

وزارة البحث العلمي والتعليم العالي



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPEREUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم

Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

N° d'ordre : M...../GE/2021



MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

MASTER EN GENIE ELECTRIQUE

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Electrotechnique Industrielle

Par

Nom et Prénom : BELARBI Abdelhak

Nom et Prénom : HADDI Oussama Akram

**Etude et conception d'un système d'éclairage intelligent pour zones
rurales**

Soutenu le 07/ 07 / 2021 devant le jury composé de :

Président :	AZZADINE Mohamed	MAA	Université de Mostaganem
Examineur :	CHAOUCH Abdellah	MCA	Université de Mostaganem
Encadreur :	GHOMRI Leila	MCA	Université de Mostaganem
Co-encadreur :	BELAID Mohamed Samir		

Année Universitaire 2020/2021

REMERCEMENTS

« La louange est à Allah de par la grâce de qui se réalisent les bonnes choses ».

On remercie tout d'abord notre DIEU tout puissant d'avoir nous donné de la force et le courage pour réaliser ce travail qui conclut nos longues années d'études et de persévérance ; malgré tous les obstacles qu'on a rencontrés mais Dieu nous a guidé sur le bon chemin, nous a accordé de la foi pour continuer et ne pas baisser les bras. On est reconnaissantes à toute personnes qui nous ont aidé de près ou de loin.

Commençons par nos chers parents, leurs prières et leurs sacrifices qu'ils n'ont jamais cessés de formuler à notre égard.

Un immense merci au groupe « GISB », pour leurs aides dans notre simulation de ce projet et pour leur disponibilité spécialement messieurs

« BELAID SAMIR » et « ABESS WASSIM ».

On remercie les membres de jury qui vont juger notre mémoire ; on espère qu'il saura le satisfaire.

Nos profonds respects et reconnaissances pour notre promoteur Mme « GHOMRI Leila » qui nous a accordé du temps et son énergie professionnelle ainsi que ses conseils visés et son soutien durant ce projet.

On n'oublie pas de remercier tous nos enseignants du département de " Génie électrique " pour les efforts qu'ils ont fournis durant notre cursus afin de nous amener jusqu'au bout de la formation.

Résumé:

L'éclairage public est l'un des préoccupations majeures des communes. Effectivement, il est le point majeur dans la sécurité routière, la sécurité des biens et des personnes ainsi que l'esthétique générale de la ville et de ses environs.

Dans les dernières années, le gouvernement algérien a misé sur l'économie d'énergie et comme l'éclairage public représente 70 % de la facture énergétique, il faut agir sur les systèmes d'éclairage par l'utilisation des méthodes intelligentes de gestion.

Nous avons fait des sorties sur terrain dans le but de dimensionner le pratique étudié. Après avoir fait des recherches bibliographiques poussées sur l'éclairage public général et l'éclairage public intelligent en particulier, nous avons axé notre travail sur la zone « route nationale N90A passé pas une zone rurale de OULED BACHIR, commune SIYADA » où nous avons proposé une solution pour régler les problèmes diagnostiqués.

Abstract:

Public lighting is one of the major concerns of the municipalities. Indeed, it is the major point in road safety, the safety of property and people as well as the general aesthetics of the city and its surroundings.

In recent years, the Algerian government has focused on energy saving and since public lighting accounts for 70% of the energy bill, it is necessary to act on lighting systems by using intelligent management methods.

We made field trips in order to size the practice studied. After extensive bibliographic research on general public lighting and intelligent public lighting in particular, we focused our work

ملخص

ركزت الحكومة الجزائرية في السنوات الاخيرة على توفير الطاقة، و بما ان الطاقة العامة تمثل 70% من فاتورة الطاقة، فمن الضروري العمل على انظمة الاضاءة باستخدام اساليب ذكية الإنارة . وتشكل الاضاءة العامة احد الشواغل الرئيسية للبلديات و الواقع انها النقطة الرئيسية في السلامة على الطرق، وسلامة الممتلكات والناس. فضلا عن الجماليات العامة للمدينة والمناطق وبعد إجراء بحوث ببليوغرافية مستفيضة ركزنا عملنا بشأن الإضاءة العامة والإضاءة العامة الذكية على وجه المحيطة بها. الخصوص.

La liste des figures :

- FigureI.1 Ondes électromagnétiques
- FigureI.2 Grandeurs photométriques
- FigureI.3,4,5 Les lampes LED
- FigureII.1,2 Zones rurales en Algérie
- FigureII.3 Les câbles aériens
- FigureII.4 Les câbles aériens
- FigureII.5 Câbles souterrains
- FigureII.6 Les mâts
- FigureII.7 Les candélabres
- FigureII.8,9 LED
- FigureII.10,11,12 LED des couleurs
- FigureII.13 Interface de DIALux
- FigureII.14 Explication des raccourcis de DIALux
- FigureII.15 Localisation de la route avec GOOGLE maps
- FigureII.16 Photo real à partir de GOOGLE maps
- FigureII.17,18,19,20 Photos real de la route
- FigureII.21 Plan vertical avec DIALux
- FigureII.22 Plan horizontal avec DIALux
- FigureII.23 Plan de condilabre
- FigureII.24 Photos real de luxmètre
- FigureII.25 Luxmètres
- FigureIII.1 Eléments d'éclairage intelligent
- Figure III.2 Schéma explicative de détection simple

- FigureIII.3 Schéma explicative de détection radio
- FigureIII.4 Détections avec le radio fréquence
- FigureIII.5 Schéma explicative de détection piétonnes
- FigureIII.6 Capteurs de mouvement
- FigureIII.7 Photos des radars
- FigureIII.8 Schémas de détection
- FigureIII.9 Schémas de gestion
- FigureIII.10 Détecteur à infrarouge
- FigureIII.11 Détecteurs ultrasoniques
- FigureIII.12 Détecteurs à double technologie
- Figure III.13 : la zone de OULED CHIR
- Figure III.14 : dos d'ans passe à câbles
- Figure III.15 : capteur de pression
- Figure III.16 .17 : les plaques signalétiques de vitesse
- Figure III .18 schéma de la route avec DIALUX
- FigureIII 19 : détecteurs de mouvement à haute fréquence
- Figure III.20 : avant la modification avec PHOTOSH
- Figure III.21 : après la modification avec PHOTOSHOP

LE SOMMAIRE

1	CHAPITRE I	7
1.1	INTRODUCTION GENERALE :	8
1.2	DEFINITION DE LA LUMIERE :	8
1.3	DEFINITION DE L'ECLAIRAGE :	10
1.4	L'HISTORIQUE D'ECLAIRAGE :	11
1.5	DEFINITION DES NORMES SELON LE DOMAINE D'INDUSTRIE :	13
1.6	CONCLUSION :	16
2	CHAPITRE II	17
2.1	INTRODUCTION :	18
2.2	LES ZONES RURALES EN ALGERIE :	18
2.3	L'ECLAIRAGE CLASSIQUE DANS LES ZONES RURALES	19
2.4	L'ECLAIRAGE ARTIFICIELLE :	19
2.5	LES DIFFERENTS ELEMENTS D'ECLAIRAGE EN ALGERIE :	22
2.6	INTRODUCTION SUR LE LOGICIEL DIALUX :	30
2.7	L'ETUDE DE LA ROUTE DE ZONE RURAL A MOSTAGANEM- ALGERIE :	32
2.8	CONCLUSION :	37
3	CHAPITRE III	38
3.1	INTRODUCTION :	39
3.2	POURQUOI UTILISER DES DETECTEURS DE MOUVEMENT ?	40
3.3	LES CAPTEURS :	40
3.4	LES TYPES DE DETECTIONS	41
3.5	TECHNOLOGIES DISPONIBLES :	43
3.6	COMMANDE DE L'ECLAIRAGE SUR DEMANDE :	45
3.7	PILOTAGE D'ECLAIRAGE INTELLIGENT.....	47
3.8	TECHNOLOGIES DES DETECTEURS :	48
3.9	NOTRE SOLUTION A PROPOS DE LA GESTION :	50
3.10	CONCLUSION.....	56

Chapitre I

Introduction générale sur l'éclairage

1.1 Introduction générale :

L'éclairage public est l'un des préoccupations majeures des communes. Effectivement, il est le point majeur dans la sécurité routière, la sécurité des biens et des personnes ainsi que l'esthétique générale de la ville et de ses environs.

Dans les dernières années, le gouvernement algérien a misé sur l'économie d'énergie et comme l'éclairage public représente % de la facture énergétique, il faut agir sur les systèmes d'éclairage par l'utilisation des méthodes intelligentes de gestion.

Notre contribution consiste à proposer une gestion de l'éclairage pour les zones rurales basées sur la commande intelligente dans le but d'optimiser l'utilisation et de minimiser la facture énergétique.

Le travail sera réparti en trois axes :

Le premier chapitre présentera une généralité

Le deuxième chapitre sera consacré sur une description détaillée sur les zones rurales en Algérie.

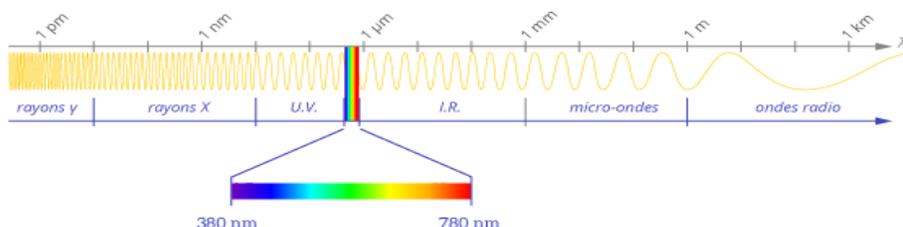
Le troisième chapitre exposera l'étude.

Notre travail sera achevé par une conclusion générale et des observations techniques afin de développer le fonctionnement de l'éclairage public.

1.2 Définition de la Lumière :

La lumière est une énergie radiante qui désigne les ondes électromagnétiques détectée par l'œil humain c'est-à-dire des ondes électromagnétiques comprises entre 380 et 780 nm. Cette énergie provient de sources naturelles (soleil, lune) ou artificielles (lampe).

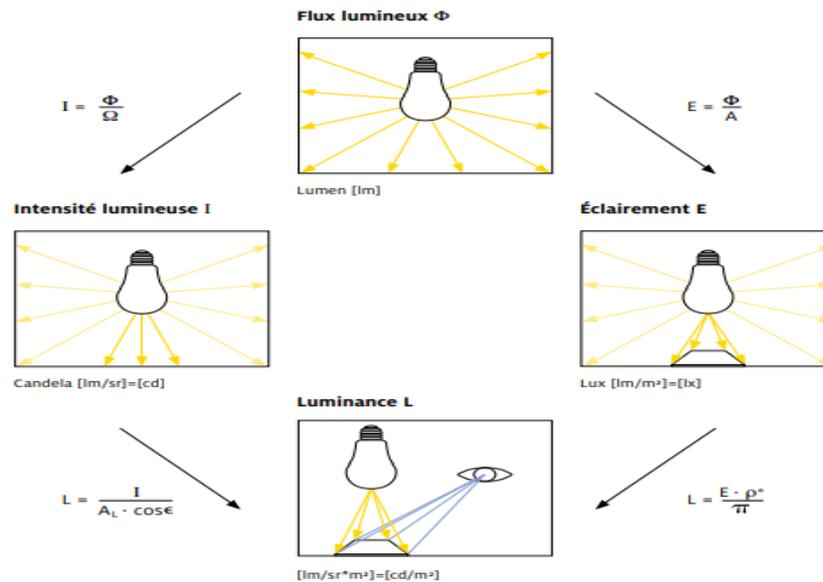
Ce schéma ci-dessous représente la grande famille qui est composé des ondes électromagnétiques qui contient à son tour des sous familles comme les rayons X, les ultra-violets, les infrarouges, les micro-ondes, les ondes radio (FM, AM...) ; ces derniers se distinguent par leur longueur d'ondes donc également leur énergie :



FigureI.1 Ondes électromagnétiques

1.2.1 Les grandeurs photométriques de base :

- Flux lumineux : c'est la quantité de lumière rayonné par une source dans toutes les directions de l'espace 'est le flux émis par une source ponctuelle uniforme.
- Intensité lumineuse : c'est la valeur du rapport du flux lumineux par l'angle solide.
- Éclairement : c'est la quantité de flux lumineux reçue par une surface, il ne se voit pas.
- Luminance : c'est la seule grandeur vue détectée par l'œil humain, elle représente le rapport entre l'intensité de la source dans une direction donné et la surface apparente de cette source.



FigureI.2 Grandeurs photométriques

En point de vue quantique la lumière s'est représentée sous des aspects différents : théorie de corpuscule de Newton, théorie des ondes de Huygens et de Fresnel, théorie des ondes électromagnétiques de Maxwell. La longueur d'onde de la lumière est le quotient de la vitesse de la lumière en mètres par seconde sur la fréquence en hertz.

La lumière se propage de façon rectiligne à la vitesse d'environ 300 000Km/s :

- Transparence : la lumière peut traverser une matière transparente (eau, verre, air...).
- Réfraction : ce phénomène se passe lorsque la lumière change de milieu.
- Réflexion : elle peut être réfléchiée par certaines surfaces (polies ou blanches...)
- Absorption : elle peut être absorbée par certains matières, par exemple la transformation en énergie thermique (chaleur), énergie électrique, mécanique ou chimique...

- Diffusion : elle peut être diffusée, les rayons lumineux sont dirigés dans de multiples directions.

1.3 Définition de l'éclairage :

L'éclairage est l'ensemble des techniques et des appareils ayant pour but de produire une lumière artificielle. En 1784, Argand inventa la lampe à double courant d'air, exploitée par Quintet. Vers 1787, Lebon découvrit le gaz d'éclairage ; mais c'est en Angleterre que l'application en fut faite dans des manufactures (1805), et c'est Windsor qui l'introduisit à Paris en 1817. L'éclairage électrique commença vers 1840, en mettant en œuvre des lampes à arc (Davy, 1813), mais ne se développa qu'avec la mise au point, par Edison et Swan, en 1879, de la lampe à incandescence

Pour avoir un bon éclairage dans une pièce ou une surface il faut :

- Eviter le manque d'éclairage.
- Eviter l'excès d'éclairage, l'éblouissement, les ombres, les contrastes lumineux entre les zones de travail.
- Eviter l'effet stroboscopique.
- Avoir un bon rendu des couleurs.
- Eviter la surchauffe du lieu de travail.

1.3.1 Modes d'éclairage :

L'éclairage peut regrouper tous les appareils pouvant apporter une lumière artificielle, il s'agit donc principalement des lampes, quel qu'en soit leur style. Cependant, en fonction du type de lampe et d'ampoule, il existe également différents types d'éclairage :

a-L 'éclairage principal ou général :

L'éclairage principal s'allume lorsqu'on entre dans une pièce et vous permettra de vous orienter et voir chaque élément grâce à sa lumière homogène et efficace ; c'est la lumière qui illuminera votre pièce dans son ensemble. Elle est principalement propagée par un plafonnier ou une suspension.

b-L 'éclairage d'appoint ou l'éclairage d'ambiance :

Ce type d'éclairage permet de moduler et adoucir l'ambiance d'une pièce. Sa lumière est plus diffuse et apaisante. Les lampes d'appoint seront idéales pour moduler les flux lumineux et s'adapter à chacune de vos activités de la journée.

c-L 'éclairage fonctionnel et l'éclairage directionnel :

Ça sera la lumière adaptée aux activités telles que la lecture, la cuisine, l'étude, ... La lumière devra par conséquent être ciblée et précise pour vous offrir confort et sécurité lors de vos tâches.

d-L 'éclairage direct ou indirect :

Ces deux types d'éclairage sont à combiner pour vous offrir une luminosité adaptée tout au long de vos activités. L'éclairage direct est une lumière qui éclaire directement sans réflexion ; L'éclairage indirect, quant à lui, éclaire après avoir été réfléchi (sur un mur, au plafond qui sert de réflecteur). La lumière est ainsi atténuée, plus douce et plus tamisée. Cet éclairage produit moins d'ombre que l'éclairage direct mais nécessite des murs ou des plafonds clairs.

e-L 'éclairage mixte :

La lumière sera diffusée vers le haut et vers le bas ! Ce type d'éclairage illumine davantage que l'éclairage indirect mais reste plus diffus que l'éclairage direct. Il offre une alternative à la multitude de luminaires. L'abat-jour en tissu laisse filtrer 40 % de la lumière vers le haut et 60% vers le bas, il constitue en d'autres mots un éclairage semi-direct.

1.3.2 Les facteurs suivants ont une influence positive sur la réduction de la consommation d'énergie :

- Commande réfléchi de l'éclairage
- Exploitation de la lumière du jour
- Utilisation de détecteurs de présence
- Intégration intelligente des temps d'utilisation
- Lampes efficaces
- Luminaires et solutions lumière spécifiées, adaptées à l'application respective
- Commande de l'éclairage en niveau constant (Maintenance Control)

1.4 L'historique d'éclairage :

Dans l'Antiquité, on ne demandait pas seulement la lumière à la flamme des foyers, mais aussi à des brasiers montés sur des trépieds, à des torches portées par des hommes, à des lampes à huile, dont les spécimens remontent aux Phéniciens. L'huile minérale, même, était connue dès l'époque romaine ; les chandelles de suif étaient employées aux temps classiques ; des lampes portatives, où la corne, la vessie, la toile huilée garantissant la lumière contre le vent, étaient d'un usage courant. Les riches Romains avaient des lanternes pour s'éclairer dans les rues. Le premier essai d'éclairage électrique date de 1844 (lampes à arc, place de la Concorde), mais ce mode d'éclairage ne se développa qu'à partir de 1877.

Longtemps, avec l'huile végétale, on employa la cire (cierges), puis la graisse des animaux (chandelle). La chimie des corps gras ayant fait, avec Chevreul, des progrès importants, on utilisa

Chapitre 1

les graisses animales de toutes provenances à la fabrication des bougies stéariques ; puis les hydrocarbures naturels (pétrole, huile de schiste), les hydrocarbures de transformation (essence de pétrole, gaz d'éclairage). Dans le même temps, l'éclairage électrique progressait : décharge électrique (arc et bougie lablotchkov) et lampe à incandescence.

À partir de 1940, les lampes à décharge commencèrent à remplacer la lampe à incandescence. Dans celles-là, la lumière est produite par la luminescence d'une vapeur métallique, principalement mercure et sodium. Il existe différents types de lampes à décharge : la lampe fluorescente, les lampes à vapeur de sodium.



Bougie 3000 AVANT JC



Torche B.C.1300



Lampe à huile 10.300 - 8000 avant JC



Lampe à gaz 1790s

Les types de lampe après l'électricité :

Lampe à décharge de gaz

Lampe à arc

Lampe à vapeur de mercure

Ampoule

Lampe fluorescente

Lampe halogène

LED (diode électroluminescente)



Figure I.3,4,5 Les lampes LED

1.5 Définition des normes selon le domaine d'industrie :

Suivant la directive 83/189 du Conseil de l'Europe du 28 mars 1989, la norme est une spécification technique approuvée par un organisme reconnu à activité normative (pour l'éclairage : le CEN, la CIE, l'ISO sur le plan international et l'AFNOR sur le plan national) pour une application répétitive et continue dont l'observation n'est pas obligatoire. Les normes en éclairage sont établies par des experts de l'ensemble de la filière. Elles donnent les critères d'exigences que doivent atteindre les installations d'éclairage pour que les conditions de performances et de confort visuel des usagers soient établies suivant des conditions optimales de santé, de sécurité, d'efficacité ergonomique et de productivité au travail. Fondées sur l'expérience actuelle et les recherches en matière de visibilité, les normes en éclairage sont un compromis entre les règles de l'art, les capacités techniques des équipements et les contraintes économiques du moment.

Les bénéfices et les avantages de la normalisation sont recueillis par l'ensemble des facteurs économiques de l'éclairage. L'utilité des normes en éclairage s'exprime :

- pour le maître d'ouvrage et le gestionnaire, en termes de conditions de travail et de Productivités satisfaisantes et de coûts d'exploitation optimisés ;
- pour le bureau d'étude, en termes de paramètres techniques et mise en œuvre de Solutions permettant de prescrire des installations de qualité ;
- pour les constructeurs, en termes de qualification des performances économiques et photométriques des équipements d'éclairage et de promotion de nouvelles solutions techniques.

1.5.1 Les normes d'éclairage :

Les normes de base :

- NF EN 12464-1 (juin 2003) :
Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail - Partie 1 : lieux de travail intérieur.
- NF EN 12193 (mars 2008) :
Lumière et éclairage - Eclairage des installations sportives.
- NF EN 15193 (novembre 2007) :
Performance énergétique des bâtiments - Exigences énergétiques pour l'éclairage.

Les normes complémentaires :

- NF EN 13032-1 (octobre 2004) :
Lumière et éclairagisme - Mesure et présentation des données photométriques des lampes et des luminaires
- NF EN 13032-2 (avril 2005) :
Lumière et éclairage - Mesure et présentation des caractéristiques photométriques des lampes et luminaires - Partie 2 : présentation des données utilisées dans les lieux de travail intérieurs et extérieurs
- NF EN 13032-3 (décembre 2007) :
Lumière et éclairage - Mesurage et présentation des données photométriques des lampes et des luminaires - Partie 3 : présentation des données pour l'éclairage de sécurité des lieux de travail
- NF EN 15251 (août 2007) :
Critères d'ambiance intérieure pour la conception et évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique
- NF X35-103 (octobre 1990) :
Ergonomie - Principes d'ergonomie visuelle applicables à l'éclairage des lieux de travail
- NF EN 12464-1 (juin 2003) :
Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail - Partie 1 : lieux de travail intérieur

Eclairage extérieur et sportif :

- NF C17-200 (mars 2007) :
Installations d'éclairage extérieur
- NF EN 12193 (mars 2008) :
Lumière et éclairage - Eclairage des installations sportives

Eclairage très basse tension :

- UTE C15-559 (novembre 2006) :
Installations électriques à basse tension - Guide pratique - Installation d'Éclairage en Très Basse Tension .

Eclairage de sécurité :

- NF EN 50172 (décembre 2004) :
systèmes d'éclairage de sécurité (Indice de classement
- NF C71-822 UTE C71-804 (août 2006) :
Guide pratique - Éclairage de sécurité par blocs autonomes dans les établissements recevant du public comportant des locaux à sommeil ne disposant pas d'éclairage de remplacement
- NF C71-830 (août 2003) :
Maintenance des blocs autonomes d'éclairage de sécurité BAES et BAEH (Indice de classement : C71-830)

Norme européenne d'éclairage public :

La norme européenne d'éclairage public a pour objectif d'établir les prescriptions sur les zones de circulation dans les espaces publics extérieurs dans le but d'assurer la sécurité aux usagers, le bon écoulement du trafic et la protection des biens et des personnes ; elle est constituée de quatre parties :

- La partie 1 : RT EN 13201-1 – Sélection des classes de chaussées, et ses prescriptions associées.
- La partie 2 : EN 13201-2 – Exigences de performances – définit les performances photométriques auxquelles doivent satisfaire des classes de chaussées établies à partir des prescriptions en cours dans différents pays européens.
- La partie 3 : EN 13201-3 – Calcul des performances – donne les procédures et les méthodes de calcul nécessaires à l'expression des performances photométriques des installations d'éclairage public (éclairagements, luminances, maillage de points de calcul et de mesure, calcul de l'éblouissement et du

Rapport de contiguïté).

- La partie 4 : EN 13201-4 – Méthodes de mesure des performances photométriques – décrit les conventions et les procédures qui prévalent lors de la réception des installations d'éclairage public. Cette dernière partie a été publiée sous la forme d'une norme nationale (NF EN 13201-4).

1.6 Conclusion :

Dans ce chapitre on a basé sur les généralités sur la lumière et l'éclairage, ses modes, l'historique globale d'éclairage ainsi que les normes d'éclairage publique et on a précisé sur les normes Extérieurs.

Chapitre II

Les zones rurales et l'éclairage artificiel

2.1 Introduction :

Dans ce chapitre on va exploiter les zones rurales, l'éclairage classique dans ces zones

On va mentionner l'éclairage artificiel et le pas de développer l'éclairage des zones rurales en passant à l'éclairage intelligent, n'oublions pas de parler des avantages des lampes LED.

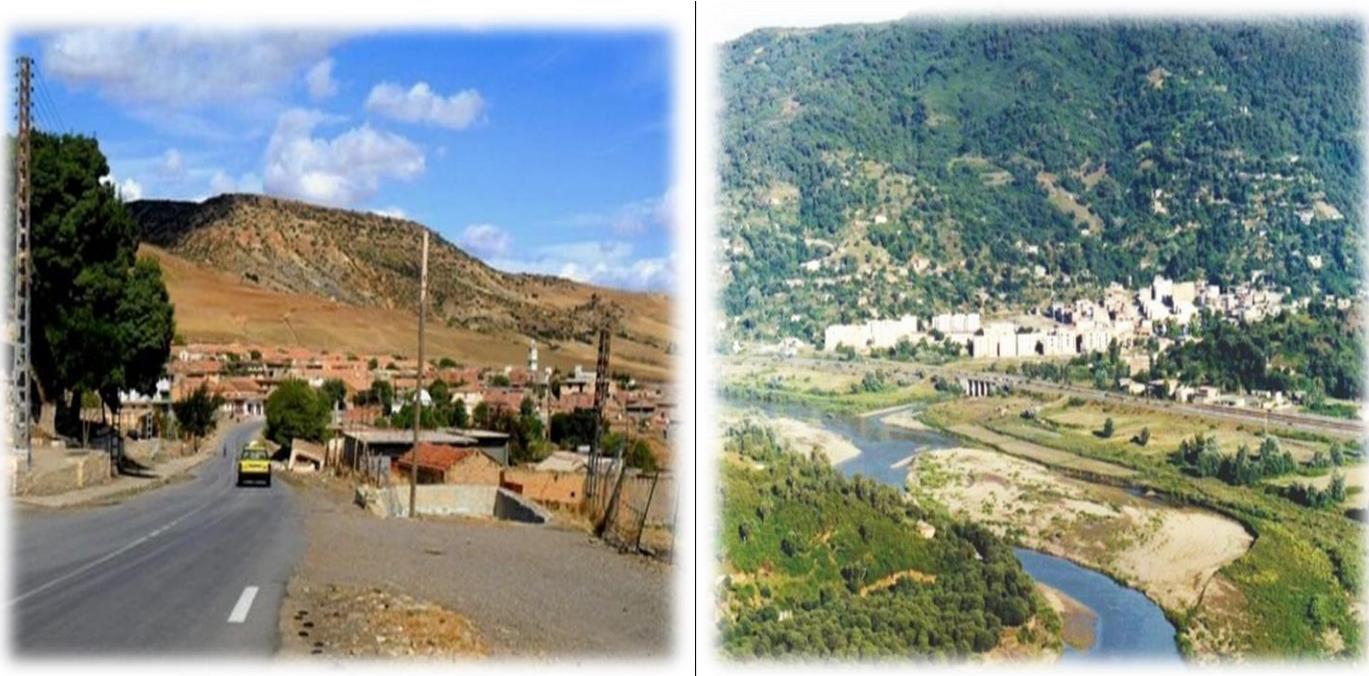
Finalement on va finir ce chapitre avec une comparaison.

2.2 Les zones rurales en Algérie :

2.2.1 Définition de la zone rurale :

La zone rurale est à l'opposé des zones urbaines, qui sont les zones agricoles libres dites semi-isolées.

La zone rurale se caractérise par ses paysages naturels et agricoles. La zone rurale diffère grandement des villes en termes de taille, d'homogénéité, de mobilité sociale et d'aspect éducatif. La zone rurale dans les pays sous-développés est dans un état de dépendance totale de la ville. Les services d'éducation, de santé et de loisirs sont principalement concentrés dans la ville sans la zone rurale, et c'est ce qui pousse les populations rurales à migrer vers les villes.



FigureII.1,2 Zones rurales en Algérie

2.3 L'éclairage classique dans les zones rurales

En fournissant un éclairage dans les zones rurales, il y a une **augmentation de la sécurité et de la sûreté**. C'est particulièrement vrai dans les espaces publics et le long des routes. La sécurité fournie par l'éclairage réduit drastiquement le taux de criminalité. Cela peut également avoir un grand effet sur la qualité de vie des résidences. De base les luminaires utilisées dans 94% des zones rurales en Algérie sont les lampes SHP (sodium haute pression), avec l'entreprise SONALGAZ comme une source d'énergie, et un câblage souterrain comme un outil de transport d'énergie.

Pour mieux d'avantage sur ce domaine d'éclairage dans ces zones rurales il est préférable de passer a un éclairage qui dépend a une source renouvelable et des luminaires plus efficace et qui consomment moins d'énergie.

Les **systemes d'éclairage solaire à LED pour les zones rurales** sont une **excellente solution** pour fournir de l'électricité rapidement et naturellement

2.4 L'éclairage artificielle :

L'homme moderne exerce une grande part de ses activités durant les heures d'obscurité naturelle. Un éclairage artificiel doit être prévu lorsque l'éclairage naturel sur les lieux de travail n'est pas suffisant.

L'éclairage est une radiation émise par une source lumineuse qui n'est pas perçue par l'œil humain, qui est aussi l'ensemble des techniques et des appareils ayant pour but de produire une lumière artificielle, qui permettent à l'homme de doter son environnement des conditions de luminosité qu'il estime nécessaires à son activité.

L'éclairage artificiel peut être définie comme un récepteur actif qui convertie la puissance électrique en énergie lumineuse. Un éclairage rapporté qui vient compenser ou pallier l'absence d'éclairage naturel.

Éclairage artificiel choisi et installé en tenant compte de l'éclairement nécessaire, l'éblouissement, les contrastes, les réflexions, la luminance, le rendu des couleurs et la couleur apparente de la lumière, le papillotement, la lumière du jour.

L'éclairage peut regrouper tous les appareils pouvant apporter une lumière artificielle des sources de l'éclairage artificiel :

La bougie, la lampe tempête, luminances (les lampes électriques).

2.4.1 Pourquoi on utilise l'éclairage intelligent :[1]

Plutôt que de maintenir des infrastructures de plus en plus vétustes et énergivores, il est recommandé aux collectivités de rénover leurs réseaux d'éclairage urbain. En effet, selon le contexte et la technologie utilisée, l'économie de consommation d'énergie et donc de dépenses

pour les collectivités, grâce à la mise en place d'un éclairage public intelligent, serait de l'ordre de 50 à 75% .

Première étape : le passage aux LED

L'adoption de la LED, ou des diodes électroluminescentes, est actuellement le changement privilégié par les collectivités pour réduire leur consommation et leur facture énergétique.

D'une part, les LED sont en effet très largement moins énergivores que les lampes au sodium, et d'autre part leur durée de vie est dix fois supérieure.

De plus, la technologie LED permet de moduler aisément l'intensité lumineuse au moyen d'un gradateur (principe du « dimming ») configurable à distance. Associé à un capteur de présence ou à un programme de gestion de l'éclairage urbain, l'éclairement peut donc être réduit aux heures tardives de la nuit ou en l'absence de mouvement à proximité du candélabre. La diminution de l'intensité lumineuse engendre de facto des économies d'énergie.

Enfin, les réflecteurs aujourd'hui sur le marché minimisent la pollution lumineuse.

L'avènement des LED au sein de l'éclairage public permet donc aux collectivités de rénover leur parc en générant des économies énergétiques et financières substantielles et en réduisant les nuisances pour les citoyens. En outre, un tel projet est une véritable opportunité de faire un premier pas sur le chemin de la Smart City, en implémentant des solutions de pilotage intelligent de l'éclairage public, et en y associant le déploiement de nouveaux services à la ville.

Deuxième étape : l'introduction de l'intelligence

A l'instar des Smart Grids, les collectivités peuvent compter sur l'utilisation accrue des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) afin de rendre leur éclairage public plus intelligent, par exemple :

- **La télégestion** : c'est un système de gestion globale de l'éclairage public, à partir d'un centre de contrôle duquel des consignes sont transférées aux points lumineux de manière à commander leur allumage, leur extinction ou leur « dimming », individuellement ou par zone,
- **La télémaintenance** : complémentaire de la télégestion, elle permet de transférer les informations de chaque point lumineux vers le centre de contrôle, pour par exemple en connaître les dysfonctionnements, ou planifier et contrôler le remplacement des équipements. L'efficacité d'une lampe décroît en effet vers la fin de sa vie, et le fait de la remplacer à temps la rend plus économique, et permet en outre de prolonger la vie de celles qui sont sur le même réseau d'éclairage.

Troisième et dernière étape : l'automatisation intelligente de l'éclairage public

Les collectivités et les Smart Territoires de demain pourront développer des réseaux d'éclairage public intelligents autonomes, en comptant sur des technologies telles que :

- **Des capteurs de mouvement** : les candélabres équipés de détecteurs de mouvement ne délivreront l'intensité maximale d'éclairage qu'au passage d'un piéton, d'un cycliste ou d'un véhicule, générant de facto de considérables économies d'énergie,¹¹
- **L'auto-alimentation des mâts d'éclairage** : des lampadaires peuvent être munis de panneaux photovoltaïques pour garantir leur propre alimentation en restituant l'énergie accumulée en journée en éclairage nocturne via un dispositif de stockage d'énergie. Autrement, dans une logique de d'alimentation décentralisée, les candélabres d'une zone peuvent être raccordés à une centrale de production d'énergie solaire ou éolienne à proximité pour assurer leur autonomie vis-à-vis du réseau électrique public. Ces solutions prennent tout leur sens dans les situations où le réseau de distribution local est peu fiable, ou en zones rurales reculées non connectées au réseau électrique national (dans les pays en développement typiquement).¹²

2.4.2 Les nouveaux services permis par l'éclairage public intelligent :

Les réseaux d'éclairage public constituent un maillage dense d'infrastructures publiques qui ont vocation à devenir le support de nouveaux services aux usagers tels que :

- Une connectivité internet en Li-Fi (transmission de l'information à travers les ondes lumineuses), ou très haut débit (THD) en 5G en utilisant les candélabres comme support des « Small Cells »,
- Un meilleur suivi de la qualité de l'air en positionnant des capteurs sur les mâts d'éclairage,
- La possibilité de recharger les véhicules électriques sur des bornes utilisant l'alimentation électrique des candélabres,
- Une amélioration de la sécurité en ville en déployant un réseau de caméras et de systèmes d'alertes plus performants.

Une meilleure gestion de la circulation et du stationnement en ville, des flux de piétons, etc, grâce à des capteurs mis en place sur les mâts.

Ainsi, réduire les coûts, préserver l'environnement, et accroître l'attractivité de la ville sont des objectifs dont l'éclairage public intelligent peut devenir vecteur en ouvrant la porte à la création des Smart Territoires de demain.

Le Li-Fi

Avec le Li-Fi, les dernières générations de LED sont aujourd'hui capables de transmettre des données numériques. Cette innovation permettrait donc aux utilisateurs de se connecter à Internet sous un luminaire. Ses principaux avantages sont :

- **Economiques** : grâce à une possible mutualisation des coûts et une diminution du nombre de relais Wi-Fi nécessaires, le Li-Fi serait moins cher que le Wi-Fi,
- **Sécuritaires** : le Li-Fi n'utilise pas d'ondes radio, il n'y a donc pas de risques pour la santé des utilisateurs ; de plus le risque de piratage est beaucoup plus limité du fait du cloisonnement spatial des données (le Li-Fi ne traverse pas les murs),
- **Serviciels** : le débit du Li-Fi serait 10 fois plus rapide que celui du Wi-Fi actuel ; n'émettant pas d'ondes électromagnétiques il serait parfaitement adapté à des usages dans les hôpitaux ou les avions ; enfin il permet une meilleure géo-contextualisation des services.



2.5 Les différents éléments d'éclairage en ALGERIE :

2.5.1 L'éclairage des voies ouvertes au public :

Il est assuré par un réseau d'éclairage public alimenté par le réseau basse tension de distribution publique d'électricité. Ce réseau d'éclairage public est constitué de :

- L'armoire de commande avec l'horloge.
- Les câbles aériens ou souterrains.
- Les mâts et les candélabres.
- Les luminaires.

Son implantation :[2]

L'armoire de commande d'éclairage doit être accessible. Dans un souci de sécurité et d'entretien, un aménagement de propreté devant l'armoire de commande est demandé pour accéder à l'équipement. L'armoire peut être posée sur un socle ou encastrée dans un mur. L'armoire de commande doit être centrée par rapport au réseau d'éclairage qu'elle alimente afin de limiter la section des câbles. Le réseau sera scindé en plusieurs départs directement

issus de l'armoire pour diminuer le nombre de luminaires en panne en cas de défaut. L'implantation de l'armoire de commande doit être recherchée dans un espace limitant la gêne aux usagers des trottoirs.

Une armoire scindée en 3 compartiments :

L'enveloppe comprend trois compartiments constitués de la façon suivante :

- **Le compartiment branchement :**

une platine normalisée support du coupe circuit principal individuel (CCPI).

- **Le compartiment distributeur comprenant :**

une platine normalisée pour fixation, du compteur et de l'appareil général de commande et de protection. Le disjoncteur de branchement peut être différentiel ou non différentiel. Un interrupteur sectionneur cadenassable peut être installé côté éclairage public afin d'assurer la consignation de l'armoire EP.

- **Le compartiment éclairage public**

à destination de l'exploitant du réseau contenant tous les matériels électriques nécessaires au fonctionnement des lampadaires (disjoncteur général, c o n t a c t e u r d e p u i s s a n c e , p i l o t e , borniers de jonction, départs...) Si l'armoire alimente un réseau aérien, elle peut être limitée à deux compartiments.

Les câbles aériens ou souterrains : [3]

Selon la norme NF C17-200, l'identification des câbles de distribution doit être assurée par repérage à chaque extrémité précisant les tenants et les aboutissants. Cette identification peut ne pas être assurée lors de pose apparente sur toute la longueur mais peut être effectuée au niveau des regards de visite. En cas de risque de confusion, l'identification du circuit terminal doit être assurée au niveau de son dispositif de protection. Les circuits électriquement non séparés (mixtes) existants, peuvent avoir une identification complémentaire à leur origine. Le réseau à construire doit faire l'objet d'une étude qui précisera les sections des câbles à utiliser pour assurer une chute de tension inférieure à 8 %.



FigureII.3 Les câbles aériens

Cette étude détermine les longueurs de câbles protégées, en fonction de leur section et du calibre des protections (8% si l'armoire est directement alimentée depuis le poste, 5% si elle l'est depuis un branchement).

Figure II.4 Les câbles aériens

Les câbles aériens ou sur façade :

Les réseaux d'éclairage doivent respecter les règles de hauteur par rapport au sol, au même titre, que les réseaux de distribution d'énergie électrique selon les règles de l'arrêté technique du 17 mai 2001 (norme C 11-001). Les réseaux aériens de type PRC (Polyéthylène Réticulé Chimiquement), regroupant les quatre conducteurs (les trois phases + le neutre) recouverts d'une isolation PRC noire en une seule « torsade » devront être tendus entre poteaux avec un système de double ancrage à chaque support. Pour des portées importantes, il est recommandé d'utiliser un câble porteur. Les réseaux aériens devront être électriquement séparés du réseau de distribution d'énergie électrique, donc sans neutre commun. Depuis mars 2007, la séparation électrique est obligatoire. En revanche, la séparation mécanique n'est pas exigée. Elle peut être uniquement imposée parfois par le distributeur. Les réseaux aériens ne pouvant comporter un conducteur de mise à la terre, les lanternes raccordées sur ce réseau devront être de classe II selon la norme NF C 17-200. Les réseaux sur façade, alimentés en amont par un réseau aérien, devront être raccordés en dérivation et protégés par un dispositif approprié contre les contacts indirects associé à une prise de terre individuelle. Ces dispositifs seront mis en œuvre dans un coffret encastré dans la façade et identifié en tant que tel sur le terrain et ainsi que sur le plan de récolement.



Câbles souterrains : [3]

Les réseaux seront obligatoirement en câble non armer U 1000 R 0 2 V – entre 2 et 5 conducteurs déroulés dans un fourreau de diamètre approprié. La section et le nombre des conducteurs seront déterminés par l'étude.

Un câble de cuivre 25 mm² pourra être déroulé en fond de fouille parallèlement au réseau actif. Le raccordement de chaque candélabre devra se faire sans interruption de la continuité de la câblette de terre et avec une longueur suffisante afin qu'en cas d'accident, le câble de mise à la terre ne se déconnecte pas.



FigureII.5 Câbles souterrains

Les mâts et les candélabres (mât + crose) :

Les mâts doivent respecter la norme EN 40. Ils peuvent être de matière variée (acier, aluminium, bois, etc.) et de hauteur (définie par l'étude photométrique) pouvant aller jusqu'à plusieurs dizaines de mètres. L'implantation du mât nécessite un calcul qui tiendra compte des éléments supportés par le mât (luminaires, signalétique diverse, capteurs, décorations ou affichages, caméras...), les efforts de la neige et du vent auxquels il peut être exposé et parfois (pour les plus gros) des études de sol qui permettront de définir le système de fixation au sol (taille et poids du massif de fondation) et les protections particulières à mettre en œuvre (protection anticorrosion, exposition à la salinité, autres agressions chimiques, etc.) Dans le choix du candélabre, il faut tenir compte de l'environnement du projet (matériel déjà existant, site protégé). Les candélabres doivent être installés en fond de trottoir ou protégés par des dispositifs adaptés pour éviter d'être heurtés par les véhicules lors des manœuvres de stationnement ainsi que la gêne aux usagers des trottoirs (poussettes, personnes à mobilité réduite). Des mâts en bois peuvent être mis en œuvre. Ces derniers requièrent une maintenance plus importante et nécessaire pour que la garantie du fournisseur puisse s'appliquer.

C'est elle qui détermine le nombre et l'emplacement des candélabres ainsi que la puissance des luminaires. Par ordre d'importance, le coefficient d'uniformité générale à obtenir est égal ou supérieur à 0.4. L'éclairage moyen se situe entre 5 et 10 lux dans un lotissement et 20 lux moyen pour les opérations prévoyant l'accessibilité de cheminement aux personnes à mobilité réduite. Il existe 3 classes principales de voies : motorisées, piétonnes et zone de

conflit. Chacune, en fonction de nombreux critères (trafic, dimension, vitesse) requiert un niveau d'éclairage adapté.

Lors de l'élaboration d'un projet, il faut rechercher les économies d'énergie en proposant des luminaires à haut rendement énergétique et en contrôlant les résultats de l'étude d'éclairage au regard des prescriptions de la norme NF EN 13201 et à l'arrêté du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses. Concernant les appareils encastrés au sol, ceux-ci ne devront pas être implantés sur le passage direct des piétons. L'installation de bornes lumineuses au sol est à éviter.



FigureII.6 Les mâts



FigureII.7 Les candélabres

Les luminaires :

Il s'agit là non pas d'éclairer pour permettre aux administrés de circuler en toute sécurité et ainsi étendre à la nuit la vie économique et sociale, mais d'éclairer pour mettre en valeur un bâtiment ou un patrimoine de la collectivité. Les mises en valeur se font à l'aide de projecteurs dont la technologie a fortement évolué ces dernières années tout comme leur programmation et leur pilotage (création de différents scénarios en fonction des saisons). Tout comme pour l'éclairage des voies ouvertes au public, la technologie LED est désormais quasiment systématiquement utilisée. Effectivement, cette dernière, par rapport au sodium haute pression ou à iodure métallique, permet la réalisation d'éclairages colorés et dynamiques. En 2020, il existe peu de freins technologiques à une mise en valeur par la lumière. Cependant, il est impératif que l'étude préliminaire soit rigoureuse pour déterminer correctement ce que l'on souhaite mettre en valeur et la manière dont on l'intègre dans un projet de mise en lumière à l'échelle de tout un quartier ou d'une ville. Pour ne pas rater cette étape primordiale, l'assistance d'un concepteur

lumière est recommandée. Conformément à l'arrêté nuisances lumineuses du 27 décembre 2018, les mises en lumière doivent être éteintes au plus tard à 1 h du matin.

2.5.2 LES DIODES ÉLECTRO-LUMINESCENTES

Historique sommaire

Les premières sources de lumière « solides », sous forme de diodes émettrices de lumière ont utilisé des semiconducteurs inorganiques connus sous le nom de « diodes électroluminescentes », en abrégé les « LED ». Depuis un certain nombre d'années ont été développées des diodes organiques électroluminescentes (OLED) qui sont probablement l'avenir essentiel.



Figure II.8 LED

Les qualités des LED et des OLED Les LED (et OLED) possèdent les avantages suivants:

. Ce sont des sources de lumière très efficaces (voir plus loin), ceci étant essentiellement dû à ce que les LED n'émettent pas de rayonnements infra-rouges ou ultra-violets inutiles en éclairage courant.

La durée de vie des LED est élevée (15000 à 20000 h) et leur maintenance facile et peu coûteuse, Les LED ne contiennent pas de mercure, au contraire de la majorité des autres sources actuelles. L'efficacité lumineuse des LED Le premier avantage des LED est leur efficacité. Alors que : Les lampes à incandescence - d'ailleurs aujourd'hui en voie d'abandon - ne transforment guère que 8 % de leur énergie en énergie lumineuse (efficacité de l'ordre de 14 lm/W), Que les tubes fluorescents ne transforment guère que de l'ordre de 21 % de leur énergie en lumière (efficacité lumineuse courante de l'ordre de 80 à 85 lm/W, 100 lm/W pour les plus efficaces), Les LED transforment de l'ordre de 15 à 25 % de l'énergie électrique fournie en énergie lumineuse, leur efficacité, aujourd'hui encore de l'ordre de 70 à 75 lm/W pourrait être portée (avec de nouvelles diodes) aux alentours de 130 lm/W. Les défauts et les défis des LED Malgré ces avantages il est encore difficile d'utiliser les LED en éclairage général : Par suite de leur puissance lumineuse limitée, Par suite des caractéristiques un peu étroites de leur faisceau lumineux, Par suite de leurs caractéristiques colorimétriques, assez difficiles à maîtriser, Par suite de leurs coûts.

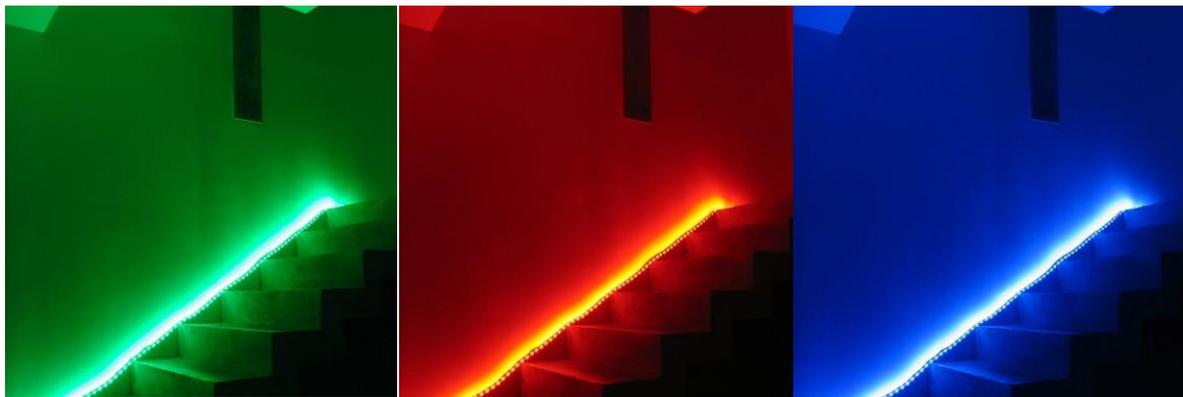
Il faut y ajouter leur mauvaise résistance aux fortes températures, ce qui peut obliger à prévoir des dispositifs de rafraîchissement, en particulier parce que la chaleur dégagée est beaucoup plus concentrée dans les LED qu'avec les autres types de lampes, Les caractéristiques lumineuses des LED Alors que le rayonnement lumineux, avec les lampes classiques, se répartit plus ou moins

dans toutes les directions (d'où les luminaires), les LED fournissent normalement un flux lumineux très directionnel. Mais ce flux lumineux n'est pas naturellement « blanc »



FigureII.9 LED

. Pour obtenir une lumière de couleur acceptable il faut généralement combiner plusieurs couches lumineuses, par exemple : une diode bleue, une diode verte et une diode rouge.



FigureII.10,11,12 LED des couleurs

L'ennui est que les trois puces de couleurs différentes n'ont pas exactement le même comportement dans le temps, ce qui entraîne une certaine évolution de la couleur dans le temps, le blanc ne restant pas strictement identique.

Actuellement le rendu des couleurs des diodes lumineuses correspond à un indice de rendu de couleur allant de 75 à 85.

On espère, néanmoins, pouvoir le porter à 85-90, voire même 95. 24 Le coût des LED A flux lumineux égal les LED coûtent actuellement (2010) : Près de 500 fois ce que coûtent des lampes à incandescence, Plus de 80 fois ce que coûtent les lampes fluo-compactes. Le seul espoir du

développement accéléré des LED est que leur prix baisse rapidement, si possible au rythme actuel où LED prix sont régulièrement divisés par deux chaque année.

La situation économique des LED devrait, donc, plus ou moins rapidement évoluer

Les modes de gestion

Le mode de gestion prédominant en matière d'éclairage public est celui de la gestion directe par les communes ou par leurs groupements.

Le marché de maintenance

Le marché public de maintenance a pour objet la réalisation de :

- L'entretien et la maintenance des installations d'éclairage public ;
- La réparation des installations d'éclairage public.

Il convient, au préalable, de définir de façon exhaustive les prestations de maintenance et les ouvrages concernés : l'éclairage des espaces publics, des illuminations festives, la mise en lumière des sites et des monuments.

- Le marché définit la consistance précise des prestations :
- Maintenance préventive ;
- Maintenance corrective ;
- Interventions non programmées ;
- Réponses aux DT, aux DICT et aux ATU ;
- Pose et dépose des illuminations festives ;
- Astreinte ;
- Constitution et mise à jour de l'inventaire ;
- Autorisations d'accès au réseau.

Pour une bonne gestion de la maintenance, il est indispensable que le marché définisse précisément le délai d'exécution de chaque prestation de maintenance et d'exploitation.

Le marché de travaux

Le marché a pour objet la réalisation de travaux de :

- Renouvellement des installations d'éclairage public ;
- Extension des installations d'éclairage public. Il convient d'y définir de façon exhaustive les travaux pour la ou les prestations à réaliser :
- Éclairage des espaces publics ;
- Illuminations festives ;

- Mise en lumière des sites et monuments ;
- Éclairage sportif ;
- Etc.

Il est recommandé de préciser si le prestataire devra être à même de soumettre le matériel et les fournitures à l'acheteur pour vérification de la conformité des matériels, notamment électroniques. Par ailleurs, rappelons que l'acheteur a la possibilité, soit, d'acquérir directement le matériel nécessaire dans le respect du code de la commande publique, soit, de demander au titulaire de lui fournir dans le cadre du marché. Dans le deuxième cas, le titulaire peut proposer le matériel à l'acheteur qui l'accepte où le refuse. L'acheteur peut également imposer un type particulier de matériel. L'acheteur peut également demander au titulaire de lui présenter des spécimens / échantillons.

2.6 Introduction sur Le logiciel DIALux :

DIALux est un logiciel développé par l'entreprise DIAL GmbH, plateforme de services pour les techniques du bâtiment et de l'éclairage. DIALux permet le calcul de la lumière du jour et de la lumière artificielle en extérieur ou dans un espace intérieur. Ce calcul repose sur la norme DIN 5034 (Deutsches Institut für Normung EV) et la publication 110 de la CIE. Les algorithmes de DIALux utilisent la méthode de la radiosité : les surfaces du modèle sont discrétisées en facettes et le rayonnement (émis et reçu) est calculé pour chacune des facettes. L'éclairement en chaque point est calculé sur base du bilan des rayonnements lumineux reçus et émis depuis les facettes. DIALux permet de calculer les éclairements, les facteurs lumières du jour, les luminances, et permet de réaliser des études d'ombrage ainsi que des rendus. Les possibilités de modélisation intégrées étape par étape permettent de créer des modèles simples, tandis que le logiciel permet l'importation de modèles conçus sur d'autres programmes de DAO pour des projets géométriquement plus complexes. Le maillage de calcul est entièrement paramétrable.

2.6.1 Présentation :

Pour créer un modèle, sélectionner « Nouveau projet d'intérieur » à l'ouverture du logiciel. L'interface « DIALux 4.9 » va ensuite s'ouvrir.

L'illustration de la page suivante reprend les fenêtres, les commandes, et les onglets fréquemment

Utilisés au cours de ce didacticiel. Quatre

Parties importantes se distinguent :

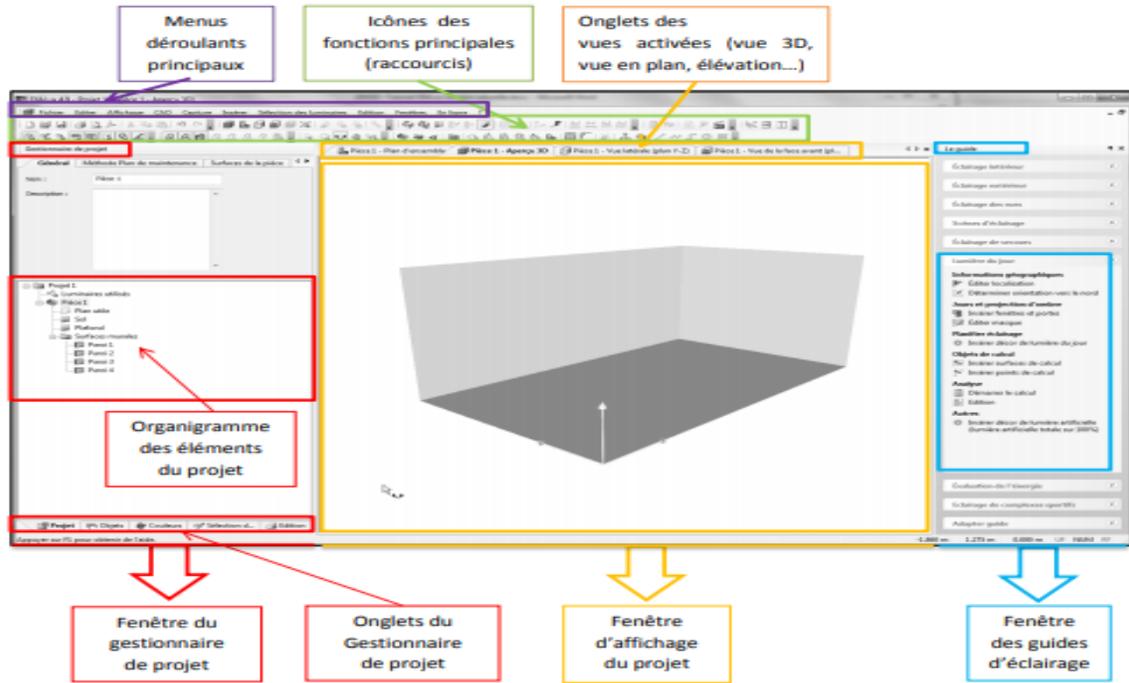
- La partie de « Gestionnaire de projet » reprend toutes les informations relatives au projet créé (géométrie, objets, luminaires, paramètres).
- La partie du « Guide » reprend plusieurs



Thématiques en rappelant les principales étapes de la simulation (création, édition, planification, calcul, analyse).

FigureII.13 Interface de DIALux

- La partie centrale est la fenêtre de représentation, et propose diverses vues sur le projet en cours (local, luminaires, ouvertures, plans de travail, zones de calcul) Enfin, la partie supérieure de la fenêtre contient les commandes de raccourcis ainsi que les menus déroulants principaux.



FigureII.14 Explication des raccourcis de DIALux

2.7 L'étude de la route de zone rural à Mostaganem- Algérie :

L'étude été effectuée a une route nationale N90A passé pas une zone rurale de WLAD BENBACHIR, commune SIYADA ces images ont été pendus à partir de satellite :

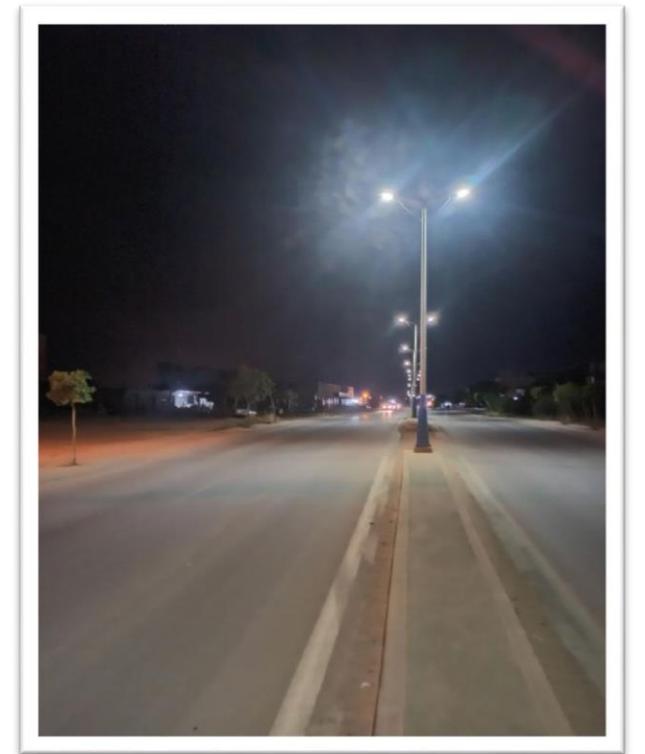
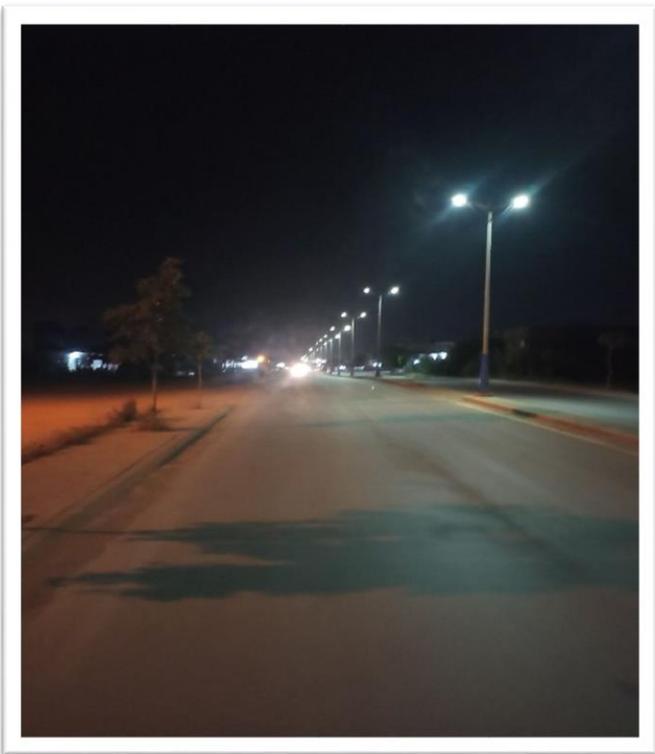


FigureII.15 Localisation de la route avec GOOGLE maps



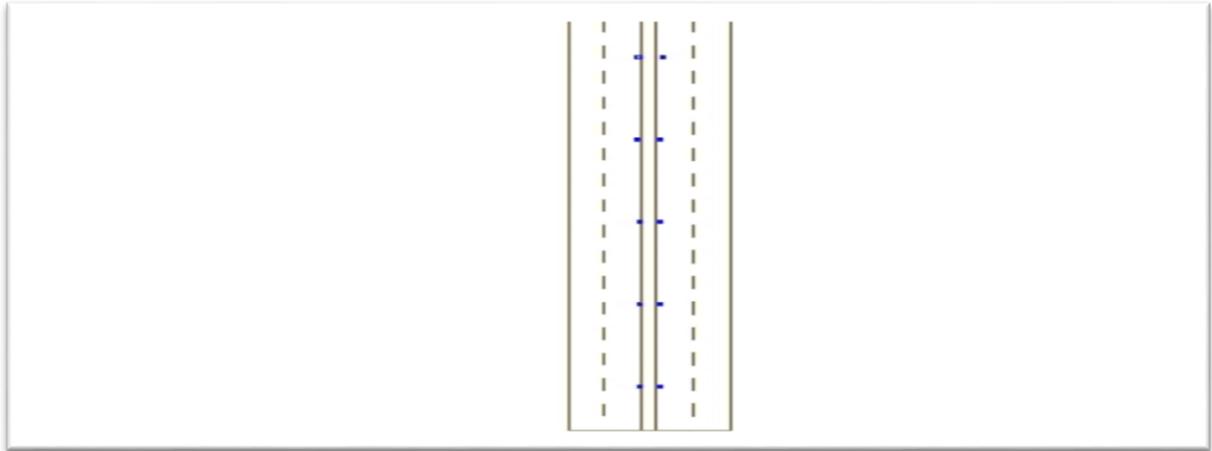
FigureII.16 Photo real à partir de GOOGLE maps

Quelques images réelles de la route (FigureII.17,18,19,20) Photos real de la route



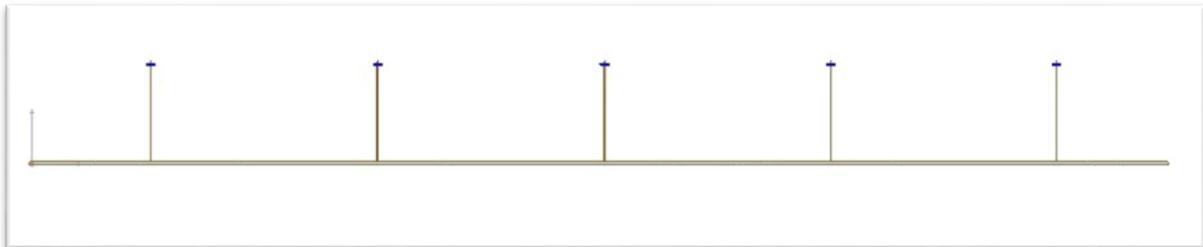
2.7.1 L'étude de cas :

- La distance entre 2 candélabres : 20m
- Une projection verticale sur la route



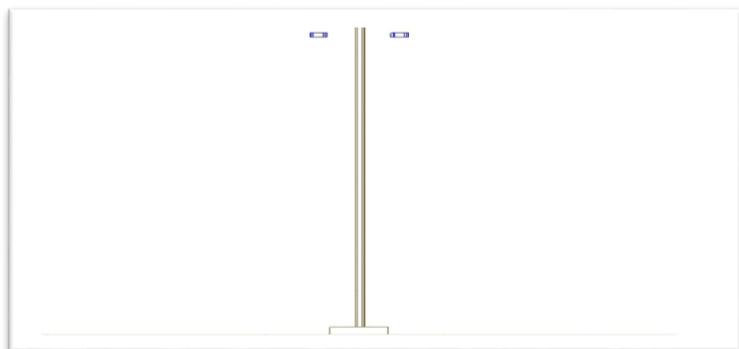
FigureII.21 Plan vertical avec DIALux

Une projection horizontale sur la route



FigureII.22 Plan horizontal avec DIALux

Un zoom in de la figure précédente



FigureII.23 Plan de condilabre

Etudes aux trottoirs entres les 2 candélabres :

Distance(m)\ LED allumés(lux)	2 LED allumés en 100%	1 LED allumé en 100% 2eme LED réduction de 70%	Les 2 LED réduction de 70%
0	5.6	5.4	0.6
4	3.4	3.2	0.47
8	3.7	2	0.3
12	4.9	1.6	0.5
16	5	3.8	0.6
20	5.8	5.2	0.7

Etude entre les 2 candélabres

Distance(m)\ LED allumés (lux)	2 LED allumés en 100%	1 LED allumé en 100% 2eme LED réduction de 70%	Les 2 LED réduction de 70%
0	21.2	18.4	2.9
4	10.4	6.1	1.5
8	4.1	2.8	1.1
12	4.2	2.5	0.9
16	9	5.1	1
20	17.7	9	2.3

Chapitre 2

- Moyennes des voitures passés : 204 voitures par heure

Pour faire l'étude on a fait :

- $P = H/2$, P : la distance entre les points de mesures
- $H/2=4$, P= 4 m

Pour calculer la valeur moyenne d'éclairage

Em1 : éclairage moyenne lorsque les 2 LED allumées ont 100%

Em2 : éclairage moyenne lorsqu'un des LED allumées a 100%

Em3 : éclairage moyenne lorsque Les 2 LED fonctionnent à 30%

Em = sommes des valeurs / nombres des pointes

Eclairage moyennes entre les 2 candélabres

$$Em1 = (21.2 + 9.4 + 4.1 + 4.2 + 9 + 17.7) / 6 = 10.930 \text{ LUX}$$

$$Em2 = (18.4 + 6.1 + 2.8 + 2.5 + 5.1 + 9) / 6 = 7.310 \text{ LUX}$$

$$Em3 = (2.9 + 1.5 + 1.1 + 0.9 + 1 + 2.3) / 6 = 1.610 \text{ LUX}$$

Eclairage moyennes aux trottoirs entre les 2 candélabres

$$Em1 = (5.6 + 3.4 + 3.7 + 4.9 + 5 + 5.8) / 6 = 4.730 \text{ LUX}$$

$$Em2 = (5.4 + 3.2 + 2 + 1.6 + 3.8 + 5.2) / 6 = 3.530 \text{ LUX}$$

$$Em3 = (0.6 + 0.47 + 0.3 + 0.5 + 0.6 + 0.7) / 6 = 0.528 \text{ LUX}$$

L'appareil de mesure lumière :

Luxmètre



FigureII.24 Photo real de luxmètre



FigureII.25 Luxmètre

2.8 Conclusion :

Après l'étude et les mesures on a conclu qu'il y a un manque d'éclairage entre les candélabres à cause des raisons suivantes :

- L'absence de maintenance quotidienne
- Le mauvais choix des luminaires
- La mauvaise commande de diminution d'éclairage
- L'augmentation d'éclairage de 30% à 100% au point se fait quand la voiture passe donc ça ne sert à rien cette augmentation
- L'utilisation des câbles souterrains lorsqu'on a des LED qui peuvent se fonctionner normalement avec les plaques photovoltaïques seulement

Chapitre III

La gestion d'éclairage et les solutions proposés

3.1 Introduction :

Dans ce chapitre on va proposer notre solution qui consiste à améliorer la gestion du système de commande, Pour cela, on va mentionner les différents éléments qu'on peut utiliser pour améliorer la gestion d'éclairage. Pour cela, on va développer certains capteurs dans le système.

Les luminaires LED, combinés à un ou plusieurs détecteurs de mouvement, nous permettent d'adapter l'éclairage aux besoins des usagers. Ils génèrent encore plus d'économies d'énergie que les systèmes de réduction de puissance traditionnels, tout en préservant la sécurité des usagers.

Deux types de lampes sont favorables pour les réseaux d'éclairage public, grâce à leur puissance, leur faible consommation d'électricité, leur efficacité et leur longévité : Les lampes sodium haute pression et les LED.

La technologie du LED possède plusieurs caractéristiques avantageuses et présente un grand intérêt pour le responsable de l'éclairage public souhaitant optimiser et développer le service d'éclairage public En effet, les principaux avantages du LED sont :

- Durée de vie : Plus de 50000 heures
- Efficacité lumineuse : jusqu'à 130 lumen/watt (efficacité du luminaire)
- Compatibilité avec le courant continu : alimentation directe par source solaire
- Economie d'énergie : 50% en remplacement des lampes Sodium haute pression, 80% en remplacement des lampes Mercure haute pression
- Confort et sécurité : uniformité de l'éclairage améliorée
- Bon rendu des couleurs : beaucoup mieux que les lampes sodium à haute pression
- Lumière instantanée : pas de temps de chauffe ni de refroidissement
- Maintenance aisée et moins onéreuse
- Éclairage flexible : possibilité de variation des intensités sur plusieurs paliers
- Gestion sans-fil des luminaires individuellement ou par groupes
- Éclairage dynamique permettant des jeux de lumières pour l'animation. L'éclairage LED peut produire des millions de couleurs grâce au mélange de couleurs de base rouge, bleu et vert.

L'équipement de gestion automatique d'allumage et d'extinction : [5]

L'éclairage public dans les espaces externes est uniquement nécessaire pendant la durée de manque de lumière naturelle. Deux technologies appropriées existent pour la gestion automatique de l'éclairage public, et elles sont exigées (décret 2006-432) : Détecteurs crépusculaires et interrupteur horaire (horloge)

3.2 Pourquoi utiliser des détecteurs de mouvement ? [4]

a) Économies d'énergie :

Les détecteurs de mouvement réduisent la facture énergétique et les coûts associés ainsi que les émissions de CO₂.

b) Sécurité :

Les détecteurs de mouvement permettent de fournir le bon éclairage au bon moment en milieu urbain et résidentiel. Ils ont un effet dissuasif sur les personnes malveillantes.

c) Bien-être :

Un mauvais éclairage a des effets négatifs sur l'ambiance générale de la zone considérée. Par contre un éclairage excessif peut affecter le confort des résidents. Ainsi les détecteurs de mouvement permettent de trouver le bon équilibre et de répondre aux attentes des différents usagers.

d) Préservation de l'écosystème :

L'éclairage artificiel peut dans certains cas affecter la biodiversité et perturber nos écosystèmes. Ainsi les détecteurs de mouvement permettent de limiter cet impact et de préserver les écosystèmes en utilisant une quantité modérée de lumière :

3.3 Les capteurs : [5]

a) Détecteurs crépusculaires

avec une cellule photoélectrique. Ils sont soit intégrés dans les équipements (par exemple un régulateur), soit il s'agit d'unités autonomes. Un éclairage commandé par interrupteur crépusculaire permet de façon automatique de déclencher l'extinction et l'allumage de l'éclairage public en fonction de la lumière du jour. Pour assurer la fiabilité et la précision de l'interrupteur, il est essentiel de positionner et d'orienter correctement le capteur de sorte à ne pas subir l'effet des sources lumineuses aléatoires ou ne pas être perturbé par des ombres. Il faut en outre le contrôler et le nettoyer régulièrement afin d'empêcher l'accumulation de poussière. Les interrupteurs crépusculaires peuvent être associés à des horloges afin de couper la commande pendant une partie de la nuit.

b) Interrupteurs horaires programmables

de préférence type horloge dite astronomique, numérique, ou mécanique. Ils sont normalement intégrés dans les coffrets de commande. Ce type d'horloges commande l'extinction et l'allumage de l'éclairage public à des heures spécifiques. Elles sont installées dans les armoires d'éclairage public. S'il ne s'agit pas d'une horloge astronomique, il faut la régler et l'actualiser régulièrement afin de suivre approximativement les heures de lever et de coucher du soleil.

			
<p>Détecteur crépusculaire intégrable</p> <p>Source : www.canac.ca</p>	<p>Détecteur crépusculaire</p> <p>Expos Source : www.energical.com</p>	<p>Horloge programmable Numérique</p> <p>Source : www.batiproducts.com</p>	<p>Horloge programmable mécanique</p> <p>Source : www.topelec.fr</p>

Figure III.1 Eléments d'éclairage intelligent

3.4 Les types de détections [4]

a) Détection simple :

Un détecteur à chaque point lumineux est nécessaire lorsque les personnes et/ou les véhicules arrivent de diverses directions.

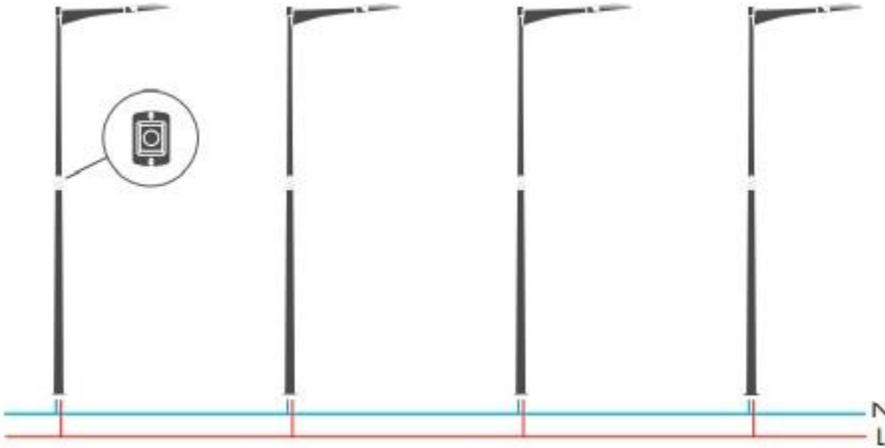


Figure III.2 Schéma explicative de détection simple

b) Fil pilote :

Un détecteur « maître » à chaque extrémité du cheminement donne le signal aux luminaires « esclaves » raccordés sur la même phase. Cette configuration en « fonction corridor » ne limite pas le nombre d'unités esclaves. Pour des projets plus complexes, il est possible d'ajouter d'autres unités « maîtres » afin de relayer la détection. Ce principe de câblage en fil pilote est idéal pour les projets neufs ou de rénovation totale avec refonte du réseau. Le câblage avec fil pilote est compatible avec différentes technologies de détection de mouvement : infrarouge passif (PIR), haute fréquence (HF) ou par effet Doppler (radar).

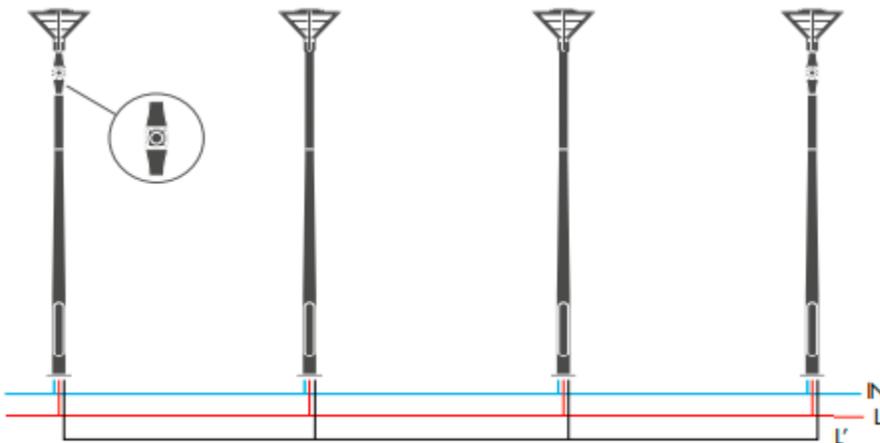
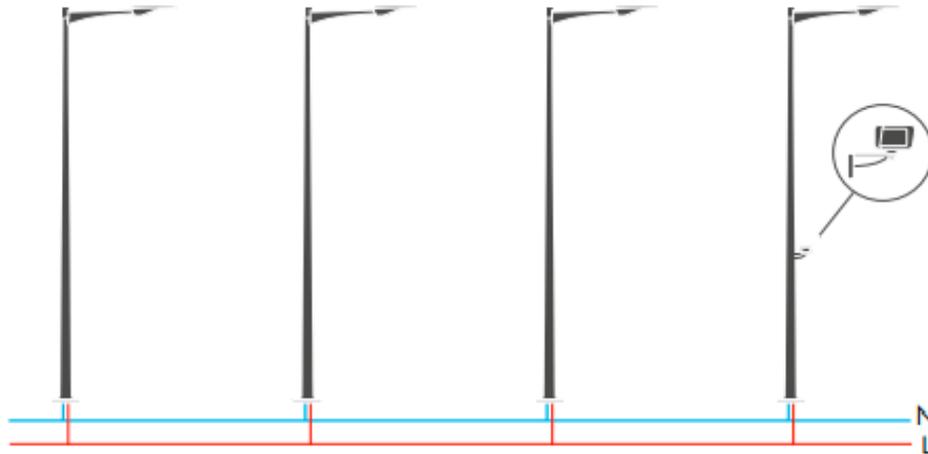


Figure III.3 Schéma explicative de détection radio

c) Radio-fréquence

L'unité « maître » donne le signal aux unités « esclaves » en utilisant les ondes radio, par l'intermédiaire d'un module de communication équipé d'une antenne. Cette solution est plus



FigureIII.4 Détections avec le radio fréquence

souple puisqu'elle ne nécessite pas de refonte du réseau existant. Elle offre des possibilités de programmation avancées sur site, comme par exemple le train de lumière, à l'aide d'un simple ordinateur portable. L'installation peut également être raccordée à un système de télégestion centralisé pour la remonté d'information comme le contrôle et la mesure de la consommation d'énergie. La configuration en radio-fréquence est compatible avec différentes technologies de détection de mouvement : infrarouge passif (PIR), ou par effet Doppler (radar).

Figure 35 schéma explicative de détection radar

3.5 Technologies disponibles : [4]

Compte tenu de leurs performances et de leur coût, nous avons retenu les technologies à infrarouge passif (PIR), à haute fréquence (HF) ou à effet Doppler (radar). Pour nos systèmes de détection de mouvement.

a) PIR :

Pour les applications piétonnes, les pistes cyclables et les parkings, la technologie à infrarouge passif (PIR) est la plus pertinente à ce jour. Le détecteur de mouvement intégré au luminaire ou déporté sur un mât est équipé d'une cellule qui capte la chaleur émise par les personnes en mouvement. La chaleur détectée est convertie en signal qui donne l'ordre au luminaire de remonter le niveau de puissance à 100 %. L'efficacité du détecteur peut être toutefois affectée par les températures extrêmes, lorsque la différence entre la température ambiante et la chaleur émise n'est pas significative. Le détecteur PIR peut être intégré à nos luminaires LED prévus.



Figure III.5 Schéma explicative de détection piétonnes

pour cette fonction ou bien déporté sur le mât, pour des performances optimales

b) Les détecteurs de mouvement à Haute fréquence :

Les détecteurs de mouvement à haute fréquence travaillent dans la bande de fréquence radio 5,8 GHz. Le mouvement d'une personne est détecté par la modification des ondes radio réfléchies. Nous avons sélectionné cette technologie pour l'éclairage des chemins piétonniers et des pistes cyclables avec la borne Adélie Slim et pour l'éclairage de routes d'accès à vitesse réduite avec la borne Orus LED. Le détecteur à haute fréquence est intégré dans la borne, derrière une porte d'accès en polycarbonate très résistante. Cette solution permet de générer de substantielles économies d'énergie sans affecter l'esthétique du point lumineux.



Figure III.6 Capteurs de mouvement

c) Radar :

Le radar à effet Doppler émet des micro-ondes et mesure l'écho réfléchi par les véhicules en mouvement rapide dans la zone ciblée. Cet écho est traduit en signal qui donne l'ordre aux luminaires de remonter le niveau de puissance à 100 %. Ce radar détecte uniquement les véhicules dont la vitesse est comprise entre 4 km/h et 90 km/h, à une distance maximum de 150 m. Il peut également être combiné aux détecteurs PIR lorsqu'il est nécessaire de détecter les piétons.

Cette technologie éprouvée est fréquemment utilisée dans les applications routières.



FigureIII.7 Photos des radars

3.6 COMMANDE DE L'ECLAIRAGE SUR DEMANDE :[6]

Allumer et éteindre des lampadaires selon le besoin réel est une mesure excellente afin d'économiser la consommation énergétique. Néanmoins, les divers systèmes ne sont pas également adaptés à cette technologie en évolution rapide. Elle est particulièrement intéressante pour les espaces publics utilisés peu fréquemment, comme des toilettes publiques, points publics de collecte des déchets, routes rurales peu fréquentées. Pour les espaces avec une sensibilité à la sécurité élevée, elle est déconseillée (par exemple pour les routes fréquentées, les espaces de circulation routière ou piétonne importants, et les espaces qui demandent une surveillance pendant toute la nuit).

Trois stratégies possibles existent :

- Programmer les horaires d'allumage et/ou de réduction d'intensité d'éclairage. Pour un système avec illumination diminuée, il est nécessaire d'installer des lampes graduables ou deux lampes non- graduables par lampadaire.
- Allumage des lampadaires individuels géré par des détecteurs de mouvement ou détecteurs de présence et avec un délai d'extinction programmable.

- Combinaison entre allumage programmé, fonction de lumière naturelle et/ou détection de mouvement. Cette option peut être utile par exemple si on souhaite diminuer l'intensité d'éclairage durant la nuit ou uniquement sur demande.

Il est intéressant d'intégrer des détecteurs de mouvement ou détecteurs de présence dans les systèmes d'éclairage branchés au réseau public mais cela dépend fortement du type de luminaire utilisé. Des interruptions irrégulières sont facilement possibles avec des luminaires LED. Les

lampes sodium à haute pression, utilisées souvent pour les lampadaires routiers et espaces publics, nécessitent une décharge assez régulière. En conséquence, les horloges programmables sont



Figure III.8 Schémas de détection

conseillées pour régler les heures de fonctionnement. En revanche, ne sont pas conseillées les détecteurs de mouvement.

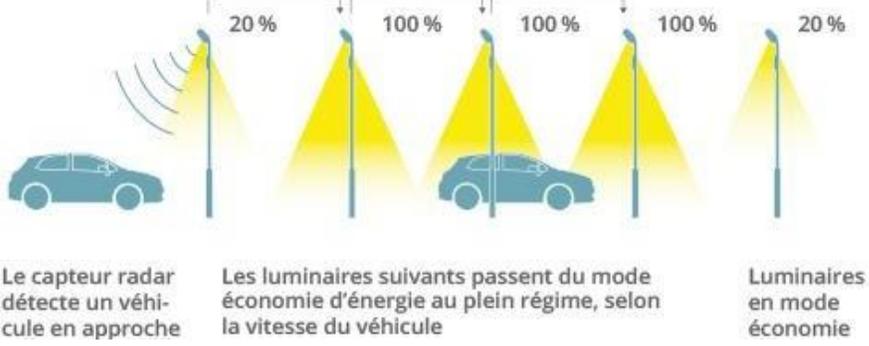
	 <p>Le capteur radar détecte un véhicule en approche</p> <p>Les luminaires suivants passent du mode économie d'énergie au plein régime, selon la vitesse du véhicule</p> <p>Luminaires en mode économie</p>
<p>Détecteur de présence sur un mat d'un lampadaire</p> <p>Source : www.selux.com</p>	<p>Exemple de mode de fonctionnement d'un système d'éclairage routier intelligente avec des détecteurs de mouvement</p> <p>Source www.ffestrada.ch</p>

Figure III.9 Schémas de gestion

En revanche, concernant les systèmes d'éclairage solaires isolés, un cycle de consommation régulier et homogène est idéal. Une décharge des batteries inégale à cause des interruptions erratiques entraîne leur dégradation rapide et la nécessité de les remplacer avant la fin de leur durée de vie normale. Par conséquent, les mesures visant à interrompre la durée d'éclairage nocturne de ces systèmes ne conviennent que dans une mesure limitée. Pour les systèmes solaires, sont faisables les interruptions régulières de longue durée, à gérer à travers des horloges

astronomiques programmables. Des détecteurs de mouvement sont uniquement conseillés pour les petits projecteurs isolés.

3.7 Pilotage d'éclairage intelligent

Paramétrer le réseau d'éclairage public est plus facile avec un **système informatisé de gestion centralisé**. Parmi d'autres fonctions, ce système permet normalement :

Le ré-paramétrage facile et rapide de l'ensemble ou de certaines parties du réseau, par exemple pendant des événements extraordinaires qui demandent une adaptation temporaire de la durée d'éclairage dans une zone de la Commune

La détection précise des pannes et des dysfonctionnements au niveau des points lumineux et des armoires électriques

Le suivi de consommation d'énergie par le réseau d'éclairage

La liaison du fonctionnement du réseau avec les conditions climatiques et le volume de trafic

La gestion des matériels et des ressources humaines liés à la maintenance du réseau

Un tel système consiste à avoir contrôleurs intégrés dans les armoires électriques avec une liaison aux points lumineux ou des contrôleurs individuels intégrés dans les points lumineux eux-mêmes. Les contrôleurs communiquent avec le poste de télégestion (un ordinateur, une tablette ou un Smartphone) via un réseau sans fil, par exemple WIFI ou radio.

a) Utilisation :

Les détecteurs de présence, associés ou pas à des boutons poussoirs, permettent d'aider les gestionnaires de bâtiments dans leur "quête" à l'économie d'énergie. Ces dernières années, leur domaine d'applications s'est considérablement étendu. En effet, outre la commande de l'éclairage intérieur et extérieur.

En éclairage, le détecteur de présence allume les luminaires lors de l'entrée de l'occupant et les éteint quelques temps après sa sortie. Une temporisation à l'extinction est nécessaire pour ne pas réduire la durée de vie des lampes par des cycles d'allumage/extinction trop fréquents.

b) Principe de fonctionnement :

Un détecteur de mouvements se différencie d'un détecteur de présence par sa grande sensibilité.

Différentes technologies existent sur le marché. La technologie à infrarouge (IR) est la plus répandue dans le domaine de l'éclairage. Cependant, quelques applications de gestion

d'éclairage, comme dans les sanitaires par exemple, font appel aux technologies ultrasoniques (US), combinées IR et US ou encore sonore.

3.8 Technologies des détecteurs : [6]

a) Détecteur à infrarouge (IR) :



FigureIII.10 Détecteur à infrarouge

Ils détectent le mouvement du corps humain par la mesure du rayonnement infrarouge (chaleur) émis par le corps humain. Ils sont dits "passifs" car ils n'émettent aucune radiation, contrairement aux détecteurs à infrarouge actif de type "barrière". Ils mesurent le rayonnement infrarouge émis par les surfaces chaudes.

b) Détecteurs ultrasoniques (US) :



FigureIII.11 Détecteurs ultrasoniques

Les détecteurs US sont de type émetteur/récepteur et fonctionnent sur le principe de l'effet Doppler. Toute onde ultrasonique (32 kHz à 45 kHz) émise par le détecteur qui rencontre un objet sur son parcours, "rebondit" en direction inverse avec une fréquence différente. Le détecteur est capable de mesurer l'écart de fréquence et de générer ainsi un signal de présence. Les détecteurs US ont une portée limitée mais peuvent détecter des mouvements mineurs et ce même autour de certains obstacles.

c) Détecteurs à double technologie :



Figure III.12 Détecteurs à double technologie

Les détecteurs de présence à infrarouges risquent de ne pas détecter les mouvements légers. Par contre des détecteurs à ultrasons peuvent être trop sensibles et risquent de déclencher l'allumage de l'éclairage lors du passage "d'une mouche". Pour éviter cet inconvénient tout en gardant une sensibilité importante, certains détecteurs, appelés "détecteurs à double technologie" combinent ultrasons et infrarouge.

Cette combinaison permet d'augmenter la fiabilité des détecteurs et élimine les détections indésirables.

d) Détecteurs sonores :

Comme son nom l'indique les détecteurs sonores réagissent au bruit. Cette technologie pourra être utilisée dans les sanitaires par exemple. Pratiquement, on n'utilisera qu'un seul détecteur de ce type dans les communs des sanitaires sans être obligé d'en placer un dans chaque WC.

e) Détecteurs "intelligents" :

Ce type de détecteur à double technologie enregistre pendant plusieurs mois le mode d'occupation du local et adapte automatiquement sa sensibilité.

3.9 Notre Solution à propos de la gestion :

Cette étude est basée sur l'utilisation des dos d'ânes pour manager la gestion d'éclairage dans cette zone rurale, on va entamer la définition des dos d'ânes (ralentisseurs), les capteurs de pression ainsi que la solution qu'on va mettre pour optimiser et réduire la consommation d'énergie ainsi que corriger la mauvaise gestion qu'elle a été mentionnée dans la conclusion du chapitre II.

Dans notre solution on va utiliser les ralentisseurs passe câbles avec des capteurs de pression relier avec un nombre des candélabres qu'on va utiliser pour augmenter l'éclairage lors d'un passage d'un véhicule

Dans cette étape on va relier ce capteur de pression avec la carte maître et on le place sur le premier candélabre et on place des cartes esclaves dans les candélabres qui restent .



Figure III.13 : la zone de OULED CHIR

a) Définition d'un ralentisseur « dos d'ânes » :

Le terme **ralentisseur** peut désigner un « dos-d'âne », un coussin berlinois ou tout passage surélevé (souvent limité à 30 km/h) destiné à forcer les ralentissements des véhicules empruntant l'axe concerné.



Figure III.14 : dos d'ans passe à câbles

b) Définition des capteurs de pressions :

A-Définition de la pression en tant que quantité mesurée : La pression est définie comme la force appliquée par un liquide ou un gaz sur une surface et est généralement mesurée en unités de force par unité de surface. Les unités communes sont le Pascal (Pa), le Bar (barre), N / mm² ou psi (livres par pouce carré).

B-Définition d'un capteur de pression : Par conséquent, un capteur de pression est un instrument composé à la fois d'un élément sensible à la pression pour déterminer la pression réelle appliquée au capteur et de certains composants pour convertir cette information en un signal de sortie.



Figure III.15 : capteur de pression

Loi de pression :

La pression = la force (N) / la surface (m²)

La force = la masse (kg) × g

g= 9.81

Caractéristique de la route :

La vitesse maximale dans cette route elle est limité entre 50 et 60 Km/h



Figure III.16 .17 : les plaques signalétiques de vitesse

La longueur de l'autoroute étudiée est de 2Km avec un nombre de ralentisseurs de 14, sur chaque côté 7 ralentisseurs et un nombre de candélabres de 97. Les ralentisseurs sont faits pour les déviations

Puisqu'on a une désorganisation des déviations, on va relier le capteur avec les candélabres qui existent après ce point pour augmenter leurs éclairagements de 30% à 100%, après le passage d'un véhicule, on met un temps de 20 secondes pour réduire cet éclairage pour revenir à 30%

On fixe la détection de ces capteurs à 50KG pour réunir les voitures, les motos et les vélos.

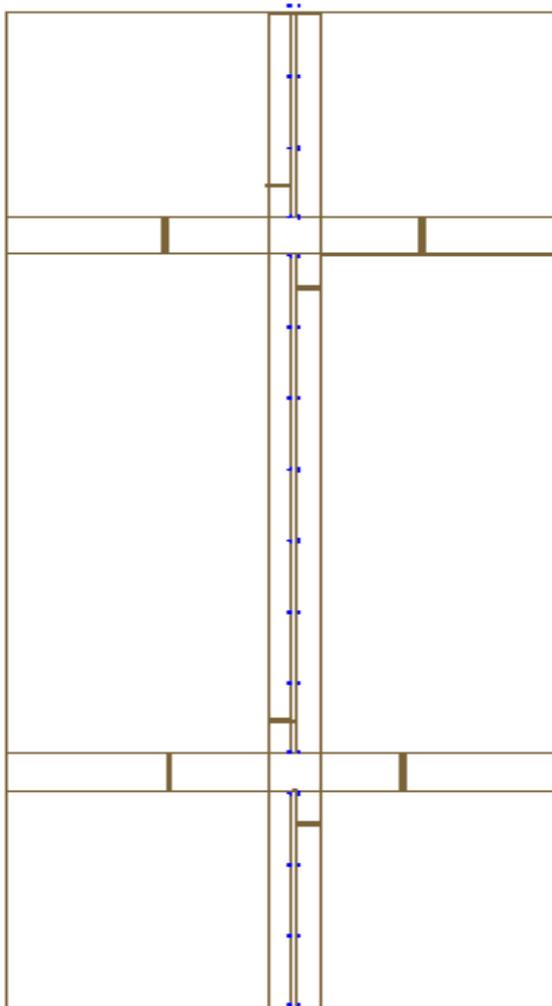


Figure III .18 schéma de la route avec DIALUX

On pose ce ralentisseur avant 2 m de la déviation.

On peut aussi utiliser les capteurs de haute fréquence avec l'aide du logiciel PHOTOSHOP on a pu modifier la photo en posant le capteur pour plus de détails.



Figure III 19 : détecteurs de mouvement à haute fréquence



Figure III.20 : avant la modification avec PHOTOSH



Figure III.21 : après la modification avec PHOTOSHOP

Dans cette étude qui a précédé on peut dire que la réalisation ne peut pas être effectuée dans notre pays à cause de vols, les accidents qui peuvent se produire

Remarque :

Dans ce travail qui a été effectué par l'entreprise on a remarqué des surfaces manquant d'éclairage et la distance entre les candélabres est de 20 mètres (conforme avec le règlement

d'inter distance entre les candélabres) et à partir de ça on propose d'utiliser des luminaires qui contiennent une surface d'éclairage supérieure.

3.10 Conclusion

On conclue dans ce chapitre que l'utilisation d'éclairage artificiel est un pas pour un simplicité le domaine de gestion d'éclairage, utilisant un de ces system va nous économiser la consommation ainsi le coût.

Conclusion générale :

Dans ce travail, nous avons effectué un stage au niveau de USINE DE CALBLERIE GISB où nous avons maîtrisé le logiciel Dialux et l'emploi du. Éléments d'éclairage ainsi que la gestion d'éclairage

Nous avons fait des sorties sur terrain dans le but de dimensionner le pratique étudié. Après avoir fait des recherches bibliographiques poussées sur l'éclairage public général et l'éclairage public intelligent en particulier, nous avons axé notre travail sur la zone « route nationale N90A passé pas une zone rurale de OULED BACHIR, commune SAYADA » où nous avons proposé une solution pour régler les problèmes diagnostiqués.

Bibliographie

[1] - SARTAK, RAMDANE, IDDA, BOUBEKEUR, MASMOUDI, Med, et al. Etude et simulation d'un dispositif de Commande d'éclairage public. 2018. Thèse de doctorat. Université Ahmed Draia-ADRAR.

[2] - MAHFOUD, A. et FATHI, M. 1: Présentation du système d'éclairage solaire et composant LEDs

[3] - La Houille Blanche.

[4] - Thorb movU solution de détection de mouvement pour l'éclairage extérieur

[5] - guide technique module 3 éclairage public

[6] - <https://www.satel.eu/fr/product/198/SILVER,D%C3%A9tecteur-double-technologie>
Consulté le 14 juin

[7] - https://www.baumer.com/ca/fr/service-assistance/fonctionnement/le-fonctionnement-et-la-technologie-des-capteurs-de-pression/a/Know-how_Function_Pressure-sensors Consulté le 26 juin