant se trouve en Annexe C2, en format .pdf A3



Luminaires LED existants

Pour le scénario 1, 340 luminaires LED sans abaissement devront être programmés, nous estimons le coût de cette programmation à 30'000.-CHF.

Pour le scénario 2, les 857 luminaires LED peuvent être équipés avec un contrôleur de télégestion sur le mât.

Les 61 appliques ne sont certainement ni programmables ni pilotables et de ce fait, ne peuvent bénéficier d'abaissement nocturne.

Les 37 bornes et projecteurs ne sont certainement pas programmables ou pilotables. Il est sans doute possible d'équiper le départ de leur alimentation (par groupe) d'un contrôleur de télégestion afin de permettre leur extinction de minuit à 06h00, permettant ainsi une économie de 50%.

11.4 Protection de la nature

La définition des zones avec l'extinction nocturne de l'éclairage public des routes résidentielles aura un effet très positif sur la nature, en particulier sur l'activité des insectes pollinisateurs nocturnes et tous les animaux actifs durant la nuit. Ceci permet également une réduction notable des émissions lumineuses et donne à la population la possibilité de redécouvrir le ciel étoilé.



Source: <https://www.bible-ouverte.ch/meditations/fil-d-or/2604-un-ciel-etoile-6.html>



Les propositions de gestion / d'abaissement et d'extinction de ce chapitre répondent au point 6 du « plan en 7 points » de la recommandation de l'OVEV.

12 Analyse du matériel d'éclairage public

Cette analyse est basée sur la liste d'inventaire mise à disposition par Romande Energie Service. Lors de la vision locale nous avons constaté de nombreuses incohérences entre la liste et le matériel installé, que nous avons corrigé au mieux dans l'inventaire. L'éclairage « Privé » figurant sur l'inventaire de RES n'a pas été analysé et n'a pas été pris en compte dans ce plan directeur.

Seul le matériel hors-sol des points lumineux est analysé ; la partie souterraine et les armoires ne sont pas notifiées dans l'inventaire et sur les plans à notre disposition.

12.1 Inventaire du matériel d'éclairage public

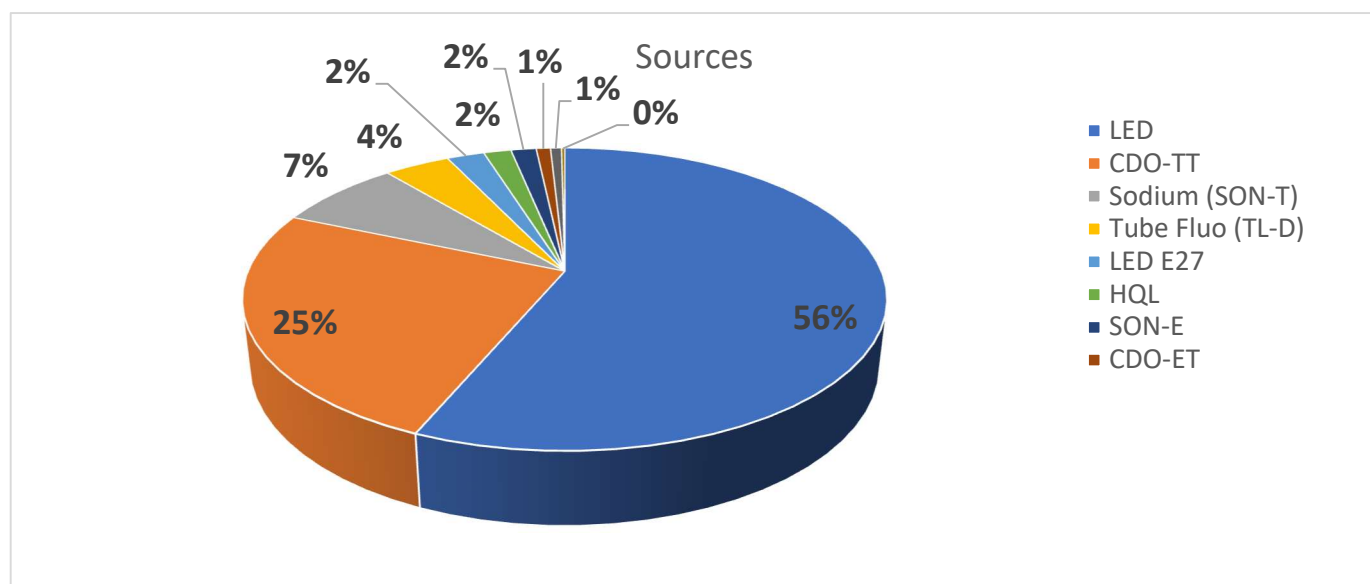
L'analyse de la liste d'inventaire permet de regrouper les luminaires et les supports (mâts...) selon leur type :

12.1.1 Types de luminaire :

Type de luminaire	Nombre
Teceo 1	524
Clip 28	214
Onyx 2	101
Cloche	89
Lanterne IP 23 portée	49
Furyo 2	41
*Lanterne	34
Chic	34
Furyo 1	32
Armat. TL	32
HapiLed (4000K Blanc neutre)	30
Lanterne LED suspendue (3000K Blanc chaud)	25
Lanterne LED portée (3000K Blanc chaud)	18
Zebralux	18
*Projecteur LED	16
*Applique	15
KORNER module mise en valeur	13
Siemens	13
KORNER module 4 faces	13
Lanterne IP 65 - Portée	13
Trend anti-Vandale	12
HapiLed (3000K blanc chaud)	11
Tritec S	11
Rondo	10
Isla LED Asymétrique (4000K Blanc neutre)	10
DL 500 Maxi-K	9
Minilux LED Fortimo (3000K blanc chaud)	8
*Tome	8
Bega	7
*Luminaire	7
Lanterne IP 23 suspendue	7
FLC121 LED	6
Borne Farol	6
Eclatec Eclat	6
Isla LED Asymétrique (3500K blanc chaud)	5
*Projecteur	5
Minilux	5
Clip 34	5
Kassio	5
Mini-Saphir	5
MiniLuma	5
Sistellar	4
Isla LED Symétrique (3500K blanc chaud)	4
GL2 Schröder	3
Titan Compact	3
Laser Blade	3
Securitec	3
Lanterne LED portée (4000K Blanc neutre)	3
TEKK S	2
Encastré ETC130 (3000K Blanc chaud)	2
Ventego	2
Tête de mât argent	2
Lineo 2 Solaire	2
Philips	2
Lanterne IP 65 - suspendue	2
Mini-Coffre	2
BEGA8038	2
*Casserole	1
Onyx 3	1
Grand Total	1520

12.1.2 Types de source :

Type de source	Nombre
LED	857
CDO-TT	381
Sodium (SON-T)	114
Tube Fluo (TL-D)	60
LED E27	34
HQL	25
SON-E	23
CDO-ET	13
CDM-T	10
CPO	3
Total	1520



12.1.3 Types de support :

Type de support	Nombre
Mât droit implanté	725
Mât fouet implanté	212
Mur - Façade	127
Mât droit sur plaque de base	116
Mât	91
Socle Béton (Borne)	23
Mât fouet sur plaque de base	14
Pied KORNER	13
Mât octogonal implanté	12
Hauban	11
Colonne ELO	11
Mât octogonal sur plaque de base	9
Mât fouet	5
Mât droit sur collier	4
Mât courbé	2
Poteau EP	2
Étrier	1
Poteau BT	1
Encastré sol	1
Poteau	1
Total	1381

La différence entre le nombre de luminaires et le nombre de support est due aux points lumineux comportant deux ou plusieurs luminaires sur le même mât.

La liste d'inventaire comprenant toutes les informations se trouve en Annexe D.

12.2 Analyse de l'âge et état général

Cette analyse est basée sur la liste d'inventaire de la Romande Energie mis à notre disposition par la commune. Lors de notre vision locale, nous avons constaté passablement d'erreurs sur cette liste, notamment par rapport aux types de luminaires installés. Une analyse approfondie des points lumineux, notamment les types et les puissances des sources, ne fait pas partie de ce mandat. Nous avons corrigé les erreurs détectées et avons basés nos analyses sur les informations obtenues. Cette liste ne contient que partiellement les dates d'installation / les âges du matériel d'éclairage public. N'ayant pas plus d'informations basées sur le modèle de luminaire, la technologie de la source ainsi que sur leur état général observé lors de notre vision locale, nous avons estimé la date d'installation (l'âge) des luminaires et des mâts.

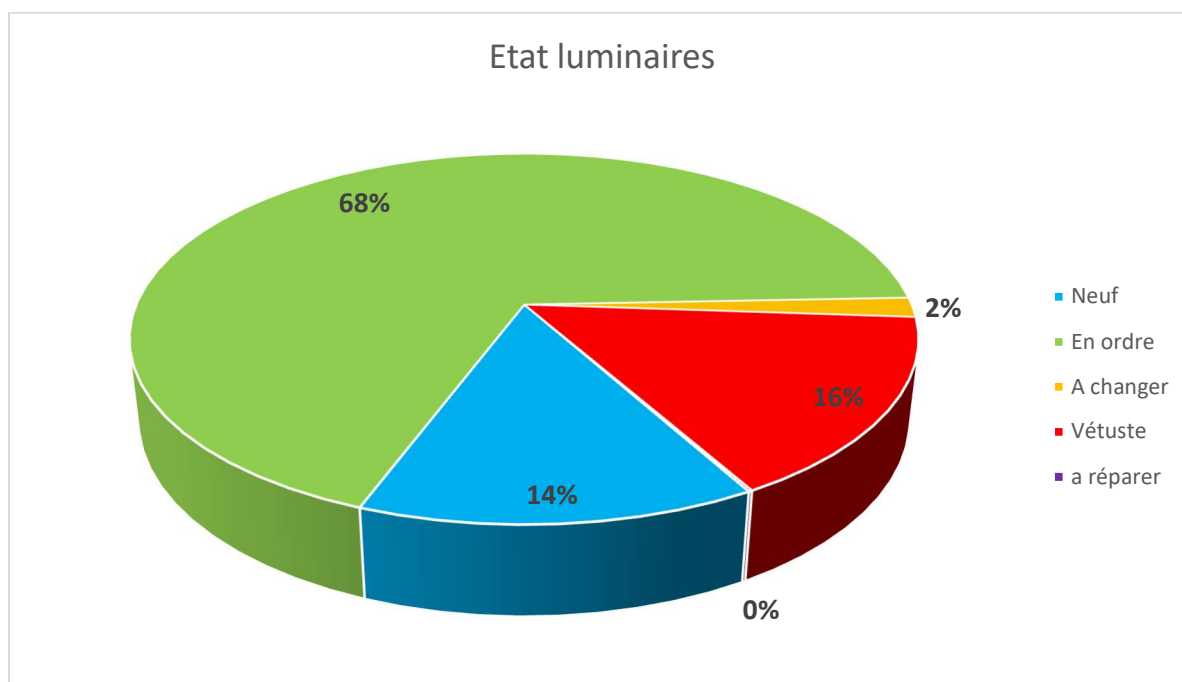
L'analyse est portée sur l'âge et la vétusté des luminaires et des mâts selon les critères suivants :

	Neuf	En ordre	A changer	Vétuste
Luminaire	< 5 ans	5 à 19 ans	20 à 25 ans	> 25 ans
Support aluminium (mât)	< 5 ans	5 à 19 ans	20 à 30 ans	> 30 ans
Support bois (mât)	< 5 ans	5 à 19 ans	20 à 30 ans	> 30 ans
Support acier (Mât/console)	< 5 ans	5 à 24 ans	25 à 40 ans	> 40 ans

12.2.1 État des luminaires :

État luminaires	Nombre
Neuf	209
En ordre	1042
A changer	26
Vétuste	241
A réparer	2
Total	1520

La répartition de l'état des luminaires est la suivante :

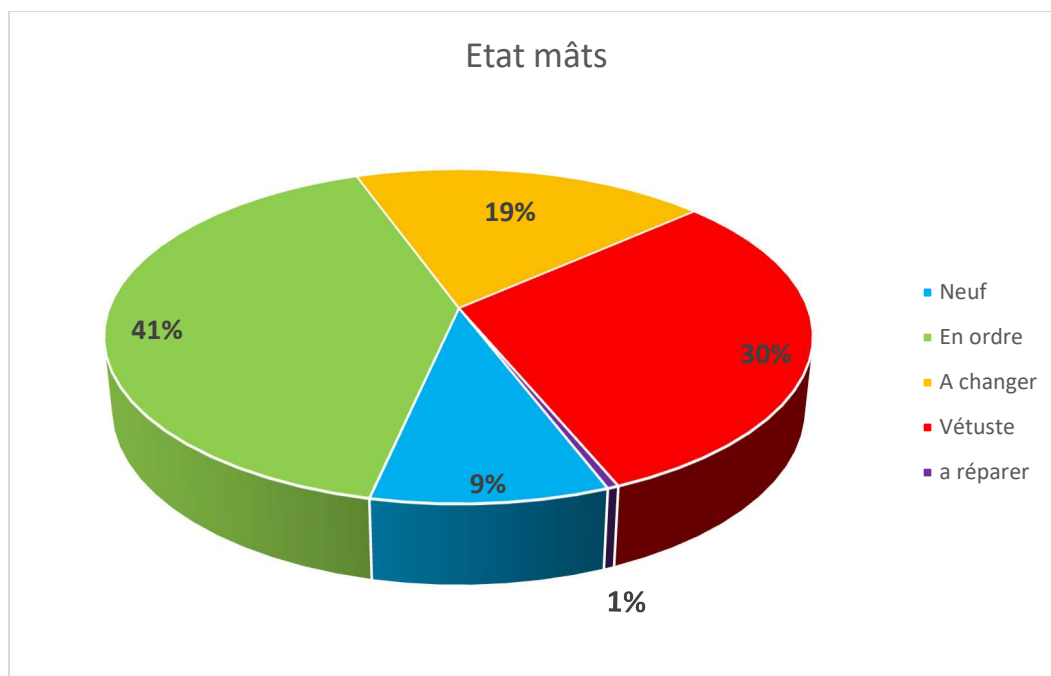


12.2.2 État des mâts :

L'âge des mâts est une estimation grossière et cette analyse nécessite confirmation par un contrôle mécanique des mâts.

État des mâts	Nombre
Neuf	124
En ordre	550
A changer	254
Vétuste	405
A réparer	6
Total	1339

La répartition de l'état des mâts est la suivante :



12.3 Défauts

Lors de la vision locale, nous avons constaté les défauts de nature mécanique suivants :

Défauts support	Nombre
Mât plié	6
Mât penché	4
Portillon scotché	2
Total	12

Défaut luminaire	Nombre
Verre cassé	1
Manque vasque	1
Vasque cassée	1
Total	3

Nous vous recommandons de procéder à la réparation de ces éléments au plus vite.

12.4 Recommandations pour le renouvellement de l'éclairage public

12.4.1 Priorisation de changement des luminaires

Notre analyse se concentre sur le système optique (réflecteur, vasque), le type de source ainsi que l'état et l'âge des luminaires. Nous avons tenu compte de tous les luminaires. Les 128 luminaires LED ne sont pas inclus dans la liste des luminaires à changer.

Le tableau suivant indique le nombre de luminaires à changer par priorité et type de luminaire :

Type de luminaire	1	2	3	4	Total
*Lanterne	34				34
Lanterne IP 23 portée	49				49
Cloche	12				12
Siemens	13				13
*Tome (style Plazalux)	8				8
*Applique	14		1		15
Lanterne IP 23 suspendue	7				7
*Luminaire	5				5
*Casserole	1				1
Zebralux		16	2		18
Armat. TL		14	12		26
DL 500 Maxi-K		8	1		9
Borne Farol		6			6
*Projecteur		5			5
Securitec		3			3
Philips		2			2
Eclatec Eclat		2	4		6
Clip 28			213		213
Onyx 2			101		101
Lanterne IP 65 - Portée			13		13
Trend anti-Vandale			12		12
Rondo			10		10
Bega			5		5
Clip 34			5		5
Minilux			5		5
Mini-Saphir			4		4
Sistellar			4		4
Lineo 2 Solaire			2		2
Lanterne IP 65 - suspendue			2		2
Ventego			2		2
BEGA8038			2		2
Onyx 3			1		1
Mini-Coffre			1		1
Furyo 2				41	41
Furyo 1				32	32
Total	143	56	402	73	674

Priorité 1 : Luminaires vétustes

Priorité 2 : Luminaires à changer

Priorité 3 : Luminaires équipés d'anciennes optiques

Priorité 4 : Solde des luminaires non-LED

Ces priorités sont à utiliser à titre indicatif et aident à définir les routes à traiter en priorité. Nous conseillons de changer tous les luminaires d'une route en même temps afin d'assurer l'uniformité de l'éclairage de la route. Les passages piétons sont à évaluer et leur éclairage à adapter dans le même temps.

12.4.2 Priorisation de changements des mâts

L'âge des mâts est basé sur une estimation grossière et de ce fait une priorisation ne peut être faite. Nous recommandons vivement que les mâts soient soumis à un contrôle mécanique afin de déterminer leur état. Basé sur ce contrôle, leur durée de vie pourra être estimée et la priorisation pourra être faite sur la base des résultats.

12.5 Définition des produits

Nous avons analysé la liste d'inventaire des luminaires LED déjà installés dans la commune d'Aigle, sur mât ou sur console, afin d'identifier les modèles de luminaire suivants :

Type de luminaire	Nombre
Teceo 1	524
Cloche	77
Chic	34
HapiLed (4000K Blanc neutre)	30
Lanterne LED suspendue (3000K Blanc chaud)	25
Lanterne LED portée (3000K Blanc chaud)	18

Modèle de luminaire	Image	Application
Teceo - Schröder (3 tailles à disposition)		Routes principales, secondaires et résidentielles
Cloche - Siteco		Routes secondaire et résidentielles
Chic – So lighting		Routes résidentielles
Happyled - Schröder		Chemins piétons, zones de rencontres
Lanterne LED		Vieille Ville, zone historique

Afin de garder une identité visuelle uniforme et vu le nombre de luminaires LED déjà installés, nous vous recommandons de poursuivre avec les mêmes modèles de luminaire LED ou d'équiper des routes entières avec de nouveaux modèles.

13 Analyse financière

13.1 Valeur du parc d'éclairage public – uniquement partie hors terre (HT)

La valeur du parc d'éclairage public est calculée sur la base des prix de remplacement budgétaires valables pour l'année 2022, tenant compte de matériel standard. Ces chiffres devront être actualisés en fonction de l'évolution des prix du marché.

Valeur de remplacement selon l'état (HT) :

État	Luminaire	Mâts	Total
Neuf	258'300	159'000	417'300
En ordre	1'278'800	703'100	1'981'900
A changer	33'300	317'600	350'900
Vétuste	286'000	541'600	827'600
A réparer	2'800	7'900	10'700
Total	1'859'200	1'729'200	3'588'400

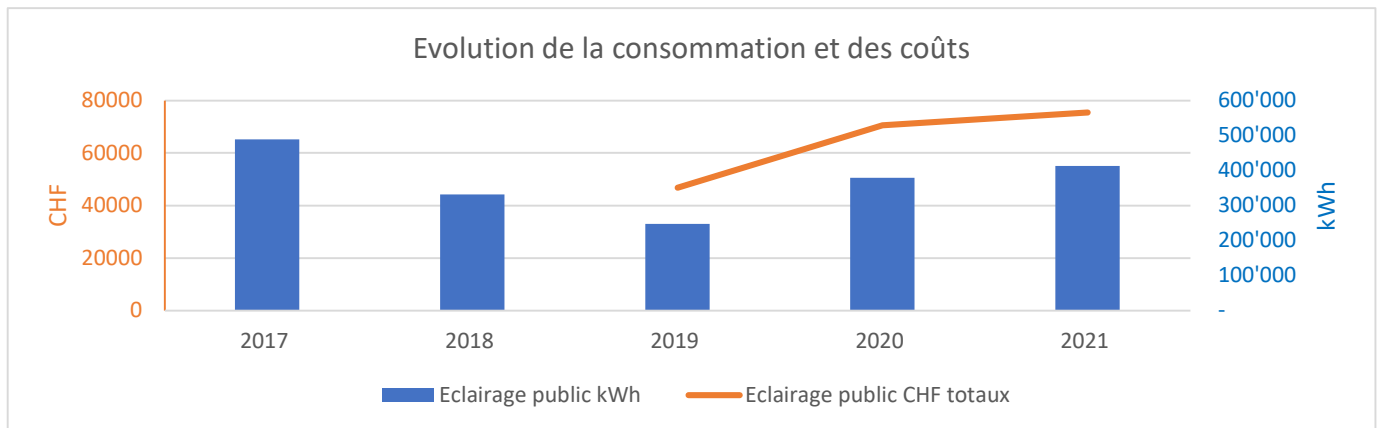
Valeur actuelle selon l'état (HT, dévaluation linéaire selon âge présumé)

État	Luminaire	Mâts	Total	% valeur neuf
Neuf	236'480	151'170	387'650	
En ordre	820'984	489'650	1'310'634	
A changer	9'100	52'478	61'578	
Vétuste	0	0	0	
A réparer	2'016	3'195	5'211	
Total	1'068'580	696'493	1'765'073	49%

Pour cette analyse de valeur du parc, nous avons tenu compte uniquement de la valeur du matériel « hors sol », c'est-à-dire les mâts et les luminaires. Les informations concernant les parties souterraines ne sont pas à notre disposition.

13.2 Évolution de la consommation d'énergie de l'éclairage public

Ce graphique est basé sur les chiffres tirés du site de romande Energie. Les montants ne sont pas disponibles pour toutes les années et la consommation varie presque du simple au double ; l'exactitude peut ainsi être remise en question.



La grande majorité de l'éclairage public sur compteur est facturé en fonction de la consommation réelle ; seuls 9 luminaires sont comptés au forfait mais représentent moins d'un pourcent de la consommation.

Les analyses suivantes sont basées sur un fonctionnement de l'éclairage public de 4071 heures par années, la puissance des luminaires installés, la consommation moyenne des luminaires gérés par détection et un tarif de 0.22 CHF par kWh, qui correspond à notre meilleure estimation du tarif pour les prochaines 3 ans.

13.2.1 Analyse économies annuelles potentielles

Pour Aigle, nous avons calculé les économies annuelles potentielles par rapport à la situation actuelle (début 2022) pour le remplacement des luminaires concernés par de la LED et pour les deux scénarios proposés. Les montants des 2 scénarios représentent les valeurs (HT), après le changement de tous les luminaires en LED. Nous avons calculé le coût de l'énergie à 0.22 CHF / kWh.

Scénario LED 100%

Ce scénario démontre l'économie qui est atteinte avec le changement de tous les luminaires concernés en LED, allumés à 100% toute la nuit (pour les luminaires LED existants, nous avons tenu compte de leur consommation moyenne) :

Localité	kWh actuel	kWh future	économie kWh	CHF actuel	CHF future	économie CHF	économie %
Aigle	412'967	238'379	174'588	90'853	52'443	38'409	
Total	412'967	238'379	174'588	90'853	52'443	38'409	42.3%

Scénario 1 : Abaissement nocturne autonome des nouveaux luminaires LED avec le profil existant ou le profil générique :

Localité	kWh actuel	kWh future Scen 1	économie kWh	CHF actuel	CHF future Scen 1	économie CHF	économie %
Aigle	412'967	197'604	215'362	90'853	43'473	47'380	
Total	412'967	197'604	215'362	90'853	43'473	47'380	52.2%

La solution selon le scénario 1 permet une économie annuelle supplémentaire de 40'775 kWh ou 8'970.- CHF, ce qui correspond à 9.9%.

Scénario 2 : Télégestion avec détection pour toutes les routes :

Localité	kWh actuel	kWh future Scen 2	économie kWh	CHF actuel	CHF future Scen 2	économie CHF	économie %
Aigle	412'967	96'884	316'082	90'853	21'315	69'538	
Total	412'967	96'884	316'082	90'853	21'315	69'538	76.5%

La solution selon le scénario 2 permet une économie annuelle supplémentaire de 141'495 kWh ou 31'129.-CHF, ce qui correspond à 34.3%.

L'investissement pour la télégestion est estimé à 460'000.-CHF.

13.3 Retour sur investissement (ROI)

Le tableau suivant compare les différents scénarios par rapport à leurs coûts, l'économie qui en résulte (inclus l'économie en frais d'entretien) et le calcul de retour sur investissement (ROI en nombre d'année) :

Investissement	Coûts	Coûts budget	Économie (Δ)	ROI
Remplacement luminaires non-LED	931'200	940'000	48'017	19.6
Scénario 1 : Abaissement : programmation luminaires LED	28'900	30'000	8'970	3.3
Scénario 2 : Télégestion avec détection	459'475	460'000	31'129	14.8

13.4 Planification financière sur 3 ans

Nous avons élaboré une projection financière basée sur les hypothèses suivantes :

- Tous les luminaires non-LED seront remplacés par des luminaires LED au cours des prochains 3 ans.
- Les mâts seront sujets à un contrôle au cours des prochaines années, une petite partie sera remplacée jusqu'en 2025 et une part plus importante sera remplacée durant les années 2026 à 2035.
- Un système de télégestion est mis en place avec la détection et les extinctions selon le scénario 2.

13.4.1 Coûts récurrents

Coûts de l'énergie (HT)

Localité	kWh actuel	kWh futur	CHF/an 2022-25	CHF/an 2026=>	économie CHF
Aigle	412'967	96'884	90'853	21'315	69'538
Total	412'967	96'884	90'853	21'315	69'538

Les coûts d'énergie diminueront graduellement durant la période 2022 à 2025 en fonction du remplacement des luminaires et la mise en place de la télégestion, pour atteindre la valeur identifiée pour 2025, lorsque tous les luminaires seront en LED et gérés selon le scénario 3.

Coûts d'entretien annuels (HT)

Les coûts d'entretiens annuels sont basés sur des tarifs estimés. Ils incluent le remplacement des sources pour les luminaires à lampe à décharge, le nettoyage, le contrôle périodique, la mise à jour des inventaires et des plans ainsi que pour les mâts de 5m et plus, un contrôle mécanique tous les dix ans.

Pour la période de 2022 à 2025, les coûts d'entretien (HT) annuels sont :

Localité	Coût entretien luminaires	Licence Télégestion	Total
Aigle	76'250		76'250
Total	76'250		76'250

Les coûts d'entretien annuels diminueront graduellement avec le remplacement des anciens luminaires par des luminaires LED et la mise en place de la télégestion pour atteindre en **2026** les valeurs suivantes (HT) :

Localité	Coût entretien Point lumineux	Licence Télégestion	Total
Aigle	65'642	1'000	66'642
Total	65'642	1'000	66'642

Nous prévoyons une économie annuelle de 9'608.- CHF pour les coûts d'entretien à partir du moment où les luminaires seront tous remplacés par des luminaires LED et équipés de la télégestion.

13.4.2 Investissements (renouvellement) (HT)

Remplacement de tous les luminaires non-LED au cours des prochains trois ans. Remplacement moindre des mâts durant les trois prochaines années et remplacement plus important les 10 années suivantes. Par la suite, il s'agit de poursuivre avec un remplacement d'un quart des mâts tous les 10 ans. Finalement, le remplacement de tous les mâts sera effectif tous les 40 ans.

A partir de 2036, nous avons inclus le remplacement de la moitié des luminaires tous les 10 ans, vu qu'ils atteindront leur fin de vie vers 20 ans.

Nous avons également inclus le remplacement du système de télégestion au bout de 20 ans.

Période	Luminaires	Mâts	Télégestion	Etude	Total	Par année
total jusqu'à 2025	791'200	130'000	460'000	140'000	1'521'200	507'067
total 2026 -2035	200'000	740'000	0		940'000	94'000
total 2036 - 2045	929'600	432'300	230'000		1'591'900	159'190
total >2046	929'600	432'300	230'000		1'591'900	159'190

13.5 Résumé coûts annuels (HT)

La table suivante présente la somme des coûts annuels pour les prochains 3 ans et les années suivantes :

Résumé coûts annuels	2022-2025	2026-2035	2036->
Énergie	90'853	21'315	21'315
Entretien	76'250	66'642	66'642
Investissement	507'067	94'000	159'190
Total	674'169	181'957	247'147

13.6 Coûts annuels budgétaires (HT)

Afin de tenir comptes des imprécisions de l'analyse et d'inclure un montant pour des imprévus, nous proposons les montants suivants pour les budgets annuels :

Résumé Budget annuel (HT)	2022-2025	2026-2035	2036->
Énergie	91'000	22'000	22'000
Entretien	77'000	67'000	67'000
Investissement	510'000	100'000	160'000
Divers & imprévus	5'000	5'000	5'000
Total	683'000	194'000	254'000

Ce budget est basé sur des prix de matériel standard, c'est-à-dire des luminaires fonctionnels, des mâts en acier galvanisé non-peints et un système de télégestion. Selon le choix des produits et des options, des coûts supplémentaires allant jusqu'à 35% doivent être considérés.

L'analyse de l'éclairage des passages piétons et les travaux et les investissements qui en résultent, ne sont pas inclus dans ces chiffrages budgétaires ; ils devront faire objet d'un projet spécifique. La construction de nouveaux points lumineux n'est pas incluse dans ces chiffrages budgétaires. Ces coûts devront être inclus dans le budget de construction des nouvelles routes.

13.7 Solutions de financement

Plusieurs solutions de financement sont envisageables pour le renouvellement du parc d'éclairage public de la commune d'Aigle :

13.7.1 Contrat de Performance Énergétique (CPE)

Extrait du Guide suisse des Contrats de Performance Énergétique (CPE) de SwissEsco (www.swissesco.ch) :

« Le CPE est un instrument intéressant pour les administrations publiques, que ce soit au niveau de la commune, de la ville, du canton ou de la Confédération. En effet, il leur permet de réduire leurs charges d'exploitation. Le modèle est également applicable pour les biens immobiliers privés. Cet instrument permet d'atteindre les objectifs d'émission de CO2 visés par les collectivités publiques, tout en allégeant la charge sur les budgets d'investissement lorsque les mesures sont financées par un investisseur externe. C'est une situation gagnant-gagnant puisque les ESCO perçoivent une indemnisation sur la base des économies d'énergie réalisées. Cette solution permet aux administrations publiques de réduire nettement leurs charges de coordination. »

Dans le cas de la commune d'Aigle, le remplacement des luminaires « Non-LED » restants par des luminaires LED est une nécessité imposée par le vieillissement du parc. Les gains énergétiques qui en résultent ne permettent pas une économie financière couvrant le financement du remplacement des luminaires dans un laps de temps inférieur à leur durée de vie. Pour cette raison nous pensons que l'utilisation d'un CPE n'est pas la solution idéale pour la commune d'Aigle.

13.7.2 Leasing

Nous avons demandé une offre pour le financement par Leasing de l'investissement nécessaire pour le remplacement des luminaires « Non-LED » restants par des luminaires LED et le système de télégestion proposé en scénario 2, pour le montant de 1'400'000.- CHF. L'offre de LLF est attachée en annexe E.

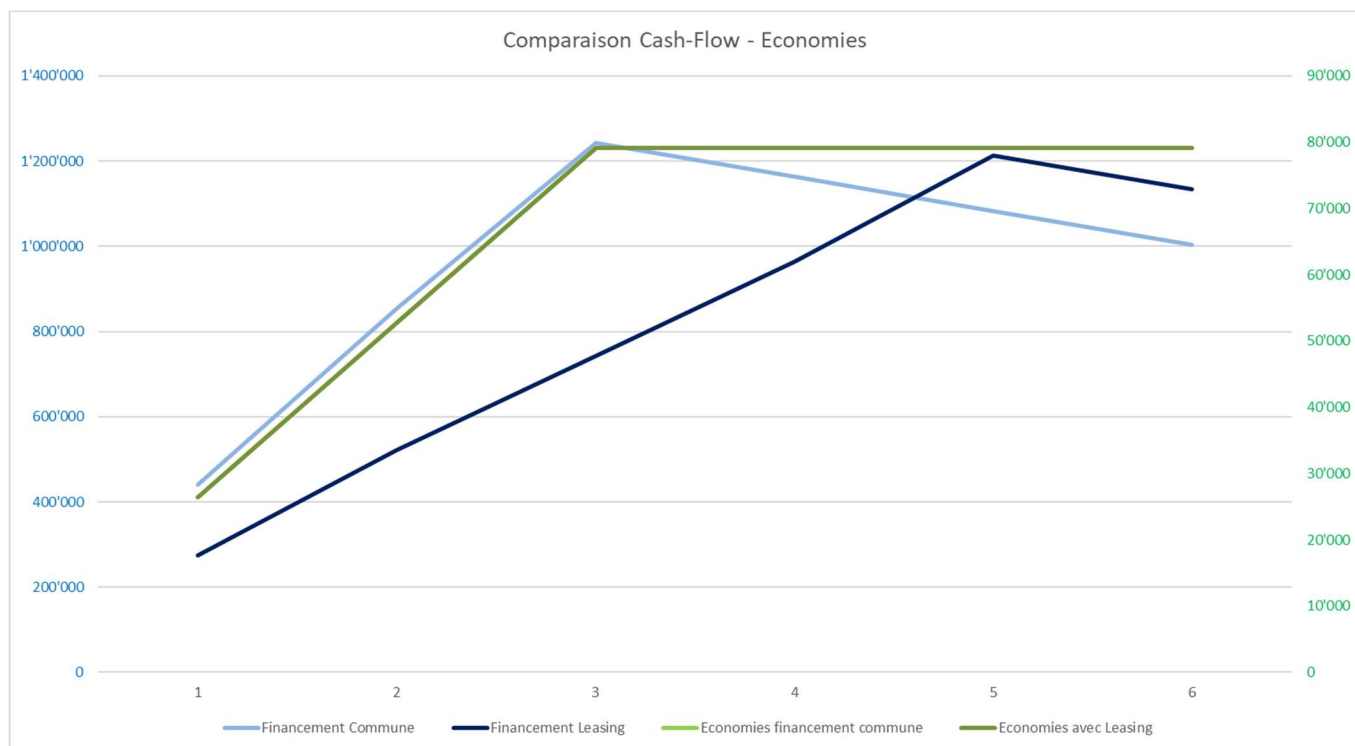
13.7.3 Financement par les propres moyens de la commune

Afin de linéariser les finances de la commune et selon nos discussions, nous avons pris en compte un remplacement sur 3 ans des luminaires « Non-LED » restants par des luminaires LED et le système de télégestion proposé en scénario 2, avec un investissement linéaire d'année en année. Nous avons tenu compte de la réduction de la consommation d'énergie et des coûts d'exploitation de façon linéaire.

13.7.4 Comparaison financement et économies

Le tableau et le graphique suivants montrent les dépenses, les économies et le cashflow inhérent sur 6 ans pour les solutions de financement linéaire par la commune et la solution de leasing :

Comparaison Investissement et économies (remplacement luminaires & télégestion)						
Mode de financement (année)	1	2	3	4	5	6
Financement Commune (linéaire)	466'667	466'667	466'667	0	0	0
Economies	26'382	52'764	79'146	79'146	79'146	79'146
Cashflow Commune	440'285	413'903	387'521	-79'146	-79'146	-79'146
Cashflow cumulé	440'285	854'187	1'241'708	1'162'562	1'083'416	1'004'270
Financement par Leasing	300'410	300'410	300'410	300'410	328'410	0
Economies	26'382	52'764	79'146	79'146	79'146	79'146
Cashflow Commune	274'028	247'646	221'264	221'264	249'264	-79'146
Cashflow cumulé	274'028	521'674	742'938	964'202	1'213'466	1'134'320
Economie						-130'050



Sans le Leasing, l'engagement financier de la commune est plus élevé durant les 3 premières années mais plus bas au total. Le leasing ne permet pas d'économies. A la fin des 5 ans, il est 130'050.- CHF plus cher, vu que les économies sont réalisées pendant la même période. Le leasing est intéressant seulement si l'intérêt sur le capital de la commune est plus haut que 1,9%.

14 Conclusions

Le présent plan directeur définit une approche cohérente pour l'éclairage public de la commune d'Aigle et permet l'établissement des budgets pluriannuels, couvrant tous les aspects financiers du parc d'éclairage public.

Basés sur les ambitions de la commune et les résultats des analyses économiques et financières des différents scénarios, nous recommandons à la commune d'Aigle la mise en place du scénario 2, qui prévoit l'équipement du parc d'éclairage public avec un système de télégestion permettant un pilotage précis et basé sur les besoins des usagers, minimisant les émissions lumineuses et la consommation d'énergie.

Le remplacement des luminaires en 3 ans ainsi que la mise en place de la télégestion permettent une économie d'énergie plus rapide.

Villarsel-le-Gibloux, le 10 août 2022



Thomas Blum

Concepteur d'éclairage

Thol Concept Sàrl

Annexes :

Annexe A : Classification des routes détails

Annexe B1-B2 : Visualisation classification, fichiers .pdf A1/A3 séparés

Annexe C1-C2 : Visualisation zones gestion de l'éclairage, fichiers .pdf A1/A3 séparés

Annexe D : Inventaire des luminaires, fichier Excel séparé

Annexe E : Proposition Leasing de LL Finance SA, fichier .pdf séparé

A Annexe A : Classification des routes selon SNR13201-1 – détails

Type de route	Classe 13201-1	Exigences à l'éclairage
Routes de liaison régionale (50-80kmh) avec zones de conflit, grand volume de trafic =>	C3	E_{ave} : 15lx, U_0 : 0.4
Routes de liaison régionale (50kmh) avec zones de conflit => Route cantonale, Route des Pressoirs	C4	E_{ave} : 10lx, U_0 : 0.4
Routes de liaison interlocalité (50kmh) avec zones de conflit => Routes principales Routes collectrices (50kmh) => Routes secondaires	C5	E_{ave} : 7.5lx, U_0 : 0.4
Routes de desserte (<50kmh) => Routes de quartier	P4	E_{ave} : 5lx, E_{min} : 1lx
Places et chemins piéton	P6	E_{ave} : 3lx, E_{min} : 0.6lx

A.1 Routes de liaison régionale (80kmh) avec zones de conflit, gros volume de trafic => Route 11, Route de Transit

Classe d'éclairage pour les routes avec zones de conflit et zones où la luminance ne peut être appliquée (C)

Paramètre	Option & Description	Valeur V_w
Vitesse	Elevée, $70 < v \leq 100$ km/h a)	2
Volume du trafic (planifié) Trafic journalier moyen dans les deux sens	Modéré, Véhicules par jour 7'000 – 15'000	0
Volume de trafic (réel)	Elevé, >45 % du volume de trafic maximal	0
Composition du trafic	Mixte c)	1
Séparation des chaussées	Non	0
Densité de carrefours	Elevée, Carrefours routiers Nbre/km > 3	0.5
Véhicules en stationnement	Non	0
Luminosité ambiante	Faible	-1
Tâche de navigation	Normale	0
		2.5

Numéro de classe d'éclairage:	C4	$E_h \geq 10$ lx	$U_0 \geq 0.4$ lx
Route avec zone conflit (+1), c.a.v.:	C3	$E_h \geq 15$ lx	$U_0 \geq 0.4$ lx

A.2 Routes de liaison régionale (50 - 70kmh) avec zones de conflit, gros volume de trafic, luminosité modérée

Classe d'éclairage pour les routes avec zones de conflit et zones où la luminance ne peut être appliquée (C)

Paramètre	Option & Description	Valeur V_w
Vitesse	Modérée, $40 < v \leq 70$ km/h	1
Volume du trafic (planifié) Trafic journalier moyen dans les deux sens	Modéré, Véhicules par jour 7'000 – 15'000	0
Volume de trafic (réel)	Elevé, >45 % du volume de trafic maximal	0
Composition du trafic	Mixte c)	1
Séparation des chaussées	Non	0
Densité de carrefours	Elevée, Carrefours routiers Nbre/km > 3	0.5
Véhicules en stationnement	Non	0
Luminosité ambiante	Modérée	0
Tâche de navigation	Normale	0
		2.5

Numéro de classe d'éclairage:	C4	$E_h \geq 10$ lx	$U_0 \geq 0.4$ lx
Route avec zone conflit (+1), c.a.d.:	C3	$E_h \geq 15$ lx	$U_0 \geq 0.4$ lx

A.3 Routes de liaison régionale (50 - 70kmh) avec zones de conflit, gros volume de trafic, luminosité faible

Classe d'éclairage pour les routes avec zones de conflit et zones où la luminance ne peut être appliquée (C)

Paramètre	Option & Description	Valeur V_w
Vitesse	Modérée, $40 < v \leq 70$ km/h	1
Volume du trafic (planifié) Trafic journalier moyen dans les deux sens	Modéré, Véhicules par jour 7'000 – 15'000	0
Volume de trafic (réel)	Elevé, >45 % du volume de trafic maximal	0
Composition du trafic	Mixte c)	1
Séparation des chaussées	Non	0
Densité de carrefours	Elevée, Carrefours routiers Nbre/km > 3	0.5
Véhicules en stationnement	Non	0
Luminosité ambiante	Faible	-1
Tâche de navigation	Normale	0
		1.5

Numéro de classe d'éclairage:	C5	$E_h \geq 7.5$ lx	$U_0 \geq 0.4$ lx
Route avec zone conflit (+1), c.a.d.:	C4	$E_h \geq 10$ lx	$U_0 \geq 0.4$ lx

A.4 Routes de liaison régionale (50 - 70kmh) avec zones de conflit, luminosité faible

Classe d'éclairage pour les routes avec zones de conflit et zones où la luminance ne peut être appliquée (C)

Paramètre	Option & Description	Valeur V_w
Vitesse	Modérée, $40 < v \leq 70$ km/h	1
Volume du trafic (planifié) Trafic journalier moyen dans les deux sens	Faible, Véhicules par jour $< 7'000$ b)	-0.5
Volume de trafic (réel)	Elevé, $> 45\%$ du volume de trafic maximal	0
Composition du trafic	Mixte c)	1
Séparation des chaussées	Non	0
Densité de carrefours	Elevée, Carrefours routiers Nbre/km > 3	0.5
Véhicules en stationnement	Non	0
Luminosité ambiante	Faible	-1
Tâche de navigation	Normale	0
		1

Numéro de classe d'éclairage:	C5	$E_h \geq 7.5$ lx	$U_0 \geq 0.4$ lx
Route avec zone conflit (+1), c.a.d.:	C4	$E_h \geq 10$ lx	$U_0 \geq 0.4$ lx

A.5 Routes de liaison interlocalité (50kmh) avec zones de conflit => Routes principales ; Routes collectrices (50kmh) => Routes secondaires

Classe d'éclairage pour les routes avec zones de conflit et zones où la luminance ne peut être appliquée (C)

Paramètre	Option & Description	Valeur V_w
Vitesse	Modérée, $40 < v \leq 70$ km/h	1
Volume du trafic (planifié) Trafic journalier moyen dans les deux sens	Faible, Véhicules par jour $< 7'000$ b)	-0.5
Volume de trafic (réel)	Elevé, $> 45\%$ du volume de trafic maximal	0
Composition du trafic	Mixte c)	1
Séparation des chaussées	Non	0
Densité de carrefours	Modérée, Carrefours routiers Nbre/km ≤ 3 d)	0
Véhicules en stationnement	Non	0
Luminosité ambiante	Faible	-1
Tâche de navigation	Normale	0
		0.5

Numéro de classe d'éclairage:	C5	$E_h \geq 7.5$ lx	$U_0 \geq 0.4$ lx
Si la somme des valeurs (VWS) est ≤ 0.5 , il faut appliquer la classe d'éclairage C5.			
Route avec zone conflit (+1), c.a.d.:	C4	$E_h \geq 10$ lx	$U_0 \geq 0.4$ lx

Le calcul selon les règles de la norme résulte en C6 (cette classe n'existe pas, pour cette raison l'outil ne l'affiche pas), une classe plus haute, car zone de conflit, est C5.

A.6 Routes de desserte (<50kmh) => Routes de quartier

Classes d'éclairage pour les zones piétonnes et à modération de trafic (P)

Paramètre	Option & Description	Valeur V_w
Vitesse	Faible , $V \leq 40$ km/h	1
Fréquence d'utilisation	Normale	0
Composition du trafic	Trafic motorisé avec part élevée de piétons et de cyclistes a)	2
Véhicules en stationnement	Oui	0.5
Luminosité ambiante	Faible	-1
Reconnaissance faciale	Non nécessaire	Aucune exigence supplémentaire
		2.5

Número de classe d'éclairage :	P4	$E_h \geq 5$ lx	$E_{min} \geq 1$ lx
		$E_v \geq$	
		$E_{sc} \geq$	

A.7 Places et chemins piéton

Classes d'éclairage pour les zones piétonnes et à modération de trafic (P)

Paramètre	Option & Description	Valeur V_w
Vitesse	Très faible , Vitesse de marche	0
Fréquence d'utilisation	Normale	0
Composition du trafic	Piétons et cyclistes b)	0.5
Véhicules en stationnement	Non	0
Luminosité ambiante	Modérée	0
Reconnaissance faciale	Non nécessaire	Aucune exigence supplémentaire
		0.5

Número de classe d'éclairage :	P6	$E_h \geq 2$ lx	$E_{min} \geq 0.4$ lx
		$E_v \geq$	
		$E_{sc} \geq$	

A.8 Parking (Prk)

EN 12464-2:2014 (F)

Tableau 5.9 — Parcs de stationnement

N° de réf.	Type de zone, de tâche et d'activité	$\bar{E}_m$ lx	U_o —	R_{GL} —	R_a —	Exigences spécifiques
5.9.1	Circulation peu intense, par exemple parcs de stationnement des magasins, maisons alignées et immeubles collectifs, parcs de stationnement pour bicyclettes	5	0.25	55	20	
5.9.2	Circulation d'intensité moyenne, par exemple parcs de stationnement des grands magasins, des immeubles de bureaux, des usines, des complexes sportifs et polyvalents	10	0,25	50	20	
5.9.3	Circulation intense, par exemple parcs de stationnement des grands centres commerciaux, des grands complexes sportifs et polyvalents	20	0,25	50	20	