Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering
Fondation 2iE

ECONOMIE D'ENERGIE ET ECLAIRAGE PUBLIC DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT OPTION : ENERGIE

Présenté et soutenu publiquement le 17 Juin 2010 par

Galo GUIE BI

Travaux dirigés par :

Pr Yezouma COULIBALY

Enseignant, Chercheur au 2iE
Chef d'UTER GEI

M. Justin BASSOLE

Chef des Travaux d'électricité au 2iE

M. Francis ZAGRE

Chef de Division Maintenance Réseau à la SONABEL

Jury d'évaluation du Mémoire :

Président : *Dr Yao AZOUMAH*
Enseignant, Chercheur au 2iE

Membres et correcteurs : *Pr Yezouma COULIBALY*
M. Francis ZAGRE
M. Justin BASSOLE
Dr Sébastien DJENONTIN

Promotion 2008/2010

REMERCIEMENT

Nous ne saurions achever notre mémoire de fin d'études sans toute fois exprimer notre profonde gratitude à tous ceux qui nous ont soutenu et encadré afin de pouvoir établir ce précieux document qui pourrait être désormais une référence.

Cette gratitude va premièrement à l'endroit de l'ensemble des professeurs et de la Direction du 2iE, pour les savoirs techniques et professionnels de hautes qualités qu'ils nous ont dispensés.

Ensuite elle va, à l'endroit des Responsables du Service Gestion Réseau Ouaga (SGRO) de la Société Nationale d'Electricité du Burkina (SONABEL) et du Service d'éclairage Public de la Direction Générale des Services Techniques Municipaux de la Mairie de la Commune de Ouagadougou pour avoir facilité notre intégration au sein de la vie de l'entreprise.

Enfin nous tenons à remercier plus particulièrement :

- Monsieur **Jean François de Salle OUEDRAOGO**, Directeur de Distribution à la SONABEL, qui a accordé un vif intérêt au thème de notre mémoire et accepté que nous le fassions au SGRO
- Monsieur **Célestin ZOUNGRANA**, Chef de Service du SGRO qui nous a très bien accueillis
- Monsieur **Yezouma COULIBALY** notre Professeur, Directeur de mémoire, chef d'UTER Génie Energétique et Industriel, qui n'a **ménagé aucun eff**ort pour la réussite de ce travail.
- Monsieur **Francis ZAGRE**, chef de Division Maintenance Réseau à la SONABEL, notre encadreur d'entreprise. Son engagement et ses orientations, nous ont permis de mener à bien ce travail. Qu'il trouve notre entière reconnaissance
- Monsieur **Justin BASSOLE**, notre Co-encadreur académique
- Monsieur **Yao AZOUMAH**, notre professeur et responsable de la formation du Master Génie Energétique, pour ses multiples conseils sur la vie professionnelle et la gestion des hommes mais aussi son attachement à la rigueur dans le travail.
- Monsieur **André TINDANO**, Chef de Division Cartographie et Maintenance éclairage public à la SONABEL, pour sa franche collaboration.
- Monsieur **Séverin THOMBIANO**, Chef de Section éclairage public qui a su prêter l'oreille attentive à toutes nos préoccupations.
- Monsieur **Siriki OUATTARA**, Technicien Supérieur au Service Gestion Réseau Ouaga de la SONABEL, pour sa collaboration et son aide pendant les sorties de terrain
- Mes tuteurs, Madame **DIALLO/ née KOUAME Akissi Véronique** et Monsieur **Oumar DIALLO**, pour leur soutien de toute nature sans faille pendant mon séjour au Burkina.

Que de nombreuses autres personnes qui nous ont aidé de loin ou de près au cours de ce mémoire et dont les noms ne figurent pas ici reçoivent également notre sincère gratitude.

Dédicace

- Au Seigneur Jésus Christ qui m'a soutenu dans mes études depuis le primaire jusqu'à ce jour dans les moments difficiles et de joie
- A mon Père LOHOURI BI GUIE Robert qui m'a toujours encouragé à devenir « Cadre Supérieur »
- A ma mère GUIE LOU BLI Christine, qui m'a donnée vie et a su supporter mes caprices d'enfance. Je lui en suis très reconnaissant. Que Dieu la bénisse !
- A ma fiancée DJOLE LOU Irié Adéline pour sa compréhension et son soutien de toute nature.
- A ma fille GUIE LOU Diénan Grâce MB, ma principale source d'encouragement
- A Monsieur KOUAME Kouassi, Directeur des Etudes et des Services Académiques (DESA) du 2iE, l'homme de « Grandes Valeurs » et de dignité. Un modèle pour l'Afrique!
- A mes Tuteurs, Monsieur et Mme Diallo Oumar
- A mes frères et sœurs qui de près ou de loin m'ont soutenu d'une manière ou d'une autre.
- A tous mes amis du 2iE et collaborateurs de la junior entreprise du 2iE dont je fus le premier Coordonateur qui m'ont toujours soutenu et encouragé surtout à NYAMIEN Yao Thomas, ETTIEN Auguste, YAMOUSSOU Gustave, KASSOUM ABBA GADAM, BADA Franck, ONGOLO Jean Bosco qui pendant ces deux années de formation Master ont été pour moi plus que des frères.

Je dédie ce mémoire de fin d'étude

RESUME

Ce mémoire a consisté à faire des propositions d'amélioration de la qualité de l'éclairage public mais aussi d'amélioration et de réduction de la consommation énergétique et de gaz à effet de serre pour la ville de Ouagadougou.

Pour atteindre ce but, nous avons procédé par un état de l'art sur l'éclairage public. Ceci nous a permis de mieux appréhender le sujet. Les actions concrètes menées sont l'état des lieux de l'éclairage public de la ville de Ouagadougou et la simulation du dimensionnement des installations de l'éclairage public.

L'analyse des résultats de l'état des lieux montre que les rues de Ouagadougou sont très mal éclairées à l'exception de quelques rues principales bien éclairées comme les Avenues Charles de Gaules et surtout les Rues de Ouaga 2000 qui sont, en revanche, sur-éclairées. Les lampes à vapeur de mercure sont responsables de la mauvaise qualité de l'éclairage car leur éclairement est très faible (E<10lux).

Pour une meilleure qualité de l'éclairage il faut donc remplacer systématiquement les lampes à vapeur de mercure par les lampes à vapeur de sodium qui éclairent mieux et sont plus adaptées à l'environnement du Burkina (environnement sombre et poussiéreux).

L'économie énergétique devrait passer par la suppression des sur-éclairements (éclairement > 30 lux), de lampes basse consommation comme les lampes à LED mais aussi des réducteurs de puissance comme les interrupteurs horaires

Ainsi la rénovation de l'éclairage public pourrait permettre de lutter contre la pollution lumineuse et réaliser des économies d'énergies, tout en "éclairant mieux" et assurant la sécurité des habitants.

Mots Clés :

1- **Eclairage public**
2- **Impacts environnementaux**
3- **Consommation énergétique**
4- **Economie d'énergie**
5- **Gaz à effet de serre**

ABSTRACT

This memory consisted in making proposals of improvement of the quality of public lighting but also of improvement and a reduction of energy consumption and greenhouse gas effect for the town of Ouagadougou.

To achieve this goal, we proceeded by a state of the art on public lighting. This has enabled to us to better apprehend the subject. The carried out concrete actions are the inventory of fixtures of the public lighting of the town of Ouagadougou and the simulation of the dimensioning of the installations of public lighting.

The analysis of the results of the inventory of fixtures shows that the streets of Ouagadougou are very badly enlightened except for some quite enlightened main streets like the Avenues Charles de Gaules and especially the Streets of Ouaga 2000 on-enlightened. The mercury discharge lamps are responsible for the bad quality of lighting because their illumination is very weak (E<10lux).

For a better quality of lighting it is thus necessary systematically to replace the mercury discharge lamps by the sodium vapour lamp which light better and are adapted to environment of Burkina (dark and dusty environment).

The energy-savings should pass by the suppression of on-illuminations (illumination > 30 luxes), of lamps low consumption like the lamps with LED but also of the power dividers like the Time-switchs Thus the restoration of public lighting could make it possible to fight against luminous pollution and to realize energy's savings ,in illumining goodly and ensuring the safety of the habitants.

Key words:

1- **Public Lighting**
2- **Environmental impacts**
3- **Energy consumption**
4- **Energy saving**
5- **Greenhouse Gas effect**

LISTE DES ABREVIATIONS

ADME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

AFE: Association Française de l'Eclairage

EP : Eclairage Public

DGSTM : Direction Générale des Services Techniques Municipaux

GEI : Génie Energétique et Industriel

HPL : Lampes à Vapeur de Mercure Haute Pression

IH : Interrupteur Horaire

2iE : Institut International de l'Eau et de l'Environnement

Kml :Kilomètre linéaire

LED : Diode électroluminescente (Light Emitting Diodes, en anglais)

LESEE : Laboratoire d'Energie Solaire et Economie d'Energie

SONABEL : Société National d'Electricité du Burkina

SGRO : Service de Gestion Réseau Ouaga

SHP : Lampes à Vapeur de Sodium Haute Pression

TRI: Temps de Retour sur l'Investissement

UTER: Unité Thématique d'Enseignement et de Recherche

SOMMAIRE

INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE *1*

PARTIE I : OBJECTIF ET PRESENTATION DES PARTIES PRENANTES DE L'ETUDE *2*

I- OBJECTIF DE L'ETUDE *2*

II- PRESENTATION DES PARTIES PRENANTES DE L'ETUDE. *2*

PARTIE II : ETAT DE L'ART DE L'ECLAIRAGE PUBLIC *3*

I- LES ELEMENTS DE BASE *3*

1.1 Définition de quelques grandeurs photométriques **3**

II- LES LAMPES *5*

2.1 Les différentes technologies de lampes **5**

2.2 Caractéristiques des lampes à usage éclairage public **6**

2.3 Avancée Technologique des lampes **7**

III- LES ECONOMISEURS DE L'ENERGIE *8*

PARTIE III : METHODE ETMATERIELS *11*

I- Etape Méthodologique *11*

II- L'ETAT DES LIEUX DE L'ECLAIRAGE PUBLIC DE OUAGADOUGOU *12*

2.1 Moyens Matériels et logistiques **12**

2.2 Caractéristiques techniques du réseau d'éclairage public de Ouagadougou **12**

2.2.1 Construction du Réseau **12**

2.2.2 Constitution technologique du réseau **12**

2.3 Diagnostic statistique des mesures d'éclairement **15**

III- METHODE DE DIMENSIONNEMENT DE L'ECLAIRAGE PUBLIC DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU *15*

3-1 Typologie des méthodes de dimensionnement de l'éclairage public **15**

3.1.1 Méthode du rapport R **15**

3.1.2 Méthodes des luminances ponctuelles **16**

3.1.3 Méthode de dimensionnement à l'aide d'ordinateur **16**

3.2 Dimensionnement de l'éclairage Public **16**

3.2.1 Utilisation du logiciel Calculux 16

3.2.2 Données nécessaires du dimensionnent 17

3.2.3 Simulation des cas réels 18

PARTIES IV : PRESENTATIONS DES RESULTATS ET DISCUSSION 20

I- PRESENTATION DES REULTATS 20

1.1 Résultats de l'état des lieux de l'éclairage public de Ouagadougou 20

1.1.1 Résultats de la situation de l'éclairage Public de la ville de Ouagadougou 20

1.1.2 Résultat du diagnostic de l'éclairement 21

1.2 Résultats du dimensionnement de l'éclairage 23

II- DISCUSSION 25

2-1 Problématique de l'éclairage public de la ville de Ouagadougou 25

2.1.1 Qualité actuel de l'éclairage public de la ville de Ouagadougou 25

2.1.2 Analyse de la consommation énergétique de la ville de Ouagadougou 27

2.2 Propositions d'amélioration et de réduction de consommation énergétique et de gaz à effet de serre. 28

2.2.1 Proposition d'amélioration de la qualité de l'éclairage de la ville de Ouagadougou 28

2.2.2 Proposition du type d'installation de l'éclairage le mieux adapté 29

2.2.3 Proposition d'amélioration et de réduction de la consommation énergétique 31

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES 35

BIBLIOGRAPHIE 37

ANNEXES 38

ANNEXE I : Situation de l'éclairage public de la ville de Ouagadougou 38

ANNEXE II : Données du diagnostic des mesures d'éclairement 38

ANNEXE III : Eclairage public à énergie solaire 39

ANNEXE IV : Economie d'énergie par l'utilisation d'interrupteur horaire 40

ANNEXE V : Economie d'énergie par l'utilisation des Révalux 40

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Caractéristiques générales des lampes 6
Tableau 2:Caractéristiques photométriques des lampes 6
Tableau 3:Caractéristiques des luminaires utilisés 13
Tableau 4:Résultat attendus selon l'AFE 18
Tableau 5:Caractéristiques des chaussés simples 19
Tableau 6:Caractéristiques des chaussées doubles 19
Tableau 7:Résultat du dimensionnement de l'éclairage unilatéral 23
Tableau 8:Résultat du dimensionnement de l'éclairage bilatéral vis-à-vis 24
Tableau 9:Résultat du dimensionnement de l'éclairage bilatéral alterné 24
Tableau 10:Résultat du dimensionnement de l'éclairage axial 24
Tableau 11:Synthèse des Résultats du dimensionnement des différents types d'éclairage 25
Tableau 12:Situation de la consommation énergétique de la ville de Ouagadougou (2009) 27
Tableau 13:Proposition du type d'installation économique de l'éclairage public 29
Tableau 14:Impact du changement du type d'éclairage 30
Tableau 15:Impacts économiques des installations de l'éclairage proposées 30
Tableau 16:Synthèses des résultats des deux études de cas 32
Tableau 17:Situation actuelles des foyers des Rues de Ouaga 2000 Sur-éclairées 33
Tableau 18:Coût d'investissement 33
Tableau 19:Impacts du substitut des lampes SHP 250W par les SHP 150W 33
Tableau 20:Calcul du temps de retour de l'investissement 34

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Organigramme de la présentation des parties prenantes.....2
Figure 2:Variation relative du flux lumineux des lampes en fonction de la durée d'utilisation.....6
Figure 3: Impact des VALUX sur les lampes à vapeur de sodium haute pression.....9
Figure 4:Principe de fonctionnement du Révalux 10
Figure 5:Etapes Méthodologiques du mémoire.....11
Figure 6: Type de candélabres 14
Figure 7: Type d'implantation de l'éclairage des voies publiques 14
Figure 8:Répartition en % du type d'éclairages 20
Figure 9:Répartition en % du type de lampes 20
Figure 10:Eclairage bilatéral vis à vis.....21
Figure 11:Eclairage axial.....22
Figure 12:Eclairement unilatéral.....22
Figure 13:Eclairage bilatéral alterné.....23
Figure 14:Calcul du taux d'efficacité de l'éclairage public de la ville de ouagadougou.....26
Figure 15:Répartition en % de la consommation énergétique.....27

INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE

L'éclairage nocturne des lieux publics, des voies de circulation, des monuments et sites des villes et campagnes est devenu aujourd'hui une préoccupation majeure des distributeurs d'énergie électrique et des autorités administratives et politiques en Afrique. L'éclairage Public (EP) joue un rôle très important dans les villes aussi bien sur le plan économique que social.

En effet, l'éclairage public permet de :

- Augmenter la sécurité, la fluidité de la circulation sur les chaussées et réduire la gravité et le nombre d'accidents de nuit.
- Augmenter la sécurité des biens et des personnes
- Assurer le confort des conducteurs, des piétons et des riverains
- Se livrer de nuit à des travaux et activités qui, sans l'éclairage, ne pourraient avoir lieu que de jour.
- Assurer une perspective du cadre de vie et valoriser la ville (décorer les espaces les plus prestigieux (avenues centrales, gares, parcs et espaces d'exploitations.))

Ainsi l'éclairage public est un poste auquel les municipalités devraient de plus en plus faire attention, d'autant qu'il représente à lui seul une part importante de leur budget d'électricité.

Aussi, face à l'augmentation des coûts de l'énergie et au début de prise en compte du facteur environnement, les villes travailleraient à améliorer l'efficacité de leur réseau d'éclairage public. Pour cela, le recours aux nouvelles technologies est obligé et les solutions diverses, que cela soit pour réduire la consommation soit pour optimiser l'utilisation de l'énergie sont nécessaires.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude, qui traite de l'«économie d'énergie et éclairage public de la ville de Ouagadougou »

L'objectif est de faire des propositions d'amélioration de la qualité de l'éclairage, de la consommation d'énergie mais aussi de la réduction d'émission des gaz à effet de serre.

Le document est structuré en quatre parties :

I. Présentation générale et contexte de l'étude : présente les objectifs du travail et les parties prenantes de l'étude.

II. Cette partie dresse une revue bibliographique sur le thème abordé.

III. Les méthodes et matériels de l'étude : présente une méthodologie détaillée ainsi que les moyens et matériels mis en œuvre pour aboutir aux résultats.

IV. La restitution et la discussion: présente les résultats et leurs analyses, puis présente une discussion sur les résultats, des propositions pour l'atteinte des objectifs visés par l'étude.

Ce document se termine par une conclusion, des recommandations et des perspectives d'études complémentaires sur le thème.

PARTIE I : OBJECTIF ET PRESENTATION DES PARTIES PRENANTES DE L'ETUDE

I- OBJECTIF DE L'ETUDE

Dans un contexte où l'éclairage public fait des frais énergétiques très énormes aux municipalités des villes africaines, à la ville de Ouagadougou en particulier, mais aussi la protection de l'environnement est au cœur des grandes préoccupations du millénaire, ce sujet de mémoire proposé a pour objectif de faire des propositions d'amélioration et de réduction de la consommation énergétique et de l'émission des gaz à effet de serre.

II- PRESENTATION DES PARTIES PRENANTES DE L'ETUDE.

Les parties prenantes de ce thème de mémoire soumis à notre étude sont essentiellement:

- Le 2iE, représenté par son Laboratoire d'Energie Solaire et Economie d'Energie (LESEE)
- La Mairie de Ouagadougou, représenté par son service éclairage public
- La Société National d'Electricité du Burkina (SONABEL), représenté par son Service Gestion Réseau Ouaga (SGRO).

Il est à noter que la SONABEL a pour mission la production, le transport et la distribution d'électricité.

Ainsi durant ce mémoire, pour des raisons d'ordre opérationnel, nous avons été accueillis par la Division cartographique et éclairage public du SGRO sise à Goughin non loin de la Centrale thermique Ouaga II.

L'organigramme ci-dessous illustre la présentation des parties prenantes.

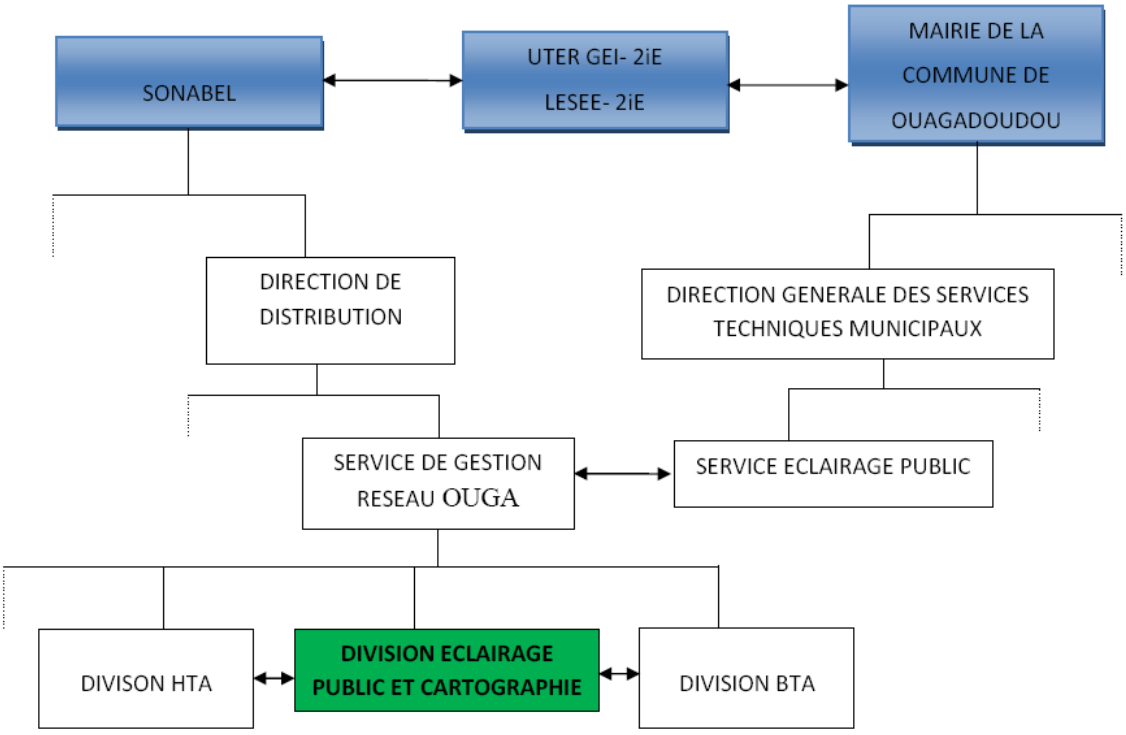


Figure 1:Organigramme de la présentation des parties prenantes

PARTIE II : ETAT DE L'ART DE L'ECLAIRAGE PUBLIC

I- LES ELEMENTS DE BASE

1.1 Définition de quelques grandeurs photométriques

Il est nécessaire de définir quelques concepts d'éclairagisme afin de mieux comprendre et aborder aisément le sujet de mémoire soumis à notre étude.

L'éclairagisme est la science qui étudie les grandeurs photométriques : le flux lumineux, l'intensité lumineuse, l'éclairement, la luminance, l'indice de rendu des couleurs (IRC). Ces définitions que nous donnons ici ont pour source « Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques » de l'Association Française de l'Eclairage (AFE) ,6^{e} édition-février 1988 et du Cours EFI&M2, Electrification Rurale, Tome7 : Eclairage public, de Michel Diebolt et Jean-Jacques Graff, mise à jour du 29/12/2006.

- **Le flux lumineux**

Le flux lumineux est la grandeur caractéristique d'un flux de rayonnement exprimant son aptitude à produire une sensation lumineuse sur un récepteur sélectif dont la sensibilité spectrale est conforme à celle de l'observateur de référence fixée par la commission internationale de l'éclairage. L'unité du flux lumineux est le LUMEN (lm). Cette grandeur sert principalement à qualifier photométriquement les lampes.

- **L'intensité lumineuse.**

Elle qualifie le flux élémentaire émis dans une direction de l'espace par une source quasi ponctuelle. Elle s'exprime par la relation $I = \frac{dF}{d\Omega}$ où dF est le flux élémentaire issu de la source quasi ponctuelle dans l'angle solide élémentaire dΩ (cône élémentaire). La notion d'intensité peut être imagée par un rayon lumineux transportant une certaine énergie. Son unité le CANDELA (cd) est la base photométrique du Systèmes International d'unités. La connaissance de l'ensemble des intensités lumineuses émanant d'un luminaire permet de juger sa distribution photométrique.

- **L'éclairement**

C'est la densité de lumière sur une surface. Il s'exprime par la formule $E = \frac{F}{S}$ où F est la valeur du flux lumineux atteignant la surface et S l'aire de cette surface réceptrice. Son unité est le LUX (lx) qui représente un flux d'un lumen atteignant une surface d'un mètre carré.

Cette grandeur est intéressante du fait qu'elle se mesure facilement à l'aide d'un LUXMETRE et permet le contrôle des installations.

- **L'efficacité lumineuse**

L'efficacité lumineuse d'une lampe ou d'un ensemble est le quotient du flux lumineux émis par une lampe, par la puissance consommée par la lampe ou par la puissance totale (lampe + auxiliaire). Elle est exprimée en LUMEN par Watt (lm/W)

- **La luminance**

Chaque fois que la provenance d'un flux lumineux doit être analysée, on parle de luminance perceptible par un observateur donné. Cette grandeur permet donc de tenir compte des sources de lumière présentes dans le champ visuel d'un observateur, soit en termes de risque d'éblouissement, soit en termes d'aide à la perception visuelle liée à l'aspect lumineux des objets éclairés. Son unité est le CANDELA par mètre carré (cd/m^2). La luminance se mesure avec un luminance-mètre.
Il est possible de déterminer par exemple la luminance des chaussées, qui sert de base d'évaluation des projets d'Eclairage Public.

La luminance moyenne s'exprime par la loi de LAMBERT :$L = \frac{\rho.E}{\pi}$ où ρ est le facteur de réflexion d'un objet plan et E son éclairement moyen.
Ces concepts définis ci- dessus sont les grandeurs habituellement utilisées pour l'appréciation de la qualité de l'éclairage du point de vue photométrique.
L'utilisation de ces grandeurs intègre plusieurs facteurs telle que la connaissance de la constitution du revêtement de la voirie à éclairer (bitume, béton, autres agrégats etc.).

- **Indice de rendu de couleur :**

L'indice de rendu des couleurs (IRC) représente la qualité de la lumière ; à savoir sa faculté à rendre fidèlement la vraie nature des couleurs telles qu'on peut les voir sous la lumière naturelle du soleil. Plus cet indice se rapproche de 100, plus la qualité de la lumière est excellente.

1.2 Principe de conception d'un projet d'éclairage public

D'après la littérature [3] un projet de l'éclairage public doit être basé essentiellement sur huit (08) points clés :

1) Evaluation des besoins
2) Candélabre ou lampadaire

❖ Les candélabres doivent être assainis: adapter aux nouveaux besoins la hauteur du point lumineux et le bras (raccourcir, allonger, optimiser l'inclinaison du luminaire).

3) Luminaire

❖ Utiliser des réflecteurs à haut rendement et une source lumineuse horizontale.

❖ La lumière doit être diffusée sur la surface à éclairer; ne permettre qu'une faible diffusion au-dessus de l'horizon (pollution lumineuse).

4) Source lumineuse

- ❖ Utiliser des lampes au sodium haute pression ou d'autres lampes à fort rendement d'éclairage pour des raisons économique et de qualité de l'éclairage.

5) Appareil d'exploitation

- ❖ Les ballasts d'allumage électroniques sont plus efficaces.

6) Heures de fonctionnement

- ❖ La déconnexion ou la réduction de l'intensité d'éclairage permet des économies d'énergie considérables.
- ❖ Il s'agit généralement de diminuer la puissance aux heures de faible fréquentation
- ❖ Prévoir une connexion et une déconnexion via un détecteur crépusculaire.

7) Consommation d'énergie

8) Energies renouvelables

- ❖ Couvrir le besoin en électricité pour l'éclairage public avec du courant issu de sources renouvelables (étudier plus profondément la faisabilité, le coût d'investissement et d'exploitation, et le temps de retour d'investissement).
- ❖ Les chemins non électrifiés peuvent être équipés de lampadaires solaires

II- LES LAMPES

Nous tirons cette étude des lampes du site de Schneider Electric [2]

2.1 Les différentes technologies de lampes

- Lampes à incandescence (les ampoules standards, les ampoules halogènes)
- Les lampes fluorescentes (tubes fluorescentes, lampes compactes)
- Les lampes à décharge (lampes à vapeur de sodium Basse Pression ou Haute Pression, lampes à vapeur de mercure, lampes à halogénure métallique)
- Diodes électroluminescentes ou LED (Light Emitting Diodes)
- Lampes à usages spéciaux

De toutes ces lampes, nous allons nous intéresser plutôt aux lampes à usage éclairage public

Ainsi les **lampes à vapeur de mercure haute pression**, les **lampes à vapeur de sodium haute pression**, les **lampes à iodure métallique** sont utilisés en éclairage public. Aussi un article récent de l'Association Française de l'Eclairage [1] a montré que le développement récent de diodes de couleur blanche ou bleu à haut rendement lumineux ouvre de nouvelles perspectives aux **lampes à LED**, notamment en éclairage public.

2.2 Caractéristiques des lampes à usage éclairage public

Tableau 1:Caractéristiques générales des lampes

Technologie	Avantage	Inconvénient
Vapeur de mercure Haute Pression	- Bonne efficacité lumineuse - Rendu de couleur acceptable - Faible encombrement - Durée de vie élevée	- Temps d'allumage et rallumage de quelques minutes
Vapeur de Sodium Haute Pression	- Très bonne efficacité lumineuse	- Temps d'allumage et rallumage de quelques minutes
Vapeur de Sodium Basse Pression	- Bonne visibilité pour temps de brouillard - Exploitation économique	- Temps d'allumage et rallumage long (5min) - Rendu de couleur médiocre
Iodure métallique	- Bonne efficacité lumineuse - Bon rendu de couleur - Durée de vie élevée	- Temps d'allumage et rallumage de quelques minutes

Tableau 2:Caractéristiques photométriques des lampes

Type de lampes	Puissance (W)	Flux lumineux(Lm)	Efficacité lumineuse (Lm/W)	IRC	Durée de vie moyenne (H)
Vapeur de Sodium Haute Pression	35 à 1000	1300 à 130000	37 à 130	25 à 85	12000
Vapeur de Mercure Haute Pression	50 à 1000	1 770 à 58 500	35 à 130	33 à 49	10000
Lampe aux iodures métalliques	35 à 2000	3 400 à 189 000	68 à 96	65 à 85	8000

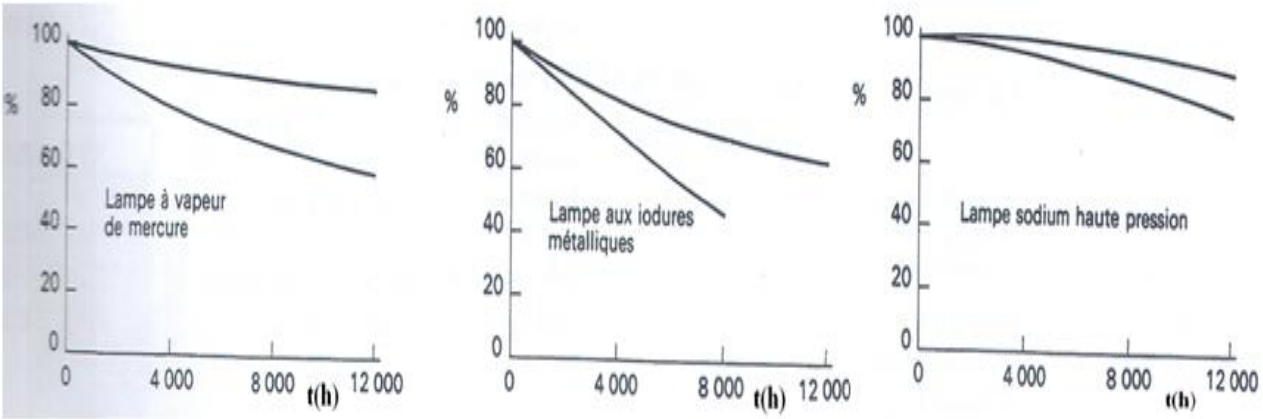


Figure 2:Variation relative du flux lumineux des lampes en fonction de la durée d'utilisation

2.3 Avancée Technologique des lampes

- **Les lampes à vapeur de mercure haute pression**

Elles étaient autre fois utilisées en abondance pour l'éclairage public. Elles sont actuellement de plus en plus remplacées par les lampes à vapeur de sodium haute pression, qui ont un meilleur rendement lumineux. Elles produisent une lumière blanc-bleuté, grâce à une décharge électrique à travers la vapeur de mercure à haute pression (500 fois la pression des tubes fluorescents) contenue dans l'ampoule. Ces lampes sont interdites dans les régions réglementant l'éclairage, car elles consomment non seulement beaucoup d'énergie, mais aussi constitue une source de pollution de l'environnement.

- **Les lampes à vapeur de sodium**

Egalement des lampes à décharge, elles émettent une lumière jaune-orange, plus éblouissante, et elles donnent un rendu de couleur un peu meilleur que ces dernières (mais rayonnent en bandes pour les observations atomiques)

Actuellement c'est ce type de lampes qui est le plus couramment installé pour l'éclairage public, bien que son efficacité lumineuse soit moins bonne que celle des lampes à vapeur de sodium basse pression.

- **Les lampes aux iodures métalliques**

Elles constituent une possibilité rentable et à bon rendement énergétique si un programme de remplacement ou de remise à neuf est pris en considération. Dans certains cas, il est possible de remplacer les lampes à vapeur de mercure directement par des lampes aux halogénures enfichables. On considère un remplacement de ce type si le remplacement par des lampes à vapeur de sodium (dont l'efficacité est meilleure) est impossible.

- **Les lampes à LED**

Un article publié sur le site internet [4] stipule que les ampoules à LED sont l'avenir de l'éclairage public et apportent une réponse aux attentes en matière d'économie et d'écologie qui sont plus que jamais à l'ordre du jour.

Ainsi dans un souci de développement durable et d'économie d'énergie, les lampes à LED ont tendance à remplacer avantageusement les lampes à vapeur de sodium haute pression

En effet la lampe à LED n'est pas récente mais elle a connu ces dernières années des avancées technologiques spectaculaires qui nous permettent dès aujourd'hui de s'éclairer autrement.

Encore inaccessible il y a peu, l'éclairage public et industriel à LED connait de plus en plus de succès auprès des grandes agglomérations, des collectivités, des industries,….

Cependant, elles sont encore chères à l'achat et leur installation dans des luminaires existants doit faire preuve de précautions du fait de la chaleur émise par les culots des lampes.

A cet effet, une recommandation est faite aux architectes qui devraient désormais interroger les fabricants des lampes à LED lors de la conception des éclairages.

Un autre article « Point de vue de l'AFE » numéro 11 publié le 5 Octobre 2005 [1] stipule que « les luminaires équipés de LED sont encore aujourd'hui souvent moins performants et toujours plus onéreux, particulièrement en éclairage public fonctionnel, que les luminaires les plus performants à lampes. Compte tenu des progrès technologiques rapides constatés sur les LED, il est intéressant d'envisager de les tester dès à présent sur des espaces adaptés pour observer, sur ces nouveaux produits, leur fiabilité, leur potentiel énergétique, leurs exigences de maintenance électromécaniques et photométriques. Cela ne peut se faire qu'en totale collaboration avec des constructeurs éclairagistes responsables, seuls capables d'assurer les garanties de performances que le maître d'ouvrage est en droit d'attendre de ces expérimentations ».

III- LES ECONOMISEURS DE L'ENERGIE

Le problème fondamental de l'économie d'énergie en éclairage public est lié à la surpuissance des points lumineux et la mauvaise utilisation de l'éclairage public.

« Eclairer juste c'est aussi consommer moins, affirme l'ADEME ».

Ainsi, il faudra réaliser des économies d'énergies, tout en "éclairant mieux" et assurant la sécurité des habitants. D'après l'Association de l'Eclairage Public [12], l'économie énergétique passe par la suppression des sur-éclairements (> 30 lux), mais aussi l'utilisation de luminaires haute performance et de lampes basse consommation, des réducteurs de puissance ou des ballasts électroniques, souligne la société ETDE. Selon la filiale de Bouygues, le remplacement des sources lumineuses, l'abaissement des hauteurs de feux, le rabattement des flux lumineux vers le sol limitent les déperditions et diminuent les puissances installées.

Pour parvenir à un éclairage optimisé, ETDE recommande également la modernisation des installations et la baisse du niveau d'éclairement.

Les économies d'énergies sont possibles grâce à l'installation des économiseurs d'énergie utilisés en éclairage public. Ainsi un article publié sur le site internet [7] de l'économiseur d'énergie Révalux, déjà en expérimentation sur le réseau d'éclairage public de la ville de Ouagadougou au Burkina Faso, fait mention d'une série d'économiseurs d'énergie que nous décrivons ci- après.

➢ LE BIPAL

Le Bipal est un système électronique qui apporte à la fois la souplesse d'un éclairage modulé point par point et économise l'installation et la maintenance d'un réseau d'éclairage public télécommandé. Il fonctionne quelque soit le lieu d'installation sans aucun réglage.

Le Bipal s'intègre facilement dans les systèmes lumineux et optimise la durée de vie des lampes.

Par ailleurs l'amélioration de l'éclairage est obtenue par un usage rationnel des lampes :

- puissance constante assurée quelles que soient les conditions d'alimentation,
- augmentation sensible de la durée de vie des lampes (50 % pour les lampes sodium haute pression et 30 % pour les lampes iodures métalliques).

On distingue trois types de Bipal (Bipal vert, Bipal bleu et Bipal rouge)

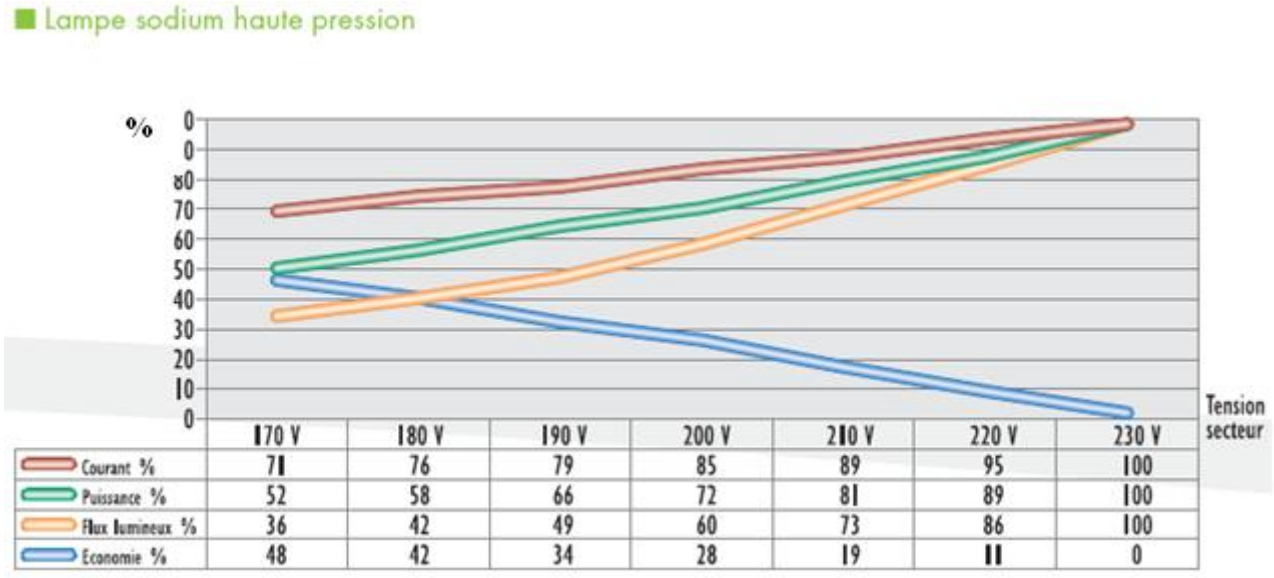
- Le Bipal vert permet une économie d'énergie de 38 %.
- Le Bipal bleu permet une économie d'énergie de 31 %.
- Le Bipal rouge permet une économie d'énergie de 21%

➢ LE VALUX

Le Valux est un système électronique dont le fonctionnement est basé sur la variation des puissances des lampes qu'il commande. D'après le constructeur, les VALUX permettent :

- la réduction de 30 à 40 % de la facture énergétique grâce à la diminution de la puissance consommée et au lissage des surtensions.
- Augmentation de la sécurité des zones éclairées.
- Adéquation de l'éclairage aux diverses utilisations

La figure suivante illustre l'impact de l'utilisation des Valux sur les lampes à vapeur de sodium.



	170 V	180 V	190 V	200 V	210 V	220 V	230 V
Courant %	71	76	79	85	89	95	100
Puissance %	52	58	66	72	81	89	100
Flux lumineux %	36	42	49	60	73	86	100
Economie %	48	42	34	28	19	11	0

Figure 3: Impact des VALUX sur les lampes à vapeur de sodium haute pression

➢ LES INTERRUPTEURS HORAIRES

Les interrupteurs horaires sont des systèmes à extinction beaucoup utilisés de nos jours sur les réseaux EP pendant les périodes de faible fréquentation des usagers. Ils sont moins onéreux à l'investissement et s'adaptent plus facilement aux systèmes lumineux.

Ils permettent de réduire la consommation énergétique d'au moins 30%.

- **LE REVALUX**

  Le Révalux est une nouvelle génération d'économiseur d'énergie. Il économise le coût d'entretien et optimise la qualité du réseau d'éclairage public.

  Le constructeur affirme que pour un retour sur investissement rapide, les trois paramètres indispensables pour réaliser une économie maximale sur le réseau d'éclairage public sont :

- Le temps
- La régulation
- La variation

Ainsi en tenant compte de ces trois paramètres les Révalux ont l'avantage de :

- Optimiser l'éclairage selon les nécessités.
- Réduire les coûts d'entretien des installations en allongeant la durée de vie des lampes jusqu'à 50%
- Diminuer les coûts de fonctionnement des installations en réduisant les factures de consommation d'énergie.

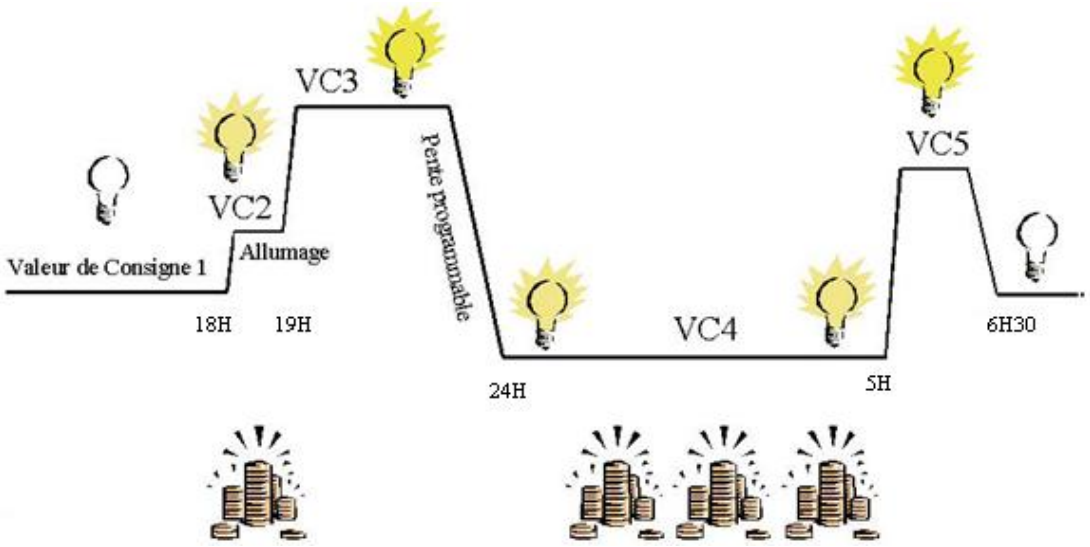


Figure 4:Principe de fonctionnement du Révalux

- **La chronologie de fonctionnement du Révalux**

Consigne 1 : valeur de la tension en journée (lampe éteinte)

Consigne 2 (VC2) : valeur de la tension pendant le temps de chauffe des lampes.

Consigne 3 (VC3):valeur de la tension pendant les heures d'activité intense au soir (heures pleines).

Consigne 4 (VC4): valeur de la tension pendant les heures de faible activité (heures creuses).

Consigne 5 (VC5): valeur de la tension pendant les heures d'activité intense au petit matin.

PARTIE III : METHODE ETMATERIELS

I- Etape Méthodologique

Pour atteindre les objectifs recherchés et faciliter l'exploitation des données, un organigramme des étapes méthodologiques retrace la chronologie des différentes étapes nécessaires à effectuer dans le cadre de cette étude.

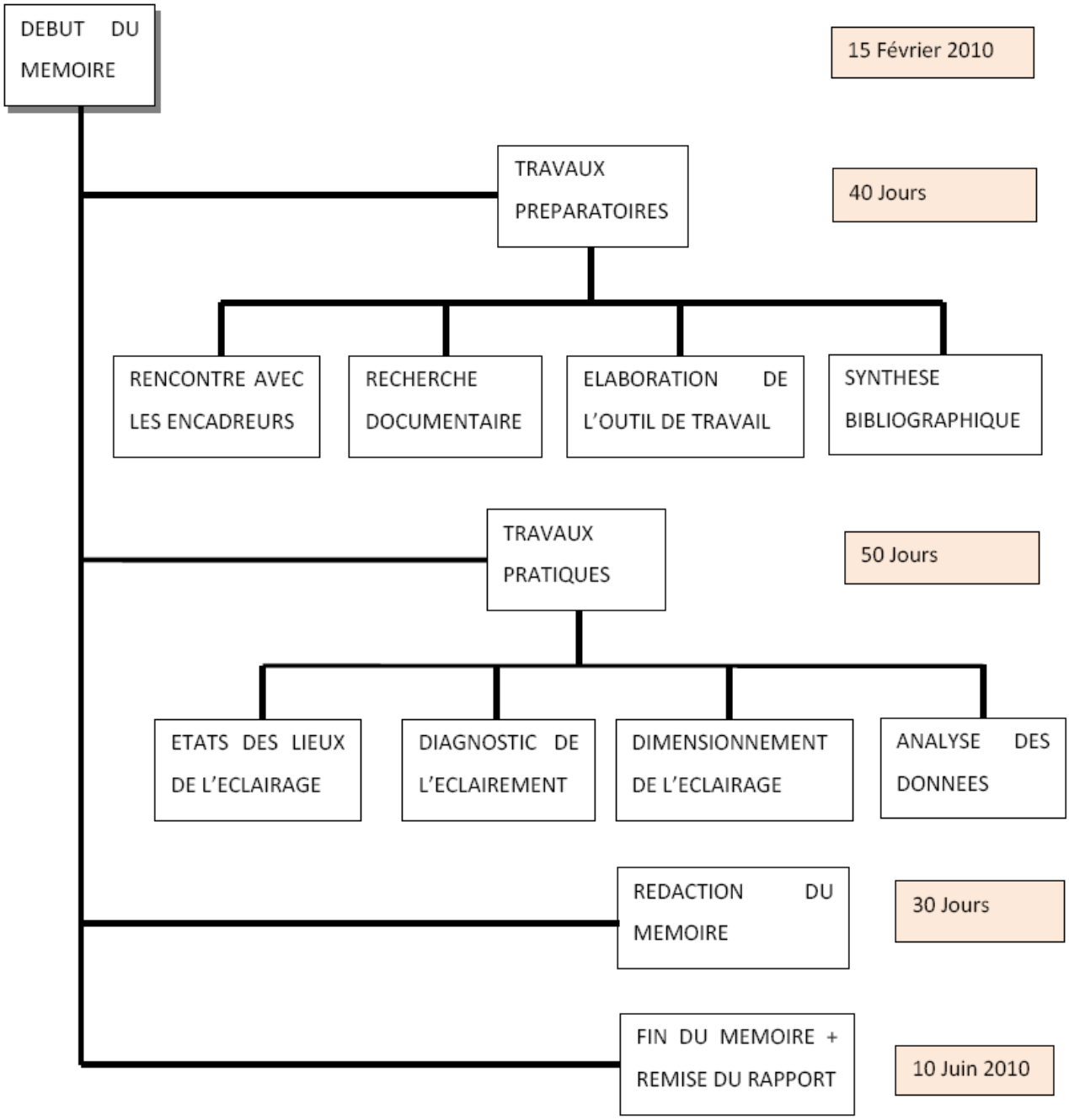


Figure 5:Etapes Méthodologiques du mémoire

II- L'ETAT DES LIEUX DE L'ECLAIRAGE PUBLIC DE OUAGADOUGOU

Cette partie de notre travail nous a emmené à effectuer trois semaines de sorties de terrain avec l'équipe de maintenance de l'éclairage public de la SONABEL où nous avons été accueilli pour ce mémoire.

2.1 Moyens Matériels et logistiques

Les moyens matériels et logistiques utilisés sont :

- Un luxmètre pour le diagnostic de l'éclairement
- Une véhicule 4x4 pour les sorties d'inventaire de réseau Eclairage Public
- Une mobylette P50
- Les fiches de terrain
- Un bureau
- Un ordinateur portable
- Internet

2.2 Caractéristiques techniques du réseau d'éclairage public de Ouagadougou

2.2.1 Construction du Réseau

Le réseau d'éclairage public de la ville de Ouagadougou est vaste. Sa construction varie en fonction de l'importance des voies à éclairer.

Cependant on distingue deux types de réseaux :

- Les réseaux associés aux réseaux de distribution publique BTA sont constitués de câbles BTA pré assemblés avec le câble de puissance ou brin EP.
- Les réseaux indépendants (poste de transformation uniquement pour l'EP)

2.2.2 Constitution technologique du réseau

1) Le coffret électrique

On distingue deux sortes de coffret

- Coffret monophasé
- Coffret triphasé

Le coffret triphasé est le plus utilisé car permet d'équilibrer les charges du réseau de l'Eclairage Public.

Il se compose de:

- Un circuit de puissance constitué de :
- Un coupe circuit principal (CCP) d'arrivé du courant (il est très bien indiqué en éclairage public car il évite de mettre toute une rue dans l'obscurité (plus avantageux que le disjoncteur qui lui est beaucoup plus sensible aux chocs et perturbations du réseau)).
- Un compteur

- Un circuit de commande constitué de :
- Un contacteur
- Un dismatic de 3A pour la protection de circuit de commande
- Une coupe circuit de sortie
- Un interrupteur crépusculaire qui donne le signale au coffret son heure de fonctionnement.

2) Câble d'alimentation

- Le réseau aérien

  Le réseau aérien est mixte (monophasé ou triphasé) mais à dominance triphasée.

  Il est constitué de câbles pré-assemblés 4x16mm^2 en aluminium

- Le réseau souterrain

  Le réseau souterrain est essentiellement triphasé car autonome et est constitué de câbles industriels U1000 R02V 4x10 mm^2 au 4x16 4x25 mm^2

Il faut noter que quelque soit le type de réseau le cordon d'alimentation des lampes est constitué de câbles en cuivre de section 2x2.5 mm^2 (Raccordement du câble principal au luminaire).

3) Les types de lampes utilisées

Deux types de lampes à décharge sont utilisés:

- Les lampes à vapeur de Mercure Haute Pression (HPL)

  On utilise les HPL de 125W et 250W. Elles ont une efficacité lumineuse de 55 à 60 lumens/watt. Elles sont alimentées par des ballasts à vapeur de mercure référencés GSB.

- Les lampes à vapeur de Sodium Haute Pression (SHP)

  D'une efficacité lumineuse de 90 à 140 lumens/watt, les lampes à vapeur de sodium haute pression utilisées sont de puissances 150W, 250W, 400W. Elles sont alimentées par des ballasts à vapeur de sodium haute pression référencés GSHP, SHP ou SHPF et par des amorceurs électroniques.

4) Les types de luminaires utilisés

Les types de luminaires utilisés sont associés aux lampes utilisées précitées ci-dessus. Ces luminaires sont de chez Philips Lighting.

Tableau 3:Caractéristiques des luminaires utilisés

Marque de luminaire	Lampe
HGS101	HPL 125W
HGS102	HPL 250W
SGS102	SON (-E/T) 250W
Sélénium SGP340	SON-T 400W

5) Les candélabres

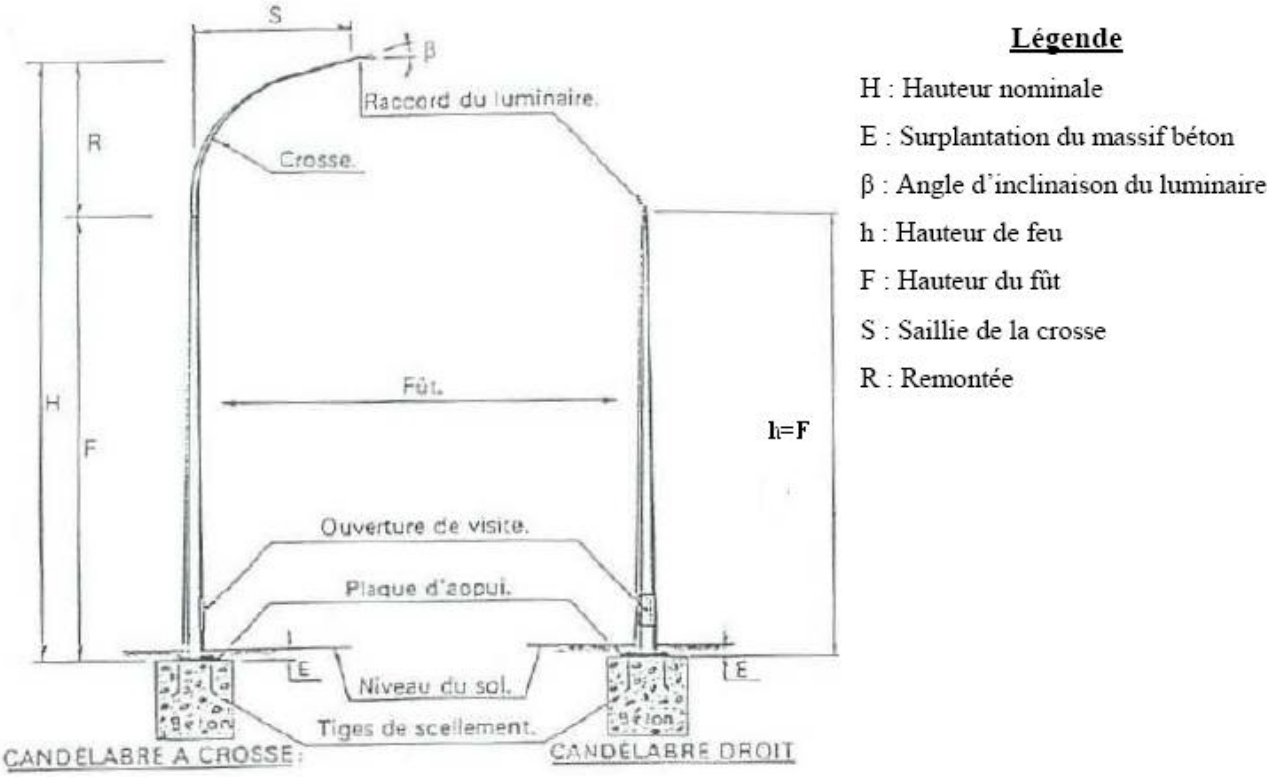


Figure 6:Types de candélabres

6) Types d'éclairages

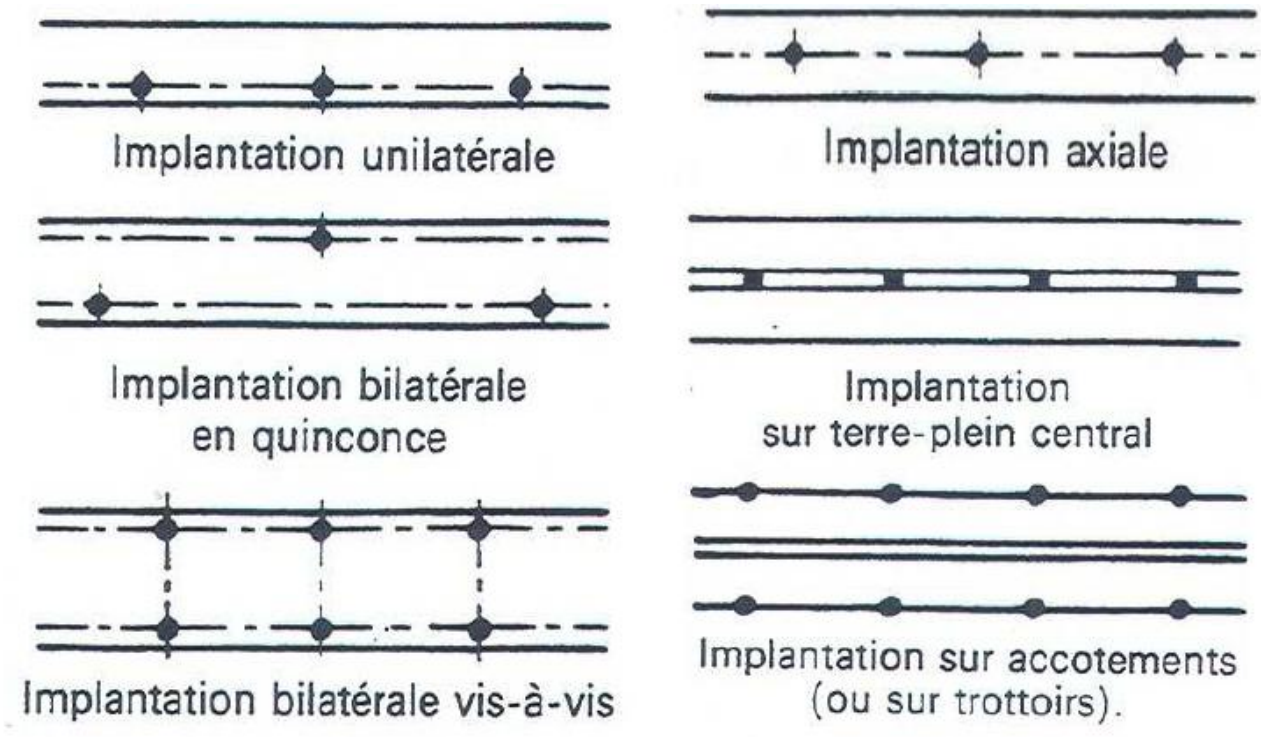


Figure 7:Type d'implantation de l'éclairage des voies publiques

2.3 Diagnostic statistique des mesures d'éclairement

Conformément aux termes de référence, nous avons effectué des mesures d'éclairement de certaines rues de la ville de Ouagadougou afin d'analyser et apprécier la qualité de l'éclairage.

Ces rues ont été objectivement choisies en collaboration avec le chef de section de la Divion éclairage public. A cet effet, nous avons fait des sorties de terrain pendant des nuits.

Ainsi nous représenterons dans la suite de l'étude sous forme de graphique les résultats des mesures d'éclairement des quatre types de l'éclairage des rues bien choisies.

III- METHODE DE DIMENSIONNEMENT DE L'ECLAIRAGE PUBLIC DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU

3-1 Typologie des méthodes de dimensionnement de l'éclairage public

Les méthodes de dimensionnement que nous proposons sont essentiellement tirées des « Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques » page 90 à100

3.1.1 Méthode du rapport R

Cette méthode ne donne pas les valeurs ponctuelles d'éclairement de luminance. Elle est basée sur des règles empiriques d'implantation et sur le calcul du flux à installer.

Dans cette méthode du point de vue de l'uniformité, il est recommandé de respecter certaines relations, établies empiriquement, entre ces différents paramètres de l'installation :

L : largeur de la chaussée

H : hauteur de feu

E : espacement des foyers

- Uniformité transversale de luminance :
  - Implantation unilatérale, axiale et en quinconce :

$h \geq l$

  - Implantation bilatérale vis à vis

$h \geq \frac{l}{2}$

- Uniformité longitudinale de luminance

On prendra un rapport e/h au plus égal à 3,5 pour des implantations unilatérale, axiale et bilatérale, et un rapport e/h au plus égal à 3,2 pour des implantations en quinconce.

Les rapports e/h pour les deux cas d'implantation ci-dessus, seront au plus égaux à 3 et 2,7.

3.1.2 Méthodes des luminances ponctuelles

Cette méthode est utilisée lorsque des conditions précises d'uniformité et de niveau d'éclairement sont exigées, le calcul point par point est nécessaire.

Même en s'appuyant sur des hypothèses simplificatrices, le calcul est compliqué et fastidieux et on ne peut guère l'envisager sans avoir recours à un ordinateur.

Il est indiqué afin de pouvoir mieux comprendre les résultats fournis par un ordinateur et les données nécessaires pour exécuter les calculs de luminance.

3.1.3 Méthode de dimensionnement à l'aide d'ordinateur

Ce dimensionnement est basé sur les logiciels informatiques de l'éclairage public tels que :

Dialux, Trilux, Calclux etc.…

Cette méthode est très simple et facile.

Ainsi dans le cadre de ce présent mémoire nous optons pour cette dernière méthode.

3.2 Dimensionnement de l'éclairage Public

Le dimensionnement, par la méthode à l'aide d'ordinateur opté, se fera par l'utilisation du logiciel « Calculux 7.5.0.1»

Cette méthode est basée sur la réglementation et normes locales (CIE, DIN, CEN, CIBSE, AFE)

Calculux Eclairage Public est conçu pour des chaussées simples ou doubles.

Les types de chaussées sont déjà prédéfinis par le programme dans ses paramètres de création. Par exemple, lorsqu'une chaussée double a été sélectionnée, la configuration de la chaussée est automatiquement générée ainsi que les calculs à réaliser suivant la méthode de calcul, comme défini dans le profil.

3.2.1 Utilisation du logiciel Calculux

- **Utilités du logiciel Calculux**

Calculux est très flexible, il offre aux concepteurs d'éclairage de possibilité d'option :

➢ On peut l'utiliser pour simuler des situations réelles et analyser les différentes possibilités d'implantation jusqu'à ce qu'on trouve la solution qui nous convient le mieux, du point de vue technique, financier et esthétique. **C'est le cas de ce présent dimensionnement.**

➢. Grâce à la simplicité des menus, à la logique des boîtes de dialogue et à l'approche pas-à-pas, on peut trouver facilement la solution la plus performante et la plus économique.

❖ **Avantage du logiciel Calculux**

Le dimensionnement dont qu'il est question a pour objectif de faire une simulation des situations des types d'éclairage de la ville de Ouagadougou.

C'est donc une simulation des situations réelles qui nous permettra d'analyser les différentes possibilités d'implantation afin de pouvoir trouver une solution qui convient mieux du point de vue technique, financier et esthétique.

Cette simulation se portera sur les types d'éclairages ciblées pour le diagnostic afin d'infirmer ou confirmer le résultat dudit diagnostic et faire des propositions quant à la qualité de l'éclairage de la ville de Ouagadougou.

Les étapes logiques du déroulement de l'étude nous permettront de gagner du temps et d'économiser beaucoup d'efforts, de plus, les différentes options d'édition nous permettront de composer un rapport d'impression sur mesure.

❖ **L'Editeur des Sections Courantes**

L'Editeur des Sections Courantes est le cœur de Calculux Eclairage Public.

Il permet de calculer, comparer et optimiser les différentes études.

En effet, presque toutes les études d'éclairage de voies publiques peuvent être facilement réalisées à travers lui. On peut également calculer et comparer différentes études d'éclairage en même temps.

3.2.2 Données nécessaires du dimensionnent

➢ Les caractéristiques géométriques de l'installation

La chaussée est définie en renseignant les paramètres suivants:

- • Type de chaussée (Simple ou Double);
- • Terre-plein central;
- • Largeur de chaussée;
- • Nombre de voies;
- • Le facteur de clarté Q_0 de la chaussée.
- Type d'installation (Unilatérale, Bilatérale vis-à-vis, Bilatérale alternée, Axiale)
- Type de luminaire
- Puissance et type de lampe à utiliser

➢ Les caractéristiques photométriques du revêtement

Les paramètres photométriques prennent en compte la géométrie des voies, les aménagements connexes (terre-plein central, trottoirs, voies de sécurité) et le type de revêtement.

Ainsi donc le dimensionnement de l'éclairage public consistera à calculer les paramètres photométriques suivants :

- La luminance moyenne (L)
- Le facteur d'uniformité générale (U0)
- L'indice de confort visuel (G)
- Le facteur d'uniformité longitudinale (Ul)
- Calcul de l'éblouissement perturbateur (TI)

Les rues de Ouagadougou sont supposées à la fois claires et sombres à cause de l'atmosphère poussiéreuse.

L'obtention des paramètres photométriques permettra de juger la qualité de l'installation selon les résultats attendus de l'installation de l'éclairage public indiqués à la page 88 des «Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques » de l'Association Française de l'Eclairage ».

Tableau 4:Résultat attendus selon l'AFE

Désignation	Symbole	Valeur de consigne
Luminance moyenne	L_{moy}	$\geq 1,5 cd/m^2$
Facteur d'uniformité générale	U (L_{min}/L_{max})	$\geq 0,4$
Facteur d'uniformité longitudinale	Ul	$\geq 0,7$
Taux d'éblouissement perturbateur	TI	$\geq 15\%$
Indice de confort visuel	G	>5
Eclairement moyen	Eh_{moy}	$\geq 20 lux$

3.2.3 Simulation des cas réels

Dans la ville de Ouagadougou on distingue deux types de chaussées à savoir, les chaussées simples et les chaussées doubles.

Les chaussées simples sont indiquées pour les types d'éclairages Unilatéral, Bilatéral vis-à-vis et Bilatéral alterné tandis que les chaussées doubles sont indiquées pour l'éclairage axial.

Les données prises en compte pour le présent dimensionnement sont conforment à celles des chaussées de la ville de Ouagadougou puisque cette étude consiste à faire une simulation.

Tableau 5:Caractéristiques des chaussés simples

Chaussée	Simple	Simple	Simple	Simple	Simple
Largeur de la route	7	7	7	7	7
Nombre de voie	2	2	2	2	2
Q0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Type de luminaire					
Caisson	SGS101	SGS102	SGS102	SGS102	SGP340FG
Optique	MR	MR	MR	MR	TP P1
Type de lampe	HPL 150W	HPL 250W	SHP 150W	SHP 250W	SHP400W
Hauteur	9m	9m	9m	9m	9m
Espacement	35m	35m	35m	35m	35m
Avancée	0.5m	0.5m	0.5m	0.5m	0.5m
Inclinaison	15°	15°	15°	15°	15°

Tableau 6:Caractéristiques des chaussées doubles

Chaussée	Double	Double	Double	Double	Double
Largeur de la route	14	14	14	14	14
Nombre de voie	2	2	2	2	2
Q0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Type de luminaire					
Caisson	SGS101	SGS102	SGS102	SGS102	SGP340FG
Optique	MR	MR	MR	MR	TP P1
Type de lampe	HPL 150W	HPL 250W	SHP 150W	SHP 250W	SHP400W
Hauteur	10m	10m	10m	10m	10m
Espacement	35m	35m	35m	35m	35m
Avancée	0.5m	0.5m	0.5m	0.5m	0.5m
Inclinaison	15°	15°	15°	15°	15°

PARTIES IV : PRESENTATIONS DES RESULTATS ET DISCUSSION

I- PRESENTATION DES REULTATS

Dans cette partie du document, nous présenterons tous nos résultats. L'interprétation de ces résultats nous permettra de tirer une conclusion quant à la qualité de l'éclairage de la ville de Ouagadougou.

1.1 Résultats de l'état des lieux de l'éclairage public de Ouagadougou

1.1.1 Résultats de la situation de l'éclairage Public de la ville de Ouagadougou

L'état des lieux nous a permis de connaître la situation des foyers de l'éclairage public de la ville de Ouagadougou. Les détails des résultats sont joints en **ANNEXE I**

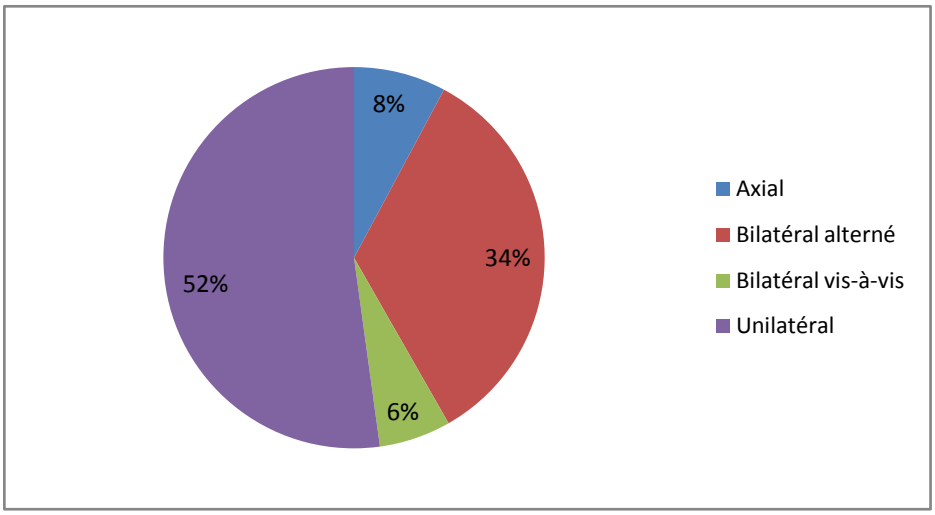


Figure 8:Répartition en % du type d'éclairages

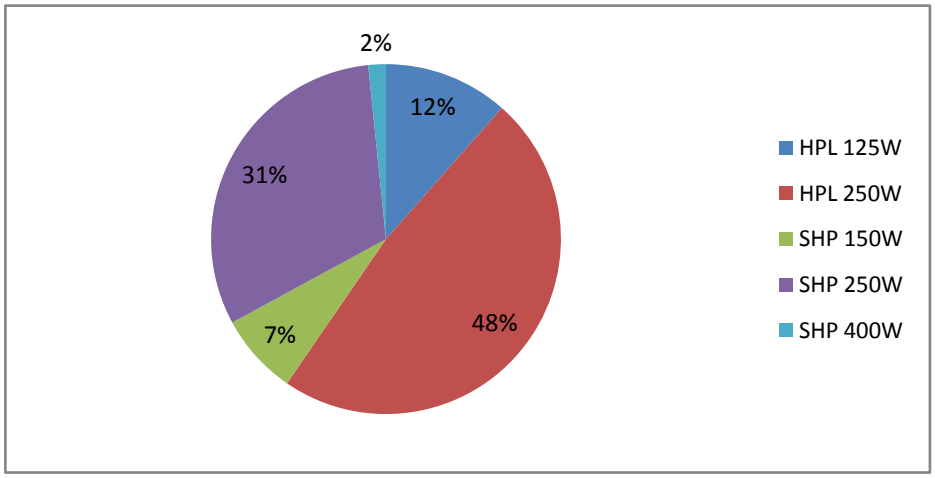


Figure 9:Répartition en % du type de lampes

1.1.2 Résultat du diagnostic de l'éclairement

Il est à noter que certaines rues sont éclairées à la fois avec les lampes SHP et HPL.

Sur les graphiques qui suivront, les mesures des rues éclairées avec les HPL sont encerclées, les autres valeurs étant les SHP.

Les recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques de l'Association Française de l'Eclairage Public stipulent que la norme à respecter pour un éclairage de qualité est que l'éclairement soit compris entre 20 et 30 lux.

Ainsi sur les graphiques les observations nous permettrons de conclure que :

- ✓ Les rues dont les valeurs d'éclairement sont comprises entre 20 et 30 lux sont bien éclairées
- ✓ Les rues dont les valeurs d'éclairement sont inférieures à 20 lux sont sous éclairées
- ✓ Les rues dont les valeurs d'éclairement sont supérieures à 30 lux sont sur éclairées.

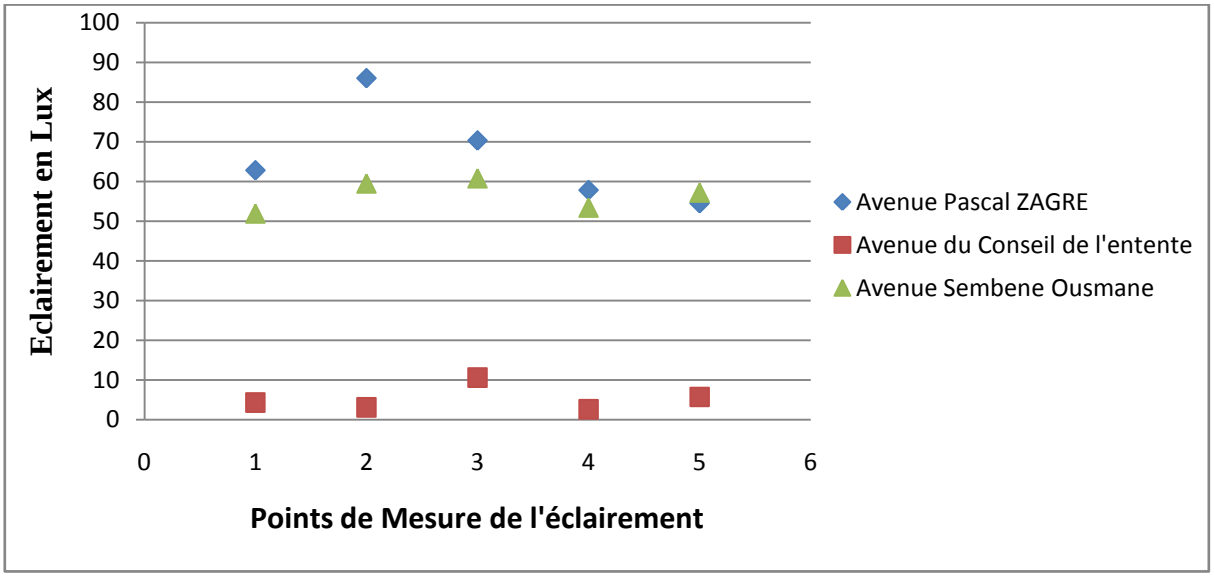


Figure 10:Eclairage bilatéral vis à vis

L'avenue du conseil de l'entente est éclairée par les SHP 250W mais est sous éclairée.

Cette avenue est mal éclairée car les candélabres sont implantées à une distance très importante de la voie, ce qui fait que la lumière ne tombe pas convenablement sur cette dernière. Il serait souhaitable d'envisager l'éclairage axial sur cette avenue, ce qui améliorait la qualité de son éclairage.

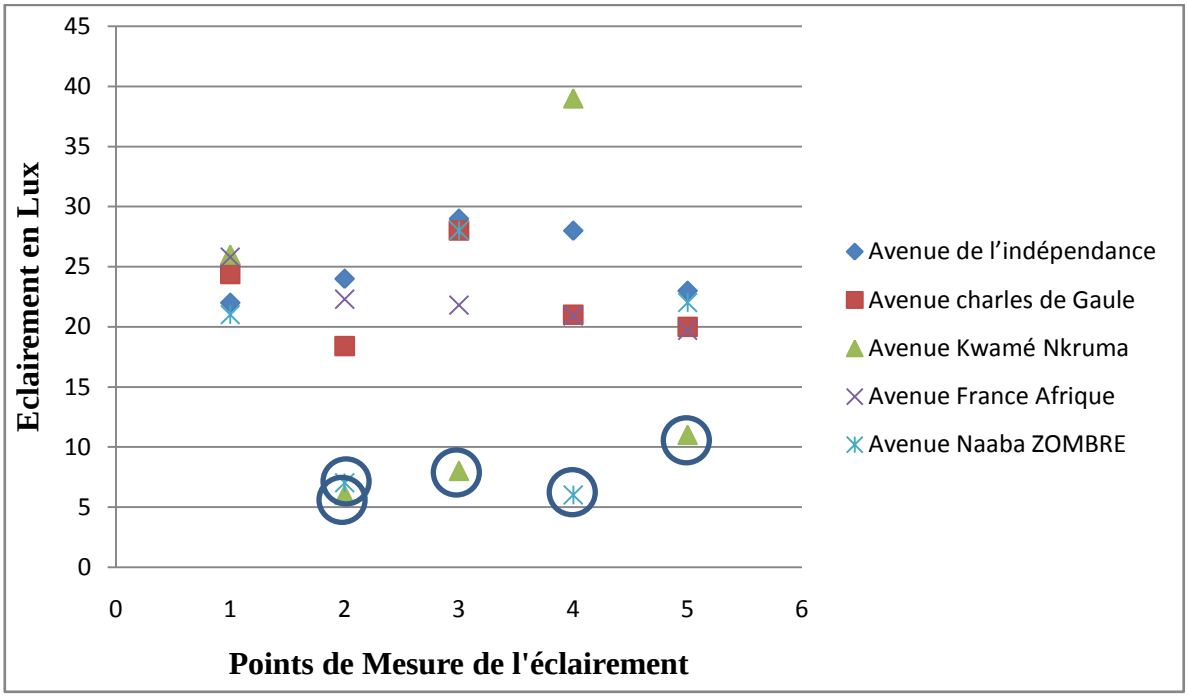


Figure 11:Eclairage axial

Nous constatons que les avenues France Afrique et Naaba ZOMBRE sont mal éclairées.

En effet les deux rues sont éclairées à la fois au SHP 250W et HPL 250W.

Or comme nous le voyons sur la figure, les HPL ont un éclairement très faible (valeur nettement en dessous de 10lux).Ce qui explique la mauvaise qualité de l'éclairage de ces deux avenues.

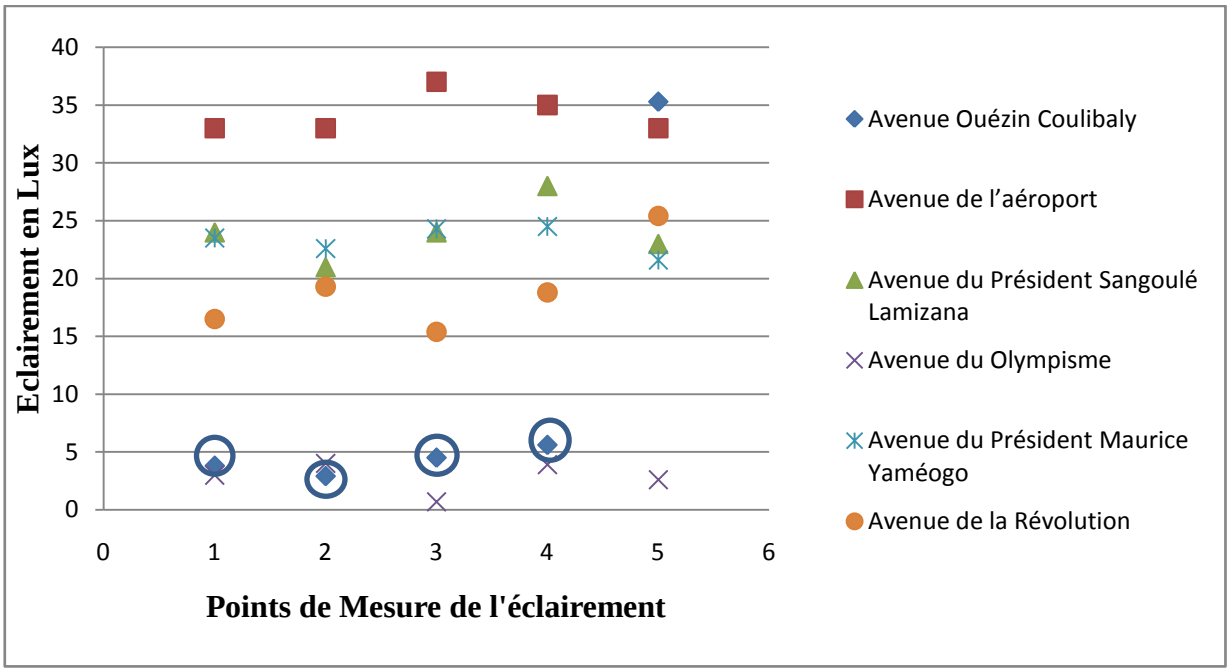


Figure 12:Eclairement unilatéral

L'Avenue Ouézin Coulibaly est éclairée avec les Lampes HPL 250W. Pour un bon éclairement il est souhaitable que l'on les remplace par les lampes SHP250W.

L'avenue du olympisme est éclairée par les SHP250W mais très mal éclairée car les candélabres sont non seulement loin des voies mais aussi cachés par des arbres plantés en bordure de ces voies.

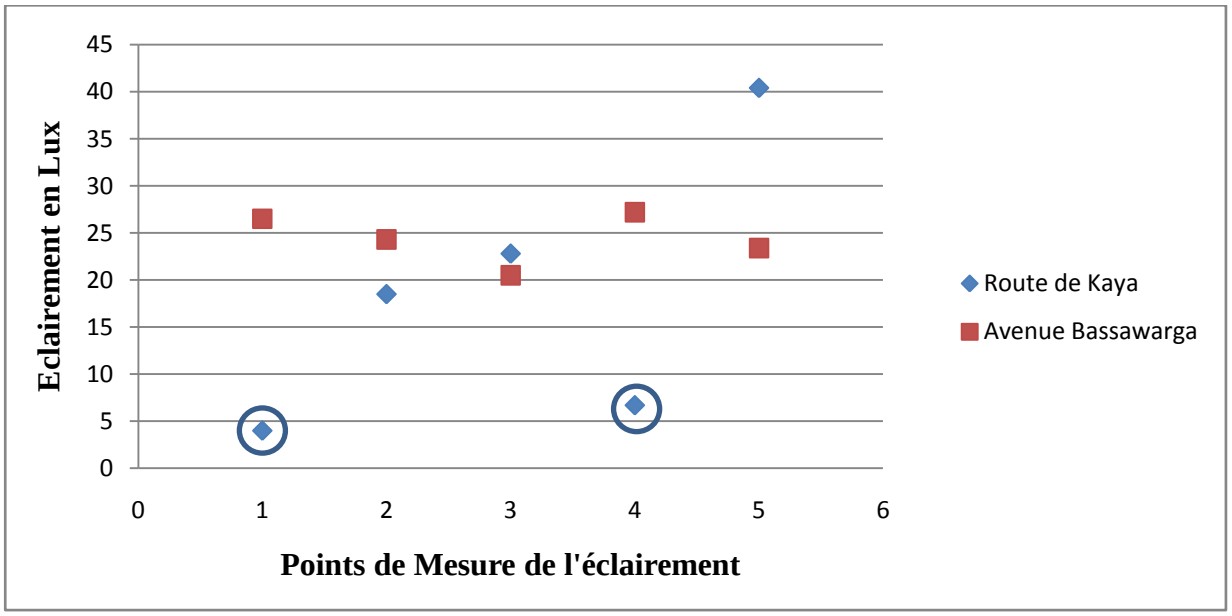


Figure 13:Eclairage bilatéral alterné

La figure 13 montre également que les lampes HPL éclairement très mal.

1.2 Résultats du dimensionnement de l'éclairage

Nous présentons ici les résultats du dimensionnement de l'éclairage public par la méthode par l'ordinateur à l'aide du logiciel Calculux, la quelle des méthodes est la plus utilisée pour la ville de Ouagadougou. Ces résultats nous permettront de juger de la pertinence de l'installation actuelle de l'éclairage public et faire des propositions ci- possibles.

Ainsi les résultats des calculs sont présentés sous forme de tableau. Par ailleurs les valeurs indiquées en rouge dans ces tableaux sont celles qui ne respectent pas la norme des résultats attendus (cf. Tableau 4 ci- haut)

Tableau 7:Résultat du dimensionnement de l'éclairage unilatéral

Type de lampe	HPL 150W	HPL 250W	SHP 150W	SHP 250W	SHP400W
Hauteur	10m	10m	10m	10m	10m
Espacement	35m	35m	35m	35m	35m
L_{moy} (cd /m^2)	0.36	0.82	1.48	0.3	7.34
U (L_{min}/L_{max})	0.23	0.29	0.22	0.3	0.43
Ul	0.36	0.43	0.42	0.58	0.65
TI (%)	3.1	6.2	5.9	6.5	5.3
G	7.5	5.5	5.4	4.7	-
Eh_{moy} (lux)	4	8.8	16	35.4	76.4

Tableau 8:Résultat du dimensionnement de l'éclairage bilatéral vis-à-vis

Type de lampe	HPL 150W	HPL 250W	SHP 150W	SHP 250W	SHP400W
Hauteur	10m	10m	10m	10m	10m
Espacement	35m	35m	35m	35m	35m
L_{moy} (cd /m^2)	0.82	1.83	3.08	6.02	13.33
U (L_{min}/L_{max})	0.27	0.29	0.33	0.33	0.43
Ul	0.33	0.37	0.35	0.35	0.5
TI (%)	3.5	7.7	6.7	7	5.5
G	7.2	5.2	5	4.4	-
Eh_{moy} (lux)	9	19.6	33.1	64.6	138.5

Tableau 9:Résultat du dimensionnement de l'éclairage bilatéral alterné

Type de lampe	HPL 150W	HPL 250W	SHP 150W	SHP 250W	SHP400W
Hauteur	10m	10m	10m	10m	10m
Espacement	35m	35m	35m	35m	35m
L_{moy} (cd /m^2)	0.41	0.92	1.54	3.01	6.66
U (L_{min}/L_{max})	0.21	0.24	0.19	0.20	0.31
Ul	0.27	0.32	0.23	0.25	0.38
TI (%)	3.5	7.4	6.7	7.5	7.3
G	7.3	5.3	5.2	4.5	-
Eh_{moy} (lux)	4.5	9.8	16.5	32.3	69.3

Tableau 10:Résultat du dimensionnement de l'éclairage axial

Type de lampe	HPL 150W	HPL 250W	SHP 150W	SHP 250W	SHP400W
Hauteur	10m	10m	10m	10m	10m
Espacement	35m	35m	35m	35m	35m
L_{moy} (cd /m^2)	0. 34	0.72	1.11	1.87	4.28
U (L_{min}/L_{max})	0.32	0.28	0.11	0.09	0.13
Ul	0.42	0.44	0.59	0.44	0.54
TI (%)	3.1	7	7.2	8.4	7.5
G	7.5	5.5	5.2	4.6	-
Eh_{moy} (lux)	3.8	7.9	12.1	20.4	45.6

Tableau 11:Synthèse des Résultats du dimensionnement des différents types d'éclairage

Chaussée	Simple	Simple	Simple	Double
Largeur de la route	7	7	7	12
Nombre de voie	2	2	2	2
Type de luminaire	Philip	Philip	Philip	Philip
Caisson	SGS102	SGS102	SGS102	SGP340FG
Optique	MR	MR	MR	TP P1
Type de lampe	SHP 250 W	SHP 150 W	SHP 250W	SHP 250W
Type d'éclairage	Unilatérale	Bilatérale vis à vis	Bilatérale alternée	Axiale
Hauteur	10m	10m	10m	10m
Espacement	40m	40m	45m	40
L_{moy} (cd /m^2)	2.2	2	2.49	2.23
U (L_{min}/L_{max})	0.22	0.27	0.14	0.06
Ul	0.34	0.32	0.17	0.44
TI (%)	8.2	7.2	7.6	9.1
G	4.5	5.2	4.6	-
Eh_{moy} (lux)	23.3	21.4	26.2	23.4

II- DISCUSSION

Cette partie a pour but d'analyser et interpréter les résultats afin de faire trois propositions fondamentales

- Proposition d'amélioration de la qualité de l'éclairage public
- Proposition d'amélioration de la consommation énergétique de l'éclairage public
- Proposition de la réduction de l'émission des gaz à effet de serre.

2-1 Problématique de l'éclairage public de la ville de Ouagadougou

2.1.1 Qualité actuel de l'éclairage public de la ville de Ouagadougou

2.1.1.1 Analyse des résultats des mesures d'éclairement

Les résultats des mesures d'éclairement montrent que les lampes à vapeur de mercure ont un très faible éclairement par rapport aux lampes à vapeur de sodium. Les rues du quartier luxueux de Ouagadougou (OUAGA 2000) sont suffisamment éclairées (voir la figure1).Certaines voies alimentées par les lampes SHP ne sont pas bien éclairées à cause du choix du type d'éclairage (l'avenue du conseil de l'entente est très mal éclairée car le type d'éclairage axial aux lampes SHP 250W serait le mieux adapté).

Aussi des candélabres sont souvent implantés très loin des bordures de la voie et cachés par des arbres plantés le long de celles-ci (c'est le cas de l'avenue Olympisme à Goughin). Les sorties de terrain pour les mesures d'éclairement nous ont permis de faire le tour de la ville de Ouaga observant l'état de l'éclairage de façon visuelle. Cela nous a permis de constater que toutes les lampes sont allumées à l'exception de quelques unes qu'on peut estimer à +/-15% du nombre total de foyers lumineux.

En somme les rues de Ouagadougou sont très mal éclairées à l'exception des rues de Ouaga 2000 et certaines rues importantes comme l'avenue Charles de Gaule et l'avenue de l'aéroport éclairées au sodium à vapeur.

2.1.1.2 Le taux d'efficacité

C'est le rapport de l'énergie réellement consommée par une installation d'Eclairage Public sur l'énergie théorique calculée sur la base de la puissance des lampes installées. Il s'exprime en pourcentage.

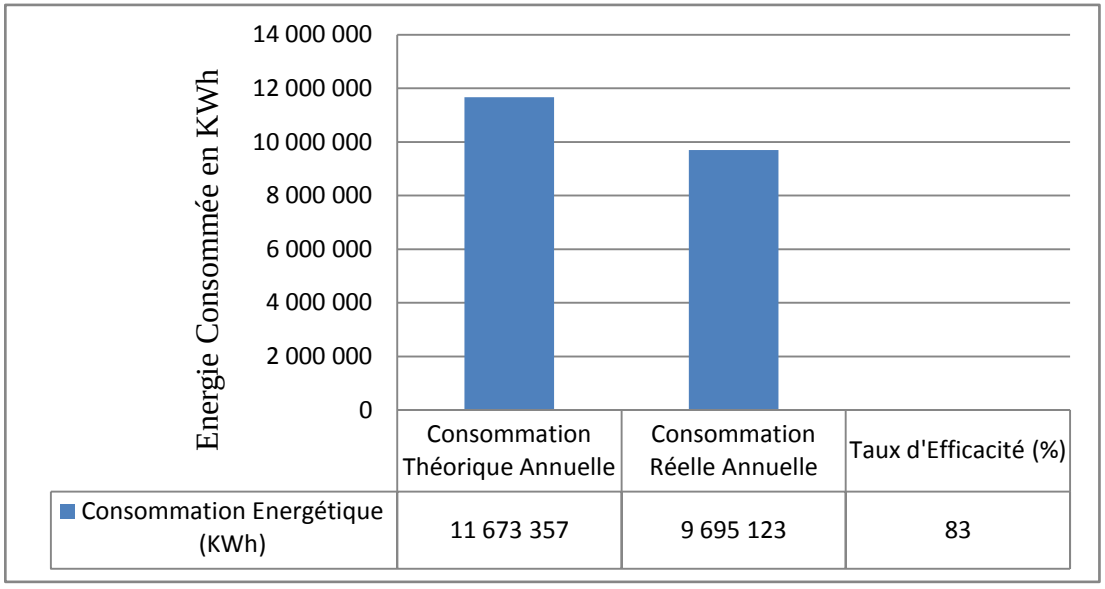


Figure 14:Calcul du taux d'efficacité de l'éclairage public de la ville de Ouagadougou

Le taux d'efficacité globale de l'éclairage public de la ville de Ouagadougou est d'environ 83% Ce taux d'efficacité montre que l'éclairage public de la ville de Ouagadougou est plus ou moins suivi car il n'ya que moins de 17% de lampes avariées.

En réalité le taux d'efficacité devrait être encore plus important (>83%) si un programme de remplacement des lampes vétustes (durée de vie dépassée) avait été mis en place.

En effet, le rendement d'une lampe vétuste diminue et donc consomme beaucoup plus d'énergie (plus de 50% de sa puissance nominale).

Cette dépréciation engendre une baisse de leur rendement d'où une surconsommation gonflant la facture énergétique plus que prévu.

2.1.2 Analyse de la consommation énergétique de la ville de Ouagadougou

Tableau 12:Situation de la consommation énergétique de la ville de Ouagadougou (2009)

Désignation	kWh	FCFA
Consommation Energétique Globale	451 043 727	46 457 503 881
Consommation Energétique d'Eclairage Public	9 695 123	1 427 876 557
Consommation Energétique Hors Eclairage Public	441 348 604	45 029 627 324
Prise en Charge des Frais EP (C(KWh)*3FCFA) (E)	-	1 324 045 813
Frais EP supportés par la Municipalité (B-E)	-	**103 830 744**

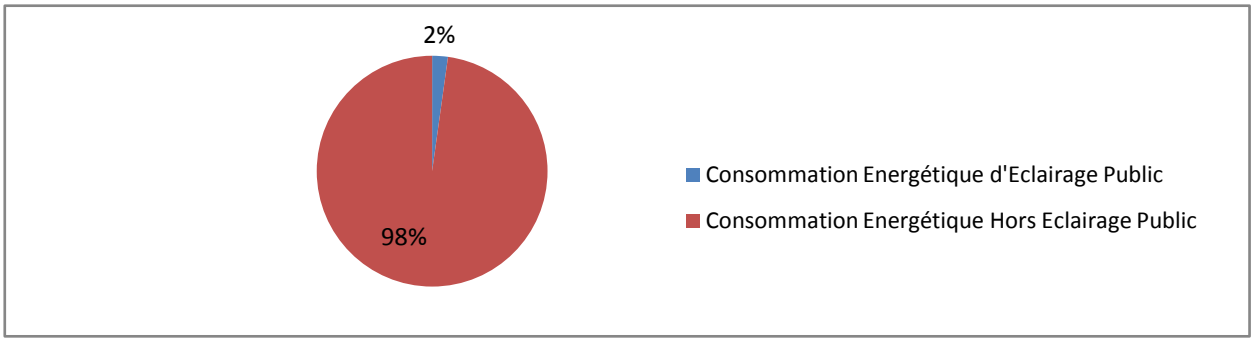


Figure 15:Répartition en % de la consommation énergétique

2.1.2.1 Impact de l'éclairage public sur la facture énergétique globale

Il faut noter que la facture de la consommation énergétique de l'éclairage public représente 2% de la facture énergétique globale de la ville de Ouagadougou.

D'après le rapport d'activité 2009 de la SONABEL, la consommation énergétique globale de la ville de Ouagadougou est de **451 043 727 KWh** soit un montant globale de **46 457 503 881 FCFA**

La consommation énergétique due à l'éclairage public de la ville de Ouagadougou est **9.695.122,8kWh** soit un coût annuel au point lumineux de **1 427 876 557 FCFA** hors montant dédié aux frais de maintenances et liés aux investissements des points lumineux de l'éclairage public.

En considérant le coût du kWh prise en charge de la facture d'éclairage public de 3FCFA/kWh des abonnées, le montant pris en charge est de **1 324 045 813 FCFA**.

Il y a donc un manque à gagner de **103 830 745 FCFA** que la mairie doit trouver pour combler le déficit du règlement de la facture énergétique liée à l'Eclairage Public. Cela n'est pas négligeable, surtout dans un contexte où l'éclairage public est à but social.

Où trouver les **103 830 745 FCFA** pour combler les frais énergétiques de l'éclairage Public sans prendre en compte les entretiens du réseau EP et les nouvelles extensions ?

Une économie d'énergie ne pourrait elle pas résoudre ce besoin ?

La problématique est que les rues de la ville de Ouagadougou sont très mal éclairées mais aussi l'éclairage public fait des frais énergétiques énormes à la Municipalité de Ouagadougou.

Ainsi pour apporter la solution à cette problématique nous allons faire des propositions à cet effet.

2.2 Propositions d'amélioration et de réduction de consommation énergétique et de l'émission des gaz à effet de serre.

2.2.1 Proposition d'amélioration de la qualité de l'éclairage de la ville de Ouagadougou

La qualité de l'éclairage exige le respect de la norme AFE (éclairement compris entre 20 et 30lux).

Ainsi pour une meilleure qualité de l'éclairage public de la ville de Ouagadougou nous proposons :

- La suppression et le remplacement des lampes à vapeur de mercure par les lampes à vapeurs de sodium.
- La suppression des lampes dont l'éclairement dépasse 30 lux.
  C'est le cas des rues du quartier Ouaga 2000.
- Le remplacement de l'éclairage bilatéral vis-à-vis de l'avenue du conseil de l'entente en éclairage axial
- La reprise de l'éclairage unilatéral de l'Avenue olympisme en positionnant les candélabres juste avant les arbres plantés en bordure de ladite Avenue.
- Le remplacement systématique des lampes dépréciées car consomme plus de 50% de leur puissance nominale. (joindre une courbe de dépréciation)

Il faut noter que de toutes ces propositions, le remplacement des lampes à vapeurs de mercure par les lampes à vapeur de sodium fera l'objet d'une étude de cas

2.2.2 Proposition du type d'installation de l'éclairage le mieux adapté

Tableau 13:Proposition du type d'installation économique de l'éclairage public

Type de Chaussée	Simple	Simple	Simple	Double
Largeur de la route	7	10	10	15
Nombre de voie	2	2	2	2
Type d'éclairage	Unilatérale	Bilatérale vis à vis	Bilatérale alternée	Axiale
Type de lampe	SHP 250 W	SHP 150 W	SHP 250W	SHP 250 W
Hauteur	10-11 m	10-11 m	10-11m	10-11m
Espacement	40m	40m	45m	40m
Eclairement	23.3 lux	21.4 lux	26.2 lux	23.4 lux

Au terme de cette simulation, nous proposons que les nouvelles extensions d'éclairage public soient faites selon le type d'installation indiqué dans le tableau 13 ci-dessus. Car cela garantira non seulement la qualité d'éclairage mais aussi engendrera de l'économie d'énergie.

Cependant nous souhaitons la révision des installations actuelles en remplaçant les lampes existantes par les lampes les mieux adaptées.

Ainsi pour toutes les rues comme Pascal ZAGRE et Sembene Ousmane (éclairage vis-à-vis alimenté au SHP 250W) sur-éclairées nous souhaitons un remplacement de ces lampes par les lampes SHP 150W. Cela fera également une économie d'énergie mais aussi une réduction de l'émission des gaz à effet de serre.

- **Application 1 : Impacts de la rénovation des installations de l'éclairage public**

L'état des lieux de l'éclairage public de la ville de Ouagadougou nous a permis de constater que les avenues Charles de Gaule et de l'indépendance sont suffisamment éclairées. Ces rues sont éclairées aux SHP 400W alors que les résultats de la simulation du dimensionnement de l'éclairage public montrent que ces rues peuvent être mieux éclairées en utilisant les SHP250W et en réduisant les hauteurs de candélabre à 11m.

En effet nos quêtes d'informations nous ont permis de savoir que la hauteur des candélabres de l'éclairage de ces rues est haute (15m) à cause des véhicules de grands gabarits qui y passaient. Alors que maintenant ces deux rues sont interdites au passage de ces types de véhicules. Ce qui signifie qu'on peut diminuer la hauteur des candélabres et utiliser les SHP 250W. En faisant ainsi, on maintiendra la même qualité de l'éclairage sur ces deux avenues en économisant de l'énergie.
Le tableau ci-dessous illustre l'impact de ce changement d'installation du type d'éclairage.

Tableau 14:Impact du changement du type d'éclairage

Désignation	Points Lumineux	Puissance économisée (kW)	Energie Economisée		CO2 Economisée (Kg)
			kWh	FCFA	
Avenue Charles de Gaulle	154	23	101 178	12 343 716	80 942
Avenue de l'indépendance	34	5	22 338	2 725 236	17 870
TOTAL	**188**	**28**	**123 516**	**15 068 952**	**98 813**

- **Application 2 : Impacts économiques des installations de l'éclairage proposées**

Les installations de l'éclairage public de la ville de Ouagadougou obéissent à une règle standard. En effet, quelles que soient les rues, les espacements des candélabres sont tous environ 35m.
Les résultats de la simulation faite à l'aide du logiciel Calculux a montré que la continuation de l'adoption de cette règle standard n'est pas énergétiquement économique pour l'éclairage public. Ainsi tenant compte de la proposition que nous avons faites (cf. tableau 13 ci-haut) le tableau ci-dessus montre l'importance de la mise en œuvre de notre proposition en matière d'économie d'énergie et de réduction de l'émission des gaz à effet de serre.
Comme hypothèse, notre analyse porte sur un kilomètre linéaire (kml) de voie devant être éclairé.

Tableau 15:Impacts économiques des installations de l'éclairage proposées

Type d'éclairage	Unilatéral	Bilatéral vis à vis	Bilatéral alterné	Axial
Type de lampes	SHP 250 W	SHP 150 W	SHP 250W	SHP 250 W
Espacement proposé	40m	40m	45m	40m
Point lumineux actuel au kml	29	57	57	57
Point lumineux expérimental au kml	25	50	44	50
Point lumineux économisé	4	7	13	7
Energie économisée/an (kWh)	3 911	4 693	13 905	7 821
Energie économisée/an (FCFA)	477 107	572 529	1 696 381	954 214
CO2 économisée/an (tonnes)	3	4	11	6

2.2.3 Proposition d'amélioration et de réduction de la consommation énergétique

Il s'agit ici de faire des propositions en vue d'économiser de l'énergie.

Cette économie d'énergie sous entend la réduction de l'émission des gaz à effet de serre.

- Evaluation des économies des gaz à effet de serre (CO_2)

  Nous considérons un ratio de 0,8 Kg de CO_2/kWh d'énergie produite (Source: service environnement de la SONABEL sise au 2ème étage CBC à Goughin)

- Evaluation des économies d'énergie

  La proposition d'amélioration et de réduction de la consommation énergétique se fera en jouant sur les heures de fonctionnement de l'éclairage public.

Deux plages de fonctionnement sont observées.

- 18h-24h
- 24h-6h

Le constat est que de 18h à 24h l'influence de la circulation est dense tandis qu'à partir de 24h jusqu'au matin (6h), elle est moindre.

Pendant cette période (24h-6h), il faut néanmoins assurer le minimum d'éclairage pour des raisons de sécurité de quelques personnes qui fréquentent la route en ce moment là.

En d'autres termes, il s'agira pour nous de proposer des systèmes d'économie d'énergie pouvant diminuer la puissance à ces heures de faible fréquentation

A ce titre nous mettrons des économiseurs d'énergie pour déconnecter certains points lumineux ou réduire la puissance des lampes car l'état de l'art a déjà montré que la déconnexion ou la réduction de l'intensité d'éclairage permet des économies d'énergie considérables.

A cet effet, dans notre proposition d'économie d'énergie, nous optons pour des Interrupteurs Horaires (IH) et les Révalux, deux économiseurs d'énergie les plus efficaces et utilisés en éclairage public.

Ces deux économiseurs feront l'objet des études de cas.

- **Etude de cas 1 : Utilisation des Interrupteurs Horaire sur tout le réseau EP**

  Le détail de cette étude de cas est joint en **ANNEXE IV**

  De cette étude de cas il ressort que l'utilisation des interrupteurs horaires engendrerait :

- Une économie d'énergie de **1 945 560 kWh/an**, soit **17%** d'énergie économisée, équivalent à un gain financier annuel de **237 358 259 FCFA,**
- **1 556 448 Kg** de CO_2 évités soit environ **1 557** tonnes de CO_2

- **Etude de cas 2 : Utilisation des Révalux sur tout le réseau EP**

  Les détails de cette étude de cas est joint en **ANNEXE V**

  L'utilisation des Révalux permettrait :

- Une économie d'énergie de **1 015 075 kWh/an**, soit **9%** d'énergie économisée, équivalent à un gain financier annuel de **123 839 092 FCFA**
- **812 060 Kg** de CO_2 évité soit environ 812 tonnes de CO_2

- **Analyse et discussion de ces deux études de cas**

Tableau 16:Synthèses des résultats des deux études de cas

Economiseur d'énergie	Energie Economisée (kWh)	Gain financier (FCFA)	CO_2 (Kg) économisée	% d'énergie économisée
Extincteur (IH)	1 945 560	237 358 259	1 556 448	17%
Révalux	1 015 075	123 839 092	812 060	9%

Le tableau de synthèse montre que certes on fait des économies d'énergies avec les deux types d'économiseurs d'énergies mais avec les systèmes à extinction (Interrupteurs Horaires) on économise deux fois plus que les Révalux.

Par ailleurs les interrupteurs horaires ont une facilité d'adaptation au système lumineux mais aussi leur utilisation engendre un coût d'investissement et d'exploitation moins couteux que le Révalux.

En d'autres termes les interrupteurs horaires sont plus avantageux que les Révalux

Ainsi donc nous proposons l'utilisation des extincteurs sur l'ensemble du réseau d'éclairage public de la ville de Ouagadougou car très économique à l'investissement et aussi très pratique.

L'analyse de la consommation énergétique a montré qu'un manque à gagner annuel de **103 830 745 FCFA** est à combler alors que la mise en place du système Extincteur permet d'économiser **237 358 259 FCFA.** Cela signifie qu'on pourra prendre en charge les frais énergétiques d'éclairage public et même économiser **1 094 488 KWh d'énergie** équivalent à un gain financier annuel de **133 527 514 FCFA** pouvant servir à de nouvelles extensions du réseau EP mais aussi à d'autres besoins énergétiques surtout dans un contexte où l'énergie est très rare et ne suffit plus.

Le projet n'est pas éligible au MDP car n'obéit pas aux exigences de Kyoto (Norme MDP)

La proposition du type d'installation et l'analyse des résultats du diagnostic ont montré qu'on peut économiser de l'énergie autrement. Ainsi pour les rues de Ouaga 2000 sur-éclairées, nous proposons le remplacement des lampes SHP250W par les SHP150W. A cet effet nous faisons une étude de cas en vue de juger la pertinence de ce changement de type de lampes sur ces avenues.

- **Etude de cas 3 : Remplacement des SHP 250W des Avenues de OUAGA 2000 par les SHP150W**

Tableau 17:Situation actuelles des foyers des Rues de Ouaga 2000 Sur-éclairées

Désignation	Nombre de lampes SHP 150W	Nombre de lampes SHP 250W
Avenue Pascal ZAGRE	0	158
Avenue Ousmane Sembene	80	40
Avenue Moammar Khadafi	0	96
Avenue Commett	0	36
Voix Express	0	82
Total	**80**	**412**

Tableau 18:Coût d'investissement

Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
Dépose des luminaires SHP250 et fourniture et pose des luminaires SHP150 y compris toutes sujétions de mise en œuvre	u	412	122 052	50 285 579
Fourniture et pose des lampes SHP150 y compris toutes sujétions de mise en œuvre	u	412	5 575	2 296 982
Montant Total HT				**52 582 561**

Tableau 19:Impacts du substitut des lampes SHP 250W par les SHP 150W

Désignation	Points Lumineux	Puissance économisée (kW)	Energie Economisée /an		CO2 Economisée
			kWh	FCFA	Kg
Avenue Pascal ZAGRE	158	15,8	69 204	8 442 888	55 363
Avenue Ousmane Sembene	40	4	17 520	2 137 440	14 016
Avenue Moammar Khadafi	96	9,6	42 048	5 129 856	33 638
Avenue Commett	36	3,6	15 768	1 923 696	12 614
Voix Express	82	8,2	35 916	4 381 752	28 733
TOTAL	**412**	**41,2**	**180 456**	**22 015 632**	**144 365**

Tableau 20:Calcul du temps de retour de l'investissement

Investissement (A)	52 582 561
Gain financier annuel (B)	22 015 632
Temps de Retour de l'Investissement (TRI) =A/B	2,39

Le tableau 20 ci-dessus montre que le Temps de Retour de l'Investissement (TRI) =2,39≅3ans << Durée de vie de l'installation ≅30ans).

Donc le remplacement des lampes SHP 250W par les SHP 150W est très bénéfique pour la municipalité de Ouagadougou car à partir de la troisième année de l'investissement jusqu'à la 30ème année d'exploitation, on fera de l'économie d'énergie après la mise en œuvre du projet.

On évitera également un rejet de 144,365 tonnes de CO_2 /an pouvant polluer l'environnement.

- **Que faire des 412 luminaires SHP 250W remplacés par les luminaires SHP 150W ?**

La réponse à cette question est immédiate.

En effet, le diagnostic a montré que des rues importantes comme Kwamé Nkruma étaient très mal éclairées car alimentées à la fois par les SHP 250W et HPL250W qui éclairent très mal.

D'ailleurs dans nos propositions d'amélioration de la qualité d'éclairage nous avons proposé le remplacement systématique des lampes HPL par les lampes SHP.

Ainsi nous proposons ici le renouvellement de l'éclairage de l'avenue Kwamé Nkruma par les SHP 250W remplacés sur les avenues de Ouaga 2000.

Il faut savoir que l'avenue Kwamé Nkruma compte 41 lampes dont 36 HPL 250W et 5 SHP 250W

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Au terme de notre étude, il ressort de l'analyse des résultats du diagnostic de l'éclairement que les rues de la ville de Ouagadougou sont mal éclairées à l'exception de quelques rues principales (l'avenue Charles de Gaules, l'avenue de l'aéroport, l'avenue de l'indépendance) et les Rues du « quartier luxueux OUAGA 2000 » qui sont sur-éclairées.

Aussi l'analyse de la consommation énergétique de la ville de Ouagadougou montre que l'éclairage public fait des frais énergétiques énormes à la municipalité de Ouagadougou (Par exemple au titre de l'année 2009, il avait un manque à gagner d'environ **104 Millions de Francs CFA** pour supporter les frais énergétiques de l'éclairage public).

Ces deux états des faits justifient clairement la problématique et la nécessité du sujet

Notre étude de cas menée sur les Révalux et Interrupteurs Horaires, deux économiseurs d'énergie déjà en expérimentation sur certaines rues de la ville de Ouagadougou, montre que l'utilisation des Interrupteurs Horaires économise deux fois plus l'énergie que les Révalux. Ainsi l'installation des interrupteurs horaires sur l'ensemble du réseau éclairage public ferait **17%** d'économie d'énergie à la municipalité de Ouagadougou. Soit une économie d'énergie électrique de **9 727 798 kWh/an**, équivalent à un gain financier annuel de **237 358 259 FCFA** au tarif de **122FCFA/kWh**. Cette économie d'énergie entrainerait également **1 556 448 Kg de CO_2** évités, donc la préservation de l'environnement (**Cf. étude de Cas 1 et 2**).

Par ailleurs, une autre étude de cas conformément à la proposition du type d'installation d'éclairage public le mieux adapté pour la ville de Ouagadougou a montré que le renouvellement des installations ferait beaucoup d'économie. C'est le cas des rues de OUAGA 2000, suffisamment éclairé (**cf. étude de cas 3**).

Ainsi pour l'amélioration de la qualité de l'éclairage public et la réduction de la consommation énergétique et des gaz à effet de serre nous recommandons formellement aux autorités et décideurs de la municipalité de Ouagadougou et de la Société Nationale d'Electricité du Burkina :

- ✓ La suppression et le remplacement systématique des lampes à vapeur de mercure haute pression par les lampes à vapeur de sodium.
- ✓ L'entretien périodique du réseau EP
- ✓ Le remplacement systématique des lampes avariées
- ✓ Le remplacement systématique des lampes ayant plus de 120% de durée de vie
- ✓ La suppression et le remplacement des lampes dont l'éclairement dépasse 30lux
- ✓ L'utilisation des systèmes à extinction (Interrupteurs Horaires) sur l'ensemble du réseau EP

Comme perspectives nous estimons qu'une étude complémentaire sur l'utilisation des interrupteurs horaires est nécessaire. Cette étude pourra porter sur le coût d'investissement et le temps de retour sur investissement de l'emploi de cet économiseur d'énergie en vue de juger sa rentabilité et donc la pertinence de notre étude.

Aussi une expérimentation des lampes à LED s'avère nécessaire car constitue un avenir prometteur pour l'éclairage public.

En effet, nous joignant à l'AFE, compte tenu des progrès technologiques rapides constatés sur les LED, il est intéressant d'envisager de les tester dès à présent sur des espaces adaptés pour observer, sur ces nouveaux produits, leur fiabilité, leur potentiel énergétique, leurs exigences de maintenance électromécaniques et photométriques. Cela ne peut se faire qu'en totale collaboration avec des constructeurs éclairagistes responsables, seuls capables d'assurer les garanties de performances que le maître d'ouvrage est en droit d'attendre de ces expérimentations. C'est d'ailleurs ce que la SONABEL devrait envisager.

BIBLIOGRAPHIE

[1] http:// www.afe-eclairage .com.fr

[2] http:// www.schneider-eclairage –electric.com

[3] http: // www.energieeffizienz.ch/files/SB Flyer2007 f.pdf

[4] http: // www.eclairage-public-a-led.com

[5] http://www.energie-cities.eu/db/svitstov 576 fr.pdf

[6] http://www.econologie.com/ampoules-a-economie-d-energie-articles-552.html

[7] http://www.abeleclairage.fr

[8] Circuit d'éclairage, Choix et dimensionnement, Guide 07, www.schneider-electric.com

[9] Cours d'audit Energétique du Professeur Yézouma COULIBALY, Institut International d'Ingénierie de l'eau et de l'environnement, UTER Génie Energétique et Industriel, 2008.

[10] Cours du professeur G .Bordonné - J.LIEB TOME 2, Version Janvier 1997, Eclairage Public

[11] Cours EFI&M2, Electrification Rurale, Tome7 : Eclairage public, de Michel Diebolt et Jean-Jacques Graff, mise à jour du 29/12/2006

[12] Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques, rédigées par l'Association Française de l'Eclairage, 6^{e} édition-Février 1988

[13] Rapport de mémoire de fin d'études, l'optimisation de l'éclairage public de Bouaké, présenté par MM.LIEHOUN Franck, OUEDRAOGO Abdou-Karim, ZAGRE Francis

[14] Support technique de formation Eclairage public, de la Sous Direction de l'Eclairage Public de la Compagnie Ivoirienne d'Electricité (CIE/Côte d'Ivoire)

[15] Manuel du participant à la formation Eclairage Public, du centre de formation et de perfectionnement de la SONABEL, conçu par MM. Pascal KERE et Francis ZAGRE, Mars 2002

ANNEXES

ANNEXE I : Situation de l'éclairage public de la ville de Ouagadougou

TYPES D'ECLAIRGAE		TYPES DE LAMPES					
Désignation	Nbre	HPL 125W	HPL 250W	SHP 150W	SHP 250W	SHP 400W	Puissance (W)
Axial	15	25	598	188	1 841	188	716 329
Bilatéral alterné	64	487	3 231	680	544	-	1 106 635
Bilatéral vis-à-vis	12	-	63	-	619	-	170 515
Unilatéral	99	819	1 664	-	613	-	671 671
TOTAL	**190**	**1 332**	**5 556**	**868**	**3 617**	**188**	**2 665 150**

ANNEXE II : Données du diagnostic des mesures d'éclairement

Nom de la rue	E (lux) 1ère Mes	E (lux) 2e Mes	E (lux) 3e Mes	E (lux) 4e Mes	E (lux) 5e Mes	E (lux) moyen SHP
Eclairage Bilatéral alterné						
Route de Kaya	4	18,5	22,8	6,7	40,4	27,23
Avenue Bassawarga	26,5	24,3	20,5	27,2	23,4	24,38
Eclairage Bilatéral vis à vis						
Avenue Pascal ZAGRE	62,8	86	70,3	57,8	54,5	66,28
Avenue du conseil de l'entente	4,3	3,1	10,6	2,6	5,7	5,26
Avenue Sembene Ousmane	51,9	59,5	60,8	53,4	57,2	56,56
Eclairage Axial						
Avenue de l'indépendance	22	24	29	28	23	25,2
Avenue charles de Gaule	24,4	18,4	28	21	20	22,36
Avenue Kwamé Nkruma	26	6	8	39	11	32,5
Avenue France Afrique	25,8	22,3	21,8	20,9	19,7	22,1
Avenue Naaba ZOMBRE	21	7	28	6	22	23,67
Eclairage Unilatéral						
Avenue Ouézin Coulibaly	3,8	2,9	4,5	5,6	35,3	35,3
Avenue de l'aéroport	33	33	37	35	33	34,2
Avenue du Président Sangoulé Lamizana	24	21	24	28	23	24
Avenue du Olympisme	3	4	0,7	3,9	2,6	2,84
Avenue du Président Maurice Yaméogo	23,5	22,6	24,3	24,5	21,6	23,3
Avenue de la Révolution	16,5	19,3	15,4	18,8	25,4	19,08

NB : Dans les cellules, les valeurs en rouge indiquent les mesures d'éclairement des HPL

ANNEXE III : Eclairage public à énergie solaire

L'image ci-dessus est un lampadaire solaire **Surtec de chez** SURTEC Ingénierie (cf. le site web : www.surtec.fr) de caractéristiques ci- après :

- Panneau photovoltaïque de 100 à 165 Wc suivant l'application,
- Lampe sodium basse pression SOX 26W (3500 Lumens) ou 36W (5500 Lumens),
- Batteries étanches 12V, de 80Ah à 120Ah
- Mat en acier galvanisé de hauteur 3 à 6m

scellé dans un massif béton,

- Coffret (contenant l'électronique de commande ainsi que les batteries) fixé en haut du mât sous le panneau solaire
- Autonomie de 10/12 h par jour

Les lampadaires solaires apportent une solution d'éclairage fiable et entièrement autonome pour les sites non raccordés au réseau électrique.

L'énergie solaire peut remplacer de coûteuses tranchées et la pose de câbles pour éclairer des lieux publics (jardins publics, places, parking ...) ou des voiries (ronds-points, sorties d'école, abris de bus),....

ANNEXE IV : Economie d'énergie par l'utilisation d'interrupteur horaire

Type d'Eclairage	Consommation Energétique sans IH		Consommation Energétique avec IH		Consommation Energétique Economisée			CO_2 évités
	kWh	FCFA	kWh	FCFA	kWh	FCFA	%	Kg/an
Axial	3 137 519	382 777 311	2 614 599	318 981 093	522 920	63 796 219	17%	418 336
Bilatéral alterné	4 847 063	591 341 638	4 039 219	492 784 699	807 844	98 556 940	17%	646 275
Bilatéral vis-à-vis	746 857	91 116 558	622 381	75 930 465	124 476	15 186 093	17%	99 581
Unilatéral	2 941 918	358 914 046	2 451 599	299 095 039	490 320	59 819 008	17%	392 256
TOTAL	**11 673 357**	**1 424 149 554**	**9 727 798**	**1 186 791 295**	**1 945 560**	**237 358 259**	**17%**	**1 556 448**

ANNEXE V : Economie d'énergie par l'utilisation des Révalux

Type de lampe	Consommation Energétique sans Révalux		Consommation Energétique avec Révalux		Consommation Energétique Economisée			CO_2 évités
	kWh	FCFA	kWh	FCFA	kWh	FCFA	%	Kg/an
1332 Points Lumineux HPL 125W	729 270	88 970 940	665 855	81 234 337	63 415	7 736 603	9%	50 732
5 556 Points lumineux HPL 250W	6 083 820	742 226 040	5 554 792	677 684 645	529 028	64 541 395	9%	423 222
868 Points Lumineux SHP 150W	570 276	69 573 672	520 687	63 523 787	49 589	6 049 885	9%	39 671
3 617 Points Lumineux SHP 250W	3 960 615	483 195 030	3 616 214	441 178 071	344 401	42 016 959	9%	275 521
188 Points Lumineux SHP 400W	329 376	40 183 872	300 735	36 689 622	28 641	3 494 250	9%	22 913
TOTAL	**11 673 357**	**1 424 149 554**	**10 658 282**	**1 300 310 462**	**1 015 075**	**123 839 092**	**9%**	**812 060**