



L'ÉCLAIRAGE DU FUTUR

Auteurs : Simone Bissolotti
Droz Cédric
Noirjean Kewin

Adresse : Centre professionnel
artisanal et industriel du Jura
Bernois

Date : 25 mars 2010

Enseignante : Lehmann Ruth

Evaluateurs : Lehmann Ruth
Reichen Damien



Résumé

Notre projet consiste à proposer à la ville de Bienne un projet d'éclairage public à LED. Pour ce faire, nous avons étudié l'éclairage le plus utilisé actuellement (lampes au sodium à haute pression) et nous l'avons comparé à l'éclairage à LED sur la consommation, la zone d'éclairage, la couleur de la lumière, le coût de la consommation et la durée de vie des ampoules.

Nous avons aussi rencontré Monsieur Maurice Grünig qui a proposé le même projet à La Chaux-de-Fonds, qui a d'ailleurs été mis en exécution sur la place du marché de la ville, pour nous apporter de précieuses informations au sujet de la mise en place du projet et du rendement.

Tables des matières

RÉSUMÉ	1
LISTE DES ACRONYMES	3
ILLUSTRATIONS	3
GRAPHIQUES	3
REMERCIEMENTS	4
INTRODUCTION	4
POURQUOI CETTE PROBLÉMATIQUE ?	4
POURQUOI L'IDÉE DES LED ?	4
POURQUOI GARDER CETTE TECHNOLOGIE EN PLEIN ESSOR POUR DES OBJETS DE DÉCORATIONS OU POUR DES PETITS ÉCLAIRAGES D'INTÉRIEUR ?	5
DÉMARCHE	5
CONTACTS ET RECHERCHES	5
LE VIF DU SUJET	6
OBJECTIF DU PROJET :	6
ASPECT TECHNIQUE :	6
<i>Qu'est-ce que une LED</i>	6
FONCTIONNEMENT	7
POLLUTION LUMINEUSE	14
ASPECT ÉCOLOGIQUE ET ÉCONOMIQUE :	18
DOMAINES TOUCHÉS	18
FORCES ET FAIBLESSES	19
CONCLUSION	20
BIBLIOGRAPHIE	21
LES ANNEXES	21
JOURNAL DE TRAVAIL	22
QUESTIONNAIRE ADRESSÉ À ESB	23
ENTRETIEN	24

Liste des acronymes

LTSI => Lycée technique Saint-Imier

CPAIJB => Centre professionnel artisanal et industriel du Jura bernois

LED/DEL => Light-emitting diode/Diode électroluminescente

ESB => Energie service Bienne

TIP => Travail interdisciplinaire centré sur un projet

Co2 => dioxyde de carbone.

NaH => Hydrure de sodium

AFE => Association Française de l'Éclairage

Illustrations

Image 1) **LED de couleur blanche**, Page 7

([http://rocky.digikey.com/weblib/Optek/Web%20photos/OVLFx3C7,%20OVLGx0CxB 9.jpg](http://rocky.digikey.com/weblib/Optek/Web%20photos/OVLFx3C7,%20OVLGx0CxB%209.jpg))

Image 2) **Différence Led/NaH**, Page 9 (photo Simone)

Image 3) **Pollution lumineuse**, Page 14

(http://www.energieeffizienz.ch/files/SB_Flyer_2009_f.pdf)

Image 4) **Place du marché mercure**, Page 15 (Image « *Projet d'éclairage public de la place du marché de la Chaux-de-Fonds* »)

Image 5) **Place du marché LED**, Page 16 (Image « *Projet d'éclairage public de la place du marché de la Chaux-de-Fonds* »)

Image 6) **Vue de la place du marché**, Page 16 (photo Simone)

Graphiques

Graphique 1) **Consommation/km**, Page 10 (cahier technique de l'Association Française de l'éclairage)

Graphique 2) **Coût/an**, Page 11 (cahier technique de l'Association Française de l'éclairage)

Graphique 3) **Durée de vie**, Page 12 (cahier technique de l'Association Française de l'éclairage)

Graphique 4) **Efficacité lumineuse**, Page 13 (cahier technique de l'Association Française de l'éclairage)

Graphique 5) **Evolution types d'éclairage**, Page 15 (cahier technique de l'Association Française de l'éclairage)

Remerciements

- Madame Ruth Lehmann, professeur de TIP.
- Monsieur Florian Rossier et Wilfred Moser, responsables de l'éclairage public à Bienne.
- Monsieur Maurice Grünig, fondateur du projet d'éclairage à LED de la place du marché à La-Chaux-de-Fonds.

Introduction

Lorsque la nuit tombe et que vous empruntez les rues de votre ville en voiture, à pied ou à vélo, je suis sûr que vous vous êtes déjà aperçus que certaines places ou routes sont éclairées par de vieux lampadaires qui diffusent une lumière jaune sombre, parfois presque lugubre !

Et bien que diriez-vous d'un éclairage bien plus gai avec une lumière blanche un peu bleutée, proche du naturel et qui supprime les zones d'ombres souvent présentes entre deux lampadaires ? Certes, ce serait plus agréable, mais c'est surtout sur le plan économique que l'éclairage à LED peut révolutionner l'économie d'énergie pour les villes et les villages.

Vous l'avez donc bien compris, nous allons traiter le thème de l'éclairage public à LED.

Pourquoi cette problématique ?

Et bien tout d'abord, parce que dans le cadre de notre TIP, le thème qui nous a été imposé est : « Diminuer notre consommation de Co2 et d'énergie ». Mais, cette année est un peu spéciale puisque chaque groupe participant aux TIP est inscrit au concours proposé par my climate qui s'intitule « Atelier pour le climat ». En effet, chaque année, cette association organise un concours dont tous les centres de formation professionnels, entreprises et associations de formation peuvent y participer.

Ce concours consiste à réaliser un projet pour réduire la consommation de co2, de gaz à effet de serre, etc., ce qui colle parfaitement avec le thème imposé cette année dans le cadre des TIP.

Pourquoi l'idée des LED ?

A l'heure actuelle, je pense que la majeure partie de la population sait à quoi ressemble une LED. En effet depuis maintenant un à deux ans, les LEDs inondent le marché de l'éclairage, avec toutes sortes de lampes et d'objets comportant des LEDs. L'avantage avec les LEDs, c'est qu'il en existe de toutes les couleurs, que c'est résistant, que ça a une durée de vie incroyable et que c'est bien plus économique et écologique qu'une ampoule à incandescence par exemple.

Pourquoi garder cette technologie en plein essor pour des objets de décorations ou pour des petits éclairages d'intérieur ?

C'est pour cela que nous avons imaginé d'utiliser les LEDs pour éclairer nos rues. Cela nous paraissait un peu fou car nous ne savions pas grand-chose au sujet de ces ampoules « révolutionnaires ». Nous avons donc commencé par chercher si la lumière produite par des LEDs pourrait suffire à éclairer une rue ou une place publique. Puis nous nous sommes très vite rendu compte en voyageant sur internet qu'il existait déjà des lampadaires à LED et qu'il était donc possible de les utiliser dans l'éclairage public.

Nous avons ensuite cherché des personnes ou une ville pouvant être intéressés par notre projet afin de le rendre plus crédible. Nous avons donc pris contact avec ESB, qui sont les responsables de l'éclairage public de Bienne, et ils ont accepté de collaborer avec nous.

Ce projet nous motive car l'éclairage public est une part importante de la consommation d'énergie électrique des villes et villages, et en parcourant la presse, nous avons découverts qu'à La Chaux-de-Fonds, des éclairages publics à LED sont déjà présents sur la place du marché !

Ceci nous a donné encore plus de confiance pour se lancer dans notre projet et nous a prouvé que ce n'était pas quelque chose d'utopique.

Dans notre rapport nous allons tout d'abord vous présenter comment nous avons organisé notre travail au sein du groupe. C'est-à-dire la répartition des tâches, la planification du travail, les objectifs que nous nous sommes fixés et les méthodes employées pour parvenir à notre but. Nous vous présenterons ensuite le « cœur » même de notre rapport avec des parties techniques concernant notre projet et les études que nous avons effectués, notamment comparé l'éclairage publique actuelle avec celui à LED. Puis, nous coulerons notre travail avec un bilan de notre rapport, qui inclura une autocritique, les avantages et désavantages de notre travail ainsi que les perspectives d'avenir de notre projet.

Démarche

Contacts et recherches

17 septembre 2009 : Nous avons commencé à faire des recherches sur les personnes et entreprises à contacter.

La suite de notre activité de recherche était en un premier temps, de connaître le fonctionnement d'une LED, de voir l'évolution des LEDs depuis leur création jusqu'à aujourd'hui.

Dans un deuxième temps, vers fin 2009, nous avons étudié les différents chiffres que nous avons reçus par ESB et recherché des contacts du côté de la Chaux-de-Fonds

Et finalement, nous avons contacté Monsieur Maurice Grünig pour obtenir un entretien avec lui. Le rendez-vous a été planifié pour le 11 février 2010.

En cours de route, nous avons perdu M. de França qui a été remplacé par M.Noirjean.

La répartition du travail était simple, nous nous sommes répartis le travail d'une façon structurée.

Le vif du sujet

Objectif du projet

Le principal objectif de notre travail est de proposer à la ville de Bienne, à l'aide d'un dossier, qu'il est plus économique pour eux et bien plus écologique pour la planète de mettre en place un éclairage public à LED.

L'autre objectif est aussi de proposer non pas seulement à la ville de Bienne, mais toutes les autres localités de la région, que l'éclairage à LED est un avantage pour tous et que les LEDs sont l'avenir de l'éclairage.

Notre projet s'adresse donc à tous les services techniques des localités intéressés à modifier leur éclairage public trop ancien ou alors à celles qui sont très sensibles à l'écologie et qui désire se mettre au vert en termes d'éclairage. Cela peut-être aussi un bon coup de pub pour une commune en développement puisque de nos jours, l'écologie et un sujet plutôt à la mode!!

Aspect technique

Qu'est-ce que une LED

Une LED est un composant électronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique. C'est donc une sorte d'ampoule qui produit de la lumière. La principale différence avec les ampoules à incandescence actuelles, c'est que les LEDs n'émettent pas de la lumière en chauffant comme le ferait le filament d'une ampoule à incandescence.



LED de couleur blanche

Les LEDs permettent de diffuser une lumière de n'importe quelle couleur, ce qui est un avantage en matière de décoration et de publicité.

Fonctionnement

Une LED permet de obtenir de la lumière avec un très bon rendement, la majeure partie de l'énergie que l'on va mettre dans la LED sera convertie en lumière !

La LED fonctionne par recombinaison d'électrons dans un semi-conducteur, ceux-ci produisant de l'énergie sous forme de lumière, avec très peu de dégagement de chaleur et de rayonnements.

La LED ne comporte pas de filaments, le fonctionnement de la lampe LED ne nécessite ni poudre fluorescente ni mercure.

Sodium haute pression		LED	
<u>Avantages</u>	<u>Désavantages</u>	<u>Avantages</u>	<u>désavantages</u>
Coûts d'entretien bas	Perte de dissipation grande 20% à 25%	Perte par dissipation lumineuse basse 5% à 10% (réduction pollution lumineuse)	Coûts d'entretien élevé
Possibilité de remplacer que l'ampoule	Dès 2015 l'UE interdit les lampes à vapeur de mercure	Consommation d'énergie basse	Eclairage affaibli si mauvaise dissipation de la chaleur
Remplacement de l'ampoule rapide	Durée de vie basse 3 à 5 ans	Durée de vie d'une LED 20000 à 60000 heures. Un Luminaire environ 20 ans	Si problème avec une LED, il faut remplacer tout le luminaire
Lumière utile sur la chaussé plus grande 45 à 75 lm/W	Réglage de l'intensité de 30% à 100%	Réglage de l'intensité 0 à 100%	Lumière utile sur la chaussé basse 35 à 60 lm/W
	Allumage et extinction fréquents : NE convient PAS	Allumage et extinction fréquents : convient	
	Consommation d'énergie élevée		

Voilà les principaux avantages et inconvénients d'une ampoule LED. Mais dans le cadre de notre projet, il est plus intéressant de comparer les luminaires à LED avec ceux qui sont en place dans la ville de Bienne.

La différence entre les LEDs et l'éclairage actuel à NaH est très flagrant comme nous montre cette photo de la place du marché à la Chaux-de-Fonds.



Différence LED/NaH

Après avoir pris contact avec ESB, ils nous ont fait part des informations suivantes concernant les types de luminaires présents dans la ville de Bienne :

La ville de Bienne compte 6560 luminaires avec quatre types différents par rapport aux rues qu'ils éclairent.

- Rue de quartier :
 - Lumière : $0,5 \text{ cd/m}^2$
 - Luminaires : NaH 70 W tous les 25 à 30m
- Rue de liaison :
 - Lumière : 1 cd/m^2
 - Luminaires : NaH 150 W tous les 25 à 30m
- Rue de transit :
 - Lumière : 2 cd/m^2
 - Luminaires : NaH 250 W tous les 25 à 30 m
- Une place :
 - Lumière : 4 cd/m^2
 - Luminaires : NaH 400 W tous les 25 à 30 m

La lumière des luminaires des routes de liaison (150 W) est réduite de 50% (40% de consommation) entre 23h00 et 06h00.

Les lampes des luminaires sont donc pour la majorité équipée d'ampoules à vapeur de sodium haute pression (NaH). Il reste encore quelques lampes avec des ampoules fluorescentes ainsi qu'à vapeur de mercure dont on va aussi tenir compte dans la comparaison ci-dessous.

Pour cette comparaison nous avons choisis d'étudier une rue de quartier avec des ampoules NaH de 70w comme mentionné au-dessus.

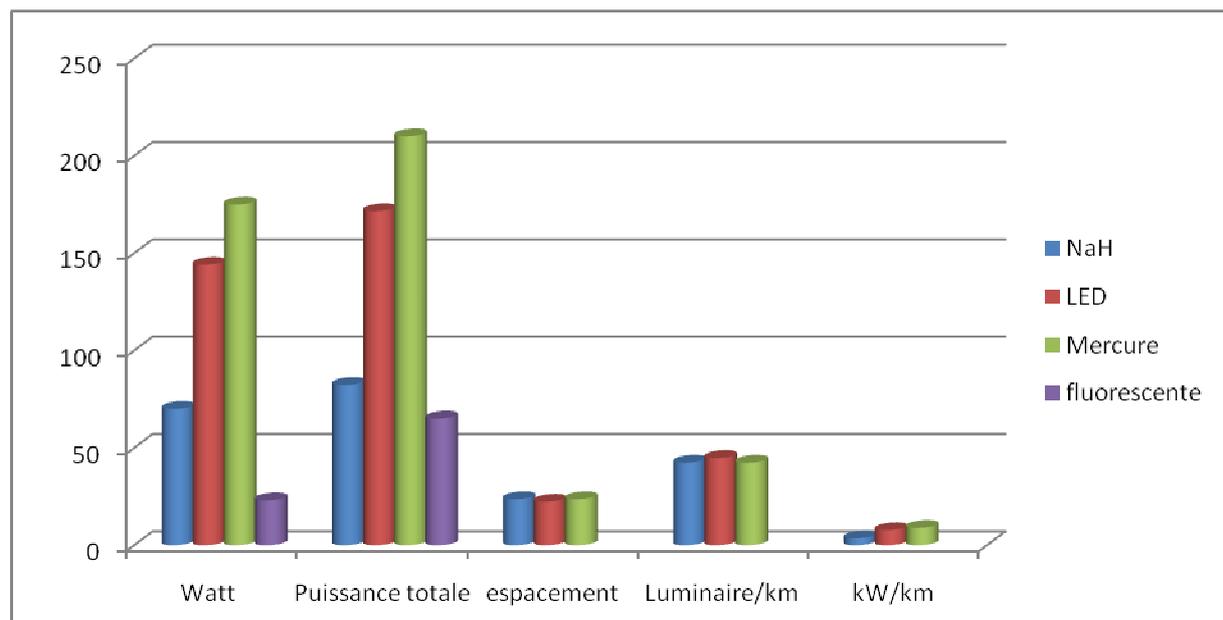
Première comparaison : La consommation en kilowatt par kilomètre.

Consommation/km

	Watt	Puissance totale	espacement	Luminaire/km	kW/km
NaH	70	82.3	23.6	42.4	3.49
LED	144	171.6	22.3	44.8	7.7
Mercure	175	210	23.6	42.4	8.904
fluorescente	23	65			

Dans ce tableau nous avons quatre types d'ampoules différentes. Les ampoules NaH, LED, mercure et fluorescente. Pour chaque ampoule, mis appart les ampoules fluorescentes, nous avons les informations suivantes : **leur puissance en watt, leur puissance totale, l'espacement (la distance en mètre séparant deux luminaires), le nombre de luminaires par kilomètre et les Kw par kilomètre que cela représente.**

Le graphique si dessous retranscrit les informations présentes dans le tableau ci-dessus sous forme de colonne cylindrique, afin de mieux se représenter les chiffres obtenu dans le tableau ci-dessus.



Consommation/km

Par ce graphique, nous constatons que les lampes LED ne sont pas avantageuses par rapport aux lampes NaH présentes dans la majorité des rues biennoises ! Par contre, elles sont de loin plus avantageuses que les lampes mercures qui sont encore présentes dans quelques rues de la ville de Bienne.

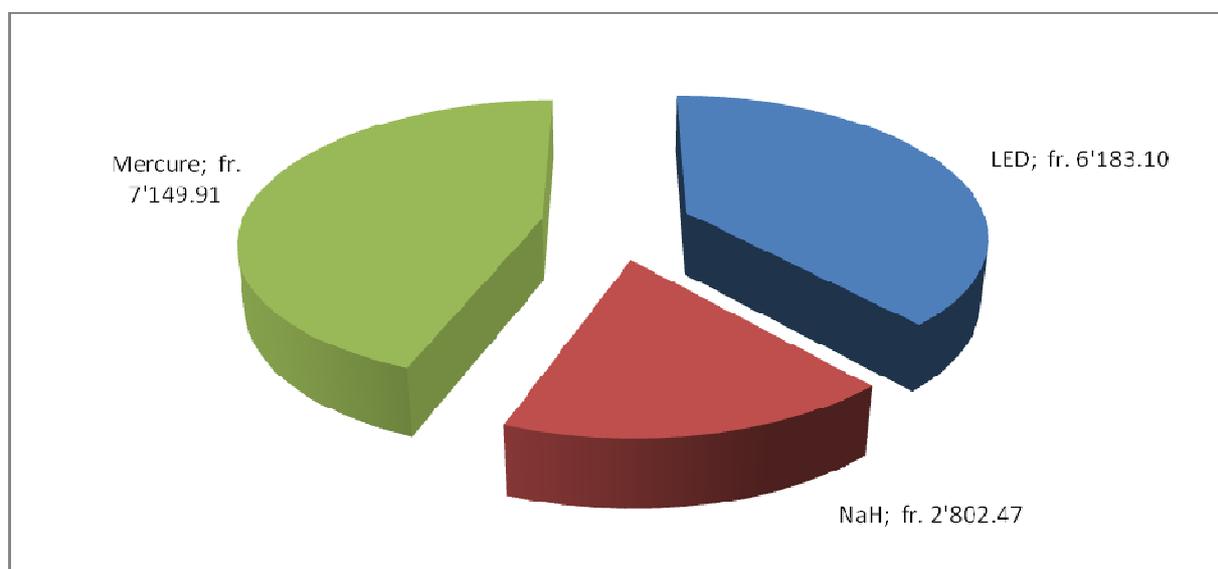
Ce graphique démontre donc qu'il serait inutile de remplacer les luminaires avec ampoules NaH par des luminaires à LED au niveau de la consommation en kW/km.

Seconde comparaison : le coût par année.

Coûts / an					
	kW/km	Heure	Prix	Jours	Total en 1 an en CHF
LED	7.700	11	0.2	365	Fr. 6'183.10
NaH	3.490	11	0.2	365	Fr. 2'802.47
Mercure	8.904	11	0.2	365	Fr. 7'149.91

Dans ce tableau nous avons trois types d'ampoules différentes. Les ampoules LED, NaH et mercure. Pour chaque ampoule, nous avons les informations suivantes : **le nombre de kw utilisé pour un kilomètre, le temps de fonctionnement de chaque luminaire en heure, le prix que coûte chaque luminaire par jour et en franc et le coût total annuel en franc.**

Le graphique ci-dessous retranscrit les informations présentes dans le tableau ci-dessus sous forme de disque découpé, afin de mieux se représenter les chiffres obtenus dans le tableau ci-dessus.



Par ce graphique, nous constatons que les ampoules NaH sont encore une fois plus économiques que les ampoules LED. Puis, les ampoules mercures sont toujours les moins économiques.

Ce graphique démontre donc qu'il serait inutile de remplacer les luminaires avec ampoules NaH par des luminaires à LED au niveau de la consommation en francs Suisses.

Toutefois, le graphique peut s'avérer trompeur puisque, comme nous allons le voir sur le prochain graphique, les ampoules LED ont une durée de vie beaucoup plus élevée qu'une ampoule NaH !

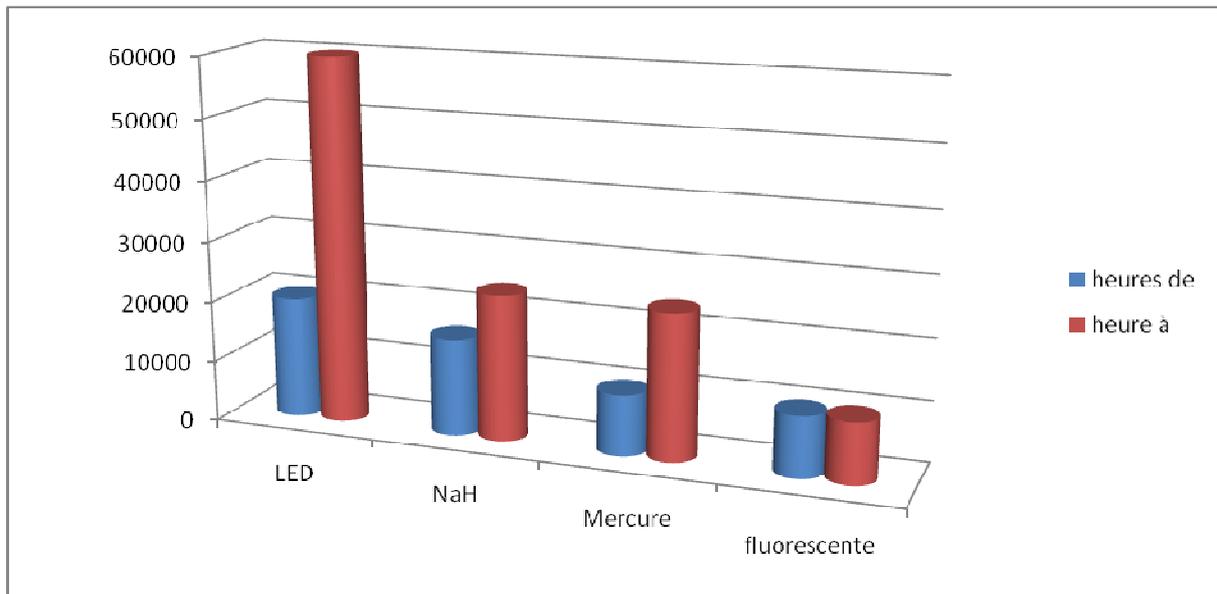
Il faudrait donc faire de plus amples calculs pour savoir si l'ampoule LED est plus économique sur le long terme.

Troisième comparaison : la durée de vie.

<u>Durée de vie</u>		
	heures (de)	heure (à)
LED	20000	60000
NaH	16000	24000
Mercure	10000	24000
fluorescente	10000	10000

Dans ce tableau nous avons quatre types d'ampoules différentes. Les ampoules NaH, LED, mercure et fluorescente. Pour chaque ampoule, nous avons les informations suivantes : **leur durée de vie minimum à maximum en heure.**

Le graphique ci-dessous retranscrit les informations présentes dans le tableau ci-dessus sous forme de colonne cylindrique, afin de mieux se représenter les chiffres obtenus dans le tableau ci-dessus.



Durée de vie

Par ce graphique nous constatons que les ampoules LED ont une durée de vie jusqu'à trois fois supérieures par rapport à celles des ampoules NaH et mercure et six fois supérieures par rapport à celle des ampoules fluorescente !

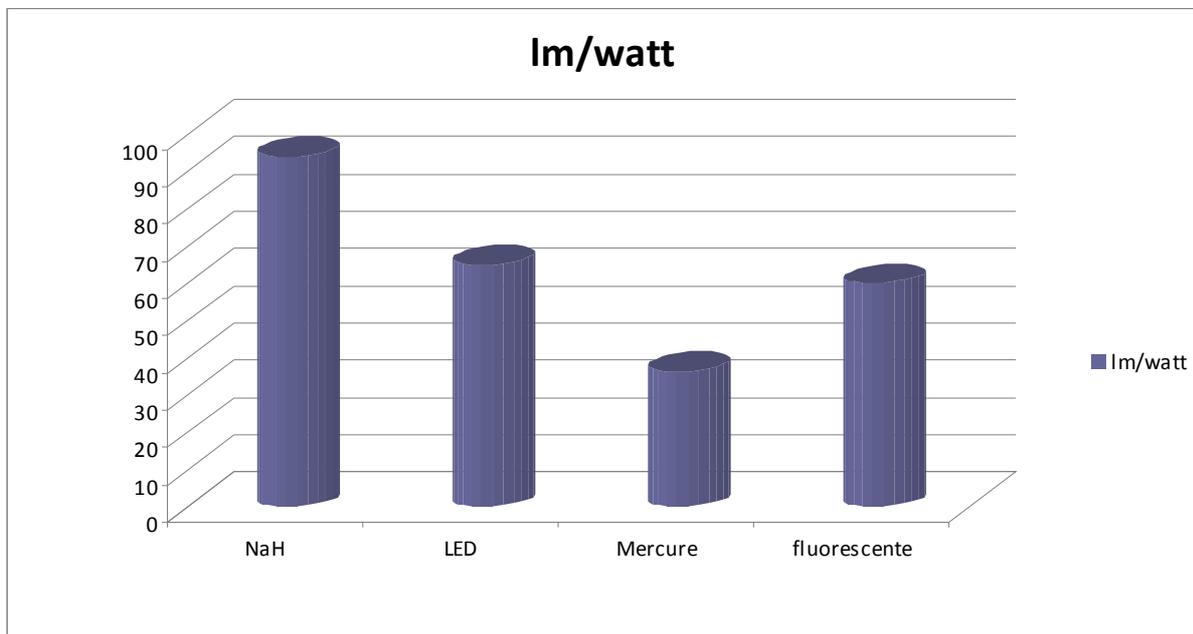
Ce graphique démontre donc que la durée de vie d'une ampoule LED est très avantageuse, on peut de ce fait économiser sur les travaux de maintenance par rapport à d'autres ampoules qu'il faut changer plus régulièrement.

Dernière comparaison : L'efficacité lumineuse en lumen par watt.

<u>Efficacité lumineuse</u>	
	lm/watt
NaH	94
LED	65.1
Mercure	36.4
fluorescente	60

Dans ce tableau nous avons quatre types d'ampoules différentes. Les ampoules NaH, LED, mercure et fluorescente. Pour chaque ampoule, nous avons les informations suivantes : **les lumens par watt que dégage chaque ampoule. Le lumen est une unité permettant de calculer l'efficacité lumineuse. Autrement dit, la faculté d'une ampoule à éclairer plus ou moins bien.**

Le graphique ci-dessous retranscrit les informations présentes dans le tableau ci-dessus sous forme de colonne cylindrique, afin de mieux se représenter les chiffres obtenus dans le tableau ci-dessus.



Efficacité lumineuse

Par ce graphique nous constatons que les ampoules LED ont une efficacité lumineuse un peu inférieure à celle des ampoules NaH mais quand même supérieure à celle des ampoules mercure et fluorescente.

Mais, le point que nous allons aborder dans la suite du rapport, va démontrer que les LEDs n'ont pas la même diffusion de lumière que les autres ampoules classiques. C'est pourquoi, il ne faut pas forcément tenir compte de ce graphique ci-dessus et ne pas tirer de conclusions trop hâtives quand à l'efficacité lumineuse des ampoules LED !

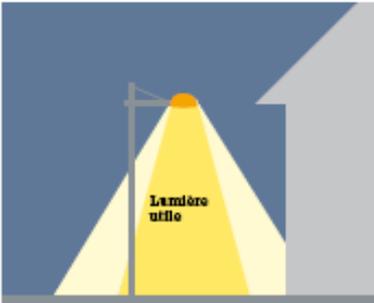
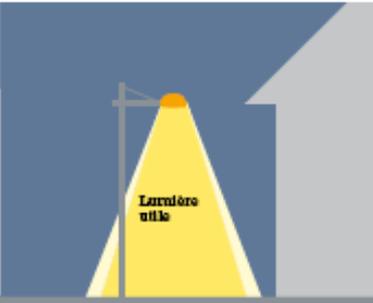
Pollution lumineuse

Selon un rapport du site www.topten.ch : A l'heure actuelle, les lampes au sodium haute pression sont les plus utilisées pour l'éclairage public. Elles ont encore une longueur d'avance en ce qui concerne le prix et le rendement. Cependant, il est possible que les LEDs rattrapent ce retard, car cette technologie est plutôt récente, elle est en constante évolution, et a n'en pas douter, les chercheurs parviendront à faire des LEDs l'éclairage publique numéro 1 !

Nous allons maintenant aborder un des grands désavantages des ampoules NaH par rapport aux LEDs qui pourrait bien faire pencher la balance dans le choix entre ampoules NaH et LEDs.

En effet, les lampes au sodium ont beaucoup de pertes au niveau de la dispersion lumineuse. Les lampes au sodium perdent de la lumière par dispersion, même si elles sont équipées de réflecteurs.

Les LEDs, en revanche, ont une diffusion de la lumière très ciblée, elles ne génèrent donc quasiment aucune dispersion lumineuse. La lumière que diffuse une ampoule LED « se reprend » en ligne droite comme un laser. C'est pourquoi un luminaire à LED possède plusieurs petites ampoules LED chacune dirigées dans une direction différente afin de couvrir une plus grande zone.

	Sodium haute pression	LED
		
Efficacité lumineuse (rendement de l'éclairage)	90 à 130 lm/W	70 à 100 lm/W
Pertes dues à l'électronique et à la gestion de chaleur	10% à 15%	30% à 35%
Pertes liées à l'optique	20% à 25%	10% à 15%
Pertes par dispersion lumineuse	20% à 25%	5% à 10%
Lumière utile sur la chaussée	45 à 75 lm/W	35 à 60 lm/W

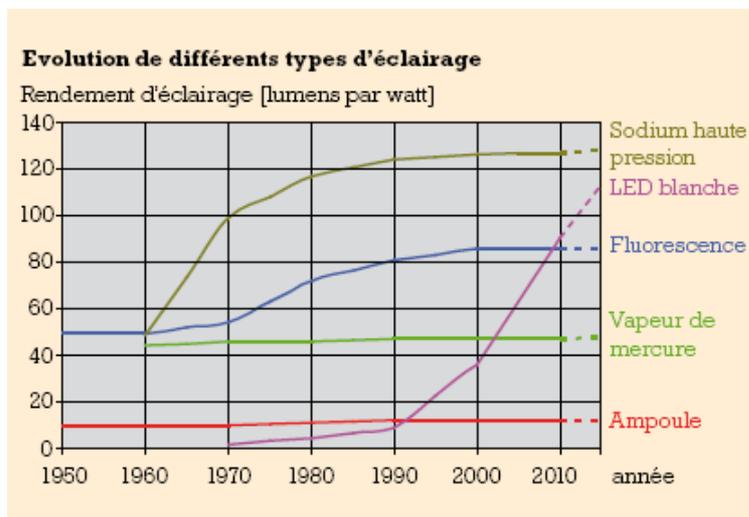
Pollution lumineuse

Cette illustration démontre la différence de perte lumineuse entre un luminaire LED et un luminaire au sodium haute pression.

Après cette partie technique, nous pouvons conclure qu'il serait inutile qu'une ville, Bienne en l'occurrence, remplace tous ses luminaires sodium haute pression par des luminaires LED.

En effet, par les graphiques que nous avons effectué, nous constatons que malheureusement, les ampoules NaH sont à l'heure actuelle encore plus économique que les ampoules LEDs. LEDs.

Les ampoules sodium ont encore une petite longueur d'avance à l'heure actuelle. Mais si l'on en croit le graphique ci-dessous proposé également par www.topten.ch, les LED sont en plein développement et elles vont donc encore s'améliorer !



Evolution des différents types d'éclairage

Toutefois, il existe certains cas où les ampoules LED présentent déjà une grande économie d'énergie. En effet, la ville de Bienne compte encore une infime quantité de luminaires avec ampoules mercure. Dans ce cas là, il serait avantageux de les remplacer par des ampoules LED, car se sont souvent de vieilles places ou petits quartiers qui sont équipés de ce type d'ampoules.

Exemple à La Chaux-de-Fonds où la place du marché était éclairée par des luminaires au mercure qui ont été remplacés par des luminaires LED.

D'après les documents que nous à remis M. Grünig lors de l'entretien que nous avons eu le 11 février 2009, nous pouvons faire un calcul sur l'économie d'énergie qu'ont fait les autorités de la ville sur l'éclairage de la place du marché.

Ci-contre, une vue aérienne de la place du marché avec ses sept luminaires au mercure de 500w chacun.

Etant donné qu'ils sont en fonction en moyenne 4'300heures par année. Nous pouvons faire le calcul suivant :

$$500 \times 7 \times 4'300 = 15'050 \text{ kWh/an}$$

Pour une place de 4'600m², La-Chaux-de-Fonds utilisait donc **15'050 kWh** par année avec des ampoules mercure !



Place du marché mercure : Sur cette image, chaque point jaune représente un luminaire au mercure.

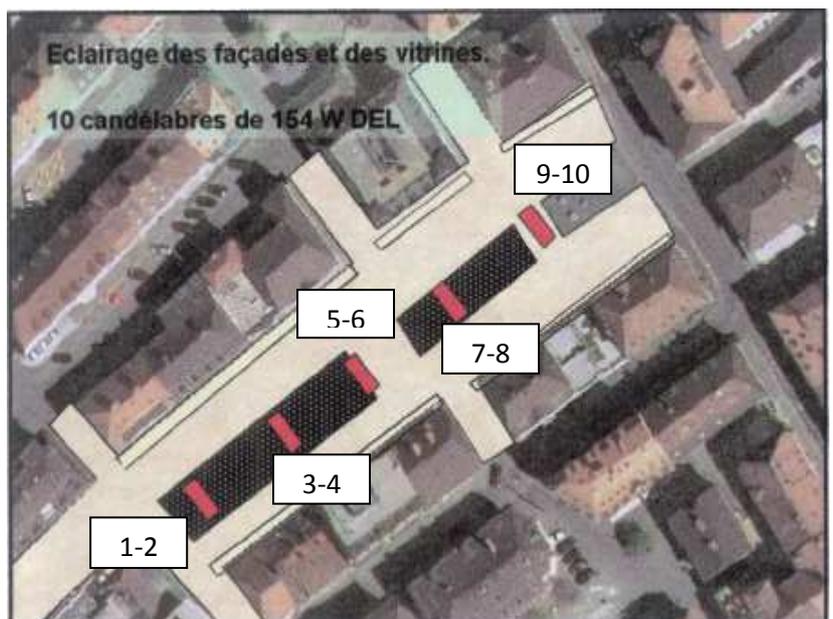
Comparons avec des ampoules LED

Ci-contre, une vue aérienne de la place du marché avec ses dix luminaires à LED de 154w chacun.

Etant donné qu'ils sont en fonction en moyenne 4'300heures par année. Nous pouvons faire le calcul suivant :

$$154 \times 10 \times 4'300 = 6'622 \text{ kWh/an}$$

Pour une place de 4'600m², La-Chaux-de-Fonds utilise à

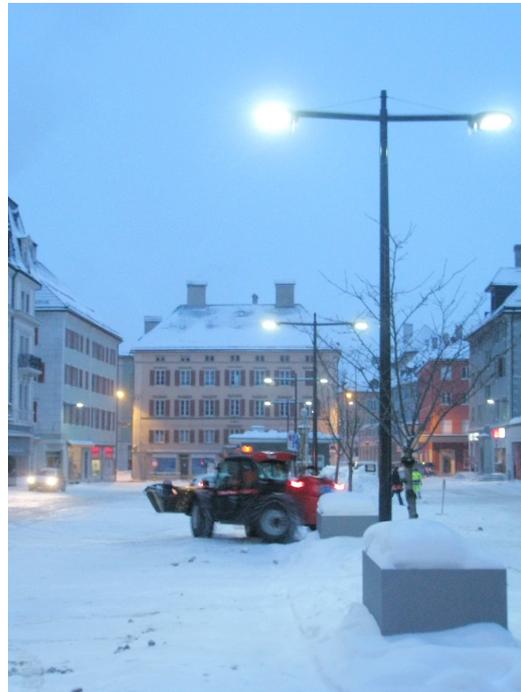


Place du marché LED : Sur cette image, chaque rectangle rouge représente une paire de luminaire à LED.

présent **6'622 kWh** par année
avec des ampoules LED !

Il est donc facile de calculer l'économie d'énergie qu'a réalisé La-Chaux-de-Fonds en remplaçant les luminaires mercure par des luminaires LED : $15'050 - 6'622 = 8'428$

La Chaux-de-Fonds économise actuellement 8'428 kWh d'électricité par année ! Ce qui représente environ l'électricité consommé par une famille de quatre personnes dans une maison de trois étages pendant 750 jours soit un peu plus de deux ans !



Vue de la place du marché

Aspect écologique

Concours « My Climate »

Le concours organisé par « My Climate » mentionné dans l'introduction comporte cinq catégories différentes :

- Prix Energie : qui consiste à économiser concrètement de l'énergie.
- Prix Inventeur : qui consiste à trouver quelque chose d'original pour réduire la consommation de CO2 ou d'énergie.
- Prix de Planification : qui consiste à planifier quelque chose pour le futur pour réduire la consommation de CO2 ou d'énergie.
- Prix de Sensibilisation : qui consiste à sensibiliser les gens à la réduction de CO2 ou d'énergie.
- Prix du public : qui consiste à toucher un maximum de personnes pour qu'elles réduisent leur consommation de CO2 ou d'énergie

Notre but, était d'inscrire notre projet dans le prix énergie puisque nous étions plutôt optimiste quand à la réalisation de notre projet et la mise en place d'éclairage à LED par la ville de Bienne.

Mais après avoir analysé les chiffres et les résultats obtenus avec nos graphiques et les informations trouvés sur internet, nous avons constaté que les LED ne sont pas encore tout à fait au point et qu'il est plus judicieux d'attendre encore quelque année pour mettre en place un tel dispositif.

C'est pourquoi nous avons inscrit notre projet dans la catégorie « Prix de planification ».

Domaines touchés

Notre projet est plutôt intéressant car il touche un très grand nombre de domaines différents.

Le principal est quand même le domaine écologique puisque il permet de réduire fortement la consommation d'énergie électrique d'une localité et ainsi diminuer la production d'électricité et donc la pollution des centrales nucléaires.

Le domaine écologique entraîne forcément le domaine économique puisque très souvent, lorsque l'on parle d'électricité, écologie rime avec économie. En réduisant la consommation d'énergie, la dépense en électricité ne peut que diminuer.

Mais il y a encore deux domaines dont il ne faut pas négliger. Le domaine culturel et politique entre aussi en ligne de compte. Car à l'heure actuelle, l'écologie est un point essentiel dans la politique d'une commune. En effet de nombreuses communes essaient de

se distinguer en faisant des gestes pour la planète car le réchauffement climatique est un point très important aujourd'hui.

Ceci entraîne donc le domaine culturel, car c'est un très bon coup de pub pour une commune de pouvoir dire qu'elle fait des gestes pour la planète et ceci lui permet d'être connue et de devenir « une attraction touristique ».

Forces et faiblesses

L'une des faiblesses de notre projet et qu'au vu des résultats obtenus avec les graphiques, il n'est pas encore tout à fait d'actualité puisque les ampoules NaH sont plus avantageuses que les ampoules LED.

Mais, la technologie LED est en plein développement et il est certain qu'à moyen ou long terme, notre projet soit au cœur de l'actualité

Ceci en fait une des principales forces. Notre projet n'est pas éphémère, il a de l'avenir mais il faut peut-être être un peu patient !

Conclusion

Après ces 19 semaines de travail, notre rapport s'achève sur une note plutôt positive.

Le bilan de notre travail est plutôt concluant, nous avons effectué beaucoup de recherche sur internet qui nous ont apporté pas mal de renseignements sur la technologie LED.

Mais, ce qui nous a le plus éclairé, aura été le rendez-vous que nous avons pris avec M. Grünig. Cela nous aura permis de nous persuader que notre projet n'est pas trop idéaliste et qu'il est réellement possible de réaliser ce que nous avons planifié.

Le point qui aura été très positif, est le fait que nous avons, par l'intermédiaire du père de M. Bissolotti qui travaille au sein de ESB, réussi à attirer l'attention de la ville de Bienne.

En effet, les services techniques de la ville de Bienne ont accepté qu'on leur envoie un rapport sur les éclairages publics à LED afin qu'ils puissent discuter du projet et pourquoi pas le réaliser, ce qui serait vraiment une grande satisfaction pour nous.

Concernant notre bilan personnel, nous sommes très contents du déroulement de notre travail. Nous avons travaillé de manière méthodique en se répartissant le travail. Chacun avait une tâche bien précise à faire et lorsque chaque semaine, on se retrouvait, nous faisons le point sur l'avance effectuée et l'on se refixait d'autres objectifs pour la suite.

Cette expérience nous a apporté beaucoup de choses positives :

- Le fait de devoir gérer un travail sur une longue période nous aura appris à planifier des choses, à se fixer des objectifs et surtout à les respecter !
- Le fait de travailler en groupe nous aura appris à répartir les tâches au sein du groupe en fonction des forces et des faiblesses de chacun.
- Le fait d'être livré à nous-mêmes nous aura appris à prendre des initiatives et à avoir confiance en soi.

Toutefois, il y a des choses que nous pourrions améliorer si nous étions amenés à refaire un tel travail. Notre principale faiblesse lors de la réalisation de notre projet aura été de prendre contact avec des personnes dans le domaine de notre projet.

En effet nous avons eu du mal à faire le pas pour appeler des personnes pour leur demander des informations etc. À l'avenir, nous devrions faire un effort pour s'informer encore plus sur le thème que nous traitons. Ne pas juste chercher des informations sur internet mais prendre contact avec beaucoup plus de monde qui pourrait certainement nous renseigner plus précisément qu'internet.

Pour ce qui est des perspectives de notre projet, elles sont certainement très intéressantes, mais à l'heure actuelle, la technologie LED est-elle assez au point pour que les localités fassent vraiment le pas ?

Par contre, les perspectives d'avenir sont très intéressantes, car c'est certain que la technologie LED est l'avenir de l'éclairage et que dans un avenir plus ou moins proche, notre projet sera peut-être encore plus au goût du jour qu'actuellement !

Bibliographie

Documents

- L'impartial 25 juillet 2009, « Des lampes vertes à la place du marché » Edwina Dichamp
- TopTen, « Efficacité et émission lumineuses » et « *Led et efficacité énergétique* » Editeur Romande énergie

Internet

- <http://fr.wikipedia.org/>
- <http://nccr-qp.epfl.ch/page34044.html> (EPFL)
- <http://www.techno-science.net/?onglet=news&news=4176> (Article éclairage public à LED)
- www.sun-groupe.com (luminaires LED sur le marché)
- www.joliet-europe.com (luminaires LED sur le marché)

Les Annexes

Journal de travail

- 27.08.09 : Introduction au TIP et présentation du thème de l'année et des projets à faire
- 03.09.09 : Recherche d'idées pour le projet et Mind mapping du projet trouvé
- 10.09.09 : Visionnage du film "une vérité qui dérange"
- 17.09.09 : Recherche de contacts et rédaction des questions pour ESB
- 24.09.09 : Pas de TIP -> absence de tout le groupe
- 22.10.09 : Présentation des projets
- 29.10.09 : Recherche d'informations sur les LEDs
- 05.11.09 : Envoi d'un mail à M.Grünig et recherche d'informations sur les LEDs
- 12.11.09 : Analyse des réponses de ESB
- 19.11.09 : Renvoi d'un mail à M.Grünig sur sa demande et recherche de différents lampadaires à LED
- 26.11.09 : Début de la rédaction de l'historique de la LED et d'exemples d'utilisation
- 03.12.09 : Envoi d'un mail de rappel à M.Grünig
- 10.12.09 : Recherche d'informations sur le fonctionnement de la LED, rédaction sur les avantages et désavantages de la LED
- 17.12.09 : Recherche de prix de différents luminaires à LED et observation des études sur les LEDs par d'autres entreprises
- 14.01.10 : Pas de TIP
- 21.01.10 : Théorie sur la rédaction du rapport
- 28.01.10 : Début de la rédaction du rapport, recherches de différentes lampes à LED et téléphone pour demander un entretien avec M.Grünig
- 04.02.10 : Comparaison des différentes lampes à LED et préparation pour l'entretien avec M.Grünig
- 11.02.10 : Entretien avec M.Grünig, initiateur du projet à la Chaux-de-Fonds et rédaction du rapport de travail

Questionnaire adressé à Energie service Bienne

- Quel est le nombre de réverbères à Bienne ?
Il y a 6'560 points lumineux. Vous pouvez obtenir ces informations en téléchargeant le dernier rapport de gestion sur http://www.esb.ch/uploads/tx_ttproducts/datasheet/Rapport_de_gestion_08.pdf
- Combien consomme un réverbère ?
Nous avons des points lumineux de toutes les sortes, entre 20 et 400 Watts, selon les exigences:
 - Une rue de quartier exige un éclairage moyen de 0,5 cd/m², réalisé avec des luminaires NaH 70 W, tous les 25 à 30 m
 - Une rue de liaison exige un éclairage moyen de 1 cd/m², réalisé avec des luminaires NaH 150 W, tous les 25 à 30 m
 - Une rue de transit exige un éclairage moyen de 2 cd/m², réalisé avec des luminaires NaH 250 W, tous les 25 à 30 m
 - Une place exige un éclairage moyen de 4 cd/m², réalisé souvent avec des luminaires NaH 400 W.

Les luminaires avec des puissance supérieures à 150 W sont en général réductibles de 50% en puissance lumineuse (40% en consommation) à partir d'une heure donnée (actuellement réduction de 23h00 à 06h00)

- Quel types d'ampoule (composition) ?
Principalement des lampes à vapeur de sodium haute pression (NaH), mais également des lampes fluorescentes (FL), des lampes aux halogénures métalliques et d'autres types isolés. La répartition est mentionnée dans le rapport annuel.
- Les coûts de consommation électrique par réverbère actuel ?
Les coûts de consommation par point lumineux n'ont pas été calculés. Mais si vous divisez la consommation totale par le nombre de points lumineux, vous obtenez 564 kWh/an et par point lumineux, ou env. 1,55 kWh par jour. A 20 centimes par kWh, ceci correspond à 30 centimes par jour.
- Le nombre d'heures d'allumage des réverbères ?
La durée de fonctionnement de l'éclairage public se situe en moyenne vers 4'400 heures par an
- La consommation totale annuelle des réverbères ?
L'éclairage public à Bienne consomme actuellement environ 3,7 GWh/an, donc 1,16 % de la consommation globale d'énergie électrique de la ville.
- Quel est la durée de vie moyenne d'une ampoule actuelle ?
Suivant le modèle, la durée de vie est de 16'000 ou 24'000 heures, donc 3 ou 5 ans puisque nous les changeons en général avant qu'elles soient défectueuses, pour des questions de rentabilité (changement de toute une rue en même temps pour ne pas devoir faire le trajet pour chaque lampe.)
- Combien d'interventions faites-vous par année (problèmes de réverbère, ampoule...)?
Les interventions ne sont pas répertoriées, mais nous devons changer environ 1'500 ampoules par an pour pouvoir suivre le tournus. A ceci s'ajoutent toutes les réparations, les nouvelles poses de candélabres, les poses de câbles, l'échange des luminaires, etc.

- Le coût de remplacement d'une ampoule (inclut camion nacelle, personnel, matériel) ?
Les coûts de remplacement par point lumineux n'ont pas été calculés, ils dépendent fortement de notre efficacité du moment.
- Existe-t-il des exigences de coloration de la lumière?
La couleur n'a qu'une valeur subjective. La technique par contre pose des exigences objectives telles que le spectre lumineux (pour permettre une distinction acceptable des couleurs), la dirigeabilité (pour permettre une répartition convenable sur la voie publique) et l'efficacité lumineuse (lumens par watt). Le choix s'opère donc en fonction de l'efficacité et de l'économie globale.
- Pourriez-vous imaginer un avenir à LED pour Bienne ? (expliquez)
A l'avenir, les LED seront probablement utilisables en éclairage public. En laboratoire, leur efficacité lumineuse peut déjà dépasser celle de notre éclairage actuel (à vapeur de sodium haute-pression). En pratique par contre, leur efficacité est encore insuffisante et se situe autour de 50 à 60 lm/W, contre 80 à 100 pour NaH).
Actuellement, un passage à la technologie LED aurait comme conséquence un accroissement de la consommation spécifique, ce qui n'est pas du tout souhaité du point de vue écologique et encore moins du point de vue économique.
L'électronique exigée par les LED pose certainement encore pas mal de problèmes de durée de vie dans un environnement extérieur, soumise à de grandes variations de température et d'humidité.
L'avenir immédiat des LED se situe à mon avis dans le domaine du remplacement des lampes à incandescence et surtout dans celui de l'esthétique.
Par contre tout ceci ne nous empêche pas de faire déjà des essais avec la technologie LED pour acquérir une certaine expérience.

Entretien

Le but de cet entretien avec Monsieur Maurice Grünig était de connaître son projet sur l'éclairage public à LED et de réellement voir le rendu final au niveau de l'éclairage et de l'économie d'énergie.

Le début de l'entretien s'est déroulé sur forme de présentation de l'historique de la place du marché est ses vieux luminaires au mercure.

La deuxième partie de l'entretien s'est déroulé sous forme de visite de la place du marché, afin de constater l'efficacité des LEDs par rapport au sodium à haute pression qui se trouve actuellement dans les rues avoisinantes.