Institut International d'Ingénierie

Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar

CONTRIBUTION AU RENFORCEMENT DES CAPACITES DE L'ASECNA EN EFFICACITE ENERGETIQUE : CAS DE L'ASECNA LOME

Mémoire pour l'obtention du
MASTER SPECIALISE EN GESTION DES INFRASTRUCTURES ET SERVICES
OPTION : ENERGIES RENOUVELABLES

Présenté et soutenu publiquement le [Date] par :

Komlan Dominique Tavio DAKO

Travaux dirigés par : Nyemabuo Mawuenam Komi N'KONOU
Ingénieur en Génie Electrique etEnergies Renouvelables
Cadre de Maintenance énergie et balisage,
Point Focal Eco-Energie de l'ASECNA TOGO.

Jury d'évaluation du stage :

Président : Prénom NOM

Membres et correcteurs : Prénom NOM
Prénom NOM
Prénom NOM

Promotion [Octobre 2013]

DEDICACES

A

Mon Seigneur et Sauveur Jésus-Christ ;

Mon Feu père DAKO Kowanou Raphaël ;

Ma mère GOSSOU Konouchi ;

Ma Bien aimée KPONOUGLO Mawukpégna ;

Mes enfants Christelle, Emmanuella et David ;

Mon grand frère et inspirateur DAMADOU Kossi Kogbédji ;

Mes autres frères et sœurs ;

Toute la famille DAMADOU-DAKO ;

Monsieur SOUKOU Koffi Bhona Gbesindé ;

Tout le personnel de l'ASECNA ;

Tous les promotionnaires de 2iE ;

Tous les distributeurs de Forever Living Product Togo et Burkina Faso ;

Tous ceux qui n'attendent que de Dieu et de leurs propres efforts.

REMERCIEMENTS

Tous mes remerciements sont à adressés à :

Monsieur N'KONOU Komi M. N., mon maître de stage ;

Monsieur Emmanuel N'JAKOU, Enseignant- Chercheur à 2iE ;

Monsieur ANOBA Yao Kuma, Chargé des Activités de Maintenance des InfrastructuresRadioélectriques et Informatiques à l'ASECNA -TOGO;

Tout le personnel de maintenance énergie et balisage de la centrale électrique de l'ASECNA TOGO;

Monsieur LAOGBESSI Tchitchi-Thè Egbesem, Météorologiste, Chef de Division Administrative et Financière à la Direction de la Météorologie nationale ;

Monsieur OURO-LADJO Féziréwé, Météorologiste, Chef Unité Réseau- Prévision-Protection ;

Tout le personnel de la maintenance des infrastructures génie civile de l'ASECNA TOGOpour m'avoir fourni les informations sur le patrimoine de l'Agence ;

Tout le personnel du bureau de gestion de l'Information aéronautique de l'ASECNA TOGO.

Monsieur SOUKOU Koffi Bhona Gbesindé, Ingénieur Statisticien pour m'avoir donné des outils statistiques pour les analyses de données ;

Monsieur AGBETI Francis, Statisticien économiste.

RESUME

Ce mémoire porte sur le thème « **CONTRIBUTION AU RENFORCEMNT DES CAPACITES DE L'ASECNA EN EFFICACITE ENERGETIQUE** ». Traité pour l'obtention du Master spécialisé en Gestion des Infrastructures et Services Option Energies Renouvelables (M2 GIS ER), il vise l'apport de sa contribution au programme de renforcement des capacités de l'ASECNA arrêté entre cette dernière et l'IFDD (Institut Francophone pour le Développement Durable).
Ce programme, bien qu'ayant connu un retard dans sa mise en œuvre a déjà gagné une prise de conscience des décideurs de l'Agence vis-à-vis de la notion d'efficacité énergétique et de ses retombées en matière de développement durable. Le cas spécifique de la représentation de l'Agence au TOGO qui a connu des antécédents à ce programme a fait l'objet d'attention de notre étude.
L'analyse des antécédents et du rapport d'audit effectué à cet effet ressort des mesures d'efficacité énergétique actives proposées qui ont été mises en application dans une faible dimension. Sur des économies d'énergie (respectivement financières) escomptées de **311 197 KWh/an** (respectivement **33 987 731 FCFA/an**), l'ASECNA TOGO n'a réalisé en 2013 que **67 095 KWh** d'économie d'énergie pour une économie financière de **8 537 759 FCFA**. Ces éléments constituent néanmoins des références au niveau de l'Agence et des indicateurs montrant que l'efficacité énergétique est une réalité et ne nécessite que la volonté des décideurs et des usagers. L'audit ayant amené à ces résultats, a laissé en perspective l'étude de l'isolation thermique des bâtiments, des mesures de réductions des charges du balisage lumineux de l'aérodrome, l'étude technico-économique du projet et en passant l'étude du lien entre le climat et la consommation des bâtiments. Ces points constituent la partie essentielle de notre projet.
La collecte des données nous a amené à une modélisation thermique en particulier et énergétique en général des bâtiments.
Les données ont permis d'étiqueter sur le plan énergie et sur le plan climat, le bloc technique et le bâtiment administratif (représentation). Il ressort pour les deux bâtiments, suite à la méthode de calcul détaillée des gains de chaleur, que les apports thermiques des toits et des vitrages sont les plus importants (entre **30%**et **37%)**, suivi des apports par les murs (entre **16%** et **22%**), des apports sensibles internes (**11%** à **14%**) et des faibles apports latents internes. L'étude des corrélations montre des flux thermiques largement au-dessus des ratios recommandés.
Sur la plan de la consommation énergétique, les deux bâtiments se révèlent énergivore (classe **F** pour la représentation et **G** pour le bloc technique), dans le système Français de classification. De même l'impact environnemental de la consommation de chaque bâtiment les classe parmi les plus grands contributeurs aux émissions de gaz carboniques (CO_2) dans la nature (Etiquette **E** pour la représentation et **F** pour le boc technique). Il ressort aussi que les deux bâtiments mobilisent à eux seuls presque **60%** de la consommation totale et pour chacun, la climatisation domine avec plus de **65%** des charges de consommation suivi de l'éclairage (autour de **16%**).
Pour les autres bâtiments, seul l'aspect consommation énergétique a été étudié. Le balisage lumineux de l'aérodrome a été étudié comme une entité à part ainsi que les shelters abritant les équipements d'aide à la navigation aérienne (Navaids). Chacune de ces entités ne consomment que moins de **10%** de la charge totale alors que l'architecture du réseau de distribution servant à leur alimentation révèle une gourmandise financière

(Investissement pour l'installation et coût de maintenance avec des indices de risques liés à la fourniture d'énergie très élevées au cours des travaux dans les zones relatives).
Une étude statistique de la ressource solaire montre une disponibilité de celle-ci et a permis d'établir que les mois les plus consommateurs sont liées en partie au climat. Le lien avec les activités n'a pas pu être suffisamment établi sauf évidemment les mois de Décembre et Janvier où le balisage est le plus sollicité à cause de l'harmattan qui affecte les conditions de visibilité des pilotes.

Pour ne citer que ces diagnostics, l'étude nous permet de proposer des mesures d'efficacité énergétiques passives notamment l'isolation thermique des vitrages par des films solaires réfléchissants. Les mesures actives proposées sont entre autres :

- L'introduction des puits de lumière et luminaires à LED dans le système d'éclairage ;
- La réduction des durées d'utilisation des climatiseurs et de l'éclairage par des détecteurs de présence ;
- Installation et réglages de relais RTA sur les circuits de climatiseurs
- La sensibilisation continue du personnel ;
- La réduction progressive de la puissance souscrite suivant la mise en œuvre du programme ;
- La mise en œuvre du balisage lumineux à LED ;
- La modification de l'architecture actuelle du réseau de distribution de l'énergie lors des prochaines réhabilitations des installations techniques par l'ASECNA ;
- L'alimentation des shelters Navaids par une source autonome d'énergie solaire photovoltaïque.

Si l'ASECNA met en œuvre toutes ces mesures, elle réaliserait chaque année une économie d'énergie de **460 573KWh** (environ 37% de réduction) par rapport à la situation de 2014. La facturation se fait en triple tarif: 86FCFA/KWh en heures pleines, 96FCFA/KWh en heures de pointe et 77FCFA/KWh en heures creuse et une contribution à l'éclairage public est facturée à 2FCFA pour chaque KWh consommé (Voir Facture en Annexe 19)**.** Sur cette base, l'économie d'énergie escomptée correspond à une économie financière de **32 009 380 FCFA** soit **27.26%** de réduction par rapport à 2014 bien que toutes les mesures proposées n'aient pas été optimisées au niveau de tous les locaux. La politique d'efficacité énergétique débutée depuis 2012 amènerait alors l'ASECNA TOGO à plus de **33%** de réduction de factures énergétiques qui est au-dessus de l'objectif **30%** fixé par l'ASECNA et l'OIF.
Bien que les mesures n'aient pas permis d'améliorer de façon notoire les étiquettes 'énergie' et 'climat', les flux thermiques à travers les vitrages et les gains sensibles internes ont été ramenés dans les limites des ratios recommandés.
L'étude technico-économique révèle un investissement (hors acquisition du balisage à LED) de **231 319 830 FCFA.** Aussi, une simulation a-t-elle permis de proposer un chronogramme d'investissement avec les fonds propres générés par le programme lui-même et qui permettra de mettre en œuvre la plus grande partie avant **2018**.
Le réchauffement climatique de la planète sera aussi ralenti par la réduction des émissions de CO_2 de **124 .82 tonnes**.

Mots Clés :

1. ASECNA
2. Efficacité énergétique
3. Flux thermiques

4. Films réfléchissants
5. Energie solaire photovoltaïque
6. Audit énergétique
7. Environnement

ABSTRAT

The topic of this study is "**CONTRIBUTION TO THE CAPACITIES REINFORCEMENT OF ASECNA IN ENERGY EFFICIENCY**". It's been done in order to obtain the Masters' degree In Services and Infrastructures Management, Renewable Energies Option. The main purpose is to contribute to the out-coming program from the agreement signed between ASECNA and IFDD (Francophone Institute of Sustainable Development) in order to reinforce the capacities of ASECNA in energy efficiency.

This program, although it's not well followed up, permits the high sensitization of the main officers of the agency onto the energy efficiency concept.

The specific case we studied is the one of ASECNA TOGO that has anticipated this program by taking some solutions to master and reduce the increasing energy consumption. The energy audit done at this occasion proposed some solutions. A few parts of those solutions were applied. Over the expected energy saving of **311 197 KWh** and financial saving of **33 987 731FCFA,** only **67 095 KWh** and **8 537 759 FCFA**weresaved in 2013. Anyway, those results are the references to prove to the whole Agency that energy efficiency is not a dream. It just needs the will of both deciders and users.

The audit those results are from, left some perspectives as the thermal isolation of buildings, energy saving on the Airfields' lighting, the technical-economic indicators on the necessary investment and the return on Investment, and the depending link between the local climate and the energy consumption of the buildings. Our study concentrated mainly on those aspects.

The study passed through a data collection which leaded us to an energy model of the buildings and specially the thermal model of the administrative bloc (named 'Representation') and the technical bloc (Bloc technique). The out-coming indicators are the 'energy' and 'climate' tag of the concerning buildings.

For the thermal gains calculations, we used the retailed method and we noticed with both the two buildings that roofs and glazing are the main heat vectors (**between 30% and 37%** of the total gains), followed by the walls gains (**between 16% and 22%**), he internal sensate gains (**between 11% and 14%**) and some low internal latent gains. The established correlations show that the thermal fluxes are largely above the recommended ratios.

After the Energy Consumption Index calculation we can attribute to 'Représentation' and 'Bloc technique' respectively the 'energy tags'**F** and **G** (**High consumption**) in the French classification system while the 'climate tags' are respectively**F** and **E** (**high CO_2 emitting**).

Those two buildings are consuming more than 60% of the total consumption and in each one, Air conditioners take part with more than **65%** of the energy consumption. The second source of consumption is lighting with about **16%.**

For the other buildings we've just studied the energy consumption. The consumption of the airfield lightings and the navigation systems shelters (Navaids), had been studied each one as a single part. Despite their low energy consumption (**less than 10%** for each one), the distribution system which has been implemented for their power supply needs much

investment (installation and maintenance). This system has also a high risk index for the frequent construction sites in those areas.
A statistical study of the solar resource permitted us to affirm its availability and the dependence link between the high energy consuming months and the climate. The depending link with the agency's activities has not been established apart from the obvious case of December and January when visibility conditions are very low, due to harmattan, and the airfield lighting is used the most.

After those studies, we proposed some passive and active energy efficiency solutions in order to reduce the energy consumptions and increase thermal comfort in the buildings. They are:

- Thermal isolation of the glazing with solar reflective films;
- Solar natural lighting spots and LED lighting system;
- Optimization of the using time of lighting and air conditioners with Presence detectors;
- Installation and setting of time relays on air conditioners circuits
- Continuous sensitization of the work force;
- Progressive reduction of the power subscription;
- LEDs in the Airfield lighting system;
- Modification of the Power distribution system;
- Power supply of the Navaids shelters with photovoltaic solar energy.

If ASECNA implements all those solutions, she can save annually**460 573 KWh (37% reducing) and 3 009 380 FCFA (27.6% reducing)**, comparing to 2014's situation, although the non-optimization of all the solution in all the buildings. We should then be at **33%** of reducing on the energy bills comparing to the 2012 situation, reaching so, more than the **30%** goal fixed by ASECNA and OIF (Francophone International Organization).

The efficiency solutions we propose could not change significantly the 'energy' and 'climate' tags of the concerning buildings, but leaded to thermal fluxes in best limits with the recommended ratios.

Reaching those standards needs an investment of **231 319 830 FCFA**(apart from the airfield lighting acquisition)**.** A simulation with the own funds generated by the program itself can project the most part of this program to be realized before **2018**.

The environment's benefit of this project is the slowing down of the planet's climatic heating by avoiding the emission of **124.82tones** ofcarbonic dioxide (CO_2)in the atmosphere.

Key words:

1. ASECNA
2. Energy efficiency
3. Thermal flux
4. Reflective film
5. Photovoltaïc solar Energy
6. Energy Audit
7. Environment

LISTE DES ABREVIATIONS

AAN : Activités Aéronautiques Nationales
ADEME: Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AIGE: Aéroport International GNASINGBE Eyadéma
APS: Advanced Power supply
ASECNA : Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar
BLT : Bloc technique
BTU/h: British thermal Unit per hour
CCNUCC : Convention Cadre sur les Changements climatiques
CEET : Compagnie Energie Electrique du Togo
CO2 : Dioxyde de Carbone
CSOP : Comité de Suivi Opérationnel
CV : Cheval Vapeur = 746 watts
DME: Distance Mesurement Equipment
DMN : Direction de la Météorologie Nationale
EF : Energie final
EnR : Energie renouvelable
EP : Energie primaire
GES: Gaz à Effet de Serre
KVA: Kilo Volt Ampere
KWh: Kilowatt heure
LED: Diode électroluminescente
Navaids: Aides à la Navigation Aérienne
MEI: Mémorandum d'Echange Interne
OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale
OIF : Organisation Internationale de la Francophonie
PRISME: Programme International de Soutien à la Maîtrise de l'Energie
PDSE : programme de développement du secteur de l'électricité
PV: solaire Photovoltaïque
SMI: Système de Management Intégré
SMS: Système de Management de la Sécurité
SMQ: Système de Management de la Qualité
SW: Sud-Ouest
VOR: Very high Frequency OmniRange

TABLE DES MATIERES

DEDICACES i
REMERCIEMENTS ii
RESUME iii
ABSTRAT v
LISTE DES ABREVIATIONS vii
TABLE DES MATIERES viii
LISTE DES TABLEAUX xi
LISTE DES FIGURES xii
LISTE DES PHOTOS xii
LISTE DES GRAPHIQUES xiii
Chapitre I : INTRODUCTION 1
I-1. Contexte du travail 1
I-2. Objectifs du travail 1
I-3. Méthodologie du travail 1
I-4. Résultats attendus 2
I-5. Présentation de la structure d'accueil 2
Chapitre II : GENERALITES SUR L'EFFICACITE ENERGETIQUE 5
II-1. L'efficacité énergétique 5
II-2. La politique d'efficacité énergétique à l'ASECNA 6
II-2-1. Les éléments précurseurs 6
II-2-2. L'accord ASECNA-IFDD 7
II-2-3. L'accord ASECNA-OIF 7
II-3. Etat de mise en œuvre du programme de renforcement des capacités de l'ASECNA en efficacité énergétique 7
II-4. Efficacité énergétique à l'ASECNA TOGO : Représentation à Lomé 8
Chapitre III : IMPACTS DE LA POLITIQUE D'EFFICACITE ENERGETIQUE A L'ASECNA LOME 9
III-1. Eléments d'audits énergétiques de l'ASECNA Lomé 9
III-2. Mise en œuvre des mesures proposées 11
III-2-1. Economies d'énergie et économies financières réalisées 11
III-2-2. Analyse critique 12
Chapitre IV : LES SOURCES D'ENERGIES RENOUVELABLES DU SITE DE LOME 13
IV-1. Situation géographique et données climatiques 13

IV-2. Etude Statistique de l'irradiation solaire sur le site de Lomé 16
IV-2-1. Collecte des données 16
IV-2-2. Comparaison des données de la station météo et desdonnées satellitaires de la base HélioClim 1 17
IV-2-3. Profil des données de l'irradiation sur le site de Lomé 22
IV-2-4. Interprétation des courbes et des données 23
IV-2-5. : Corrélation avec la consommation des bâtiments 24
IV-2-6. Irradiance global sur un plan horizontal et sur un plan vertical 24
IV-3. Etude des ressources de vent du site de l'AIGE 25
IV-4. Contraintes aéronautiques et avantages liés aux deux sources d'énergie 25
Chapitre V. COMPLEMENTS D'AUDIT ENERGETIQUE DEL'ASECNA LOME 27
V-1. Etat énergétique des bâtiments 27
V-1-1. La représentation 27
V-1-1-1. Enveloppe du bâtiment 27
V-1-1-2. Description de l'éclairage 28
V-1-1-3. Climatisation 29
V-1-1-4. Autres équipements électriques et bureautique 30
V-1-1-5. Estimation de la consommation électrique et répartition par poste 32
V-1-1-6. Bilan thermique 33
V-1-1-7. Etiquettes 'Energie' et 'Climat' 39
V-1-1-8. Analyse et interprétation des résultats 41
V-1-2. Le bloc technique 41
V-1-2-1. Enveloppe du bâtiment 41
V-1-2-2. Eclairage 42
V-1-2-3. Climatisation 43
V-1-2-4. Autres équipements électriques et bureautique 44
V-1-2-5. Estimation de la consommation annuelle et répartition par poste 46
V-1-2-6. Bilan thermique 47
V-1-2-7. Etiquettes 'Energie' et 'Climat' 53
V-1-2-8. Analyse et interprétation des résultats 53
V-1-3. La centrale électrique 54
V-1-4. Le magasin GST 56
V-1-4. Les postes de transformation et les shelters Navaids 56
V-1-5. Le balisage lumineux 59
V-2. Répartition des charges de consommation par bâtiment et par poste 63
V-2-1 Répartition de la consommation par bâtiment 63

V-2-2 Répartition par poste de consommation 64
V-2-3 Interprétations 65
V-3. Architecture du réseau de production et distribution électriquede l'ASECNA TOGO 66
Chapitre VI : PROPOSITIONS DE SCENARII DE MESURES D'EFFICACITE ENERGETIQUE.... 68
VI-1. Sensibilisation continue 68
VI-2. Maîtrise de la demande en énergie..... 68
VI-3. Révision du contrat de fourniture d'énergie avec la CEET 70
VI-4. Eco-rénovation des bâtiments 70
VI-4-1. Isolation des vitrages par des films réfléchissants 70
VI-4-2. Introduction de l'éclairage à LED et des puits de lumièrenaturelle..... 71
VI-4-3. Les détecteurs de présence pour la climatisation et l'éclairage 73
VI-4-4. Proposition de balisage lumineux économique 73
VI-4-5. Amélioration de l'architecture du réseau de distributionélectrique de l'ASECNA Lomé 74
VI-4-5. Alimentation solaire autonome des shelters Navaids..... 74
Chapitre VII : ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE DES SCENARII PROPOSES 78
VII-1. Economies escomptées de la sensibilisation 78
VII-2. Economies escomptées de la maîtrise de la demande en énergie..... 78
VII-3. Economies escomptées de l'éco-rénovation des bâtiments..... 79
VII-3-1. Economies escomptées de l'isolation des vitrages par des filmsréfléchissants..... 79
VII-3-2. Economies escomptées de l'introduction des puits de lumièreet/ou avec de l'éclairage à LED 82
VII-3-3. Economies escomptées de la substitution des luminaires pardes lampes à LED.. 84
VII-3-4. Economies escomptées des détecteurs de présence 88
VII-3-5. Economies escomptées de la mise en œuvre du balisage à LED..... 89
Chapitre VIII : RECAPITULATIF ET PROPOSITION DE CHRONOGRAMME DE MISE EN ŒUVRE DES SCENARII..... 91
Chapitre IX : ETAT ENERGETIQUE DES BATIMENTS APRES LES MESURESD'AMELIORATION 93
IX-1. Les apports thermiques après les mesures d'amélioration..... 93
IX-2. Les étiquettes 'énergie' et 'climat' des bâtiments après lesmesures d'amélioration 96
Chapitre X : RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES 98
Chapitre XI : CONCLUSION..... 99
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES..... 101
ANNEXES ..... - 103 -

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Humidité relative mensuelle de la ville de Lomé 14
Tableau 2 : Durée d'ensoleillement (moyenne mensuelle recueillies par la DMN) 16
Tableau 3 : Moyennes mensuelles de l'irradiance et l'irradiation (Base HélioClim 1) 17
Tableau 4 : Irradiance en W/m² sur un plan incliné (horizontal et vertical) de la ville de lomé 24
Tableau 5 : Moyennes mensuelle des vents sur le site de lomé (Direction et vitesse) 25
Tableau 6 : Consommation de l'éclairage de la Représentation 29
Tableau 7 : Consommation de la climatisation de la Représentation 30
Tableau 8 : consommation des réfrigérateurs et fontaines réfrigérantes 30
Tableaux 9 : Consommation de la bureautique à la reprsentation 31
Tableau 10 : Estimation de la consommation de la représentation 32
Tableau 11 : Formules de calcul des gains thermiques et hypothèses 36
Tableau 12 : Surfaces des vitrages-Murs-planchers de la représentation 36
Tableau 13 : Calcul des gains thermique du bâtiment de la représentation 37
Tableau 14 : Répartition des gains par source e Ratios recommandés (Représentation) 38
Tableau 15: Comparaison des puissances frigorifiques calculée et installée (Représentation) 38
Tableau 16: Coefficients de conversion de l'énergie finale en énergie primaires 40
Tableau 17 : Consommation de l'éclairage du bloc technique 42
Tableau 18 Consommation de la climatisation au bloc technique 44
Tableau 19 : Consommation des moteurs et fontaines réfrigérantes (BLT) 44
Tableaux 20 : Consommation du matériel bureautique du bloc technique 46
Tableau 21 : Estimation de la consommation du bloc technique par poste 46
Tableau 22 : Formules ce calcul des apports thermiques et hypothèses contextuelles (BLT) 50
Tableau 23 : calcul des différents apports thermiques(BLT) 52
Tableau 24 : Répartition des apports thermiques par source (BLT) 52
Tableau 25 : Mesure de la consommation du balisage et des Navaids 59
Tableau 25 : Puissance installée du balisage 62
Tableau 26 : Temps d'exploitation du balisage lumineux 63
Tableau 27 : Répartition d la consommation par bâtiment 64
Tableau 28 : Répartition de la charge totale par poste 65
Tableau 29 : Calcul des économies liées aux films réfléchissants 81
Tableau 30: Economies escomptées avec les puits de lumière 82
Tableau 31: Economies escomptées sur l'éclairage de nuit 83
Tableau 32 : Economies escomptées sur la solution Puits + LED……...85
Tableau 33 : Types de lampes de substitution 85
Tableau 34: Calcul des économies liées à l'éclairage à LED par bâtiment 87
Tableau 35 : Bilan de la substitution de l'éclairage par des LED 88
Tableau 36 : Economies escomptées suite à l'installation des détecteurs de présence 89
Tableau 37 : Charge des régulateurs avec les lampes à LED 90
Tableau 38 : Economies escomptées du baisage à LED 90
Tableau 39: Résumé des scénarii par ordre de priorité 92
Tableau 40 : Eclairage après la substitution avec des LED 94

Tableau 41 : Flux thermiques avant et après les mesures d'amélioration (Représentation)95
Tableau 42 : Flux thermiques avant et après les mesures d'amélioration (Bloc technique) 95
Tableau 43 : Etiquettes énergie et climat avant et après les meures d'amélioration 97

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de la représentation de l'ASECNA TOGO 4
Figure 2 : Estimation de la consommation électrique par poste..... 9
Figure 3 : Profil de charges de l'ASECNA TOGO 10
Figure 4 : Economies d'énergie et économies financières réalisées en 2013..... 11
Figure 5 : Moyennes mensuelles des températures de la ville de Lomé 15
Figure 6 : Courbe de l'évolution mensuelle de l'irradiance sur le site de Lomé 22
Figure 7 : Courbe de l'évolution mensuelle de la durée d'ensoleillement sur le site de Lomé 22
Figure 8 : Courbe de l'évolution mensuelle de l'irradiation sur le site de Lomé 23
Figure 9 : Etiquette 'énergie' et 'climat' d'un bâtiment à usage principal d'habitation 39
Figure 10 : Etiquette 'énergie' et 'climat' d'un bâtiment à usage principal autre que d'habitation 39
Figure 11 : Boucle technique avec le tronçon P1-P2 isolé..... 58
Figure 12: Principe d'alimentation du balisage lumineux 60
Figure 13 : Architecture du réseau de distribution de l'ASECNA TOGO..... 66
Figure 14: Schéma de principe d'un puits de lumière (Source : www.svtbimoz.com)..... 72
Figure 15 : Pourcentage de rayonnement solaire intercepté par une paroi en fonction de l'angle d'incidence (Source : Internet)..... 80

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Situation de l'aéroport Internationale GNASSINGBE Eyadema 13
Photo 2 : Situation géographique de la Ville de Lomé 14
Photo 3 : Aile Sud de la représentation……27
Photo 5 : Façade Ouest de l'aile Sud……27
Photo 6 : Façade Nord de l' Aile Ouest..... 28
Photo 7 : Façade Est de l'aile Nord……28
Photo 8 : Eclairage Couloir de la représentation..... 28
Photo 9 : Eclairage extérieur de la représentation……..28
Photo 10 : Façade Est de l'aile Est (BLT) 41
Photo 11 : Façade Ouest de l'aile Est et Façade Nord……...43

Photo 15 : Le bâtiment de la centrale électrique 54
Photo 16 : Eclairage sale groupe 55
Photo 17 : Eclairage salle énergie P0……..57
Photo 18 : Eclairage Bureau (centrale électrique) 55
Photo 19 : Eclairage couloir (centrale électrique)……57
Photo 20: le magasin GST 56
Photo 21 : Un poste de transformation 56
Photo 22 : Synoptique du réseau de production et distribution d'électricité à l'ASECNA TOGO 57
Photo 23: SEPAM (Analyseur de réseau) 58
Photo 24 : salles des cellules de départ à la centrale 67
Photo 25 : Equipements du poste P1……69
Photo 26 : Un relais RTA 69
Photo 27 : Bâtiments avec vitrages couverts de films solaires réfléchissants (source : internet)..... 71

LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique 1: Effet de l'année sur durée d'insolation. 18
Graphique 2 : Effet du type de mesure sur a durée d'insolation 19
Graphique 3 : Effet 'Mois' sur la durée d'insolation à la station..... 20
Graphique 4 : Effet 'Mois' sur la durée d'isolation au niveau du satellite 20
Graphique 5 : Répartition de la consommation de a représentation par poste 32
Graphique 6 : Répartition par source de gain thermique 38
Graphique 7 : Répartition par poste de la consommation du bloc technique 47
Graphique 8: Répartition par source d'apport thermique (BLT) 52
Graphique 9 : Répartition de la consommation par bâtiment 64
Graphique 10 : Répartition de la consommation totale par poste 65

Chapitre I : INTRODUCTION

I-1. Contexte du travail

Ce projet s'inscrit dans deux cadres. D'une part, il a été motivé par un mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master Spécialisé en GESTION DES INFRASTRUCTURES ET SERVICES Option ENERGIES RENOUVELABLES (**M2 GIS ER**). D'autre part, le contexte le plus important est celui de l'accord de partenariat entre l'ASECNA et l'IFDD qui vise le renforcement des capacités de l'ASECNA en efficacité énergétique. La mise en œuvre de cet accord IFDD-ASECNA a abouti à un programme qui s'étale de Juin 2013 à Décembre 2016 avec à l'horizon Juin 2015, la standardisation des équipements électriques par typologie des locaux.
Le contexte spécifique de l'ASECNA TOGO constitue la suite d'une initiative locale visant la réduction des factures énergétiques depuis le mois de juin 2011. Cette vision locale anticipée a été appuyée et élargie à l'échelle de l'Agence par l'accord précité. Les capacités de cette initiative locale se sont vues renforcées en 2013par un audit énergétique dont les recommandations ont été mises en œuvre en partie et continuent de produire des économies d'énergie et des économies financières.
Notre travail vient apporter sa contribution à ces programmes à l'échelle de l'Agence et spécifiquement à l'échelle de l'ASECNA TOGO.

I-2. Objectifs du travail

L'objectif est d'anticiper sur le programme de standardisation des équipements en proposant selon les locaux, des mesures d'efficacité énergétique passives comme actives.
Ces mesures ne sauront être proposées sans une étude visant la modélisation thermique et la cartographie énergétique des bâtiments.
L'étude des sources d'énergies renouvelables sur le site de Lomé nous amènera à l'intégration d'une de ces sources dans les systèmes de production d'énergie à l'ASECNA. Le choix de la source renouvelable sera suivi de son dimensionnement. La standardisation des d'équipements économiques sera étendu au balisage lumineux des aérodromes. Aussi l'architecture du réseau de distribution existant fera-t-elle objet d'une étude visant des propositions d'amélioration allant dans le sens de la réduction des investissements liées à l'énergie lors des prochaines réhabilitations des installations techniques.
En passant, l'étude du climat et de la ressource solaire établira le lien entre ces derniers et la consommation énergétique des bâtiments.

I-3. Méthodologie du travail

La méthodologie envisagée accorde la première partie à la collecte d'informations sur la genèse du concept d'efficacité énergétique à l'échelle de l'Agence et sur le plan local. Une attention particulière portera sur le recueil d'informations relatives au programme arrêté par l'accord ASECNA-IFDD et l'évaluation de la mise en œuvre de ce programme sur la dimension de l'Agence. Pour illustrer un cas spécifique de mise en œuvre de ce programme, le cas de l'ASECNA TOGO sera étudié à travers la méthodologie qui consistera à faire:

- l'analyse du rapport d'audit énergétique réalisé sur ce site ;
- le recueil d'informations sur la mise en œuvre des recommandations de cet audit ;
- la collecte des factures d'électricité sur les périodes avant et après l'audit énergétique ;
- le point sur les économies réalisées ;
- une analyse critique de l'audit réalisée faisant le bilan des aspects à intégrer et/ou à améliorer ;
- l'étude statistique des sources d'énergies renouvelables du site de l'ASECNA TOGO, des contraintes aéronautiques liées à ces dernières et en relevant au passage le lien entre le climat et la consommation énergétique des bâtiments ;
- la modélisation thermique des bâtiments et la corrélation avec les ratios recommandées;
- la carte des consommations énergétiques aboutissant aux étiquettes 'énergie' et 'climat' des bâtiments ;
- le recueil de données visant un bilan de consommation énergétique du balisage lumineux et des Navaids ;
- le recueil des informations sur l'architecture du réseau de distribution d'énergie à l'ASECNA TOGO ;
- des propositions d'efficacité énergétique passives et actives ;
- une étude technico-économique visant l'évaluation de l'investissement requis et du temps de retour sur investissement.

I-4. Résultats attendus

A la fin des travaux, les résultats suivants sont attendus :

- la connaissance de l'état énergétique des bâtiments ;
- la connaissance des sources d'énergies renouvelables du site de l'ASECNA TOGO ;
- une liste chronologique d'actions à mener dans le sens de l'efficacité énergétique visant **une réduction de 30%**des factures énergétiques (objectif énoncé lors de l'accord ASECNA-OIF, Voir Annexe1);
- la connaissance de l'investissement requis et le temps de retour sur investissement ;
- des recommandations visant la réussite du partenariat entre l'ASECNA et l'IFDD.

I-5. Présentation de la structure d'accueil

L'ASECNA (Agence pour la Sécurité de la NavigationAérienne en Afrique et à Madagascar) naquît suite à une convention signée à Saint-Louis au SENEGAL le 12 Décembre 1959 par les Chefs d'État et de Gouvernement des États autonomes issus des ex-Fédérations de l'AEF, de l'AOF et de Madagascar.
L'Agence a son siège à Dakar et comprend dix–huit(18) Etats : Benin, Burkina-Faso, Cameroun, Centrafrique, Congo, Côte d'Ivoire, France, Gabon, Guinée-Bissau, Guinée-Equatoriale, Madagascar, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal, Tchad, Togo et l'Union des Comores.
L'espace aérien géré par l'ASECNA a une superficie de 16 100 000 km² et couvert par six régions d'information en vol:Antananarivo, Brazzaville, Dakar Océanique, Dakar Terrestre, Niamey, Ndjamena.

Elle a pour mission d'assurer :

- le contrôle de la circulation aérienne,
- le guidage des avions,
- la transmission des messages techniques et de trafic,
- l'information de vol, ainsi que le recueil des données,
- la prévision et la transmission des informations météorologiques.

Pour accomplir ses missions, l'ASECNA s'est doté d'un système de management intégré (SMI) auquel elle est arrivéeprogressivement en introduisant le système de management de la qualité (SMQ) et le système de management de la sécurité (SMS). Ce système de gestion a valu récemment en 2014 à l'Agence la Certification ISO 9001 Version 2008.
La structure hôte de notre stage est la **Représentation de l'ASECNA-TOGO**, sise à Lomé-Aviation. Elle est composée de plusieurs services et unités comme le montre l'organigramme ci-après. C'est l'unité Energie et balisage qui a accueilli notre stage.

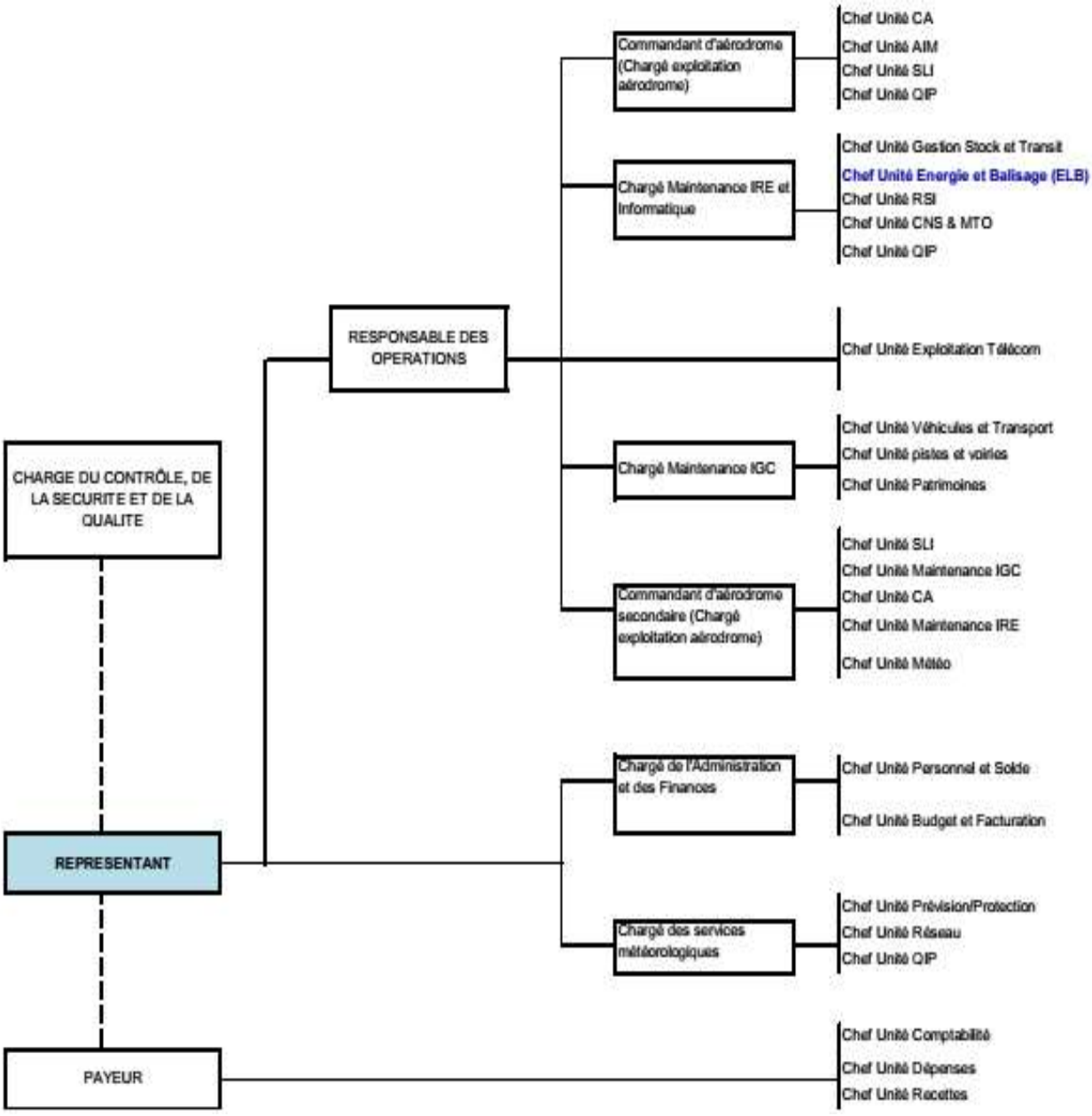


Figure 1 : Organigramme de la représentation de l'ASECNA TOGO

Chapitre II : GENERALITES SUR L'EFFICACITE ENERGETIQUE

II-1. L'efficacité énergétique

L'efficacité énergétique peut se définir comme le rapport entre le service délivré (performance, produit, confort, service) et l'énergie qui y a été consacrée. Dans un concept plus large, cette définition de l'efficacité énergétique englobe à la fois l'amélioration du « rendement énergétique » des installations et des équipements et la « sobriété énergétique », entendu comme la réduction des consommations d'énergie liées à la modification de comportement du consommateur[1].
L'amélioration de l'efficacité énergétique consiste donc, par rapport à une situation de référence à :

- Augmenter le niveau du service rendu à consommation énergétique constante ;
- Economiser l'énergie à service rendu égal ;
- Réaliser les deux simultanément.

Ainsi les grands enjeux de l'efficacité énergétique sont :

- La réduction des factures d'électricité contre une performance améliorée du confort
- La limitation du rythme d'épuisement des ressources naturelles non renouvelables (en particulier les énergies fossiles) ;
- La réduction des effets environnementaux des activités liées à l'utilisation des énergies surtout en termes des émissions des GES d'origine anthropique.

Ces enjeux font de l'efficacité énergétique un vecteur du concept de « développement durable » qui de part sa définition, doit répondre aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs[2].

L'étape incontournable d'une politique d'efficacité énergétique est le diagnostic énergétique encore appelé audit énergétique. Il permet, à partir d'une étude détaillée des données recueillies, d'établir un plan d'économie d'énergie [3]. Il se focalise en général sur un bâtiment et comporte :

- Une analyse approfondie du bâtiment (visite du site accompagnée de relevé détaillé- modélisation thermique du bâtiment – analyse des consommations)
- Une proposition d'un programme d'action en un ou plusieurs scénarii basés sur des études technico-économiques.

L'efficacité énergétique reste globalement absente des politiques nationales des pays africains. Néanmoins existe quelques actions de maîtrise de l'énergie comme :

- Au Burkina Faso où le programme de développement du secteur de l'électricité (PDSE) a permis environ une économie d'énergie de 150 754 KWh en 2010 dans les bâtiments de l'administration publique;

- En Tunisie où le pays s'est engagé dans un programme prioritaire de maîtrise de l'énergie en 2001 et renforcé plus tard en 2004 par l'adoption une loi portant au rang de priorité la question énergétique[3] ;
- La ratification par plusieurs pays d'Afrique (Tunisie, Togo, Burkina-Faso …) la Convention Cadre sur les Changements climatiques (CCNUCC) et le protocole de Kyoto.

II-2. La politique d'efficacité énergétique à l'ASECNA

Dans notre contexte, l'ASECNA s'est engagée aussi dans la politique d'efficacité énergétique avec la signature de deux grandes conventions avec l'IFDD et l'OIF. Dans ce cadre, quelques équipes constituées de dirigeants décideurs et de techniciens acteurs de la gestion de l'énergie dans les représentations et au siège ont été formées sur l'efficacité énergétique. Cette formation vise :

- La consolidation des connaissances en efficacité énergétique ;
- L'initiation au travail de responsable énergie ;
- L'acquisition d'une méthodologie pour le suivi, le contrôle et l'optimisation de la facturation de l'énergie électrique ;
- La définition d'un plan d'actions en efficacité énergétique dans les bâtiments

II-2-1. Les éléments précurseurs

Quelques facteurs sont à l'origine de la prise de conscience des dirigeants de l'ASECNA sur la question de la maîtrise de l'énergie :

- Les charges d'électricité qui obéissent à une tendance à la hausse chaque année ;
- Des arriérés de factures d'électricité pouvant excéder **12.38%** du budget du CB 6O51 de l'Agence [4];
- Les montants des factures électricité et de carburants qui avoisinent **six milliard (6 000 000 000) de Francs CFA par an** [5];
- Le manque de procédure de gestion des factures d'électricité et des consommations électriques non adaptées constatés par l'atelier Energie et Balisage de la première semaine de la maintenance tenu en décembre 2012 à Dakar;
- La recommandation issue de ce dernier à l'endroit de la Direction Technique de l'Agence relative à l'intégration d'une procédure d'analyse des factures d'électricité dans le manuel d'exploitation et la signature des partenariats avec des structures spécialisées comme l'Institut de l'Energie et de l'environnement des Pays de la Francophonie (IEPF).

II-2-2. L'accord ASECNA-IFDD

Cet accord fait suite aux éléments précurseurs sus mentionnés et vise le renforcement des capacités de l'ASECNA en matière d'analyse, de réduction et de suivi des dépenses énergétiques. Il a été signé le 03 Juin 2013 et porte les engagements des deux parties suivis d'un projet de plan d'actions s'étendant sur une période cinq (05) ans (Voir Annexe 1).

II-2-3. L'accord ASECNA-OIF

Signé le 05 Juin 2014 à Dakar entre l'ASECNA et l'OIF, cet accord vient permettre à l'ASECNA de s'attacher à l'expertise de l'IFDD qui est un organe subsidiaire de l'OIF.Il fixe à l'horizon 2016, l'objectif de réduction des factures énergétiques à 30% (Voir Annexe1).

II-3. Etat de mise en œuvre du programme de renforcement des capacités de l'ASECNA en efficacité énergétique

Nous avons remarqué que ce programme n'est pas suivi rigoureusement. En effet, la mise en place du comité de gestion de l'énergie incluant la désignation des correspondants en efficacité énergétique au sein des Représentations prévu pour l'échéance d'Août 2013 n'est fait qu'en Octobre 2014 et il s'est avéré que cela n'a pas été suivi dans toutes les représentations. De même, l'organisation des audits énergétiques ainsi que la transmission de leurs rapports prévus aux étapes 8, 9 et 10 pour l'échéance du 30 Juin 2014 n'ont pas été réalisés.
Bien que le programme n'ait pas été suivi avec rigueur, on note quelques réalisations dans le même cadre telles que :

- La désignation du chargé des activités Eco-énergie ;
- La collecte de factures d'électricité ;
- L'organisation de trois sessions formations ;
- La publication de quelques articles visant la sensibilisation des agents à traversle magasine d'information de l'Agence (FLASH INFO) et sur les sites Web conventionnels de l'Agence ;
- L'intégration de l'efficacité énergétique à l'ordre du jour des grandes réunions de l'Agence telle que la réunion annuelle des Représentants et délégués après des AAN de Janvier 2015.

Pour l'instant, les résultats des actions déjà posées dans le sens du programme de maîtrise de l'énergie se limitent à une prise de conscience vis-à-vis de l'efficacité énergétique qui se généralise aux hautes instances de l'Agence.
A part cela aucun élément probant de résultat n'a été publié sauf le cas de la représentation au TOGO qui a anticipé sur ce programme et dont les activités feront l'objet du paragraphe suivant.

II-4. Efficacité énergétique à l'ASECNA TOGO : Représentation à Lomé

Les éléments précurseurs à la notion de réduction des charges d'électricité ne diffèrent pas trop de ceux de l'Agence. La particularité est la série de pénalités payées pour les dépassements de la puissance souscrite avant Juin 2010.
La mesure retenue était l'augmentation de la puissance souscrite de 250 KVA à 350 KVA.
La recherche des voies et moyens pour expliquer et maîtriser l'augmentation de la demande en énergie a motivé la création d'une commission locale chargée de la question le 30 Juin 2011. Cet engagement de l'ASECNA-TOGO à maîtriser la consommation électrique a été appuyé par le MEI N°2012/363357/ASECNA/DEXD de la Direction Générale, relatif à la gestion des crédits alloués aux charges d'électricité et au carburant et lubrifiants des groupes électrogènes.

Les missions de ladite commission ont été boostées plus tard par un audit énergétique réalisé en 2013par M. N'KONOU Komi M. N., actuel Point Focal Eco-énergie de l'ASECNA TOGO. Lesmesures préconisées par cet audit et mises en œuvre en partie par l'ASECNA ont été à la base des économies d'énergie et économies financières réalisées jusqu'à ce jour.
Dans le cadre de la mise en œuvre de l'accord ASECNA-IFDD, la représentation au TOGO semble être une référence quant aux résultats probants qui seront présentés au chapitre suivant.

Chapitre III : IMPACTS DE LA POLITIQUE D'EFFICACITE ENERGETIQUE A L'ASECNA LOME

III-1. Eléments d'audits énergétiques de l'ASECNA Lomé

Comme nous l'avons mentionné dans les paragraphes précédents, un audit énergétique a été effectué de Janvier à Février 2013. Cet audit visait l'optimisation des systèmes énergétiques de l'ASECNA TOGO.
Les grandes étapes du diagnostic énergétique étaient :

- La collecte des données des factures d'électricité ;
- La collecte des données des groupes électrogènes ;
- La collecte des données des postes de consommation des bâtiments ;
- Un bilan de puissance ;
- Une analyse des données ;
- Une estimation de la consommation électrique ;
- Une proposition d'optimisation de la facture ;
- Une proposition de mesures d'efficacité énergétique.

L'analyse des données et l'estimation de la consommation par poste attribue la première place à la climatisation qui contribue à **61.72%** des **109 544 KWh** consommées moyennement chaque mois comme le montrent le graphique suivant[6].

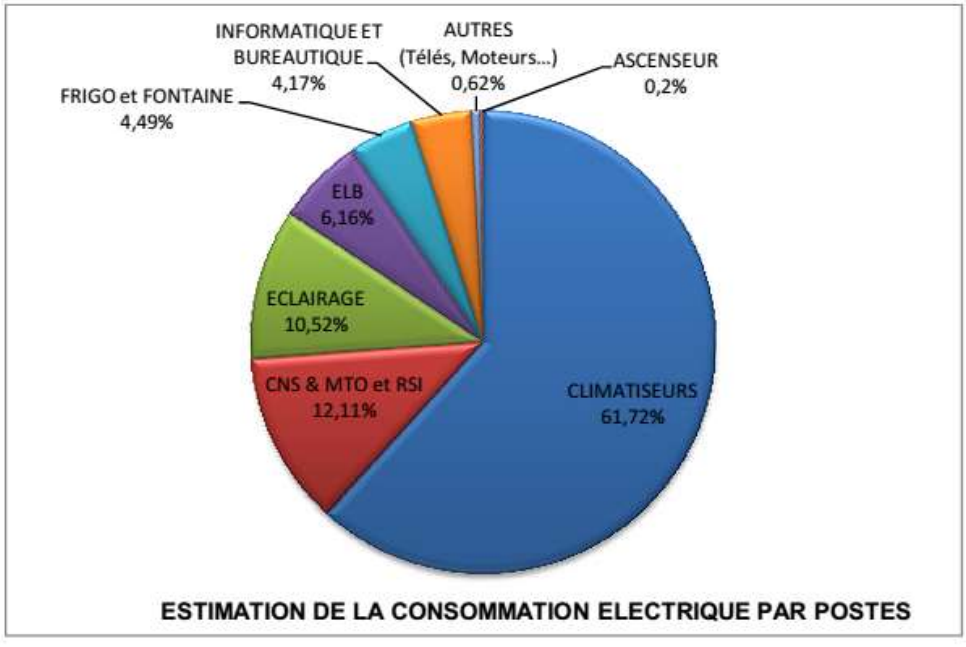


Figure 2 : Estimation de la consommation électrique par poste

De même, les analyses ont permis de déclarer les mois de Janvier, Mars, Octobre et Décembre comme le mois les plus consommateurs. Le profil de charge énergétique issu des études se présente par le graphique suivant :

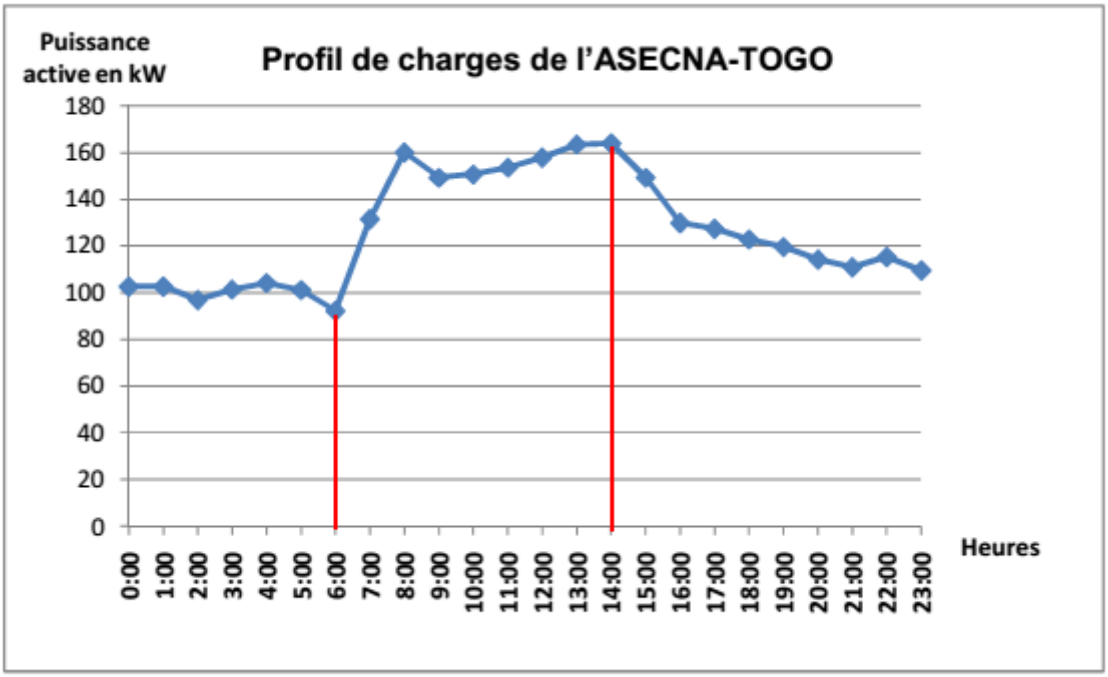


Figure 3 : Profil de charges de l'ASECNA TOGO

Les points forts et des points à améliorer relevés par cet audit se trouvent en Annexe 2.

Les mesures d'amélioration proposées sont essentiellement des mesures d'efficacité énergétique actives qui sont des mesures visant la réduction de la consommation électrique des bâtiments. Ces mesures concernent :

- L'entretien des climatiseurs en envisageant aussi leur remplacement par la technologie INVERTER ;
- Le renforcement de l'étanchéité des ouvertures des bâtiments ;
- L'utilisation rationnelle de l'éclairage et des lampes plus économiques ;
- L'utilisation rationnelle et le label Energy Star à considérer systématiquement pour le matériel informatique ;
- L'allumage par détection de présence de l'éclairage de la cabine de l'ascenseur et le choix d'une nouvelle gamme d'ascenseurs 75% plus économique ;
- La sensibilisation du personnel ;
- L'intégration de l'énergie solaire comme source d'énergie renouvelable pour assurer l'éclairage du bloc technique.

Les économies d'énergie et économies financières escomptées de ses mesures sont respectivement **449 521 KWh/an**et **46 713 539FCFA/an**.

III-2. Mise en œuvre des mesures proposées

Nous remarquons une lenteur dans la mise en œuvre des mesures préconisées par l'audit énergétique. Cette lenteur serait due au système de gestion budgétaire centralisé de l'ASECNA. Parmi les mesures proposées, celles déjà mises en œuvre sont la sensibilisation du personnel et le passage du système de facturation simple tarif au triple tarif.
Ces mesures ont permis de réaliser des économies d'énergie et des économies financières qui font l'objet du paragraphe suivant.

III-2-1. Economies d'énergie et économies financières réalisées

Selon une analyse du Point Focal Eco-Energétique de l'ASECNA en Février 2014,
Le changement de tarif de facturation auprès du fournisseur a permis de réaliser une économie financière de **2 365 019 FCFA** de Juillet à Décembre 2013. De même une économie financière de **4 266 684 FCFA** correspondant à une économie d'énergie de 46 377 KWh a été réalisée entre Avril et Décembre 2013. Ce qui fait un total de
6 631 703 FCFA d'économie financière réalisée en 2013
En prenant la situation de 2012 comme référence, l'année 2013 révèle une économie financière de **8 537 759 FCFA** pour une économie d'énergie de **67 095 KWh** (Voir figure suivante).

Mois	Consommation 2011 [kWh]	Consommation 2012 [kWh]	Consommation 2013 [kWh]
Janvier	82 157	122 842	107 529
Février	106 006	103 698	107 587
Mars	124 811	125 890	116 596
Avril	93 563	100 003	103 168
Mai	122 022	115 213	101 494
Juin	93 239	94 161	97 163
Juillet	98 732	103 137	86 486
Août	87 625	86 434	89 377
Septembre	85 173	87960	87884
Octobre	126 975	108065	101 596
Novembre	104 289	104814	94 635
Décembre	105 643	114627	106 234
TOTAL	**1 230 235**	**1 266 844**	**1 199 749**

L'année 2013 dégage une réduction de consommation de **67 095 kWh** par rapport à l'année 2012.

Mois	Montant 2011 [F CFA]	Montant 2012 [F CFA]	Montant 2013 [F CFA]
Janvier	8 443 444	12 186 464	10 777 668
Février	10 637 552	10 425 216	10 783 004
Mars	12 367 612	12 466 880	11 611 832
Avril	9 492 796	10 085 276	10 376 456
Mai	12 111 024	11 484 596	10 222 448
Juin	9 462 988	9 547 812	9 823 996
Juillet	9 968 344	10 373 604	8 485 408
Août	8 946 500	8 836 928	8 723 189
Septembre	8 720 916	8 977 320	8 604 359
Octobre	12 566 700	10 826 980	9 811 629
Novembre	10 479 588	10 527 888	9 195 672
Décembre	10 604 156	11 430 684	10 216 228
TOTAL	**123 801 620**	**127 169 648**	**118 631 889**

L'année 2013 dégage une réduction de montant de **8 537 759 F CFA** par rapport à l'année 2012.

Figure 4 : Economies d'énergie et économies financières réalisées en 2013

L'analyse des factures de l'année 2014 par rapport à l'année 2012 montre que l'année 2014 a produit une économie d'énergie de **51 161** KWh pour une économie financière de **9 739 659 FCFA** (voir Annexe 3).

III-2-2. Analyse critique

L'audit énergétique de 2013, bien qu'ayant pris en compte tous les aspects de la modélisation énergétique des bâtiments, l'aspect thermique n'a pas été développé.
Or, les apports thermiques dans un bâtiment interviennent fortement dans le confort et le dimensionnement des équipements de climatisation. De plus le rapport de l'audit s'est interrogé sur l'influence du climat et des activités de l'Agence sur la consommation énergétique mensuelle des bâtiments.
Par ailleurs, l'étude de faisabilité technique de l'alimentation de l'éclairage du bloc technique par une source autonome d'énergie solaire photovoltaïque, révèle une complication au niveau de la connexion à la centrale solaire. En effet, le schéma de distribution actuel vers l'éclairage se fait dans des coffrets individuels d'alimentation de chaque aile au niveau de chaque étage. Chaque coffret étant alimenté par trois phases plus un neutre, le souci d'équilibre des phases fait qu'on peut retrouver l'éclairage sur presque toutes les phases. L'isolation de l'éclairage du reste engendrera d'autres travaux importants d'électricité bâtiment et à nouveau l'équilibre des phases. Enfin, l'audit a émis comme perspective une étude technico-économique des mesures proposées afin de déterminer l'investissement requis et le temps de retour sur investissement.
Les chapitres suivants apporteront notre modeste contribution sur ces sujets.

Chapitre IV : LES SOURCES D'ENERGIES RENOUVELABLES DU SITE DE LOME

IV-1. Situation géographique et données climatiques

Les locaux de l'ASECNA se logent à l'Aéroport International Gnassingbé EYADEMA (AIGE) qui lui-même est implanté sur le côté Sud-Centre du plateau de la ville de Lomé (Cf. photo 2 et 3). Lomé est repérée en degré et minute décimale par les coordonnées **(Latitude:6°8.2488'Nord, Longitude: 1°12.7362' Est)** dans le système global de coordonnées WGS84. WGS84 est la dernière révision du système géodésique mondial, qui est utilisée dans la cartographie et la navigation.

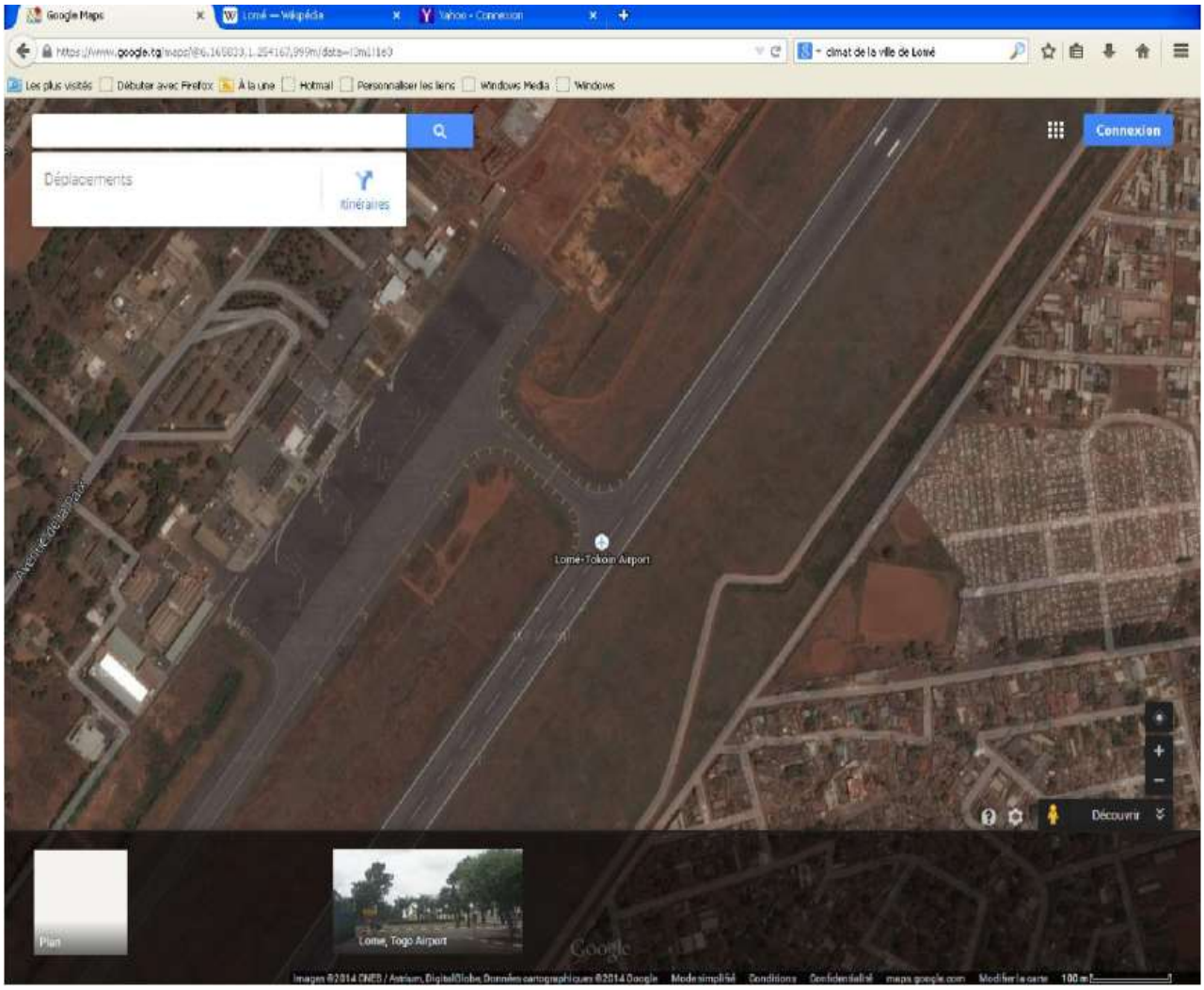


Photo 1 : Situation de l'aéroport Internationale GNASSINGBE Eyadema (Source : GoogleMaps)

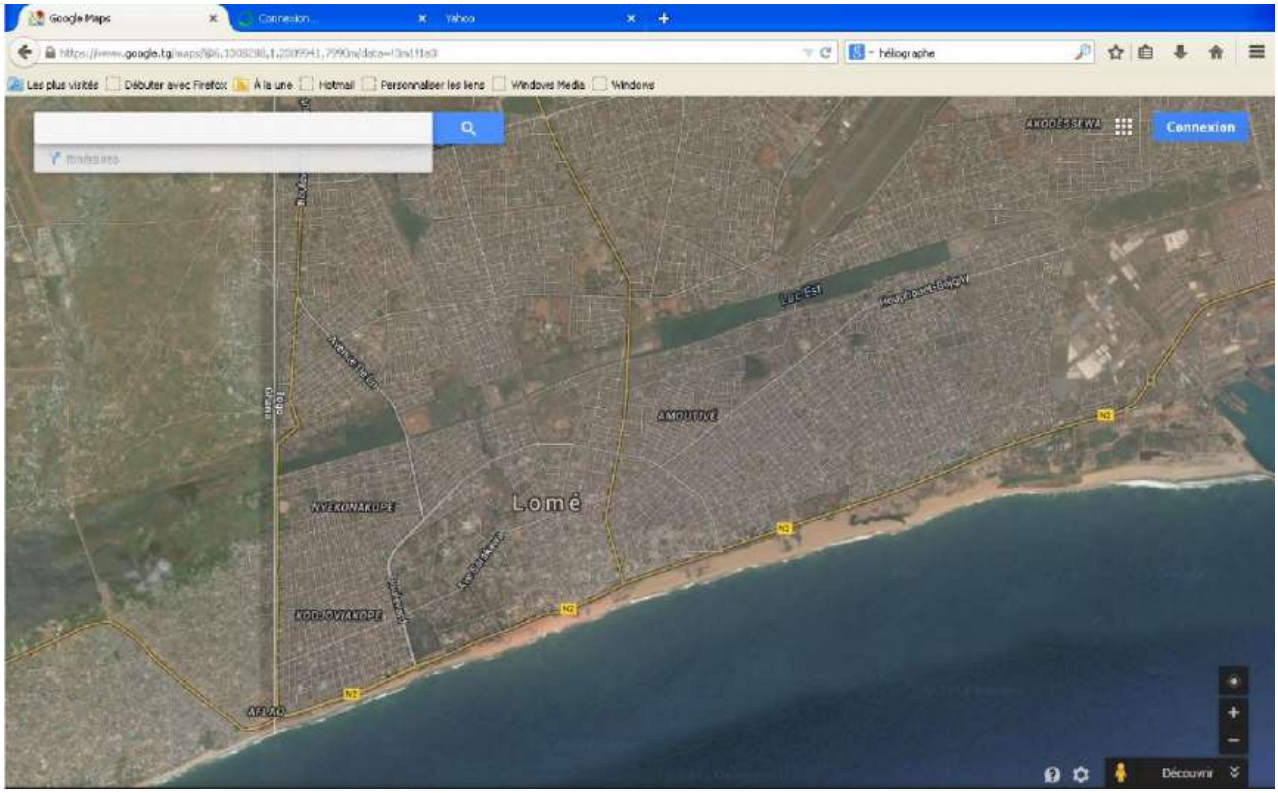


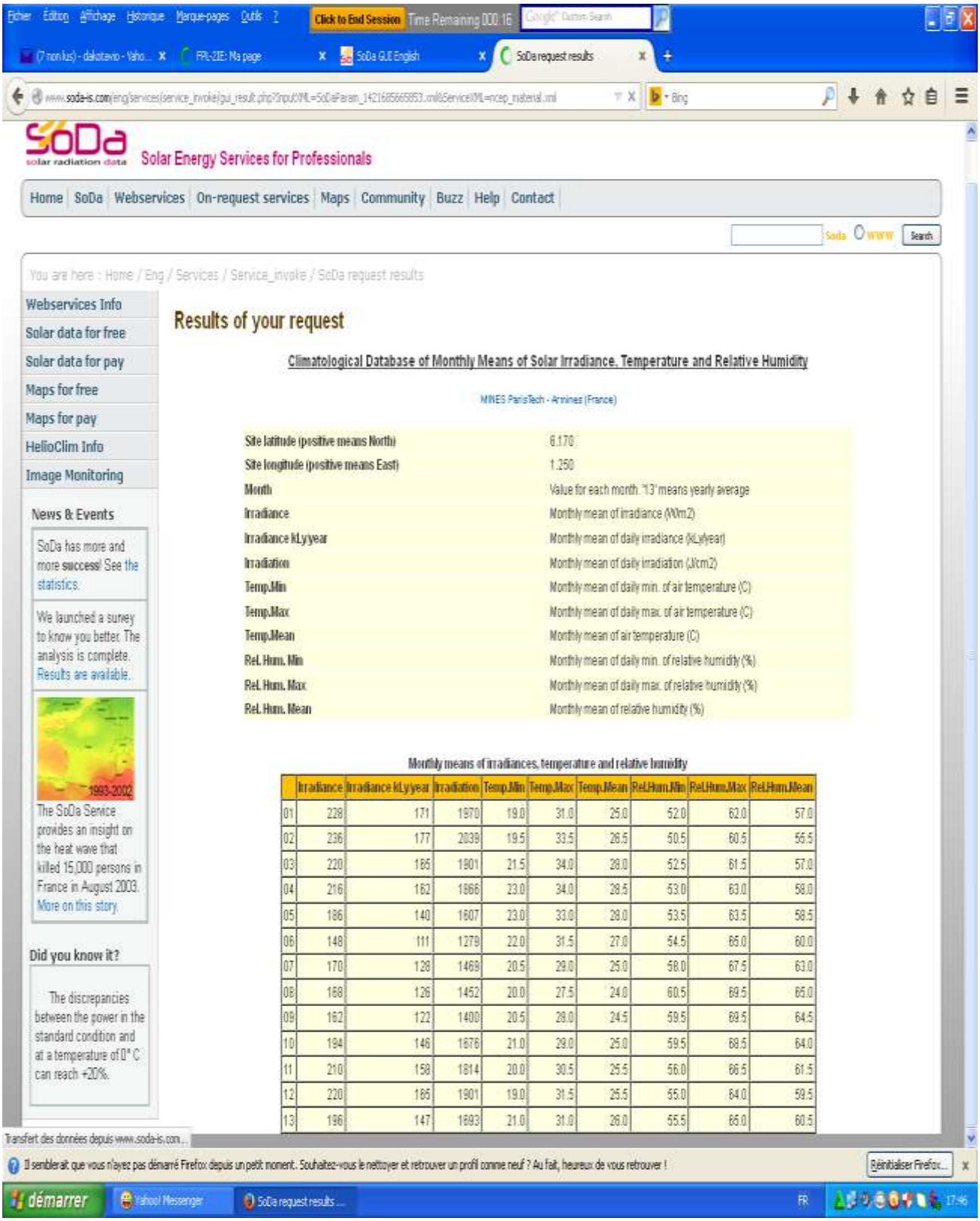
Photo 2 : Situation géographique de la Ville de Lomé (Source : GoogleMaps)

La ville de Lomé bénéficie du climat tropical du Sud du TOGO.
Fortement Influencée par un micro climat côtier, l'humidité relative y est très élevée. Les moyennes mensuelles varient de 72% à 85% selon les données de la DMN pour des statistiques réalisées sur trente-trois (33) ans allant de 1981 à 2013 (Voir le tableau 1 déduit des chiffres de l'Annexe 7).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
Humidité (%)	72	75	77	79	81	84	85	83	84	82	79	76

TABLEAU 1 : HUMIDITE RELATIVE MENSUELLE DE LA VILLE DE LOME

Les températures enregistrées varient de **19 °C à 23°C**pour les minima et de 2**7.5°C à 34°C** pour les maxima pendant que les moyennes varient de **24°C à 28.5°C**. Comme le montre le la figure suivante issue de la base HélioClim3 disponible sur le www.soda-is.com. Les mois les plus chauds vont de Janvier à Mai et de Septembre à Décembre.



Solar Energy Services for Professionals

Home | SoDa | Webservices | On-request services | Maps | Community | Buzz | Help | Contact

You are here : Home / Eng / Services / Service_invoke / SoDa request results

Webservices Info
Solar data for free
Solar data for pay
Maps for free
Maps for pay
HelioClim Info
Image Monitoring

News & Events

SoDa has more and more success! See the statistics.

We launched a survey to know you better. The analysis is complete. Results are available.

The SoDa Service provides an insight on the heat wave that killed 15,000 persons in France in August 2003. More on this story

Did you know it?

The discrepancies between the power in the standard condition and at a temperature of 0° C can reach +20%.

Results of your request

Climatological Database of Monthly Means of Solar Irradiance, Temperature and Relative Humidity

MINES ParisTech - Armines (France)

Site latitude (positive means North)	6.170
Site longitude (positive means East)	1.250
Month	Value for each month. '13' means yearly average
Irradiance	Monthly mean of irradiance (W/m2)
Irradiance kLy/year	Monthly mean of daily irradiance (kLy/year)
Irradiation	Monthly mean of daily irradiation (J/cm2)
Temp.Min	Monthly mean of daily min. of air temperature (C)
Temp.Max	Monthly mean of daily max. of air temperature (C)
Temp.Mean	Monthly mean of air temperature (C)
Rel. Hum. Min	Monthly mean of daily min. of relative humidity (%)
Rel. Hum. Max	Monthly mean of daily max. of relative humidity (%)
Rel. Hum. Mean	Monthly mean of relative humidity (%)

Monthly means of irradiances, temperature and relative humidity

	Irradiance	Irradiance kLy/year	Irradiation	Temp.Min	Temp.Max	Temp.Mean	Rel.Hum.Min	Rel.Hum.Max	Rel.Hum.Mean
01	228	171	1970	19.0	31.0	25.0	52.0	62.0	57.0
02	236	177	2039	19.5	33.5	26.5	50.5	60.5	55.5
03	220	165	1901	21.5	34.0	28.0	52.5	61.5	57.0
04	216	162	1866	23.0	34.0	28.5	53.0	63.0	58.0
05	186	140	1607	23.0	33.0	28.0	53.5	63.5	58.5
06	148	111	1279	22.0	31.5	27.0	54.5	65.0	60.0
07	170	128	1469	20.5	29.0	25.0	58.0	67.5	63.0
08	168	126	1452	20.0	27.5	24.0	60.5	69.5	65.0
09	162	122	1400	20.5	28.0	24.5	59.5	69.5	64.5
10	194	146	1676	21.0	29.0	25.0	59.5	68.5	64.0
11	210	158	1814	20.0	30.5	25.5	56.0	66.5	61.5
12	220	166	1901	19.0	31.5	25.5	55.0	64.0	59.5
13	196	147	1693	21.0	31.0	26.0	55.5	65.0	60.5

Figure 5 : Moyennes mensuelles des températures de la ville de Lomé

IV-2. Etude Statistique de l'irradiation solaire sur le site de Lomé

IV-2-1. Collecte des données

L'irradiation ou le rayonnement solaire est l'énergie reçue de la part du soleil par une surface au cours d'une période donnée. Elle est exprimée en watt heure par mètre carré (Wh/m²). Cette donnée résulte de l'intégration de l'irradiance ou l'ensoleillement sur une période donnée. L'étude de l'irradiation suppose donc la connaissance de deux paramètres que sont l'irradiance et la durée d'ensoleillement. Pour mener à bien notre étude, nous nous sommes approchés de la Direction de la Météorologie Nationale (DMN) en vue d'acquérir ces données. Cette dernière reçoit les données météorologiques de la station météo de l'AIGE, pour traitement et archivage. La station Météo de l'AIGE étant équipée d'un héliographe, nous avons pu obtenir les moyennes mensuelles de la durée d'ensoleillement pour une étude réalisée sur une période de vingt (22) ans allant de 1991 à 2012. Des données plus récentes sont indisponibles à cause du démentellement de station météo pour des travaux d'aménagement et d'extension de l'aéroport depuis le début de l'année 2013. Ces moyennes sont contenues dans le tableau ci-après obtenu à partir des données de l'annexe 4.

Mois	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
Moyenne De la durée d'ensoleillement en heure et dixième	5.9	6.7	6.6	6.9	6.5	4.7	4.9	4.5	5.3	7.1	7.9	7.0

Tableau 2 : Durée d'ensoleillement (moyenne mensuelle recueillies par la DMN)

En dépit d'un pyranomètre et d'un pyrhéliomètre, les données de l'irradiance ne sont pas disponibles à la DMN.
Ce paramètre étant indispensable à la présente étude, nous nous sommes appuyés sur des données satellitaires de la base **HelioClim-1 Database of Daily Solar Irradiance v4.0**développée par **MINES ParisTech - Armines (France)**.
Pour avoir des valeurs proches de la réalité de l'AIGE, nous avons choisi comme données d'entrée dans la base, les coordonnées géographiques (en degré décimal) de la station météo de l'AIGE qui sont :

- **Latitude : 6.17°N ou 6°10'N**
- **Longitude : 1.25°E ou 1°15'E**
- **Altitude : 19.6m**
- **Incidence : Normale**

Les paramètres sus mentionnés sont obtenus auprès du service météorologique de l'ASECNA Lomé.
Dans cette base, les moyennes mensuelles disponibles sont obtenues pour une période de vingt-un (21) ans courant de 1985 à 2005 (Voir Annexe 5). De ces données nous déduisons les moyennes mensuelles de la durée d'ensoleillement, de l'irradiance et de l'irradiation inscrites dans le tableau suivants :

Mois	Moyenne mensuelle Irradiance(W/m²)	Incertitude (%)	Taux d'ensoleillement (%)	Heure d'ensoleillement (heure et dixième)	Moyenne mensuelle Irradiation (Wh/m²)
1	828.5	14.0	26.9	6.4	19885.1
2	842.9	14.7	26.7	6.4	20228.6
3	819.7	14.6	25.9	6.2	19672.1
4	881.9	15.0	24.5	5.9	21165.8
5	763.1	13.7	24.8	5.9	18313.8
6	628.7	11.9	24.5	5.9	15089.7
7	501.8	12.5	23.5	5.6	16704.5
8	708.3	13.3	24.6	5.9	16999.6
9	643.5	12.8	25.3	6.1	15444.1
10	711.1	13.9	27.0	6.5	17067.1
11	758.7	13.6	27.0	6.5	18207.8
12	794.3	13.4	26.9	6.4	19063.8

Tableau 3 : Moyennes mensuelles de l'irradiance et l'irradiation (Base HélioClim 1)

Les données de l'irradiance n'étant pas disponible à la station, nous utiliserons les données satellitaires de la base HélioClim.
Avant cela, nous allons étudier par comparaison, le rapprochement entre le deux types de données recueillies en considérant la durée d'insolation qui est disponible sur les deux bases.

IV-2-2. Comparaison des données de la station météo et des Donnéessatellitaires de la base HélioClim 1

Les données recueillies étant prélevées sur des périodes différentes (de 1985 à 2005 pour HélioClim 1 et de 1991 à 2012 pour la station météo de l'AIGE), nous allons effectuer cette comparaison sur la période commune allant de 1991 à 2005 (15 ans).

- **Méthodologie**

Pour aboutir à des conclusions fiables, nous avons utilisé le logiciel statistique « **R 3.1.2** ».

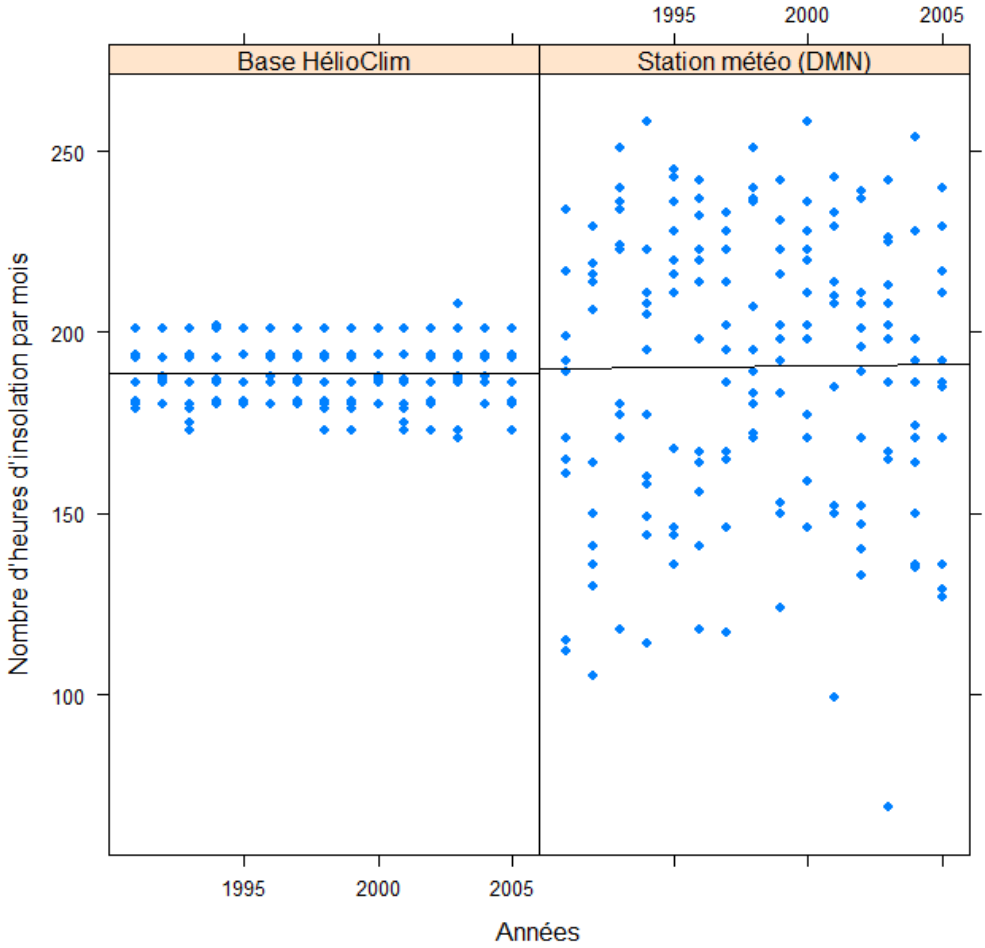
Les données brutes de l'annexe 5 ont été traitées par Excel 2007 en les ramenant en durée totale d'insolation pour chaque mois données.

Nous avons échantillonné les données en 4 types de variables qui sont :

- **DURATION :** Caractérise nombre d'heures d'insolation par mois.
- **Years :** Année d'évaluation ou de mesure d'insolation (1991 à 2005).
- **Months :** Les mois de l'année.
- **TYPE :** selon que ce soit les données de HélioClim ou les données de la station météo (DMN)**.**

Un traitement a été fait en comparant les variables 'Type' qui peuvent prendre deux valeurs : « Base HelioClim » et « Station météo (DMN) » en considérant l'effet des autres variables sur la variable 'Duration'.
Les données, introduites dans le logiciel R 3.1.2 donne les résultats illustrés par les graphiques suivants :

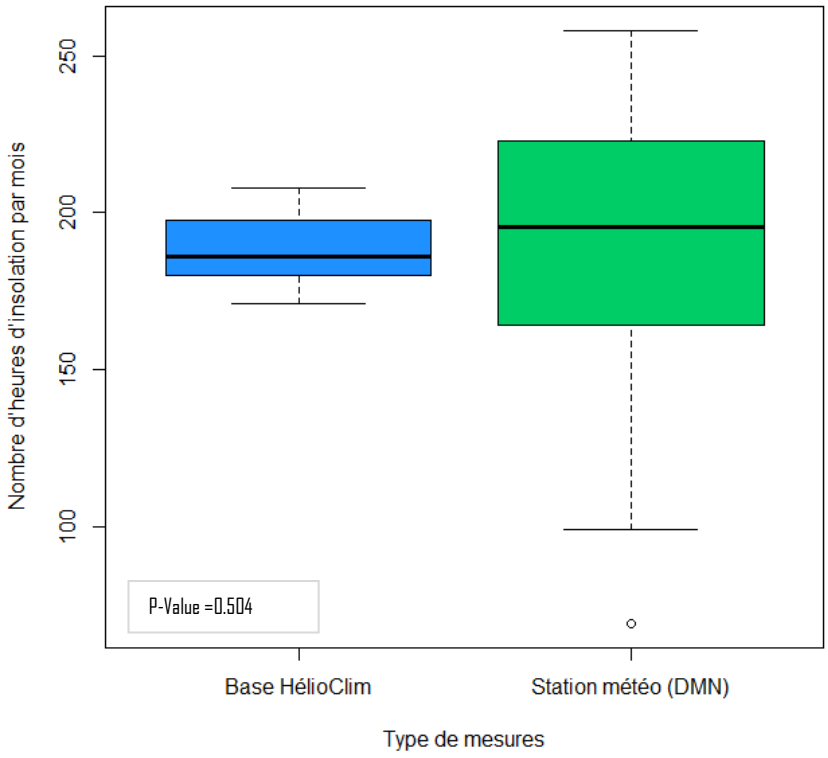
➢ **Effet de la variable 'Years'**



Graphique 1: Effet de l'année sur durée d'insolation.

Le nombre moyen d'heures d'insolation semble être constant d'une année à une autre et ceci pour les deux types de mesure (Station météo DMN/HélioClim). On observe une forte dispersion au niveau des mesures issues de la station météo par rapport aux données satellitaires de la base HélioClim.

- **Effet de la variable 'Type'**



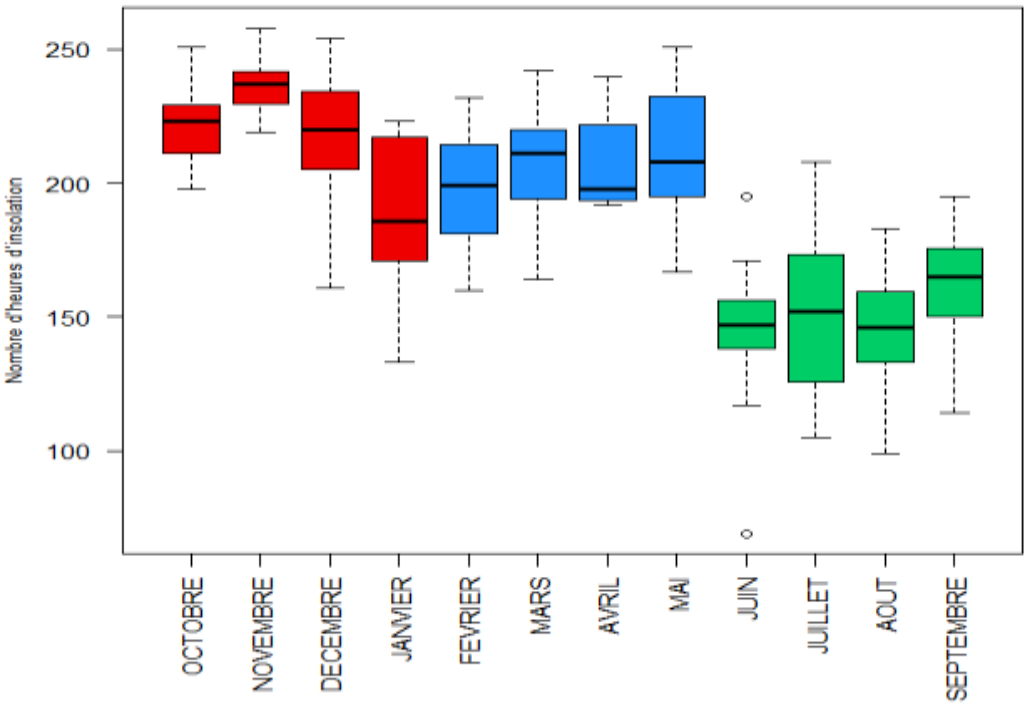
Graphique 2 : Effet du type de mesure sur a durée d'insolation

Les moyennes données par R3.1.2 sont :

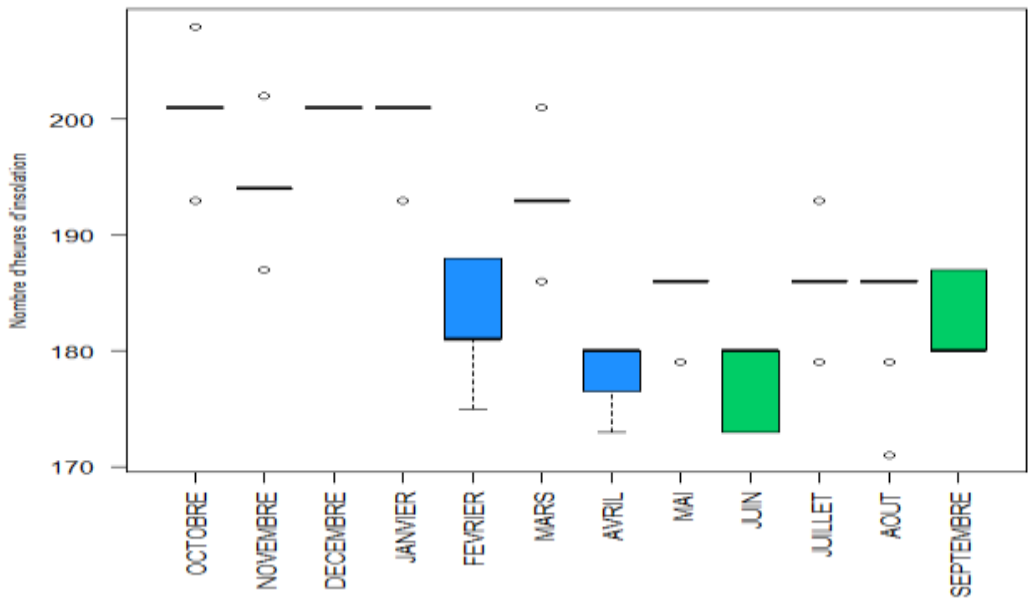
- **$Moy_{(Station\ météo)}$ = 190.6;**
- **$Moy_{(HélioClim)}$= 188.7.**

La probabilité de se tromper sur l'effet significatif de la variable communément appelée en statistique **'P-value'** fournie par R 3.1.2 est **P = 0.504.**
Or, lorsque P est en deçà de 0.05, il y a effet significatif de la variable et lorsque P est supérieur ou égal à 0.05 alors il n'y a pas d'effet significatif de la variable [7].
Nous pouvons conclure qu'il n'y a pas d'effet significatif de type sur la donnée 'Duration'. Ce qui veut dire qu'il n'a pas de différence significative entre les données satellitaires de la base HélioClim1 et celles de la station.

➢ **Effet de la variable ‘Month’**



Graphique 3 : Effet ‘Mois’ sur la durée d’insolation à la station



Graphique 4 : Effet ‘Mois’ sur la durée d’isolation au niveau du satellite

Les deux graphiques précédents montrent qu'il faut absolument prendre en compte l'effet du mois. Le test de l'effet 'Mois' d'une part et de l'effet 'Mois + Type' d'autre part donne dans les deux cas, **P-value = 2.2E-6**qui est en deçà de 0.05. Voir les notes suivantes copiées de l'interface.

EFFET MOIS:

```
Analysis of Variance Table

Model 1: DURATION ~ TYPE + Months
Model 2: DURATION ~ TYPE
Res.Df    RSS     DfSum of Sq      F       Pr(>F)
1    347    161012
2    358    276581 -11    -115568    22.642< 2.2e-16  ***→
```

Effet mois

EFFET TYPE+MOIS:

```
Analysis of Variance Table

Model 1: DURATION ~ TYPE + Months
Model 2: DURATION ~ TYPE + Months + TYPE:Months
Res.Df  RSS Df  Sum of SqF    Pr(>F)
1    347 161012
2    336  96879 11     64133 20.221  < 2.2e-16 ***→L'Effet mois dépend
```

fortement (significativement) du TYPE de Mesure

On note alors l'effet du mois sur la durée d'insolation d'une part, et l'influence significative de l'effet 'Type' sur l'effet 'Mois'. Cela se remarque par l'allure des graphiques.
Le graphique 3 montre une uniforme concentration des valeurs autour des moyennes mensuelles avec très peu de valeurs isolées. On note aussi une tendance élevée de la durée d'insolation sur la période allant d'Octobre à Mai avec un minimum enregistré entre Décembre et Mars. Ce minimum s'explique par l'harmattan qui sévit en ces mois.
L'allure du graphique 4 montre une forte réduction des valeurs aux moyennes mensuelles et un nombre relativement élevé de valeurs très isolées des moyennes. Cela peut s'expliquer par la position du satellite qui prend les mesures, le caractère extrinsèque (issu de traitements) des données de la base hélioClim et enfin par des valeurs absentes que la base remplace par **-999**par défaut (Exemple du mois de Juillet 1986 en Annexe 5).

Les données recueillies à la station expliquent lors mieux l'effet du mois à cause de l'originalité des valeurs.

- **Conclusion**

En termes de moyenne annuelle, les données prises au deux stations n'ont pas de différence significative. L'étude a permis de voir que la durée d'insolation dépend étroitement du mois considéré. Aussi, les données de la station météo expliquent-elles mieux cette différence.

Pour la suite nous allons considérer uniquement les données satellitaires car elles sont plus complètes pour la suite de notre étude.

IV-2-3. Profil des données de l'irradiation sur le site de Lomé

Les figures suivantes montrent les profils annuels de l'irradiance, de la durée d'ensoleillement et de l'irradiation solaire sur le site de l'ASECNA Lomé.

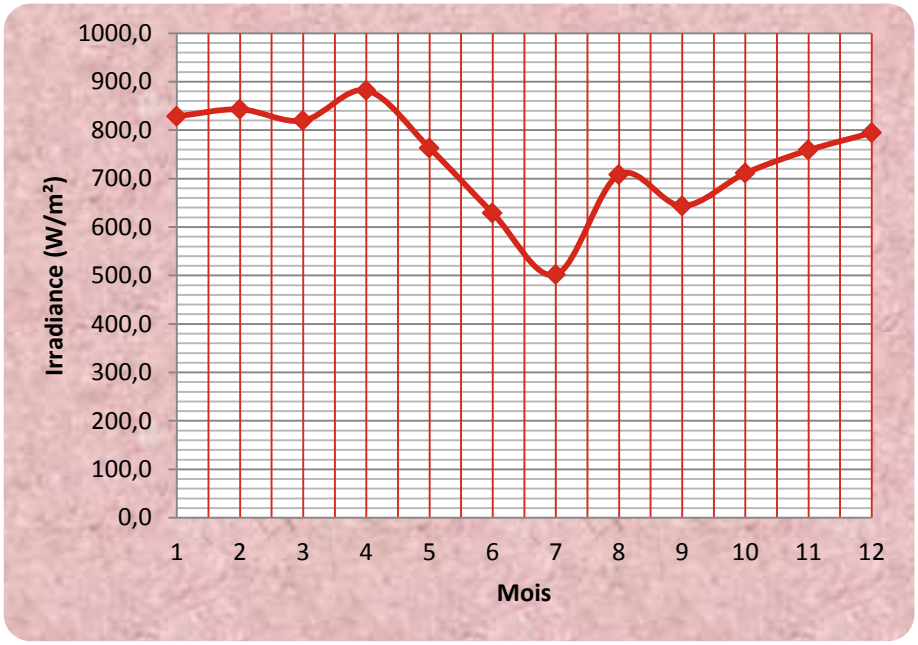


Figure 6 : Courbe de l'évolution mensuelle de l'irradiance sur le site de Lomé

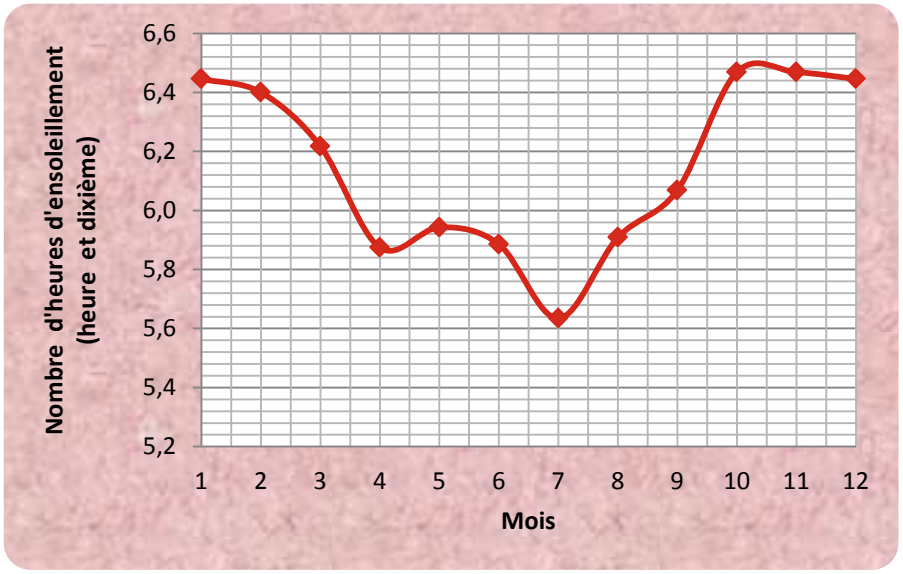


Figure 7 : Courbe de l'évolution mensuelle de la durée d'ensoleillement sur le site de Lomé

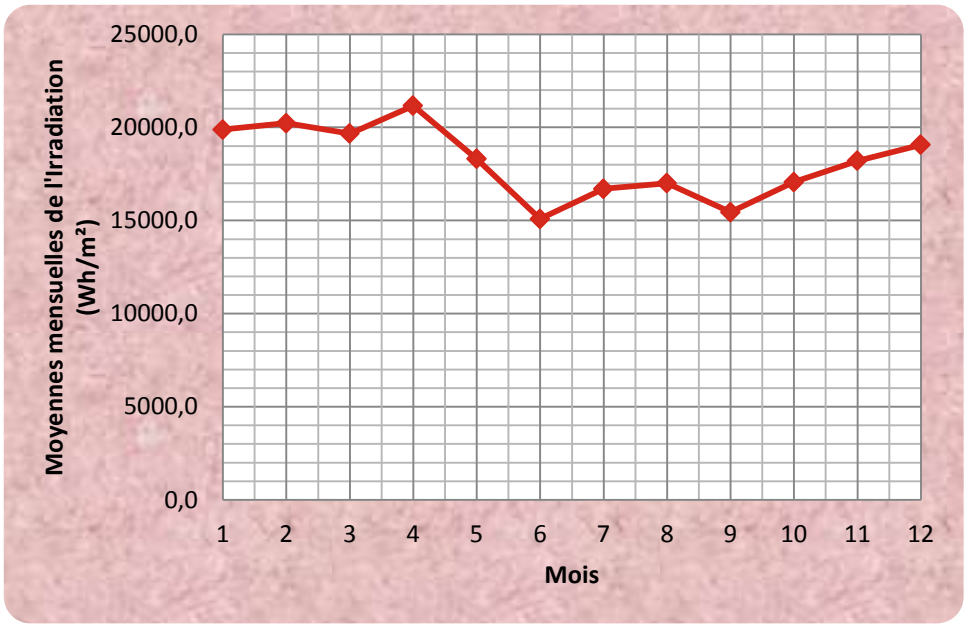


Figure 8 : Courbe de l'évolution mensuelle de l'irradiation sur le site de Lomé

IV-2-4. Interprétation des courbes et des données

Le site de l'AIGE reçoit mensuellement des irradiances directes moyennes comprises entre **501.8 W/m² et 881.9 W/m²**. Les moyennes de la durée d'ensoleillement se trouvent entre 5.6 et 6.5 heures. Cependant les moyennes mensuelles de l'irradiation varient entre **15089.7 Wh/m² et 20228 Wh/m²**.

L'analyse de l'annexe 5 montre que le site reçoit en moyenne un ensoleillement normal direct sur un plan horizontal de1760685.143 Wh/m² par an soit **1760.69 KWh/m²/an**. La même annexe nous indique que l'année la plus défavorable sur les 21 années a été l'année 2000 avec une somme annelle de **1636.44 KWh/m²/an** soit **4.48KWh/m²/jour**. Ces résultats confirment l'analyse selon laquelle les pays d'Afrique bénéficient des moyennes comprises entre **1600 et 2400 kWh/m²/an** [8].

Les profils des courbes des figures 6 et 7 montrent que le mois le moins ensoleillé est le mois de Juillet lorsqu'on considère l'irradiance et le nombre d'heure d'ensoleillement.
Pendant ce temps, les mois les plus ensoleillées sont les mois de Janvier à Avril et d'Octobre à Décembre. Ces périodes coïncident avec les mois dont les températures sont les plus élevées (Voir figure 5 plus haut). Ces périodes doivent favoriser de forts apports de chaleur dans les bâtiments à faible isolation thermique.

IV-2-5. : Corrélation avec la consommation des bâtiments

Les mois précités incluent les mois cités par l'audit énergétique des bâtiments de l'ASECNA en 2013 comme les mois les plus consommateurs. Cette assertion vient d'être justifiée par le fait que ces périodes favorisent de forts apports de chaleurs dans les bâtiments. L'étude de l'isolation thermique des bâtiments confirmera cette affirmation. L'étude des apports thermiques dans les bâtiments ne saura se faire sans les données de l'irradiance globale reçue sur les surfaces verticales et horizontales qui constituent les parois de ces derniers. Le paragraphe suivant sera consacré à la collecte de ces données.

IV-2-6. Irradiance global sur un plan horizontal et sur un plan vertical

Pour accéder à ces paramètres, nous nous sommes basés sur données de la base **HelioClim3.4** en considérant le rayonnement global sur un plan incliné :

- de 0° pour un plan horizontal ;
- de 90° pour un plan vertical.

Dans le dernier cas, on distingue les orientations azimutales du plan :

- 0° pour le Nord ;
- 180° pour le Sud ;
- 90° pour l'Est ;
- 270° pour l'Ouest).

Ainsi seront définies les façades, les planchers et les toitures d'un local.
Les résultats obtenus en introduisant ces paramètres dans la base sont renseignés en Annexe 6. De ces résultats sont déduites les moyennes de l'irradiance en supposant que les sommes annuelles de l'irradiation ont été obtenues pour une moyenne de six (06) heures d'ensoleillement par jour. Le nombre total de jour sur lequel les études ont été réalisées est fourni par ladite base.
Les valeurs conséquentes sont contenues dans le tableau suivant.

Plan incliné	Orientation azimutale	Irradiance globale (W/m²)
Horizontal		901
Verticale	Nord	283
	Sud	370
	Ouest	453
	Est	424

Tableau 4 : Irradiance en W/m² sur un plan incliné (horizontal et vertical) de la ville de Lomé

IV-3. Etude des ressources de vent du site de l'AIGE

Les données recueillies auprès de la DMN donnent des dominants de direction Sud-Ouest (SW) et de vitesse maximale en surface de 4m.s^{-1}. La vitesse la plus fréquent est de 3m.s^{-1} en surface.
Les moyennes mensuelles sont obtenues suites aux statistiques réalisées sur une période de trente-six (36) ans allant de 1978 à 2013 (Voir Tableau 5 et annexe 8).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
Direction dominante	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW
Vitesse dominante (m/s)	2	3	3	3	2	2	3	4	3	3	2	2

Tableau 5 : Moyennes mensuelle des vents sur le site de Lomé (Direction et vitesse)

Ces chiffres montrent qu'on a des vents faibles à de très basses altitudes. Ainsi pour avoir des vents favorables aux énergies éoliennes, il faut une étude du vent en altitude qui est connues sous le nom de sondage. Les données du sondage ne sont pas disponibles en station.
Notons que le vent est très influencé par le relief au sol aux faibles altitudes. Ainsi le vent à 10m au-dessus d'un sol plat diffère de celui à 10m au-dessus d'une colline. Par contre à de grandes altitudes, l'effet du relief disparaît en laissant le vent croître légèrement avec l'altitude. L'AIGE étant situé sur un plateau, on peut considérer que le sol est plat et qu'en ce lieu le vent croît uniquement avec l'altitude. Ainsi, nous avons de fortes chances d'enregistrer des vitesses exploitables pour les éoliennes (Vitesse supérieure à 5m/s), mais à des altitudes relativement élevées.

IV-4. Contraintes aéronautiques et avantages liés aux deux sources d'énergie

Les deux sources d'énergie étudiées précédemment, quoiqu'inépuisables à l'échelle humaine [8], sont des sources intermittentes. Or, il est recommandé sur un aérodrome, que l'intervalle de temps entre une panne de la source principale d'énergie et le rétablissement complet des services nécessaires soit aussi court que possible, sauf en ce qui concerne les aides visuelles associées aux pistes avec approche classique [9].
Le caractère intermittent des énergies solaires et éoliennes combiné avec les exigences de l'OACI sus mentionnées font conclure à priori que ces sources d'énergies ne peuvent pas constituer des sources d'alimentation pour les équipements d'aides à la navigation aériennes. Mais leur bon dimensionnement associé avec le stockage d'énergie permettent de faire d'elles, des sources auxiliaires voire principales. L'ASECNA n'en est pas à sa

première expérience. C'est le cas des centrales solaires autonomes de **TAMBACOUNDA** à 450km de Dakar, de **BOUAR** en République Centrafricaine (où l'on enregistre de longues périodes de couvertures nuageuse), de **LEMGHAITY** en Mauritanie etc… qui alimentent des stations terriennes (VSAT) et des équipements d'aide à la navigation aérienne en des sites isolés (VOR, VHF ou autres).

Particulièrement la taille imposante et l'encombrement des éoliennes peuvent constituer des obstacles lorsqu'elles sont installées dans les zones de servitude aéronautiques (Axe de piste, surface d'approche et de décollage, les bandes de piste et aires de dégagement, le champ de rayonnement des émetteurs/récepteurs et notamment des radars). C'est pour cette raison qu'en France, une autorisation obligatoire mais très difficile à obtenir est exigible auprès des Ministère des Transports et de la Défense [10]. De son côté, l'OACI a dédié les recommandations du paragraphe 4 au chapitre 6 de l'annexe 14 Volume I pour réglementer l'installation des éoliennes sur un aérodrome.

Un des grands avantages de ces sources réside dans la faible maintenance exigible par les installations y afférents. De ce fait elles favorisent des taux de disponibilité élevés à cause de la faible fréquence des arrêts pour maintenance. Au même moment, leur utilisation contribue à la protection de l'environnement tout en réduisant la vitesse d'épuisement des ressources fossiles.

Pour d'éventuelles introductions des EnR dans les systèmes de production d'énergie, nous utiliserons l'énergie solaire.

Chapitre V. COMPLEMENTS D'AUDIT ENERGETIQUE DE L'ASECNA LOME

V-1. Etat énergétique des bâtiments

Pour chaque bâtiment, nous décriront l'enveloppe du bâtiment, l'éclairage, la climatisation ainsi que les autres équipements électriques et bureautiques. Un bilan thermique et une estimation de la consommation électrique aboutiront à la détermination des étiquettes 'Energie' et 'Climat' de chaque bâtiment. Dans cette partir seul les bâtiments de la Représentation et du bloc techniques seront étudiés dans les détails précités. Pour les autres bâtiments notre étude se limitera à une description sommaire du bâti et à la charge électrique. Les locaux de la sécurité incendie (SLI) et de l'Observation Météorologique ne seront pas pris en compte car ils occupent actuellement des sites provisoires à causes des travaux de réaménagement et d'extension de l'AIGE. La salle polyvalente aussi ne fera pas l'objet d'étude à cause de la faible fréquence des grandes réunions auxquelles elle a été dédiée.

V-1-1. La représentation

V-1-1-1. Enveloppe du bâtiment

L'enveloppe d'un bâtiment est l'élément de construction qui sépare le volume chauffé ou climatisé ou aucun des deux de l'environnement extérieur. C'est au travers des éléments de l'enveloppe qu'on détermine les gains ou déperditions thermiques selon qu'on soit en climatisation ou au chauffage.
Le bâtiment de la Représentation comprend trois ailes (deux ailes orientées Nord-Sud et une aile Est-Ouest) surmontées à leur intersection par un premier étage. L'enveloppe de chaque compartiment est constituée de murs en briques creux de ciment de 15cm d'épaisseur avec enduit intérieur et extérieur, d'une dalle faite en hourdis de 16 cm. Les ouvertures sont des baies vitrées équipées de rideaux et exposées au rayonnement soleil à des moments de la journée ainsi que des portes vitrées qui ouvrent chacune sur un couloir de 1.65m (Voir Photos suivants). La hauteur sous dalle de chaque aile est de 3.2m.

Photo 3 : Aile Sud de la représentation

Photo 5 : Façade Ouest de l'aile Sud

Photo 6 : Façade Nord de l'Aile Ouest

Photo 7 : Façade Est de l'aile Nord

V-1-1-2. Description de l'éclairage

Le système d'éclairage du bâtiment est majoritairement constitué par des luminaires fluorescents (les tubes de 1.2m de 36w et les tubes de 0.6m de 18W) dont les ballasts consomment environ 25% de la puissance électrique du tube fluorescent. Les couloirs et les douches sont éclairés par des lampes fluo-compactes de 15W communément appelées 'lampes économiques'. L'éclairage extérieur est constitué de globes phares de 60W. On note aussi quelques appliques de 40Wau niveau des lavabos des toilettes (Voir photos suivants).

Photo 8 : Eclairage Couloir de la représentation

Photo 9 : Eclairage extérieur de la représentation

La durée d'exploitation de l'éclairage de la représentation est de huit (08) heures pour les luminaires des bureaux tandis que l'éclairage extérieur est exploité pendant 15heures. L'éclairage des couloirs, des douches et les appliques sont supposés fonctionner pendant quatre (04) heures de temps par jour. Nous avons noté que la plupart des luminaires reste en fonctionnement en cas de sortie des utilisateurs de leurs bureaux. La consommation électrique journalière correspondant est de **98.72 KWh** pour une puissance installée de **11.62 KW** comme le montre le tableau suivant.

Type de lampe	Néon 1.2m	Néon 0.6m	Fluo compacte	Applique	Globe phare
Puissance Unitaire (W)	36	18	15	40	60
Consommation Ballast	9	4.5	0	0	0
Durée de fonctionnement (heure)	8	8	4	4	15
Nombre	66	302	30	5	20
Puissance installée (KW)	**11.62**				
Consommation journalière (KWh)	23.76	54.36	1.8	0.8	18
Total jounalière (KWh)	**98.72**				

Tableau 6 : Consommation de l'éclairage de la Représentation

V-1-1-3. Climatisation

La climatisation est assurée par des climatiseurs Split Système à éléments séparés dont la puissance se situe entre 1.5CV et 3CV. Vint quatre (**24)** climatiseurs sur les trente-trois (**33**) pour une puissance de**63.5 CV** de ce bâtiment sont alimentés par le réseau non secouru et protégés par des disjoncteurs sans équipement de temporisation au démarrage. Ce qui favorise un fort appel de courant lors des rétablissements d'électricité après une coupure par le fournisseur ou par l'unité Energie et balisage pour cause de maintenance. La puissance totale des trente-trois (33) climatiseurs installés vaut **90.5 CV** soit **67.513 KW** fonctionnant chacun en moyenne huit (08) heures par jour sauf les deux climatiseurs de 3CV de la salle des serveurs qui font en moyenne chacun douze (12) heures par jour. La consommation journalière correspondante est de **468.49 KWh** comme l'indique le tableau suivant.

Type de climatiseur	Nombre	Durée de fonctionnement	consommation journalière (KWh)
3CV	10	4	89.52
3CV	2	12	53.712
3CV	13	8	232.752
2CV	7	8	83.55
1.5CV	1	8	8.95
Puissance installée (KW)	**67.513 KW**		**468.49**

Tableau 7 : Consommation de la climatisation de la Représentation

V-1-1-4. Autres équipements électriques et bureautique

Le bâtiment de la représentation dispose d'autres équipements électriques dont la consommation électrique est calculé dans les tableaux suivants:

- Les Réfrigérateurs et fontaines réfrigérantes

Désignation	Puissance unitaire (KW)	Quantité	Durée de fonctionnement (heure)	Consommation journalière (KWh)
Réfrigérateurs	0.1	5	20	10
Fontaine réfrigérante	0.55	1	20	11
Total	**1.05 KW**		**20h**	**21 KWh**

Tableau 8 : consommation des réfrigérateurs et fontaines réfrigérantes

- **Les équipements de bureautique (Unité centrale, Ecrans, photocopieurs, Imprimantes, ...)**

Les équipements de bureautique ont des consommations selon le mode de fonctionnement éteint, veille ou actif. Les consommations selon les modes sont contenues dans les tableaux suivant :

Désignations	Etat	éteint	veille	actif
Unités centrales	Puissance (W)	2.5	100	110
	Fraction d'heure de fonctionnement (%)	70	5	25
	Durée de fonctionnement sur 24 h (heure)	16.8	1.2	6
	Quantité	34		
	Consommation journalière (KWh)	**27.948**		

Désignation	Etat	éteint	Economiseur	actif
Ecran plat HP 1706	Puissance (W)	2.5	25	37
	Fraction d'heure de fonctionnement (%)	70	5	25
	Durée de fonctionnement sur 24 h (heure)	16.8	1.2	6
	Quantité	34		
	Consommation journalière (KWh)	**9.996**		

Désignation	Etat	éteint	veille	actif
Imprimantes à jet d'encre	Puissance (W)	2.5	15	65
	Fraction d'heure de fonctionnement (%)	70	5	25
	Durée de fonctionnement 24h (heure)	16.8	1.2	6
	Quantité	25		
	Consommation journalière (KWh)	**11.25**		

Désignation	Etat	éteint	veille	Attente	Copie
Photocopieurs	Puissance (W)	2.5	90	150	1700
	Fraction d'heure de fonctionnement (%)	60	30	5	5
	Durée de fonctionnement sur 24h (heure)	14.4	7.2	1.2	1.2
	Quantité	5			
	Consommation journalière (KWh)	**14.52**			

Tableaux 9 : Consommation de la bureautique à la représentation

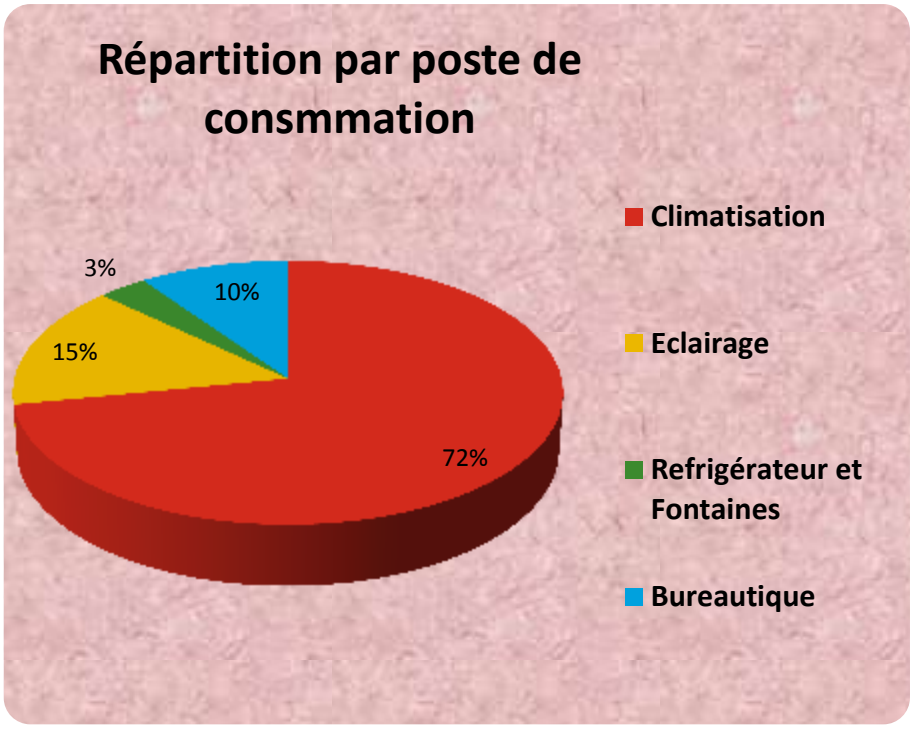
Autres équipements électriques et bureautiques consomment alors **63.714 KWh par jour**.

V-1-1-5. Estimation de la consommation électrique et répartition par poste

Hors mis les équipements tels que les ordinateurs portables, des cafetières, postes radio et autres équipements divers dont nous n'avons pas évalué les consommations, le bâtiment administratif a une puissance installée de **93.35 KW** et consomme **651.92KWh/jour** soit **234 951.53 KWh par an.**
La répartition par poste de consommation est donnée par le tableau et le graphique suivant.

Poste de consommation	consommation Journalière (KWh)	Consommation Totale annuelle (KWh/an	Pourcentage (%)
Climatisation	468.488		**72**
Eclairage	98.72		**15**
Refrigérater et Fontaines	21		**3**
Bureautique	63.714		**10**
Total	651.922	**237 951.53**	**100**

Tableau 10 : Estimation de la consommation de la représentation



Graphique 5 : Répartition de la consommation de a représentation par poste

V-1-1-6. Bilan thermique

Cette partie s'intéresse à l'évaluation des gains thermiques du bâtiment. Ces gains thermiques trouvent leur origine des échanges de chaleur entre :

- d'une part le local à climatiser;
- et d'autre part son enveloppe comme défini plus haut, les occupants et les équipements électriques.

Les différentes sortes d'apport thermique ont été calculées par la méthode détaillée d'estimation des charges de climatisation [11]. Les apports par infiltration n'ont pas été pris en compte car les baies vitrée et les portes (ouvrant toutes sur un couloir) sont supposées suffisamment étanches.

➢ Calcul des apports thermiques

Les formules de calcul ainsi que les hypothèses contextuelles y afférents sont contenus dans le tableau suivant [12].

Type d'apport	Formule de calcul	Hypothèses et approximations spécifiques au cas étudié
Apports par conduction des murs et des vitres	$\mathbf{Q} = \sum \mathbf{KS}(\mathbf{Te} - \mathbf{Ti})$ où $\mathbf{Q}$ = gain thermique $\mathbf{K}$ = Coefficient global d'échange dépendant de la constitution des murs et des vitrages. $\mathbf{S}$ = surface des murs et vitrage **Te** et **Ti** sont respectivement la température extérieure maximale et la tepérature imposée dans le local	• les murs sont en des briques creux de 15cm avec enduit intérieur plâtre : $\mathbf{K} = \mathbf{1.5}$ • Les vitrages sont normalement exposés au soleil et installées avec des châssis métalliques : $\mathbf{K} = \mathbf{6}$ • Te = 34°C • Ti = 22°C • Les locaux contigus sont climatisés et supposés être à la même température • Les cloisons et séparations n'ont pas été prises en compte à cause de la précédente hypothèse.
Apports par conduction des planchers	$\mathbf{Q} = \sum \mathbf{KS}(\mathbf{Te} - \mathbf{Ti})$ où $\mathbf{Q}$ = gain thermique $\mathbf{K}$ = Coefficient global d'échange dépendant de la position du plancher (au-dessus un local climatisé ou non, directement au sol ou au-dessus d'un vide sanitaire ventilé ou non, à côté d'un local surchauffé). $\mathbf{S}$ = surface des planchers	• Les planchers des ailes Nord, Sud et Ouest du bâtiment de la représentation sont directement au sol sauf le premier étage qui surmonte un vide supposé ventilé naturellement • Te = 34 – 3 = 31°C • Ti = 22°C • Le flux de chaleur apporté

	Te et **Ti** sont respectivement la température extérieure maximale réduit de trois (03) unités et la température imposée dans le local	par le plancher des ailes Nord, Sud et Ouest est nul du fait des hypothèses • Le plancher du premier étage qui fera objet des calculs est une dalle (béton) de 20cm d'épaisseur avec carrelage : $\mathbf{K = 1.7}$
Apports par conduction des plafonds et toitures	$\mathbf{Q = \sum KS(Te - Ti)}$ où $\mathbf{Q}$ = gain thermique $\mathbf{K}$ = Coefficient global d'échange dépendant de la structure du toit ou plafond et de sa position (en dessous d'un local climatisé ou non). $\mathbf{S}$ = surface des plafonds ou des toits **Te** et **Ti** sont respectivement la température extérieure maximale réduit de trois (03) unités et la température imposée dans le local	• Les toitures ou plafonds du bâtiment de la représentation sont constitués d'une dalle (béton) de 20cm d'épaisseur avec étanchéité directement en contact avec la température ambiante : $\mathbf{K = 2.2}$ • Te = 34 – 3 = 31°C • Ti = 22°C
Apports solaires des murs et toitures	$\mathbf{Q = \sum KS\Delta T_f}$ $\mathbf{Q}$ = gain thermique $\mathbf{K}$ = Coefficient global d'échange dépendant de la structure des murs ou du toit $\mathbf{S}$ = surface des murs ou des toits $\Delta_\mathbf{f}$ = écart de empérature fictif donné par $\Delta_\mathbf{f} = \frac{\mathbf{aGF}}{\mathbf{h}}$ où $\mathbf{a}$ = coefficient d'absorption des matériaux $\mathbf{F}$ = facteur dépendant de la masse surfacique des structures portuses (plancher) $\mathbf{G}$ = rayonnement solaire global sur le toit ou le mur $\mathbf{h}$ = coefficient de convection en $^{W}/_{(m^2K)}$dépendant de plusieurs paramètres dont la vitesse du vent.	• Les murs et toit sont faits en maçonnerie de couleur sombre. Ce qui amène à : $\mathbf{a = 0.8}$ • les murs sont en des briques creux de 15cm avec enduit intérieur plâtre : $\mathbf{K = 1.5}$ • Les toitures ou plafonds du bâtiment de la représentation sont constitués d'une dalle (béton) de 20cm d'épaisseur avec étanchéité directement en contact avec la température ambiante : $\mathbf{K = 2.2}$ • Le rayonnement global sur un plan vertical a été déterminé dans la base de données HelioClim3.4. Le rayonnement global sur toutes les façades est inscrit dans le tableau 4 plus haut. • $\mathbf{F = 0.9}$ (pour une structure moyenne) • $\mathbf{h}$ = 15 ($approximation$ généralement faite)

Apports solaires Vitrages	$\mathbf{Q} = \sum \mathbf{gFSG}$ où $\mathbf{g}$ = facteur de transmision moyen de la vitre $\mathbf{F}$ = facteur correctif dû à la présence ou non des rideaux intérieurs ou extérieurs $\mathbf{S}$ = Surface vitrée $\mathbf{G}$ = rayonnement global	• Les vitrages sont légèrement teintés marrons et équipés de rideaux intérieurs ; d'où $g = 0.7$ $et \mathbf{F} = \frac{2}{3}$ • Le rayonnement global est déterminé comme précédemment.
Apports sensibles dus aux occupants	$\boldsymbol{Q_s = nH_s}$ où $\boldsymbol{n}$ = nombre d'occupants $\boldsymbol{H_s}$ = gain sensible par individu dépendant de la position (assise, debout ou couché) et de l'activité des individus.	Les occupants du bâtiment étant des administratif (employés de bureau), nous les avons supposés assise écrivant. D'où $\boldsymbol{H_s = 45}$
Apports latents dus aux occupants	$\boldsymbol{Q_l = nH_l}$ où $\boldsymbol{n}$ = nombre d'occupants $\boldsymbol{H_l}$ = gain sensible par individu dépendant de la position (assise, debout ou couché) et de l'activité des individus.	Les occupants du bâtiment étant des administratif (employés de bureau), nous les avons supposés assise écrivant. D'où $\boldsymbol{H_l = 68}$
Apports sensibles dus aux appareils électriques	$\boldsymbol{Q_s = \sum M_n P_n}$ $\boldsymbol{M_n}$ = coefficient lié au rendement de chaque appareil. Il est d'autant plus élevé que le rendement est faible $\boldsymbol{P_n} = puissancenominale\ dechaqueappareil$	• On fait souvent l'approximation $\boldsymbol{M_n = 1}$ • La puissance totale des équipements a été réduite de la puissance des climatiseurs et des lampes servant d'éclairage extérieur, l'éclairage des couloirs et douches.
Apports sensibles dus au renouvellement d'air	$\boldsymbol{Q_s = 0.29 q_V \Delta T}$ *où* $\boldsymbol{q_V}$ = débit d'air d'air neuf en $^{m^3}/_{(h * personne)}$ dépendant de la présence ou non de fumeur et du nombre d'occupants dans le local $\Delta \boldsymbol{T}$ = écart de température entre l'air entrant et l'air du local	• Les locaux sont des bureaux supposés sans fumeur. Ce qui donne $\boldsymbol{q_V} = 18$ • L'effectif est supposé égal à 40 occupants • $\Delta \boldsymbol{T = 34°C - 22°C = 12°C}$
Apports latents dus au renouvellement d'air	$\boldsymbol{Q_l = 0.771\ q_V \Delta x}$ *où* $\boldsymbol{q_V}$ = débit d'air neuf en $^{m^3}/_{(h * personne)}$ dépendant de la présence ou non de fumeur et du nombre d'occupants dans le local $\Delta \boldsymbol{x}$ = écart d'humidité absolue entre l'air entrant et l'air du local en $^{g}/_{KgAS}$	• Les locaux sont des bureaux supposés sans fumeur. Ce qui donne $\boldsymbol{q_V} = 18$ • L'effectif est supposé égal à 40 occupants • $\Delta \boldsymbol{x}$ est déterminé à partir du diagramme de l'air humide (Voir annexe 10) en prenant l'air extérieur à **34°C** pour une humidité relative de **85%** et en

		maintenant le local à **22°C** et à **50%** d'humidité relative

Tableau 11 : Formules de calcul des gains thermiques et hypothèses

Cette méthode, implémentée dans un programme sous Microsoft Excel 2007 donne les tableaux suivants :

	Murs (m²)	**Vitrages (m²)**	**Plafond/Plancher/Toit (m²)**
Sud	140.53	50.51	**900.8575**
Ouest	179.15	96.405	
Nord	126.48	64.56	
Est	125.915	128.805	

Tableau 12 : Surfaces des vitrages-Murs-planchers de la représentation

Nous utiliserons dans la suite l'approximation de la surface du plancher égale à **900m².**

Données du site	**Longitude**	**latitude**	**Altitude**	**TeM (°C)**	**Tem(°C)**
	6°10' N	1°15E	19.6m	34	
	Ti (°C)	He (%)	Hi (%)	Heure	Mois
	22	85	50		
Calcul des apports par conduction					
Murs	**Surface en m²**	**K**	**DT**	**Gain**	
Sud	140.53	1.5	12	2529.54	
Ouest	179.15	1.5	12	3224.7	
Nord	126.48	1.5	12	2276.64	
Est	125.915	1.5	12	2266.47	
Plafond	900	2.2	9	17820	
Plancher	150	1.7	9	2295	
Total des gains par conduction par les murs (W)				**35278.326**	
Vitrages	**Surface en m²**	**K**	**DT**	**Gain**	
Sud	50.51	6	12	3636.72	
Ouest	96.405	6	12	6941.16	
Nord	64.56	6	12	4648.32	
Est	128.805	6	12	9273.96	

Total des gains par conduction par les vitrages (W)				**28420.19**
Calcul des apports solaires				
Murs + portes closes	**Surface en m²**	**K**	**DT fictif**	**Gain**
Sud	140.53	1.5	17.76	3743.7192
Ouest	179.15	1.5	21.744	5843.1564
Nord	126.48	1.5	13.584	2577.15648
Est	125.915	1.5	20.352	3843.93312
Toit	900	2.2	43.248	85631.04
Total des apports solaires par les murs (W)				**117901.246**
Vitrages	**Surface en m²**	**g*F**	**G**	**Gain**
Sud	50.51	0.47	370	8721.39
Ouest	96.405	0.47	453	20380.02
Nord	64.56	0.47	283	8526.22
Est	128.805	0.47	424	25486.22
Total des apports solaires par les vitrages (W)				**73212.07**
Calcul des apports sensibles internes				
Nature	**Quantité**	**Facteur**	**DT**	**Gain**
Occupants	35	45		1575
Eclairage	8766	1		8766
Moteurs	0	1		0
divers appareillages	15123	1		15123
Infiltration, Renouvellement	40	5.22	12	2906.50
Total des gains sensibles internes (W)				**32909.78**
Calcul des apports latents internes				
Nature	**Quantité**	**Facteur**	**Dx**	**Gain**
Occupants	35	68		2380
Machines	0			0
Infiltration, Renouvellement	35	13.878	0.0205	11.5506594
Total des gains latents internes (W)				**2774.20**
FCS				**0.11**
Total des gains du local (KW)				**290.50**

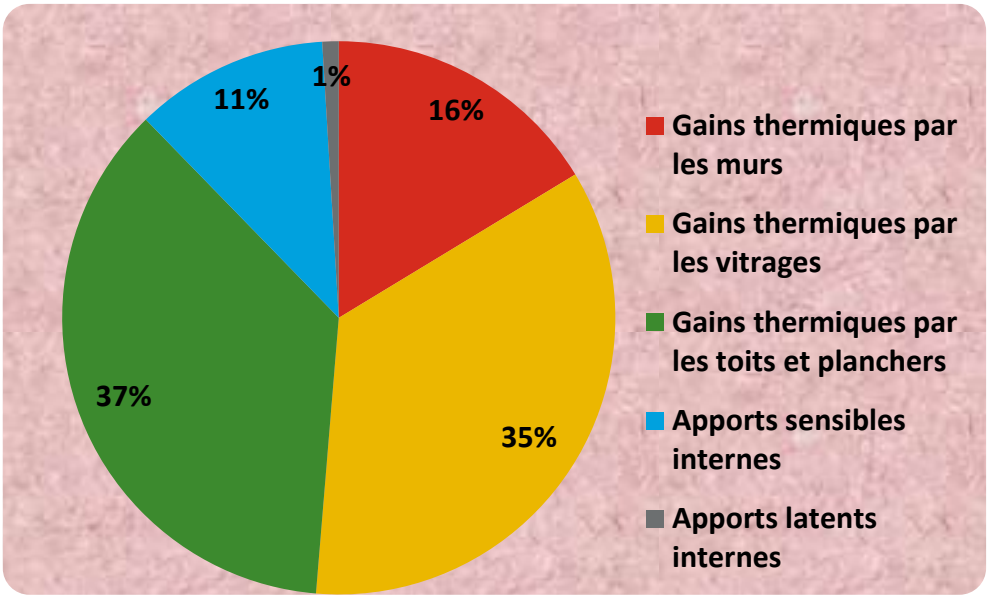
Tableau 13 : Calcul des gains thermique du bâtiment de la représentation

- **Répartition par source de gain thermique**

Le tableau et le graphique suivants donne la répartition par source de gain thermique et les ratios recommandés du flux thermique [13].

Type de gain thermique	Pourcentage	Quantité (KW)	Surface plancher (m²)	Flux thermique (W/m²)	Ratios
Gains thermques par les murs	16	47.43	900	52.70	<35
Gains thermiques par les vitrages	35	101.63		112.92	<50
Gains thermiques par les toits et planchers	37	105.75		117.50	<40
Apports sensibles internes	11	32.91		36.57	
Apports latents internes	1	2.77		3.08	
Total	100	290.50		322.77	

Tableau 14 : Répartition des gains par source etRatios recommandés (Représentation)



Graphique 6 : Répartition par source de gain thermique

- **Comparaison des puissances frigorifiques calculées et installées.**

Puissance frigorifique	Valeur en KW ou CV	Valeur en BTU/h
Calculée	290.5 KW	974818
Installée	90.5 CV	724 000

Tableau 15: Comparaison des puissances frigorifiques calculée et installée (Représentation)

BTU/h = 0,298W; 1CV = 8000 BUT/h.

V-1-1-7. Etiquettes ‘Energie’ et ‘Climat’

Les étiquettes dans ce contexte, caractérisent les performances énergétiques du bâtiment. On distingue deux classes :

- La classe ‘énergie’ qui caractérise la consommation exprimée en équivalent d’énergie primaire ;
- La classe ‘Climat’ qui caractérise les émissions de CO_2 calculées à partir de la consommation.

La norme Française caractérise les consommations grâce au système des classes selon que le bâtiment soit à usage principal d’habitations ou à usage principal autre que d’habitations [14]. On distingue sept classes allant de A (bâtiment économe) à G (bâtiment très énergivore). Il en est de même pour l’étiquette ‘Climat’ qui va de la classe ‘Faible émission’ de GES) à la classe ‘Fort émission de GES’. Les illustrations sont sur les figures suivantes.

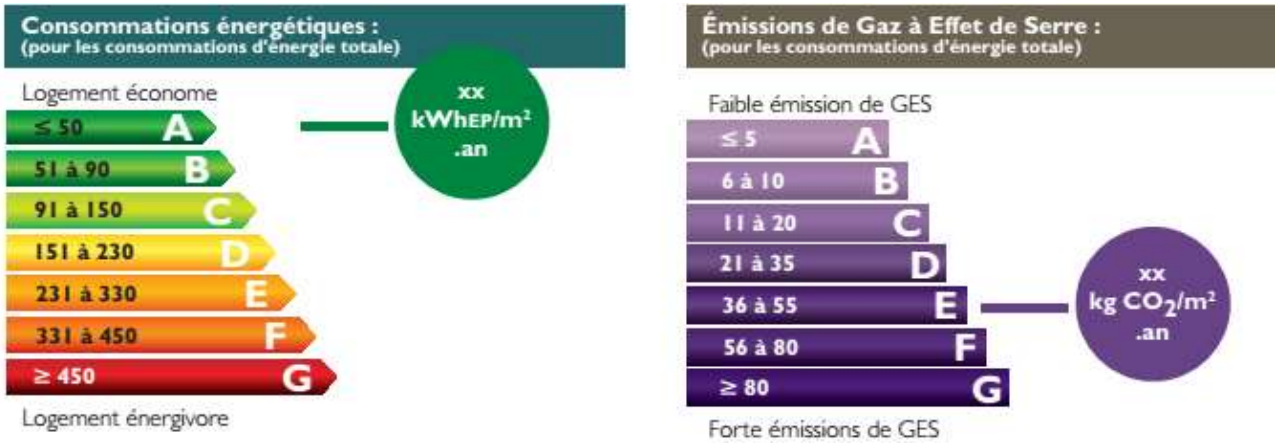


Figure 9 : Etiquette ‘énergie’ et ‘climat’ d’un bâtiment à usage principal d’habitation

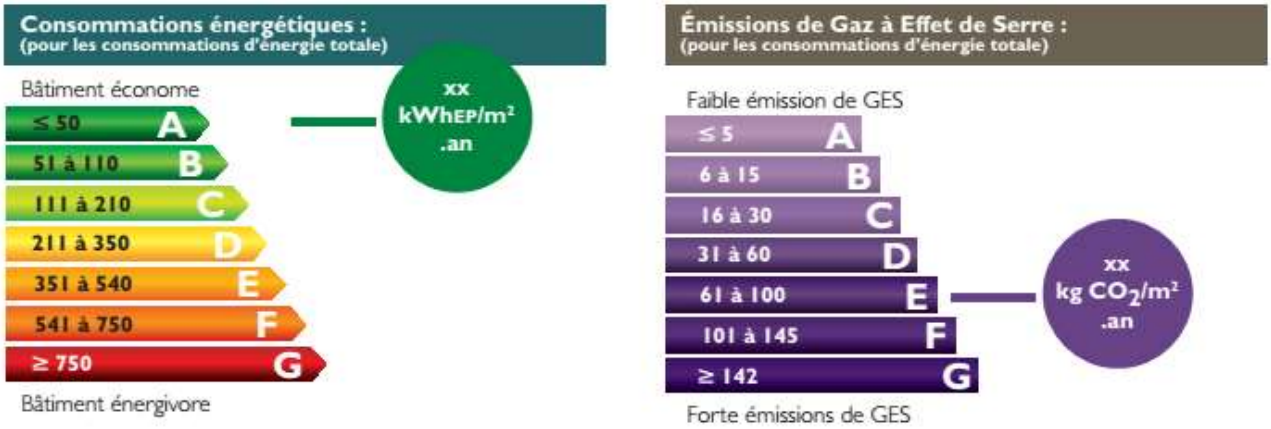


Figure 10 : Etiquette ‘énergie’ et ‘climat’ d’un bâtiment à usage principal autre que d’habitation

Le bâtiment de la Représentation est à usage principal autre que d'habitation, car il est essentiellement constitué de bureaux.

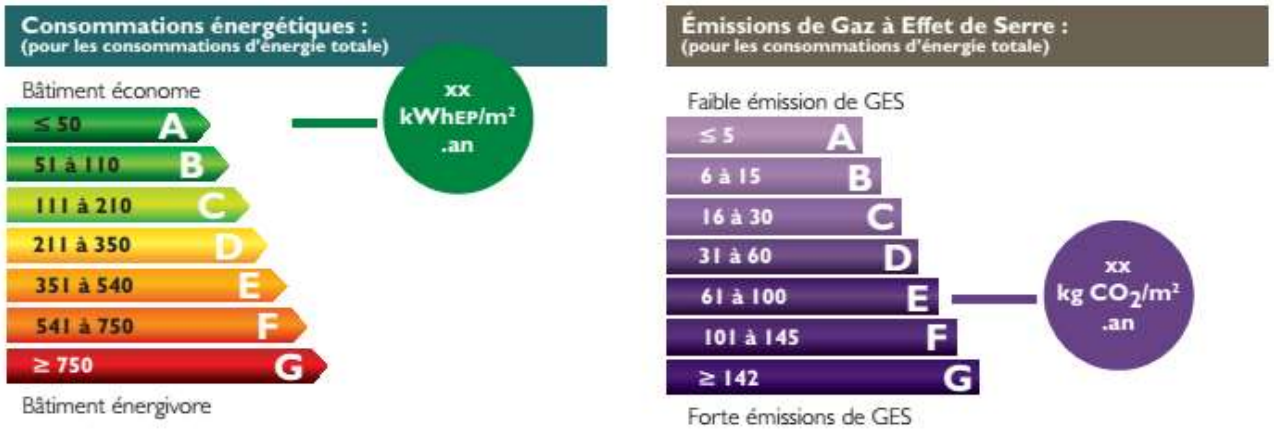
- **Etiquette 'énergie'**

Afin de trouver l'étiquette 'énergie' correspondante, nous nous sommes basés sur les coefficients de conversion de l'énergie finale en énergie primaires contenus dans le tableau suivant [15].

Source d'énergie	Facteur de conversion $EF \rightarrow EP$
Electricité	2.58
Gaz, Fioul	1
Bois	0.6

Tableau 16: Coefficients de conversion de l'énergie finale en énergie primaires

L'échelle utilisée est celle des bâtiments à usage principal autre que d'habitation suivante :



L'énergie finale ici est de l'électricité. Le coefficient exploité est **2.58**. La surface au plancher est de **900m²**. La consommation annuelle du bâtiment est de **237 951KWh/an**. Cette consommation correspond à **613 914 KWhEP/an**. Rapportée à la surface climatisée, on a une indice de consommation de **682 KWhEP/(m².an)**. Le bâtiment est donc de classe **F (bâtiment énergivore)**. Bien que la classe **E** directement inférieure ne soit pas une étiquette idéale pour un bâtiment, il faut une réduction de la consommation de **20.8%**pour l'atteindre.

- **Etiquette 'Climat'**

Une étude réalisée sur la période de 2007 à 2009 prouve que **1KWh** produit au TOGO, correspond une émission de **0.271kg de CO_2** [16]. Ainsi la production de **234 951 KWh/an** d'énergie va émettre **64 485 $KgCO_2$/an**. Rapportée à la surface de 900m², cette production correspond à **72 $KgCO_2$/(m².an).** L'étiquette 'climat' du bâtiment est donc **E (tendant vers les fortes émissions de GES).**

V-1-1-8. Analyse et interprétation des résultats

Les gains thermiques par les plancher et les toits sont plus importants avec **37%** des apports totaux. La seconde source d'apport est celle des vitrages contribuant à **35%**. Les apports des murs représentent **16%. P**endant que les apports latents internes ne représentent que **1%** des apports, le facteur de chaleur sensible (FCS), défini comme le rapport des gains sensibles aux gains totaux vaut **11%**.
On note que les flux thermiques sont largement au-dessus des ratios recommandés.
Le tableau de comparaison de la puissance frigorifique requise à celle installée révèle une insuffisance de la climatisation installée. Ce déséquilibre peut entraîner un mauvais cycle de fonctionnement des compresseurs des climatiseurs. Car le local n'arrivera pas à atteindre la température de consigne. Les conséquences en sont un manque de confort des utilisateurs et une consommation d'énergie élevée du compresseur.
L'étude des étiquettes 'énergie' et 'climat' révèle un bâtiment énergivore et tendant vers les plus grands émetteurs de GES.
Une éco-rénovation s'impose afin d'augmenter le confort thermique et réduire les charges d'électricité. Ainsi ramènera-t-on les flux thermiques dans les limites des ratios et contribuer à un environnement plus propre et au développement durable.

V-1-2. Le bloc technique

V-1-2-1. Enveloppe du bâtiment

Le bloc technique comprend deux ailes (une aile orientée Nord-Sud et une aile Est-Ouest) surmontées à leur intersection par une tour de contrôle de 25m de haut. Chaque aile est un bâti composé d'un rez-de-chaussée et d'un premier étage. L'enveloppe de chaque compartiment est constituée de murs en briques creux de ciment de 15cm d'épaisseur avec enduit intérieur et extérieur, d'une dalle faite en hourdis de 16 cm. Les ouvertures sont des baies vitrées baignant dans du châssis métallique, équipées de rideaux et exposées directement au rayonnement soleil à des moments de la journée ainsi que des portes vitrées qui ouvrent chacune sur un couloir de 1.35m (Voir Photos suivants). La hauteur sous dalle de chaque aile et de chaque étage est de 3.2m. La surface totale au plancher de chaque étage est de 663m².

Photo 10 : Façade Est de l'aile Est (BLT)

Photo 11 : Façade Ouest de l'aile Est et Façade Nord de l'aile ouest(BLT)

V-1-2-2. Eclairage

Le bloc technique comprend un système d'éclairage avec une composition identique à celle de la représentation. On note une dominance en nombre des tubes fluorescents de 1.2m. Le temps d'exploitation est de 8h pour les bureaux des agents réguliers travaillant de 07h à 15h pendant 5 jours dans une semaine. La deuxième catégorie d'agent est présent 24h/24h et 7jours/7jours. Ce qui amène l'éclairage de ces locaux et celui des couloirs à être en fonctionnement permanent. Nous avons estimé à 40% le nombre de lampe des locaux ouverts 8h par jour. Le reste est supposé allumé 24h/24h y compris l'éclairage des couloirs hors mis l'éclairage extérieur et des douches qui est supposé fonctionner dans les mêmes conditions que ceux de la représentation.

Photo 12 : Eclairage couloir (BLT)

Photo 13 : Eclairage Bureaux(BLT)

La puissance totale installée de l'éclairage vaut **14.15KW** pour une consommation journalière de**226.62 KWh** (Voir tableau suivant).

Type de Lampe	Néon 1.2m	Néon 1.2m	Néon 0.6m	Fluo com pacte	Appli que	Globe phare	Project teur	Puis sance install lée	Puissance installée hors couloirs et extérieur (KW)
Puissance Unitaire (W)	36	36	18	15	40	60	500		
Consom maton Ballast	9	9	4.5	0	0	0	0		
Durée de fonction nement (heure)	8	24	24	4	4	15	1		
Nombre	96	144	20	9	5	26	2		
Consom maton journalière (Wh)	34560	155 520	10800	540	800	23400	1000		
Total jounalier (KWh)	**226.62**							**14 .15**	**11.25**

Tableau 17 : Consommation de l'éclairage du bloc technique

V-1-2-3. Climatisation

La climatisation est assurée par des climatiseurs Split Système à éléments séparés dont la puissance se situe entre 1.5CV et 3CV. Tous les climatiseurs de ce bâtiment sont protégés par des disjoncteurs en aval duquel se trouve un contacteur temporisée (CT) commandé par des relais de temporisation (RTA) ou des relais de contrôle climatiseur RCC (Voir Photo ci-après).

Photo 14 : Relais RTA et contacteur CT

Ce type d'alimentation, avec un choix hiérarchisé des temps de démarrage, devrait permettre de retarder le démarrage de plusieurs climatiseurs en même temps après une coupure. Mais dans ce bâtiment, la majorité des climatiseurs est alimentée par le réseau secouru (sans interruption). Ce qui ne permet pas à ces organes de commande de jouer leur rôle de réduction du niveau de courant d'appel. Nous avons dénombré **vint cinq (25)** Climatiseurs de puissance totale **47.5 CV** sur le réseau non secouru dont le réglage des temporisateurs a été bien hiérarchisé. Le malheureux constat est que sur les vingt-cinq (25) RTA, seize (16) sont hors service et court-circuités. Le remplacement et le bon réglage de ces relais serait une solution pour réduire le fort appel du courant après les coupures sur ce réseau. La puissance totale des soixante-deux (62) climatiseurs installés vaut **155 CV** soit **115.63 KW** avec des temps de fonctionnement allant de huit (8) à vingt-quatre (24) heures selon les locaux et les activités des agents. La consommation journalière correspondante est de **859.39 KWh** calculée dans les conditions qu'indique le tableau suivant.

Type de climatiseur	Quantité	Temps d'utilisation	consommation journalière en KWh
3CV	7	24	375.984
3CV	14	8	250.656
3CV	7	0	0
2CV	0	24	0
2CV	14	8	167.104
2CV	14	0	0
1.5CV	4	8	47.744

Nombre total de climatiseur	62
Puissance installée	**155CV ou115.63KW**
Consommation totale journalière	**859.39 KWh**

Tableau 18 Consommation de la climatisation au bloc technique

V-1-2-4. Autres équipements électriques et bureautique

- **Autres équipements électriques**

Le bâtiment contient d'autres équipements électriques dont la consommation est calculée dans le tableau suivant.

Désignations	Puissance unitaire (KW)	Quantité	Puissance installée (KW)	Durée de fonctionnement (heure)	Consommation journalière (KWh)
Réfrigérateurs	0.15	4	0.6	20	12
Fontaines réfrigérantes	0.55	7	3.85	20	77
Ascenseur	5.24	1	5.24	2	10.48
Moteur de compresseurs d'air	0.75	5	3.75	2	7.5
Surpresseurs	2.5	1	2.5	0.25	0.625
Extracteur d'air	0.075	4	0.3	4	1.2
Téléviseurs	0.12	5	0.6	24	14.4
Total			**16.84**		**123.205**

Tableau 19 : Consommation des moteurs et fontaines réfrigérantes (BLT)

Autres équipements électriques de puissance totale **16.84KW** consomment **123.205 KWh** par jour.

- **Les équipements de bureautique**

La consommation journalière des équipements de bureautique est de **112.04 KWh** pour une puissance installée de **29.56 KW**.

Les consommations selon les modes de fonctionnement sont inscrites dans les tableaux suivants :

	Etat	éteint	veille	actif
Unité centrale	Puissance (W)	2.5	100	110
	Fraction d'heure de fonctionnement (%)	70	5	25
	Durée de fonctionnement (heure)	16.8	1.2	6
	Quantité			50
	Puissance installée (KW)	**5.5**		
	Consommation journalière (KWh)	**41.1**		

	Etat	éteint	Economiseur	actif
Ecran plat hp 1706	Puissance (W)	2.5	25	37
	Fraction d'heure de fonctionnement (%)	70	5	25
	Durée de fonctionnement (heure)	16.8	1.2	6
	Quantité			50
	Puissance installée (KW)	**1.85**		
	Consommation journalière (KWh	**14.7**		

	Etat	éteint	veille	actif
Imprimante à jet d'encre	Puissance (W)	2.5	15	65
	Fraction d'heure de fonctinnement (%)	70	5	25
	Durée de fonctionnement (heure)	16.8	1.2	6
	Quantité			54
	Puissance installée (KW)	**3.51**		
	Consommation journalière (KWh)	**24.3**		

	Etat	éteint	veille	Attente	Copie
Photocopieur	Puissance (W)	2.5	90	150	1700
	Fraction d'heure de fonctionnement (%)	60	30	5	5
	Durée de fonctionnement (heure) sur 24h	14.4	7.2	1.2	1.2
	Quantité				11
	Puissance installée (KW)				**18.7**
	Consommation journalière (KWh)				**31.944**

Tableaux 20 : Consommation du matériel bureautique du bloc technique

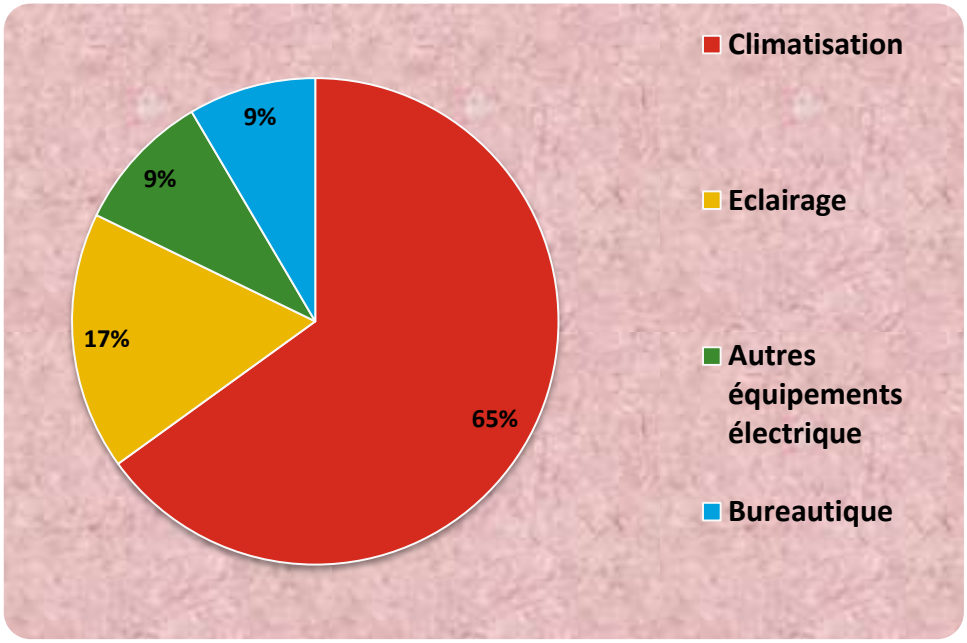
V-1-2-5. Estimation de la consommation annuelle et répartition par Poste

Le bloc technique contient aussi des équipements de commutation et de CNS dont nous n'avons pas pu déterminer la consommation. Aussi n'avons-nous pas tenu compte de la consommation des ordinateurs portables, des cafetières, des postes radio, des blocs convertisseurs de l'onduleur du bloc technique etc…
Hors mises les consommations susmentionnées, les équipements du bloc technique consomment **1321.26 KWh** par jour soit **482260.27KWhpar an** pour une puissance installée de **179.42 KW** comme la montre le tableau suivant.

Poste de consommation	Puissance installée (KW)	consommation Journalière (KWh)	Consommation annuelle (KWh)	Consommation Totale (KWh/an	Pourcentage (%)
Climatisation	115.63	859.39	313678.08		65
Eclairage	17.39	226.62	82716.30		17
Autres équipements électriques	16.84	123.21	44969.83		9
Bureautique	29.56	112.04	40896.06		9
Total	**179.42**	**1321.26**	**482260.27**	**482260.27**	**100.00**

Tableau 21 : Estimation de la consommation du bloc technique par poste

Le graphique suivant montre la répartition par poste de consommation.



Graphique 7 : Répartition par poste de la consommation du bloc technique

V-1-2-6. Bilan thermique

Cette partie est étudiée de façon analogue à l'étude du bilan thermique du bâtiment de la représentation. La différence résidera au niveau des hypothèses et approximations liées au bâtiment étudié. Le tableau suivant précise les formules et hypothèses.

Type d'apport	Formule de calcul	Hypothèses et approximations spécifiques au cas étudié
Apports par conduction des murs et des vitres	$\mathbf{Q} = \sum \mathbf{KS}(\mathbf{Te} - \mathbf{Ti})$ où $\mathbf{Q}$ = gain thermique $\mathbf{K}$ = Coefficient global d'échange dépendant de la constitution des murs et des vitrages. $\mathbf{S}$ = surface des murs et vitrage $\mathbf{Te}$ et $\mathbf{Ti}$ sont respectivement la température extérieure maximale et la tepérature imposée dans le local	• les murs sont en des briques creux de 15cm avec enduit intérieur plâtre : $\mathbf{K} = \mathbf{1.5}$ • Les vitrages sont normalement exposés au soleil et installées avec des châssis métalliques : $\mathbf{K} = \mathbf{6}$ • Te = 34°C • Ti = 22°C • Les locaux contigus sont climatisés et supposés être à la même température • Les cloisons et séparations n'ont pas été prises en compte à cause de la précédente hypothèse.

Apports par conduction des planchers	$\mathbf{Q} = \sum \mathbf{KS}(\mathbf{Te} - \mathbf{Ti})$ où $\mathbf{Q}$ = gain thermique $\mathbf{K}$ = Coefficient global d'échange dépendant de la position du plancher (au-dessus un local climatisé ou non, directement au sol ou au-dessus d'un vide sanitaire ventilé ou non, à côté d'un local surchauffé). $\mathbf{S}$ = surface des planchers **Te** et **Ti** sont respectivement la température extérieure maximale réduit de trois (03) unités et la température imposée dans le local	• Les planchers du bâtiment au rez-de-chaussée sont directement au sol tandis que les planchers du RDC+1 surmontent des locaux climatisés • Le flux de chaleur apporté par les planchers est nul du fait des hypothèses précédentes • Le plancher de la tour de contrôle est supposé surmonter un vide sanitaire ventilé • Te = 34 – 3 = 31°C • Ti = 22°C • Le plancher de la tour de contrôle est constitué d'une dalle de 15cm d'épaisseur surmontée de plancher préfabriquée de 20cm d'épaisseur avec parquet : $\mathbf{K} = \mathbf{2.3} * \mathbf{1.2} = \mathbf{2.76}$
Apports par conduction des plafonds et toitures	$\mathbf{Q} = \sum \mathbf{KS}(\mathbf{Te} - \mathbf{Ti})$ où $\mathbf{Q}$ = gain thermique $\mathbf{K}$ = Coefficient global d'échange dépendant de la structure du toit ou plafond et de sa position (en dessous d'un local climatisé ou non). $\mathbf{S}$ = surface des plafonds ou des toits **Te** et **Ti** sont respectivement la température extérieure maximale réduit de trois (03) unités et la température imposée dans le local	• Les toitures ou plafonds du bloc technique sont constitués d'une dalle (béton) de 20cm d'épaisseur avec étanchéité directement en contact avec la température ambiante : $\mathbf{K} = \mathbf{2.2}$ • Te = 34 – 3 = 31°C • Ti = 22°C
Apports solaires des murs et toitures	$\mathbf{Q} = \sum \mathbf{KS}\Delta\mathbf{T}_{\mathbf{f}}$ $\mathbf{Q}$ = gain thermique $\mathbf{K}$ = Coefficient global d'échange dépendant de la structure des murs ou du toit $\mathbf{S}$ = surface des murs ou des toits $\Delta_{\mathbf{f}}$ = écart de empérature fictif donné par $\Delta_{\mathbf{f}} = \frac{\mathbf{aGF}}{\mathbf{h}}$ où $\mathbf{a}$ = coefficient d'absorption des matériaux	• Les murs et toit sont faits en maçonnerie de couleur sombre. Ce qui amène à : $\mathbf{a} = \mathbf{0.8}$ • les murs sont en des briques creux de 15cm avec enduit intérieur plâtre : $\mathbf{K} = \mathbf{1.5}$ • Les toitures ou plafonds sont constitués d'une dalle (béton) de 20cm d'épaisseur avec étanchéité directement en contact avec la température ambiante : $\mathbf{K} = \mathbf{2.2}$ • Le rayonnement global

	$\mathbf{F}$ = facteur dépendant de la masse surfacique des structures portuses (plancher) $\mathbf{G}$ = rayonnement solaire global sur le toit ou le mur $\mathbf{h}$ = coefficient de convection en $^{W}/_{(m^2K)}$dépendant de plusieurs paramètres dont la vitesse du vent.	sur un plan vertical a été déterminé dans la base de données HelioClim3.4. Le rayonnement global sur toutes les façades est inscrit dans le tableau 4 plus haut. • $\mathbf{F} = \mathbf{0.9}$ (pour une structure moyenne) • $\mathbf{h} = 15$ ($approximation$ généralement faite)
Apports solaires Vitrages	$\mathbf{Q} = \sum \mathbf{gFSG}$ où $\mathbf{g}$ = facteur de transmision moyen de la vitre $\mathbf{F}$ = facteur correctif dûà la présence ou non des rideaux intérieurs ou extérieurs $\mathbf{S}$ = Surface vitrée $\mathbf{G}$ = rayonnement global	• Les vitrages sont de teinte claire et équipés de rideaux intérieurs ; d'où $g = 0.3\ et\ \mathbf{F} = \frac{2}{3}$ • Le rayonnement global est déterminé comme précédemment.
Apports sensibles dus aux occupants	$\boldsymbol{Q_s} = \boldsymbol{nH_s}$où $\boldsymbol{n}$ = nombre d'occupants $\boldsymbol{H_s}$ = gain sensible par individu dépendant de la position (assise, debout ou couché) et de l'activité des individus.	• Les occupants du bâtiment sont pour la plupart des techniciens tantôt debout ou assis en travaillant. Nous les avons supposés en travail léger à l'établi comme à l'usine. La température sèche du local est prise égale à 28°C. D'où $\boldsymbol{H_s} = \mathbf{48}$ • L'effectif moyen présent au bloc technique est supposé égal à 45 occupants
Apports latents dus aux occupants	$\boldsymbol{Q_l} = \boldsymbol{nH_l}$où $\boldsymbol{n}$ = nombre d'occupants $\boldsymbol{H_l}$ = gain sensible par individu dépendant de la position (assise, debout ou couché) et de l'activité des individus.	Les occupants du bâtiment sont pour la plupart des techniciens tantôt debout ou assis en travaillant. Nous les avons supposés en travail léger à l'établi comme à l'usine. La température sèche du local est prise égale à 28°C. D'où $\boldsymbol{H_l} = \mathbf{141}$
Apports sensibles dus aux appareils électriques	$\boldsymbol{Q_s} = \sum \boldsymbol{M_n P_n}$ $\boldsymbol{M_n}$ = coefficient lié au rendement de chaque appareil. Il est d'autant plus élevé que le rendement est faible $\boldsymbol{P_n} = puissancenominale\ dechaqueappareil$	• On fait souvent l'approximation $\boldsymbol{M_n} = \mathbf{1}$ • La puissance totale des équipements a été réduite de la puissance des climatiseurs et des lampes servant d'éclairage extérieur, l'éclairage des couloirs et douches.

Apports sensibles dus au renouvellement d'air	$\boldsymbol{Q_s = 0.29 q_V \Delta T}$ *où* $\boldsymbol{q_V}$ = débit d'air d'air neuf en $^{m^3}/_{(h * personne)}$ dépendant de la présence ou non de fumeur et du nombre d'occupants dans le local $\Delta \boldsymbol{T}$ = écart de température entre l'air entrant et l'air du local	• Les locaux sont des bureaux ou des salles techniques supposés sans fumeur. Ce qui donne $\boldsymbol{q_V} = 18$ • L'effectif est supposé égal à 40 occupants • $\boldsymbol{\Delta T = 34°C - 22°C = 12°C}$
Apports latents dus au renouvellement d'air	$\boldsymbol{Q_l = 0.771\ q_V \Delta x}$ *où* $\boldsymbol{q_V}$ = débit d'air neuf en $^{m^3}/_{(h * personne)}$ dépendant de la présence ou non de fumeur et du nombre d'occupants dans le local $\Delta \boldsymbol{x}$ = écart d'humidité absolue entre l'air entrant et l'air du local en $^{g}/_{KgAS}$	• Les locaux sont des bureaux supposés sans fumeur. Ce qui donne $\boldsymbol{q_V} = 18$ • $\Delta \boldsymbol{x}$est déterminé à partir du diagramme de l'air humide (Voir annexe 10) en prenant l'air extérieur à **34°C** pour une humidité relative de **85%** et en maintenant le local à **22°C** et à **50%** d'humidité relative

Tableau 22 : Formules ce calcul des apports thermiques et hypothèses contextuelles (BLT)

L'implémentation en Excel 2007 de cette méthode donne les tableaux suivants.

	Murs (m²)	**Vitrages (m²)**	**Plafond/Plancher/Toit (m²)**
Sud	152.37	98.82	**685.63m²**
Ouest	283.81	83.09	
Nord	133.33	117.86	
Est	199.28	144.39	

	Longitude	**latitude**	**Altitude**	**TeM (°C)**	**Tem(°C)**
	6°10' N	1°15E	19.6m	34	
	Ti (°C)	He (%)	Hi (%)	Heure	Mois
	22	85	50		
Données du site					
Calcul des apports par conduction					
Murs		Surface en m²	K	DT	Gain
Sud		199.28	1.50	12.00	3587.04
Ouest		283.81	1.50	12.00	5108.58
Nord		133.33	1.50	12.00	2399.94
Est		199.28	1.50	12.00	3587.04

Plafond	685.63	2.20	9.00	13575.47
Plancher	22.63	2.76	9.00	562.13
Total des gains par conduction par les murs (W)				**33431.44**
Vitrages	Surface en m²	K	DT	Gain
Sud	98.82	6.00	12.00	7115.00
Ouest	83.09	6.00	12.00	5982.12
Nord	117.86	6.00	12.00	8485.92
Est	144.39	6.00	12.00	10396.08
Total des gains par conduction par les vitrages (W)				**37095.78**
Calcul des apports solaires				
Murs + portes closes	Surface en m²	K	DT fictif	Gain
Sud	199.28	1.50	17.76	5308.82
Ouest	283.81	1.50	21.74	9256.75
Nord	133.33	1.50	13.58	2716.73
Est	199.28	1.50	20.35	6083.62
Toit	685.63	2.20	43.25	65234.68
Total des apports solaires par les murs (W)				**102776.69**
Vitrages	Surface en m²	g*F	G	Gain
Sud	98.82	0.20	370.00	7312.64
Ouest	83.09	0.20	453.00	7527.50
Nord	117.86	0.20	283.00	6670.88
Est	144.39	0.20	424.00	12244.27
Total des apports solaires par les vitrages (W)				**39156.14**
Calcul des apports sensibles internes				
Nature	Quantité	Facteur	DT	Gain
Occupants	45	48		2160.00
Eclairage	8942.5	1		8942.5
Moteurs	11550	1		11550
divers appareillages	5050	1		5050.00
Infiltration, Renouvellement	40	5.22	12	2505.60
Total des gains sensibles internes (W)				**35041.40**
Calcul des apports latents internes				
Nature	Quantité	Facteur	Dx	Gain
Occupants	45	141		6345
Machines	0			0
Infiltration, Renouvellement	45	13.878	0.0205	12.80
Total des gains latents internes (W)				**7375.05**
FCS				**0.14**

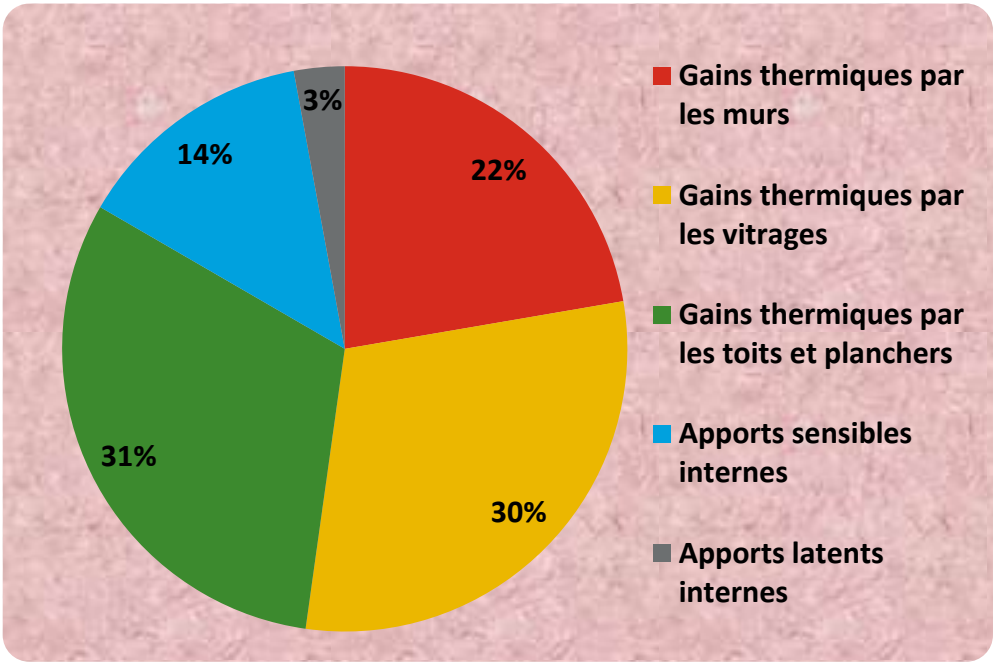
Total des gains du local (KW)	254.88

Tableau 23 : calcul des différents apports thermiques(BLT)

➢ Répartition par source de gain et ratios recommandés

Type de gain thermique	Pourcentage	Quantité (KW)	Surface plancher (m^2)	Flux thermique (W/m^2)	Ratios
Gains thermques par les murs	22	56.84	1349	42	<35
Gains thermiques par les vitrages	30	76.25		57	<50
Gains thermiques par les toits et planchers	31	79.37		59	< 40
Apports sensible internes	14	35.04		26	
Apports latents internes	3	7.38		5	
Total	100	254.88		189	

Tableau 24 : Répartition des apports thermiques par source (BLT)



Graphique 8: Répartition par source d'apport thermique (BLT)

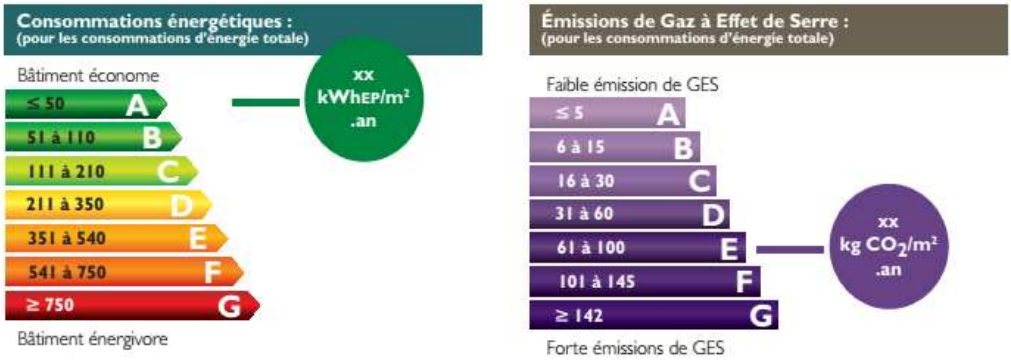
- **Comparaison des puissances frigorifiques calculées et installées.**

Puissance frigorifique	**Valeur en KW ou CV**	**Valeur en BTU/h**
Calculée	254.88KW	**855290**
Installée	155 CV	**1 240 000**

BTU/h = 0,298W; 1CV = 8000 BUT/h.

V-1-2-7. Etiquettes 'Energie' et 'Climat'

Les étiquettes 'Energie' et 'Climat' seront déterminées par la même méthodologie que celle utilisée pour la représentation tout en précisant que le bloc technique est à usage principal autre que d'habitation. L'échelle utilisée est le suivant :



La consommation annuelle du bloc technique est de **482260.27 KWh/an.** Cette consommation en équivalent énergie primaire est **1244231.50 KWhEP/an.** La surface au plancher climatisée étant **1349m²**, l'indice de consommation du bâtiment vaut **922.34 KWhEP/(m².an).** L'étiquette 'Energie' du bloc technique est **G (très énergivore).**Bien que la classe **F** directement inférieure ne soit pas une étiquette idéale pour un bâtiment, il faut une réduction de **18.6%**de la consommation pour l'atteindre.

Par ailleurs, cette consommation émet **130692.53 KgCO$_2$/an** soit **97 KgCO$_2$/(m².an)**.
L'étiquette 'Climat' du bloc technique est **E (tendant vers les fortes émissions de GES)**.

V-1-2-8. Analyse et interprétation des résultats

Les apports par les toits et planchers sont plus importants avec **31%** des apports totaux. La seconde source d'apport est celle des apports par les vitrages qui contribuent à **30%**. Après viennent les apports par les murs **(22%.** Pendant que les apports latents internes ne représentent que **3%**, Le facteur de chaleur sensible (FCS), défini comme le rapport des gains sensibles aux gains totaux vaut **14%**. Ceci s'explique par le fait le local est un local technique avec plusieurs appareillages électriques et un important éclairage.

On note que les flux thermiques sont légèrement au-dessus des ratios recommandés (Voir tableau 24 plus haut).Le tableau de comparaison de la puissance frigorifique requise à celle

installée révèle un surdimensionnement de la climatisation installée. L'ordre de grandeur élevé de l'écart remarqué (384 709 BTU/h) peut s'expliquer par le fait que le bloc technique regorge d'équipements techniques internes dont la consommation électrique n'a pas été prise en compte (équipements de commutation, ordinateurs portables, cafetières, postes radio, consommation internes de onduleurs et chargeurs etc…).

Les étiquettes 'énergie' et 'climat' du bloc technique révèle un bâtiment très énergivore tendant vers de fortes contributions aux émissions des GES.
Une éco-rénovation s'impose afin d'augmenter le confort thermique et réduire les charges d'électricité. Ainsi ramènera-t-on les flux thermiques dans les limites des ratios et contribuer à un environnement plus propre et au développement durable.

V-1-3. La centrale électrique

L'enveloppe du bâtiment de la centrale électrique est constituée d'un mur en brique creux de 15cm d'épaisseur avec enduit intérieur, un toit en hourdis de 16cm intégrant une dalle d'épaisseur 20cm avec étanchéité et un plancher terrasse directement au sol avec carrelage. Les ouvertures sont des portes en bois ou en vitre avec châssis métallique et des fenêtres en vitres ou sous forme de volets métalliques. Le bâtiment contient deux grands locaux ventilés artificiellement et naturellement, des locaux climatisés servant de salle à équipements électriques de production, distribution ou surveillance et de bureaux. Le système de climatisation est constitué de split à éléments séparés et des armoires frigorifiques. La ventilation forcée se fait par deux extracteurs à la salle énergie communément appelée P0 tandis que la ventilation naturelle de la sale des groupes électrogènes se fait à travers les volets métalliques (Voir photos ci-après).

Photo 15: Le bâtiment de la centrale électrique

L'éclairage est assurée par des lampes à sodium de 125W à la salle des groupes et partout autres par des tubes fluorescents de 18W, 36W et 58W, des globes phares de 40W pour l'éclairage extérieur et des lampes fluo-compactes de 11 à 15W pour les douches (voir les photos suivants).

Photo 16 : Eclairage sale groupe

Photo 17 : Eclairage salle énergie P0

Photo 18 : Eclairage Bureau (centrale électrique)

photo 19: Eclairage couloir (centrale électrique)

A part les équipements de production d'énergie (groupes électrogènes et onduleur), la centrale électrique contient d'autres équipements à consommation électrique tels que les ordinateurs fixes avec écran plat, des compresseurs d'air, armoires d'automates et de transmission à fibre optique, des afficheurs et analyseurs de réseau etc…
Hors mis l'autoconsommation des armoires de distribution, de supervision, des onduleurs et chargeurs, des transformateurs etc…, la puissance installée à la centrale électrique est estimée à **41.39 KW**. Sur des temps de fonctionnement allant de 12 à 24H par jour, la consommation journalière des équipements vaut **399.79KWh** soit **143 924.40KWh/an** (Voir annexe 11).

V-1-4. Le magasin GST

Le magasin a le même type d'enveloppe que les autres bâtiments déjà étudiés à la seule différence du toit qui est en bac aluminium monté sur une charpente métallique (voir photo 21).

Photo 20: le magasin GST

L'éclairage est essentiellement constitué de tubes fluorescents. La climatisation du local est assurée par des splits à éléments séparés alimentés par le réseau non secouru. Tout comme à la représentation, il n'y a pas d'organe de commande temporisé dans les coffrets d'alimentation des climatiseurs. Pour la gestion des stocks, l'unité dispose d'équipements de bureautiques. L'unité fonctionne pendant huit (08) heures par jour pendant que le temps d'utilisation de ces équipements va de 08 à 24 heures. La puissance installée est estimée à **20.29 KWh** pour une consommation journalière de **249.17 KWh** soit **90 947.05 KWh/an** (Voir Annexe12)

V-1-4. Les postes de transformation et les shelters Navaids

Les postes de transformation, sont des locaux techniques destinés à conditionner l'énergie transportée en moyenne tension (5.5KV) pour l'utilisation des équipements éloignés de la centrale électrique (le balisage lumineux, les Navaids, le bloc technique...). Les postes de transformation contiennent des transformateurs, des cellules de protection, des armoires de distribution, des armoires de transmission de signaux (télécommande et télésignalisation), des climatiseurs et de l'éclairage intérieur et extérieur (voir photo suivant).

Photo 21 : Un poste de transformation

Les shelters Navaids abritent les équipements d'aide à la navigation aérienne en vol comme à l'atterrissage (VOR, GLIDE, LOCALIZER, DME route, et DME atterrissage).

Il existe au total trois postes de transformation (P1, P2 et P3) et trois shelters Navaids (VOR, GLIDE, LOCALIZER). Les postes de transformation sont desservis par un réseau bouclé de 5.5KV se fermant sur deux transformateurs (voir Photo).

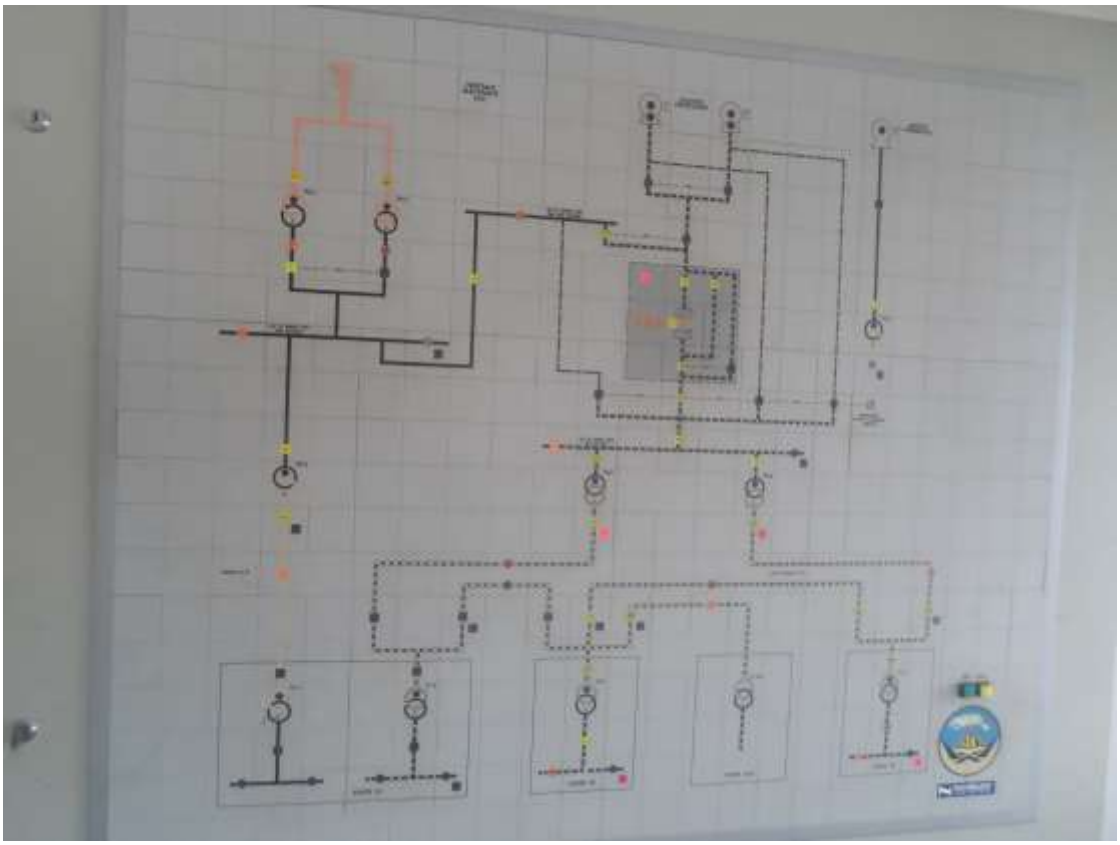


Photo 22: Synoptique du réseau de production et distribution d'électricité à l'ASECNA TOGO

Les interconnexions de ces équipements n'ont pas permis de mesurer la consommation de chaque appareil. Les inscriptions sur la plupart, n'indique que la puissance d'émission comme l'a relevé aussi l'audit énergétique réalisé par le point focal Eco-énergie de l'ASECNA TOGO [6].
Le poste P1 concerne essentiellement l'alimentation du bloc technique et le magasin (GST) dont nous avons déjà estimé la consommation, Pour accéder à la consommation des Navaids et des postes P2 et P3, nous avons profité d'une panne créée par la blessure du câble MT entre les postes P1 et P2 dont la réparation exige que ce tronçon soit isolé. On se retrouve alors dans une configuration où le départ vers le poste P3 alimente uniquement les postes P2 et P3 (voir figure 11) qui alimentent les Navaids et le balisage lumineux à l'exception du balisage des voies de circulation qui est pris en charge par le postes P1 et la centrale électrique (communément appelé P0).

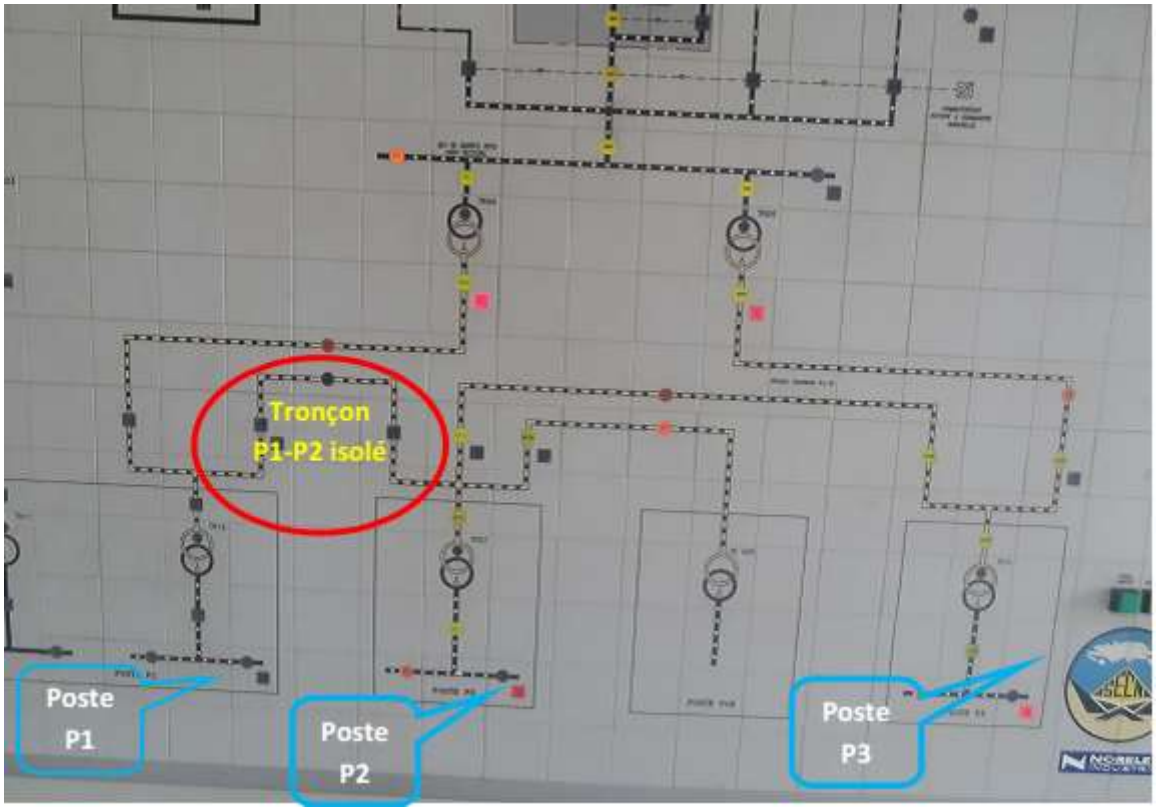


Figure 11 : Boucle technique avec le tronçon P1-P2 isolé

Un analyseur de réseau fixe (SEPAM) installé au en amont de la boucle vers le poste P3 donne les indications sur la consommation global des postes P2 et P3 intégrant la consommation des Navaids (voir photo 24).

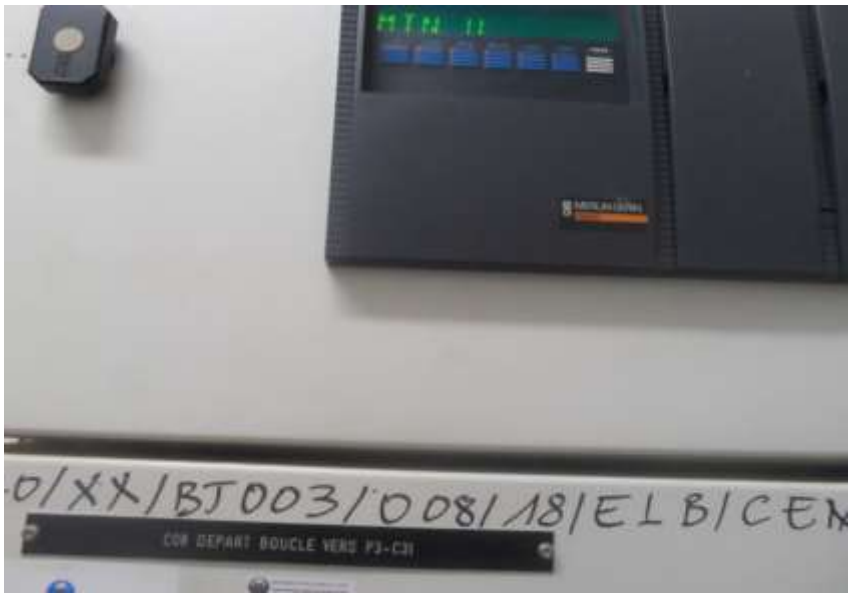


Photo 23: SEPAM (Analyseur de réseau)

On pourrait ainsi déterminer la consommation individuelle des équipements en procédant par élimination des départs vers chaque équipement dans les postes de transformation comme nous l'avons fait dans le cas présent en relevant les données avec balisage et sans balisage. Le Système de Management Intégré (SMI) dans lequel l'ASECNA s'est engagée exige pour cette opération, une fiche appelée méthode d'intervention programmée (MIP) qui précise les différentes actions à mener et les risques redoutés (très élevés pour les Navaids) ainsi que les mesures d'atténuation. L'élaboration de cette fiche va impliquer tous les usagers de l'aérodrome (compagnies et exploitants). Cette étude peut prendre plusieurs jours et même déclarer l'opération impossible, vu le niveau des risques. Nous nous sommes limités à la consommation globale de laquelle nous pouvons déduire la consommation du balisage lumineux. Les valeurs relevées sont inscrits dans le tableau suivant.

	Puissance Active (KW)	**Puissance reactive (KVAr)**	**Cos phi**	**Puissance apparente (KVA)**
Boucle vers P3 sans balisage	13.7	-44.2	0.29	47.24
Boucle vers P3 avec balisage	87.3	17	0.98	89.08
Puissance du balisage	73.6	61.2	0.77	95.72
Puissance des Navaids	13.7	-44.2	0.29	47.24

Tableau 25 : Mesure de la consommation du balisage et des Navaids

Les mesures montrent que la puissance consommée par les postes de transformation (P2 et P3) et les shelters Navaids vaut **13.7 KW**. Notons que cette puissance ne prend pas en compte la puissance du GLIDE qui est arrêté à cause des travaux de réaménagement et d'extension de l'AIGE. Il faut aussi préciser que cette puissance intègre celle des armoires de transmission, celle des transformateurs et des régulateurs à vide. Ces équipements fonctionnent 24h/24h. La consommation d'énergie correspondante est donc de **328.8KWh/jour** soit**120 012 KWh/an**.

V-1-5. Le balisage lumineux

- **Balisage lumineux et principe d'alimentation**

Il existe sur un aérodrome des aides visuelles à la navigation aérienne destinées à guider les pilotes d'aéronefs dans leurs manœuvres d'atterrissage, de circulation au sol et de décollage. Ces aides sont constituées du balisage diurne et du balisage nocturne. Le balisage diurne est un ensemble de marquage au sol tandis que le balisage nocturne ou balisage lumineux est un ensemble de feux à niveau d'intensité variable ou non. La conception des aides visuelles dépend de la catégorie de l'aérodrome et est réglementées par l'annexe 14 de l'OACI en ses chapitres 5, 6 et 7.

La plupart des circuits est alimenté par un circuit en boucle fermée sur un régulateur de courant constant (RCC) qui maintient un courant constant allant de 2.8A à 6.6A suivants les niveaux de brillance. La boucle intègre des transformateurs d'isolement dont les primaires sont en série et les secondaires alimentent les feux (voir figure 11). La longueur d'une boucle peut atteindre des kilomètres selon l'emplacement du RCC.

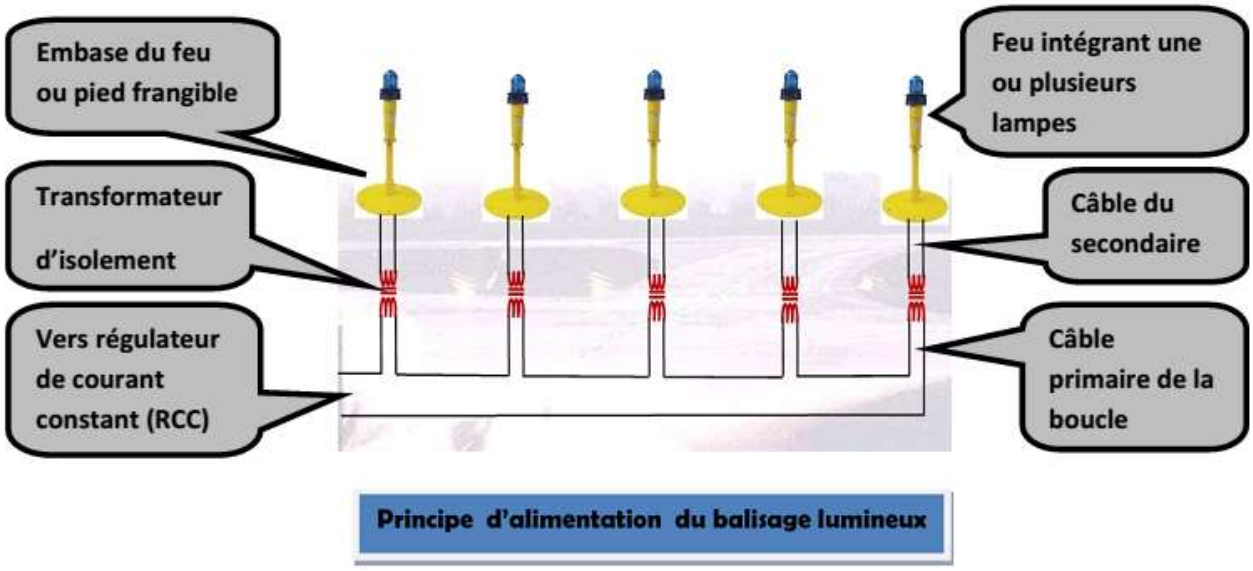


Figure 12: Principe d'alimentation du balisage lumineux

- **Les différents types de feux sur le balisage lumineux (Voir Annexe 13)**

Les différents types feux installé sur l'aérodrome de Lomé sont:

- Les feux de bord de piste ;
- Les feux de voies de circulation (Taxiways) ;
- Les panneaux de signalisation intégrés dans les circuits de taxiway ;
- Les feux d'approche basse intensité (BI) ;
- Les feux d'approche haute intensité (HI) ;
- Les feux de la balle traçante ;
- Les feux de seuil et extrémité ;
- Les PAPI ;
- Les feux d'identification de seuil ;
- Les feux d'obstacle ;
- Les projecteurs de manche à vent.

- **Les sources de consommation d'énergie sur une boucle de balisage**

Tous les éléments constitutifs d'une boucle de balisage sont sujets à consommation d'énergie. On distingue :

- La consommation des lampes qui sont des lampes à incandescence ou des lampes à éclat au Xénon ;
- La consommation des câbles primaires et secondaires sous forme d'effet joule ;
- La consommation du régulateur et des transformateurs d'isolement.

➢ **Estimation de la charge d'une boucle de balisage**

La charge d'une boucle est calculée par la formule suivante (Voir Annexe 14) :

$$\mathbf{P = N \times \frac{P_{feu} + P_{secondaire}}{\varepsilon \times \cos\varphi} + x \times 135 \text{ en VA}} \quad \textbf{où}$$

$\mathbf{N}$ = Nombre de lampes;

$\mathbf{P_{feu}}$ = puissance des lampes augmentée de 10% (tolérence fabricant)

$\mathbf{P_{secondaire}}$ = Perte dans les câbles secondaires

(200W par Km pour les câbles $4mm^2$ à 6.6A)
$\mathbf{x}$ = Longueur de la boucle en Km

$\boldsymbol{\varepsilon}$ = rendement des transformateurs d'isolement
(80% pour les 45W, 85% pour les 100W et 90% audelà

$\mathbf{cos\varphi}$ = déphasage associeau transformateurd'isolement (95% à 6.6A)

➢ **Puissance installée du balisage lumineux de l'aérodrome de Lomé**

Le balisage lumineux de l'aérodrome de Lomé est constitué de onze boucles alimentant les feux de bord de piste, les seuils et extrémité, les taxiways, les approches et les PAPI. Les autres feux tels que les feux d'identification, la balle traçante et les feux d'obstacle ne sont pas alimentés en boucle. La formule précédente, implémentée dans un programme Excel 2007 donne une puissance installée de **91.2 KW** comme l'indique le tableau suivant.

Boucle	Puissance des lampes (W)	Puissance lampe + 10% (Pfeu en W)	Pertes dans le câble secondaire (W)	Rendement transfo	Cos phi	Nombre de lampes	Longueur de la boucle (Km)	Charge de la boucle (VA)
B1- Taxiway A	30	33	2	85%	95%	37	3.72	2106
B2- Taxiway B	30	33	2	85%	95%	32	3.45	1853
B3- Taxiway C	30	33	2	85%	95%	22	4.447	1554
B4-seuil et extrémité	315	346.5	6	90%	95%	7	7.807	3940
B5- bord de piste	200	220	2	90%	95%	65	7.807	17931
B6- Approche HI	200	220	0.6	90%	95%	62	2.822	16378
B7-Approche HI	200	220	0.6	90%	95%	55	2.809	14570
B8- Approche BI	45	49.5	0.6	85%	95%	25	2.355	1869

B9- Bord de piste	200	220	2	90%	95%	65	7.807	17931
B10- Seuil et extrémité	315	346.5	6	90%	95%	7	7.218	3860
B11- PAPI	200	220	0.4	90%	95%	8	2	2332
Feux d'identfication	432	432	0	100%	100%	4	0	1728
Balle traçante	432	432	0	100%	100%	21	0	9072
Feux d'obstacle	14	14	0	100%	100%	22	0	308
Pojecteur Manche à Vent	72	72	0	100%	100%	3	0	216
PUISSANCE INSTALLEE (KVA)	**96**							

Tableau 25 : Puissance installée du balisage

- **Temps d'exploitation du balisage lumineux sur l'aérodrome de Lomé**

Le balisage lumineux est sollicité par les aéronefs de nuit et de jour par mauvaises conditions de visibilité. Il existe aussi d'autres moments où le balisage est exploité :

- Lors des inspections périodiques par les techniciens de maintenance (15mn, une fois par jour et 5 jours/semaine)
- Lors des inspections périodiques des pompiers d'aérodrome (15mn, tous les soirs à 18h)
- 20mn à chaque arrivée et 20mn à chaque départ d'aéronef

Pour évaluer le temps d'exploitation du balisage lumineux par les aéronefs, nous nous sommes basés sur des statistiques produites par le logiciel « MOVEMENTS V1.0 » développé par M. EDOH Kodjo G. Gratien (Prévisionniste à l'ASECNA LOME) et mis à la disposition de l'unité de gestion de l'information aéronautique (AIM).

L'ensemble des chiffres obtenus se trouve en annexe 16. Le résumé des durées d'utilisation du balisage est contenu dans le tableau ci-après :

	Opération	**Durée (minute)**	**Quantité (nombre/jour)**	**Durée journalière (minute)**	**Durée hebdomadaire (minute)**	**Durée annuelle (heure)**
	Inspection des techniciens de maintenance	15	1	15	75	65
Mi-Janvier à mi-Décembre	**Inspection des pompiers à 18h**	15	1	15	105	84
	Allumage à chaque départ	20	3	60	420	336
	Allumage à chaque arrivée	20	4	80	560	448
Mi-Décembre à mi-Janveir	**Inspection des pompiers à 18h**	15	1	15	105	7
	Allumage à chaque départ	20	20	400	2800	187
	Allumage à chaque arrivée	20	19	380	2660	177

Total journalier (heures)	**112**
Total annuel (heures)	**1304**

Tableau 26 : Temps d'exploitation du balisage lumineux

- **Consommation annuelle du balisage**

La consommation d'énergie annuelle du balisage lumineux se déduit des tableaux 25 et 26 par une simple multiplication de la puissance installée, de la durée d'utilisation annuelle et d'un facteur de puissance pris égal à 95%. Ce qui donne **118 489 KWh/an**.

V-2. Répartition des charges de consommation par bâtiment et par poste

Dans cette partie nous allons récapituler en répartissant les charges par bâtiment. Le balisage lumineux, quoiqu'alimenté par les postes de transformation, a été étudié comme une entité séparée et fera objet de cette répartition. Comme nous l'avons souligné plus haut, la consommation estimée ici ne prend pas en compte quelques appareillages tels que les ordinateurs portables, les cafetières, les consommations internes des onduleurs et chargeurs, etc…Il en est de même pour les bâtiments de l'Observation météo, du bâtiment de la sécurité incendie qui occupent des sites provisoires, l'infirmerie et le garage ASECNA, puis quelques équipements de commutation à la salle technique. Toutes les consommations non prises en compte seront déduites de la consommation totale annuelle.

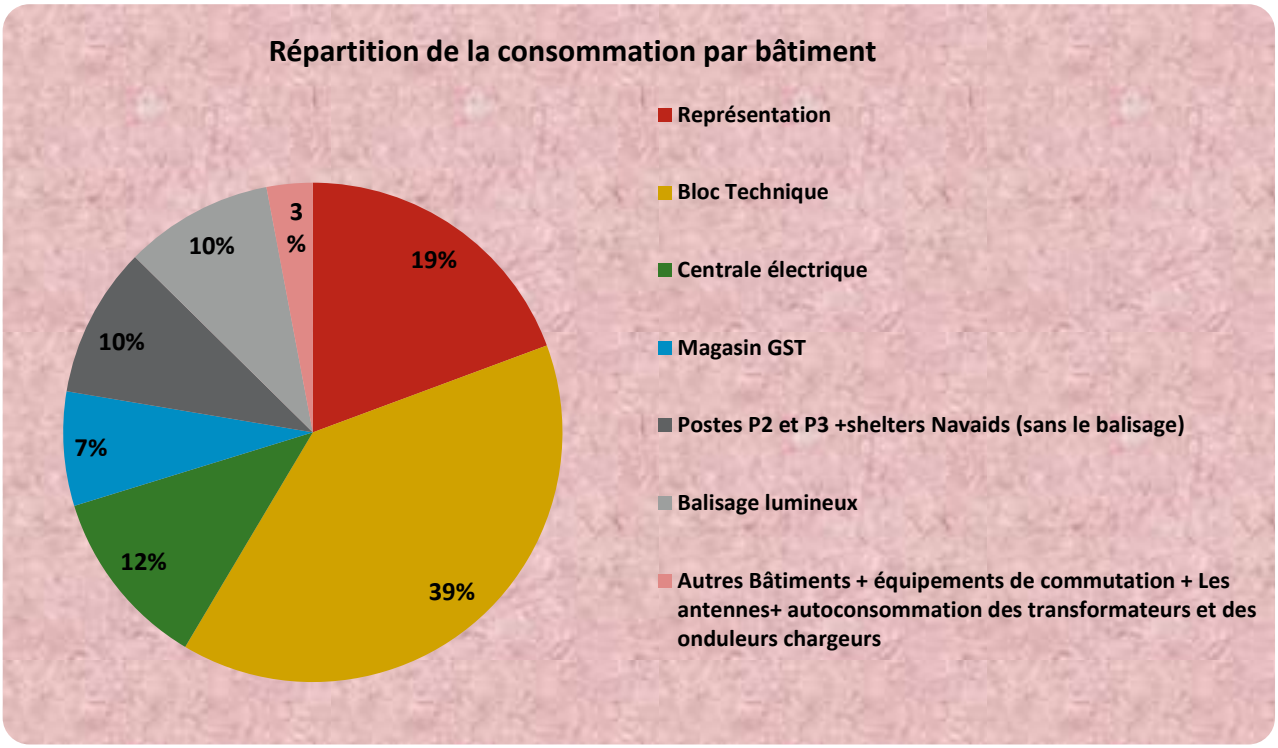
Pour les calculs, nous avons considéré la consommation de l'année la plus défavorable depuis 2011 qui vaut **1 230 235 KWh**(Voir Annexe3).
Les répartitions obtenues se présentent comme le montrent les tableaux et les graphiques ci-après.

V-2-1 Répartition de la consommation par bâtiment

Bâtiment / Installation électrique	Puisance installée (KW)	consommation annuelle (KWh/an)	Pourcentage consommation (%)
Représentation	93.3	237951.53	19
Bloc Technique	179.4	482260.27	39
Centrale électrique	41.4	143924	12
Magasin GST	20.3	90947.05	7
Postes P2 et P3 +shelters Navaids (sans le	13.7	120012	10.0

balisage)			
Balisage lumineux	91.1	118489	10
Autres Bâtiments + équipements de commutation + Les antennes+ autoconsommation des transformateurs et des onduleurs chargeurs	360.7	36 651.15	3
Total	**800**	**1 230 235**	**100.0**

Tableau 27 : Répartition d la consommation par bâtiment



Graphique 9 : Répartition de la consommation par bâtiment

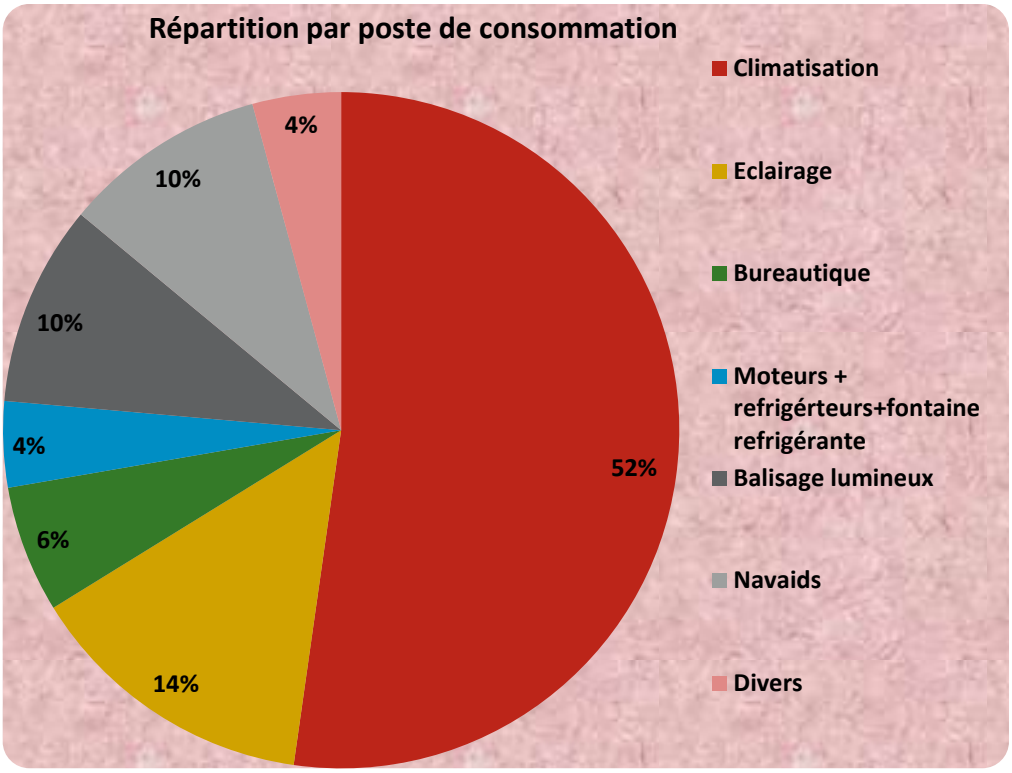
V-2-2 Répartition par poste de consommation

Le tableau suivant est déduit des chiffres obtenus de l'étude de chaque bâtiment en faisant une sommation par poste de consommation.

Poste de consommation	Consummation (KWh/an)	Pourcentage (%)
Climatisation	642722	52
Eclairage	171723	14
Bureautique	74706	6
Moteurs + refrigérteurs+fontaine refrigérante	50542	4
Balisage lumineux	118489	10
Navaids	120012	10

Divers	52 041	4
Total	**1 230 235**	**100**

Tableau 28 : Répartition de la charge totale par poste



Graphique 10 : Répartition de la consommation totale par poste

V-2-3 Interprétations

La répartition par bâtiment montre que le bloc technique et la représentation respectivement mobilisent **39%** et**19%**soit **58%** des charges totales. Ce qui vient rendre judicieuse, l'attention particulière accordée à ces deux bâtiments tout le long de cette étude. La centrale électrique contribue à **12%** des consommations alors que le balisage lumineux et les Navaids font chacun **10%** des charges. Le magasin GST présente **7%** des énergies totales consommées pendants que les autres bâtiments et équipements divers de commutation contribuent faiblement à **3%**.
La consommation totale répartie par poste montre des résultats très proches de ceux de l'audit énergétique réalisé en 2013 :Plus de **52%** sont consommées par la climatisation pendant que l'éclairage consomme **14%** au moment où le balisage lumineux et les Navaids font chacun **10%**. La bureautique et les moteurs consomment respectivement **6%** et **4%**. Quatre pour cent **(4%)** de la consommation totale est destinées aux équipements divers.

V-3. Architecture du réseau de production et distribution électrique de l'ASECNA TOGO

Le réseau de production électrique de l'ASECNA comprend une ligne 20KV de la CEET auquel se substitue un des deux groupes électrogènes de 300KVA chacun. Une interface onduleur de 300KVA entre les deux réseaux sert d'alimentation sans interruption.

Les sites à alimenter étant quelque peu distants de la centrale électrique, la distribution s'est faite à travers deux réseaux en moyenne tension 5.5KV (Voir figure suivant) :

- un réseau de distribution non secouru réalisé en antenne qui alimente des équipements non sensibles (pas de possibilité d'alimentation en cas de tronçon défectueux jusqu'à réparation);
- un réseau secouru réalisé en boucle ouverte assurant l'alimentation des équipements sensibles intervenants dans la sécurité de la navigation aérienne via trois postes de transformation P1, P2, et P3 (possibilité d'assurer la continuité de fourniture d'énergie jusqu'au rétablissement d'un tronçon défectueux).

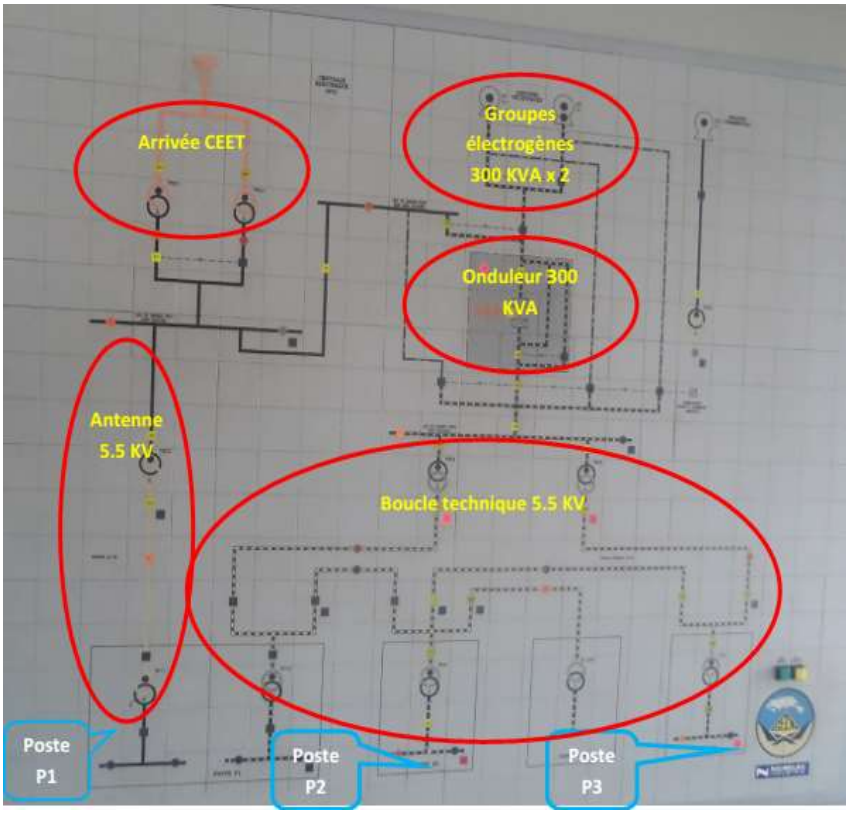


Figure 13 : Architecture du réseau de distribution de l'ASECNA TOGO

La mise en œuvre d'un tel réseau nécessite de lourds investissements liés :

- aux équipements de protection (Disjoncteurs, fusible MT, parafoudres, cellules de protection) ;

- aux matériels de transport d'énergie (transformateurs, câbles MT, câble de terre, piquet de terre, etc.) ;
- les équipements de supervision (télécommande et de télésignalisation);
- travaux de génie civil (construction de postes de transformation et tranchées).

Les photos suivantes illustrent l'exemple des départs à la centrale et les équipements du poste P1.

Photo 24: salles des cellules de départ à la centrale.

Photo 25 : Equipements du poste P1

Nous n'avons pas pu avoir les chiffres liés aux dépenses lors de la mise en œuvre de ce réseau en 1999-2000. Mais, les travaux en cours de déplacement du poste P1 avec achat de nouveaux équipements à cause des travaux sur l'aéroport, vont coûter à l'ASECNA cinq cent quatre-vingt-sept million quarante mille trois cent trente-cinq (**587 040 335**) **francs CFA** hors mis les frais de construction du poste (Voir annexe17).

A part la gourmandise financière de ce type de réseau, il entraîne aussi des risques pouvant affecter les installations d'aide à la navigation aérienne. En effet, la défectuosité (quelle qu'en soit l'origine) d'un tronçon de la boucle technique entraîne forcément un fonctionnement en mode dégradé des équipements et exige une réactivité des techniciens de maintenance. Ainsi, tous les travaux dans les zones de passage des câbles doivent faire objet d'étude de sécurité intégrant le volet énergie. Même les maintenances préventives de ce réseau nécessitent une Méthode d'Intervention Programmée (MIP) dont la rédaction mobilise presque tous les exploitants de l'aérodrome.

Mais malheureusement, quel que soit le niveau de professionnalisme d'une étude de sécurité ou d'une MIP, le risque n'a jamais été éradiqué. C'est le cas de nombreuses situations de coupure de câble énergie, de câble télécommande et de balisage lors des travaux de réaménagement et d'extension de l'AIGE.

Aussi le besoin en énergie qui a motivé ce système de distribution n'est pas pertinent. En effet, le balisage lumineux et les Navaids, selon les études précédentes ne contribuent qu'à moins de **20%**(moins de 10% pour chaque entité) des consommations totales. Ce système mérite d'être revu afin de réduire les dépenses liées aux charges d'électricité lors des prochaines réhabilitations.

ChapitreVI : PROPOSITIONS DE SCENARII DE MESURES D'EFFICACITEENERGETIQUE

VI-1. Sensibilisation continue

La sensibilisation du personnel et du patronat permettra la sobriété énergétique. Un personnel bien sensibilisé changera les habitudes et par conséquent, des économies d'énergie seront réalisées. Ces économies pourront être pérennes tant que la sensibilisation continue. Pour le caractère continu de la sensibilisation, nous proposons des messages automatiques sous forme de rappel que les agents recevront chaque semaine dans leur boîte à messagerie professionnelle et des articles liés à l'éco énergie à chaque parution du magazine FLASH INFO de l'ASECNA comme cela se fait déjà à quelques parutions.
Voici un exemple de message à diffuser :

Energie rare, Energie chère,

Par mes éco-gestes, Je protège l'ASECNA et mon environnement contre les pénuries de ressources. Mes éco-gestes se résument en deux « questions-quatre réponses » :

Et si ce mois-ci, la facture d'électricité de l'ASECNA me sera adressée ?
A quel prix mon environnement est préservé ?

Je ferai tout pour qu'elle soit la plus réduite possible,
Je mets hors tension (éteindre et/ou débrancher) tout appareil que je n'utilise pas.
Les luminaires et les climatiseurs sont le plus énergivores, je les arrête lorsque je sors.
Mon environnement est à la merci des deux gestes précédents aussi simples.

VI-2. Maîtrise de la demande en énergie

Les mesures citées dans cette partie visent la réduction de puissance instantanée maximale atteinte communément appelé pic de consommation.

- **Exploitation du balisage lumineux existant**

Nous proposons à l'équipe de maintenance du balisage de procéder aux inspections avant sept (07) heures GMT du matin car en ces moments, les utilisateurs n'ont pas encore mis en service les éclairages et climatiseurs des bureaux. Les essais obligatoires en dehors de cette plage horaire devront se faire en prenant soins d'arrêter les circuits utilisant le même signal de télécommande que le circuit à essayer (Exemple : les deux circuits de bord de piste qui ont le commandés par un seul bouton de commande). Cette mesure permettra de garantir une puissance instantanée dans une plage raisonnable et éviter des pénalités liées aux dépassements de puissance souscrite. L'énergie consommée étant une intégration de

la puissance appelée sur une période donnée, la réduction de la puissance instantanée, entraîne une réduction de l'énergie consommée pour une même durée d'allumage du balisage.
Nous avons aussi remarqué que plusieurs régulateurs RCC ont des charges en deçà de la moitié de leur puissance nominale. Il revient donc de vérifier l'adaptation de charge de ces régulateurs afin de leur assurer un régime de consommation optimale.

- **Installation et réglage des relais RTA des climatiseurs non secourus**

Les relais RTA sont des relais temporisés qui permettent de retarder la mise sous tension d'un équipement. Ceux utilisés sur les installations électriques de l'ASECNA sont de marque de marque MERLIN GERIN et montables sur rail (multi 9).

Photo 25 : Un relais RTA

Essentiellement utilisés pour la climatisation, ils sont réglables à des temporisatons pouvant aller de quelques secondes à 100h. Afin de réduire les forts appels de courant aux remises du secteur, il est impotrant d'installer des RTA sur les climatiseurs alimentés par le réseau non secouru. Cette mesure concerne plus la Représentation et le magasin GST où ce dispsitif n'existe pas. Pour le bloc technique, cette solution revient à changer les RTA défectueux. Pour être sûr de laisser passer un courant d'appel avant le démarrage d'un autre, nous proposons un intervallle de temps de quinze (15) secondes entre un courant d'appel et un autre. Dans le but d'assurer la remise sous tension de tous les cinquante trois (53) climatiseurs concernés (**de puissance totale111 CV**) en trois minutes, nous proposons une répartition en douze (12) groupes de **9.5CV** au plus.

Cette solution occasionnera des économies d'énergie (puissance appelée évitée intégrée sur le temps de démmarrage) souvent faible à cause de temps très bref de démarrage.

Mais, lorsque les appels de puissance instantanées sont maîtrisés, l'on pourra envisager une réduction de la puissance souscrite qui est un grand gisement d'économies financières.

VI-3. Révision du contrat de fourniture d'énergie avec la CEET

D'après les diagnostics, la puissance maximale atteinte depuis cinq années est de 283 KVA. Avec la politique d'efficacité énergétique, cette valeur va connaître progressivement une baisse sensible. Nous proposons donc :

- Que l'ASECNA s'adresse à la CEET pour retrouver une copie originale du contrat de fourniture d'énergie afin d'avoir une vue plus claire des points à renégocier ;
- Une réduction progressive de la puissance souscrite suivant la mise en œuvre des mesures d'efficacité énergétique.

VI-4. Eco-rénovation des bâtiments

Le terme éco-rénovation désigne l'ensemble des mesures visant l'optimisation des consommations sans agir sur le confort des occupants. Elle s'applique à un bâtiment existant. Elle regroupe l'efficacité énergétique passive et l'efficacité énergétique active.
Les solutions passives sont relatives à l'amélioration des performances thermiques du bâti tandis que les mesures actives visent les produits plus performants et des systèmes intelligents ou automatiques de gestion de la consommation [17].

Bien que nous ayons remarqué que les toitures contribuent le plus aux apports de chaleur, que ce soit au bloc technique ou à la Représentation, nous n'envisageons pas leur isolation et par ricochet le remplacement des climatiseurs existant. Car ce sont des travaux exigeants de lourds investissements. Par contre l'isolation des vitrages et quelques solutions actives ont fait l'objet de nos propositions venant en complément de celles de l'audit énergétique réalisé en début 2013.

VI-4-1. Isolation des vitrages par des films réfléchissants

Les films de protection solaire réfléchissants, sont des dispositifs qui s'appliquent sur les surfaces vitrées permettant ainsi de réduire la chaleur due à l'exposition aux rayonnements solaires. Pouvant rejeter entre 60% et 80% de la chaleur solaire, ils réduisent l'effet de serre des locaux trop exposés au soleil. La pose de film solaire permet de réduire également l'éblouissement. L'application des films solaires contribue à l'amélioration des conditions de travail et permet également de substantielles économies d'énergie dans les locaux chauffés ou climatisés. L'exemple le plus proche est celui des bâtiments de l'administration publique burkinabé où la pose de 7 100 m² de films réfléchissants sur les vitrages ensoleillées a occasionné de Avril 2009 à Décembre 2011 des économies d'énergie de **704 291 KWh** correspondant à des économies financières de **116 533 927FCFA** [18].

Sur le plan esthétique, les films réfléchissants confèrent, aux façades des immeubles un aspect futuriste comme le montrent les photos suivants.

Photo 26 : Bâtiments avec vitrages couverts de films solaires réfléchissants (source : internet)

Ils empêchent également la pénétration de plus de 99% des rayons ultra-violets.
Pour le bloc technique et la représentation, nous auront à installer 785 m² de film solaires qui représente la surface totale des vitrages des deux bâtiments.

VI-4-2. Introduction de l'éclairage à LED et des puits de lumière naturelle

Pour l'éclairage, nous avons constaté dans tous les bâtiments, l'utilisation des luminaires encore énergivores et dont la durée de vie est très réduite. L'introduction des systèmes d'éclairage de conception récente est vivement recommandée. Parmi ces systèmes innovants on retrouve les puits de lumière et les luminaires à LED que nous encourageons l'ASECNA à mettre en œuvre.

- **Les puits de lumière**

Ce sont des dispositifs destinés à canaliser l'éclairage naturel (la lumière solaire) vers les locaux à éclairer sans apport de chaleur sensible. Ainsi bénéficie-t-on des économies d'énergie pouvant aller à 100% selon la couverture du ciel et l'utilisation des locaux.
Le principe des puits de lumière est simple. On capte la lumière à la source (dôme breveté de capture de lumière), puis on la redistribue dans les pièces grâce à un tube (conduit de lumière) très réfléchissant. La lumière naturelle entre au moyen d'un diffuseur qui peut prendre différentes formes. Ainsi : couloirs, sous-sol ou encore dressings peuvent désormais être baignés d'une lumière naturelle (voir figure 13).
Nous recommandons à l'ASECNA les puits de lumière pour l'éclairage des couloirs et des salles où l'éclairage est utilisé de jour et de nuit comme à la salle des groupes électrogènes et au poste P0 de la centrale électrique.

Avantages : Les puits de lumière :

- sont très simples à mettre en œuvre ;
- constituent un gisement important d'économie d'énergie ;
- réduisent les émissions de GES ;
- filtrent des infrarouges (source de lumière sans chaleur) ;
- parfait rendu des couleurs ;
- possibilité d'éclairer plusieurs pièces (étage) partir d'un seul puits.

Inconvénients :

Les puits de lumière, comme toute conception nouvelle, sont quelque peu chers. Ils ne peuvent pas se substituer à l'éclairage de nuit.
Toutefois, des technologies très innovantes mais encore plus chères, associent de nos jours les puits de lumière aux LED installés autour du diffuseur et alimentés par le secteur. C'est l'exemple des technologies **LED Solarspot.**

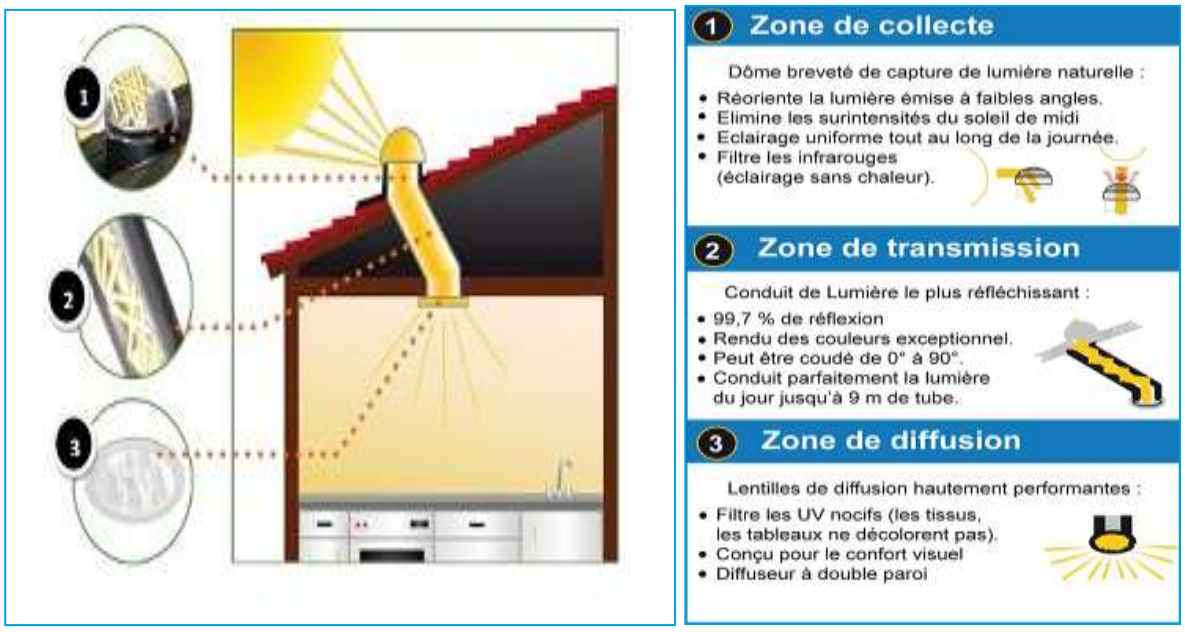


Figure 14: Schéma de principe d'un puits de lumière (Source : www.svtbimoz.com)

- **L'éclairage à LED**

L'éclairage à LED fait partie des systèmes d'éclairage de conception récente qui présente de multiples avantages par rapport aux tubes fluorescents majoritairement utilisés à l'ASECNA LOME. Il offre, pour un meilleur éclairement, de faibles consommations pour des durées de vie largement plus élevées. Il offre aussi de faibles coûts de maintenance pour une mise en œuvre très simple sur l'installation existante.
Ainsi, les tubes fluorescents de 36W seront remplacés par des tubes T 818 GP 1200 de puissance 18W 1650lm, les tubes fluorescents de 18W par les tubes T810 GP 600 de puissance 10W 800lm. Les couloirs et salles, précédemment objets des puits de lumière seront renforcés par des projecteurs à LED de 100W pour l'éclairage de nuit. De même, les globes phares (40W) seront remplacés par globes SW10GP140 de 10W.

VI-4-3. Les détecteurs de présence pour la climatisation et l'éclairage

Les détecteurs de présence et les cellules photoélectriques assurent une gestion intelligente de la consommation des luminaires et de la climatisation.
Les détecteurs de présence permettent d'éteindre et d'allumer les luminaires ou les climatiseurs en fonction de l'occupation d'un local. Les cellules photoélectriques maintiennent le niveau d'éclairement choisi sur une zone en tenant compte des apports de lumière naturelle. Ces systèmes peuvent être combinés et aussi doublés par une commande manuelle afin de permettre à l'utilisateur de reprendre le contrôle. Cette solution peut aboutir à **60% d'économie** [19].
Nous recommandons l'installation de ces détecteurs dans les bureaux des techniciens de maintenance qui sont très souvent occupés sur les installations et dans les couloirs. Egalement, ces détecteurs seront installés dans les bureaux des Chefs d'Unités et des Chargés d'activités qui sont souvent absents des bureaux pour assister à des réunions de coordination. Dans les bureaux, les détecteurs de présence commanderont à la fois l'éclairage et la climatisation. Les durées d'utilisation de ces installations seront ainsi revues à la baisse.

VI-4-4. Proposition de balisage lumineux économique

Comme nous l'avons souligné plus haut, les lampes utilisées sur le balisage lumineux de l'ASECNA sont des lampes à incandescence dont la puissance varie entre 30W et 200W et des lampes à éclats au xénon de puissance crête 432W. Or, de nos jours, des innovations ont été mises au point dans le domaine. C'est le cas d'**ADB Airfield Solutions** parmi tant d'autres qui a innové progressivement les lampes à LED pour la plupart des types de feux suivant le puissances graduelles (Voir Annexe 15). La puissance de ces feux à LED va de 3.5 VA à 36VA pour les feux taxiways et les feux de bord de piste [20].

Le développement des LED dans le système de balisage des aérodromes a suscité l'innovation de nouveaux systèmes d'alimentation des boucles de balisage tels que les Advanced Power Supply (APS) de 1KW et 2KW contrôlés par microprocesseurs en remplacement des régulateurs RCC dont la puissance varie de 2.5 KVA à 30 KVA et contrôlés par thyristors. Le principe d'alimentation par boucle reste le même pour les APS sauf qu'à ce niveau, le courant maximum dans la boucle primaire est de 2A au lieu de 6A pour les boucles classiques (Voir Annexe 15).

Avantages des LED dans l'éclairage des pistes :

- Durée de vie plus longue (150 000h) ;
- Peuvent être utilisés sur les circuits existants (transformateurs et CCR) ;
- Deux à quatre fois plus éco-énergétique que les incandescents (jusqu'à 93% d'économie) ;
- Accroissent la disponibilité des pistes pour la faible maintenance exigible ;
- Eliminent les variations de couleur de la lumière à de faibles brillance ;
- L'introduction des APS entraîne une diminution drastique de l'espace occupé par les CCR.

Les inconvénients :

- Forte consommation à l'allumage (trois à quatre fois la puissance nominale) ;
- Fragilité de l'électronique face aux fortes humidités qu'enregistre le site de l'AIGE ;
- 93 à 95% de la charge électrique est consommée hors LED (Voir Annexe15) ;
- Selon les informations reçus auprès d'un expert du balisage de l'aéroport de Lyon, la défectuosité d'un APS (disponible en armoires de cinq APS) entraîne le remplacement de tout l'armoire.

Dans notre étude nous n'envisageons pas l'acquisition de tout le système complet (feux et APS). Mais par contre nous proposons à titre d'expérimentation, le remplacement de tous les feux de bord de piste et de tous les feux de taxiways par des feux à LED car ils peuvent facilement intégrer les circuits existants sans modifications.

VI-4-5. Amélioration de l'architecture du réseau de distribution électrique de l'ASECNA Lomé

Dans le but de réduire les charges liées à la distribution d'énergie, nous proposons pour les prochaines réhabilitations, la suppression des postes P2 et P3 qui n'alimentent que moins de 10% de la charge totale hors mis le balisage lumineux. Les régulateurs des boucles de balisage se retrouveront tous à la centrale électrique. Le circuit de télécommande du balisage sera ainsi réduit entre bloc technique et la centrale électrique. Les Navaids abriteront les baies de transmission fibre optiques qui véhiculeront les informations à travers les câbles à fibre optique qui pourront emprunter les mêmes tranchées que les câbles balisage. Car la fibre optique n'est pas vulnérable aux rayonnements électromagnétiques des circuits électriques voisins [21].
Les coûts qui seront évités par la mise en œuvre de cette proposition sont :

- Le coût de construction des postes ;
- Le coût des équipements qui avoisinent **587 040 335 FCFA** par poste tout comme les équipements du poste P1 susmentionné ;
- Les coûts liés aux passages des câbles (tranchées des câbles d'énergie et celles des câbles de télécommande) ;
- Les coûts liés à la supervision et à la maintenance des équipements de ces postes etc…

Ces coûts évités pourront être investis dans l'alimentation autonome des Navaids.

VI-4-5. Alimentation solaire autonome des shelters Navaids

La convention ASECNA-IFDD préconise en son Article 5 le recours aux énergies renouvelables. De même, un audit énergétique n'envisage pas seulement des solutions visant à réduire la consommation du bâtiment audité, mais étudie la possibilité de substitution des énergies fossiles par les énergies renouvelables (EnR).

Notre étude a révélé que le site de l'AIGE est très voisin la ceinture solaire (zones où l'ensoleillement normale direct dépasse 2000 KWh/m²/an [22].

Nous proposons donc l'alimentation des Navaids en énergie solaire photovoltaïque (PV) que nous allons essayer de dimensionner.

Le dimensionnement d'un système PV passe par les étapes suivantes :

- Estimation des besoins en énergie;
- Estimation de la ressource solaire au lieu d'implantation;
- Dimensionnement de l'installation et choix des composants;
- Estimation du coût du projet et du retour sur investissement ;
- Impact environnemental.

➢ **Estimation des besoins en énergie**

L'étude réalisée plus haut sur la consommation des Navaids donne le besoin en énergie. Ce besoin, d'après les mesures est estimé à **328.8 KWh/jour** dans les conditions où le GLIDE était à l'arrêt (consommation à ajouter aux besoins).Le shelter GLIDE intègre d'autres équipements tels que le DME atterrissage, de la climatisation (le plus énergivore du local) qui étaient en fonctionnement normal au moment des mesures. Notons aussi que cette consommation englobait aussi dans les conditions de la mesure, la climatisation des postes P2 et P3 (à déduire des besoins). En tenant compte de ces détails et en prévoyant d'éventuelles extensions, nous portons alors cette valeur à **360 KWh/jour** soit environ **P = 120 KWh/jour** pour chacun des trois shelters.

➢ **La ressource solaire au lieu d'implantation du champ PV**

Pour optimiser le dimensionnement, nous allons considérer l'ensoleillement journalier de l'année la plus défavorable de la période des vingt-une (21) années d'étude sur la ressource solaire. Ce chiffre a été évalué plus haut à **E =4.48 KWh/m²/jour.**

➢ **Dimensionnement de l'installation et choix des modules**

Pour produire l'énergie nécessaire, il faudra installer un générateur solaire de puissance $\mathbf{P_c}$ modulée d'une part par l'ensoleillement journalier **E** au lieu de son implantation, et d'autre part par un facteur **K** dépendant de l'incertitude météorologique, l'inclinaison non corrigé des modules, du rendement de charge et décharge des batteries, du rendement du régulateur, du rendement de l'onduleur et des pertes dans les câbles et connecteurs. Cette puissance est connue sous le nom de puissance crête et est définie comme la puissance délivrée par le générateur dans les conditions optimales (conditions STC : ensoleillement de 1KWh/m² et température 25°C). Généralement **K** prend des valeurs entre 0.55 et 0.65 [23]. Nous prendrons **K = 0.55.**

On applique la formule :

$$Pc = \frac{P}{K \times E}$$

Après calcul, on obtient : $\mathbf{Pc = 48.70\ KWc = 48\ 700\ Wc}$

- **Nombre de modules à installer**

En choisissant un onduleur monophasé de tension d'entrée **U =96V,** de rendement **0.95**et des modules de type poly cristallin, 13 % de rendement, de puissance200 Wc, de tension de sortie 12 V, V_{opt}= 17,2 V, I_{opt}= 11.63 A à 25°C, les nombres de séries et de parallèles sont données respectivement par :

$$\mathbf{Nsérie} = \frac{\mathrm{U}}{\mathrm{Umodule}} = \frac{96}{12} = \mathbf{8}$$

$$\mathbf{Nparallèle} = \frac{\mathrm{Pc}}{\mathrm{Pmodule} \times \mathrm{Nsérie}} = \frac{48700}{8 \times 200} = \mathbf{31}$$

On aura au total un champ de **248 modules** pour une puissance installée de **49 600 Wc**

- **Dimensionnement de la capacité des batteries**

La capacité **C** des batteries peut être approchée par la formule :

$$\mathrm{C} = \frac{\mathrm{P} \times \mathrm{N}}{\mathrm{D} \times \mathrm{U} \times \varepsilon} \quad \text{où}$$

$\mathrm{N} = \text{Nombre de jour d'autonomie;}$

$\mathrm{D} = \text{profondeur de décharge accepable par les batteries}$
$\mathrm{U} = \text{Tension aux bornes du jeu de batteries}$
$\varepsilon = \text{rendement des des batteries}$

Nous optons pour les batteries tubulaires de type **OPzS1990** utilisées par la société INEO sur les installations PV de LEMGHAITI en Mauritanie disponibles en des éléments de 2V1990Ah, de rendement 0.85 pouvant accepter 80% de décharge [24].

- **Choix de l'onduleur**

L'onduleur choisi est monophasé de tension d'entrée **96V,** de rendement **0.95**et de puissance supérieure à 49 600 Wc. Pour des raisons de sécurité, nous optons pour sept (07) jours d'autonomie. La capacité obtenue après calcul est de :

C = 12 868 Ah

La capacité de chaque batterie étant de 1990 Ah, il y aura au total sept (07) parallèles de 48 batteries en série. Ce qui donne un circuit de 336 batteries aux bornes duquel on a une tension de **96V** et de capacité**13 930 Ah**.

- **Choix du régulateur**

Le régulateur devra avoir les caractéristiques suivantes :

- Tension d'entrée : **96V**
- Tension de sortie: **96V**
- Puissance : supérieure à**49 600 Wc**
- Rendement : supérieur à **85%**

➢ **Coût du projet et retour sur investissement ROI**

L'installation du watt-crête coûte environ**1000 FCFA** (Prix de la société PES-TOGO). L'installation des 49 600 Wc coutera 49 600 000 FCFA. En évaluant à 30% les frais liés à connexes liés à la documentation et à la formation du personnel de maintenance, on obtient un coût global de **G = 64 480 000 FCFA**.
La facturation se faisant en triple tarif, une consommation de P= 120 KWh/j induit une facture répartie comme suit :

- 60 KWh consommées en heures pleines (06h-18h) facturées à 86 FCFA/KWh soit **5 160FCFA/jour** ;
- 25.2 KWh consommées en heures de pointe (18h-23h) facturés à 96 FCFA/KWh soit **2419.2 FCFA/jour**;
- 34.8 KWh consommées en heures creuses (23h-06h) facturées à 77 CFA/KWh soit **2679.6 FCFA/jour ;**
- Contribution à l'éclairage public : 2FCFA/KWh soit **240 FCFA/jour.**

Cette répartition donne une facture globale de **Fj = 10 499 FCFA/jour.**

Le temps de retour sur investissement simple (**ROI**) se calcule par la formule :

$$ROI = \frac{G}{Fj} = \frac{64480000}{10499} = 6142\ jours\ ou\ 16ans\ 302\ jours$$

➢ **Impact environnemental**

L'impact environnemental de ce projet va se mesurer en termes de d'émission de GES évité notamment de dioxyde de carbone CO_2. Pour rappel, la production de 1 KWh au TOGO émet environ 0.271 Kg de CO_2. Ainsi la substitution par les EnR évitera la quantité de CO_2 produite par la source sauvage. Dans notre cas la quantité d'énergie substituée est de 120 KWh par jour sur la durée de vie de l'installation qui est en général supérieur à 20 ans. Le résultat s'obtient par une simple multiplication qui donne 237 393 Kg de CO_2.

Ainsi, pour les trois shelters Navaids, le coût global d'investissement sera de **193 440 000 FCFA** pour un retour sur investissement en **16 ans 302 jours**. Pendant la durée de vie de l'installation l'environnement sera préservé d'un minimum de 237 396 KgCO_2soit **237.396 tonnes de CO_2** évitées.

Chapitre VII : ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE DES SCENARII PROPOSES

Dans cette rubrique, nous essayerons d'évaluer, dans la mesure du possible, les économies d'énergie et économies financières liées à chaque scénario proposé. Nous estimerons également le coût d'investissement et le temps de retour sur investissement simple.

VII-1. Economies escomptées de la sensibilisation

Une sensibilisation permet de réaliser au niveau des bâtiments des économies d'énergie pouvant aller de 15 à 30% des énergies consommées suivant le niveau de suivi des consignes [25]. Ainsi, en considérant une économie d'énergie de 15% sur les **955 082KWh/an** consommées dans les bâtiments (hors mis les postes de transformation et les shelters Navaids), les économies d'énergie escomptées sont évaluées à **143 262 KWh/an**. Les économies financières correspondantes sont calculées en considérant que ces économies sont réalisées en heures pleines (06h-18h), période où la climatisation, l'éclairage et la bureautique sont le plus utilisés. Pendant cette période le KWh est facturé à 86 FCFA et augmenté de 2FCFA/KWh pour la contribution à l'éclairage public. Ce qui donne une économie financière de **12 607 093 FCFA/an**.

VII-2. Economies escomptées de la maîtrise de la demande en énergie

Bien qu'elles existent, nous n'entendons pas évaluer ici évaluer des économies d'énergie liées aux mesures citées plus haut dans la rubrique concernée car les durées d'appel des puissances instantanées à l'origine de ces pics et souvent très brève. Néanmoins, ces mesures permettront de réduire la puissance souscrite.

- **Révision du contrat de fourniture d'énergie avec la CEET**

Nous proposons ici une réduction de la puissance souscrite à 285. Ce qui permet dans l'immédiat de réaliser des économies financières de :
(350 – 285)*2500 = 162 500 FCFA/mois soit **1 950 000 FCFA par an**.

Après l'installation et le réglage des relais RTA sur les climatiseurs, nous auront 9.5 CV de climatisation qui occasionneront à la fois un appel de puissance au lieu des 111CV à la fois. Nous faisons l'hypothèse qu'un climatiseur peut appeler seulement deux (02) fois sa puissance nominale et que le facteur de simultanéité (lorsqu'il n'y avait pas les RTA) des climatiseurs était de 30% dans les trois minutes de remise en service que nous avons recommandées. La puissance appelée par les climatiseurs sera désormais de 19 CV au lieu de 66.6 CV, soit une différence de 47.6 CV ou 35.5 KW. En y appliquant un facteur de puissance de 0.8 (seuil des pénalités), cette valeur correspond à un appel de puissance évitée de **44 KVA**.
Ce qui suppose qu'après l'installation et un bon réglage des relais RTA, on pourra encore envisager une réduction de la puissance souscrite à **250 KVA**. On retrouve alors la situation existant avant Juin 2010 où la puissance souscrite était de 250 KVA. Cela produit

à nouveau une économie financière mensuelle de (285 -250)*2500 = 87 500 FCFA/mois soit **1 050 000 FCFA par an**. L'investissement lié à l'acquisition, l'installation et au réglage d'un relais RTA est estimé à 20 413 FCFA soit un total de **1 081 863 FCFA** pour les 53 relais. Cet investissement pourra donc être recouvré en **1 an 1 mois**.
Ainsi pourra-t-on réduire progressivement la puissance souscrite suivant la mise en œuvre des mesures d'efficacité énergétique et aussi mettre fin aux soucis de dépassement de puissance des groupes électrogènes existants.

VII-3. Economies escomptées de l'éco-rénovation des bâtiments

VII-3-1. Economies escomptées de l'isolation des vitrages par des films réfléchissants

Comme nous l'avons vu plus haut, les films réfléchissants permettent de réduire les apports solaires dans le bâtiment. Nous recommandons les films de type **PSA20R375SR** utilisés par l'administration burkinabé dont les caractéristiques sont les suivants :

Energie solaire totale rejetée = 80% et 580W/m²
Energie solaire réfléchie = 57%
Absorbée = 25%
Transmise = 18%
Lumière visible réfléchie = 60%
Absorbée = 25%
Transmise = 15%
Réduction de l'éblouissement = 83%
Réduction des Ultraviolets = 99%
Facteur solaire = 0,24
Mode d'application = Sur les faces extérieures avec de l'eau savonneuse
Durabilité = 8 à 10 ans en Europe
Stockage = 2 ans à compter de la livraison à moins de 38°C
Classement au feu, film appliqué sur verre = M1

- **Evaluation des économies d'énergie et des économies financières**

L'orientation des bâtiments audités fait que l'exposition d'une façade Est aux rayons solaires entraîne celle de la façade Nord. Il en est de même pour les façades Ouest et Sud. Nous considérons les ensoleillements reçu entre 08h00 et 11h00 (3h) et ceux de 13h00 à 16h00 (3h) à cause de la faible chaleur apportée par le soleil avant 08h et après 16h. Nous avons aussi supposé qu'entre 11h et 13h, les auvents des bâtiments produisent suffisamment de l'ombrage et empêchent l'entrée des rayons solaires par les surfaces verticales.
Il est aussi important de prendre en compte le pourcentage **η** du rayonnement intercepté par une paroi en fonction de l'angle d'incidence.

Pour les calculs, nous avons supposé que les premiers et les derniers rayons solaires de la journée sont reçus sous un angle d'incidence de 30°. A 11h et à 13h, cet angle est voisin de 90°. On a par conséquent un angle d'incidence moyen de 60°. Cet angle correspond à un pourcentage intercepté de **η** = **50%**comme le montre la figure suivante.

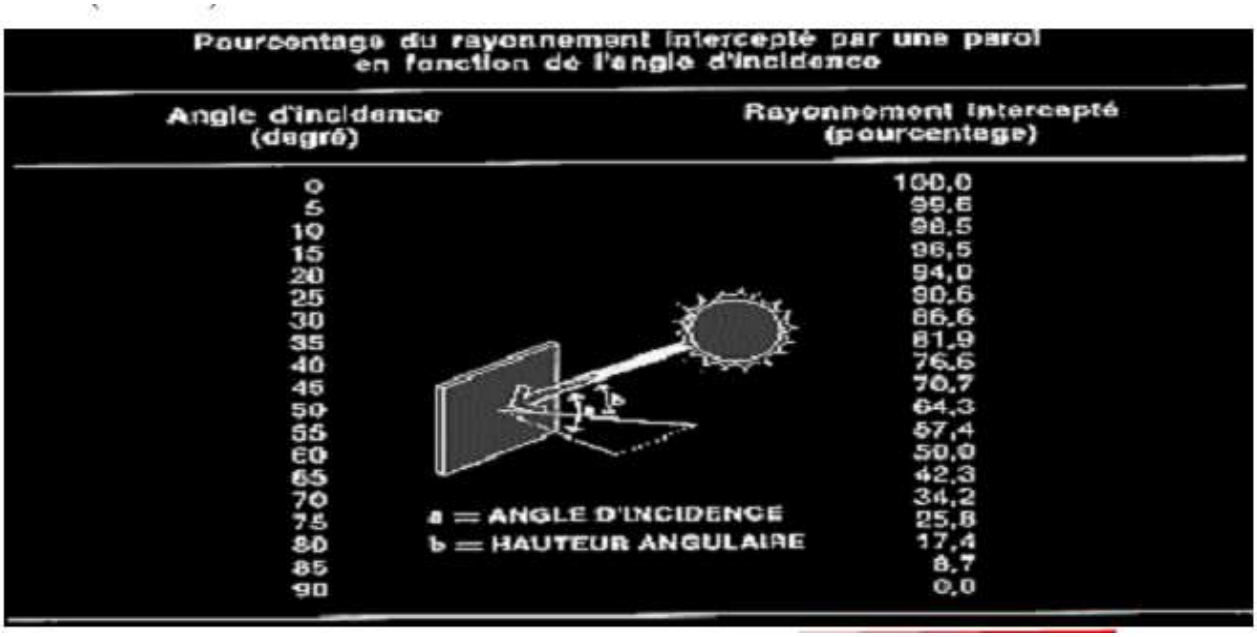


Figure 15 : Pourcentage de rayonnement solaire intercepté par une paroi en fonction de l'angle d'incidence (Source : Internet)

En notant **C** le coefficient de réflexion des films, E l'ensoleillement reçu par une façade, T le temps d'exposition et **S** la surface exposée, l'énergie calorifique rejetée **Er** se calcule par la formule :

$$Er = E \times \eta \times S \times C \times T$$

L'énergie électrique économisée s'obtient par $Q = \frac{Er}{COP}$ où COP est le coefficient de performance des climatiseurs.
Les COP des climatiseurs utilisés dans les bâtiments de l'ASECNA sont compris entre 2 et 2.9 [6]. Pour nos calculs nous avons considéré un COP = 3 (cas le plus favorable) et une moyenne de cinq jours de travail par semaine pour chaque bâtiment.

Le calcul fait sur chaque façade et les totaux d'énergies rejetées se trouvent dans le tableau suivant.

Bâtiment	Façade	Surface (m²)	Ensoleillement reçu (W/m²)	Durée d'ensoleillement (h)	Coefficient de réflection	Energie frigorifique rejetée (Wh)	COP	Energie Electrique économisée (KWh)/jour	Total /jour	Total /an
Représen Tation	Sud	50.51	370	3	80%	22426	3	7	**54**	**14065**
	Ouest	96.41	453	3	80%	52406	3	17		
	Nord	64.56	283	3	80%	21925	3	7		
	Est	128.8	424	3	80%	65536	3	22		

	Pourcentage du rayonnement intercepté à 60° : 50%									
	Puissance calorifique rejetée: 54 098 W									
Bloc Technique	Sud	98.82	370	3	80%	43876	3	15	**68**	**17553**
	Ouest	83.09	453	3	80%	45168	3	15		
	Nord	117.9	283	3	80%	40025	3	13		
	Est	144.4	424	3	80%	73466	3	24		
	Pourcentage du rayonnement intercepté à 60° : 50%									
	Puissance calorifique rejetée: 67 512 W									
Surface totale (m²)	**784.4**									
Economie d'énergie électrique annuelle (KWh)	**31 618**									

Tableau 29 : Calcul des économies liées aux films réfléchissants

On réalise ainsi une économie d'énergie de **31 618 KWh par an**.
Ces énergies sont économisées en heures pleines où le KWh est facturé à 86 FCFA et augmenté de 2FCFA/KWh pour la contribution à l'éclairage public. Ce qui donne après calcul, une économie financière de **231 868 FCFA/mois** soit **2 782 417 FCFA par an**.

- **Coût du projet et retour sur investissement**

L'étude de l'investissement lié à la pose des films réfléchissants sur les bâtiments de l'administration publique burkinabé révèle un coût moyen de **10 640 FCFA (HT-HD)** pour 1m² de film installé courant 2009-2011[18]. Ce coût doit être actualisés puis extrapolé sur le marché Togolais. Cette actualisation nécessite le taux d'actualisation au Burkina Faso ou au mieux les lignes budgétaires actuelles du Burkina-Faso[26]. N'ayant pas pu avoir accès à ces données, nous faisons les hypothèses suivantes:

- L'effet du taux d'actualisation est inhibé à cause de l'existence d'un port à Lomé et du fait que le Burkina – Faso effectue des dépenses supplémentaires lié au transport depuis les ports des pays côtiers voisins ;
- L'ASECNA est une société à caractère internationale, elle acquiert le matériel en hors taxes, hors douane (HT-HD) ;
- Le prix de revient de la pose des films réfléchissants reste égal à **10 640 FCFA/m²** à cause des hypothèses précédentes;
- L'ASECNA s'engage à concurrence de **20% du coût du projet** pour faire appel à l'expertise de la Cellule de Gestion de l'Energie (CGE) rattachée au Ministère Burkinabé des Mines, des Carrières et de l'Energie (MMCE) pour son expérience en la matière.

L'acquisition et la pose de **800m²**de films réfléchissants reviendra à **10 214 370 FCFA**. Le retour sur investissement est estimé à **3 ans 9 mois.**

- **Impact environnemental**

Les films solaires réfléchissants, n'induisent aucune pollution sonore ni visuelle. Mieux encore, ils contribuent à la réduction de l'éblouissement et rejette les rayons ultraviolets. Du fait qu'ils conduisent à des économies d'énergie, ils contribuent aussi à éviter les émissions de GES. Les 31 618 KWh non consommées correspondent à **8 569 Kg ou 8.569 tonnes de CO_2évitées**.

VII-3-2. Economies escomptées de l'introduction des puits de lumière et/ou avec de l'éclairage à LED

- **Economies escomptées de la pose des puits de lumière**

Ici, les économies seront calculées par rapport aux lieux d'implantation des puits et de l'éclairage substitué. Nous donnerons ici le nombre de puits ainsi que le coût estimatif et le retour sur investissement. Le coût d'acquisition et d'installation d'un puits dépend de plusieurs paramètres (l'option avec ou sans LED, le diamètre et la longueur du canal de transmission, les caractéristiques du toit hôte etc…). Nous avons estimé un puits à 600 000 FCFA (prix d'un puits sans LED réalisé dans une clinique bien connue de la ville de Lomé par la société Ezo- Energie Du Futur). Le résultat des calculs se présentent dans le tableau suivant.

Lieu	Poste P0	Salle des groupes
Nombre de puits	2	2
Nombre de lampes substitute	10	8
Puissance unitaire (w)	45	125
Durée de consummation (h)	8	8
Energie substituée KWH/jour	3.6	8
Energie mensuelle	108	240
Investissement (FCFA)	**1 200 000**	**1 200 000**
Energie annuelle économisée (KWh)	**1 296**	**2 880**
Quantité de CO_2 évitée (Kg CO_2)	**351**	**780**
économie finanière annuele (FCFA)	**114048**	**253 440**
Retour sur investissement	**10 ans 10 mois**	**4ans 11 mois**

Tableau 30: Economies escomptées avec les puits de lumière

Notre proposition intègre l'installation de quatre (04) projecteurs à LED de 100W chacun en substitution des huit (08) lampes à sodium de 125W chacune de la salle des groupes de la centrale électrique. Les 20 lampes du poste P0 de 36W chacune et fonctionnant 10/20 à la fois seront remplacées par des tubes à LED T818 GP 1200 de 18W. Dans les deux locaux, l'éclairage à LED sera commandé par interrupteur crépusculaire. L'éclairage de nuit est supposé fonctionner tout le temps où le puits de lumière n'intervient pas, soit une durée de fonctionnement de 16h par jour (4h en heures pleines, 5h en heures de pointes et 7h en heures creuses). Les économies financières seront calculées en tenant compte du mode de facturation qui est en triple tarif.
Les tableaux suivants donnent les détails des économies réalisées sur l'éclairage de nuit et sur la solution d'éclairage proposée (Puits de lumière +LED).

Local	**Poste P0**	**salle Groupes**
Puissance lampe existante (W)	45	125
Nombre	20	8
Puissance Lampe LED (W)	18	100
Nombre lampe LED	20	4
Durée de fonctionnement (h)	16	16
Prix unitaire lampe LED (FCFA)	20000	169000
Prix unitaire Interrupteur crépusculaire (FCFA)	7 500	7 500
Nombre Interrupteur crépusculaire	4	2
Consommation journalière des lampes existantes (KWh)	7.2	16
Consommation journalière des LED (KWh)	2.88	6.4
Economie d'énergie réalisée par jour (KWh)	4.32	9.6
Economie d'énergie réalisée par mois (KWh)	129.6	288
Economie financière mensuelle (FCFA)	11 299.5	25 110
Economie d'énergie annuelle (KWh)	**1 555.2**	**3 456**
Economie financière annuelle (FCFA)	**135 594**	**301 320**
Main d'œuvre	**250 000**	**350 000**
Total investissement	**680 000**	**1 041 000**
Retour sur investissement (jours)	**5 ans**	**3 ans 6 mois**

Tableau 31: Economies escomptées sur l'éclairage de nuit

Local	Poste P0	Salle Groupe
Nombre de puit de lumière	2	2
Nombre de lampe ou projecteur LED	20	4
Investissement puits de lumière (FCFA)	1200000	1200000
Investissement LED (FCFA)	716000	1059000
Economies d'énergie mensuelle (KWh)	237.6	528
Economies d'énergie annuelle (KWh)	**2 851.2**	**6 336**
Economie financière mensuelle (FCFA)	20 804	46 230
Economie financière annuelle (FCFA)	**249 642**	**554 760**
Investissement (FCFA)	**1 880 000**	**2 241 000**
Retour sur investissement	**7 ans 7 mois**	**4 ans 1 mois**
Quantité globale de CO2 évité (Kg CO2/an)	**2 490**	
Coût global d'investissement (FCFA)	**4 121 000**	
Economies d'énergie globale (KWh/an)	**9 187.2**	
Economie financière globale (FCFA/an)	**804 402**	
Retour sur investissement	**5 ans 2 mois**	

Tableau 32 : Economies escomptées sur la solution Puits + LED

L'installation des puits de lumière associés aux lampes à LED pour l'éclairage de nuit dans ces deux locaux coûtera quatre million cent-vingt-un mille **(4 121 000) francs CFA** environ. Les économies d'énergie annuelles sont estimées à **9 187.2 KWh** pendant que les économies financières escomptées sont de **804 402 FCFA par an**. La quantité de CO_2 évitée vaut **2 490 KgCO_2/an.** Le retour sur investissement est estimé à **5 ans 2 mois**.
Les résultats révèlent que le temps de retour pour un même investissement de deux projets de puits de lumière différents dépend étroitement de la puissance des lampes à substituer et de la durée d'exploitation du local à éclairer. Ainsi, l'investissement pour un puits de lumière installé dans un couloir de la Représentation serait recouvré en un temps relativement plus long que celui d'un puits de lumière (associé aux LED) installé dans quelques couloirs ou au hall des pilotes (Bureau de piste + Prévision météo) du bloc technique. Nous conseillons à l'ASECNA d'être regardants sur cet aspect, pour des fins décisionnelles.

VII-3-3. Economies escomptées de la substitution des luminaires par des lampes à LED

Nous rappelons les propositions de remplacement contenues dans le tableau ci-après :

Type de lampe	Puissance unitaire (W)	Type et Puissance de la lampe à LED de remplacement
Tube fluorescent 1.2 (ballast y compris)	45	T818 GP 1200 De 18W
Tube fluorescent 0.6 (ballast y compris)	22.5	T810 GP 600 de 10W
Lampe fluocompact	15	B10 GP110 de 10W
Lampe à sodium	125	Projeteurs FL100 GP350 de 100W
Applique	40	B10 GP110 de 10W
Globe	60	B10 GP110 de 10W
Projecteur	500	Projeteurs FL100 GP350 de 100W

Tableau 33 : Types de lampes de substitution

Rappelons aussi que lorsqu'on remplace **N1** lampes de puissance unitaire **P1** fonctionnant pendant une durée **T** par **N2** lampes plus économiques de puissance unitaire **P2**, l'économie d'énergie **E** réalisée se calcule par la formule :

$$E = (N1 * P1 - N2 * P2) * T$$

Les durées de fonctionnement utilisées pour les calculs sont prises sur la plage horaire de 07h à 15H pendant trente (30) jours dans le mois.
Aussi, les prix unitaires des luminaires à LED sont-ils fournis par la société GREEN POWER (Togo) qui déclare une durée de vie de 25 ans des luminaires et une garantie de 5 ans.
Les résultats des calculs figurent dans le tableau ci-après :

Bâtiment	Type de lampe existante	Puissance	Nombre	Nombre des lampes à LED	Puissance des lampes à LED	durée de fonctionnement	Economie d'énergie journalière (KWh)	Prix unitaire	Prix total	Main d'œuvre
Représentation	Tube flurescent	45	66	66	18	8	14.26	20000	1320000	132000
	Tube flurescent	22.5	302	302	10	8	30.2	15000	4530000	453000
	Lampe flucompact	15	30	30	10	4	0.6	12500	375000	37500
	Lampe à sodium	125	0	0	100	0	0	169000	0	0
	Applique	40	5	5	10	4	0.6	12500	62500	6250
	Globe	60	20	20	10	15	15	25000	500000	50000
	Projecteur	500	0	0	100	0	0	169000	0	0
	Economie d'énergie mensuelle (KWh)	**1 820**								

	Economie financière mensuelle (FCFA)	**160132**								
	Economie d'énergie annuelle (KWh)	**21 836**								
	Economie financière annuelle (KWh)	**1921 582**								
	Investissement (FCFA)	**7 466250**								
	Retour sur investisement	**3 ans 10 mois**								
Bloc technique	Tube flurescent	45	240	240	18	8	51.84	20000	4800000	480000
	Tube flurescent	22.5	20	20	10	8	2	15000	300000	30000
	Lampe flucompact	15	9	9	10	4	0.18	12500	112500	11250
	Lampe à sodium	125	0	0	100	0	0	169000	0	0
	Applique	40	5	5	10	4	0.6	12500	62500	6250
	Globe	60	26	26	10	15	19.5	25000	650000	65000
	Projecteur	500	2	2	100	1	0.8	169000	338000	33800
	Economie d'énergie mensuelle (KWh)	**2 247.6**								
	Economie financière mensuelle (FCFA)	**197 789**								
	Economie d'énergie annuelle (KWh)	**26 971**								
	Economie financière annuelle (KWh)	**2373 466**								
	Investissement (FCFA)	**6889 300**								
	Retour sur investisement	**2 an 11 mois**								
Centrale électrique	Tube flurescent	45	45	45	18	8	9.72	20000	900000	90000
	Tube flurescent	22.5	61	61	10	8	6.1	15000	915000	91500
	Lampe flucompact	15	10	10	10	4	0.2	12500	125000	12500
	Lampe à sodium	125	8	4	100	24	14.4	169000	676000	67600
	Applique	40	5	5	10	4	0.6	12500	62500	6250
	Globe	60	12	12	10	12	7.2	25000	300000	30000
	Projecteur	500	0	0	100	0	0	169000	0	0
	Economie d'énergie mensuelle (KWh)	**1 147**								
	Economie financière mensuelle (FCFA)	**100 901**								

	Economie d'énergie annuelle (KWh)	**13 759**								
	Economie financière annuelle (KWh)	**1 210 810**								
	Investissement (FCFA)	**3 276 350**								
	Retour sur investisement	**2 ans 9 mois**								
Magasin GST	Tube flurescent	45	84	84	18	8	18.14	20000	1680000	168000
	Tube flurescent	22.5	6	6	10	8	0.6	15000	90000	9000
	Lampe flucompact	15	0	0	10	4	0	12500	0	0
	Lampe à sodium	125	0	0	100	0	0	169000	0	0
	Applique	40	0	0	10	0	0	12500	0	0
	Globe	60	3	3	10	12	1.8	25000	75000	7500
	Projecteur	500	3	3	100	12	14.4	169000	507000	50700
	Economie d'énergie mensuelle (KWh)	**1 048**								
	Economie financière mensuelle (FCFA)	**92 252**								
	Economie d'énergie annuelle (KWh)	**12 580**								
	Economie financière annuelle (KWh)	**1 107 026**								
	Investissement (FCFA)	**2587200**								
	Retour sur investisement	**2 ans 4 mois**								

Tableau 34: Calcul des économies liées à l'éclairage à LED par bâtiment

Le bilan des économies escomptées de ce scénario est contenu dans le tableau suivant.

Type de lampe LED	Nombre	Investissement
Tube T 818 GP1200/18W	291	6 402000
Tube 810 GP 600 /10W	513	8464500
B10 GP110/10W	64	880000
SWR 10 GP 140 /10W	61	1 677500
Projecteur FL 100 GP 350/100W	9	1673100
BILAN		
Investissement global (FCFA)	**20191100**	
Economie d'énergie mensuelle (KWh)	**6 262.2**	
Economie financière mensuelle (FCFA)	**551 074**	
Economie d'énergie annuelle (KWh)	**75 146.4**	
Economie financière annuelle (FCFA)	**6 612 883**	
Retour sur investissement	**3 ans 01 mois**	
Quantité de CO_2 évitée	**20 365 Kg CO_2**	

Tableau 35 : Bilan de la substitution de l'éclairage par des LED

VII-3-4. Economies escomptées des détecteurs de présence

Pour estimer les économies escomptées de ce scénario proposé, nous avons fait les hypothèses suivantes :

- Chaque agent s'absente de son bureau pendant une (01) heure tout au plus par jour pour faire ses besoins vitaux (se soulager, prier, aller au café, déjeuner etc …) ;
- Chaque réunion de coordination dure deux (02) heures de temps par habitude ;
- Les techniciens de maintenance sont absents de leurs bureaux au moins deux (02) heures de temps par jour pour les entretiens préventifs et curatifs ou pour les visites quotidiennes d'installations ;
- Les agents n'oublient pas d'éteindre la lumière et le climatiseur du bureau avant la descente ;
- Les calculs sont faits pour un fonctionnement de huit (08) par jour et cinq (05) jours par semaine.

Les réunions réglementaires considérées sont celles de :

- Lundi : Réunions des chefs d'Unités organisées suivant les activités ;
- Mardi : Réunion de coordination avec le Responsable des Opérations ;
- Mercredi : Comité de direction (CoDir) ;
- Jeudi : Comité de Suivi Opérationnel (CSOP)

Le tableau de l'annexe 18 montre chaque bureau choisi pour la cause, avec son bilan de puissance (Eclairage + Climatisation), la durée totale d'absence et l'énergie économisée pour une semaine de travail. Le bilan des calculs révèle une économie d'énergie annuelle de **33 215 KWh** et une économie financière annuelle de **2 922 906 FCFA**. L'investissement nécessaire à la réalisation de ce scénario est estimé à **2 271 500 FCFA** pourront être recouvrés en**9 Mois 10 jours.** L'environnement sera ainsi préservé annuellement de **9 tonnes de CO2** émises (Voir le tableau suivant).

DESIGNATION	MONTANT
Total énergie économisée par semaine (KWh)	639
Total énergie économisée par mois (KWh)	2768
Contribution à l'économie d'énergie annuelle par la centrale électrique	3726
Contribution à l'économie d'énergie annuelle par la représentation	11 534
Contribution à l'économie d'énergie annuelle par le bloc technique	17 954
Total énergie économisée par an (KWh)	**33 215**
Economie financière mensuelle (FCFA)	243 576
Economie financière annuelle (FCFA)	**2 922 906**
Nombre de détecteur	55
Prix untaire d'un détecteur (FCFA)	29 500
Prix total des détecteurs (FCFA)	1 622 500
Installation des détecteurs (FCFA)	649 000
Investissement total (FCFA)	**2 271 500**
Retour sur investissement	**9 mois 10 jours**
Quantité de CO2 évitée	**9 001 KgCO2/an**

Tableau 36 : Economies escomptées suite à l'installation des détecteurs de présence

VII-3-5. Economies escomptées de la mise en œuvre du balisage à LED

Ce scénario prévoit le remplacement des feux de taxiway et les feux de bord de piste par des feux utilisant des lampes LED. Cela amène à calculer à nouveau la charge des boucles de balisage concernées comme l'indique le tableau ci-après.

Boule	Puissance des lampes (W)	Pfeu (W)	Psecondaire (W)	Rendement transfo	Cos phi	Nomvbre de lampes	Longueur de la boucle (Km)	Charge de la boucle (VA)
B1- Taxiway A	12	13.2	2	85%	95%	37	3.72	1199
B2- Taxiway B	12	13.2	2	85%	95%	32	3.45	1068
B3- Taxiway C	12	13.2	2	85%	95%	22	4.45	1014
B5- bord de piste	36	39.6	2	90%	95%	65	7.81	4217
B9- Bord de piste	36	39.6	2	90%	95%	65	7.81	4217

Tableau 37 : Charge des régulateurs avec les lampes à LED

Les économies d'énergie ont été calculées dans les mêmes conditions d'exploitation que lors de l'étude de la consommation du balisage. Les économies financières, quant à elles, sont évaluées en tenant compte du mode de facturation en triple tarif. Les hypothèses correspondantes sont :

- Les vols balisés de la période de mi-Janvier à mi-Décembre sont des vols nocturnes effectués entre 18h et 06h (soit 42% du temps en heures de pointe et 58% en heures creuses) ;
- Les vols balisés de la période de mi-Décembre à mi-Janvier sont effectués de jour comme de nuit à cause de l'harmattan (50% en heures pleines, 21 % en heures de pointe et 29% en heures creuses).
- Les inspections des techniciens de maintenance se font en heures pleines.

Le résultat des calculs figure dans le tableau ci-après.

Boucle	**Charge ancienne boucle**	**Charge nouvelle boucle**	**Temps annuel d'exploitation (heure)**			
			Mi-Janvier à mi-Décembre	**Mi-Décembre à mi-Janvier**	**Inspection maintenance**	**Total**
B1- Taxiway A	2106	1199				
B2- Taxiway B	1853	1068				
B3- Taxiway C	1554	1014	**868**	**371**	**65**	**1304**
B5- bord de piste	17931	4217				
B9- Bord de piste	17931	4217				
Charge économisée (KW)						**28.2**
Economie d'énergie annuelle (KWh)			**24 458.11**	**10 453.9**	**1 831.54**	**36 744**
Economie financère annuelle (KWh)			**2 078 450**	**893 701**	**157 512**	**3 129 664**
Retour sur investissement			**Non évalué, ADB l'estime à 2 ans 8 mois**			
Quantité de C02 évitée (Kg CO2)						**9 958**

Tableau 38 : Economies escomptées du baisage à LED

Chapitre VIII : RECAPITULATIF ET PROPOSITION DE CHRONOGRAMME DE MISE EN ŒUVRE DES SCENARII

Nous avons relevé plus haut que des économies financières été réalisées suite à la mise en œuvre de quelques mesures proposées par l'audit énergétique réalisé en 2013. Les économies financières réalisées d'Avril 2013 à Décembre 2014 sont évaluées à **18 277 748FCFA** en prenant la situation de 2012 comme référence. Or l'article 3 de l'accord ASECNA-IFDD préconise le réinvestissement des économies réalisées dans la suite du programme. Nous suggérons par conséquent, la création d'un compte Eco-énergie dont le solde se constituera des économies réalisées des précédents scénarii et de l'amortissement de l'investissement.

Nous proposons d'investir les recettes de 2013 et 2014 dans les priorités2, 3, 4 et 5 du chronogramme proposé ci-dessous. Cet investissement, aura un retour en moins de trois (03) ans. Les fonds retournés progressivement seront ajoutés à ce que continue par produire les acquis de l'audit de 2013. Cette procédure permettra de mettre en œuvre la priorité 6 à deux ans après les premiers. Ainsi les six premières priorités pourront être réalisées avant 2018 avec les fonds propres générés par le programme lui-même.

Les économies escomptées après les six premières priorités sont estimées à au moins **25 383 311 FCFA par an** (17 383 311escomptés des six premières priorités + au moins 8 000 000 FCFA générés par l'audit de 2013).

On pourra ainsi projeter l'année de mise en œuvre du balisage lumineux à LED après avoir déterminé l'investissement requis.

La dernière priorité tirera son investissement dans les coûts évités en modifiant l'architecture du réseau de distribution lors des prochaines réhabilitations des installations techniques.

Priorité	Scénario	Economie d'énergie annulle (KWh)	Economie financière annuelle (FCFA)	Invesissement requis (FCFA)	Retour sur investissement	Quantité de CO2 évitée (Kg)
1	**Sensubilisation continue**	143 262	1260 703	0	-	38824
1	**Diminution de la puissance souscrite à 285 KVA**	0	1 950 000	0	-	0
1	**Vérification et correction de l'adaptation de charge des régulateurs RCC du balisage**	Non évalué		0	-	-
1	**Inspection du balisage avant 07h**	préalable au scénario N°3		0	-	
2	**Installation des détecteurs de présence**	33 215	2 922 906	**2 271 500**	**9 mois 10 jours**	9001
2	**Installation et réglage des relais RTA**	préalable au scénario N°3		**1 081 863**	**1 an 1 mois**	
3	**Diminution de la puissance souscrite à 250 KVA**	0	1 050 000	**0**	**-**	0
4	**Isolation des vitrages de**	31 618	2 782 417	**10 214 370**	**3 an 9 mois**	18 540

	la Représentation et du bloc technique par des films réfléchissants					
5	**Puits de lumière + LED au poste P0 et dans la salle des groupes de la centrale électrique**	9 187.2	804 402	**4 121 000**	**5 ans 2 mois**	2 490
6	**remplacement des lampes existantes par des lampes à LED**	75146.4	6 612 883	**20 191 100**	**3 ans 01 mois**	20 365
Bilan des six premiers scénarii		292 429	17 383 311	**37879833**	**2 ans 3 mois**	79 248.15
7	**Balisage lumineux à LED**	36 744	3 129 664	Non évalué	Non évalué	9958
8	**Alimentation solaire autonome des Navaids**	131 400	11 496 405	**193 440 000**	**16 ans 302 jours**	35609
Bilan après mise en œuvre de tous les scénarii		460 573	32 009 380	**231 319 833**	**8 ans**	124 815
Consommation annuelle avant la mise en œuvre des mesures d'alimentation (cas le plus défavorable depuis 2011)		**1 230 235 KWh**				
Pourcentage de réduction de consommation d'énergie		**37.4%**				

Tableau 39: Résumé des scénarii par ordre de priorité

Si l'ASECNA mettait en œuvre tous ces scénarii, elle réaliserait une économie d'énergie de **460573KWh/an** soit **37.4%** de réduction par rapport à la consommation d'énergie la plus élevée depuis 2011. L'économie financière annuelle correspondante est **32 009 380 FCFA**. Cette économie financière représente **25.17%** de la facture d'électricité annuelle la plus élevée que l'ASECNA ait payée depuis 2011 (**celle de 2012 dont le montant est de 127 169 648 FCFA**). Lorsqu'on ajoute les économies financières annuelles réalisées suite à l'audit réalisé en 2012, on porte ce pourcentage à **33.38%** qui est très supérieur à l'objectif **30%**fixé par l'accord ASECNA-OIF.
L'investissement requis pour la mise en œuvre des mesures est estimé à **231319 833 FCFA** (hors mis l'investissement lié au balisage) qui pourra être recouvré en **8 ans**.
Ainsi l'ASECNA participera-t-elle à une réduction de**124.82 tonnes de CO_2** des émissions de GES dans la nature.

Chapitre IX : ETAT ENERGETIQUE DES BATIMENTS APRES LES MESURES D'AMELIORATION

Nous entendons dans cette partie étudier l'effet des mesures d'efficacité énergétique proposées sur les apports thermiques dans les bâtiments avec un rapprochement par rapport aux ratios recommandés. Nous déterminerons à nouveau les étiquettes 'énergie' et 'climat' des bâtiments. Les bâtiments concernés par ce bilan sont le bloc technique et la représentation.

IX-1. Les apports thermiques après les mesures d'amélioration

Les mesures proposées qui agiront sur les apports thermiques dans les bâtiments sont :

- d'une part, les films réfléchissants qui induiront une réduction des apports de chaleur par les vitrages ;
- et d'autre part l'éclairage à LED qui réduira les apports sensibles internes.

Pour la représentation (respectivement le bloc technique), la puissance calorifique rejetée par les films réfléchissants vaut **54 098 W** (respectivement **67 512 W**) comme dans le tableau 29 plus haut. De même, les charges d'éclairage des locaux climatisés deviennent respectivement**3800W** et **3394 W** comme l'indique le tableau suivant.

Bâtiment	Type de lampe	Puissance (w)	Nombre	Nombre des lampes à LED	Puissance des lampes LED (w)
Représentation	Lampe à sodium	125	0	0	100
	Tube flurescent	45	66	66	18
	Tube flurescent	22.5	302	302	10
	Lampe flucompact	15	30	30	10
	Applique	40	5	5	10
	Globe	60	20	20	10
	Projecteur	500	0	0	100
	Puissance anciennes lampes				**11615**
	puissance des lampes à LED				**4758**
	Ancien Eclairage couloirs + Extérieur+ douches				**2849**
	Nouvel Eclairage couloirs + Extérieur+ douches (LED)				**958**
	Ancienne Puissance installée dans les locaux climatisés				**8766**
	Nouvelle Puissance installée dans les locaux climatisés				**3800**
	Tube flurescent	45	240	240	18
	Tube flurescent	22.5	20	20	10
	Lampe flucompact	15	9	9	10

Bloc technique	Lampe à sodium	125	0	0	100
	Applique	40	5	5	10
	Globe	60	26	26	10
	Projecteur	500	2	2	100
	Puissance anciennes lampes				**14145**
	puissance des lampes à LED				**5120**
	Ancien Eclairage couloirs + Extérieur+ douches				**5202.5**
	Nouvel Eclairage couloirs + Extérieur+ douches (LED)				**1726**
	Ancienne Puissance installée dans les locaux climatisés				**8942.5**
	Nouvelle Puissance installée dans les locaux climatisés				**3394**

Tableau 40 : Eclairage après la substitution avec des LED

En introduisant ces valeurs dans les tableaux Excel 2007 ayant servi au calcul des apports thermiques, on a les résultats figurant dans les tableaux suivants.

Calcul des apports sensibles internes (Représentation)

Nature	Quantité	Facteur	DT	Gain
Occupants	35	45		1575
Eclairage	3800	1		3800
Moteurs	0	1		0
divers appareillage	15123	1		15123
Infiltration, Renouvellement	40	5.22	12	2906.496
Total des gains sensibles internes (W)				**27622.50**

Calcul des apports sensibles internes (Bloc Technique)

Nature	Quantité	Facteur	DT	Gain
Occupants	45.00	48.00		2160.00
Eclairage	3394.00	1.00		3394.00
Moteurs	11550.00	1.00		11550.00
divers appareillage	5050.00	1.00		5050.00
Infiltration, Renouvellement	40.00	5.22	12.00	2505.60
Total des gains sensibles internes				28605.14

La Représentation avant et après les mesures d'efficacité énergétique

	Avant		Après		Ratio
	Apport	Flux (W/m²)	Apport	Flux (W/m²)	
Gains thermiques par les murs	47.43	52.7	47.43	52.70	<35
Gains thermiques par les vitrages	101.63	**112.92**	47.53	**52.82**	<50
Gains thermiques par les toits et planchers	105.75	117.5	105.75	117.50	<40
Apports sensibles internes	32.91	**36.57**	27.15	**30.17**	
Apports latents internes	2.77	3.08	2.77	3.08	
Total	290.50	322.77	230.64	256.26	
Puissance frigorifique calculée (BTU/h)	**974 818**		**773 960**		
Puissance frigorifique installée (BTU/h)	**724 000**		**724 000**		

Tableau 41 : Flux thermiques avant et après les mesures d'amélioration (Représentation)

Le bloc technique avant et après les mesures d'efficacité énergétique

	Avant		Après		Ratio
	Apport	Flux (W/m²)	Apport	Flux (W/m²)	
Gains thermiques par les murs	56.84	42	56.84	42	<35
Gains thermiques par les vitrages	76.25	**57**	8.74	**6**	<50
Gains thermiques par les toits et planchers	79.37	59	79.37	59	<40
Apports sensibles internes	34.04	**26**	28.61	**21**	
Apports latents internes	7.38	5	7.38	5	
Total	254.88	**189**	180.94	**134**	
Puissance frigorifique calculée (BTU/h)	**855 290**		**607 181**		
Puissance frigorifique installée (BTU/h)	**1 240 000**		**1 240 000**		

Tableau 42 : Flux thermiques avant et après les mesures d'amélioration (Bloc technique)

Les deux tableaux précédents présentent une nette diminution des apports de chaleur dans les bâtiments. Nous notons aussi une normalisation (par rapport aux ratios recommandés) des apports de chaleur par les vitrages et une diminution remarquable des apports sensibles internes.

IX-2. Les étiquettes 'énergie' et 'climat' des bâtiments après les mesures d'amélioration

Les scénarii pouvant influencer les étiquettes 'énergie' et 'climat' sont les mesures induisant des économies d'énergie. Pour les bâtiments considérés ici, les mesures ayant contribué sont :

- L'isolation des vitrages par les films réfléchissants ;
- L'installation de détecteurs de présence ;
- L'introduction des lampes à LED dans le système d'éclairage des bâtiments

Le tableau suivant apporte une lumière sur la contribution de chaque mesure à la réduction de consommation de chaque bâtiment ainsi que les différentes étiquettes après les mesures d'amélioration.

	Bloc Technique	Représentation
Films solaires	17553	14065
détecteurs de présence	17954	11534
Eclairage à LED	26971	21836
Total des économies d'énergie	62478	47435
Consommation avant les mesures d'amélioration	**482260.27**	**237951.53**
Consommation après les mesures d'amélioration	**419782.27**	**190516.53**
Surface au planchée climatisée (m²)	1349	900
Indice de consommation avant les mesures d'amélioration en KWhEP/(m².an)	**922.34**	**682**
Indice de consommation après les mesures d'amélioration en KWhEP/(m².an)	**802.85**	**546.15**
Etiquette énergie avant les mesures d'amélioration	**G**(très énergivore)	**F**(énergivore)
Etiquette énergie après les mesures d'amélioration	**G**(très énergivore)	**F**(énergivore)
Quantité de CO2 émise avant les mesures d'amélioration en Kg CO2/(m².an)	**97**	**72**
Quantite de CO2 émise après les mesures d'amélioration en Kg CO2/(m².an)	**84.3**	**57.4**
Etiquette climat avant les mesures d'amélioration	**E** (tendant vers les fortes émissions de GES	**E** (tendant vers les fortes émissions de GES)

Etiquette climat apès les mesures d'amélioration	**E** (tendant vers les fortes émissions de GES	**D** (tendant vers les faibles émissons e CO2)
Taux de réduction de la consommation atteinte	**13%**	**20%**
Taux de réduction idéal pour changer d'étiquette énergie	**18.60%**	**20.80%**

Tableau 43 : Etiquettes énergie et climat avant et après les mesures d'amélioration

Nous remarquons que les deux bâtiments conservent leur étiquette énergie. Cela s'explique par le fait que les conditions liées aux pourcentages idéaux de réduction pour atteindre au moins l'étiquette directement inférieure n'ont pas été réalisées. La représentation est plus proche des conditions pour changer d'étiquette et a pu passer de l'étiquette 'climat' **E** à **D** (tendant vers les faibles émissions de GES).

Bien que les mesures proposées n'ont pas permis de changer l'étiquette énergie des deux bâtiments étudiés, nous notons une amélioration remarquable des performances énergétiques. Les performances énergétiques idéales pourraient être atteintes si l'on préconisait en plus, l'isolation des toits et l'installation des climatiseurs à haute performance énergétique qui sont des projets souvent très gourmands en investissement.

.

Chapitre X : RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

L'efficacité énergétique peut réduire les besoins d'investissement des entreprises et organisations. De même, elle améliore les retombées environnementales et le confort des utilisateurs. Pour cela, nous confirmons à l'ASECNA qu'elle ne s'est pas trompée de levier de développement en choisissant l'efficacité énergétique. Sans que la liste ne soit exhaustive, nous émettons les recommandations suivantes :

- La mise en œuvre des mesures proposées par ce travail ;
- Le suivi rigoureux des programmes arrêtés par les conventions signées dans le cadre de l'efficacité énergétique ;
- Le suivi du projet de remplacement des climatiseurs par la technologie INVERTER que la direction de l'ASECNA a entrepris au siège de l'Agence et son extension aux structures locales ;
- L'intégration systématique de l'aspect énergétique dans tout nouveau projet de construction afin de respecter les standards internationaux en matière de confort thermique des occupants des bâtiments;
- L'autonomie des responsables d'activité éco-énergétique qui facilitera la prise de décisions au niveau de ce dernier ;
- La recherche d'autres partenaires afin de mobiliser des financements pour accompagner le programme d'efficacité énergétique ;
- L'élaboration d'une procédure d'audit énergétique des installations renforcerait la capacité des chargés d'activités éco-énergie ;
- L'acquisition d'un pyranomètre et d'un pyrhéliomètre pour le parc météo afin de disposer des données complètes sur la ressource solaire.

En perspective, une étude devra être menée pour la gestion des pics de la demande en énergie. L'on pourra envisager un mix-énergétique (PV + Réseau) ou (PV + Diesel) pour assurer les périodes de fortes demandes qui coïncident avec les moments d'intenses ensoleillements de la journée (voir profil de charge de l'ASECNA TOGO en figure 3).
L'acquisition d'un balisage lumineux éco-énergétique avec option d'alimentation APS pourra faire envisager son alimentation avec des sources renouvelables.
Le site Niamtougou, fait partie intégrante des lignes budgétaires de l'ASECNA TOGO. Les factures d'électricité de ce site seraient le siège de pénalités énormes dues aux consommations irrégulières d'énergie réactive et des pertes financières dues au déséquilibre entre la puissance maximale atteinte et la puissance souscrite. Une étude visant le redressement des factures d'électricité s'impose en ce lieu.

Chapitre XI : CONCLUSION

Le souci sans cesse croissant de maitriser et de réduire les charges liées aux factures énergétiques au niveau de l'ASECNA ainsi que la recherche d'un cadre d'acquisition d'expertise en matière d'efficacité énergétique ont conduit cette dernière à signer un accord avec l'IFDD le 03 Juin 2013. Cet accord a connu un an plus tard, un cadre d'application suite à l'accord de partenariat avec l'OIF dont l'IFDD est un organe subsidiaire.

Notre mission a été d'apporter des contributions au programme arrêté entre les deux institutions. Une évaluation a révélé un retard dans la mise en œuvre de ce programme. Une étude de cas concret a été dédiée à la représentation de l'ASECNA auprès de la République du TOGO. Cette dernière s'est engagée plus tôt dans cette politique de réduction de charges d'électricité suite à une série de pénalités liées au dépassement de puissance souscrite. L'analyse de l'audit énergétique réalisé à cet effet montre que certaines mesures préconisée par ce dernier ont été mises en œuvre. Cela a permis de réaliser des économies d'énergie et des économies financières. Cet audit a été ouvert à des perspectives telles que la modalisation énergétique (surtout l'aspect thermique des bâtiments) ainsi qu'une étude technico-économique visant la détermination de l'investissement requis et le temps de retour sur investissement. Ces aspects ont le plus fait l'objet de notre attention au cours de cette étude. Le calcul des gains thermiques du bâtiment administratif appelé communément 'représentation' et du bloc technique fait ressortir des flux thermiques au-dessus des ratios recommandés. De même les deux bâtiments, de part leur consommation énergétique, se sont révélés énergivores et impactant l'environnement de fortes émissions de Gaz à effet de serre (GES) en occurrence le gaz carbonique (CO_2).
En passant, une étude statistique de la ressource solaire nous a permis d'établir un lien entre le climat et la consommation énergétiques de quelques mois cités comme les plus énergivores.

Une fois que l'étude nous a permis de connaître l'état thermique et la consommation des bâtiments, nous avons proposé à l'ASECNA des mesures d'efficacité énergétique passive telle que l'isolation de vitrages par des films réfléchissants. Les mesures actives n'ont pas été du reste : nous avons proposé l'installation des puits lumière avec option LED par typologie des locaux, la substitution de tout l'éclairage actuel par des lampes à LED, l'optimisation du temps d'utilisation de l'éclairage et des climatiseurs dans quelques locaux par l'installation des détecteurs de présence et l'introduction des feux à LED dans le système de balisage lumineux des aérodromes. Une proposition d'amélioration de l'architecture du réseau de distribution d'énergie actuelle, a conduit à la proposition et au dimensionnement d'une source d'énergie solaire photovoltaïque pour l'alimentation des Shelters Navaids.
Si l'ASECNA mettait en œuvre toutes les mesures proposées, elle économiserait par an, **460 573 KWh** soit **36.40%** réduction par rapport à 2012 et **37.50%** par rapport à 2014. Cette économie d'énergie va correspondre à une économie financière annuelle de **32 009 380 FCFA** qui représente **25.17%** de réduction par rapport à la situation de 2012 et **27.26%** par rapport à celle de 2014**.** Si l'on ajoute les gains financiers issus des mesures déjà mises en œuvre après l'audit de 2013, on sera à **33,38%** de réduction des factures d'électricité par rapport à l'année 2012.

Bien que toutes les mesures préconisées n'aient pas été optimisées au niveau de tous les locaux, nous avons des résultats au-dessus de l'objectif **(30%)** fixé par l'accord ASECNA OIF auquel notre travail a contribué avec **25.17%** de réduction des factures énergétiques.

Une étude technico-économique nous a permis d'estimer l'investissement requis à **231 319 833 FCFA (**hors mis les coûts liés au balisage lumineux)**.** Une simulation d'investissement progressif avec les fonds propres générés par le programme lui-même a permis de proposer un chronogramme en huit (08) priorités. Les six premières correspondent à un investissement de **37 879 833 FCFA** qui pourront être recouvré en **2 ans 3 mois** (Voir tableau 37 plus bas) et peuvent être toutes réalisées à l'échéance **2018**. L'échéance de la priorité 7 n'a pu être déterminée car nous n'avons pas eu les éléments nécessaires à l'estimation de l'investissement requis. La priorité 8 est projetée aux prochaines réhabilitations des installations techniques par l'ASECNA.

Ainsi, l'ASECNA impactera-t-elle l'environnement par la réduction des émissions de **CO_2** dans la nature de **124.82 tonne**.

Tout en restant pessimiste sur le caractère exhaustif des scénarii proposés, ce travail peut être étendu à d'autres mesures et perspectives dont celles citées au chapitre X.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

[1] EuroGROUP Consulting, « L'efficacité énergétique dans le bâtiment : une filière industrielle d'excellence pour la France », 2010.

[2] Eline B. et Lucie D., « Développement durable : Audit énergétique du bâtiment Grands Moulins », 2008.

[3] Dr Christophe GBOSSOU, « Pratiques professionnelles, aspects juridiques et fiscaux liésà l'audit énergétique », Support de cours février 2014.

[4] Mémorandum d'Echange Interne MEI N°2015/ 360277/ASECNA/DEXD.

[5] N'KONOU Komi M. N., Point focal Eco-Energie de l'ASECNA TOGO, « Restitution du séminaire Eco-Energie N°1 », Somone 09_ 2013.

[6] N'KONOU Komi M. N., « Optimisation des système énergétiques de l'ASECNA TOGO », Février 2012.

[7] Mohammed A. shayib « Applied Statistics », 1998

[7] Dr Yao AZOUMAH,« Solaire thermique », 2009-2010.

[8] Dr K. Christophe GBOSSOU, « Marketing du secteur de l'énergie », Février 2014.

[9] Annexe 14 de l'OACI, Volume I : Conception et Exploitation technique des aérodromes, Edition de Juillet 2009, Chapitre 8.

[10] Dr Mahamadou Abdou Tankari, « Projet d'Energie Eolienne- Etudes Préliminaires ».

[11] Françis SEMPORE, « Cours de climatisation », Févier 2012.

[12] Prof Yezouma COULIBALY, « Thermique du bâtiment », Mars 2012.

[13] PRISME, « Efficacité énergétique de la climatisation des bâtiments en région tropicale »

[14] ADEME,« Rapport type d'Audit énergétique bâtiment » Juin 2011.

[15] R. CADIERGUES., MémoCad nR14.a, «Performance et étiquettes énergétiques »

[16] Sustainable Energy Project Support (SEPS) Baseline calculation, disponible au lien : www.wisions.net/files/uploads/SEPS_GHG_Baseline_Calculation.pdf.

[17] Schneider Electric ; le livre blanc de l'efficacité énergétique, 2011.

[18] SEDGA W. S. Joëlle, « Evaluation des économies financières et des économies d'énergie dans la cadre de la mise en œuvre du programme de maîtrise de l'énergie dans l'administration publique burkinabé »

[19] **ADEME, «** Variation et gestion de l'éclairage tertiaire et industrielle », Février 2003.

[20] Nancy Majoulian, « Conseil Aéroport de Quebec, Solutions LED ».

[21] JIM Hayes, The fiber optic technician's manuel, 3rd edition, 2006.

[22] Dr Daniel YAMEGUEU, « Etude et montage de projet d'énergie solaire ».

[23] Energie Solidaire, « Dimensionnement d'un système solaire autonome », Dossier Thématique N°05 de Janvier 2011 ;

[24] Rapport de la mission conjointe **ASECNA**-**DEX - DEXR/MU/02**d'installation et de mise en service de la station déportée VSAT/VHF de Lemghaity/MAURITANIE, Avril-Mai 2013.

[25] Wayne C. TURNER and Steve DOTY, Energy Management Handbook, 6th edition.

[26] Frédéric TRAORE, « Gestion Financière d'un projet », Février 2010

WEBOGRAPHIE

www.wattpad.com

www.lefaso.net

www.soda-is.com

www.leseoliennes.be/economieolien/windaltitude.htm

www.protection-vitrages.com

www.solarspot.it

www.wisions.net/files/uploads/SEPS_GHG_Baseline_Calculation

ANNEXES

Annexe 1 : Les accords ASECNA-IFDD et ASECNA-OIF

ORGANISATION INTERNATIONALE DE la francophonie

INSTITUT DE LA FRANCOPHONIE POUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE IFDD

ASECNA Contrôle Financier 30 MAI 2013 ARRIVÉE

ACCORD DE PARTENARIAT

Portant sur la mise en œuvre d'un programme de renforcement des capacités de l'ASECNA en matière d'analyse, de réduction et de suivi des dépenses énergétiques

L'Institut de la Francophonie pour le Développement Durable (l'IFDD), organe subsidiaire de l'Organisation internationale de la Francophonie (OIF), sis au 56 rue Saint-Pierre, Québec (Québec), G1K 4A1, Canada, ci-après dénommé « l'IFDD», représenté par sa Directrice, Madame Fatimata DIA ;

d'une part,

L'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) sise au 32-38 avenue Jean Jaurès, B.P. 3144 Dakar (Sénégal), ci-après dénommée « l'ASECNA », représentée par son Directeur général, Monsieur Amadou Ousmane GUITTEYE;

d'autre part,

ATTENDU QUE la maîtrise des dépenses du secteur public, notamment les dépenses énergétiques, constitue un souci permanent pour les pays en développement ;

ATTENDU QUE dans les pays en développement de l'espace francophone, les zones urbaines sont les principaux consommateurs d'électricité (avec une consommation supérieure à 70% de la production électrique nationale) et, également les premiers émetteurs de nuisances environnementales ;

ATTENDU QUE la mise en œuvre d'un plan de réduction des dépenses énergétiques dans les équipements et les bâtiments publics présente le plus grand intérêt, au vu de l'importance des économies de consommation et de facturation réalisables ;

ATTENDU QUE dans le cadre de son Programme international de soutien à la maîtrise de l'énergie (PRISME), l'Institut de la Francophonie pour le Développement Durable (IFDD) a entrepris d'aider les pays membres à mettre en place un tel programme de maîtrise des consommations ;

ATTENDU QUE les dix-huit pays membres de l'ASECNA sont tous également membres de l'OIF;

ATTENDU QUE l'ASECNA a soumis à l'IFDD, qui l'a approuvée, une demande de partenariat sur la gestion de l'énergie ;

ATTENDU QUE cette approbation permet à l'ASECNA de bénéficier de l'appui de l'IFDD, pour la conduite d'un programme de renforcement des capacités en matière de gestion énergétique ;

IL EST CONVENU CE QUI SUIT :

Init : _____
Init : _____

ASECNA
VISA DU CONTROLE FINANCIER
31.05.13 0*1419
Signé : Bernadette NOGUE

IL EST CONVENU CE QUI SUIT :

ARTICLE 1 OBJET

Le présent Accord a pour objet la mise en place d'un partenariat entre les deux parties pour la réalisation d'un programme de renforcement des capacités de l'ASECNA en matière d'analyse, de réduction et de suivi des dépenses énergétiques.

ARTICLE 2 OBJECTIFS DU PROGRAMME

Le programme vise à renforcer les capacités de l'ASECNA dans la gestion efficace des services énergétiques. Il consiste à accompagner l'ASECNA dans la définition et la mise en œuvre d'une politique énergétique, dans une optique de développement durable.

ARTICLE 3 DOMAINES D'INTERVENTION DU PROGRAMME

Tout au long de la mise en œuvre du programme, les interventions en Énergie concerneront exclusivement les domaines ci-après :

a) La maîtrise de l'énergie (efficacité énergétique, rationalisation des consommations des balisages lumineux des pistes aéroportuaires, des bâtiments administratifs et techniques, substitution énergétique, énergies renouvelables, sensibilisation des populations, gestion de flottes de véhicules, rationalisation de l'éclairage public, etc.). Tous les centres opérationnels bénéficiaires de l'ASECNA commenceront par cette étape. Les économies générées seront pour une large part réinvesties dans la suite du programme ;

b) Le cadre institutionnel et réglementaire, applicable à l'énergie et à l'environnement (élaboration et/ou modification de règlements et textes applicables à divers domaines – normes et encadrement de secteurs comme les bâtiments, les infrastructures aéroportuaires, les véhicules, le contrôle des émissions, les pénalités, etc.).

ARTICLE 4 ÉTAPES DU PROGRAMME

Le plan d'actions prévoit la mise en place d'une politique de l'énergie pour l'ASECNA. Il se décompose de la manière suivante :

- Désignation d'un Chargé des activités Eco-Energie (CEE) et d'une équipe en charge de cette compétence pour les consommations propres de l'ASECNA;
- Mise en place d'un cursus de formation de base et de formation continue des agents ;
- Collecte des données énergétiques des centres pilotes ;
- Identification des mesures d'économie ;
- Mise en œuvre des mesures d'économie ;
- Mobilisation des opérateurs locaux pour l'encadrement, la formation et l'accompagnement des Responsables Énergie (centres de formation, agences de l'énergie, etc.) ;
- Évaluation finale.

ARTICLE 5 CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DE L'ASECNA

L'ASECNA, l'IFDD et leurs experts établiront un plan d'actions et de travail de telle sorte que le Chargé des activités Eco-Energie et son équipe soient guidés dans les tâches prioritaires qui leur reviennent. Ils établiront un inventaire argumenté des pistes d'actions en vue de la maîtrise de l'énergie et/ou du recours aux énergies renouvelables dans le patrimoine de l'ASECNA. Cet inventaire portera sur les mesures techniques, organisationnelles et comportementales que l'ASECNA devra prendre, en vue de corriger les dysfonctionnements énergétiques :

a) dans les bâtiments affectés à son usage et au bénéfice de ses services (combustibles, eau et électricité) ;

Init : _____

Init : _____

ASECNA
VISA DU CONTROLE FINANCIER
31.05.13 0*1419
Signé : Bernadette NOGUE

b) pour son parc de groupes électrogènes et l'ensemble des équipements de ses aéroports (électricité et carburants).

ARTICLE 6 RÉSULTATS ATTENDUS

- Le renforcement des capacités techniques et institutionnelles de l'ASECNA
- L'exploitation du gisement d'économies d'énergie et d'énergies renouvelables du patrimoine de l'ASECNA
- L'adaptation des textes réglementaires et des comportements des usagers aux nécessités de gestion énergétique
- La formulation et le montage de projets incluant la dimension « mobilisation des financements »

ENGAGEMENTS DE L'IFDD

ARTICLE 7 MOBILISATION DES RESSOURCES

L'IFDD s'engage à renforcer les capacités de L'ASECNA pour la réalisation et la mise en œuvre de mesures de maîtrise et d'optimisation des factures énergétiques. À cet effet, l'IFDD mobilisera des ressources techniques et financières aux fins de suivi de l'exécution du programme d'action.

ARTICLE 8 MANDAT DE L'IFDD

L'IFDD, par le biais des experts qu'il va mobiliser, s'engage à effectuer pour le compte de L'ASECNA les services de redressement et d'optimisation des factures d'énergie, de formation de l'équipe technique de L'ASECNA, tels que décrit dans l'annexe technique du présent Accord.

En cas de succès du programme dans sa dimension énergie, telle que définie dans le présent Protocole d'Accord, l'IFDD et ses partenaires pourraient envisager avec L'ASECNA:

- L'élargissement aux dimensions environnementales
- L'appui à l'ASECNA pour la mobilisation de financements bi ou multilatéraux pour le financement de programmes d'économies d'énergie.

ARTICLE 9 NORMES DE PERFORMANCE

L'IFDD et ses partenaires s'engagent à fournir les Services conformément aux normes professionnelles et déontologiques les plus exigeantes.

ARTICLE 10 COMMUNICATIONS ET DIFFUSION DE L'INFORMATION

L'IFDD ne divulguera aucune information exclusive ou confidentielle concernant les Services, le présent Accord, les affaires ou les activités de l'ASECNA sans avoir obtenu au préalable l'autorisation écrite de celle-ci.

ARTICLE 11 PROPRIÉTÉ DES DOCUMENTS ET PRODUITS

Tous les rapports, études ou autres produits, sous forme de graphiques, logiciels ou autres, produits par l'IFDD et ses experts pour le compte de l'ASECNA au titre du présent Accord deviennent et demeurent la propriété de celle-ci. L'IFDD peut toutefois en conserver un ou plusieurs exemplaires, et les publier dans le cadre de sa mission de diffusion de l'information avec l'accord préalable de l'ASECNA.

ARTICLE 12 ASSURANCES

Dans le cadre de l'exécution du présent Protocole d'Accord, l'IFDD prendra toute mesure pour assurer toute personne travaillant sous son autorité.

Init : 4

Init : _____

ASECNA
VISA DU CONTROLE FINANCIER
31.05.13 01419
Signé Bernadette NOGUE

ASECNA
Contrôle Financier
30 MAI 2013
ARRIVÉE

ENGAGEMENTS DE L'ASECNA

ARTICLE 13 DÉSIGNATION D'UN COORDINATEUR

L'ASECNA désignera un coordinateur. Celui-ci est responsable de la coordination des activités relevant du présent Accord (voir annexe technique), de l'acceptation et de l'approbation des rapports et autres produits au nom de l'ASECNA, ainsi que de la réception et de l'approbation des factures devant donner lieu à un paiement.

ARTICLE 14 DÉSIGNATION D'UNE ÉQUIPE DE PROJET

L'ASECNA désignera une équipe de projet. Cette équipe sera constituée d'un expert entouré d'au-moins trois autres. Un économiste, un architecte et des techniciens pourraient avantageusement compléter l'équipe. Cette équipe bénéficiera d'une formation continue de la part de l'IFDD et de ses partenaires. L'ASECNA s'assurera particulièrement de la disponibilité de cette équipe, lors des différentes phases du programme.

ARTICLE 15 FACILITÉ D'ACCÈS

L'ASECNA garantit à l'IFDD et ses partenaires le concours de ses services, pour la collecte des données nécessaires à la réalisation du programme et pour le meilleur accès aux autorités administratives ainsi qu'à tout organisme public ou privé pouvant être concerné par le programme.

ARTICLE 16 ASSURANCES

Dans le cadre de l'exécution du présent Protocole d'Accord, l'ASECNA prendra toute mesure pour assurer toute personne travaillant sous son autorité.

ARTICLE 17 MODE DE RÈGLEMENT DES DIFFÉRENTS

Tout litige né de l'interprétation et/ou de l'exécution du présent accord sera réglé à l'amiable.

ARTICLE 18 VALIDITÉ ET DURÉE

Le présent Accord prend effet dès sa signature par les deux parties. Il est valable pour une durée de cinq (05) ans.

Fait en deux (02) exemplaires originaux

Pour l'ASECNA

Dakar, le 03 JUIN 2013

Pour l'IFDD

Québec, le _____

Le Contrôle Financier

ASECNA
VISA DU CONTROLE FINANCIER
31.05.13 N°1419
Signé Bernadette NOGUE

Monsieur Amadou Ousmane GUITTEYE
Directeur général

Madame Fatimata DIA
Directrice

- 4 -

Init : _____
Init : _____

Amadou Ousmane GUITTEYE

PROGRAMME DE RENFORCEMENT DES CAPACITÉS DE L'ASECNA EN EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE Projet de plan d'actions					
Étapes	**Activités**	**Partie prenante**	**Échéance**	**Prise en charge financière**	**Observation**
1	Signature de l'accord de partenariat	ASECNA-IFDD	7 juin 2013		Date à confirmer
2	Désignation du chargé des activités Éco-énergie	ASECNA	30 avril 2013	ASECNA	Effectué
3	Remise du rapport des visites préliminaires	IFDD	14 juin 2013	IFDD	Approuvé
4	Plan d'actions détaillé incluant une évaluation sommaire du potentiel technique et économique	IFDD	30 juin 2013	IFDD	Approuvé
5	Redressement des factures d'électricité de tous les sites	IFDD	31 août 2013	IFDD	Fourniture des factures d'énergie à l'expert au plus tard le 31 juillet 2013

PROGRAMME DE RENFORCEMENT DES CAPACITÉS DE L'ASECNA EN EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE Projet de plan d'actions					
Étapes	**Activités**	**Partie prenante**	**Échéance**	**Prise en charge financière**	**Observation**
6	Mise en place du comité de gestion de l'énergie incluant la désignation des correspondants en efficacité énergétique au sein des Représentations	ASECNA	31 août 2013	ASECNA	Appui éventuel des experts pour l'organisation de ce comité
7	Validation du contenu de la formation par les parties prenantes	IFDD - ASECNA	7 sept. 2013	IFDD	Approuvé
8	Organisation de la session de formation en efficacité énergétique	IFDD - ASECNA	24 sept. 2013	IFDD - ASECNA	Approuvé
9	Audits énergétiques détaillés des sites sélectionnés	ASECNA	30 novembre 2013	ASECNA	L'ASECNA peut solliciter l'appui des experts

PROGRAMME DE RENFORCEMENT DES CAPACITÉS DE L'ASECNA EN EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE Projet de plan d'actions					
Étapes	**Activités**	**Partie prenante**	**Échéance**	**Prise en charge financière**	**Observation**
10	Remise des rapports d'audit et validation des recommandations retenues pour la phase de mise œuvre	ASECNA	31 mai 2014	ASECNA	Approuvé
11	Plans et devis pour les mesures retenues	ASECNA	30 juin 2014	ASECNA	Approuvé
12	Réalisation des travaux, suivi et réception des travaux	ASECNA	31 décembre 2014	ASECNA	Approuvé
13	Mise en place d'une base de données pour le suivi de la facturation et la gestion d'énergie	ASECNA	31 décembre 2014	ASECNA	Approuvé

PROGRAMME DE RENFORCEMENT DES CAPACITÉS DE L'ASECNA EN EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE Projet de plan d'actions					
Étapes	**Activités**	**Partie prenante**	**Échéance**	**Prise en charge financière**	**Observation**
14	Standardisation des équipements énergétiques par typologie des locaux	ASECNA	30 juin 2015	ASECNA	Approuvé
15	Renforcement des capacités du comité de gestion de l'énergie élargi aux correspondants des Représentations ASECNA	ASECNA	30 juin 2015	IFDD	Approuvé
16	Évaluation du programme à mi-parcours	IFDD	30 Juin 2015	IFDD	Approuvé
17	Accompagnement des équipes locales par les experts tout le long du projet	ASECNA	31 décembre 2016	IFDD-ASECNA	Approuvé
18	Rapport final du projet	IFDD	31 décembre 2016	IFDD	Approuvé

PROGRAMME DE RENFORCEMENT DES CAPACITÉS DE L'ASECNA EN EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE Projet de plan d'actions					
Étapes	**Activités**	**Partie prenante**	**Échéance**	**Prise en charge financière**	**Observation**
19	Intégration de la maîtrise de l'énergie dans l'immeuble AFI-PBN-FPP AFI-GNSS (Étude du projet en cours)	IFDD-ASECNA	Immédiate	ASECNA	IFDD prendra attache avec UN-Habitat pour l'accompagnement de l'ASECNA
20	Publication des résultats obtenus	IFDD	Dès que possible	IFDD	avec l'accord de l'ASECNA
21	Évaluation financière globale du projet	IFDD	Dès que possible	IFDD	

Lu et approuvé

Pour l'IFDD

Jean-Pierre NDOUTOUM
Spécialiste de programme politique de l'énergie
Maîtrise de l'énergie – Accès à l'énergie

Lu et approuvé

Pour l'ASECNA

Idrissa SORÉ
Chargé des Activités
Énergie et Balisage

Fichier Édition Affichage Historique Marque-pages Outils ?
(The Official Video) - Yemi ...
FPL-2IE
Signature d'un accord de part...
Connexion...
www.asecna.aero/index.php/publications-media/actualite/a-la-une/143-signature-d-un-accord-de-partenariat-entre-l-asecna-et-l-oif
Publications/Média › Actualité › A la une › Signature d'un accord de partenariat entre l'ASECNA et l'OIF
Signature d'un accord de partenariat entre l'ASECNA et l'OIF
Signature d'un accord de partenariat entre l'ASECNA et l'OIF sur le renforcement de l'efficacité énergétique
Le Directeur Général de l'ASECNA, Monsieur Amadou Ousmane GUITTEYE et Monsieur Clément DUHAIME, Administrateur Général de l'Organisation Internationale de la Francophonie (OIF) ont procédé le 5 juin à Dakar, à la signature d'un accord de partenariat sur l'efficacité énergétique.
Cet accord permettra à l'ASECNA de s'attacher l'expertise de l'Institut de la Francophonie pour le Développement Durable qui est un organe subsidiaire de l'OIF dans la réalisation d'un programme de renforcement de ses capacités en matière d'analyse, de réduction et de suivi de ses dépenses énergétiques.
Les charges supportées par l'ASECNA pour sa consommation annuelle d'énergie sont de l'ordre de trois (03) milliards de FCFA en électricité de ville et un (01) milliard de FCFA en carburant pour l'alimentation de 32 centrales thermiques de secours installées sur les principaux aéroports de ses Etats membres, pour pallier les fréquents délestages et coupures d'électricité des fournisseurs publics.
Cette facture est liée à l'utilisation de milliers d'équipements et systèmes fonctionnant tous, sans discontinuité, à base d'électricité pour satisfaire les impératifs de sécurité pour la fourniture correcte de services de navigation aérienne dans son espace aérien.
Face aux coûts onéreux de l'électricité, la maîtrise de la consommation d'énergie devient une question de survie pour l'ASECNA qui a l'impérieux devoir de maintenir ses équilibres financiers à un niveau acceptable. Ce qui justifie l'objectif que l'Agence s'est fixée de réduire la facture énergétique de 30 % à l'horizon 2016. Les montants ainsi dégagés pourraient servir à financer des équipements techniques pour renforcer la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace ASECNA.
Le présent accord est aussi une opportunité pour l'ASECNA de mieux adapter son dispositif en matière de préservation de l'environnement aux normes internationales en vigueur, notamment dans l'acquisition, l'exploitation et la maintenance des équipements et systèmes de fourniture et de distribution de l'énergie, aussi bien pour les bâtiments techniques que pour les locaux administratifs.
L'IFDD a mis en place un Programme International de Soutien à la Maîtrise de l'Energie (PRISME), à travers lequel il entreprend d'aider les pays membres de l'OIF et des organismes comme l'ASECNA à mettre en place des programmes de
start
Signature d'un accord...
2014-NS-120863-DG...

Annexe 2: Synthèse des diagnostics de l'audit 2012

II.6- SYNTHESE DES DIAGNOSTICS EFFECTUÉS

Tableau 22 : synthèse des diagnostics effectués

POSTES	CONSTATS
CONTRAT D'ABONNEMENT AVEC LA CEET	Puissance souscrite: 350 kVA. Puissance maximale atteinte: 337 kVA. Comptage type C3. Tarif unique de 90 F/kWh. Compteur électronique type ACE SL 7000 configuré aussi pour le comptage triple tarif
FACTURES	Après vérification, il y a conformité des factures émises par la CEET. Le facteur de puissance de l'ASECNA-TOGO est de 0,98. On note que le kWh coûte de plus en plus cher à cause de la dépendance des produits pétroliers. Une simulation de factures simple tarif et triple tarif montre que le triple tarif serait plus avantageux..
PROFIL DE CONSOMMATION	La consommation moyenne mensuelle est autour de 100 000 kWh. Les mois de Janvier, Mars, Octobre et Décembre occasionnent plus de consommation.
PROFIL DE CHARGES	De 00 h à 06 h, la charge moyenne est autour de 100 kW. De 06 h à 14 h, elle atteint 160 kW. A partir de 14 h, elle chute autour de 100 kW.
ENVELOPPE DES BATIMENTS	Plusieurs bâtiments sont construits en année 2000 avec des briques en ciment de 15 cm d'épaisseur. Les fenêtres sont en vitres mais pas toutes protégées de rideaux. Il y a des portes en bois et en vitres avec une prédominance des portes en vitre à l'administration. Certains locaux techniques VOR, LOC, GLIDE, SALLE ONDULEUR, POSTES P1, P2, P3 ont des claustra en vitre.
ECLAIRAGE	Les tubes fluorescents de 18 et 36 W dominent. Mais on note aussi l'utilisation des lampes économiques et des lampes à incandescence. L'allumage est manuel.
	L'éclairage des couloirs et des toilettes est presque permanent surtout au bloc technique.
	Les ballasts sont alimentés même si les lampes sont HS.
CLIMATISATION	La climatisation occupe le premier poste de consommation avec au total 145 climatiseurs type split system de 1,5 à 3 CV et 2 armoires de climatisation de 5 et 7 CV. Les COP varient de 2,04 à 2,92. Les 3 groupes frigorifiques de puissance électrique 10, 15, 15 CV de l'administration sont à l'arrêt.
	Les climatiseurs sont laissés en marche durant les heures d'absence du bureau.
	Les rideaux sont parfois mal tirés.
	L'étanchéité de certaines portes et fenêtres n'est pas bien réussie. Les portes ne sont pas équipées de dispositif de rappel automatique qui est pourtant une solution très efficace.
	Les condenseurs sont exposés au soleil.
	Le fonctionnement 1 sur 2 recommandé dans certains locaux, n'est pas respecté.
ASCENSEUR	Difficile de calculer avec précision la consommation électrique d'un ascenseur. L'éclairage de la cabine, composée de 2 tubes fluorescents de 58 W, est allumé en permanence.
INFORMATIQUE ET BUREAUTIQUE	Augmentation du parc d'ordinateurs avec des PC portables privés.
	Les écrans plats dominent mais une vingtaine d'écrans cathodiques est encore utilisée
	L'alimentation des équipements n'est pas coupée sur les interrupteurs des blocs d'alimentation, lorsque les équipements sont arrêtés.
	Les équipements de certains locaux, surtout les CELICA restent allumés même après la descente.
EQUIPEMENTS TECHNIQUES	La consommation électrique des bâtiments est largement supérieure à la consommation des équipements techniques des unités ELB, RSI et CNS & MTO
GROUPES ELECTROGENES	D'Août 2005 à Août 2012, les deus groupes électrogènes ont produit 800 773 kWh soit le 9,41% de l'énergie fournie par la CEET. Sans inclure le coût de l'investissement et de la maintenance des groupes, le prix du kWh produit est 107,52 F CFA. On note aussi que l'année 2007 est marquée par beaucoup de délestages.
EMISSIONS DE CO_2	0,271 kg/kWh soit 2 523 tonnes émis d'Août 2005 à Août 2012.
SENBILISATION DU PERSONNEL	Le personnel n'est pas sensibilisé sur l'impact budgétaire et environnemental d'une consommation abusive et irrationnelle de l'énergie électrique.

Annexe 3 : Eléments de factures d'électricité de 2011 à 2014

Année 2011

Mois	Energie active HPL	Prix Unitaire HTVA	Montant HTVA	Energie Reactive HPL+HPT	P.u.	M.t.	PS	PA	Dépas.	Mont. Dépas.	Prime fixe	Prestations	Eclai Public	TOTAL
Jan-11	82,157	90	7,384,130	1,329	77		350	303	0	0	875,000	10,000	164,314	8,443,444
Feb-11	106,006	90	9,540,540	1,102	77	0	350	259	0	0	875,000	10,000	212,012	10,637,552
Mar-11	124,811	90	11,232,990	2,696	77	0	350	272	0	0	875,000	10,000	249,622	12,367,612
Apr-11	93,563	90	8,420,570	1,712	77		350	276	0	0	875,000	10,000	187,126	9,492,796
May-11	122,022	90	10,981,980	1,022	77	0	350	255	0	0	875,000	10,000	244,044	12,111,024
Jun-11	93,239	90	8,391,510	131	77	0	350	255	0	0	875,000	10,000	186,478	9,462,988
Jul-11	98,732	90	8,885,880	18	77	0	350	233	0	0	875,000	10,000	197,464	9,968,344
Aug-11	87,625	90	7,886,250	7	77	0	350	279	0	0	875,000	10,000	175,250	*8,946,500*
Sep-11	85,173	90	7,665,570	44	77	0	350	224	0	0	875,000	10,000	170,346	8,720,916
Oct-11	126,975	90	11,427,750	616	77	0	350	247	0	0	875,000	10,000	253,950	12,566,700
Nov-11	104,289	90	9,386,010	1,180	77	0	350	272	0	0	875,000	10,000	208,578	10,479,588
Dec-11	105,643	90	9,507,870	686	77	0	350	286	0	0	875,000	10,000	211,286	10,604,156
Totaux	**1,230,235**													**123,801,620**

Année 2012

Mois	Energie active HPL	Prix Unitaire HTVA	Montant HTVA	Energie Reactive HPL+HPT	P.u.	M.t.	PS	PA	Dépas.	Mont. Dépas.	Prime fixe	Prestations	Eclai Public	TOTAL
Jan-12	122,842	90	11,055,780	1,001	77	0	350	296	0	0	875,000	10,000	245,684	12,186,464
Feb-12	103,698	90	9,332,820	1,575	77	0	350	299	0	0	875,000	10,000	207,396	10,425,216
Mar-12	125,890	90	11,330,100	2021	77	0	350	264	0	0	875,000	10,000	251,780	12,466,880
Apr-12	100,003	90	9,000,270	1,148	77	0	350	274	0	0	875,000	10,000	200,006	10,085,276
May-12	115,213	90	10,369,170	1,366	77	0	350	282	0	0	875,000	10,000	230,426	11,484,596
Jun-12	94,161	90	8,474,490	187	77	0	350	242	0	0	875,000	10,000	188,322	9,547,812
Jul-12	103,137	90	9,282,330	57	77	0	350	225	0	0	875,000	10,000	206,274	10,373,604
Aug-12	86,434	90	7,779,060	7	77	0	350	225	0	0	875,000	10,000	172,868	8,836,928
Sep-12	87960	90	7916400	53	77	0	350	243	0	0	875,000	10,000	175920	8,977,320
Oct-12	108065	90	9725850	188	77	0	350	256	0	0	875,000	10,000	216130	10,826,980
Nov-12	104814	90	9433260	863	77	0	350	286	0	0	875,000	10,000	209628	10,527,888
Dec-12	114627	90	10316430	1312	77	0	350	286	0	0	875,000	10,000	229254	11,430,684
Totaux	1,266,844													127,169,648

Année 2013

Mois	Energie active HPL	Prix unitaire HTVA	Montant HTVA	Energie Reactive HPL+HPT	P.u.	M.t.	PS	PA	Dépas.	Mont. Dépas.	Prime fixe	Prestations	Eclai Public	TOTAL
Jan-13	107,529	90	9,677,610	695	77	0	350	280	0	0	875,000	10,000	215,058	10,777,668
Feb-13	107,587	90	9,682,83	574	77	0	350	283	0	0	875,000	10,000	215,174	10,783,004

			0											
Mar-13	116,596	90	10,493,640	1713	77	0	350	276	0	0	875,000	10,000	233,192	11,611,832
Apr-13	103,168	90	9,285,120	539	77	0	350	276	0	0	875,000	10,000	206,336	10,376,456
May-13	101,494	90	9,134,460	178	77	0	350	275	0	0	875,000	10,000	202,988	10,222,448
Jun-13	97,163	90	8,744,670	76	77	0	350	266	0	0	875,000	10,000	194,326	9,823,996
Jul-13	86,486	passage à la factu ration au triple tarif	7,427,436	11	77	0	350	243	0	0	875,000	10,000	172,972	8,485,408
Aug-13	89,377	384495	7,659,435	53	77	0	350	204	0	0	875,000	10,000	178,754	8,723,189
Sep-13	87884	365969	7,543,591	37	77	0	350	216	0	0	875,000	10,000	175,768	8,604,359
Oct-13	101,596	420203	8,723,437	355	77	0	350	261	0	0	875,000	10,000	203,192	9,811,629
Nov-13	94,635	395748	8,121,402	556	77	0	350	261	0	0	875,000	10,000	189,270	9,195,672
Dec-13	106234	442300	9,118,760	378	77	0	350	245	0	0	875,000	10,000	212,468	10,216,228
Totaux	**1,199,749**	**2,008,715**												**118,631,889**

Année 2014

Mois	Energie active	Economie triple tarif	Montant HTVA	Energie Reactive HPL+HPT	P.u.	M.t.	PS	PA	Dépas.	Mont. Dépas.	Prime fixe	Prestations	Eclai Public	TOTAL
Jan-14	137,836	569,498	11,835,742	964	77	0	350	270	0	0	875,000	10,000	275,672	12,996,414
Feb-14	82,965	342,312	7,124,538	541	77	0	350	261	0	0	875,000	10,000	165,930	8,175,468

Mar-14	103,334	425,720	8,874,340	886	77	0	350	246	0	0	875,000	10,000	206,668	9,966,008
Apr-14	106,569	439,766	9,151,444	426	77	0	350	252	0	0	875,000	10,000	213,138	10,249,582
May-14	102,548	421,537	8,807,783	803	77	0	350	281	0	0	875,000	10,000	205,096	9,897,879
Jun-14	89,957	370,007	7,726,123	160	77	0	350	281	0	0	875,000	10,000	179,914	8,791,037
Jul-14	82,891	343,340	7,116,850	29	77	0	350	281	0	0	875,000	10,000	165,782	8,167,632
Aug-14	93,695	398,579	8,033,971	1	77	0	350	205	0	0	875,000	10,000	187,390	9,106,361
Sep-14	92670	386,240	7,954,060	34	77	0	350	216	0	0	875,000	10,000	185,340	9,024,400
Oct-14	106,386	443,053	9,131,687	208	77	0	350	254	0	0	875,000	10,000	212,772	10,229,459
Nov-14	99,784	412,411	8,568,149	283	77	0	350	257	0	0	875,000	10,000	199,568	9,652,717
Dec-14	117048	480,714	10,053,606	592	77	0	350	263	0	0	875,000	10,000	234,096	11,172,702
Totaux	**1,215,683**	**5,033,177**												**117,429,659**
Economies 2014 par rapport à 2012	**51,161**	**5,033,177**												**9,739,989**

Annexe 4 : Données de la durée d'insolation recueillies à la DMN

DIRECTION GENERALE DE LA METEOROLOGIE NATIONALE
DIVISION DE LA CLIMAOLOGIE ET DE LA BIOCLIMATOLOGIE
B.P. 1505 TEL:226 57 52 FAX: 226 27 60
LOME

STATION DE LOME-AERO: INSOLATION MOYENNE (en heures et dixièmes)

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	MOY
1991	6.1	7.1	7	6.4	6.2	5.7	3.7	3.6	5.5	7	7.8	5.2	5.9
1992	4.4	7.1	5.3	7.2	7.4	5	3.4	4.2	4.7	7.4	7.3	6.9	5.9
1993	5.5	8	7.2	7.8	7.6	5.7	3.8	5.5	6	8.1	8	5.7	6.6
1994	5.7	5.7	7.2	6.5	6.6	4.8	5.1	4.8	3.8	6.8	8.6	6.7	6.0
1995	7.1	7.7	6.8	7.6	7.9	4.8	4.7	4.4	5.6	6.8	8.1	7.6	6.6
1996	7.1	8	6.9	6.6	5.4	4.7	5.3	3.8	5.2	7.2	7.9	7.8	6.3
1997	7.2	5.9	5.4	6.5	6.5	3.9	6	4.7	6.5	6.9	7.6	7.5	6.2
1998	5.9	7.4	5.56	8	8.1	6.5	5.9	5.8	5.7	7.6	7.9	6.1	6.7
1999	7.2	7.7	7.8	6.4	6.4	5.1	4	5.9	5	6.4	7.7	6.5	6.3
2000	6.8	6.1	6.5	7.6	7.2	5.3	6.4	4.7	5.7	7.6	8.6	7.1	6.6
2001	6.9	6.6	7.4	7	6.7	5	4.9	3.2	5	7.4	8.1	7.5	6.3
2002	4.3	7	6.7	6.7	5.5	4.9	4.5	4.9	6.3	6.8	7.9	7.7	6.1
2003	6	7.6	6.5	6.6	7.8	2.3	6.7	5.4	5.5	7.3	7.5	7.3	6.4
2004	5.3	6	6	6.4	5.5	4.5	5.3	4.4	5	6.4	7.6	8.2	5.9
2005	5.5	6.6	6.8	6.4	6.8	4.3	4.1	4.4	6.2	7.4	8	7	6.1
2006	7.2	6.9	6.8	7.3	5.8	6.2	4.6	3.7	4.7	7.1	7.6	6.9	6.2
2007	3.3	6.2	6.9	7.2	6.4	4.1	4.8	3.7	5.3	6.6	7.9	6.3	5.7
2008	5.8	5.3	6.4	6.3	6	4.2	3.9	4.6	4.5	7.4	7.6	6.5	5.7
2009	5.6	6.2	6.7	6.7	6.1	4.3	5.1	4.4	5.3	7.0	7.8	7.3	6.0
2010	5.6	6.1	6.7	6.7	6.1	4.2	5.2	4.4	5.3	7.0	7.8	7.3	6.0
2011	5.5	6.1	6.7	6.7	6.0	4.2	5.2	4.4	5.3	7.0	7.7	7.4	6.0
2012	5.5	6.0	6.7	6.6	6.0	4.1	5.2	4.3	5.3	6.9	7.7	7.4	6.0
	5.9	6.7	6.6	6.9	6.5	4.7	4.9	4.5	5.3	7.1	7.9	7.0	6.2

Annexe 5 : Données de l'irradiance et de l'irradiation de la base HlioClim 1

HelioClim-1 Database of Daily Solar Irradiance v4.0 (derived from satellite data)

Provider	MINES ParisTech - Armines (France)
More information at	http://www.soda-is.com
Site latitude (positive means North)	6.170
Site longitude (positive means East)	1.250
Date beginning	1/1/1985
Date end	12/31/2005
Irradiance	Monthly mean of irradiance in W/m2 (-999 if no data)
Uncertainty	Uncertainty in irradiance in W/m2
Nb hours	In percent. Ratio of the number of hours used for the computation and the length of the day in hours
Nb data	Number of data used for the computation of the value
Top of Atm.	Monthly mean of irradiance at the top of the atmosphere (extraterrestrial) in W/m2
Clear-Sky	Typical monthly mean of irradiance if the sky were clear in W/m2
Irradiation	Monthly mean of daily irradiation in Wh/m2 (-999 if no data)
Irradiation J/cm2	Monthly mean of daily irradiation in J/cm2 (-999 if no data)
Monthly Sum	Monthly irradiation in Wh/m2 (i.e., monthly sum of radiation -999 if no data)

Year	Month	Irradiance	Uncertainty	Nb hours	Nb data	Top of Atm.	Clear-Sky	Irradiation	Irradiation J/cm2	Monthly Sum
1985	1	233	14	27	279	392	259	5592	2013	173352
1985	2	238	15	26	252	416	276	5712	2056	159936
1985	3	236	15	26	279	434	290	5664	2039	175584
1985	4	242	16	22	252	435	302	5808	2090	174240
1985	5	206	14	24	279	423	283	4944	1779	153264
1985	6	205	14	24	270	413	274	4920	1771	147600
1985	7	216	15	24	252	415	291	5184	1866	160704
1985	8	203	15	25	261	427	306	4872	1753	151032
1985	9	205	15	24	270	430	296	4920	1771	147600
1985	10	216	15	26	279	419	284	5184	1866	160704
1985	11	228	14	27	261	396	263	5472	1969	164160
1985	12	229	14	26	279	382	250	5496	1978	170376
1986	1	234	14	27	279	392	259	5616	2021	174096
1986	2	232	15	27	234	416	276	5568	2004	155904
1986	3	215	15	26	279	434	289	5160	1857	159960
1986	4	227	15	25	270	435	303	5448	1961	163440
1986	5	201	14	25	270	423	283	4824	1736	149544

1986	6	182	13	24	270	413	274	4368	1572	131040
1986	7	-999	0	0	0	-999	-999	-999	-999	-999
1986	8	180	14	24	279	426	306	4320	1555	133920
1986	9	166	13	26	270	431	296	3984	1434	119520
1986	10	193	14	27	279	419	284	4632	1667	143592
1986	11	211	14	26	270	397	263	5064	1823	151920
1986	12	227	14	26	279	382	250	5448	1961	168888
1987	1	227	14	27	279	392	259	5448	1961	168888
1987	2	225	15	26	252	416	275	5400	1944	151200
1987	3	209	15	26	252	434	288	5016	1805	155496
1987	4	239	16	24	261	435	303	5736	2064	172080
1987	5	202	14	24	279	423	283	4848	1745	150288
1987	6	183	13	24	261	413	274	4392	1581	131760
1987	7	195	14	24	279	416	292	4680	1684	145080
1987	8	190	14	24	279	426	306	4560	1641	141360
1987	9	181	14	25	270	431	296	4344	1563	130320
1987	10	198	14	27	279	419	284	4752	1710	147312
1987	11	222	14	27	270	397	263	5328	1918	159840
1987	12	227	14	27	279	382	250	5448	1961	168888
1988	1	238	14	27	279	392	259	5712	2056	177072
1988	2	224	15	27	261	416	275	5376	1935	155904
1988	3	218	15	25	279	434	290	5232	1883	162192
1988	4	226	15	25	270	435	303	5424	1952	162720
1988	5	230	17	23	63	428	291	5520	1987	171120
1988	6	156	12	24	270	413	274	3744	1347	112320
1988	7	185	14	23	270	416	292	4440	1598	137640
1988	8	193	14	25	279	427	306	4632	1667	143592
1988	9	166	13	26	270	431	296	3984	1434	119520
1988	10	206	20	27	18	427	291	4944	1779	153264
1988	11	204	14	27	270	396	262	4896	1762	146880
1988	12	207	13	27	261	382	250	4968	1788	154008
1989	1	229	14	26	270	392	259	5496	1978	170376
1989	2	237	15	23	243	417	276	5688	2047	159264
1989	3	210	15	26	279	434	290	5040	1814	156240
1989	4	217	15	23	270	435	303	5208	1874	156240
1989	5	192	14	26	279	423	283	4608	1658	142848
1989	6	143	11	24	261	413	274	3432	1235	102960
1989	7	161	13	24	279	416	292	3864	1391	119784
1989	8	168	13	24	279	426	306	4032	1451	124992
1989	9	161	13	25	270	430	296	3864	1391	115920
1989	10	186	13	27	279	419	284	4464	1607	138384
1989	11	213	14	27	270	396	263	5112	1840	153360

1989	12	220	14	26	270	382	250	5280	1900	163680
1990	1	227	14	26	279	392	259	5448	1961	168888
1990	2	231	15	27	252	416	276	5544	1995	155232
1990	3	240	15	26	279	434	289	5760	2073	178560
1990	4	216	15	24	270	435	303	5184	1866	155520
1990	5	184	13	25	279	423	283	4416	1589	136896
1990	6	163	12	25	270	413	274	3912	1408	117360
1990	7	157	12	25	279	416	292	3768	1356	116808
1990	8	197	14	24	279	426	306	4728	1702	146568
1990	9	165	13	25	270	431	296	3960	1425	118800
1990	10	203	14	27	279	419	284	4872	1753	151032
1990	11	206	14	27	270	396	263	4944	1779	148320
1990	12	200	13	27	279	382	250	4800	1728	148800
1991	1	218	14	26	279	392	259	5232	1883	162192
1991	2	209	14	27	252	416	275	5016	1805	140448
1991	3	227	15	26	279	434	289	5448	1961	168888
1991	4	219	15	25	270	435	303	5256	1892	157680
1991	5	189	14	25	279	423	283	4536	1632	140616
1991	6	171	13	25	270	413	274	4104	1477	123120
1991	7	162	13	25	279	416	292	3888	1399	120528
1991	8	169	13	24	279	426	306	4056	1460	125736
1991	9	181	14	25	270	431	296	4344	1563	130320
1991	10	198	14	27	279	419	284	4752	1710	147312
1991	11	212	14	27	270	397	263	5088	1831	152640
1991	12	208	13	27	279	382	250	4992	1797	154752
1992	1	217	14	27	279	392	259	5208	1874	161448
1992	2	234	15	27	261	416	275	5616	2021	162864
1992	3	191	14	26	279	434	290	4584	1650	142104
1992	4	222	15	25	270	435	303	5328	1918	159840
1992	5	199	14	25	279	423	283	4776	1719	148056
1992	6	149	12	25	270	413	274	3576	1287	107280
1992	7	157	12	25	279	416	292	3768	1356	116808
1992	8	183	14	25	279	427	306	4392	1581	136152
1992	9	154	12	25	270	431	296	3696	1330	110880
1992	10	199	14	27	279	419	284	4776	1719	148056
1992	11	203	14	26	270	396	262	4872	1753	146160
1992	12	213	13	27	279	382	250	5112	1840	158472
1993	1	228	14	27	279	392	260	5472	1969	169632
1993	2	229	15	26	243	416	276	5496	1978	153888
1993	3	215	15	26	279	434	290	5160	1857	159960
1993	4	225	15	24	270	435	303	5400	1944	162000
1993	5	187	14	25	279	423	283	4488	1615	139128

1993	6	157	12	25	270	413	274	3768	1356	113040
1993	7	165	13	24	279	416	292	3960	1425	122760
1993	8	179	14	24	270	426	306	4296	1546	133176
1993	9	180	14	25	270	430	296	4320	1555	129600
1993	10	214	14	26	279	419	284	5136	1848	159216
1993	11	211	14	27	270	396	262	5064	1823	151920
1993	12	204	13	27	279	382	250	4896	1762	151776
1994	1	209	14	27	279	392	259	5016	1805	155496
1994	2	218	14	27	252	416	276	5232	1883	146496
1994	3	227	15	26	279	434	289	5448	1961	168888
1994	4	210	15	25	270	435	303	5040	1814	151200
1994	5	179	13	25	279	423	283	4296	1546	133176
1994	6	142	11	25	270	413	274	3408	1226	102240
1994	7	178	13	25	279	416	292	4272	1537	132432
1994	8	183	14	25	279	426	306	4392	1581	136152
1994	9	148	12	26	270	431	296	3552	1278	106560
1994	10	191	14	27	279	419	284	4584	1650	142104
1994	11	217	14	28	270	396	263	5208	1874	156240
1994	12	221	14	27	279	382	250	5304	1909	164424
1995	1	234	14	27	279	392	259	5616	2021	174096
1995	2	216	14	27	252	416	275	5184	1866	145152
1995	3	202	14	27	279	434	289	4848	1745	150288
1995	4	226	15	25	270	435	303	5424	1952	162720
1995	5	198	14	25	279	423	283	4752	1710	147312
1995	6	143	11	25	270	413	274	3432	1235	102960
1995	7	179	13	25	279	416	292	4296	1546	133176
1995	8	170	13	25	279	426	306	4080	1468	126480
1995	9	185	14	25	270	431	296	4440	1598	133200
1995	10	201	14	27	279	419	284	4824	1736	149544
1995	11	213	14	27	270	397	263	5112	1840	153360
1995	12	216	14	27	279	382	250	5184	1866	160704
1996	1	217	14	27	279	392	259	5208	1874	161448
1996	2	218	14	27	261	416	275	5232	1883	151728
1996	3	219	15	26	279	434	290	5256	1892	162936
1996	4	213	15	25	270	435	303	5112	1840	153360
1996	5	167	13	25	279	423	283	4008	1442	124248
1996	6	144	11	25	270	413	274	3456	1244	103680
1996	7	194	14	25	279	416	292	4656	1676	144336
1996	8	161	13	25	279	427	306	3864	1391	119784
1996	9	155	12	25	270	431	296	3720	1339	111600
1996	10	195	14	27	279	419	284	4680	1684	145080
1996	11	214	14	27	270	396	262	5136	1848	154080

1996	12	211	13	27	279	382	250	5064	1823	156984
1997	1	214	14	27	279	392	260	5136	1848	159216
1997	2	229	15	27	252	416	276	5496	1978	153888
1997	3	198	14	26	279	434	290	4752	1710	147312
1997	4	203	15	25	270	435	303	4872	1753	146160
1997	5	174	13	25	279	423	283	4176	1503	129456
1997	6	132	11	25	270	413	274	3168	1140	95040
1997	7	185	14	25	279	416	292	4440	1598	137640
1997	8	174	13	25	279	426	306	4176	1503	129456
1997	9	177	13	26	270	430	296	4248	1529	127440
1997	10	201	14	27	279	419	284	4824	1736	149544
1997	11	197	13	27	270	396	262	4728	1702	141840
1997	12	218	14	27	279	382	250	5232	1883	162192
1998	1	238	14	27	279	392	259	5712	2056	177072
1998	2	235	15	27	252	416	276	5640	2030	157920
1998	3	217	15	26	279	434	289	5208	1874	161448
1998	4	232	16	25	270	435	303	5568	2004	167040
1998	5	200	14	25	279	423	283	4800	1728	148800
1998	6	178	13	24	270	413	274	4272	1537	128160
1998	7	175	13	24	279	416	292	4200	1512	130200
1998	8	173	13	25	279	426	306	4152	1494	128712
1998	9	154	12	25	270	431	296	3696	1330	110880
1998	10	182	13	27	279	419	284	4368	1572	135408
1998	11	193	13	27	270	396	263	4632	1667	138960
1998	12	208	13	27	279	382	250	4992	1797	154752
1999	1	216	14	27	279	392	259	5184	1866	160704
1999	2	219	15	27	252	416	275	5256	1892	147168
1999	3	205	14	26	279	434	289	4920	1771	152520
1999	4	206	15	24	270	435	303	4944	1779	148320
1999	5	179	13	24	279	423	283	4296	1546	133176
1999	6	150	12	24	270	413	274	3600	1296	108000
1999	7	155	12	24	279	416	292	3720	1339	115320
1999	8	183	14	25	279	426	306	4392	1581	136152
1999	9	139	11	25	270	431	296	3336	1200	100080
1999	10	165	13	27	279	419	284	3960	1425	122760
1999	11	188	13	27	270	397	263	4512	1624	135360
1999	12	212	13	27	279	382	250	5088	1831	157728
2000	1	213	14	27	252	392	259	5112	1840	158472
2000	2	236	15	27	261	416	276	5664	2039	164256
2000	3	222	15	25	279	434	290	5328	1918	165168
2000	4	214	15	25	261	435	303	5136	1848	154080
2000	5	186	13	25	279	423	283	4464	1607	138384

2000	6	146	12	25	270	413	274	3504	1261	105120
2000	7	189	14	25	279	416	292	4536	1632	140616
2000	8	151	12	25	279	427	306	3624	1304	112344
2000	9	144	12	26	270	431	296	3456	1244	103680
2000	10	182	13	27	279	419	284	4368	1572	135408
2000	11	202	14	27	270	396	262	4848	1745	145440
2000	12	212	13	27	279	382	250	5088	1831	157728
2001	1	225	14	27	279	392	260	5400	1944	167400
2001	2	223	15	26	252	416	276	5352	1926	149856
2001	3	205	14	25	279	434	290	4920	1771	152520
2001	4	201	15	25	270	435	303	4824	1736	144720
2001	5	184	13	24	279	423	283	4416	1589	136896
2001	6	147	12	24	270	413	274	3528	1270	105840
2001	7	156	12	25	279	416	292	3744	1347	116064
2001	8	143	12	25	279	426	306	3432	1235	106392
2001	9	144	12	26	270	430	296	3456	1244	103680
2001	10	181	13	27	279	419	284	4344	1563	134664
2001	11	190	13	27	270	396	262	4560	1641	136800
2001	12	205	13	27	279	382	250	4920	1771	152520
2002	1	204	14	27	279	392	259	4896	1762	151776
2002	2	217	14	27	252	416	276	5208	1874	145824
2002	3	198	14	26	279	434	289	4752	1710	147312
2002	4	204	15	25	270	435	303	4896	1762	146880
2002	5	195	14	25	279	423	283	4680	1684	145080
2002	6	149	12	24	270	413	274	3576	1287	107280
2002	7	155	12	25	279	416	292	3720	1339	115320
2002	8	174	13	25	279	426	306	4176	1503	129456
2002	9	163	13	25	270	431	296	3912	1408	117360
2002	10	179	13	27	279	419	284	4296	1546	133176
2002	11	194	13	27	270	396	263	4656	1676	139680
2002	12	215	14	27	279	382	250	5160	1857	159960
2003	1	211	14	27	279	392	259	5064	1823	156984
2003	2	224	15	28	252	416	275	5376	1935	150528
2003	3	204	14	26	279	434	289	4896	1762	151776
2003	4	200	15	24	270	435	303	4800	1728	144000
2003	5	193	14	25	279	423	283	4632	1667	143592
2003	6	136	11	24	270	413	274	3264	1175	97920
2003	7	191	14	26	279	416	292	4584	1650	142104
2003	8	182	14	23	279	426	306	4368	1572	135408
2003	9	149	12	26	270	431	296	3576	1287	107280
2003	10	178	13	28	279	419	284	4272	1537	132432
2003	11	193	13	27	270	397	263	4632	1667	138960

2003	12	208	13	27	279	382	250	4992	1797	154752
2004	1	215	14	27	279	392	259	5160	1857	159960
2004	2	218	14	27	261	416	276	5232	1883	151728
2004	3	207	14	26	279	434	290	4968	1788	154008
2004	4	194	14	25	270	435	303	4656	1676	139680
2004	5	148	12	25	279	423	283	3552	1278	110112
2004	6	137	11	25	270	413	274	3288	1183	98640
2004	7	176	13	25	279	416	292	4224	1520	130944
2004	8	152	12	25	279	427	306	3648	1313	113088
2004	9	150	12	25	270	431	296	3600	1296	108000
2004	10	174	13	27	279	419	284	4176	1503	129456
2004	11	190	13	27	270	396	262	4560	1641	136800
2004	12	213	14	27	279	382	250	5112	1840	158472
2005	1	226	14	27	279	392	260	5424	1952	168144
2005	2	208	14	27	252	416	276	4992	1797	139776
2005	3	194	14	26	270	434	289	4656	1676	144336
2005	4	197	14	24	270	435	303	4728	1702	141840
2005	5	175	13	25	279	423	283	4200	1512	130200
2005	6	125	10	25	270	413	274	3000	1080	90000
2005	7	142	12	25	279	416	292	3408	1226	105648
2005	8	154	12	25	279	426	306	3696	1330	114576
2005	9	150	12	25	270	430	296	3600	1296	108000
2005	10	183	13	27	279	419	284	4392	1581	136152
2005	11	193	13	27	270	396	262	4632	1667	138960
2005	12	206	13	27	279	382	250	4944	1779	153264

Année	Somme Annuelle de l'irradiation (Wh/m²)	Somme journalière de l'irradiation (KWh/m²)
1985	1938552	5.31
1986	1939296	5.31
1987	1935264	5.30
1988	1919640	5.26
1989	1908840	5.23
1990	1905120	5.22
1991	1888560	5.17
1992	1726857	4.73
1993	1709745	4.68
1994	1681665	4.61
1995	1664553	4.56
1996	1652313	4.53
1997	1650825	4.52
1998	1645617	4.51
1999	1640913	4.50
2000	1636449	4.48
2001	1645089	4.51
2002	1645833	4.51
2003	1646553	4.51
2004	1792632	4.91
2005	1800072	4.93
Moyenne annuelle (KWh/m²)	1760.69	4.82

Source : déduite du tableau précédent

Annexe 6 : Donnée de l'irradiance sur un plan horizontal et un plan vertical De la base HélioClim 3

HelioClim-3 Database of Solar Irradiance v4 (derived from satellite data)	
Provider	MINES ParisTech - Armines (France)
More information at	http://www.soda-is.com
Site latitude (positive means North)	6.170
Site longitude (positive means East)	1.250
Elevation (m)	19
Tilt angle (degrees)	90.0
Azimuth angle (degrees)	0.0
Albedo of the ground	0.20
Date beginning	2/1/2004
Date end	12/31/2005
Summarization (period of integration)	Month
Date - Instant	The date or instant given for each value corresponds to the end of the summarization
Irradiation (Wh/m2)	Monthly irradiation (-999 if no data)
Top of Atmosphere (Wh/m2)	Irradiation over the period at the top of the atmosphere (extraterrestrial)

Annual irradiation in kWh/m2 on inclined surface, sum of the monthly irradiations

Year	NB valid months	Nb valid days	Direct Inclined	Diffuse Inclined	Reflected	Global Inclined	Direct Horiz	Diffus Horiz	Global Horiz	Top of Atmosphere
2004	11	332	127	261	176	564	1070	694	1765	3355
2005	12	359	128	280	197	606	1206	769	1975	3637

HelioClim-3 Database of Solar Irradiance v4 (derived from satellite data)	
Provider	MINES ParisTech - Armines (France)
More information at	http://www.soda-is.com
Site latitude (positive means North)	6.170
Site longitude (positive means East)	1.250
Elevation (m)	19
Tilt angle (degrees)	90.0
Azimuth angle (degrees)	90.0
Albedo of the ground	0.20
Date beginning	2/1/2004
Date end	12/31/2005
Summarization (period of integration)	Month
Date - Instant	The date or instant given for each value corresponds

	to the end of the summarization
Irradiation (Wh/m2)	Monthly irradiation (-999 if no data)
Top of Atmosphere (Wh/m2)	Irradiation over the period at the top of the atmosphere (extraterrestrial)

Annual irradiation in kWh/m2 on inclined surface, sum of the monthly irradiations										
Year	NB valid months	Nb valid days	Direct Inclined	Diffuse Inclined	Reflected	Global Inclined	Direct Horiz	Diffus Horiz	Global Horiz	Top of Atmosphere
2004	11	332	344	318	176	839	1070	694	1765	3355
2005	12	359	373	349	197	920	1206	769	1975	3637

HelioClim-3 Database of Solar Irradiance v4 (derived from satellite data)

Provider	MINES ParisTech - Armines (France)
More information at	http://www.soda-is.com
Site latitude (positive means North)	6.170
Site longitude (positive means East)	1.250
Elevation (m)	19
Tilt angle (degrees)	90.0
Azimuth angle (degrees)	180.0
Albedo of the ground	0.20
Date beginning	2/1/2004
Date end	12/31/2005
Summarization (period of integration)	Month
Date - Instant	The date or instant given for each value corresponds to the end of the summarization
Irradiation (Wh/m2)	Monthly irradiation (-999 if no data)
Top of Atmosphere (Wh/m2)	Irradiation over the period at the top of the atmosphere (extraterrestrial)

Annual irradiation in kWh/m2 on inclined surface, sum of the monthly irradiations										
Year	NB valid months	Nb valid days	Direct Inclined	Diffuse Inclined	Reflected	Global Inclined	Direct Horiz	Diffus Horiz	Global Horiz	Top of Atmosphere
2004	11	332	228	294	176	699	1070	694	1765	3355
2005	12	359	299	339	197	835	1206	769	1975	3637

HelioClim-3 Database of Solar Irradiance v4 (derived from satellite data)

Provider	MINES ParisTech - Armines (France)
More information at	http://www.soda-is.com
Site latitude (positive means North)	6.170
Site longitude (positive means East)	1.250
Elevation (m)	19
Tilt angle (degrees)	90.0
Azimuth angle (degrees)	270.0
Albedo of the ground	0.20
Date beginning	2/1/2004
Date end	12/31/2005
Summarization (period of integration)	Month
Date - Instant	The date or instant given for each value corresponds to the end of the summarization
Irradiation (Wh/m2)	Monthly irradiation (-999 if no data)
Top of Atmosphere (Wh/m2)	Irradiation over the period at the top of the atmosphere (extraterrestrial)

Annual irradiation in kWh/m2 on inclined surface, sum of the monthly irradiations										
Year	NB valid months	Nb valid days	Direct Inclined	Diffuse Inclined	Reflected	Global Inclined	Direct Horiz	Diffus Horiz	Global Horiz	Top of Atmosphere
2004	11	332	380	322	176	879	1070	694	1765	3355
2005	12	359	441	362	197	1001	1206	769	1975	3637

Annexe 7 : Données de l'humidité relative recueillis à la DMN

DIRECTION GENERALE DE LA METEOROLOGIE NATIONALE
DIVISION DE LA CLIMAOLOGIE ET DE LA BIOCLIMATOLOGIE
B.P. 1505 TEL:226 57 52 FAX: 226 27 60 LOME

HUMIDITE RELATIVE MENSUELLE (en %)
STATION DE LOME

JOURS	JANV			FEV			MARS			AVR		
	MINI	MAXI	MOY	MINI	MAXI	MOY	MINI	MAXI	MOY	MINI	MAXI	MOY
1981	60	99	80	63	98	80	62	95	79	63	98	80
1982	44	95	69	57	96	76	59	95	77	67	97	82
1983	25	88	56	59	96	77	56	95	76	59	95	77
1984	52	97	74	47	92	69	57	91	74	60	94	77
1985	55	97	76	52	96	74	60	94	77	64	95	79
1986	52	98	75	65	98	81	63	97	80	64	97	81
1987	67	98	83	66	94	80	63	96	80	63	92	77
1988	52	94	73	63	95	79	65	94	80	66	95	80
1989	53	97	75	55	96	76	68	97	82	71	98	84
1990	66	98	82	59	96	78	64	96	80	69	96	83
1991	63	95	79	70	97	84	68	95	82	70	97	84
1992	41	89	65	59	97	78	68	95	82	68	95	82
1993	45	92	69	66	96	81	68	95	82	65	96	81
1994	58	94	76	64	95	80	68	95	82	67	97	82
1995	51	97	74	57	93	75	68	95	82	64	94	79
1996	62	96	79	61	94	78	63	93	78	64	95	80
1997	64	97	81	49	92	71	60	94	77	64	94	79
1998	45	94	70	54	95	75	58	94	76	64	94	79
1999	64	97	81	57	94	76	62	94	78	63	95	79
2000	61	97	79	41	90	66	59	90	75	62	93	78
2001	63	98	81	52	93	73	59	93	76	65	95	80
2002	51	93	72	60	93	77	63	92	78	64	94	79
2003	64	98	81	65	96	81	58	94	76	62	96	79
2004	59	94	77	58	92	75	56	91	74	65	94	80
2005	47	92	70	65	92	79	63	92	78	66	92	79
2006	68	94	81	68	93	81	66	92	79	66	91	79
2007	37	86	62	61	92	77	64	92	78	65	93	79
2008	39	91	65	57	93	75	62	91	77	61	91	76
2009	51	93	72	64	94	79	66	93	80	67	95	81
2010	62	94	78	60	93	77	63	91	77	63	91	77
2011	52	92	72	62	94	78	62	91	76	64	92	78
2012	42	90	66	63	94	79	62	90	76	64	93	79
2013	7.4	18.3	12.9	10.2	25.3	17.8	27.2	69.4	48.3	36.8	76.0	56.4

JOURS	MAI			JUIN			JUIL			AOUT		
	MINI	MAXI	MOY	MINI	MAXI	MOY	MINI	MAXI	MOY	MINI	MAXI	MOY
1981	68	99	84	70	99	84	74	96	85	75	97	86
1982	69	98	83	75	98	86	77	97	87	69	95	82
1983	65	97	81	71	96	84	71	95	83	70	94	82
1984	60	95	78	64	97	81	67	97	82	65	95	80
1985	68	97	83	68	98	83	70	97	83	75	98	86
1986	61	97	79	66	98	82	76	98	87	72	97	85
1987	66	93	79	75	98	87	75	98	86	78	99	88
1988	66	96	81	71	98	84	75	98	87	77	99	88
1989	72	98	85	74	98	86	77	97	87	76	96	86
1990	71	97	84	72	97	85	81	97	89	74	96	85
1991	72	98	85	74	99	87	79	99	87	81	98	90
1992	69	97	83	71	96	84	79	99	84	71	95	83
1993	69	97	83	76	99	88	79	99	88	76	97	87
1994	68	97	83	77	98	88	79	99	88	73	95	84
1995	65	95	80	75	99	87	79	99	87	79	98	89
1996	65	96	81	72	97	85	75	97	85	79	98	89
1997	68	98	83	74	97	86	72	96	85	72	94	83
1998	63	95	79	67	97	82	71	97	84	69	95	82
1999	65	95	80	69	98	84	74	98	86	71	97	84
2000	64	95	80	71	97	84	70	96	83	72	97	85
2001	67	97	82	72	98	85	72	96	84	74	96	85
2002	65	96	81	69	98	84	73	97	85	71	96	84
2003	61	96	79	73	99	86	70	97	84	74	96	85
2004	71	96	84	71	95	83	71	93	82	75	95	85
2005	68	94	81	74	94	84	73	93	83	73	94	84
2006	70	95	83	69	95	82	76	95	86	76	94	85
2007	63	92	78	72	94	83	73	93	83	74	94	84
2008	66	94	80	73	96	85	70	92	81	76	95	86
2009	68	94	81	72	95	84	74	93	84	74	94	84
2010	66	91	79	71	93	82	69	91	80	76	96	86
2011	68	95	81	72	96	84	73	96	84	78	98	88
2012	71	98	84	74	98	86	76	101	89	80	100	90
2013	45.4	83.9	64.7	56.9	89.9	73.4	61.5	94.4	77.9	6.8	9.6	8.2

JOURS	SEPT			OCT			NOV			DEC		
	MINI	MAXI	MOY	MINI	MAXI	MOY	MINI	MAXI	MOY	MINI	MAXI	MOY
1981	69	97	83	65	98	82	56	96	76	63	98	82
1982	66	94	80	66	98	82	61	99	80	59	99	80
1983	68	95	82	63	96	80	62	97	79	59	98	78
1984	67	98	82	69	99	84	62	99	80	51	97	78
1985	70	97	83	70	99	85	63	99	81	45	95	80
1986	69	97	83	69	97	83	64	99	82	52	96	81

1987	75	99	87	72	99	86	65	96	80	56	97	[22]83
1988	75	98	86	70	98	84	62	96	79	60	96	82
1989	77	97	87	73	97	85	70	98	84	64	97	83
1990	78	98	88	69	96	82	67	97	82	64	97	83
1991	73	98	86	71	98	85	67	97	82	59	97	78
1992	72	96	84	66	94	80	56	95	76	64	97	81
1993	74	98	86	67	99	83	67	98	83	60	97	79
1994	76	96	86	71	98	85	62	97	80	42	92	67
1995	72	95	84	66	97	82	61	96	79	57	96	77
1996	74	96	85	71	97	84	60	96	78	66	98	82
1997	69	94	82	66	96	81	63	96	80	59	95	77
1998	70	96	83	67	96	82	61	94	78	55	95	75
1999	75	96	86	69	98	84	63	95	79	55	96	76
2000	68	94	81	66	98	82	63	97	80	57	96	77
2001	72	96	84	66	97	82	64	97	81	62	97	80
2002	69	95	82	67	97	82	64	97	81	51	96	74
2003	72	95	84	68	96	82	63	95	79	57	95	76
2004	71	96	84	70	96	83	66	95	81	63	95	79
2005	73	93	83	68	95	82	63	93	78	61	94	78
2006	78	96	87	69	95	82	61	95	78	58	95	77
2007	74	94	84	68	91	80	66	93	80	65	94	80
2008	75	96	86	67	95	81	60	94	77	60	94	77
2009	70	93	82	69	96	83	64	94	79	61	94	78
2010	67	96	82	75	97	86	63	94	79	61	94	78
2011	71	95	83	70	97	84	64	97	81	56	97	77
2012	74	93	84	65	98	81	65	100	83	51	101	76
2013	65.5	96.7	81.1	48.1	89.4	68.8	25.4	65.2	45.3	11.6	26.8	19.2

Annexe 8 La ressource de vent à Lomé (DMN)

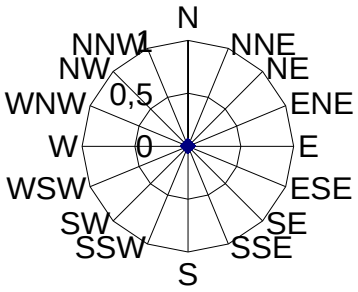
DIRECTION GENERALE DE LA METEOROLOGIE NATIONALE
DIVISION DE LA CLIMATOLOGIE ET DE LA BIOCLIMATOLOGIE
LOME - TOGO

VENT: Direction dominante / Vitesse moyenne(en m/s)
STATION DE LOME

ANNEES	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
1978	S /3	SSW /4	SSW /4	SSW /3	S /2	SW /3	SW /4	SW /5
1979	S /2	S /4	S /3	S /3	S /2	S /3	SSW /4	SSW /4
1980	S /3	S /4	S /4	S /4	S /2	SSW /3	SSW /4	SSW /4
1981	S /2	SSW /3	SW /4	SSW /3	SSW /2	SSW /3	SSW /4	SSW /4
1982	S /3	S /3	S /3	S /3	S /2	SSW /3	SSW /3	S /4
1983	NNE /2	SW /4	S /4	S /4	SSW /3	SW /3	SW /4	SSW /5
1984	SSW /3	SSW /3	SSW /4	SSW /3	S /3	S /2	SSW /3	SSW /4
1985	SSW /3	SSW /3	S /4	S /3	SSW /2	SSW /3	SSW /3	SSW /4
1986	SSW /3	SW /4	S /3	SSW /3	S /2	SSWS /2	SSW /4	S /4
1987	S /3	SSW /4	S /4	SSW /4	SSW /4	SSW /4	SSW /4	SW /4
1988	SW /3	SW /2	SW /4	SW /3	SSW /3	SW /3	SW /4	SW /4
1989	S /2	SW /3	SW /4	SW /4	SSW /3	SSW /2	SSW /3	SW /4
1990	SSW /3	SW /3	SW /3	SW /3	SW /3	SW /4	SW /4	SW /5
1991	SW /3	WSW /4	SW /3	SW /3	SW /2	SW /2	SW /3	SW /4
1992	SW /2	SW /2	SW /3	SW /3	SW /2	SW /3	SW /4	WSW /4
1993	SW /2	SW /3	SW /3	SW /3	SW /2	SW /2	SW /4	WSW /4
1994	SW /2	SW /2	SW /3	SW /3	SW /2	SW /3	WSW /3	WSW /3
1995	SW /2	SW /2	SW /2	SW /2	SW /2	SW /2	SW /3	SW /3
1996	SW /2	SW /3	SW /3	SW /3	SW /2	SW /2	SW /3	SW /3
1997	SW /3	SW /2	WSW /3	WSW /3	SW /2	W /2	WSW /4	WSW /3
1998	SW /3	SW /3	SW /3	SW /3	SW /3	SW /3	SW /4	SW /4
1999	SW /2	SW /3	SW /3	SW /3	SW /2	SW /2	WSW /3	WSW /3
2000	SW /2	SW /2	SW /3	SW /3	SW /2	SW /2	SW /3	SW /3
2001	SSW /2	SSW /3	SW /3	SW /3	SSW /2	SW /2	SW /3	SW /3
2002	S /2	SSW /3	SSW /3	SSW /3	SSW /2	WSW /2	SW /3	SW /3
2003	SSW /2	SSW /3	SSW /3	SW /2	SW /3	SW /2	SW /3	SSW /3
2004	SSW /2	SW /2	SSW /3	SW /3	SSW /2	SW /2	SW /3	SW /3
2005	SSW /2	SW /3	SSW /3	SW /3	SSW /2	SW /3	SW /3	SW /4
2006	sw 3	sw 3	ssw 3	SSW 3	sw 3	sw 2	wsw 3	sw 3
2007	sw 2	sw 3	sw 3	sw 3	sw 2	sw 2	sw 3	sw 3
2008	NE/2	SSW/2	S/1	SE/2	E/1	SSW/1	SW/2	W/2
2009	SW/2	ENE/3	ESE/2	ENE/2	SSW/2	ENE/2	W/3	E/3
2010	SW/2	SE/3	SE/3	E/3	E/2	E/2	SW/3	SW/3
2011	NE/2	ENE/3	W/3	SSE/2	E/2	S/2	WSW/3	E/2
2012	SW/2	ENE/3	S/3	E/3	E/3	E/2	SW/3	WSW3
2013	S /3	ssw/3	ssw/3	SSW /3	S /2	SW /3	sw/3	sw/3
Moyenne	SW /2	SW /3	SW /3	SW /3	SW /2	SW /2	SW /3	SW /4

ANNEES	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1978	SSW /4	S /3	S /2	S /2

1979	SSW /3	S /2	S /2	S /2
1980	SSW /3	SSW /3	S /2	S /2
1981	SSW /4	SW /3	SSE /2	S /2
1982	SSW /5	S /3	S /2	S /2
1983	SSW /4	SSW /3	SSW /3	S /3
1984	SW /4	SSW /2	SSW /3	S /2
1985	SSW /3	SSW /2	S /3	S /2
1986	SSW /4	SSW /3	S /3	S /2
1987	SSW /3	SSW /2	SSW /3	SSW /2
1988	SW /3	SW /3	SW /3	SSW /2
1989	SSW /4	SW /2	SSW /2	SSW /2
1990	SW /4	SW /4	SW /3	SW /3
1991	WSW /3	SW /3	SW /3	SW /2
1992	WSW /3	SW /3	SW /2	SW /2
1993	SW /3	SW /2	SW /2	SW /2
1994	SW /3	SW /2	SSW /1	S /1
1995	SW /3	SW /2	SSW /2	SW /2
1996	SW /3	SW /3	SW /2	SW /3
1997	SW /3	SW /3	SW /2	SW /2
1998	SW /3	SW /3	SW /3	SSW /2
1999	WSW /3	WSW /3	SW /3	SW /2
2000	SW /3	SW /3	SW /2	SW /2
2001	SSW /3	SSW /3	SSW /3	SSW /2
2002	SW /3	SSW /2	SSW /2	SWS /2
2003	SW /3	SSW /2	SSW /2	SSW /2
2004	SW /2	SW /2	SSW /2	SW /3
2005	SW /4	SSW /3	SSW /2	SSW /2
2006	sw 3	sw 2	ssw 2	sw 2
2007	sw 2	sw 2	sw 2	sw 2
2008	SW/2	E/2	SW/2	E/2
2009	E/3	SW/2	E/2	SW/2
2010	SW/2	ENE/2	ESE/2	SSW/2
2011	E/2	ENE/2	ENE/2	E/2
2012	ENE/3	ENE/2	ESSE/2	WSW/2
2013	SSW /4	S /1	S /2	S /2
Moyenne	SW /3	SW /3	SW /2	SW /2



Annexe 9 : Situation des Climatiseurs

ASECNA

REPRESENTATION DE L'ASECNA AU TOGO
ACTIVITE MAINTENANCE IGC

Tableau 2: Situation du parc des climatiseurs
Au 28 Avril 2014
AERODROMES DE LOME ET DE NIAMTOUGOU

BATIMENTS	DESIGNATION	TYPE	MARQUE	PUISSANCE	LOCAL	DATE DE MISE DE SERVICE
SLI PROVISOIRE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	BUREAU BT004/002	2005
SLI PROVISOIRE	climatiseur	SPLIT	LG	3CV	CHEF SSLI et CHEF BRIGADE BT004/001	2005
SLI PROVISOIRE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	DORTOIR BT004/003	2012
POSTES DE TRANSFORMATION	CLIMATISEUR	SPLIT	Royal Air	3CV	P1 BT028/001	2009
POSTES DE TRANSFORMATION	CLIMATISEUR	SPLIT	Royal Air	3CV	P1 BT028/001	2009
POSTES DE TRANSFORMATION	CLIMATISEUR	SPLIT	Royal Air	3CV	P2 BT029/001	2009
POSTES DE TRANSFORMATION	CLIMATISEUR	SPLIT	Royal Air	3CV	P2 BT029/001	2009
POSTES DE TRANSFORMATION	CLIMATISEUR	SPLIT	Royal Air	3CV	P3 BT030/001	2009
POSTES DE TRANSFORMATION	CLIMATISEUR	SPLIT	Royal Air	3CV	P3 BT030/001	2009
MAGASIN	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	CHEF UNITE GESTION STOCKS ET TRANSIT BT009/003	2012

MAGASIN	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	CADRE UNITE GESTION STOCKS ET TRANSIT BT009/001	2012
MAGASIN	climatiseur	SPLIT	AKOA	2CV	TECHNICIENS GESTION STOCKS ET TRANSIT BT009/004	2009
MAGASIN	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	Magasin C BT009/002	2009
MAGASIN	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	Magasin C BT009/002	2009
MAGASIN	climatiseur	SPLIT	ZENITH AIR	2CV	LOCAL K BT009/005	2000
MAGASIN	climatiseur	SPLIT	ZENITH AIR	2CV	LOCAL B BT009/006	2000
LOGEMENTS	CLIMATISEUR	SPLIT	R.AIR	2CV	CASE PASSAGE LA007/002	2012
LOGEMENTS	CLIMATISEUR	SPLIT	R.AIR	2CV	CASE PASSAGE LA007/001	2012
INFIRMERIE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	SALLE DE RECEPTION	2012
INFIRMERIE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	CONSULTATION	2012
INFIRMERIE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	SALLE DE SURVEILLANCE	2012
INFIRMERIE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	BUREAU TECH	2012
GARAGE	climatiseur	SPLIT	AKOA	2CV	CHEF UNITE VEHICULE ET TRANSPORT BT021/01	2007
GARAGE	climatiseur	SPLIT	Zenit air	2CV	BUREAU MECANICIENS BT021/04	2007
GARAGE	climatiseur	WINDOW	Zenit air	1CV	SALLE REPOS CHAUF BT021/02	1991
GARAGE	climatiseur	WINDOW	GOLSTAR	2CV	BUREAU PLOMBIER BT021/004	1989

CENTRALE ELECTRIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE ONDULEUR BT003/007	2012
CENTRALE ELECTRIQUE	climatiseur	Armoire	Royal Air	5CV	SALLE ONDULEUR BT003/007	2012
CENTRALE ELECTRIQUE	climatiseur	Armoire	Royal Air	5CV	SALLE ONDULEUR BT003/007	2012
CENTRALE ELECTRIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	SALLE ONDULEUR BT003/007	2012
CENTRALE ELECTRIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	1,5CV	MAINTENANCE ENERGIE BT003/002	2010
CENTRALE ELECTRIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	1,5CV	CHEF UNITE ENERGIE ET BALISAGE BT003/001	2010
CENTRALE ELECTRIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	1,5CV	SALLE DE REUNION BT003/005	2010
CENTRALE ELECTRIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	1,5CV	SALLE DE REUNION BT003/005	2010
CENTRALE ELECTRIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	1,5CV	SALLE SUPERVISION BT003/006	2009
CENTRALE ELECTRIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	1,5CV	SALLE SUPERVISION BT003/006	2009
CENTRALE ELECTRIQUE	climatiseur INDIVIDUEL	SPLIT	Royal Air	1,5CV	MAGASIN BT003/003	2009
CENTRALE ELECTRIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	1,5CV	MAGASIN BT003/004	2009
CENTRALE ELECTRIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	1,5CV	SALLE BATTERIE BT003/008	2009
CENTRALE ELECTRIQUE	Climatiseur	SPLIT	Royal Air	1,5CV	SALLE BATTERIE BT003/008	2009
CENTRALE ELECTRIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	CENTRE D'EMISSION BT003/009	2009
CENTRALE ELECTRIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	CENTRE D'EMISSION BT003/009	2005

BLOC TECHNIQUE	climatiseur	Armoire	Royal Air	3CV	TOUR DE CONTRÔLE I BT001/401	2014
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	OBSERVATION METEO PROVISOIRE BT033/101	2012
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	SECRETARIAT MIREI BT001/002	2012
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE PREVI/PROTECT BT001/012	2012
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	HALL PILOTE BT001/013	2012
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	BUREAU DE PISTE BT001/015	2012
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	SALLE BAT BT001/103	2012
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	SECRETARIAT RO BT001/101	2012
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	BUREAU RESPONABLE DES OPERATIONS BT001/107	2012
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	BUREAU RESPONABLE DES OPERATIONS BT001/107	2012
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	CHEF UNITE RESEAU BT001/106	2012
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	CHEF MAINTENANCE RADIO (CHEF unité CNS) BT001/009	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	ZENITH	2CV	CHEF UNITE TELECOM BT001/024	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	CHEF UNITE CA BT001/110	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	COMMANDANT D'AERODROME BT001/111	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	BUREAU STATION RADAR BT001/113	2010

BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	CHEF UNITE CMT BT001/115	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	CELICA EXA BT001/114	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	CELICA EXA BT001/114	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	SALLE CELICA-MIRE I BT001/116	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	SALLE CELICA-MIRE I BT001/116	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE DE REUNION BT001/117	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE DE REUNION BT001/117	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	SECRETARIAT-METEO BT001/119	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	CHARGE SERVICE METEO BT001/121	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	CHARGE SERVICE METEO BT001/121	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	SALLE DES TECHNICIENS BT001/120	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	TOUR DE CONTRÔLE I BT001/401	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	TOUR DE CONTRÔLE I BT001/401	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	LOCAL ASCENSEUR BT001/301	2010
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	AKOA	2CV	CHARGE MIREI BT001/001	2009
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	CHEF UNITE QUALIFICATION ET INTEGRATION DU PERSONNEL BT001/005	2009

BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	CHEF UNITE MAINT. EQUI.MTO BT001/010	2009
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	AKOA	2CV	SALLE DE POINTAGE BT001/011	2009
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	BUREAU DE PISTE BT001/015	2009
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	CHEF AIM BT001/019	2009
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	AKOA	2CV	BUREAU FACTURATION BT001/021	2009
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	AKOA	2CV	CAT BT001/023	2009
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	AKOA	2CV	CAT BT001/023	2009
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE VMA BT001/101	2009
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE VMA BT001/101	2009
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	METEO-MEDIA BT001/102	2009
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	SALLE BAT BT001/103	2009
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	AKOA	2CV	METEO-MEDIA BT001/102	2009
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Zenith	3CV	CADRE EXA BT001/123	2009
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	CELICA MTO I BT001/124	2009
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	1,5CV	CELICA MTO I BT001/124	2009
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	AKOA	2CV	OBSERVATION METEO PROVISOIRE BT033/101	2007

BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE TECHNIQUE BT001/004	2007
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE TECHNIQUE BT001/004	2007
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE TECHNIQUE BT001/004	2007
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE TECHNIQUE BT001/004	2007
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE TECHNIQUE BT001/004	2007
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	ATELIER MAINTENANCE BT001/006	2007
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	ATELIER MAINTENANCE BT001/006	2007
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	West pool	3CV	SALLE PREVI/PROTECT BT001/012	2007
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	ENERGIE REPARTITEUR BT001/020	2007
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	ENERGIE REPARTITEUR BT001/020	2007
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	SALLE REPARTITEUR BT001/022	2007
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	SALLE REPARTITEUR BT001/022	2007
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	ZENITH	2CV	SALLE REPOS CAT BT001/025	2007
BLOC TECHNIQUE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	1,5CV	CHEF UNITE RESEAU ET SYS. INFO. BT001/003	2005
SALLE POLYVALENTE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE DE REUNION BA003/001	2010
SALLE POLYVALENTE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE DE REUNION BA003/001	2010

SALLE POLYVALENTE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE DE REUNION BA003/001	2010
SALLE POLYVALENTE	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE DE REUNION BA003/001	2010
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	POOL DACTYLO MIGC BA001/003	2012
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	ROYAL	3CV	CHEF UNITE PISTE VOIRIE BA001/011	2012
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	LOCAL CADRE PERSONNEL BA001/014	2012
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE INFORMATICIEN BA001/015	2012
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE DE REPRODUCTION BA001/017	2012
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	AFFAIRES SOCIALES BA001/018	2012
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	CHEF UNITE PERSONNEL BA001/020	2012
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	SECRETARIAT ADMINISTRATION ET FINANCE BA001/023	2012
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	BUREAU CHARGE ADMNISTRATION ET FINANCE BT001/024	2012
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	RCSQ BA001/025	2012
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SECRETARIAT PAIERIE BA001/032	2012
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	RAF BA001/034	2012
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	CHEF UNITE COMPTABILITE BA001/035	2012
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	CHEF UNITE DEPENSE BA001/036	2012

REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	CHEFUNITE BUDGET ET FACTURATION BA001/037	2012
REPRESENTATION	CLIMATISSEUR	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE DE CONFERENCE BA001/101	2012
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SALLE DE CONFERENCE BA001/101	2012
REPRESENTATION	SPLIT	SPLIT	Royal Air	3CV	BUREAU ANNEXE REPRESENTANT BA001/105	2012
REPRESENTATION	climatiseur MURAL	SPLIT	Royal Air	3CV	CHARGE MAINTENANCE MIGC BA001/001	2010
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	AKOA	1,5CV	AFFAIRES GENERALES BA001/016	2010
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	CAISSE BA001/029	2010
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	PAYEUR BA001/031	2010
REPRESENTATION	SPLIT	SPLIT	Royal Air	3CV	Secret rep BA001/103	2010
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	2CV	Cadre MIGC BA001/008	2009
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	SOLDE BA001/019	2009
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	Salle informatique BA001/026	2009
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	Royal Air	3CV	Salle informatique BA001/026	2009
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	AKOA	2CV	BUREAU BUDGET SUITE BA001/028	2009
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	AKOA	2CV	CHEF UNITE RECETTE BA001/027	2007
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	TRANE	3CV	COOPECT BA001/009	1989

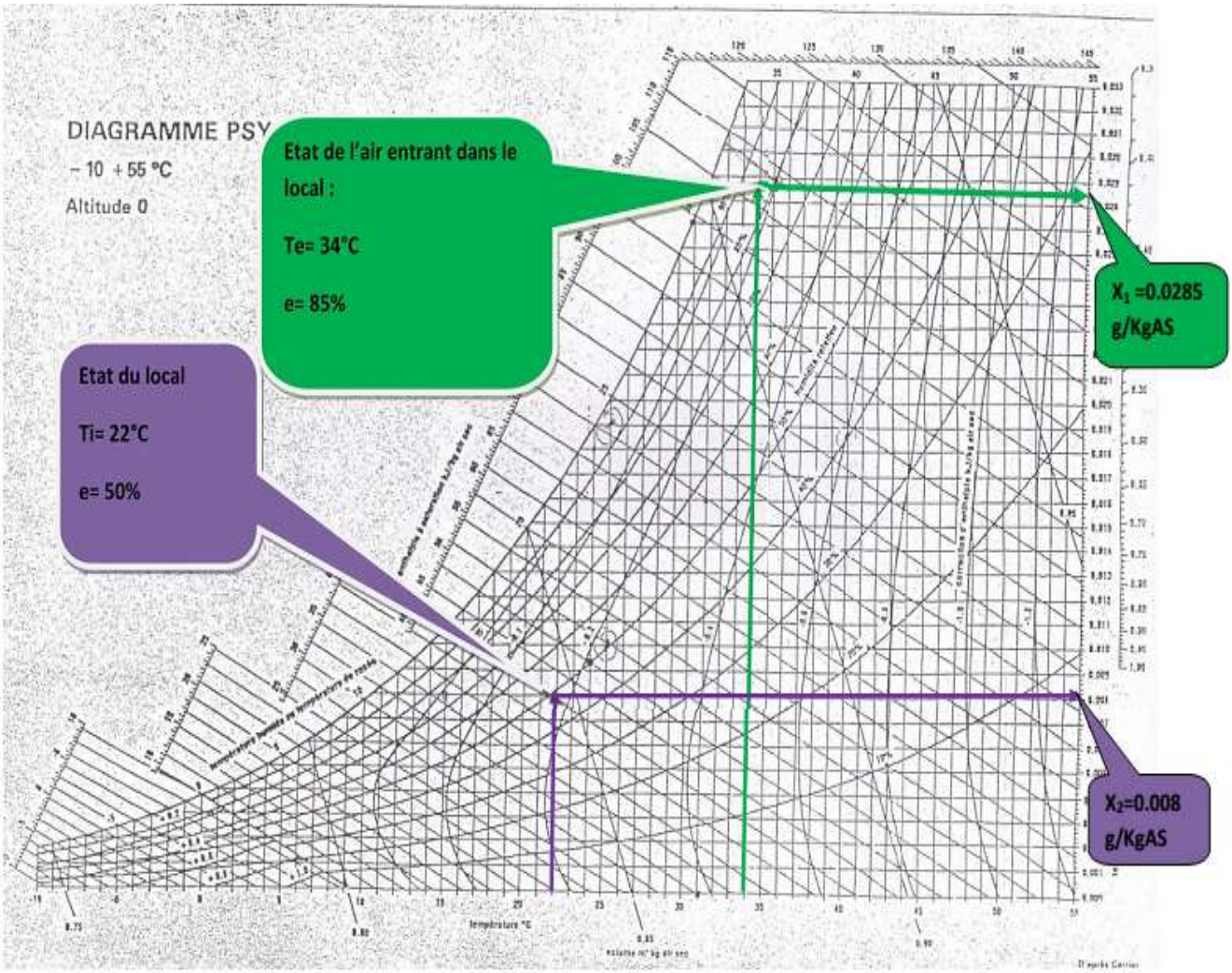
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	TRANE	3CV	CHEF UNITE PATRIMOINE BA001/010	1989
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	TRANE	3CV	SECRETARIAT MIGC BA001/002	1984
REPRESENTATION	climatiseur	SPLIT	TRANE	3CV	STANDARD REP BA001/021	1984
REPRESENTATION	SPLIT	SPLIT	HITACHI	3CV	BUREAU DU REP BA001/104	1984
REPRESENTATION	SPLIT	SPLIT	HITACHI	3CV	BUREAU DU REP BA001/104	1984
AIDES A LA NAVIGATION	CLIMATISEUR	SPLIT	Royal Air	3CV	LOCALISER BT010/001	2007
AIDES A LA NAVIGATION	CLIMATISEUR	SPLIT	Royal Air	3CV	LOCALISER BT010/001	2007
AIDES A LA NAVIGATION	CLIMATISEUR	SPLIT	Royal Air	3CV	GLIDE BT011/001	2007
AIDES A LA NAVIGATION	CLIMATISEUR	SPLIT	Royal Air	3CV	GLIDE BT011/001	2007
AIDES A LA NAVIGATION	CLIMATISEUR	SPLIT	Royal Air	3CV	VOR BT012/001	2007
AIDES A LA NAVIGATION	CLIMATISEUR	SPLIT	Royal Air	3CV	VOR BT012/001	2007
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	W	Daikin	1,5 CV	Salle énergie BT001/001	1982
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	W	Daikin	1,5 CV	Salle TTY BT001/010	1982
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	W	DAIKIN	1,5 CV	Bureau BCT BT001/011	1982
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	DAIKEN	1,5 CV	SALLE TECHNIQUE BT001/016	1982
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	DAKIN	1,5 CV	CHEF UNITE METEO BT001/109	1982
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	W	Daikin	1,5 CV	BUREAU CHEF UNITE CA BT001/110	1982

CENTRALE ELECTRIQUE	Climatiseur	W	DAIKIN	1,5 CV	Salle d'émission BT003/007	1982
SUBDIVISION IGC	Climatiseur	W	DAIKIN	1,5 CV	Chef Unité MIGC BT021/001	1982
SUBDIVISION IGC	Climatiseur	W	DAIKIN	1,5 CV	Cadre IGC BT021/002	1982
SUBDIVISION IGC	Climatiseur	W	DAIKIN	1,5 CV	Bureau Mécaniciens BT021/003	1982
AIDES RADIONAV	Climatiseur	W	DAIKIN	1,5 CV	CRD/P4 BT020/001	1982
AIDES RADIONAV	Climatiseur	W	DAIKIN	1,5 CV	CRD/P5 BT020/001	1982
LOGEMENTS	Climatiseur	W	Zenither	2CV	LOGEMENT DU CAS LA006/14	1990
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	W	GOLDSTAR	1,5 CV	BUREAU DU CAS BT001/112	1997
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	W	Goldstar	1,5 CV	Salle autocom BT001/003	2008
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	W	Goldstar	1,5 CV	Bureau RASI BT001/007	2008
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	W	Goldstar	1,5 CV	Bureau Chef Unité IRE BT001/008	2008
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	W	Goldstar	2 CV	Atelier radio BT001/009	2008
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	Split	LG	1,5 CV	Salle TTY BT001/010	2008
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	W	Unionnaire	1,5 CV	Bureau BCT BT001/012	2008
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	LG	1,5 CV	SALLE TECHNIQUE BT001/016	2008
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	LG	1,5 CV	SALLE TECHNIQUE BT001/016	2008
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	SPLIT	LG	1,5 CV	SALLE TECHNIQUE BT001/016	2008
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	UNIONAIRE	1,5 CV	COMPTABILITE 1 BT001/101	2008

BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	UNIONAIRE	1,5 CV	COMPTABILITE 2 BT001/102	2008
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	GOLDSTAR	1,5 CV	COMPTABILITE 3 /BT001/103	2008
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	LG	1,5 CV	SALLE VMA BT001/107	2008
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	ROYALAIR	1,5 CV	SALLE VMA BT001/107	2008
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	ROYALAIR	1,5 CV	SALLE VMA BT001/107	2008
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	GOLDSTAR	1,5 CV	CHEF SAP BT001/106	2008
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	ROYALAIR	1,5 CV	SALLE BARO BT001/108	2008
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR SPLIT	SPLIT	LG	1,5 CV	BUREAU DU CAS BT001/112	2008
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	LG	1,5 CV	TWR BT001/112	2008
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	LG	1,5 CV	TWR BT001/112	2008
CENTRALE ELECTRIQUE	Climatiseur	Split	LG	1,5 CV	Bureau Chef ELB BT003/004	2008
CENTRALE ELECTRIQUE	Climatiseur	W	LG	1,5 CV	Bureau Maintenance ELB BT003/006	2008
CENTRALE ELECTRIQUE	Climatiseur	W	LG	2 CV	Salle de Contrôle BT003/101	2008
CENTRALE ELECTRIQUE	Climatiseur	W	Royal Air	2 CV	Salle de Contrôle BT003/101	2008
SUBDIVISION IGC	Climatiseur	Split	LG	1,5 CV	Chef Unité MIGC BT021/001	2008
SLI	Climatiseur	Split	Unionnaire	1,5 CV	Bureau chef Unité SLI BT004/001	2008
SLI	Climatiseur	W	Royal Air	1,5 CV	Vigie BT004/101	2008
LOGEMENTS	Climatiseur	W	Zenither	2CV	LOGEMENT DU CAS LA006/14	2008

AIDES RADIONAV	Climatiseur	W	LG	2 CV	VOR BT012/001	2008
AIDES RADIONAV	Climatiseur	W	LG	2 CV	VOR BT012/001	2008
AIDES RADIONAV	Climatiseur	W	YORK	2,5 CV	GLIDE BT011/001	2008
AIDES RADIONAV	Climatiseur	W	YORK	2,5 CV	GLIDE BT011/001	2008
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	W	Unionaire	1,5 CV	Bureau BCT BT001/011	2009
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	W	Unionaire	1,5 CV	Bureau BCT BT001/011	2009
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	W	Royal Air	1,5 CV	Salle de réunion BT001/013	2009
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	W	Royal Air	1,5 CV	Salle de réunion BT001/013	2009
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	W	Royal Air	1,5 CV	BCT/BDP BT001/014	2009
BLOC TECHNIQUE	Climatiseur	W	Royal Air	1,5 CV	BCT/BDP BT001/015	2009
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	ROYAL A.	1,5 CV	SALLE TECHNIQUE BT001/016	2009
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	ROYALAIR	1,5 CV	CABINET DU CAS BT001/111	2009
BLOC TECHNIQUE	CLIMATISEUR	W	ROYAL	1,5 CV	TWR BT001/112	2009
SLI	Climatiseur	W	Royal Air	1,5 CV	Salle d'études BT004/003	2009
SLI	Climatiseur	W	Royal Air	1,5 CV	Salle d'études BT004/003	2009
AIDES RADIONAV	Climatiseur	W	LG	3 CV	LOC BT010/001	2010
AIDES RADIONAV	Climatiseur	W	LG	3 CV	LOC BT010/001	2010

Annexe 10 : Diagramme de l'air humide (détermination de la perte d'humidité absolue de l'air entrant dans un local)



$$\Delta X = X1 - X2 = 0\,0205\ {}^{g}/_{KgAs}$$

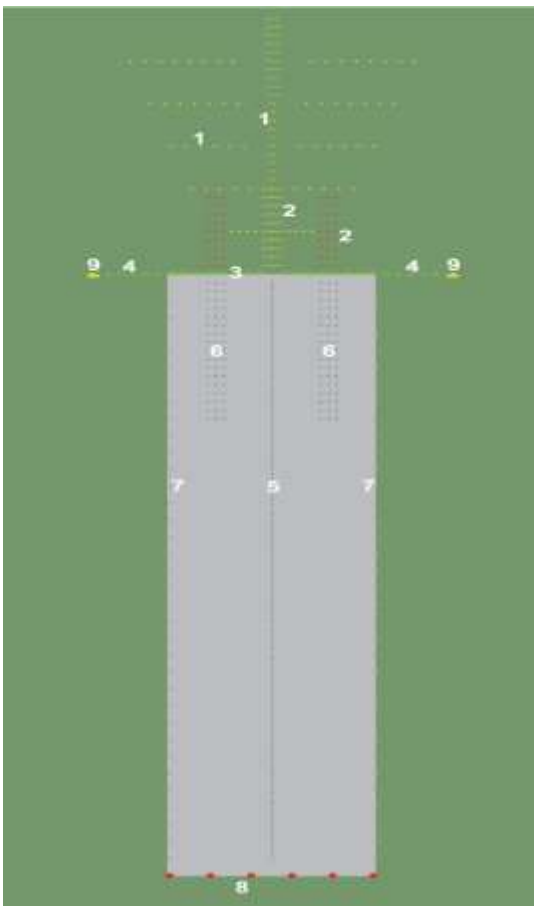
Annexe 11 : Estimation de la consommation de la centrale électrique

Désignations	Puissance unitaire (KW)	Quantité	Puissance installée (KW)	Durée de fonctionnement (Heure)	Consommation (KWh)/jour
Climatiseur 5CV	3.73	2	7.46	12	89.52
Climatiseur 3CV	2.238	1	2.238	24	53.712
Climatiseur 2CV	1.492	3	4.476	12	53.712
Climatiseur 1.5CV	1.119	3	3.357	8	26.856
Climatiseur 1.5CV	1.119	4	4.476	12	53.712
Fontaines réfrigérantes	0.55	1	0.55	20	11
Moteur de compresseurs d'air	0.75	2	1.5	2	3
Compresseur ERVOR	4	2	8	0.5	4
Surpresseurs	2.5	1	2.5	2	5
Extracteur d'air	0.075	2	0.15	12	1.8
Tube fluorescent	0.045	45	2.025	18	36.45
Tube fluorescent	0.0225	61	1.3725	8	10.98
Fluo compact	0.015	10	0.15	4	0.6
Applique	0.04	5	0.2	4	0.8
Lampe sodium	0.125	8	1	24	24
globe	0.06	12	0.72	12	8.64
Ordinateur fixe	0.11	7	0.77	12	9.24
Ecran plat	0.037	7	0.259	12	3.108
Imprimante	0.065	1	0.065	12	0.78
Téléviseurs	0.12	1	0.12	24	2.88
Total			**41.39**		**399.79**

Annexe 12 : Estimation de la consommation du Magasin (GST)

Désignations	Puissance unitaire (KW)	Quantité	Puissance installée (KW)	Durée de fonctionnement (Heure)	Consommation (KWh)/jour
Climatiseur 3CV	2.238	2	4.476	24	107.424
Climatiseur 2CV	1.492	4	5.968	8	47.744
Réfrigérateurs	0.15	1	0.15	20	3
Fontaines réfrigérantes	0.55	1	0.55	20	11
Surpresseurs	2.5	1	2.5	2	5
Tube fluorescent	0.045	84	3.78	12	45.36
Tube fluorescent	0.0225	6	0.135	8	1.08
Projecteur	0.5	3	1.5	12	18
globe	0.06	3	0.18	12	2.16
Ordinateur fixe	0.11	5	0.55	8	4.4
Ecran plat	0.037	5	0.185	8	1.48
Imprimante	0.065	3	0.195	8	1.56
Téléviseurs	0.12	1	0.12	8	0.96
Total			**20.29**		**249.17**

Annexe 13 : Différents feux sur un aérodrome.



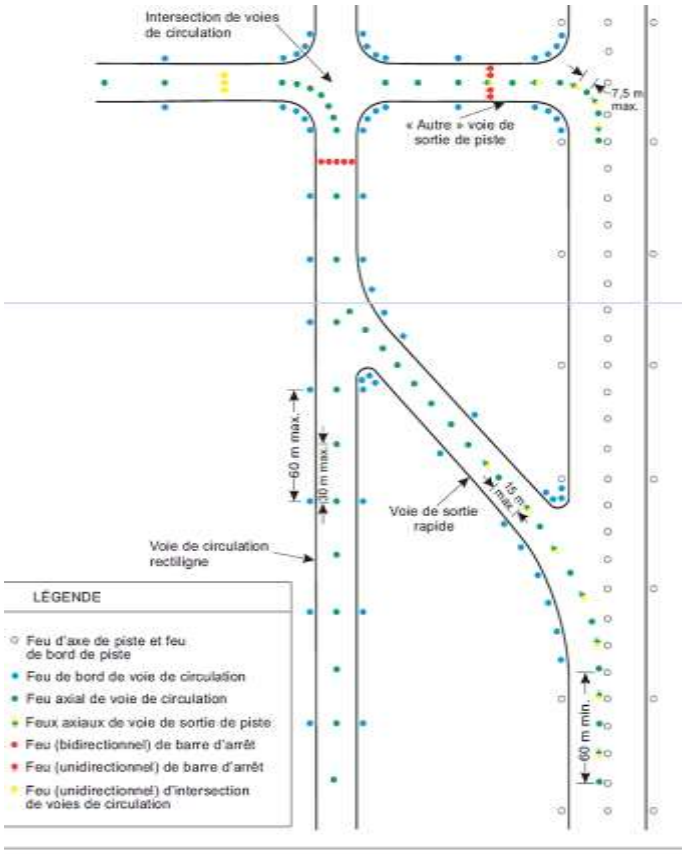


Figure 5-25 Balisage lumineux de voie de circulation

FEUX DE VOIES DE CIRCULATION

1 - Feux de rampe d'approche (CAT I)
2 - Feux de rampe d'approche renforcée (CAT II)
3 - Feux de seuil
4 - Feux de barres de flancs de seuil
5 - Feux d'axe de piste
6 - Feux de zone de toucher des roues (TDZ)
7 - Feux de bord de piste (latéral)
8 - Feux d'extrémité de piste
9 - Feux d'identification de seuil de piste (à éclats)

FEUX DE BORD DE PISTE ET D'APPROCHE PAPI

PANNEAUX DE SIGNALISATION

FEUX D'OBSTACLE

Annexe 14 : Evaluation d la charge d'un régulateur RCC

5.3 Calculs électriques

5.3.1 Évaluation de la charge d'une boucle

La charge d'une boucle de balisage peut s'évaluer en utilisant la formule suivante :

$$P = N \times \frac{P_{feu} + P_{secondaire}}{\eta \times \cos\varphi} + x \times 135 \text{ en V.A}$$

Avec :

- N : nombre de lampes ;
- P_{feu} : puissance d'un feu (puissance de l'ensemble des lampes) augmentée de 10 %, ce qui correspond à la tolérance des constructeurs de lampes ;
- $P_{secondaire}$: perte dans le cordon secondaire (200 W/km pour des câbles de section 4 mm² à 6,6A) ;
- η : rendement des transformateurs d'isolement (80 % pour 45 W ; 85 % jusqu'à 100 W, 90 % au delà) ;
- cosj : déphasage associé aux transformateurs d'isolement (0,95 à 6,6A) ;
- x : longueur de la boucle en kilomètres. La perte par km des câbles primaires de section 6 mm² est de 135 W à 6,6A.

Ce calcul permet de comparer la charge effective de la boucle au réglage de charge du CCR et d'optimiser le fonctionnement de la régulation, notamment en terme de qualité du signal et de découpage.

Il convient de choisir la valeur de réglage la plus proche par excès.

Par exemple, une charge calculée de 13,25kVA sur un CCR de 20kVA, amène à un réglage à 3/4, soit 15kVA car un réglage à 5/8, soit 12,5kVA n'assurerait pas l'optimisation de fonctionnement.

Note : le régulateur peut être équipé d'un dispositif permettant de vérifier automatiquement la charge de la boucle (valeur en pourcentage de la charge ou affichage de la puissance).

5.3.2 Mesure de continuité d'une boucle primaire de balisage

L'appareil à utiliser est un multimètre équipé de la fonction ohmmètre et la mesure s'effectue sur des CCR et des boucles consignés dans le respect des règles de sécurité en vigueur.

La résistance d'un câble de section 6 mm² est d'environ 3 W/km et celle des transformateurs d'isolement (TI) est, en moyenne suivant les puissances, d'environ 0,10 W. Pour simplifier les calculs et si l'on considère une densité moyenne de 10 TI par kilomètre, il est possible de ramener la résistance de l'ensemble à 4 W/km.

Ainsi, la valeur de continuité calculée correspond-elle à la longueur de la boucle en km multipliée par 4.

La valeur de référence est la valeur mesurée lors de la mise en service. Elle doit être proche de la valeur calculée.

La mesure de la continuité permet, d'une part, de vérifier la cohérence entre la valeur mesurée et la valeur de référence et, d'autre part, de savoir s'il n'y a pas une mauvaise résistance de contact entre connecteurs.

Une différence entre la valeur mesurée et la valeur calculée ou une variation significative entre deux mesures périodiques, permet de mettre en évidence un défaut, généralement de connectique, sur la boucle.

5.3.3 Mesure de résistance d'isolement d'une boucle primaire de balisage.

L'appareil à utiliser est un mégohmmètre avec accumulateur et tension de mesure allant jusqu'à 5000V.

La mesure s'effectue sur des CCR et des boucles consignés dans le respect des règles de sécurité en vigueur.

Si le câble de boucle est isolé 6 kV, choisir la tension d'essai 5000V ; s'il est isolé 1 kV, choisir 1000V.

Lancer la mesure et laisser le câble se charger au minimum une minute.

NB : ne pas oublier de décharger le câble après la mesure, en mettant l'âme à la terre au moyen d'un câble isolé.

La valeur minimale R de résistance de la boucle en MW se détermine de la manière suivante :

$$R = \frac{U_{essai}}{2 \times n_{TI} + 10 \times l_{boucle}} \text{ en M}$$

Avec :

- U_{essai} : tension appliquée pour l'essai ;
- 2 (µA) : valeur maximale du courant de fuite par transformateur d'isolement ;
- n_{TI} : nombre de TI sur la boucle primaire ;
- 10 (µA) : valeur maximale du courant de fuite par 1 km de câble ;
- l_{boucle} : longueur de la boucle primaire en km.

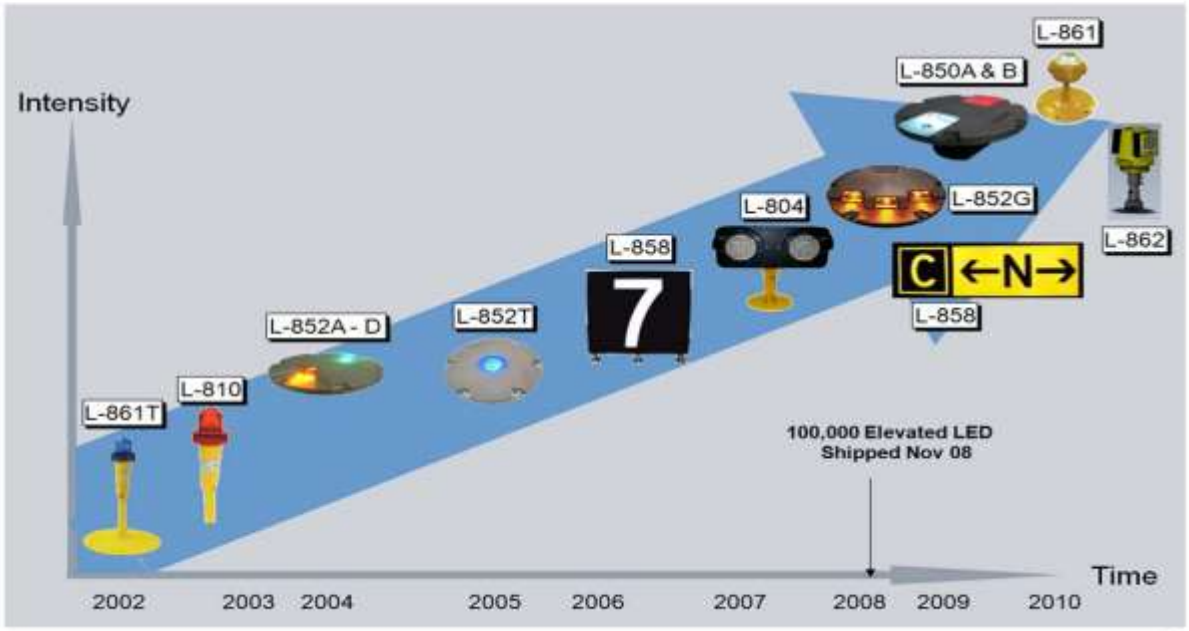
Source : www.stac.aviation-civile.gouv.fr

Annexe 15 : Les LEDS dans le système de balisage lumineux d'un aérodrome

ADB Airfield Solutions | CAQ

Solutions

Évolution des LED sur les pistes d'aviation



ADB Airfield Solutions | CAQ

Solutions

Feu de bord de voie de circulation LED

Feu de bord de voie de circulation intégré/LED surélevée

- La première LED au monde qui soit certifiée ETL pour feu de bord de voie de circulation
- La lentille en verre offre une meilleure visibilité de jour
- Une lentille en polycarbonate résiste aux dégâts si l'appareil d'éclairage est renversé
- Chauffage en option, contrôlé par thermostat; s'allume et s'éteint
- L-861T: 12VA sans chauffage et 25VA avec chauffage
- L-852T: 19,5 VA sans chauffage et 44VA avec chauffage

Rendement du capital investi (ROI)

- L-861T typique (sans chauffage) ROI: 2,4 ans
  (avec chauffage) ROI: 2,8 ans
- L-852T typique (avec chauffage) ROI: 2,6 ans

* Le chauffage est activé à 4 ° Celsius. Les tests montrent que le chauffage était activé seulement 40% du temps lorsque la température ambiante était de -4 ° Celsius

Elevated high-intensity runway edge light

Bidirectional fitting with omni-directional component for circling guidance and 150 W lamp. Also suitable as a threshold and/or end light, and as turning pan light with other lens and lamp ratings.

BPE

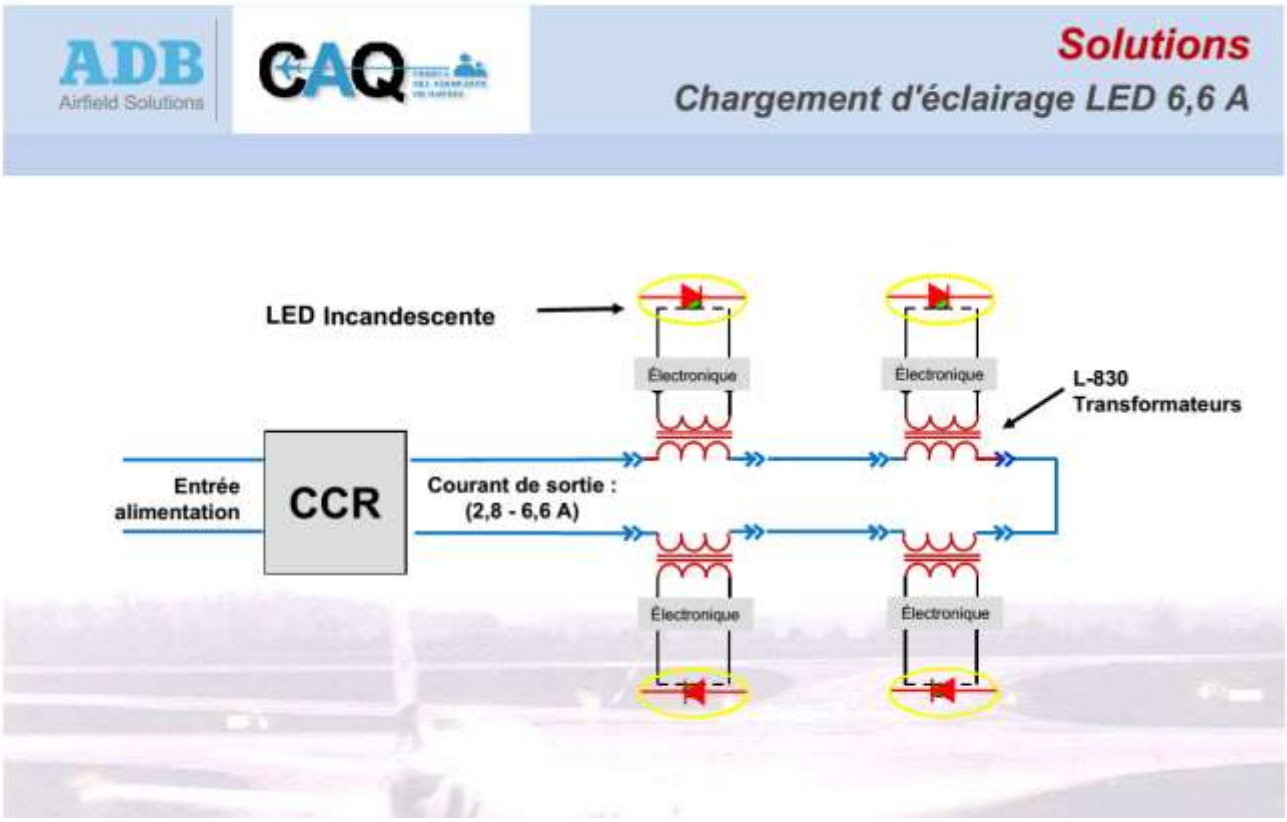
Cat. leaflet A.03.111e

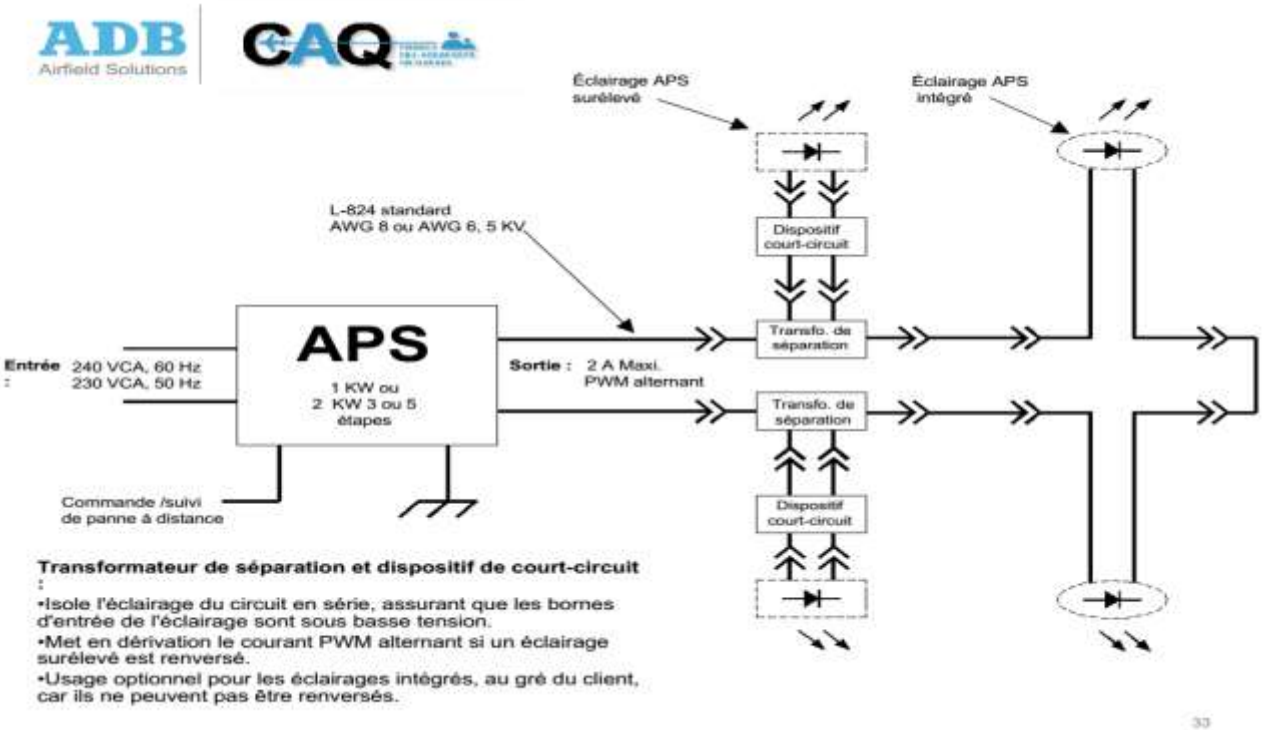
LED Elevated runway edge light

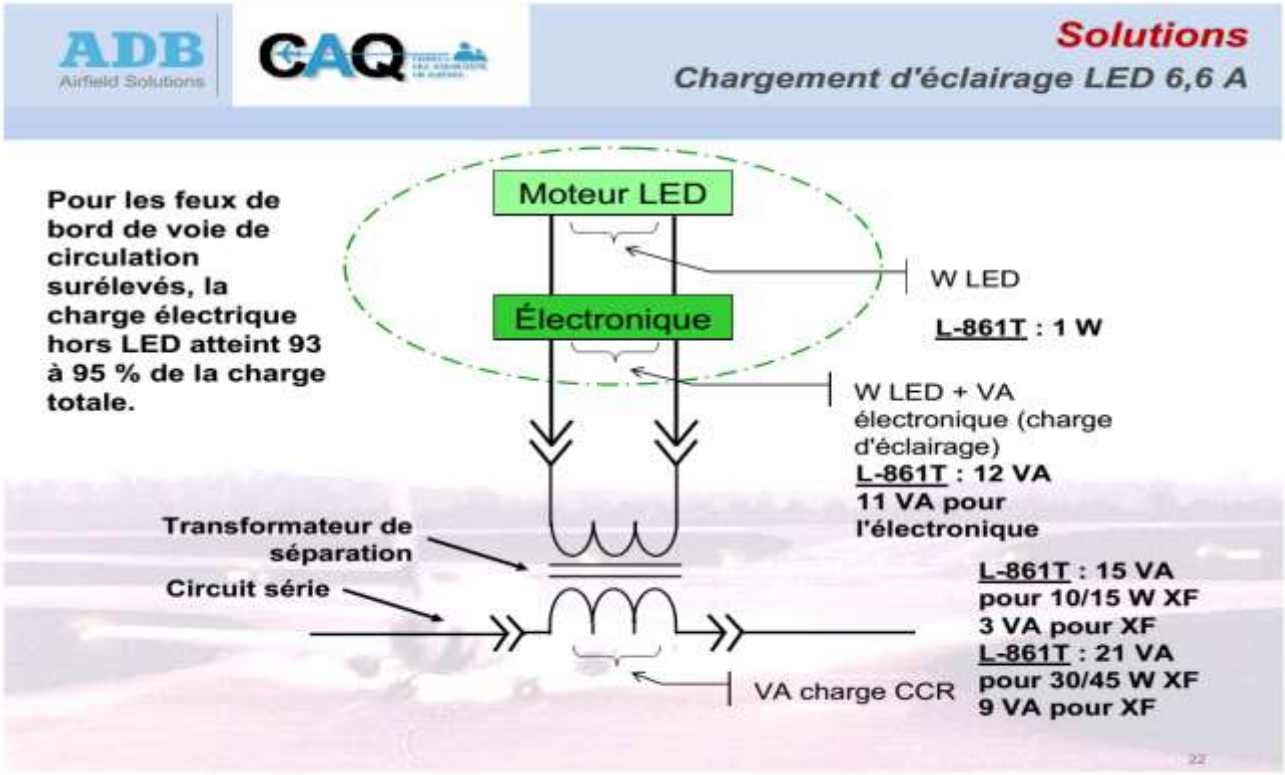
Bidirectional fitting with omnidirectional component for circling guidance and only 30 W power consumption.

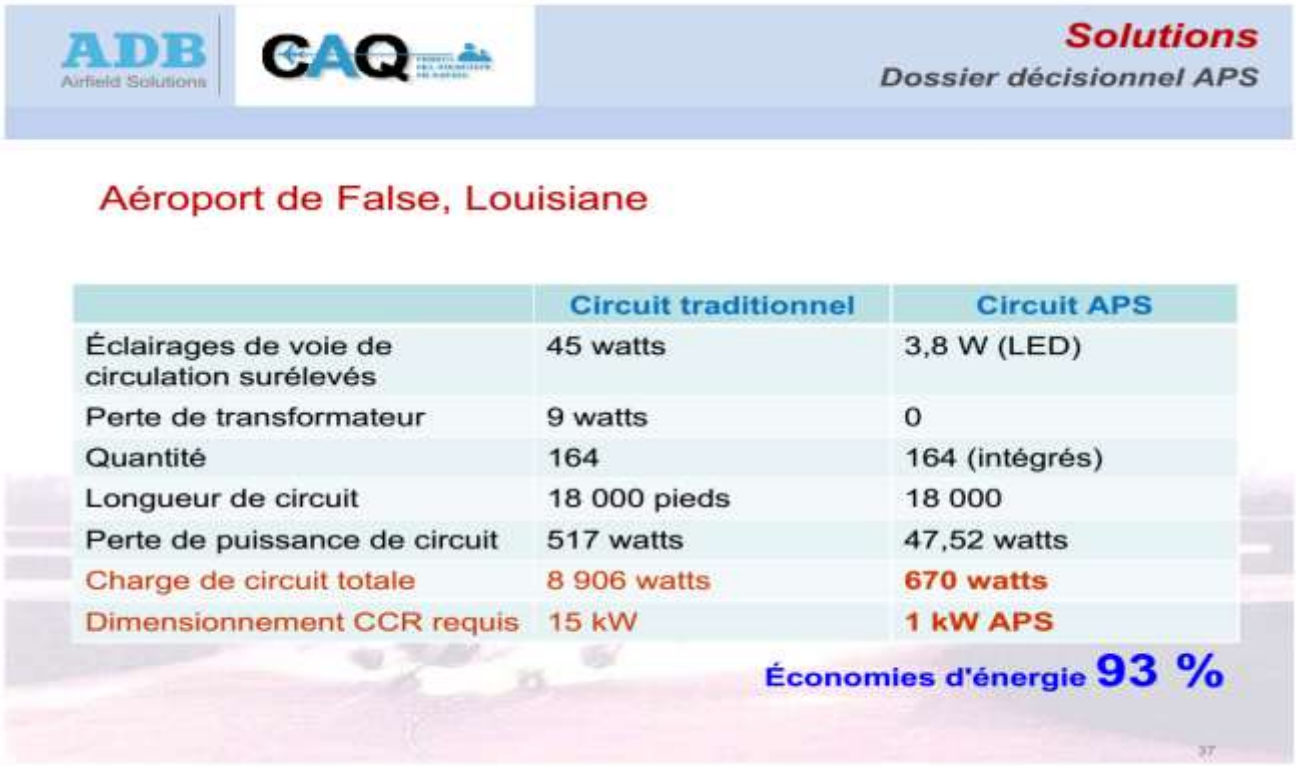
EREL /ERES

Cat. leaflet A.03.120


ADB
Airfield Solutions
CAQ
Solutions
Chargement d'éclairage LED 6,6 A
LED Incandescente
Électronique
Électronique
L-830
Transformateurs
Entrée
alimentation
CCR
Courant de sortie :
(2,8 - 6,6 A)
Électronique
Électronique


ADB
Airfield Solutions
CAQ
Éclairage APS
surélevé
Éclairage APS
intégré
L-824 standard
AWG 8 ou AWG 6, 5 KV
Dispositif
court-circuit
APS
1 KW ou
2 KW 3 ou 5
étapes
Entrée :
240 VCA, 60 Hz
230 VCA, 50 Hz
Sortie : 2 A Maxi.
PWM alternant
Transfo. de
séparation
Transfo. de
séparation
Dispositif
court-circuit
Commande /suivi
de panne à distance
Transformateur de séparation et dispositif de court-circuit
:
•Isole l'éclairage du circuit en série, assurant que les bornes d'entrée de l'éclairage sont sous basse tension.
•Met en dérivation le courant PWM alternant si un éclairage surélevé est renversé.
•Usage optionnel pour les éclairages intégrés, au gré du client, car ils ne peuvent pas être renversés.
33


ADB
Airfield Solutions
CAQ
Solutions
Chargement d'éclairage LED 6,6 A
Pour les feux de bord de voie de circulation surélevés, la charge électrique hors LED atteint 93 à 95 % de la charge totale.
Moteur LED
Électronique
W LED
L-861T : 1 W
W LED + VA électronique (charge d'éclairage)
L-861T : 12 VA
11 VA pour l'électronique
Transformateur de séparation
Circuit série
L-861T : 15 VA pour 10/15 W XF
3 VA pour XF
L-861T : 21 VA pour 30/45 W XF
9 VA pour XF
VA charge CCR
22


ADB
Airfield Solutions
CAQ
Solutions
Dossier décisionnel APS
Aéroport de False, Louisiane
Circuit traditionnel
Circuit APS
Éclairages de voie de circulation surélevés
45 watts
3,8 W (LED)
Perte de transformateur
9 watts
0
Quantité
164
164 (intégrés)
Longueur de circuit
18 000 pieds
18 000
Perte de puissance de circuit
517 watts
47,52 watts
Charge de circuit totale
8 906 watts
670 watts
Dimensionnement CCR requis
15 kW
1 kW APS
Économies d'énergie 93 %
37

ADB
Airfield Solutions
CAQ
Installation APS
9,06 po H x 19,00 po l x 20,10 po P
Économies
d'espace
Jusqu'à 5 APS
dans une seule armoire
(2 x Piste, 2 x Voie circ., 1 Secours)

Annexe 16 : Statistique de vols

Statistiques des vols balisés du 26 Septembre au 28 octobre 2014

Date	Nbre vols balisés au départ	Nbre vols balisés à l'arrivée
26	2	3
27	2	2
28	3	2
29	4	6
30	2	4
1	1	3
2	3	4
3	4	5
4	2	2
5	5	5
6	3	5
7	2	5
8	2	2
9	4	6
10	3	4
11	2	1
12	4	5
13	4	5
14	4	3
15	3	3
16	4	5
17	5	6
18	2	2
19	4	4
20	2	4
21	1	2
22	1	1
23	4	3
24	2	4

25	2	2
26	4	6
27	4	4
28	3	4
Moyenne journalière	3	4

Mouvements au départ et à l'arrivée pour l'année 2014

Mois	Nbre de mouvements au départ	Nbre de mouvements à l'arrivée
janvier	566	558
février	541	542
mars	594	590
avril	561	564
mai	511	506
juin	612	611
juillet	577	579
aout	588	591
septembre	491	493
octobre	577	574
Moyenne mensuelle	562	561
Moyenne journalière	20	19

Annexe 17 : Marché de déplacement du poste P1

Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar
Siège Social : 32 - 38 Av. Jean Jaurès DAKAR B.P. 3144 - Tél. : 33 849.66.00 - Fax : 33 823.46.54 / 33 823.59.68 - Site Web : www.asecna.aero

Direction Générale

32-38 Av. Jean Jaurès DAKAR B.P. : 3144 - Tél. : 33 849.66.00 - Fax : 33 823.46.54 / 33 823.59.68 - Site Web : www.asecna.aero

Dakar, le 03 DEC. 2014

ORDRE DE SERVICE N° 2014 /180/DGDIM

OBJET : Déplacement des Installations techniques de l'aéroport International de Lomé au TOGO (Volet Equipements)

MARCHE : N°2014/0953/DDGDD/DGDI

MONTANT : 587 040 335 FCFA HT/HD

APPROUVE LE : 29 Novembre 2014

ENTREPRISE : **AERONAV INC**

Par le présent Ordre de Service, le Fournisseur est invité à :

- recevoir notification du marché N°2014/0953/DGDD/DGDI ;
- recevoir un exemplaire du marché ;
- commencer l'exécution immédiate du marché.

Le présent ordre de service conforme à la minute inscrite au registre sous le N°2014/180/DGDIM sera notifié au Fournisseur par courrier recommandé.

Pour le Directeur Général et par délégation
Le Chef du Département Ingénierie et Prospective p.i

LE CHEF DU DÉPARTEMENT INGÉNIERIE ET PROSPECTIVE

Anselme RASOLOMAMPIONONA

ACCUSE DE RECEPTION

A retourner à la Direction Générale de l'ASECNA – Département Ingénierie et Prospective
B.P 8163 - DAKAR-YOFF
Je soussigné :.....
Représentant : .....
Déclare avoir reçu le .....copie conforme de l'ordre de service N°2014/180/DGDIM en date du .....

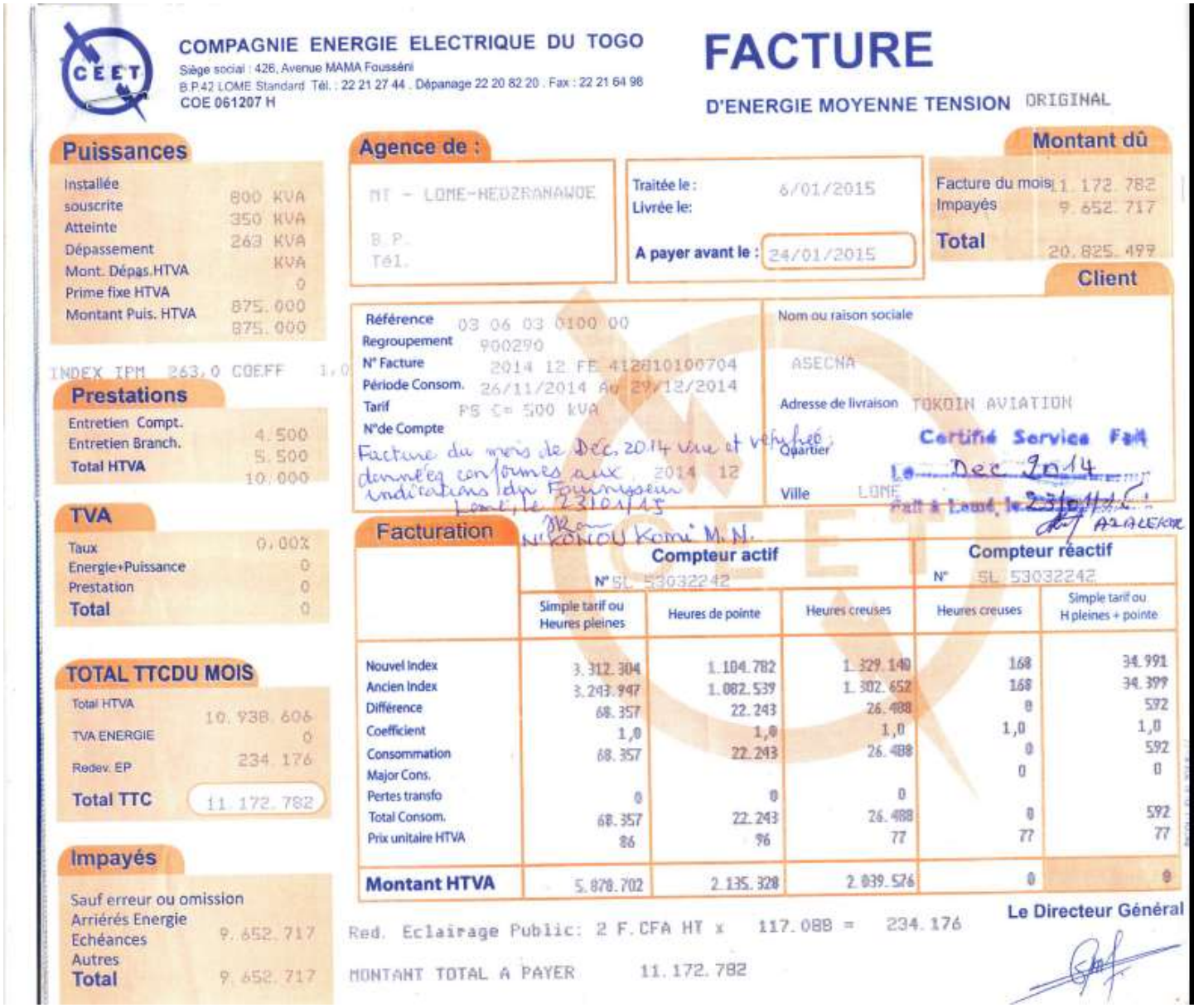
Le Fournisseur

Annexe 18 : Evaluation des gains par les détecteurs de présence.

BATIMENT	LOCAL	CLIMATISEUR	ECLAIRAGE		PUISSANCE INSTALLEE	LUNDI : Réunions De Service ou Maintenance	MARDI : Réunion avec le RO ou Maintenance	MERCREDI: Comité de direction (CODIR) ou Maintenance	JEUDI: CSOP ou Maintenance	VENDREDI : Maintenance ou autres	Energie économisée
		CV	Quantité	Puissance unitaire (ballast compris) En watts	KW	absence (h)	absence (h)	absence (h)	absence (h)	absence (h)	KWh
Centrale electrique	Maintenance energie bt003/002	1.5	8	22.5	1.3	3	3	3	3	3	19
Centrale electrique	Chef unite energie et balisage bt003/001	1.5	8	22.5	1.3	3	1	1	3	1	12
Centrale electrique	Salle de reunion bt003/005	1.5	8	22.5	1.3	3	3	3	3	3	19
Centrale electrique	1 couloirs	0	4	45	0.2	4	4	4	4	4	4
Centrale electrique	2 couloirs	0	12	72.5	0.9	4	4	4	4	4	17
Bloc technique	Bureau responable des operations bt001/107	3	8	45	2.6	1	3	3	3	1	29
Bloc technique	Chef unite reseau bt001/106	2	4	45	1.7	3	1	1	2.5	1	14
Bloc technique	Chef maintenance radio (chef unité cns) bt001/009	2	4	45	1.7	3	1	1	3	1	15
Bloc technique	Chef unite telecom bt001/024	2	2	45	1.6	3	1	1	3	1	14
Bloc technique	Chef unite ca bt001/110	2	1	45	1.5	3	1	1	3	1	14
Bloc technique	Commandant d'aerodrome bt001/111	2	1	45	1.5	3	3	1	3	1	17
Bloc technique	Chef unite cmt bt001/115	2	4	45	1.7	3	1	1	3	1	15
Bloc technique	Charge service meteo bt001/121	3	8	45	2.6	3	3	3	3	1	34
Bloc technique	Salle des techniciens bt001/120	2	4	45	1.7	3	3	3	3	3	25

Bloc technique	charge mirei bt001/001	2	8	45	1.9	3	3	3	3	1	24
Bloc technique	Chef unite qualification et integration du personnel bt001/005	2	4	45	1.7	3	1	1	3	1	15
Bloc technique	Chef unite maint. Equi.mto bt001/010	2	4	45	1.7	3	3	3	3	3	25
Bloc technique	Chef aim bt001/019	3	4	45	2.4	3	1	1	3	1	22
Bloc technique	Atelier maintenance bt001/006	2	12	45	2.0	1	1	1	1	1	10
Bloc technique	Salle repos cat bt001/025	2	4	15	1.6	4	4	4	4	4	31
Bloc technique	Chef unite reseau et sys. Info. Bt001/003	1.5	4	45	1.3	3	1	1	3	1	12
Bloc technique	5 couloirs	0	66	45	3.0	2	2	2	2	2	30
Representation	Bureau rcsq	3	16	22.5	2.6	1	1	3	3	1	23
Representation	Bureau represntant	3	6	22.5	2.4	1	1	3	1	1	17
Representation	Bureau caf	3	16	22.5	2.6	3	1	3	1	1	23
Representation	Bureau payeur	3	16	22.5	2.6	3	1	3	1	1	23
Representation	Bureau charge igc	3	8	22.5	2.4	3	3	3	3	1	31
Representation	Bureau chef unite patrimoine	3	8	22.5	2.4	3	3	3	3	3	36
Representation	Bureau chef unite piste voirie	3	8	22.5	2.4	3	3	3	3	3	36
Representation	Bureau cadres informatiques	2	8	22.5	1.7	3	3	3	3	3	25
Representation	Couloir	0	7	45	0.3	2	2	2	2	2	3
Representation	Couloir	0	14	15	0.2	2	2	2	2	2	2
Representation	Couloir	0	5	15	0.1	2	2	2	2	2	1
Total énergie économisée par semaine (KWh)											639

ANNEXE 19 : Facture d'électricité de l'ASECNA TOGO



COMPAGNIE ENERGIE ELECTRIQUE DU TOGO
Siège social : 426, Avenue MAMA Fousséni
B.P.42 LOME Standard Tél. : 22 21 27 44 . Dépanage 22 20 82 20 . Fax : 22 21 64 98
COE 061207 H

FACTURE
D'ENERGIE MOYENNE TENSION ORIGINAL

Puissances

Installée	800 KVA
souscrite	350 KVA
Atteinte	263 KVA
Dépassement	KVA
Mont. Dépas.HTVA	0
Prime fixe HTVA	875.000
Montant Puis. HTVA	875.000

INDEX IPM 263,0 COEFF 1,0

Prestations

Entretien Compt.	4.500
Entretien Branch.	5.500
Total HTVA	10.000

TVA

Taux	0,00%
Energie+Puissance	0
Prestation	0
Total	0

TOTAL TTCDU MOIS

Total HTVA	10.938.606
TVA ENERGIE	0
Redev. EP	234.176
Total TTC	11.172.782

Impayés

Sauf erreur ou omission

Arriérés Energie	
Echéances	9.652.717
Autres	
Total	9.652.717

Agence de : MT - LOME-HEDZRANAWOE
B.P.
Tél.

Traitée le : 6/01/2015
Livrée le:
A payer avant le : 24/01/2015

Montant dû

Facture du mois	1.172.782
Impayés	9.652.717
Total	20.825.499

Client

Référence 03 06 03 0100 00
Regroupement 900290
N° Facture 2014 12 FE 412810100704
Période Consom. 26/11/2014 Au 29/12/2014
Tarif PS C= 500 KVA
N°de Compte

Nom ou raison sociale
ASECNA
Adresse de livraison TOKOIN AVIATION
Quartier
Ville LOME

Facture du mois de Déc. 2014 vue et vérifiée; données conformes aux indications du Fournisseur
Lomé, le 23/01/15
Certifié Service Fait
Le Déc 2014
Fait à Lomé, le 23/01/15
NIKONOU Komi M.N.

Facturation

	Compteur actif N° SL 53032242			Compteur réactif N° SL 53032242	
	Simple tarif ou Heures pleines	Heures de pointe	Heures creuses	Heures creuses	Simple tarif ou H pleines + pointe
Nouvel Index	3.312.304	1.104.782	1.329.140	168	34.991
Ancien Index	3.243.947	1.082.539	1.302.652	168	34.399
Différence	68.357	22.243	26.488	0	592
Coefficient	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Consommation	68.357	22.243	26.488	0	592
Major Cons.				0	0
Pertes transfo	0	0	0		
Total Consom.	68.357	22.243	26.488	0	592
Prix unitaire HTVA	86	96	77	77	77
Montant HTVA	5.878.702	2.135.328	2.039.576	0	0

Red. Eclairage Public: 2 F.CFA HT x 117.088 = 234.176

MONTANT TOTAL A PAYER 11.172.782

Le Directeur Général