



Préavis n° 04/08.2023 – section des infrastructures

Demande d'un crédit de Fr. 140'000.00 pour financer l'assainissement du réseau d'éclairage public des routes cantonales RC1 et RC60 par la pose de luminaires LED

Monsieur le Président, Mesdames et Messieurs les Conseillers,

I. Préambule et contexte général

L'éclairage public joue un rôle important au sein de notre Commune. Contribuant à la sécurité routière, il est également un facteur influençant fortement le bien-être et la qualité de la vie des habitants.

Attentive à la notion de développement durable, la Municipalité envisage de disposer d'un éclairage public répondant aux besoins des usagers tout en limitant les nuisances environnementales et en maîtrisant les coûts. Depuis plusieurs années, elle a déjà mis en œuvre une stratégie de renouvellement ponctuel de l'éclairage public.

Le présent préavis a pour but de soumettre à l'approbation du Conseil communal la demande d'un crédit, afin de poursuivre l'optimisation énergétique et le renouvellement du parc d'éclairage public de la Commune. Il est proposé d'actualiser l'éclairage existant de la route cantonale RC1 et de la route cantonale RC60 avec des luminaires LED de la dernière génération. Ces deux axes sont les seuls qui n'ont pas fait l'objet de la mesure d'extinction de l'éclairage public et ils sont les plus gourmands en consommation.

La limitation de la consommation d'énergie, afin de diminuer l'empreinte énergétique de la Commune, répond aux exigences légales imposées par la Confédération et le Canton.

L'économie annuelle d'énergie due à la source LED pour le périmètre du projet relatif à la RC1 s'élève à **70,6%** de l'actuelle consommation, ceci correspond à une économie annuelle d'environ 30'572 kW/h pour un prix d'environ de Fr. 9'171.50 (cf. **annexe I**).

L'économie annuelle d'énergie due à la source LED pour le périmètre du projet relatif à la RC60 s'élève à **76%** de l'actuelle consommation, ceci correspond à une économie annuelle d'environ 26'206 kW/h pour un prix d'environ Fr. 7'861.70 (cf. **annexe II**).

II. Explication de la situation

Plusieurs études des concepts d'éclairage public ont été menées pour orienter les décisions stratégiques de la Municipalité. Selon ces études, le scénario qui comportait le plus important potentiel d'économie énergétique concernait le secteur des grands axes qui traversent la Commune. Il était recommandé d'installer des luminaires LED dans ce secteur.

Ainsi, le présent préavis met en œuvre cette recommandation en remplaçant l'éclairage des deux axes majeurs: la RC1 et la RC60. Les mâts concernés par l'intervention figurent dans le

plan annexé au présent préavis (**annexe III**). Ce plan permet de comprendre le périmètre exact du projet.

Entre 2018 et 2023, l'utilisation sur le territoire communal de la technologie d'éclairage des LED est passée de 17,3% à 61,9% (**cf. fig. 1 et 2, ci-dessous**).

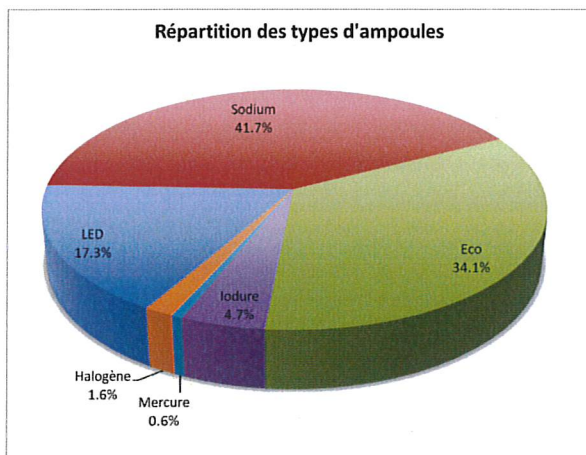


fig. 1, répartition des types d'ampoules en 2018.

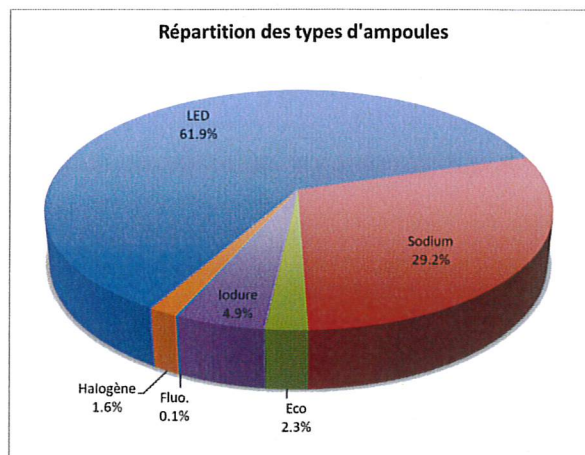


fig. 2, répartition des types d'ampoules en 2023.

Le projet qui fait l'objet du présent préavis ne fait que poursuivre une démarche lancée en 2018 et largement appliquée dans l'ensemble de la Commune (**cf. fig. 3, ci-dessous**). Sa réalisation amènera la Commune de Saint-Prex à atteindre le 73,6% d'utilisation de la technologie LED sur son territoire. Les ampoules traditionnelles qui seront remplacées sont les plus gourmandes en consommation (150 w). Toutes les ampoules traditionnelles restantes dans les quartiers résidentiels, moins coûteuses et moins gourmandes en consommation (50-70 w), seront, quant à elles, remplacées progressivement, grâce au budget communal ou par préavis.

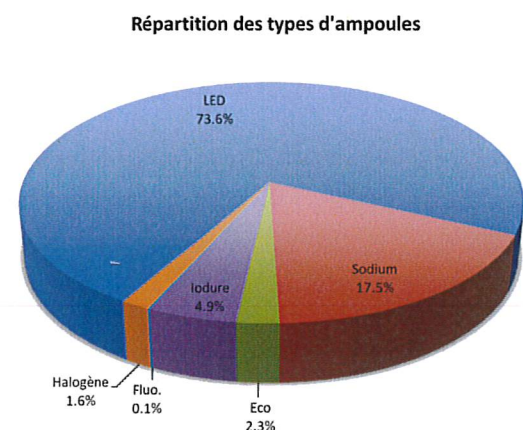


fig. 3, répartition des types d'ampoules après l'installation de l'éclairage LED le long de la RC1 et de la RC60, selon le projet du présent préavis.

III. Présentation du projet

Le projet comporte la pose de 38 luminaires LED le long de la RC1 et de 22 luminaires LED le long de la RC60. Les premiers seront posés sur des mâts découpés pour être adaptés à la taille et à la forme (rectiligne) des mâts pour les luminaires LED (**cf. fig. 4, ci-dessous**). Les autres seront directement placés sur les mâts existants.

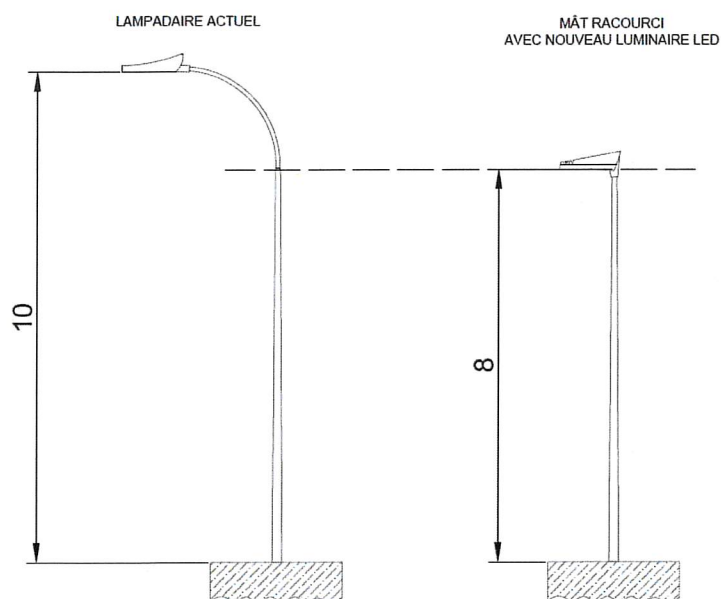


fig. 4, dessin du lampadaire actuel avec mât fouet et du lampadaire projeté avec le même mât découpé à la hauteur de 8 m pour être adapté au nouveau luminaire LED.

L'éclairage LED «Luma gen2» sera posé sur les mâts existants. Cette technologie spécifique d'éclairage est illustrée dans la fiche technique annexée ([annexe IV](#)).

Sous réserve de l'avis du Conseil communal, l'adjudication des travaux est prévue en 2023, l'exécution des travaux courant 2024.

Délais des travaux

Dès la réception de l'adjudication et de l'envoi de la commande au fournisseur, les délais de livraison sont compris entre 8 et 10 semaines. Ainsi, à partir de l'adjudication, il faudra compter environ 2 mois avant de débiter les travaux.

IV. Devis estimatif

LED RC1

• Remplacement des luminaires 150 w de la route de Morges (38 mâts)	Fr.	42'000.00
• Remplacement des luminaires 150 w de la route de Rolle (22 mâts)	Fr.	24'300.00
• Découpe mâts fouets existants	Fr.	4'800.00
• Divers et imprévus (env. 5%)	Fr.	3'700.00
• Sous-total	Fr.	74'800.00
• TVA 8.1% arrondie	Fr.	6'100.00
Total TTC	Fr.	80'900.00

LED RC60

• Remplacement des luminaires 150 w chemin de Penguey (25 mâts)	Fr.	27'600.00
• Remplacement des luminaires 150 w route de Villars-Sous-Yens (22 mâts)	Fr.	24'300.00
• Divers et imprévus (env. 5%)	Fr.	<u>2'700.00</u>
• Sous-total	Fr.	54'600.00
• TVA 8.1% arrondie	Fr.	<u>4'500.00</u>

Total TTC Fr. **59'100.00**

Total TTC RC1 + RC60 Fr. **140'000.00**

Dès le 1^{er} janvier 2024, la TVA passera de 7,7% à 8,1%. Cette augmentation a été prise en compte dans les chiffres ci-dessus.

Cette dépense sera financée par les recettes courantes de la bourse communale ou par emprunt. Elle sera amortie sur 10 ans, dès 2025, par tranche annuelle de Fr. 14'000.00.

V. Impact sur l'environnement

Face aux problématiques environnementales actuelles, assurer un approvisionnement sûr et compatible avec la protection de l'environnement répond à un enjeu majeur.

L'**éclairage LED** a révolutionné la technologie de protection de l'environnement, car il s'agit d'une source de lumière puissante et stable, beaucoup plus efficace que les éclairages traditionnels. L'éclairage LED est éco-efficace et durable. Il est considéré comme l'une des sources d'éclairage les plus bénéfiques pour l'environnement.

Avec moins d'intensité, nous aurons la même luminosité avec la lumière LED qu'avec les lampes fluorescentes et incandescentes, si ce n'est plus. La pleine luminosité des ampoules LED est produite en quelques microsecondes.

Pollution lumineuse réduite

Par rapport aux systèmes d'éclairage public conventionnels, les LED offrent une forte réduction de la lumière dissipée en dehors de la zone d'éclairage par effet de focalisation et de concentration du flux lumineux. Cette meilleure qualité de distribution de la lumière évite les fuites et le gaspillage du flux lumineux. Les luminaires conventionnels émettent un flux lumineux dans toutes les directions, éclairant des zones où la lumière n'est pas nécessaire. Cette nouvelle technologie permet donc de réduire la pollution lumineuse et constitue un avantage pour l'environnement (cf. fig. 5-6, ci-dessous).

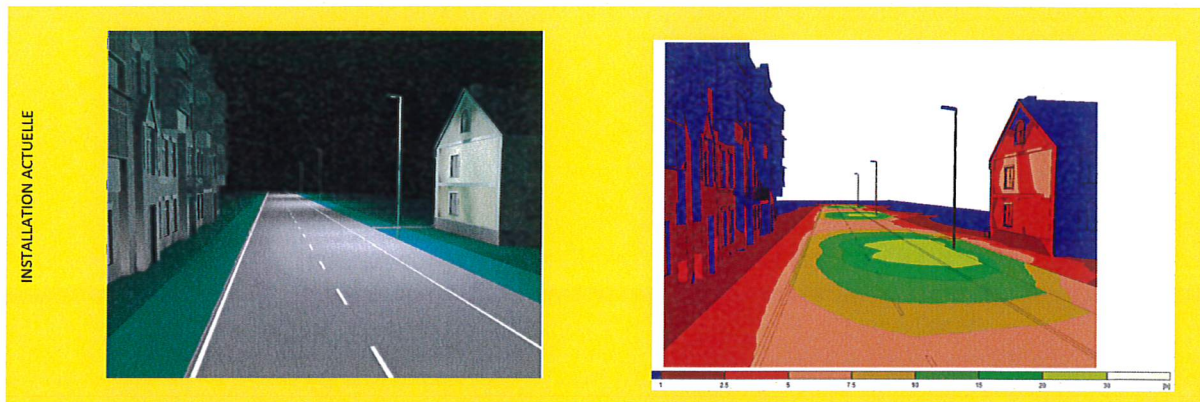


fig. 5, Simulation de l'illumination d'un lampadaire avec ampoule traditionnelle (gauche) et modélisation de l'impact en termes de «lux» (droite). La lumière est diffusée et elle pollue la façade du bâtiment en générant des nuisances importantes.

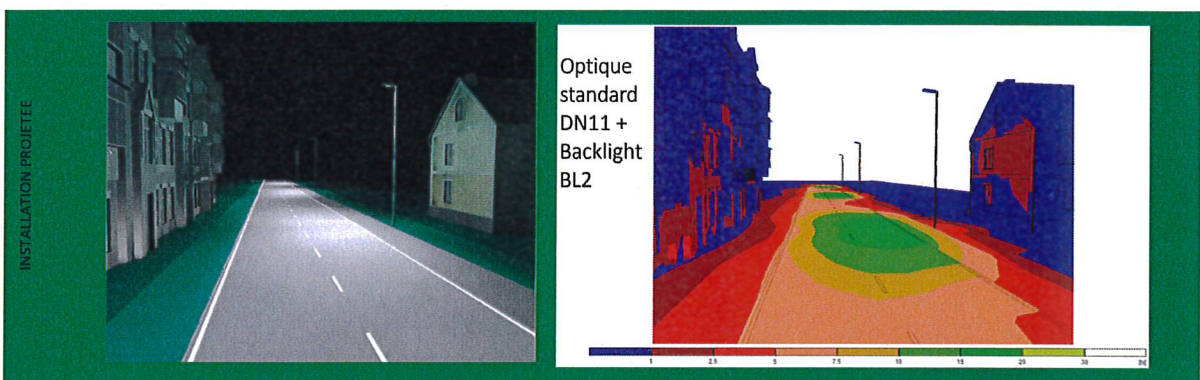


fig. 6, Simulation de l'illumination d'un lampadaire avec la technologie LED projetée dans le présent préavis (gauche) et modélisation de l'impact en termes de «lux» (droite). La lumière est concentrée et elle ne se diffuse pas sur la façade du bâtiment.

Esthétique accrue

La typologie différente des mâts longeant la RC1 et la RC60 (mât avec et sans fouet), leurs différentes hauteurs (10 et 8 mètres) contribuait à donner une image hétérogène de l'aménagement routier des deux principaux axes de la Commune (cf. image 7). Le présent préavis prévoit de restituer une cohérence à l'aspect de Saint-Prex par une homogénéisation typologique des lampadaires (même forme et même hauteur) ce qui contribuera à la mise en valeur esthétique de la Commune.



fig. 7, Photo d'un lampadaire avec mât fouet (premier plan) et des lampadaires avec mâts rectilignes de 8 m (derrière).

Economie énergétique

Les tableaux annexés au présent préavis illustrent en détail les avantages énergétiques et financiers pour chaque projet, RC1 et RC60 (cf. [annexes I et II](#)).

VI. Conclusions

En conclusion et vu ce qui précède, nous vous proposons, Monsieur le Président, Mesdames et Messieurs les Conseillers, de bien vouloir prendre les décisions suivantes:

LE CONSEIL COMMUNAL DE SAINT-PREX

- vu le présent préavis municipal
- entendu les rapports des commissions chargées de l'étudier
- considérant que cet objet a été régulièrement porté à l'ordre du jour

DÉCIDE

1. d'autoriser la Municipalité à assainir le réseau d'éclairage public des routes cantonales RC1 et RC60 par la pose de luminaires LED;
2. de lui accorder le crédit nécessaire, soit la somme totale de Fr. 140'000.00;
3. d'admettre que cette dépense soit financée par les recettes courantes de la bourse communale ou par emprunt;
4. d'admettre que la dépense soit amortie sur 10 ans, dès 2025, par tranches annuelles de Fr. 14'000.00, le solde la dernière année.

Approuvé par la Municipalité dans sa séance du 21 août 2023.

Au nom de la Municipalité

Le Syndic La Secrétaire


S. Porzi


A. Guyomard



Déléguée municipale: M^{me} Anouk Gäumann, municipale

Annexes: I tableau économies RCI
II tableau économies RC60
III concept d'éclairage
IV fiche technique

Préavis déposé devant le Conseil communal en séance du 30 août 2023

Commune de : Saint-Prex
 Offre n° : 23-00318
 Projet : RC1 - renouvellement éclairage public en LED
 Date : 04.04.2023



Renouvellement de l'éclairage public en LED Bilan énergétique annuel

Fonctionnement annuel en heures à 100% 2 062
 Fonctionnement annuel en heures abaissé 2 190
 Prix de l'énergie en CHF 0.3000

Existant		Eclairage 100 % source sodium sans réduction					4252h	
Luminaire	Mât	Puissance	Puissance	P. Totale	Temps	Prix	Coût annuel	
Nombre	Hauteur (m)	Lampe (W)	Self (W)	KW.	heures	Fr./kWh	Fr.	

37	Rte de Moges	10	150	22.5	6.383	4252	0.3000	8141.52
22	Rte de Rolle	10	150	22.5	3.795	4252	0.3000	4840.90

Bilan annuel

Total 12982.40

Nouveau		Eclairage source LED avec réduction à 50% de 23h à 5h					4252h	
Luminaire	Mât	Puissance	Puissance	P. Totale	Temps	Prix	Coût annuel	
Nombre	Hauteur (m)	Lampe (W)	Driver (W)	KW.	heures	Fr./kWh	Fr.	

37	Rte de Moges	8	62	6.2	2.523	2062	0.3000	1560.98
			31	3.1	1.262	2 190	0.3000	828.94
22	Rte de Rolle	8	62	6.2	1.500	2062	0.3000	928.15
			31	3.1	0.750	2 190	0.3000	492.88

Bilan annuel

Total 3810.90

Economie annuelle due à la source LED

CHF 9 171.50

Economie annuelle due à la source LED

kW/h 30 572

La TVA est comprise dans les prix ci-dessus

**Economie
d'énergie**



70.6

Commune de : Saint-Prex
 Offre n° : 23-00639
 Projet : RC60 - renouvellement éclairage public en LED
 Date : 04.04.2023



Renouvellement de l'éclairage public en LED Bilan énergétique annuel

Fonctionnement annuel en heures à 100% 2 062
 Fonctionnement annuel en heures abaissé 2 190
 Prix de l'énergie en CHF 0.3000

Existant		Eclairage 100 % source sodium sans réduction					4252h	
Luminaire	Mât	Puissance	Puissance	P. Totale	Temps	Prix	Coût annuel	
Nombre	Hauteur (m)	Lampe (W)	Self (W)	KW.	heures	Fr./kWh	Fr.	

25	Ch. De Penguey	8	150	22.5	4.313	4252	0.3000	5501.03
22	Rte de Villars-s-Yens	8	150	22.5	3.795	4252	0.3000	4840.90

Bilan annuel

Total 10341.90

Nouveau		Eclairage source LED avec réduction à 50% de 23h à 5h					4252h	
Luminaire	Mât	Puissance	Puissance	P. Totale	Temps	Prix	Coût annuel	
Nombre	Hauteur (m)	Lampe (W)	Driver (W)	KW.	heures	Fr./kWh	Fr.	

25	Ch. De Penguey	8	51	5.1	1.403	2062	0.3000	867.59
			25	2.5	0.688	2 190	0.3000	451.69
22	Rte de Villars-s-Yens	8	51	5.1	1.234	2062	0.3000	763.48
			25	2.5	0.605	2 190	0.3000	397.49

Bilan annuel

Total 2480.20

Economie annuelle due à la source LED

CHF 7 861.70

Economie annuelle due à la source LED

kW/h 26 206

La TVA est comprise dans les prix ci-dessus

**Economie
d'énergie**



76.0

Concept d'éclairage public Commune de Saint-Prex



Document établi pour :

Municipalité de Saint-Prex
Service de l'urbanisme, de la police des
constructions et des infrastructures
Monsieur Christophe Cotting
Ch. De Penguey 1A – CP 51
1162 Saint-Prex

T +41 21 823 01 04
@ supci@st-prex.ch

Auteur du rapport: André Noverraz

Version N°1 du 27 mars 2018

1 Table des matières

2	Résumé exécutif	3
3	Rappel du cahier des charges	5
4	Généralités	6
4.1	Concepts généraux pour l'éclairage, rappels théoriques.....	6
4.1.1	Électricité.....	6
4.1.2	Éclairage	6
4.2	Méthode de calcul	7
4.3	Données et hypothèses de base.....	10
4.4	Vue d'ensemble des différentes technologies de gestion de l'éclairage	11
4.5	Détermination des classes d'éclairage selon la norme.....	14
4.5.1	Sélection des classes d'éclairage.....	14
4.5.2	Exigences de performance	15
5	État des lieux	17
5.1	Matériel	17
5.2	Coûts d'exploitation.....	19
5.3	Facturation	20
6	Scénarios de modernisation	22
6.1	Définition des scénarios.....	23
6.1.1	Scénario 1 : abaissement autonome.....	23
6.1.2	Scénario 2 : abaissement autonome + dynamique.....	23
6.1.3	Scénario 3 : abaissement autonome + dynamique en fonction du volume de trafic	24
6.2	Route cantonale et grands axes	25
6.2.1	Synthèse	26
6.3	Avenue de Taillecou 30km/h	28
6.3.1	Synthèse	29
6.4	Zone industrielle	31
6.4.1	Synthèse	33
6.5	Quartier de Cherrat.....	34
6.5.1	Synthèse	35
7	Extrapolation sur l'ensemble de la commune et recommandations	36
7.1	Potentiel d'économie d'énergie global pour la commune	38
7.2	Ecobilan de la modernisation de l'éclairage public	40
8	Système de financement/contrat.....	43
9	Prochaines étapes	45
10	Annexes.....	46
11	Sources.....	46
12	Liste des figures.....	46
13	Liste des tableaux.....	47

2 Résumé exécutif

Contexte :

La Municipalité de Saint-Prex a pris la décision, dans sa séance du 11 décembre 2017, de mandater DG E-Services SA pour réaliser un concept d'éclairage public en ligne avec le programme de subvention élaboré par le Canton de Vaud.

Délivrables :

Le présent rapport est destiné aux services techniques et aux autorités de la commune de Saint-Prex. Comme prévu dans l'offre du 5 décembre 2017, le concept d'éclairage public comprend les éléments suivants :

- État des lieux du réseau d'éclairage public de la commune.
- Propositions de scénarios de modernisation pour les principales zones (projets identifiés).
- Estimation du potentiel d'économie d'énergie et des coûts d'investissement correspondants pour chacune des zones.
- Recommandations concernant les scénarios de modernisation.
- Estimation du potentiel global d'économie sur la commune par extrapolation.

Résultats principaux :

Les analyses des différents scénarios de modernisation proposés ont abouti aux recommandations suivantes pour chaque type de zones :

- Route cantonale et grands axes : installation systématique de luminaires LED avec système de gestion en fonction du volume de trafic.
 - Zones résidentielles standard : installation systématique de luminaires LED avec système d'abaissement autonome.
 - Zones résidentielles avec faible passage : installation systématique de luminaires LED avec système d'abaissement autonome et contrôle dynamique.
 - Zones industrielles : installation systématique de luminaires LED avec système d'abaissement autonome et contrôle dynamique.
-

Les potentiels d'économie d'énergie par type de zones ainsi que le potentiel global de la commune sont détaillés au chapitre 7 du présent rapport. Les principaux éléments à relever sont :

- Dans le cas où l'ensemble des mesures d'économie d'énergie recommandées dans ce rapport étaient déployées, la facture d'énergie pourrait être réduite de plus de 75%.
- Les mesures d'économie d'énergie proposées pour les différents types de zones ont des temps de retour sur investissement compris entre 12 et 14 ans. Comme la durée de vie des nouveaux luminaires est d'environ 25 ans, les mesures sont donc rentables.

Prochaines étapes:

Les chiffres présentés indiquent que les mesures d'économie d'énergie sont des opérations « rentables ». Il est donc intéressant pour la commune de St-Prex de fixer les priorités et de planifier les assainissements et les rénovations correspondantes.

Duvoisin-Groux se tient à disposition pour établir des chiffrages plus précis pour les projets spécifiques.

3 Rappel du cahier des charges

L'élaboration d'un concept d'assainissement de l'éclairage public pour la commune de Saint-Prex a pour but de présenter l'état actuel des installations et de formuler des propositions de rénovations. Les principaux éléments du cahier des charges établi par le canton de Vaud sont rappelés ci-dessous :

- Établissement d'un état des lieux des installations actuelles (nombre de points lumineux, type, puissance, support, âge)
 - Analyse de la situation du comptage de l'éclairage public
 - Analyse du contrat/système de facturation en vigueur entre la commune et le GRD
 - Élaboration de scénarios de modernisation de l'éclairage public :
 - Avec l'intégration des nouvelles technologies disponibles (LED, systèmes intelligents, etc.)
 - En fonction du niveau de confort et de sécurité des espaces publics/routes
 - Évaluation des possibilités d'ajout ou de suppression d'installation selon les besoins
 - Une évaluation des potentiels d'économies associés à chaque scénario
 - Analyse technico-économique comprenant la comparaison et l'évaluation :
 - Des solutions techniques
 - Des coûts d'investissement
 - Le potentiel d'économie d'énergie
 - Des paramètres économiques (VAN, RSI, TRI)
 - Recommandations pour la sélection entre les scénarios
 - Établissement d'une proposition d'un plan financier
-

4 Généralités

4.1 Concepts généraux pour l'éclairage, rappels théoriques

4.1.1 Électricité

La **tension U** se mesure en volts [V]

Le **courant I** se mesure en ampères [A]

La **puissance P** se mesure en watts [W] : $P = U \cdot I$

L'**énergie E** se calcule en multipliant la puissance et le temps de fonctionnement [Wh] : $E = P \cdot t$

pour des raisons de lisibilité, l'énergie s'exprime généralement en [kWh] : $E = \frac{P}{1000} \cdot t$

4.1.2 Éclairage

Le **flux lumineux Φ** se mesure en lumens : [lm]. Cette grandeur représente la puissance de rayonnement dans toutes les directions d'une source perçue par l'œil humain.

L'**éclairement E** se mesure en lux : [lx]=[lm/m²]. C'est la quantité de flux lumineux reçue par une surface, un lux représente un lumen sur un mètre carré.

L'**intensité lumineuse I** se mesure en candelas : [cd]. C'est l'intensité visible du rayonnement dans une direction donnée.

La **luminance L** se mesure en candelas par mètre carré : [cd/m²]. C'est l'intensité lumineuse sur un mètre carré. C'est la sensation de clarté perçue par l'œil humain.

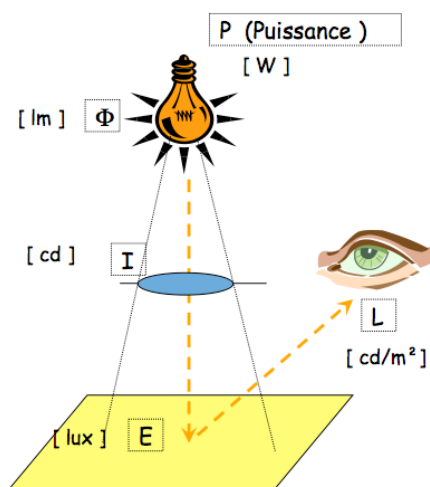


Figure 1 - Illustration des grandeurs liées à l'éclairage (source : SLG)

4.2 Méthode de calcul

Le présent chapitre expose la manière dont les résultats sont calculés. L'analyse est effectuée sur une **durée de 25 ans** ce qui correspond à la durée de vie standard des nouvelles installations.

La puissance du point lumineux est la puissance en Watt de l'ampoule, elle exclut les pertes liées au ballast magnétique ou électronique.

Les pertes se situent entre 10% et 15% selon l'âge pour les installations d'ancienne génération, chaque puissance de luminaire est multipliée par un facteur 1.1. Les pertes étant négligeables sur les nouvelles installations (LED), elles ne seront pas prises en compte.

$$P_{totLum} = P_{Ampoule} \cdot 1.1 [W]$$

La puissance totale du parc est l'addition des puissances de chaque point lumineux en tenant compte des différents types de luminaires.

$$P_{totParc} = \sum P_{totLum_1} + \sum P_{totLum_2} + \dots + \sum P_{totLum_n} [W]$$

La consommation d'énergie annuelle est la puissance multipliée par le nombre d'heures de fonctionnement en 1 année avec une moyenne de 12h par nuit. Pour une meilleure lisibilité, les consommations sont exprimées en [kWh].

$$Cons_{totParc\ Annuel} = \frac{P_{totParc}}{1000} \cdot 12 \cdot 365 [kWh]$$

Romande Energie base le calcul du forfait sur 4250h/an (valeur théorique). La réalité nous montre un temps d'allumage moyen plus proche de 4380h/an.

Le tarif de l'électricité est défini selon les factures du GRD. Le tarif considéré est global : il comprend la part énergie, l'utilisation du réseau et les taxes.

$$Tarif_{elec} = \left[\frac{ct}{kWh} \right]$$

Le coût de l'énergie annuel est la consommation multipliée par le prix de l'électricité.

$$Coût_{EnergieTotParc\ Annuel} = Cons_{totParc\ Annuel} \cdot Tarif_{elec} [CHF]$$

Les valeurs projetées pour la nouvelle installation sont calculées de la même manière à l'exception des pertes négligeables.

Le nombre de remplacements périodiques concerne les installations d'anciennes générations (ampoules sodium, iode, mercure). Avec une durée de vie entre 15'000 et 20'000h selon le type d'ampoule, souvent moins pour les ampoules économiques, le remplacement se fait environ tous les 4 ans pour l'éclairage public.

$$\frac{25}{4} = 6.25 \left[\frac{\text{Remplacements}}{25 \text{ ans}} \right]$$

Soit 6 remplacements d'ampoules par 25 ans.

Le coût de remplacement périodique est le nombre de remplacements d'ampoules en 25 ans multiplié par le nombre de luminaires. Le prix de remplacement d'une ampoule est considéré à 200CHF (fourniture et main d'œuvre).

$$\text{Coût}_{\text{Rempl Périodique en 25 ans}} = 6 \cdot \text{Nbr}_{\text{lum}} \cdot \text{Prix}_{\text{remplacement Ampoule}} [\text{CHF}]$$

Le coût total de l'installation existante sur 25 ans (coût énergie + entretien)

$$\text{Coût}_{\text{totAncien en 25ans}} = 25 \cdot \text{Coût}_{\text{EnergieTotParc Annuel}} + \text{Coût}_{\text{Rempl Périodique en 25 ans}} [\text{CHF}]$$

Le coût d'investissement pour la nouvelle installation (coût de rénovation)

$$\text{Coût}_{\text{Investissement}} = \text{Nbr}_{\text{lum}} \cdot (\text{Prix}_{\text{RemplLum}} + \text{Prix}_{\text{Système de control/Lum}}) [\text{CHF}]$$

Le prix du système de contrôle par luminaire dépend du type de technologie utilisé.

Le facteur d'économie prend en compte l'économie liée au système de commande (abaissement autonome, dynamique, combiné, volume de trafic).

Le coût annuel de l'énergie du nouveau parc est la puissance de la nouvelle installation multipliée par le nombre d'heures d'allumage à 100%, le facteur d'économie et par le prix de l'énergie.

Les frais financiers sont les montants annuels pour le remboursement de l'investissement.

$$\text{Frais}_{\text{financiers annuels}} = \text{Facteur d'annuité} \cdot \text{Coût}_{\text{Investissement}} [\text{CHF}]$$

Le facteur d'annuité sert à linéariser le remboursement de l'investissement sur la durée d'amortissement à partir d'un taux d'intérêt donné.

$$\text{Facteur d'annuité} = 100 \cdot \frac{\text{Taux intérêt}}{1 - (1 + \text{Taux intérêt})^{-\text{NbPeriode}}} [\%]$$

Le montant de l'investissement remboursé annuellement sera défini :

$$\text{Frais}_{\text{financiers annuels}} [\text{CHF}] = \text{Facteur d'annuité} \cdot \text{Coût d'investissement} [\text{CHF}]$$

Le prix total de la nouvelle installation sur 25 ans (coût énergie, remboursement)

$$Coût_{totNouvParc\ en\ 25ans} = 25 \cdot (Coût_{Annuel\ Energie\ Nouv\ Parc} + Frais_{financiers\ annuels}) [CHF]$$

Le calcul des économies de coûts et d'énergie annuels sont la différence entre l'énergie consommée de l'ancienne et de la nouvelle installation et la différence entre le coût de l'ancienne et de la nouvelle installation (coûts annuels du remplacement périodique – frais financiers annuels de la rénovation).

Voir exemple feuille de calcul technico-economique : annexe 3.

L'économie totale annuelle

$$Economie\ totale\ annuelle = \Delta\ coûts\ énergie + \Delta\ frais\ annuels \left[\frac{CHF}{an} \right]$$

Le temps de retour sur investissement (PBT Payback time) est défini par le coût d'investissement divisé par l'économie totale annuelle.

$$PBT = \frac{Coût\ d'investissement}{Economie\ totale\ annuelle} [an]$$

Le tableau des critères est une manière de classier, selon notre appréciation, certains points économiques, techniques et environnementaux.

1 = Très mauvais ou inexistant

5 = Excellent

Critères techniques-sociaux-environn.	Evaluation des critères					Remarques
	1	2	3	4	5	
Fiabilité de la technologie	1	2	3	4	5	Complexité, risque de panne, beaucoup de composants électroniques, pas de références
Sécurité	1	2	3	4	5	Garantie de visibilité, respect des normes, amélioration
Confort pour les usagers	1	2	3	4	5	Risque déranger les usagers, les usagers vont-ils remarquer les variations de luminosité?
Acceptation locale	1	2	3	4	5	Risque de plaintes, dérangements dus aux variations luminosité, luminaires plus esthétiques
Maintenance	1	2	3	4	5	1: Maintenance coûteuse, 5: pas de maintenance
Durée de garantie	1	2	3	4	5	1: Technologie sensible, faible garantie, 5: technologie robuste, garantie élevée
Durée de vie	1	2	3	4	5	1: Maintenance coûteuse, 5: pas de maintenance
Bilan environnemental	1	2	3	4	5	1: Pire ou pas de différence avec existant, 5: excellent ecobilan
Retour sur investisemnt	1	2	3	4	5	1: PBT > 25 ans, 5: PBT < 8 ans
Efficacité de la modernisation	1	2	3	4	5	1: Efficacité modernisation > 18 ct/kWh, 5: efficacité modernisation < 8 ct/kWh

Tableau 1 - Explication des critères d'appréciation

4.3 Données et hypothèses de base

Les données de base suivantes sont définies pour l'étude des scénarios sur la commune de Saint-Prex. Les données « techniques » proviennent des fournisseurs de luminaires et les données « financières » nous ont été fournies par la commune de St-Prex :

Données de base techniques		Valeurs
Heures de fonct.annuelles (h)		4 380
Durée de vie luminaire LED(h)		100 000
Durée de vie de l'ampoule Sodium/iodure (h)		25 000
Durée de vie syst. commande (h)		45 000
Données de base financières		Valeurs
Tarif achat électricité (CHF/kWh)		0.173
Taux d'intérêt, coût du capital (%)		0.0%
Durée d'amortissement (an)		25
Facteur d'annuité (%)		4.00
Type de scénarios		Hypothèse d'économie
Abaissement autonome		33.33%
Abaissement autonome + dynamique		52.50%
Abaissement auto + gestion volume trafic		35.00%
Extinction		50.00%
Sans commande		0.00%

Tableau 2 - Hypothèses de base

Les frais de remplacement de matériel ne prennent en compte que le remplacement des luminaires. Lors de l'élaboration d'un projet de réalisation, un contrôle mécanique et éventuellement un remplacement des mâts est à prévoir en fonction de l'âge et de l'état du matériel.

L'installation d'un luminaire standard et fonctionnel est pris comme modèle dans les scénarios. L'utilisation de mâts et/ou luminaires design influence le montant de l'investissement et par conséquent le temps de retour sur investissement et l'efficacité de la modernisation.

4.4 Vue d'ensemble des différentes technologies de gestion de l'éclairage

Comment communiquer avec un luminaire :

La télégestion consiste en la commande centralisée de plusieurs points lumineux commandés à distance. Cette commande peut se faire par courant porteur, cette technique est notamment utilisée par les gestionnaires de réseau de distribution pour enclencher ou déclencher des groupes de consommateurs (boiler, chauffage, etc.), ainsi que pour le double tarif des compteurs d'électricité.

Un signal est injecté sous forme d'une harmonique sur l'alimentation électrique du luminaire munit d'un système de détection. A la détection de ce signal, le luminaire réagit en fonction du programme qui lui a été implémenté. Le même signal peut être lu par un groupe de luminaire.

À l'heure actuelle, de plus en plus d'objets sont connectés à internet via un réseau WIFI ou une carte SIM, ce sont les IoT (Internet of Things), les nouveaux luminaires n'en font pas exception. Il est donc possible de gérer les luminaires selon les besoins de l'utilisateur, à distance, à l'aide d'une application sur téléphone, tablette ou ordinateur. Certains constructeurs proposent des solutions comprenant les modules de communication, les cartes SIM et les abonnements.

Une autre méthode utilisée par plusieurs constructeurs consiste à contrôler le ou les luminaires via onde radio. La commande est donnée par une unité de contrôle ou par un autre luminaire muni d'un capteur et d'un émetteur.

Selon les constructeurs et les technologies, les systèmes sont, soit directement intégrés dans l'électronique du luminaire, soit nécessitent l'ajout d'un module au montage du luminaire.

Que dire à un luminaire :

L'abaissement nocturne consiste à réduire l'intensité d'une source lumineuse. Un profil de variation est implémenté directement dans le luminaire ou dans un organe de commande des points lumineux. La variation est possible entre 0 et 100%. Cependant, lors d'une réduction nocturne l'éclairage doit satisfaire la norme en vigueur si l'installation n'est pas munie d'un système de détection de personnes.

Les scénarios de modernisation prennent en compte cette variante pour tous les projets. Cependant, un abaissement autonome nocturne n'est pas recommandé pour les routes à grand trafic type routes cantonales, routes collectrices principales. Il est primordial de s'assurer que lors du niveau d'abaissement le plus bas, les critères de la norme ne soient pas affectés.

L'investissement supplémentaire pour un abaissement autonome intégré au luminaire est d'environ 20 CHF par point lumineux, reprogrammable si besoin. Moyennant un investissement plus élevé d'environ 150 CHF/lum (le prix dépend du nombre de points lumineux), il est possible d'installer un système de contrôle plus complet, reprogrammable à distance et muni d'un système de mesure précis de la consommation.

Ci-dessous quelques exemples pour une nuit de 18h à 6h.

Abaissement 1						
Luminosité	100 %	80 %	50 %	100 %		total
Nb heures	3.00 h	2.00 h	6.00 h	1.00 h		12 h
Economie						28.33 %
Abaissement 2						
Luminosité	100 %	20 %	100 %			total
Nb heures	3.00 h	7.00 h	2.00 h			12 h
Economie						46.67 %
Abaissement 3						
Luminosité	100 %	50 %	20 %	90 %		total
Nb heures	4.00 h	3.00 h	4.00 h	1.00 h		12 h
Economie						40.00 %
Abaissement 4						
Luminosité	100 %	60 %	20 %	60 %	100 %	total
Nb heures	2.40 h	2.40 h	2.40 h	2.40 h	2.40 h	12 h
Economie						32.00 %

Tableau 3 - Exemples d'abaissement nocturne

Les économies annoncées dans les tableaux ci-dessus correspondent au gain par rapport à la même installation sans système d'abaissement de la luminosité.

Pilotage dynamique

Il est, dans beaucoup de cas, inutile d'éclairer une rue ou un chemin peu fréquenté à 100% de la puissance. C'est suite à cette constatation que des systèmes de détection de personnes, vélos ou véhicules ont vu le jour.

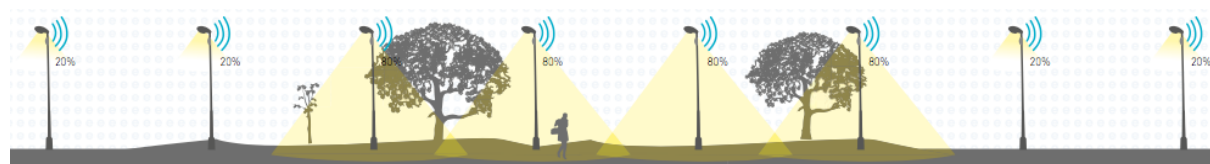


Figure 2 - Illustration pilotage dynamique (Source : catalogue ELEKTRON)

Le pilotage dynamique de l'installation permet une plus grande économie d'énergie, l'éclairage s'allume à 100% lors du passage d'un véhicule, vélo, passant, et se met en mode veille le reste du

temps. Cependant, pour des zones très fréquentées à certaines heures, cette technologie seule ne fait pas de sens. Il serait alors préférable d'ajouter la réduction nocturne programmable en plus du pilotage dynamique.



Figure 3 - Illustration abaissement + dynamique (Source : catalogue SensyCity Sogexi Lacroix)

Sur la fig. 3 à gauche, le système dynamique simple avec forte réduction de la luminosité, à droite le système dynamique avec en plus la réduction nocturne. L'intérêt par rapport à la réduction nocturne simple est qu'il est possible de réduire davantage la luminosité.

Plusieurs fabricants proposent des solutions de pilotage autonome à l'aide de divers systèmes de détection radar ou infrarouge. Un groupe de plusieurs luminaires peuvent travailler ensemble suite à la détection d'un passant, d'un vélo ou d'une voiture.

Ces nouveaux systèmes offrent une grande flexibilité dans le paramétrage du ou des luminaires, parfois à l'aide d'une application mobile, tablette ou d'un ordinateur. Par exemple, réduire l'intensité lumineuse à 10% pour éviter le noir total et augmenter l'intensité à 100% uniquement lorsque qu'une personne est détectée. Il est possible d'augmenter et/ou de diminuer l'intensité de manière progressive afin éviter l'effet stroboscopique.

Pilotage dynamique en fonction du volume de trafic

Dernière technologie en date, le contrôle en fonction du volume de trafic fait suite à la sortie de la nouvelle version de la norme SNR 13201-1:2016 sur l'éclairage public en Suisse. En effet, depuis 2016 il est possible de modifier la classe d'éclairage en fonction de la fréquentation de la route éclairée.

Les radars enregistrent en continu le flux de véhicules sur le tronçon à contrôler, et adapte la classe d'éclairage en fonction des valeurs des dernières minutes (10 – 15 minutes). Cela veut dire que si le trafic augmente de manière soudaine, l'éclairage s'adapte en quelques minutes. Il est toujours possible de superposer cette technique à l'abaissement autonome pour bloquer certaines valeurs lorsque le trafic est constamment élevé.

L'avantage de cette technique est que l'éclairage s'adapte automatiquement aux différentes situations, jours de la semaine, week-end, manifestations, surcharge exceptionnelle de la route et Il existe aujourd'hui en Suisse quelques installations en service montrant des résultats intéressants.

Les résultats annoncés sont de l'ordre de 30% à 40 % en ayant un éclairage adapté à la situation en tout temps.

4.5 Détermination des classes d'éclairage selon la norme

Le présent sous-chapitre expose de manière synthétique la manière dont sont définies les différentes classes d'éclairage public. Ceci selon les normes SNR 13201:2016, plus particulièrement la norme SNR 13201-1:2016 relative à la sélection des différentes classes d'éclairage, ainsi que la norme SN EN 13201-2:2016 relative aux exigences de performance selon la classe. Les exigences des éclairages sont déterminées selon un fonctionnement normal sans diminution de luminosité et selon le trafic journalier moyen dans les deux sens.

4.5.1 Sélection des classes d'éclairage

La sélection se fait ici selon 3 principaux paramètres :

- **(M) trafic motorisé** : véhicules à propulsion par moteur
- **(C) zone de conflit** : zone d'étude dans laquelle se croisent des flux de trafic motorisés ou se chevauchent des zones fréquentées par différents types d'usagers
- **(P) zone piétonne et à modération de trafic** : zone d'étude réservée aux personnes circulant à pied ou à bicyclette, ainsi qu'aux conducteurs de véhicules motorisés lents ($\leq 40\text{km/h}$)

Dans de nombreux cas un espace public peut être partagé par plusieurs zones (par exemple une route bordée par une piste cyclable et un trottoir proche d'un carrefour). Dans un tel cas les paramètres d'étude respectifs doivent être pris en compte. L'éclairage doit être conçu pour garantir la sécurité de tous les usagés dans le pire des cas (faible luminosité ambiante, conditions météorologiques médiocres, forte affluence, etc.).

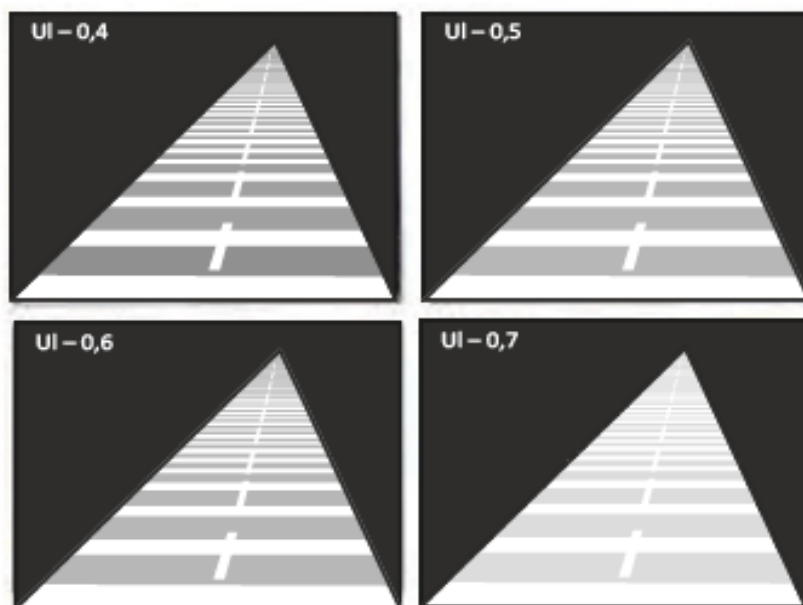
Les classes sont définies en fonction de la situation (vitesse, fréquentation, piste cyclable, trottoirs, etc.). Le même principe est utilisé pour définir les numéros de classes d'éclairage des paramètres M, C et P. Il est à noter que de manière générale, l'éclairage d'une zone C est plus important que les zones qui l'entourent.

Une réduction de 1 à 2 classes est possible en fonction de la répartition du volume de trafic. La classe est définie selon le volume de trafic maximal sur une heure. Entre 15 et 45% du trafic maximal, les exigences peuvent être réduites de 1 classe. En dessous de 15% du trafic maximal, une réduction de 2 classes est possible. A l'étape de concept, seule une estimation de la classe est nécessaire, les différentes classes doivent être définies précisément lors de l'élaboration précise du projet.

L'abaissement de l'éclairage sur les passages piétons est possible tant que la norme et les recommandations en vigueur sont respectées.

4.5.2 Exigences de performance

Les exigences des performances sont définies selon plusieurs critères en fonction des besoins. Pour l'éclairage des routes, l'uniformité U_o de l'éclairage est le plus important. C'est le rapport entre la valeur la plus faible et la valeur moyenne de l'éclairage mesuré, les éclairages non réguliers sont à proscrire. Les valeurs minimales de luminance, de l'uniformité générale U_o , longitudinale U_l et sur routes mouillées U_{OW} sont indiquées en fonction de la classe. D'autres paramètres sont pris en compte, F_{TI} prend en compte l'éblouissement et R_{EI} l'éclairage aux abords d'une route sèche lorsque celle-ci ne comporte aucune zone de trafic adjacente à la chaussée.



L'uniformité longitudinale de luminance fournit une mesure de l'alternance de zones claires et sombres sur la route.

Figure 4 - Illustration de l'uniformité longitudinale

Il existe pour les classes d'éclairage P et C, un tableau indiquant plusieurs éclairagements E (minimum, moyen, hémisphérique, vertical, cylindrique, etc.).

Tous les tableaux se trouvent dans la norme SN EN 13201-2:2016 fr

La classification d'une zone sert à définir précisément quel type de luminaire est à prévoir pour la zone étudiée. À l'étape du concept, les classifications des différentes zones du village sont établies à titre indicatif. Une étude plus précise devra être faite lors de l'élaboration concrète du projet de

modernisation. Sur la base de notre expérience dans le domaine de l'éclairage public. Et pour les besoins du concept, les puissances de remplacement des luminaires d'ancienne génération sont définies de la manière suivante :

Mercure	Sodium	Iodure métallique	Equivalent LED
50 W	-	35 W	15 W
-	50 W	50 W	20 W
80 W	70 W	70 W	35 W
125 W	100 W	100 W	50 W
-	150 W	150 W	70 W
250 W	250 W	250 W	150 W

Tableau 4 - Equivalents puissance ancienne et nouvelle installation

5 État des lieux

L'état des lieux est déterminé selon l'inventaire des points lumineux fourni par la commune ainsi que par un recensement sur place par nos soins. L'inventaire complet est annexé au présent rapport.

5.1 Matériel

Le nombre de points lumineux de la commune est de **815 unités**.

Âge des luminaires :

L'inventaire fourni ne précisait pas, dans la majorité des cas, l'âge du luminaire. Dans certains cas, l'âge a été déterminé selon l'année de réalisation des travaux lorsque ceux-ci avaient été réalisés par Duvoisin-Groux SA. Dans d'autres cas, l'âge a été estimé selon nos connaissances des installations.

L'inventaire fait état d'un parc d'éclairage public d'une moyenne d'âge approximative de 17.8 ans.

Une part non négligeable des points lumineux ont été posés aux alentours des années 1990, il sera donc judicieux de prévoir le remplacement de ces luminaires. Pour rappel, la durée de vie de ce type d'équipement se monte à environ 25 ans.

Types d'ampoules :

Comme montré sur la fig. 4, la majorité des luminaires sont d'ancienne génération et fonctionnent au sodium, 41.7%. Un nombre considérable d'ampoules économiques, 34.1% ont été posées pour remplacer d'anciennes installations. Un faible nombre de luminaires fonctionnent encore au mercure et devront donc être remplacés. Pour rappel, les lampes à vapeur de mercure sont interdites à la commercialisation en Europe depuis le 14.04.2015, selon la directive EuP 2005/32/EC.

En plus d'être particulièrement nuisibles pour l'environnement, les lampes à vapeur de mercure ont un rendement médiocre. Elles émettent une lumière blanche avec un rendu des couleurs correct. Les lampes à vapeur de sodium ont quant à elles un rendement correct. Cependant, elles émettent une lumière jaune (dite monochromatique), ce qui donne un rendu des couleurs médiocre.

En l'état actuel de la technique, les LED permettent d'avoir plusieurs « couleurs » allant d'un blanc froid (5000° K) à un blanc plus chaud (3000°K), ceci avec un très bon rendement.

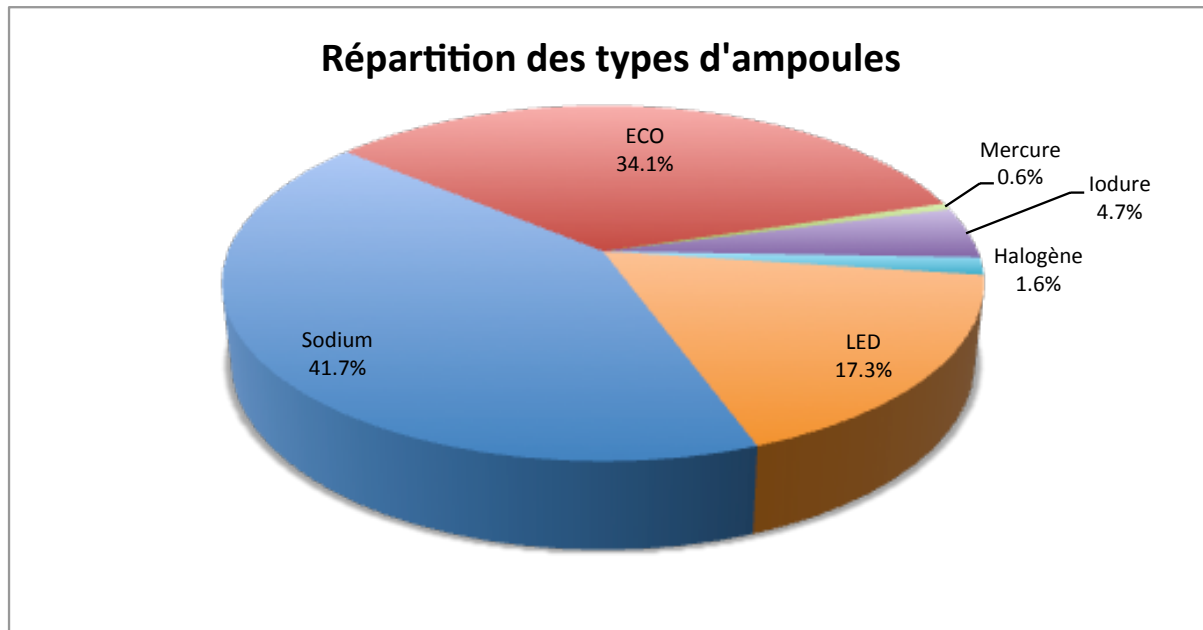


Figure 5 - Répartition des types d'ampoules

Pour un total d'environ 48.9kW, la puissance des sources lumineuses se répartit selon la fig.5. Les valeurs des puissances ci-dessous ne représentent que la puissance indiquée de l'ampoule, elles ne prennent pas en compte les pertes sur les lignes, la perte de rendement de l'ampoule ainsi que la puissance consommée par l'appareillage (ballast, etc.) de chaque luminaire.

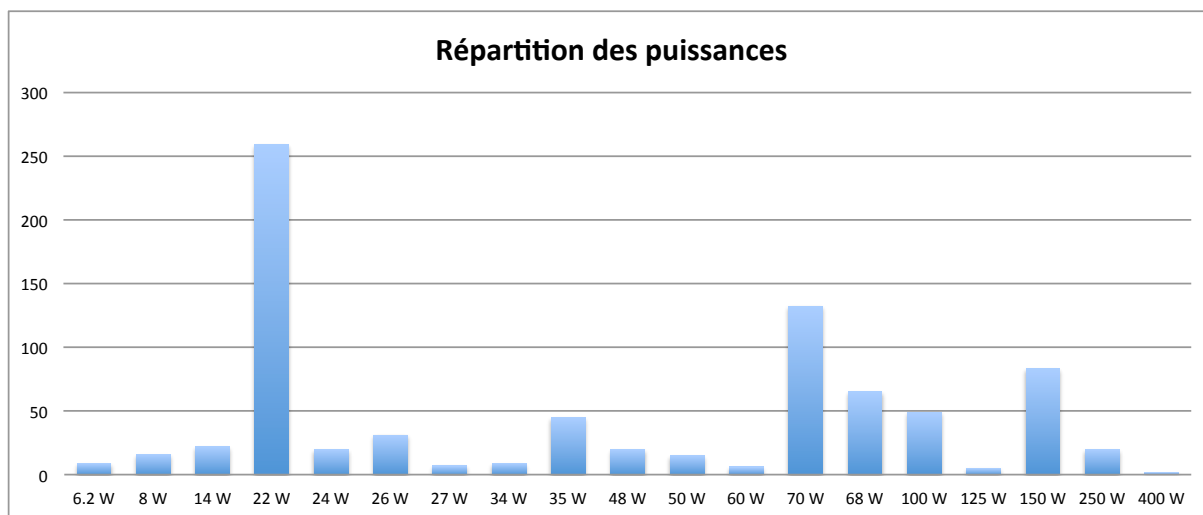


Figure 6 - Répartition des puissances

On constate que le parc contient un nombre important de luminaires équipés d'ampoules économiques 22W. Leur remplacement ne permettra pas de diminuer significativement la consommation finale d'énergie. Cependant, les gains se feront ressentir en termes de qualité avec un éclairage plus adapté. Les coûts de maintenance seront également plus faibles, les luminaires LED ayant une durée de vie plus élevée que les ampoules économiques.

5.2 Coûts d'exploitation

Le réseau d'éclairage public de la commune de Saint-Prex est plutôt en bon état et bien entretenu. Les coûts de maintenance sont donc sous contrôle. La petite maintenance est assurée par les employés de la commune, les travaux les plus importants sont assurés par des entreprises externes.

Tous les points d'alimentation sont installés dans des armoires spécifiques équipées de compteurs d'énergie.

Afin de maintenir un état général correct du parc, il est judicieux de changer les ampoules d'ancienne génération tous les 4 ans en moyenne. Ce coût est pris en compte dans les calculs des scénarios.

A Saint-Prex, environ 83% des luminaires sont d'ancienne génération.

5.3 Facturation

La facturation de l'énergie est effectuée sur la base des compteurs installés à chaque point d'alimentation. La commune dispose d'un accès au portail Romande Energie qui permet de réaliser un suivi de la consommation de chaque compteur ainsi que la consommation globale au niveau de la commune. Les valeurs de consommation 2017 figurent dans le tableau ci-dessous :

No armoire	Adresse selon facture RE	Consommation 2017 (kWh)	Remarques
0	Quai du Suchet		
1	Ch. Du Pont-Levis 9B	7 126	Tarif double
2	Ch. De la Guergoulaz 4	501	Tarif double
3	Ch. Des Colombettes 1	5 762	Tarif double
4	Place de la Gare 1Bis	16 303	
5	Port de Taillecou	15 257	
6	Route de Morges 27Bis	6 985	Tarif double
7	Ch. De Perreret 4	9 314	
8	Ch. De Penguey	5 583	Tarif double
9	Route de Rolle 25	20 628	
10	Ch. De L'Essert	7 288	
11	Ch. De la Damaz	2 037	Tarif double
12	Ch. Du Signal 9	1 026	
13	Ch de la Combe	7 067	
14	Route de Lussy 13	7 135	
15	Route de Lussy 42B	7 514	
16	Ch. Du Cherrat 5B	9 366	
17	Ch. Du Crausaz	7 387	
18	Ch. Du Glapin	10 230	
19	Ch. De la Gravière 3	16 918	
20	Ch. De Coulet	2 048	
21	Le Cheminet 1	3 864	Tarif double
22	Ch. De la Moraire 11Bis	2 615	Tarif double
23	Ch. Du Chauchy 2b	2 528	Tarif double
24	Ch. De Coulet	3 157	Tarif double
25	Ch. De Beaufort	2 054	Tarif double
26			
27	Rue de la Verrerie	12 780	
28	Ch. De la Vergognausaz	2 360	
	Rue de la Gare 1	6 230	
	Place de fêtes EP	719	
TOTAL 2017		201 782	

Tableau 5 - Liste des compteurs et consommations

L'énergie facturée sous compteur sur une année est de 201'782 kWh.

En plus de cette facturation « sous compteur » répertoriée, un total de 108'933 kWh figurent dans la facturation « au forfait » correspondant à une puissance de 27.74 kWh.

Soit un total d'énergie facturée de :

$$201'782 + 108'933 = \mathbf{310'715 \text{ kWh}}$$

Le temps d'utilisation théorique utilisé par RE pour le calcul au forfait est de 4252h.

Selon la puissance installée (48'961W + 10% de perte) sur la base de l'inventaire, l'énergie théorique calculée est de :

$$48.961 \cdot 1.1 \cdot 4'252 = \mathbf{229'000 \text{ kWh}}$$

Soit une différence de :

$$100 \cdot \frac{310'715 - 229'000}{310'715} = \mathbf{26.3\%}$$

Cette différence peut venir du fait que la puissance théorique pour le calcul au forfait n'a pas été mise à jour suite à certaines transformations.

Il serait judicieux pour la commune de demander à RE une réévaluation de la puissance théorique ou d'installer des compteurs sur tous les points d'enclenchements.

6 Scénarios de modernisation

Les propositions de scénarios de modernisation ont été préalablement discutées avec Messieurs Roger Burri (Vice-syndic) et Christophe Cotting (Responsable du service de l'urbanisme, de la police des constructions et des infrastructures).

L'élaboration des différents scénarios de modernisation nécessite de décomposer la commune de Saint-Prex en plusieurs catégories de zones :

- Les grands axes routiers et route cantonale
- Les zones résidentielles standard
- Les zones résidentielles avec peu de passage
- Les zones industrielles

Certaines zones ont été identifiées pour leur important potentiel d'économie d'énergie. Ces zones (ou projets identifiés) sont listées ci-dessous :

- La route cantonale et les grands axes qui traversent le village. Ces zones sont principalement équipées de luminaires au sodium haute pression 150W, ceci représente environ 120 points lumineux à améliorer ou remplacer.
- L'Avenue de Taillecou dont la réfection entre déjà au planning, de la commune en principe pour 2019.
- La zone industrielle et le Chemin du Glapin.
- Le quartier de Cherrat.

Le parc est constitué d'un nombre relativement important de luminaires type lanterne équipés d'ampoules économiques de 22W. La consommation de ces installations est certes faible mais la qualité de l'éclairage l'est également. Ces luminaires se trouvent généralement dans des zones résidentielles.

Dans ce chapitre, les différents scénarios de modernisation sont présentés pour chaque projet identifié. Finalement, une extrapolation des scénarios est projetée pour évaluer le potentiel global de la commune en termes d'économie d'énergie et d'économie financière.

6.1 Définition des scénarios

Les définitions suivantes sont valables pour tous les projets évalués sur la commune.

6.1.1 Scénario 1 : abaissement autonome

Le profil proposé est de 100% de l'allumage de 18h à 21h, 80% de 21h à 23h, 50% de 23h à 5h et 100% de 5h à 6h, l'économie d'énergie est de 28.3% par rapport à la même installation LED sans abaissement autonome.

Abaissement 1						
Luminosité	100 %	80 %	50 %	100 %		total
Nb heures	3.00 h	2.00 h	6.00 h	1.00 h		12 h
Economie						28.33 %

Figure 7 - Abaissement scénario 1

L'investissement supplémentaire se monte à environ 20 CHF par luminaire (en plus du coût de remplacement standard). Actuellement, cette technologie relativement simple (plug and play) est proposée en option chez plusieurs fournisseurs constructeurs de luminaires, les profils d'éclairage sont reprogrammables si besoin.

6.1.2 Scénario 2 : abaissement autonome + dynamique

Avec un abaissement autonome de base de 4h à 100% et 8h à 10%. Une économie de 60% correspond au cas où avec cet abaissement, les détecteurs ne sont jamais sollicités.

Abaissement 3						
Luminosité	100 %	10 %	0 %	0 %	0 %	total
Nb heures	4.00 h	8.00 h	0.00 h	0.00 h	0.00 h	12 h
Economie						60.00 %

Figure 8 - Abaissement scénario 2

Cependant, en fonction de la fréquentation lorsque la luminosité est réduite, l'économie d'énergie finale peut être significativement réduite. C'est pourquoi, lors des calculs, nous faisons l'hypothèse d'un facteur d'économie de 52.5%. Cela correspond à un allumage de 1h à 100% au lieu de 10%.

Abaissement 4						
Luminosité	100 %	10 %	100 %	0 %	0 %	total
Nb heures	4.00 h	7.00 h	1.00 h	0.00 h	0.00 h	12 h
Economie						52.50 %

Figure 9 - Abaissement+ dynamique scénario 2

Les coûts annoncés dans les scénarios comprennent les systèmes de commandes, les détecteurs et la mise en service.

6.1.3 Scénario 3 : abaissement autonome + dynamique en fonction du volume de trafic

Le 3^e système utilise une technologie qui adapte de façon dynamique la classe d'éclairement en fonction du volume de trafic. Les radars mesurent en continu le volume de trafic, envoient les informations au contrôleur qui commande les luminaires via ondes radio.

Le facteur d'économie de ce système est estimé à 35% par rapport à la même installation LED sans système de commande.

Les coûts annoncés dans les scénarios comprennent les systèmes de commandes, les radars et la mise en service.

6.2 Route cantonale et grands axes

La route cantonale et les grands axes comportent 134 luminaires, en majorité sodium haute pression 150W. Cette installation possède un gros potentiel d'économie d'énergie. En effet, le seul remplacement des anciens points lumineux par des LED représente une économie d'énergie de plus de 43'000 kWh par année.

Situation actuelle		
Projet: RC et Grands axes		
Quantité	Type	Puissance
46	LED	70 W
77	Sodium	150 W
14	Sodium	250 W
Nb tot: 137		
P tot: 20097 W		

Tableau 6 - Situation actuelle RC et Grands axes

Selon les données du Guichet Cartographique Cantonal, les valeurs du trafic moyen journalier sur les axes principaux sont de 13900 vhc/j sur la route de Morges, 9500 vhc/j sur la route de Rolle et 2600vhc/j sur la route de Villars-sous-Yens, ceci principalement la journée et aux heures de pointes.

Les résultats des différents scénarios sont comparés à la fin du chapitre.

Liste des hypothèses
Catégorie de la zone : grands axes routiers et route cantonale
Coût de remplacement d'un luminaire (sans le mât) : 970 CHF
Coût de remplacement d'une ampoule fourniture et MO : 200 CHF. Ce coût n'est pas pris en compte pour les luminaires déjà équipés de LED.
Les pertes dues à l'appareillage sont de 10% pour les luminaires d'ancienne génération (Sodium, Mercure, Iodure).
Coût supplémentaire pour abaissement autonome : 20 CHF/lum
Coût supplémentaire pour abaissement autonome + système dynamique : 280 CHF/lum
Coût supplémentaire pour abaissement autonome + contrôle en fonction du volume de trafic : 210 CHF/lum

On estime que selon la norme il est possible de diminuer de 1 à 2 classes en fonction du volume de trafic durant la nuit. De 15 % à 45 % du volume de trafic maximal, diminue de 1 classe. < 15 % du volume de trafic maximal, diminue de 2 classes.

La nouvelle installation est composée de :

- 123 points lumineux 70 W LED
- 14 points lumineux 150 W LED

Tableau 7 - Hypothèses RC et Grands axes

6.2.1 Synthèse

Le tableau récapitulatif des différents scénarios du projet :

Critères RC et Grands axes	Unités	Scénario 1 Abaissement autonome	Scénario 2 Dynamique	Scénario 3 Volume de trafic
Coût investissement	(CHF)	88 040	122 880	113 500
Economie énergie annuelle	(kWh/an)	51 256	62 286	54 299
Economie annuelle	(CHF/an)	8 867	10 775	9 394
Facteur d'annuité	(%)	4.0	4.0	4.0
Frais financiers annuels	(CHF/an)	3 522	4 915	4 540
Economie totale annuelle CHF	(CHF/an)	9570	10084	9078
Temps retour sur invest. (PBT)	(ans)	9.2	12.2	12.5
Economie énergie totale	(kWh/25ans)	1 281 406	1 557 145	1 357 472
Economie totale	(CHF/25ans)	239 243	252 106	226 943
Retour sur investissement (RSI)	(%)	171.7	105.2	99.9
Valeur actuelle nette (VAN)	(CHF)	151 203	129 226	113 443
Efficacité de la modernisation	(Cts/kWh)	6.87	7.89	8.36
Evaluation des critères		1 Mauvais, 5 Excellent		
Fiabilité de la technologie		4	3	4
Sécurité		3	3	5
Confort pour les usagers		3	4	5
Acceptation locale		5	3	4
Maintenance		4	4	4
Durée de vie/garantie		4	3	3
Bilan environnemental		4	3	4
Temps retour sur invest. (PBT)		5	4	4
Efficacité de la modernisation		5	4	4
	Moyenne	4.11	3.44	4.11

Tableau 8 - Récapitulatif des résultats RC et Grands axes

Le scénario 1 serait financièrement le plus intéressant. Cependant, comme le réglage du niveau d'éclairage se fait indépendamment du trafic, il est possible que lors d'une situation de fréquentation plus élevée que la normale, l'éclairage ne soit plus adapté.

Le scénario 2 propose un contrôle en fonction de la fréquentation de la zone éclairée. Néanmoins, il nécessite l'installation de passablement de matériel, notamment de capteurs, ce qui rend l'installation plus onéreuse et plus délicate.

Malgré un PBT plus élevé de 12.5 ans, notre recommandation va pour le scénario 3 car il permet en tout temps un éclairage adapté à la situation. De plus, il nécessite l'installation de relativement peu de matériel pour son fonctionnement.

6.3 Avenue de Taillecou 30km/h

L'avenue de Taillecou est classée dans la catégorie des zones résidentielles standard. Longue d'environ 640m, elle est équipée de 7 luminaires LED différents posés pour des tests. Les points lumineux au sodium datent de 1991. Lors des travaux de réfection, l'avenue de Taillecou passera en zone 30km/h, l'installation est dimensionnée en conséquence.

Situation actuelle		
Projet : Avenue de Taillecou 30 km/h		
Quantité	Type	Puissance
7	LED	50 W
10	Sodium	100 W
2	Sodium	250 W
Nb tot: 19		
P tot: 1850 W		

Tableau 9 - Situation actuelle avenue de Taillecou

L'éclairage du parking du centre sportif du Vieux-Moulin ainsi que celui du port ne seront pas pris en compte dans l'analyse.

Du fait de sa fréquentation, un éclairage à 100% toute la nuit ne fait pas de sens pour une avenue telle que celle de Taillecou. De plus, l'âge et le type d'installation en fait un des projets prioritaires pour la rénovation du parc éclairage public de Saint-Prex.

Les résultats des différents scénarios sont comparés à la fin du chapitre.

Liste des hypothèses
Catégorie de la zone : résidentielle standard
Coût de remplacement d'un luminaire (sans le mât) : 750 CHF
Coût de remplacement d'une ampoule fourniture et MO : 200 CHF. Ce coût n'est pas pris en compte pour les luminaires déjà équipés de LED.
Coût supplémentaire pour abaissement autonome : 20 CHF/lum
Coût supplémentaire pour abaissement autonome + système dynamique : 330 CHF/lum
Les pertes dues à l'appareillage sont de 10% pour les luminaires d'ancienne génération (Sodium, Mercure, Iodure).

Les 7 points lumineux LED de l'avenue formant un test composé de plusieurs types de luminaires différents, la puissance de 50W est une estimation. L'ancienne installation était composée de 7 luminaires à vapeur de mercure 125W.

La nouvelle installation est composée de :

- 18 points lumineux 25W LED
- 4 points lumineux 46W LED

Afin de pouvoir comparer les chiffres de manière cohérente, les prix utilisés concernent un remplacement des luminaires par une installation fonctionnelle. Tous les coûts supplémentaires dus au design et/ou à l'installation de décoration de Noël ne seront pas pris en compte.

Tableau 10 - Hypothèses avenue de Taillecou

6.3.1 Synthèse

Du fait de la faible fréquentation de la zone, une gestion en fonction du volume de trafic ne fait pas sens ici. Seuls les scénarios d'abaissement autonome et de contrôle dynamique sont étudiés.

Critères Avenue de Taillecou	Unités	Scénario 1 Abaissement autonome	Scénario 2 Dynamique
Coût investissement	(CHF)	16 940	23 760
Economie énergie annuelle	(kWh/an)	6 770	7 441
Economie annuelle	(CHF/an)	1 171	1 287
Facteur d'annuité	(%)	4.0	4.0
Frais financiers annuels	(CHF/an)	678	950
Economie totale annuelle CHF	(CHF/an)	1070	913
Temps retour sur invest. (PBT)	(ans)	15.8	26.0
Economie énergie totale	(kWh/25ans)	169 247	186 024
Economie totale	(CHF/25ans)	26 740	22 822
Retour sur investissement (RSI)	(%)	57.8	-3.9
Valeur actuelle nette (VAN)	(CHF)	9 800	-938
Efficacité de la modernisation	(Cts/kWh)	10.01	12.77
Evaluation des critères		1 Mauvais, 5 Excellent	
Fiabilité de la technologie		4	3
Sécurité		3	5
Confort pour les usagers		4	5
Acceptation locale		5	4
Maintenance		4	3
Durée de garantie/garantie		4	3
Bilan environnemental		4	3
Temps retour sur invest. (PBT)		4	1
Efficacité de la modernisation		4	3
	Moyenne	4.00	3.33

Tableau 11 - Récapitulatif des résultats avenue de Taillecou

Les résultats montrent que l'abaissement autonome du scénario 1 serait le plus intéressant. Notre recommandation va pour ce scénario.

Le scénario 2 peut apporter un bon confort aux usagers à condition d'équiper de nombreux luminaires avec des capteurs, d'où des coûts d'investissement plus importants sans gain supplémentaire en termes d'économie d'énergie. Ceci est dû au fait que la zone est composée de plusieurs entrées et sorties de propriétés, de routes et de l'accès au port.

6.4 Zone industrielle

La commune abrite une importante zone industrielle. Néanmoins, l'éclairage public se limite à 28 points lumineux vu qu'une part importante (site de la Verrerie de Saint-Prex) concerne des installations privées.

Situation actuelle		
Projet : chemin et ZI de Glapin		
Quantité	Type	Puissance
16	Sodium	150 W
12	Sodium	70 W
Nb tot: 28		
P tot: 3240 W		

Tableau 12 - Situation actuelle Ch. et ZI de Glapin

Liste des hypothèses
Catégorie de la zone : industrielle
Coût de remplacement d'un luminaire (sans le mât) : 860 CHF
Coût de remplacement d'une ampoule fourniture et MO : 200 CHF. Ce coût n'est pas pris en compte pour les luminaires déjà équipés de LED.
Coût supplémentaire pour abaissement autonome : 20 CHF/lum
Coût supplémentaire pour abaissement autonome + système dynamique : 276 CHF/lum
Les pertes dues à l'appareillage sont de 10% pour les luminaires d'ancienne génération (Sodium, Mercure, Iodure).
La nouvelle installation est composée de : <ul style="list-style-type: none"> • 16 points lumineux 70 W LED au chemin du Glapin • 12 points lumineux 30 W LED dans la ZI du Glapin
La Verrerie de Saint-Prex travaillant 24h/24h, les 7 points lumineux au chemin de la Verrerie ne seront pas équipés de systèmes de commande dynamique ou d'abaissement autonome

Tableau 13 - Hypothèses Ch. et ZI de Glapin

Une installation dynamique serait idéale à l'aide de 10 capteurs PIR. Il n'est pas nécessaire d'équiper chaque luminaire d'un capteur. Les modules de commande ayant la capacité de communiquer entre eux permettent de faire travailler les points lumineux en groupe. Seuls les points lumineux aux

entrées et sorties du chemin ainsi que ceux aux abords des entrées et sorties des parkings sont équipés de capteurs.

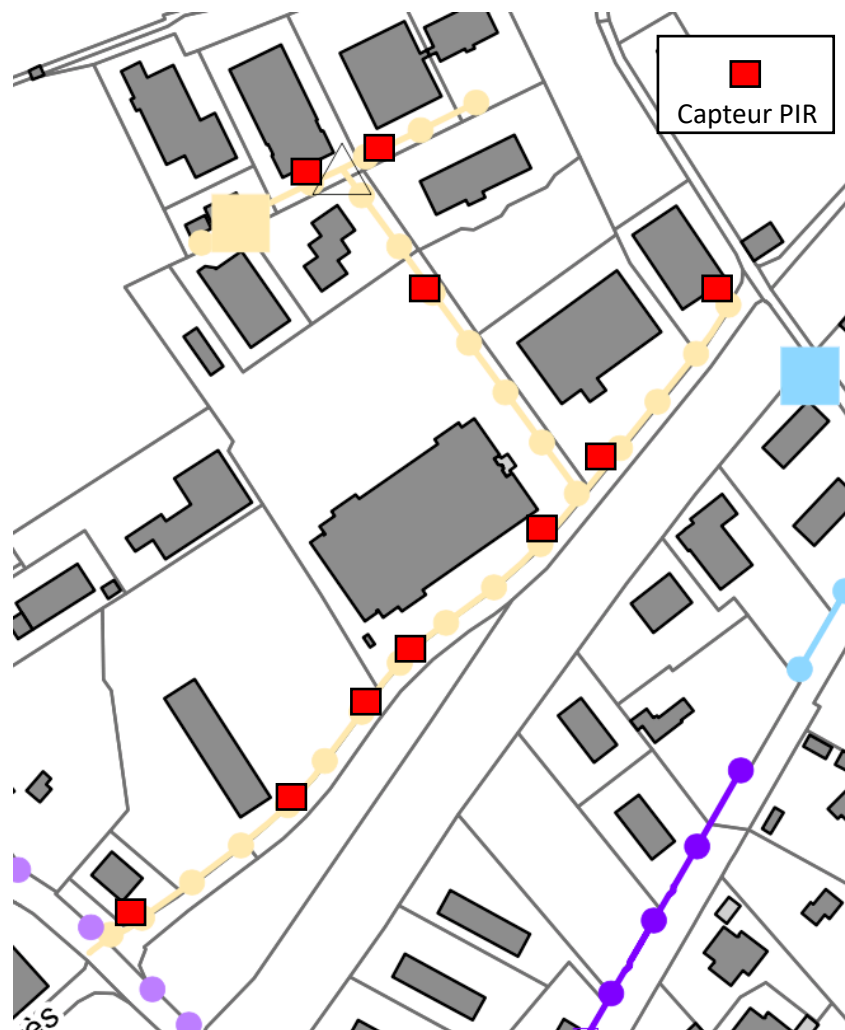


Figure 10 - Proposition scénario dynamique Ch et ZI de Glapin

L'investissement supplémentaire se monte à 276 CHF par point lumineux (pour ce groupe de luminaires, soit 28 points lumineux). Comportant 10 capteurs, les modules de contrôle, la configuration du luminaire et la mise en service.

Le fait que ce soit une zone industrielle, la fréquentation est la plus élevée le matin à l'arrivée des employés et en début de soirée à leur départ. C'est pourquoi il est judicieux ici de paramétrer une réduction nocturne autonome en plus de la détection.

6.4.1 Synthèse

Du fait de la fréquentation relativement faible de la zone, une gestion en fonction du volume de trafic ne fait pas sens ici. Seuls les scénarios d'abaissement autonome et de contrôle dynamique sont étudiés.

Critères Chemin et ZI de Glapin	Unités	Scénario 1 Abaissement autonome	Scénario 2 Dynamique
Coût investissement	(CHF)	24 640	31 818
Economie énergie annuelle	(kWh/an)	10 965	12 531
Economie annuelle	(CHF/an)	1 897	2 168
Facteur d'annuité	(%)	4.0	4.0
Frais financiers annuels	(CHF/an)	986	1 273
Economie totale annuelle CHF	(CHF/an)	2255	2239
Temps retour sur invest. (PBT)	(ans)	10.9	14.2
Economie énergie totale	(kWh/25ans)	274 115	313 280
Economie totale	(CHF/25ans)	56 382	55 979
Retour sur investissement (RSI)	(%)	128.8	75.9
Valeur actuelle nette (VAN)	(CHF)	31 742	24 161
Efficacité de la modernisation	(Cts/kWh)	8.99	10.16
Evaluation des critères		1 Mauvais, 5 Excellent	
Fiabilité de la technologie		5	4
Sécurité		3	5
Confort pour les usagers		4	5
Acceptation locale		5	5
Maintenance		4	4
Durée de vie/garantie		4	3
Bilan environnemental		4	4
Temps retour sur invest. (PBT)		3	3
Efficacité de la modernisation		4	3
	Moyenne	4.00	4.00

Tableau 14 - Récapitulatif des résultats Ch et ZI de Glapin

Pour la zone industrielle, le contrôle dynamique est intéressant car il permet à long terme une plus grande économie d'énergie. De plus, la zone étant très peu fréquentée la nuit, le facteur d'économie réel serait sans doute plus élevé, une estimation plutôt pessimiste ayant été faite.

6.5 Quartier de Cherrat

Le quartier de Cherrat se situe aux alentours d'un établissement scolaire. L'installation actuelle est composée d'anciens luminaires datant des années 1990 et de 17 nouveaux luminaires LED installés lors de la construction du parking près de la déchetterie.

Situation actuelle			Nouvelle installation		
Projet : Quartier Cherrat			Projet : Quartier Cherrat		
Quantité	Type	Puissance	Quantité	Type	Puissance
2	Sodium	250 W	2	LED	150 W
10	Sodium	150 W	10	LED	70 W
41	Sodium	70 W	41	LED	35 W
12	Sodium	22 W	12	LED	20 W
7	LED	27 W	7	LED	27 W
10	LED	14 W	10	LED	14 W
Nb tot: 82			Nb tot: 82		
P tot: 5463 W			P tot: 3004 W		

Tableau 15 - Situation actuelle et hypothèse de l'installation

Les rues prise en considération pour le quartier de Cherrat sont, selon l'inventaire :

- Chemin du Cherrat
- Parking Cherrat + abris PC
- Parking sous-Allens
- Chemin sous-Allens
- Ch. du Vegney
- Rue de l'Epondaz

Liste des hypothèses

Catégorie de la zone : résidentielle standard

Coût de remplacement d'un luminaire (sans le mât) : 850 CHF

Coût de remplacement d'une ampoule fourniture et MO : 200 CHF. Ce coût n'est pas pris en compte pour les luminaires déjà équipés de LED.

Coût supplémentaire pour abaissement autonome : 20 CHF/lum

Coût supplémentaire pour abaissement autonome + système dynamique : 256 CHF/lum

Les pertes dues à l'appareillage sont de 10% pour les luminaires d'ancienne génération (Sodium, Mercure, Iodure).

Afin de pouvoir comparer les chiffres de manière cohérente, les prix utilisés concernent un remplacement des luminaires par une installation fonctionnelle. Tous les coûts supplémentaires dus au design et/ou à l'installation de décoration de Noël ne seront pas pris en compte.

Tableau 16 - Hypothèses quartier de Cherrat

6.5.1 Synthèse

Du fait de la fréquentation relativement faible de la zone, une gestion en fonction du volume de trafic ne fait pas sens ici. Seuls les scénarios d'abaissement autonome et de contrôle dynamique sont étudiés.

Quartier du Cherrat	Unités	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Critères		Abaissement autonome	Abaissement autonome +	Sans commande
Coût investissement	(CHF)	56 890	76 276	55 250
Economie énergie annuelle	(kWh/an)	16 747	19 927	13 019
Economie annuelle	(CHF/an)	2 897	3 447	2 252
Facteur d'annuité	(%)	4.0	4.0	4.0
Frais financiers annuels	(CHF/an)	2 277	3 053	2 212
Economie totale annuelle CHF	(CHF/an)	3740	3514	3161
Temps retour sur invest. (PBT)	(ans)	15.2	21.7	17.5
Economie énergie totale	(kWh/25ans)	418 677	498 170	325 478
Economie totale	(CHF/25ans)	93 496	87 846	79 013
Retour sur investissement (RSI)	(%)	64.3	15.2	43.0
Valeur actuelle nette (VAN)	(CHF)	36 606	11 570	23 763
Efficacité de la modernisation	(Cts/kWh)	13.59	15.31	16.98

Evaluation des critères	1 Mauvais, 5 Excellent		
Fiabilité de la technologie	5	3	5
Sécurité	3	5	5
Confort pour les usagers	4	5	3
Acceptation locale	4	4	3
Maintenance	5	3	4
Durée de vie/garantie	4	3	4
Bilan environnemental	4	4	2
Retour sur investissemt	3	1	3
Efficacité de la modernisation	3	2	2
Moyenne	3.89	3.33	3.44

Tableau 17 - Récapitulatif des résultats quartier de Cherrat

Le quartier de Cherrat étant proche de l'école, il est nécessaire que l'éclairage soit de qualité. Actuellement, il est composé d'anciens luminaires offrant un éclairage qualifié de moyen.

Notre recommandation va pour le scénario 1 avec l'installation d'un système avec abaissement autonome. Cette solution permet un temps de retour sur investissement (PBT ≈ 15.2 ans) et garantit un éclairage optimal aux heures désirées.

7 Extrapolation sur l'ensemble de la commune et recommandations

Dès lors que certains cas spécifiques (projets identifiés) ont été traités dans le chapitre précédent et que les potentiels d'économie d'énergie ont pu être quantifiés, il est également intéressant d'évaluer le potentiel d'économie d'énergie global au niveau de la commune. Il s'agit d'évaluer les économies d'énergie possibles dans le cas où les solutions seraient déployées systématiquement selon nos recommandations pour chaque type de zones.

Les analyses des différents scénarios de modernisation proposés ont abouti aux recommandations suivantes pour chaque type de zones :

- Route cantonale et grands axes : installation systématique de luminaires LED avec système de gestion en fonction du volume de trafic.
- Zones résidentielles standard : installation systématique de luminaires LED avec système d'abaissement autonome.
L'abaissement autonome est pour les zones résidentielles standard la meilleure option : PBT intéressant
- Zones résidentielles avec faible passage : installation systématique de luminaires LED avec système d'abaissement autonome et contrôle dynamique.
- Zones industrielles : installation systématique de luminaires LED avec système d'abaissement autonome et contrôle dynamique.

Les moyennes des puissances des points lumineux d'ancienne génération ont été calculées pour les zones résidentielles standard et peu fréquentées.

Le tableau ci-dessous détaille la liste des hypothèses considérées pour chaque type de zones afin d'établir l'extrapolation sur l'ensemble de la commune :

Liste des hypothèses				
Catégorie de la zone	RC et grands axes	Résidentielle standard	Résidentielle faible passage	Zone industrielle
Installation existante				
Les pertes dues à l'appareillage sont de 10% pour les luminaires d'ancienne génération (Sodium, Mercure, Iodure).				
Coût de remplacement d'une ampoule ancienne génération, fourniture et MO (tous les 4 ans)	200 CHF/Lum			
Point lumineux ancienne génération	77 Pièces	477 Pièces	64 Pièces	16 Pièces
Puissance moyenne ancienne génération	150 W	49 W	47 W	150 W
Point lumineux ancienne génération	14 Pièces			12 Pièces
Puissance moyenne ancienne génération	250 W			70 W
Point lumineux LED	46 Pièces	87 Pièces	22 Pièces	
Puissance moyenne point lumineux LED	70 W	20 W	20 W	
Nouvelle installation				
Point lumineux LED	123 Pièces	564 Pièces	86 Pièces	16 Pièces
Puissance point lumineux	70 W	20 W	20 W	70 W
Point lumineux LED	14 Pièces			12 Pièces
Puissance point lumineux	150 W			30 W
Coût de remplacement d'un luminaire (sans le mât)	970 CHF/lum	638 CHF/lum	638 CHF/lum	860 CHF/lum
Système de commande	Volume de trafic	Abaissement autonome	Dynamique	Dynamique
Coût supplémentaire pour système de commande	210 CHF/lum	20 CHF/lum	190 CHF/lum	276 CHF/lum

Tableau 18 - Situation actuelle et hypothèses pour l'extrapolation

7.1 Potentiel d'économie d'énergie global pour la commune

Sait-Prex Critères	Unités	RC et grands axes Volume de trafic	Résidentielles standard Abaissement autonome	Résidentielle faible passage Dynamique	Zones industrielles Dynamique	Global commune
Coût investissement	(CHF)	113 500	310 765	56 380	31 818	512 463
Economie énergie annuelle	(kWh/an)	54 299	83 611	12 657	12 531	163 098
Economie annuelle	(CHF/an)	9 394	14 465	2 190	2 168	28 216
Facteur d'annuité	(%)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Frais financiers annuels	(CHF/an)	4 540	12 431	2 255	1 273	20 499
Economie totale annuelle CHF	(CHF/an)	9078	24594	3007	2239	38 917
Temps retour sur invest. (PBT)	(ans)	12.5	12.6	18.8	14.2	14.5
Economie énergie totale	(kWh/25ans)	1 357 472	2 090 282	316 433	313 280	4 077 467
Economie totale	(CHF/25ans)	226 943	614 854	75 163	55 979	972 939
Retour sur investissement (RSI)	(%)	99.9	97.9	33.3	75.9	76.8
Valeur actuelle nette (VAN)	(CHF)	113 443	304 089	18 783	24 161	460 476
Efficacité de la modernisation	(Cts/kWh)	8.36	14.87	17.82	10.16	12.80
Evaluation des critères		1 Mauvais, 5 Excellent				
Fiabilité de la technologie		4	5	3	4	4.00
Sécurité		5	3	5	5	4.50
Confort pour les usagers		5	3	5	5	4.50
Acceptation locale		4	4	3	5	4.00
Maintenance		4	5	3	4	4.00
Durée de vie/garantie		3	3	3	3	3.00
Bilan environnemental		4	4	3	4	3.75
Temps retour sur invest. (PBT)		4	4	2	3	3.25
Efficacité de la modernisation		4	3	1	3	2.75
	Moyenne	4.11	3.78	3.11	4.00	3.75

Tableau 19 - Récapitulatif des résultats de l'extrapolation

Les conclusions suivantes peuvent ainsi être tirées pour chaque type de zones :

Route cantonale et grands axes

Les données de la zone RC et grands axes correspondent au projet « RC et grands axes ». L'installation systématique de luminaires LED avec système de gestion en fonction du volume de trafic permet d'obtenir un temps de retour sur investissement (PBT) intéressant (≈12.5 ans) pour 65% d'économie sur la consommation actuelle.

Zones résidentielles standard

L'installation d'un abaissement autonome dans les zones résidentielles standard correspond au meilleur scénario. Le temps de retour sur investissement (PBT) est également intéressant (≈12.6 ans) pour 70.5% d'économie sur la consommation actuelle.

Zones résidentielles avec faible passage

L'installation de luminaires LED avec système d'abaissement autonome et contrôle dynamique donne les meilleurs résultats. Le PBT de la modernisation reste relativement élevé (≈18.8 ans) pour 78.8% d'économie sur la consommation actuelle. Le PBT élevé est dû au fait qu'un nombre conséquent de luminaires sont actuellement équipés d'ampoules économiques 22W, ceci a pour effet que le potentiel d'économie d'énergie reste modeste. Le véritable gain dans ce cas sera la qualité de l'éclairage.

Zones industrielles

Les données de la zone industrielle correspondent au projet « Ch et ZI de Glapin ». L'installation systématique de luminaires LED avec système d'abaissement autonome et contrôle dynamique permet d'obtenir un temps de retour sur investissement (PBT) raisonnable (≈ 14.4 ans) pour 80% d'économie sur la consommation actuelle.

De manière générale, si la modernisation de l'éclairage était déployée de manière globale sur la commune, le potentiel d'économie serait très important ($\approx 163'000$ kWh/an donc plus de 4 millions de kWh sur 25 ans). Les travaux de modernisation sont des opérations rentables puisque les temps de retour sur investissement (PBT) sont de moins de 15 ans. Il est également intéressant de mentionner le coût du kWh économisé : 12.8Cts/kWh. Ce coût du kWh économisé donne une indication sur l'efficacité de la modernisation en le comparant avec le coût du kWh payé au distributeur d'électricité (17.3Cts/kWh).

7.2 Ecobilan de la modernisation de l'éclairage public

Il est également intéressant d'évaluer l'impact de la modernisation de l'éclairage public sous l'angle environnemental. L'évaluation des impacts environnementaux s'effectue à chacune des étapes : la fabrication du produit, le transport jusqu'au lieu d'utilisation, l'utilisation, ainsi que l'élimination en fin de vie. Le schéma ci-dessous illustre ces différentes étapes :

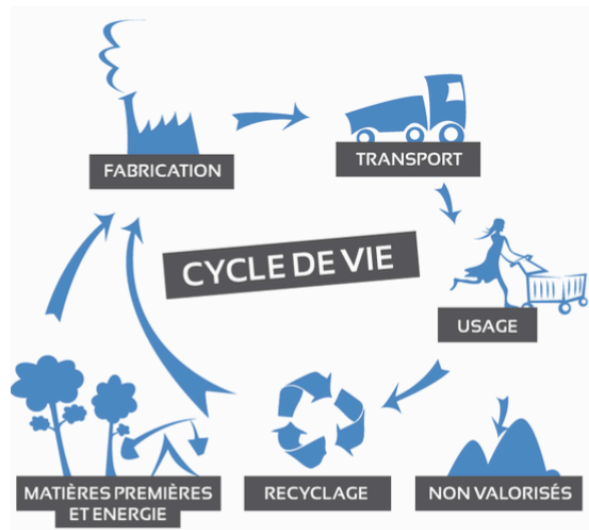


Figure 11 - schéma des étapes du cycle de vie d'un produit (selon l'Ademe)

Périmètre d'analyse et méthode

Sur l'ensemble des impacts environnementaux existants, seul l'impact sur le réchauffement climatique a été considéré dans notre cas. L'indicateur d'impact est le pouvoir de réchauffement global exprimé en kg éq CO₂.

Afin de définir le périmètre d'analyse dans le cas de la modernisation de l'éclairage public, les étapes suivantes ont été considérées :

- Production du matériel, énergie grise (impacts de la fabrication des luminaires, ampoules, systèmes de commandes).
- Installation des luminaires et remplacement des ampoules (impacts de l'utilisation d'une nacelle élévatrice).
- L'utilisation des luminaires (impacts CO₂ de l'énergie électrique consommée par les luminaires sur la durée de vie).
- L'élimination du matériel en fin de vie.

La méthode adoptée est basée sur le guide méthodologique « Quantifier l'impact GES d'une action de réduction des émissions » publié en 2016 par l'Ademe. Les facteurs d'émissions considérés proviennent des bases de données suivantes :

- Profil environnemental des produits Schröder (basés sur Ecoinvent v2.2)
- OFEV, Umweltbilanz Strommix Schweiz 2011
- Base Impact Ademe 2018
- Base de données mobitool v2.0.2 (Treeze :Road transport)

Bilan CO2

Le principe utilisé consiste à comparer les 2 cas (avant et après modernisation de l'éclairage public) sur une durée d'observation de 25 ans. La durée de 25 ans est définie par la durée de vie des luminaires LED de la génération actuelle.

- Cas de base : réseau d'éclairage public existant avec consommation d'électricité actuelle et remplacement périodique des ampoules à une fréquence de 4 ans.
- Scénario de modernisation : remplacement des luminaires actuels par des luminaires LED d'une durée de vie de 25 ans, mise en place d'un système d'économie d'énergie supplémentaire (abaissement, dynamique ou gestion de trafic selon les types de zones).

Le bilan des émissions de CO2 est établi par comparaison des deux cas afin d'évaluer les économies totales de CO2 obtenues, le temps de retour sur investissement énergétique obtenu (EPBT) et le retour sur investissement énergétique (EROI).

Le graphique ci-dessous illustre la diminution des émissions de CO2 obtenue dans le cas du remplacement d'un luminaire standard 70W par un luminaire LED 35W équipé d'un système d'abaissement autonome. On constate, sur une durée d'observation de 25 ans, une diminution de 70% des émissions de CO2. Le gain significatif est obtenu par la réduction de la consommation d'électricité.

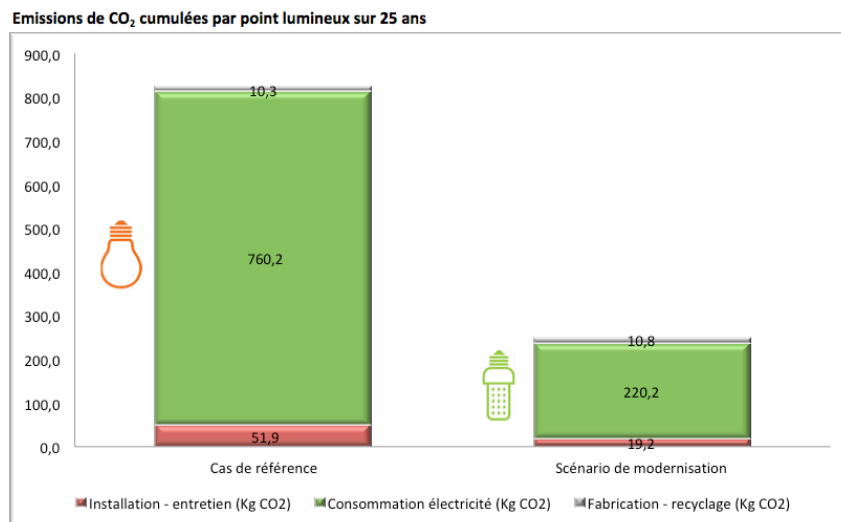


Figure 12 - Diminution des émissions de CO₂ dans le cas du remplacement d'un luminaire standard 70W par un luminaire LED 35W

Le potentiel d'économie de CO₂ global pour la commune est basé sur les scénarios d'extrapolation pour les 4 types de zones :

Saint-Prex Critères	Unités	RC et grands axes Volume de trafic	Résidentielles standard Abaissement autonome	Résidentielle faible passage Dynamique	Zones industrielles Dynamique	Global commune
Economie totale CO ₂ annuelle	(kg CO ₂ /an)	5 323,6	8 280,0	1 298,0	1 207,0	16 109
Economie CO ₂ annuelle par luminaire	(kg CO ₂ /an)	39,7	14,9	15,8	43,1	20,1
Economie totale CO ₂ sur 25 ans	(kg CO ₂)	133 091,5	206 992,0	32 465,0	30 195,0	402 744
Diminution des émissions sur 25 ans	(%)	-66,3	-72,4	-77,4	-81,8	-71,2

Tableau 20 – Potentiel d'économie de CO₂ global pour la commune.

Les tableaux de calculs détaillés sont annexés au présent rapport.

Pour conclure sur les aspects environnementaux : une modernisation du parc d'éclairage public sur l'ensemble de la commune permettrait une diminution d'environ 70% des émissions de CO₂.

8 Système de financement/contrat

Certains obstacles comme le manque de ressources, les priorités d'investissements ou encore les doutes liés à la réalisation des économies d'énergie impliquent qu'un certain nombre de projets d'efficacité énergétique n'aboutissent pas.

Un modèle permet de lever la plupart des barrières à l'exploitation du gisement d'économie d'énergie : le contrat de performance énergétique (CPE). Les CPE sont promus par l'association « swissesco » qui a été fondée en 2015 par les entreprises de services énergétiques.

DG E-Services souhaite proposer une solution qui est directement basée sur les modèles mis à disposition par l'association swissesco. Les différentes phases pour un projet spécifique sont listées ci-dessous :

- 1) Etude de projet : définition des besoins en rénovation et du potentiel d'économie d'énergie par DG E-Services.
 - 2) Etablissement et démarrage du CPE entre les 3 parties :
 - Client : commune, propriétaire de l'infrastructure d'éclairage public.
 - DG E-Services : garant de la performance du projet et de la vérification des économies d'énergie.
 - Institut financier (banque), partenaire de DG : financement du projet.
 - 3) Réalisation du projet de rénovation : DG E-Services garantit les économies d'énergies. Le financement du projet est effectué par l'institut financier qui se rémunère ensuite sur les économies d'énergie réalisées pour amortir l'investissement sur la durée contractuelle.
 - 4) Terme du CPE : Au terme de la durée contractuelle, le client (la commune) bénéficiera de la part restante des économies.
-

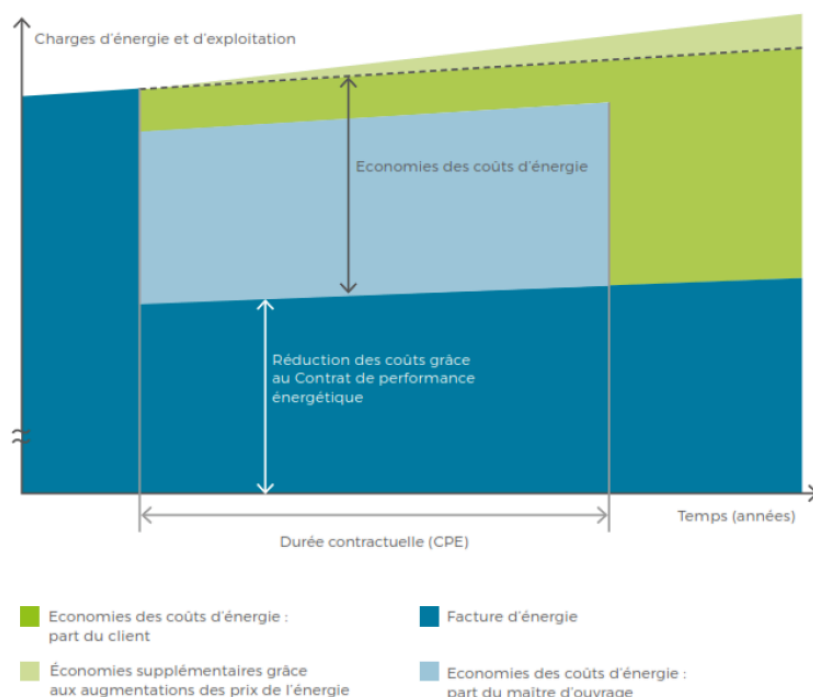


Figure 13 - Illustration du principe de contrat de performance énergétique (swissesco)

A titre d'exemple, le tableau ci-dessous illustre le contenu du contrat de performance énergétique qui pourrait être proposé à la commune pour le projet « RC et grands axes » :

Client	Commune de Saint-Prex
ESCO	DG E-Services SA
Coût du projet	CHF 117'500.- (y compris prestations ESCO hors taux d'intérêt de 1.5%)
Financement	100% par banque partenaire de DG
Durée du CPE	12.5 ans
Modèle de CPE	DG E-Services garantit un montant minimum d'économies d'énergie pendant la durée du contrat. En cas de dépassement de l'objectif d'économie fixé, les gains supplémentaires seront répartis entre le client et l'ESCO.
Economies d'énergie	Environ 54'000kWh /an avec un minimum de 810'000kWh sur la durée du contrat de 12.5 ans.
Rémunération	Le client paie une forfait annuel de CHF 10'370.- sur la durée du contrat.
Description des travaux	Remplacement de 134 luminaires sodium par des luminaires LED et mise en place d'un système de gestion en fonction du volume de trafic.

Tableau 21 - Exemple CPE

DG E-Services se tient à disposition pour établir une proposition de contrat pour chaque projet spécifique.

9 Prochaines étapes

Les potentiels d'économies d'énergie par type de zones ainsi que le potentiel global de la commune sont détaillés au chapitre 7 du présent rapport. Les principaux éléments à relever sont :

- Dans le cas où l'ensemble des mesures d'économies d'énergies recommandées dans ce rapport serait déployées, la facture d'énergie pourrait être réduite de plus de 75%.
- Les mesures d'économies d'énergie proposées pour les différents types de zones ont des temps de retour sur investissement compris entre 12 et 14 ans. Comme la durée de vie des nouveaux luminaires est d'environ 25 ans, les mesures sont donc rentables.

Prochaines étapes:

Les chiffres présentés indiquent que les mesures d'économies d'énergie sont des opérations « rentables ». Il est donc intéressant pour la commune de St-Prex de fixer les priorités et de planifier les assainissements et les rénovations correspondantes.

Duvoisin-Groux se tient à disposition pour établir des chiffrages plus précis pour les projets spécifiques.

10 Annexes

- Annexe 1 : inventaire des points lumineux de la commune
- Annexe 2 : Plan de situation avec points d'enclenchement
- Annexe 3 : Exemple de tableau de calcul d'économie pour un projet spécifique
- Annexe 4 : Exemple de fiche de calcul des économies de CO2 (écobilan)

11 Sources

- Informations fournies par la commune de St-Prex
- Normes :
 - SNR 13201-1 : 2016 fr
 - SN EN 13201-2 à 5 : 2016 fr
 - Norme SLG 202
- Documents fournisseurs
- Directives et documents SLG
- Base Impact Ademe
- Documents swissesco

12 Liste des figures

Figure 1 - Illustration des grandeurs liées à l'éclairage (source : SLG).....	6
Figure 2 - Illustration pilotage dynamique (Source : catalogue ELEKTRON)	12
Figure 3 - Illustration abaissement + dynamique (Source : catalogue SensyCity Sogexi Lacroix)	13
Figure 4 - Illustration de l'uniformité longitudinale.....	15
Figure 5 - Répartition des types d'ampoules.....	18
Figure 6 - Répartition des puissances	18
Figure 7 - Abaissement scénario 1	23
Figure 8 - Abaissement scénario 2	23
Figure 9 - Abaissement+ dynamique scénario 2.....	23
Figure 10 - Proposition scénario dynamique Ch et ZI de Glapin.....	32
Figure 11 - schéma des étapes du cycle de vie d'un produit (selon l'Ademe)	40

Figure 12 - Diminution des émissions de CO2 dans le cas du remplacement d'un luminaire standard 70W par un luminaire LED 35W 42

Figure 13 - Illustration du principe de contrat de performance énergétique (swissesco)..... 44

13 Liste des tableaux

Tableau 1 - Explication des critères d'appréciation	9
Tableau 2 - Hypothèses de base	10
Tableau 4 - Equivalents puissances ancienne et nouvelle installation	16
Tableau 5 - Liste des compteurs et consommations	20
Tableau 6 - Situation actuelle RC et Grands axes	25
Tableau 7 - Hypothèses RC et Grands axes	26
Tableau 8 - Récapitulatif des résultats RC et Grands axes	26
Tableau 9 - Situation actuelle avenue de Taillecou	28
Tableau 10 - Hypothèses avenue de Taillecou	29
Tableau 11 - Récapitulatif des résultats avenue de Taillecou	29
Tableau 12 - Situation actuelle Ch et ZI de Glapin.....	31
Tableau 13 - Hypothèses Ch et ZI de Glapin.....	31
Tableau 14 - Récapitulatif des résultats Ch et ZI de Glapin.....	33
Tableau 15 - Situation actuelle et hypothèse de l'installation	34
Tableau 16 - Hypothèses quartier de Cherrat	35
Tableau 17 - Récapitulatif des résultats quartier de Cherrat	35
Tableau 18 - Situation actuelle et hypothèses pour l'extrapolation.....	37
Tableau 19 - Récapitulatif des résultats de l'extrapolation.....	38
Tableau 20 – Potentiel d'économie de CO2 global pour la commune.....	42
Tableau 21 - Exemple CPE	44

Fiche technique famille

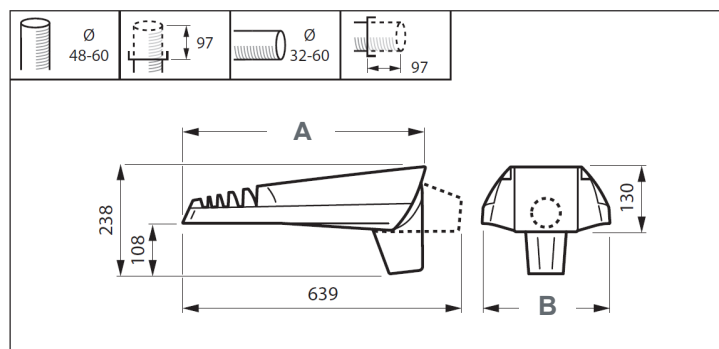
Luma gen2 Nano / Micro / Mini / Medium / Large



Caractéristiques

Flux lumineux:	600 – 64'000lm
Nombre de LED:	6 – 180 LED
Temp. de couleur:	2'200K / 2'700K 3'000K / 4'000K
Optiques:	DN10 / DN11 / DM10
Commandes:	SR / SR-DD / IAC
Classe de protection:	SK I / (SKII option)
Code couleur:	722 / 727 / 730 / 740
Durée de vie:	>L90B10 @ 100'000h
Couleur:	Gris 150 / Gris 900
Raccordement:	48 – 60mm / 76mm

La dernière génération de Luma continue d'offrir des fonctionnalités bien connues en termes de langage de conception et de technologie d'éclairage, mais apporte également des améliorations des équipements et des innovations. La Luma gen2 présente des améliorations significatives en termes d'installation et de mise en service grâce à l'utilisation d'un boîtier de connexion pour câble. Le concept de service innovant "GearFlex" permet également le remplacement sans outil de tous les composants électriques avec une seule manipulation.



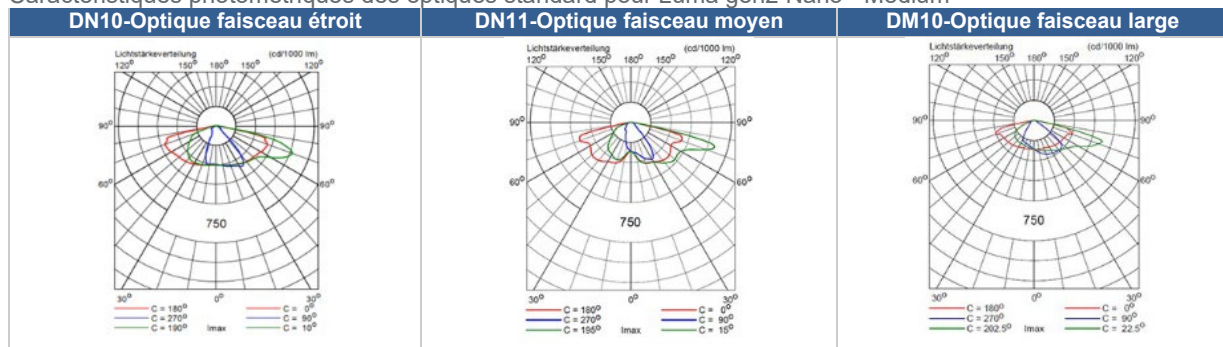
Type de luminaire	Code luminaire	A (mm)	B (mm)	Fardage max. SCx(m2)	Poids
Luma gen2 Nano	BGP701	520	232	0,037 m ²	6,5kg
Luma gen2 Micro	BGP702	558	295	0,047m ²	8,5kg
Luma gen2 Mini	BGP703	658	295	0,053m ²	10,0kg
Luma gen2 Medium	BGP704	658	360	0,062m ²	12,0kg
Luma gen2 Large	BGP705	855	484	0,102m ²	20,0kg

Commandes d'éclairage

System Ready (SR)	System Ready (SR) + DynaDimmer (DD)	System Ready (SR) + Interact City (IAC)
Luminaire sans commande (off-on). Le luminaire est préparé avec 2 interfaces Zhaga-Book18 pour accueillir un contrôleur optionnel (OLC) et des capteurs conforme à la norme Zhaga-D4i.	Luminaire System Ready (SR) programmé avec un abaissement nocturne autonome multiniveaux pour optimiser le niveau d'éclairage dans les heures de faible trafic et pour économiser de l'énergie.	Luminaire System Ready (SR) avec contrôleur (OLC). Les luminaires communiquent avec la plateforme Interact City via le réseau de communication mobile. Interact City est un système de gestion de l'éclairage innovant permettant le pilotage et la gestion de l'éclairage public.

Fiche technique famille

Caractéristiques photométriques des optiques standard pour Luma gen2 Nano - Medium



Luma gen2 temp. couleur 2'200K avec Driver SR

	Flux lumineux	Puissance	Optiques standard		
Luma gen2 Nano BGP701	600 – 6'600lm	6.3 – 60W	DN10	DN11	--
Luma gen2 Micro BGP702	600 – 6'600lm	6.3 – 60W	DN10	DN11	DM10
Luma gen2 Mini BGP703	600 – 13'000lm	6.3 – 116W	DN10	DN11	DM10
Luma gen2 Medium BGP704	2'200 – 20'000lm	19 – 170W	DN10	DN11	DM10
Luma gen2 Large BGP705	8'600 – 46'000lm	68 – 385W	DM10	DW10	DX10

Luma gen2 temp. couleur 2'700K avec Driver SR

	Flux lumineux	Puissance	Optiques standard		
Luma gen2 Nano BGP701	800 – 7'600lm	7 – 60W	DN10	DN11	--
Luma gen2 Micro BGP702	800 – 7'600lm	7 – 60W	DN10	DN11	DM10
Luma gen2 Mini BGP703	800 – 14'000lm	7 – 108W	DN10	DN11	DM10
Luma gen2 Medium BGP704	2'200 – 23'000lm	16.2 – 168W	DN10	DN11	DM10
Luma gen2 Large BGP705	8'400 – 50'000lm	58 – 360W	DM10	DW10	DX10

Luma gen2 temp. couleur 3'000K avec Driver SR

	Flux lumineux	Puissance	Optiques standard		
Luma gen2 Nano BGP701	800 – 8'600lm	6.4 – 61W	DN10	DN11	--
Luma gen2 Micro BGP702	800 – 8'600lm	6.4 – 61W	DN10	DN11	DM10
Luma gen2 Mini BGP703	800 – 17'000lm	6.4 – 118W	DN10	DN11	DM10
Luma gen2 Medium BGP704	2'200 – 24'000lm	14.6 – 156W	DN10	DN11	DM10
Luma gen2 Large BGP705	8'600 – 58'000lm	52 – 375W	DM10	DW10	DX10

Luma gen2 temp. couleur 4'000K avec Driver SR

	Flux lumineux	Puissance	Optiques standard		
Luma gen2 Nano BGP701	800 – 9'000lm	6.1 – 60W	DN10	DN11	--
Luma gen2 Micro BGP702	800 – 9'000lm	6.1 – 60W	DN10	DN11	DM10
Luma gen2 Mini BGP703	800 – 17'000lm	6.1 – 110W	DN10	DN11	DM10
Luma gen2 Medium BGP704	2'400 – 26'000lm	15.2 – 160W	DN10	DN11	DM10
Luma gen2 Large BGP705	8'600 – 64'000lm	49.5 – 385W	DM10	DW10	DX10

Options:

- Plusieurs optiques pour des rues et des places
- Grille interne pour réduire les émissions lumineuses
- Optique ClearStar avec 2000K sans parts de lumière bleue
- Autres couleurs RAL
- Câble de connexion
- Commande DALI et LineSwitch
- Protection surtension 10kV

La photo du produit est représentative de la famille de luminaires et peut différer.