



**AUDIT ENERGETIQUE ET ELECTRIQUE DU BATIMENT ADMINISTRATIF
(R+5) DE L'UNION ECONOMIQUE ET MONETAIRE OUEST AFRICAINE
(UEMOA) A OUAGA 2000**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : GENIE ENERGETIQUE ET ELECTRIQUE**

Présenté et soutenu publiquement le 17/10/14 par :

Dafoura Paul MILLOGO

Travaux dirigés par :

Directeur de Mémoire :

Dr Daniel YAMEGUEU

Enseignant-Chercheur

Laboratoire Energie Solaire

et Economie d'Energie (LESEE)

Maitre de Stage :

M. Honoré Patrice TOE

Expert Agrée près les Cours et Tribunaux

du Burkina Faso

Directeur Général de la Société I.C.B.

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Pr Yézouma COULIBALY**

Membres et correcteurs : **Pr Yézouma COULIBALY**

Justin BASSOLE

Gaye MADIEUMBE

Honoré Patrice TOE

Promotion 2013/2014

A la Mémoire de

PAPA et MAMAN qui nous ont quittés prématurément.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A tous mes oncles : Solo, Dibi, Ouorossoun, ...

A mes tantes : Dibidalo, Doubaya, Wouro, ...

*A mes frères: Tontama Michel, Tolo, Alain, Tontama Charles, Salia, Ségué, Dié
Didier, Tolo Raoul, Dié Jean, Kalifa, Tontama, Dié Roger, ...*

A mes sœurs : Tondo, Awa, Victorine, Tonsouro, Kadidia, Fanta, Emilie, ...

A mes cousins : Tontama Brahama, Moussa, Noël, Justin, ...

A mes Belles sœurs : Martine, Christiane, Alida, Alice, ...

*A mes Amis : Mahhé, Aziz, Zaca, Abdramane, Dovic, Mata, Isabelle, Esther, Kadi,
Djénéba, Abdouramane, Sami, ...*

A mon voisin et sa femme à BOBO : Joseph TIEMTORE et Marie Evelyne SANON.

A ma grande famille à KOKANA, SYA, OUAGADOUGOU.

A toutes mes chères connaissances.

*A tous ceux et celles qui œuvrent pour le respect et la restauration de la dignité de
leurs frères. (Tiré du Rapport de Mémoire d'un grand frère)*

A ...

REMERCIEMENTS

<< *Les mots décrivent rarement les sentiments les plus profonds*>>

Je tiens à remercier le Directeur Général de la Société d'Ingénierie et de Contrôle du Burkina (**I.C.B**), Monsieur Honoré Patrice TOE qui a bien voulu me donner cette opportunité d'effectuer ce stage dans sa prestigieuse structure et pour ses conseils avisés.

Un grand merci à Monsieur Sanari FORO, Directeur Technique **I.C.B** pour son encadrement inconditionnel et sa grande disponibilité ainsi qu'à Pierre Steve Sitoa KI et Patrik Gildas SALO, techniciens **I.C.B** avec qui j'ai passé d'agréables moments dans nos différentes sorties et qui n'ont ménagé aucun effort pour répondre à mes interminables questions. Vraiment merci pour votre disponibilité.

Je remercie également toute l'équipe de la société **I.C.B** pour leur soutien et pour la bonne ambiance qui régnait ; plus particulièrement Monsieur Seydou SANKARA grâce à qui tout le personnel était de bonne humeur.

Merci à Monsieur Souleymane DIARRA Directeur Général de la Société d'Etudes et Entreprise d'Equipement (**SEEE**) pour son aide précieuse et son temps qu'il m'a accordés.

Un merci particulier à mon camarade frère Giscard Péruchon FADA BANGMOU pour son aide et son soutien dont il a fait preuve.

Je tiens également à dire merci à mon Directeur de mémoire Dr Daniel YAMEGUEU pour ces précieux conseils et son orientation tout au long de mon stage.

Merci à Dr Sayon SIDIBE, responsable pédagogique des Master Energie au **2iE**, pour sa coordination et ses conseils tout au long de notre formation.

Je dis merci à tout le corps enseignant et le personnel de **2iE** pour leur travail abattu tout au long de notre formation.

Je profite pour dire grand merci doublé d'une profonde et sincère reconnaissance à tous mes enseignant(e)s qui, depuis mon primaire ont pleinement contribué à la formation de cet Ingénieur que désormais je suis. Je dois dire un grand merci, à toutes mes promotions qui m'ont toujours été de véritables compagnons.

RESUME

L'étude des installations électriques de l'immeuble **UEMOA** sis Avenue France Afrique à OUAGA 2000, a révélé des insuffisances sécuritaires graves et des dysfonctionnements sérieux, et a indiqué les voies et moyens pour y remédier. En effet, les tensions fournies par le réseau public **SONABEL**, pour l'alimentation de l'immeuble aux heures de pointe sont basses par rapport à celles prévues par la normale (tensions entre phase/neutre varient de **194 à 207 V** et celles entre phase varient de **352 à 357 V**) et par ailleurs les installations électriques ne disposent d'aucune protection différentielle et certains circuits des climatiseurs se chauffent énormément. Comme Conséquence, il existait des risques sérieux de courts circuits et d'incendie dans l'immeuble, de plus la protection des personnes était insuffisante. L'objectif de cette présente étude est de réaliser un diagnostic des installations électriques, afin de mieux cerner l'ensemble des problèmes sur celles-ci et proposer des solutions idoines pour leur mise aux normes de sécurité des installations électriques. Au terme de notre étude nous avons recommandé de procéder dans les meilleurs délais à la mise en œuvres des mesures suivantes pour éviter les graves désagréments aux personnes et aux biens : alimenter l'immeuble par un poste transformateur autonome de **250 kVA** pour remédier aux chutes de tension, mettre aux normes de sécurité tous les tableaux et les circuits électriques de l'immeuble, installer un paratonnerre à dispositif d'amorçage (**PDA**) sur le toit de l'immeuble. En plus de la réhabilitation des installations électriques nous avons procédé à un audit énergétique afin d'optimiser la facture énergétique et augmenter l'efficacité énergétique. Cet audit nous a amené à proposer les mesures suivantes : remplacer les lampes ordinaires par les lampes basses consommations (**LBC**), remplacer le système de climatisation existante par un système plus économique à savoir un système centralisé le Volume à Réfrigérant Variable (**VRV**), procéder à l'intégration du solaire Photovoltaïque (**PV**) et d'installer une batterie de compensation de **120 kVAR**.

Mots Clés :

1. **Audit Energétique et Electrique**
2. **Système Photovoltaïque**
3. **Efficacité Energétique**
4. **Diagnostics**
5. **UEMOA**

ABSTRACT

The study of electrical installations **WAEMU** France at Avenue Africa Ouaga 2000 building, has revealed serious shortcomings and serious security shortcomings, and noted the ways and means to address them. Indeed, the tension provided by the **SONABEL** public network to supply the building during peak hours are low compared to those provided for normal (tension between phase / neutral range of **194-207 V**, and those between stage ranges from **352-357 V**) and also electrical installations have no differential protection circuits and some air conditioners are very hot. As a result, there was a serious risk of short circuits and fire in the building, most of the protection of individuals was insufficient. The objective of this study is to make a diagnosis of electrical installations, to better understand all the problems on them and propose appropriate solutions for their upgrading of electrical safety. At the end of our study, we recommended that as soon as possible in the development works of the following measures to avoid serious inconvenience to persons and property: the building of a power transformer station **250 kVA** standalone to address falls voltage to the safety standards all tables and circuits of the building, install a lightning conductor boot device (**PDA**) on the roof of the building. In addition to the rehabilitation of power facilities we conducted an energy audit to optimize the energy costs and increase energy efficiency. This audit has led us to propose the following: replace ordinary lamps with low consumption lamps (**LBC**), replace the existing air conditioning system with a more economical system that is a centralized system with Variable Refrigerant Volume (**VRV**), proceed the integration of solar photovoltaic (**PV**) and install a capacitor bank **120 kVAR**.

Key words:

1. **Energy and Electrical Audit**
2. **Photovoltaic System**
3. **and Energy Efficiency**
4. **Diagnosis**
5. **WAEMU**

LISTE DES ABREVIATIONS

2IE : Institut Internationale d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

BAEA : Bloc Autonome d'Eclairage d'Ambiance

BAES : Bloc Autonome d'Eclairage de Sécurité

ICB : Société d'Ingénierie et de Contrôle du Burkina

ISO : International Standard Organisation

DPN : Disjoncteur Phase Neutre

DRV : Débit à Réfrigérant Variable

DT : Double Tarif

EE : Efficacité Energétique

PDA : Paratonnerre à Dispositif d'Amorçage

PRODERE : Programme de Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité
Energétique

PV : Photovoltaïque

RDC : Rez-De-Chaussée

SARL : Société A Responsabilité Limité

SONABEL : Société Nationale d'Electricité du Burkina

SEEE : Société d'Etudes et Entreprise d'Equipement

TD : Tableau Divisionnaire

TGBT : Tableau Général Basse Tension

TRI : Temps de Retour sur Investissement

UEMOA : Union Economique et Monétaire Ouest Africaine

VRV : Volume de Réfrigérant Variable

SOMMAIRE

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME	iii
LISTE DES ABREVIATIONS.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	3
LISTE DES FIGURES	4
INTRODUCTION	5
CHAPITRE I.....	7
PRESENTATION DE L'ETUDE.....	7
I.1 PRESENTATION DE LA SUTRUCTURE D'ACUEIL	8
I.2 PRESENTATION DU BATIMENT	9
I.5 VISION DE L'UEMOA SUR L'ENERGIE.....	10
I.6 OBJECTIF DE L'ETUDE	10
I.8 METHODOLOGIE DE L'ETUDE ET NORMES	11
I.8.1 METHODOLOGIE DE L'ETUDE	11
I.8.2 OUTILS DE TRAVAIL	12
I.8.3 NORMES APPLICABLES	13
CHAPITRE II	14
ETAT DES LIEUX DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES DE L'IMMEUBLE UEMOA	14
II.1 BILAN DE PUISSANCE DU BATIMENT	15
II.3 LES SOURCES D'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE	15
II.3.1 LE RESEAU SONABEL	15
II.3.2 LA SOURCE SECOURS	16
II.4 LES CONDUITS ELECTRIQUES ET CONNEXES.....	16
II.5 LE RESEAU DE MISE A LA TERRE.....	17
II.6 LES TABLEAUX ELECTRIQUES	17
II.7 L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE.....	18
II.8 LA PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS D'ORIGINE ATMOSPHERIQUE	19
II.9 SYSTEME DE SECURITE INCENDIE	19
CHAPITRE III :	20
DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES ET SOLUTIONS PRECONISEES	20
III.1 TABLEAU RECAPITULATIF DES DISFONCTIONNEMENTS ET LES SOLUTIONS ENVISAGEES	21

III.2 DIAGNOSTIC DU SYSTEME DE SECURITE INCENDIE	28
III.4 DIAGNOSTIC DU PRINCIPAL CABLE D'ALIMENTATION DE L'IMMEUBLE.....	30
III.5 COMPOSITION DES TABLEAUX ELECTRIQUES ET LES SECTIONS D'ALIMENTATION.....	30
CHAPITRE IV.....	36
PROPOSITION D'AMELIORATION ENERGETIQUE DE L'IMMEUBLE.....	36
IV.1 ETAT DES LIEUX DETAILLES DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES.....	37
IV.1.1 ECLAIRAGE.....	37
P : Puissance	38
IV.1.2 BUREAUTIQUE	38
IV.1.3 CLIMATISATION	39
IV.2 BILAN ENERGETIQUE ET PRECONISATIONS.....	39
IV.3 ANALYSE DE LA FACTURATION ELECTRIQUE	41
IV.4 ANALYSES COMPARATIVES DES ENERGIES SPECIFIQUES	43
IV.4.1 LAMPES ORDINAIRES ET LAMPES ECONOMIQUES	43
IV.4.2 CLIMATISEURS SPLITS ET VRV (VOLUME DE REFRIGERANT VARIABLE).....	45
IV.5 INTEGRATION DU SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE	48
IV.6 PROPOSITION DE MESURES D'EFFICACITE ENERGETIQUE	52
CHAPITRE V.....	53
OFFRE FINANCIERE	53
V.1 COUT D'EXCECUTION DES TRAVAUX ELECTRIQUES ET ENERGETIQUES	54
V.2 ECONOMIE GLOBALE REALISABLE.....	55
V.3 PLANNING D'EXCECUTION DES TRAVAUX.....	55
CONCLUSION.....	57
RECOMMADATIONS	58
BIBLIOGRAPHIE.....	60
ANNEXES	61

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Bilan de puissance installée dans l'immeuble UEMOA	15
Tableau 2: Caractéristiques de la source d'alimentation SONABEL	61
Tableau 3: Valeur de terre.....	17
Tableau 4: Synthèse des diagnostics des installations électriques et solutions préconisées....	21
Tableau 5: Calcul de la chute de tension à 350 m.....	62
Tableau 6: Calcul de la section adaptée à 350 m	62
Tableau 7: Composition des tableaux électrique et les sections des câbles.....	31
Tableau 8: Données de calcul	37
Tableau 9: Coût d'exploitation de l'éclairage	37
Tableau 10: Coût d'exploitation de la bureautique	38
Tableau 11: Coût d'exploitation de la climatisation.....	39
Tableau 12: Bilan annuel de la facture	39
Tableau 13: Puissance de la batterie de compensation	42
Tableau 14: Coût d'exploitation journalier des lampes ordinaires.....	43
Tableau 15: Coût d'exploitation journalier des lampes économiques.....	43
Tableau 16: Récapitulatif des économies annuelles réalisables	44
Tableau 17: Indicatif des puissances des unités intérieures.....	46
Tableau 18: Investissement du VRV	47
Tableau 19: Coût d'exploitation système VRV.....	48
Tableau 20: Résultat de calculs solaire	49
Tableau 21: Section des câbles	51
Tableau 22: Temps de Retour sur Investissement (TRI)	51
Tableau 23: Coût des travaux d'électricité	54
Tableau 24: Coût estimatif des solutions énergétiques.....	54

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Photo de l'immeuble UEMOA vue arrière.....	9
Figure 2: Local SONABEL	16
Figure 3: Boite de dérivation	17
Figure 4: Deux Tableaux électriques et un coffret parafoudre par niveau	18
Figure 5: Tableau Général Basse Tension (TGBT)	18
Figure 6: Dismatic brûlé	19
Figure 7: Parafoudre défectueux	19
Figure 8: Diagramme des consommations.....	40
Figure 9: Planning des activités	56

INTRODUCTION

L'immeuble en exploitation par l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) à Ouaga 2000 à usage de bureaux administratifs est confronté à de multiples pannes et de risques d'incendie de ces installations électriques. C'est dans ce contexte que l'UEMOA dans sa politique de Programme de Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique (PRODERE) a souhaité réaliser une étude d'optimisation de ses installations électriques. Cette étude commanditée par l'UEMOA est réalisée par la Société d'Ingénierie et de Contrôle du Burkina (I.C.B) qui, dans son expertise, va procéder à l'application de plusieurs actions (sensibilisation, solutions techniques appropriées, intégration des énergies renouvelables notamment l'énergie photovoltaïque) et effectuera des travaux de réhabilitation de l'installation électrique.

L'immeuble UEMOA est construit il y a de cela quelque années, mais cela fait un certain temps que l'UEMOA est en location. Cependant depuis son occupation, l'immeuble a fait l'objet de plusieurs plaintes de la part des agents de l'UEMOA concernant la qualité de ses installations notamment l'électricité, la plomberie sanitaire, les portes, les fenêtres, la climatisation, l'étanchéité, etc.). Pour cause, l'immeuble était construit pour accueillir plusieurs locataires, cependant l'UEMOA ayant loué tout l'immeuble, les installations électriques devaient être modifiées pour s'adapter à l'usage commun. Ce sont ces modifications (beaucoup de boîtes de dérivations qui sont sources d'anomalies, adaptation de l'immeuble pour usage de bureaux, etc.) ajoutées à une mauvaise conception des installations de l'immeuble qui ont engendré les problèmes à savoir les multiples pannes et des risques d'incendie sur les installations électriques.

Notre objectif pour cette présente étude est de diagnostiquer l'ensemble des problèmes qui perturbent les activités de l'UEMOA dans l'immeuble et de proposer des pistes de solutions durables pour l'exploitation efficace de l'immeuble. Les objectifs spécifiques de notre étude se déclinent dans les points suivants :

- ✓ réaliser un diagnostic des installations électriques, afin de mieux cerner l'ensemble des problèmes sur celles-ci;
- ✓ proposer des solutions idoines pour une mise aux normes de sécurité des installations électriques ;

- ✓ proposer des solutions pour l'optimisation de l'énergie de l'immeuble ;
- ✓ évaluer les coûts indicatifs de mise en œuvre des recommandations de l'audit électrique et énergétique ;
- ✓ élaborer un plan de mise en œuvre des recommandations.

L'étude ainsi réalisée se présente en cinq grands chapitres. Le premier donne un aperçu sur la présentation de l'étude. Vient ensuite l'état de lieu des installations électriques. A la lumière des deux premiers, le troisième nous permet d'exposer nos propositions de solutions aux anomalies relevées. Le quatrième s'intéresse à l'optimisation énergétique de l'immeuble. Le dernier enfin, nous amène à faire une estimation du coût pour la réalisation des recommandations. Et pour terminer, une conclusion générale nous donne de faire une synthèse globale de toute l'étude.

CHAPITRE I

PRESENTATION DE L'ETUDE

<< Rien n'est aussi pratique qu'une bonne théorie >>

K. Levin

I.1 PRESENTATION DE LA SUTRUCTURE D'ACUEIL

La Société d'Ingénierie et de Contrôle du Burkina (I.C.B) est une Société à responsabilité Limitée (SARL) de droit burkinabé au capital de 2 000 000 FCFA, créée en 1996 et dont le siège social est à Ouagadougou, en plein centre-ville.

I.C.B Sarl est un cabinet d'ingénierie avec quatre principaux domaines d'intervention à savoir:

- ✓ audits énergétiques et en maintenance ;
- ✓ les contrôles techniques ;
- ✓ le conseil en maintenance ;
- ✓ l'expertise et la formation.

La société I.C.B est aujourd'hui connue sur le plan national et sous régional pour son expertise très éprouvée. I.C.B intervient dans les secteurs suivant:

- ✓ l'énergie et l'industrie ;
- ✓ le bâtiment et les travaux publics ;
- ✓ l'hydraulique et les biens de consommations.

En matière d'Ingénierie, I.C.B possède toutes les compétences nécessaires pour fournir des prestations qui s'étendent à toutes les phases du cycle des projets. L'expertise d'I.C.B en maintenance porte surtout sur le conseil. En effet la défaillance de maintenance de nos industries sous régionales, est très grave et entraine de nombreuses conséquences en termes de productivité, de coût de production, d'énergie, etc. D'où la justification du conseil en maintenance.

La société possède une longue expérience en matière de contrôle technique permettant de conduire l'ensemble des opérations de vérification d'un équipement technique, d'une installation (ensemble d'équipements) ou d'un chantier afin de s'assurer de leur conformité aux normes réglementaires. Tous nos contrôles se font sur la base des normes internationales dites ISO (International Standard Organization), à moins que des normes nationales ne comportent des dispositions meilleures par rapport à celles-ci. La société réalise trois types d'Expertise : l'expertise judiciaire, l'expertise d'assurances et l'analyse des risques en amont ou en aval d'un sinistre et l'évaluation de patrimoine. I.C.B dispose d'un personnel permanent comprenant plusieurs cadres (Ingénieurs et techniciens multidisciplinaires) qui

interviennent dans tous ses domaines principaux d'intervention. Ce personnel permanent est appuyé par un réseau d'experts indépendants spécialisés dans divers domaines comme le froid et la climatisation, l'environnement, la gestion et les finances, la sociologie etc. En fin I.C.B est équipé de moyens modernes informatiques, logistique et de communication (Internet haut débit) ainsi que des équipements techniques lui permettant de réaliser aisément toutes ses missions.

I.2 PRESENTATION DU BATIMENT

L'immeuble UEMOA est un bâtiment à six (06) niveaux à usage de bureaux. Il est situé à OUAGA 2000 sur l'Avenue France-Afrique. Il a été loué par l'UEMOA pour certains de ses services administratifs.

En plus du bâtiment R+5, d'autres ouvrages annexes sont construits sur la parcelle, à l'arrière de l'immeuble. Ce sont:

- ✓ une guérite de sécurité et un local compteur ;
- ✓ une salle d'eau extérieure et un petit magasin ;
- ✓ un hangar à usage de parking et un hangar abritant le groupe électrogène.



Figure 1: Photo de l'immeuble UEMOA vue arrière

I.5 VISION DE L'UEMOA SUR L'ENERGIE

La vulnérabilité des économies des Etats membres de l'UEMOA est devenue une des préoccupations majeures au regard de la flambée du prix du pétrole et du caractère structurel de cette évolution.

La facture énergétique devient plus chère et se traduit par des pertes de points de croissance et des difficultés pour les ménages confrontés à une inflation qui se répand dans pratiquement tous les secteurs d'activité.

La vision des Etats de la sous-région est bâtie sur les axes suivants:

- ✓ développer une offre diversifiée, compétitive et durable en énergie ;
- ✓ maîtriser la consommation de l'énergie électrique et promouvoir l'efficacité énergétique;
- ✓ garantir la sécurité des approvisionnements énergétiques de l'Union ;
- ✓ mettre en valeur et assurer la gestion optimale des ressources énergétiques de l'Union en systématisant l'interconnexion des réseaux électriques ;
- ✓ promouvoir les énergies renouvelables ;
- ✓ faire émerger un marché régional de l'électricité de l'Afrique de l'Ouest ;
- ✓ mettre sur pied un mécanisme d'accompagnement et de financement du secteur de l'électricité ;
- ✓ contribuer à la préservation de l'environnement.

Il s'agit d'assurer à l'ensemble des citoyens de l'UEMOA, l'accès à l'énergie à bas prix à l'horizon 2030 et de mettre en place un vaste marché d'échanges d'énergie électrique intégré et harmonisé à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest, en s'appuyant sur un partenariat public-privé dynamique.

I.6 OBJECTIF DE L'ETUDE

Cette présente étude poursuit les objectifs suivants:

- ✓ améliorer le confort des usagers de l'immeuble ;
- ✓ rendre l'installation de l'immeuble en conformité aux normes de sécurité ;
- ✓ optimiser la facture énergétique ;

- ✓ minimiser les problèmes environnementaux (réchauffement climatique et les catastrophes naturelles) à défaut de les arrêter par l'intégration des énergies renouvelables.

I.8 METHODOLOGIE DE L'ETUDE ET NORMES

Pour la réalisation du présent audit, nous avons opté appliquer une méthode participative associant les principaux acteurs impliqués dans la gestion et l'occupation de l'immeuble à savoir CAP-Immobilier (l'agence de gestion), le personnel de l'UEMOA, le service de sécurité de l'UEMOA.

Afin que les résultats de l'audit puissent être rapidement et utilement mis en œuvre, les investigations ont été principalement orientées sur :

- ✓ les problèmes qui perturbent effectivement le bon fonctionnement des services de l'UEMOA dans l'immeuble ;
- ✓ les problèmes d'inconfort ;
- ✓ les problèmes de sécurité ;
- ✓ les problèmes du coût élevé des factures d'électricité du bâtiment.

I.8.1 METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Pour mener à bien cette étude nous avons procédé comme suite :

Etat de lieux détaillé de l'existant :

- ✓ visite du bâtiment et des installations ;
- ✓ entretien avec les acteurs responsables ;
- ✓ collecte et compilation des données techniques.

Bilan énergétique et préconisation : l'analyse critique et détaillée des données

- ✓ fiche thématique du bâtiment (état et nature) ;
- ✓ traitement des données collectées et analyse des problèmes recensés des installations électriques tous usages ;
- ✓ évaluation des gisements d'économies d'énergies.

Plan d'action, programme d'économie d'énergie et maîtrise d'énergie :

- ✓ action sans ou peu d'investissement:

- mise en place d'une gestion de l'énergie : contrôle du matériel et des factures d'énergies ;
- conseils aux usagers pour l'utilisation rationnelle de l'énergie ;
- optimisation et renégociation du contrat de souscription.
- ✓ action avec un investissement conséquent:
 - étude de faisabilité pour intégrer les énergies renouvelables (notamment l'énergie photovoltaïque) ;
 - remplacement des équipements (lampes à économie d'énergie, équipements bureautiques sobres en énergie) ;
 - remplacement des sources d'alimentations (transformateur, groupe électrogène).
- ✓ analyse économique ;
- ✓ construction de scénarios cohérents et argumentaires de prise de décision.

I.8.2 OUTILS DE TRAVAIL

Pour mener à bien cette étude nous avons utilisé des appareils modernes pour réaliser les mesures et les tests nécessaires afin de pouvoir procéder aux diagnostics de façon technique et pertinente et aussi certains logiciels pour réaliser les schémas et les calculs à savoir:

- ✓ **Excel** pour l'évaluation du bilan de puissance et le calcul financier et annexe ;
- ✓ **XL-Pro3 coffret** pour le dimensionnement des différents Tableaux électriques ;
- ✓ **Auto CAD** pour la réalisation des plans du bâtiment ;
- ✓ **PVSYST 5** pour le dimensionnement du champ photovoltaïque ;
- ✓ **analyseur de réseau** pour l'analyse des paramètres électriques du réseau électrique ;
- ✓ **appareil EUROTTEST 61557** pour la mesure de la prise de terre et de la qualité des câbles ;
- ✓ **multimètre électronique** pour la mesure des tensions, les intensités, les résistances et la continuité des circuits.
- ✓ **Microsoft project** pour la réalisation du planning des activités.

I.8.3 NORMES APPLICABLES

L'étude est réalisée conformément aux normes internationales européennes en la matière et à la réglementation au Burkina Faso. Ces références sont:

- ✓ la norme C12-201 et ses additifs traitant de la protection contre l'incendie dans les établissements recevant du public;
- ✓ la norme C13-100 relative aux postes de livraison établis à l'intérieur d'un bâtiment et alimentés par un réseau de distribution publique de 2^{ème} catégorie;
- ✓ la norme C15-100 traitant de l'exécution et de l'entretien des installations électriques Basse-Tension;
- ✓ la norme C15-102 portant sur les règles de protection contre la foudre et paratonnerre;
- ✓ la norme C15-401 relative aux installations des groupes moteurs thermiques générateurs ;
- ✓ la norme C15-520 concernant les canalisations et leurs modes de pose et connexion ;
- ✓ la norme C15-531 portant sur les règles de protection contre les surtensions d'origine atmosphérique par parafoudre ;
- ✓ l'arrêté du 22 décembre 1981 : dispositions générales de la sécurité contre l'incendie dans les bâtiments recevant le public ;
- ✓ les prescriptions des constructeurs du matériel à installer ;
- ✓ les prescriptions du distributeur d'énergie électrique « SONABEL ».

CHAPITRE II

ETAT DES LIEUX DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES DE L'IMMEUBLE UEMOA

<<L'ingénieur est le type qui sait ce qu'il peut négliger>>

Prof. E. Julliard 1886-1982

II.1 BILAN DE PUISSANCE DU BATIMENT

Pour simplifier le bilan nous avons évalué niveau par niveau. Par la suite pour avoir le bilan global nous avons estimé que les différents niveaux ne fonctionnent pas au même rythme donc il était nécessaire d'appliquer un coefficient de simultanéité global et pour des raisons d'extension futur nous avons majoré la puissance totale par un coefficient. Cela se résume dans le tableau (calcul effectué par la méthode de Boucherot) ci-après :

Tableau 1: Bilan de puissance installée dans l'immeuble UEMOA

Niveau	Puissance Active P (kW)	Puissance Réactive Q (kVAR)	Ksg	Puissance Active P (kW)	Puissance Réactive Q (kVAR)	Tgφ	Cosφ	Puissance Apparente S (kVA)	Ke	Puissance Apparente S (kVA)
RDC	32,28	24,92	0,8	138,66	107,84	0,78	0,79	175,66	1,15	202
R+1	25,79	19,82								
R+2	29,01	22,49								
R+3	29,63	22,97								
R+4	31,59	24,43								
R+5	12,8	10,19								
Locaux Annexes	12,22	9,98								

Avec **Ksg** : Coefficient de Simultanéité global et **Ke** : Coefficient d'extension

La puissance totale foisonnée est estimée à **159.45 kW** soit **202 kVA**.

II.3 LES SOURCES D'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE

L'immeuble UEMOA est alimenté par deux sources d'alimentation :

- ✓ le réseau SONABEL ;
- ✓ la source secourue avec un groupe électrogène de 250 kVA.

II.3.1 LE RESEAU SONABEL

La source principale de l'immeuble est fournie par le réseau public de la SONABEL, à partir d'un poste transformateur public placé à environ 350 m du bâtiment. Depuis le poste transformateur de 250 kVA, un câble U1000 R02V de 4x95mm² est raccordé au tableau électrique double comptage de l'immeuble. Plusieurs autres abonnés de la zone sont

alimentés par le même poste transformateur. L'immeuble est sujet à de fréquentes baisses de tension aux heures de pointes. Les principales caractéristiques du réseau SONABEL sont récapitulées dans un tableau (annexe 1). Les valeurs des paramètres électriques ont été relevées le 18/05/2014 par un multimètre électronique. Le schéma synoptique de l'installation se trouve en annexe 6.



Figure 2: Local SONABEL

II.3.2 LA SOURCE SECOURS

La source secourue est assurée par un groupe électrogène de secours de 250 kVA. La puissance du groupe électrogène permet de secourir l'ensemble des installations électriques du bâtiment. Les principales caractéristiques du groupe électrogène sont récapitulées dans un tableau (annexe 2).

II.4 LES CONDUITS ELECTRIQUES ET CONNEXES

Les conduits électriques et connexes sont l'ensemble des fourreaux et des conducteurs électriques utilisés pour alimenter les tableaux électriques et l'appareillage électrique de l'immeuble et ses annexes. Elles se composent principalement :

- ✓ de conducteurs de type U500 H07V-U (fils rigides) posés dans des tubes oranges de 1,5 mm² pour les luminaires et brasseurs d'air, 2,5 mm² pour les prises de courant, 4 mm² pour les climatiseurs, le reste des récepteurs en fonction de leur puissance ;
- ✓ de câbles de type U1000 R02V (fils noir souple) de 25 mm² posés dans des conduites en PVC pour alimenter les différents tableaux électriques ;
- ✓ de conducteurs de terre (vert / jaune) pour la mise à la terre des appareils électriques ;

- ✓ des câbles de terre nus de 29 mm² pour la réalisation du réseau de mise à la terre ;
- ✓ de différentes boîtes de raccordement, etc.

Des mesures réalisées avec l'appareil EUROTTEST 61557 donne des valeurs supérieures à 1000 MΩ ce qui atteste de la bonne qualité des câbles 4x25 mm² d'alimentation des tableaux électriques.



Figure 3: Boite de dérivation

II.5 LE RESEAU DE MISE A LA TERRE

Les installations de l'immeuble sont raccordées à la terre à partir de trois (03) puits de terre. Les mesures des terres effectuées le 27 Mai 2014 avec l'appareil de mesure EUROTTEST 61557 ont donné les valeurs récapitulées dans le tableau ci-après :

Tableau 2: Valeur de terre

Puits de terre	Valeurs mesurées	Valeurs recommandées
Puits de terre des masses de l'immeuble	1,8Ω	≤ 10Ω
Puits de terre du paratonnerre	Impossible de le mesurer*	≤ 5Ω

*Car ne disposant pas de joint de contrôle de terre.

II.6 LES TABLEAUX ELECTRIQUES

Les installations électriques de l'immeuble sont alimentées et protégées par les tableaux électriques. L'immeuble comporte quatorze (14) tableaux électriques dont le principal est le Tableau Général Basse Tension (TGBT) qui alimente les différents tableaux divisionnaires

(TD) de l'immeuble et est placé au RDC à côté de l'escalier près de l'ascenseur et les treize autres sont constitués principalement de tableaux divisionnaires (TD) encastrés. Il ressort de nos diagnostics que tous les quatorze tableaux présentaient des disfonctionnements ; les détails de ces analyses se trouvent au chapitre trois (III).



Figure 4: Deux Tableaux électriques et un coffret parafoudre par niveau

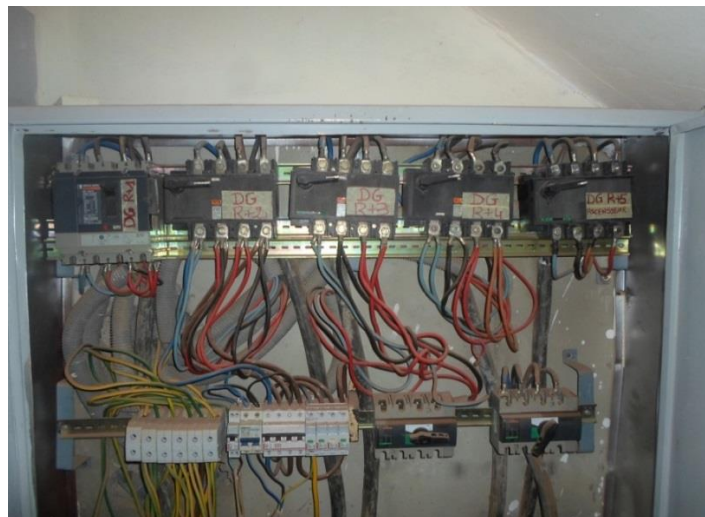


Figure 5: Tableau Général Basse Tension (TGBT)

II.7 L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE

L'appareillage électrique est l'ensemble des appareils fonctionnant avec l'énergie électrique notamment les climatiseurs, les surpresseurs, les brasseurs d'air, les luminaires, les prises de courant, les appareils de commande, Dismatic, etc. Il ressort de nos observations que ces appareils présentent des anomalies mineures. Un diagnostic complet de ces équipements se trouve au chapitre trois (III).

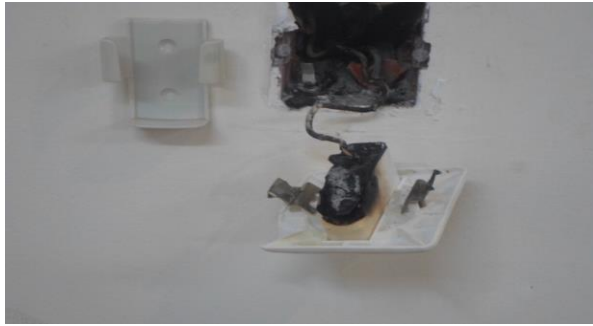


Figure 6: Dismatic brûlé

II.8 LA PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS D'ORIGINE ATMOSPHERIQUE

La protection contre les surtensions d'origine atmosphérique est assurée par un ancien paratonnerre, installé au-dessus de l'immeuble et des parafoudres sélectifs défectueux (ceci quand la couleur vire du vert à l'orange) placés au milieu des tableaux électriques de chaque niveau de l'immeuble. Seul le parafoudre au niveau du R+5 est en bon état.



Figure 7: Parafoudre défectueux

II.9 SYSTEME DE SECURITE INCENDIE

- Détection et signalisation rapide : l'immeuble dispose de détecteurs et de déclencheur de type manuel.
- Evacuation rapide et sans panique : l'immeuble dispose de quelques blocs Autonomes d'Eclairage de Sécurité et d'Ambiance (BAES et BAEA).
- Moyens d'extinction : comme moyens d'extinction l'immeuble dispose que des extincteurs.

CHAPITRE III :

**DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES ET
SOLUTIONS PRECONISEES**

<< La réalité est toujours plus complexe que la théorie qui tente de la décrire >>

Pierre-Gérard Fontolliet

III.1 TABLEAU RECAPITULATIF DES DISFONCTIONNEMENTS ET LES SOLUTIONS ENVISAGEES

Par souci de synthèse et de compréhension nous avons jugé bon de résumer l'ensemble des diagnostics et leurs solutions dans un tableau.

Tableau 3: Synthèse des diagnostics des installations électriques et solutions préconisées

DESIGNATION	DIAGNOSTICS	SOLUTIONS PRECONISEES
SOURCE D'ALIMENTATION		
Réseau SONABEL	<p>La fréquence mesurée (49.1 Hz) du réseau est bonne</p> <p>Les tensions mesurées le 18 Mai 2014 à 10h35mn, varient entre 194V et 207V en monophasé et entre 352V et 357V pour les tensions composées. Les tensions fournies par la SONABEL entre les phases et entre chaque phase et le neutre aux heures de pointes sont assez faibles par rapport à la normale. Les micros coupures de courant à certaines heures de la journée sont liées aux baisses de tension sur le réseau SONABEL. Les intensités mesurées ont donné les valeurs suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Phase 1 : 162A Phase 2 : 141A ✓ Phase 3 : 162A Neutre : 20A <p>L'équilibrage des intensités sur les phases sont acceptables</p>	<p>Réaménager la source SONABEL en réalisant les corrections suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Alimenter l'immeuble à partir d'un poste transformateur autonome triphasé placé à proximité de l'immeuble de type préfabriqué de 250 kVA. ✓ Déposer les équipements qui ne sont plus en service (inverseur de l'ancien groupe, ancien disjoncteur compact de 250A, une grille de dérivation) ✓ Installer un extincteur à gaz de 5kg à proximité du local SONABEL ✓ Supprimer les grilles de dérivation en installant un TGBT pour le raccordement des câbles ✓ Installer une batterie automatique de condensateurs de 120 kVAR

	<p>Les principales anomalies relevées sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Les tensions fournies par le réseau SONABEL à certaines heures de pointes de la journée sont mauvaises par rapport ✓ La toiture en tôle du local SONABEL est basse ✓ Le local SONABEL est assez encombré et mal aéré ✓ Le local ne dispose pas d'extincteur ✓ Le sol n'est pas bétonné et il n'existe pas de regard de tirage des câbles ✓ Quatre (04) grilles de dérivation ne disposent pas de couvercle. Deux grilles de dérivation sont très encombrées ✓ Le transformateur public de 250kVA qui alimente l'immeuble est déjà surchargé 	<p>(confère partie analyse de la facturation IV.3) pour la compensation de l'énergie réactive consommée par les installations électriques</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Réhabiliter le local SONABEL
<p>PUITS DE TERRE ET EQUIPOTENTIALITE</p>		
<p>Terre de masse du bâtiment</p>	<p>L'immeuble dispose d'un réseau de terre des masses. Sa valeur mesurée dans le TGBT est de $1,8\Omega$. C'est une bonne valeur car la valeur recommandée doit être inférieure ou égale à 10Ω. Il existe une différence de potentielle de 203V entre la terre et le</p>	<p>Corriger rapidement le défaut de mise à la terre accidentelle de la phase</p>

	neutre. Une phase est donc mise accidentellement à la terre. Cependant l'immeuble n'étant pas équipé de disjoncteur différentiel cela rend complexe la localisation.	
Terre de masse du paratonnerre	Le paratonnerre dispose d'un puits de terre des masses du paratonnerre. Sa valeur n'a pas pu être mesurée car ne disposant pas d'un joint de contrôle de terre. Toutes les antennes sur le toit ne sont pas raccordées au réseau de terre du paratonnerre	Installer un joint de contrôle permettant la vérification de la résistance de la prise de terre du paratonnerre. Mettre à la terre toutes les antennes avec des éclateurs d'antennes et tous les autres supports métalliques sur le toit et les relier à la terre du paratonnerre
Equipotentialité et mise à la terre des circuits	Les masses métalliques de tous les appareils sont mises à la terre.	Toutes les masses métalliques des appareils électriques ont été mis à la terre
CONDUCTEURS ELECTRIQUES ET CONNEXES		
Nature, sections, couleurs et Conditions de pose des conducteurs	<p>La nature et les sections des conducteurs utilisés de façon générale sont conformes aux normes.</p> <p>Les principales anomalies relevées sur les conducteurs électriques sont:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Echauffement du principal câble d'alimentation de 4x95mm² à certaines heures de pointe ✓ Les fourreaux des circuits des climatiseurs sont mal 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alimenter le nouveau TGBT par un câble U1000 R02V de 4x120mm² à partir de l'inverseur ✓ Alimenter à partir du nouveau TGBT, tous les tableaux divisionnaires de l'immeuble, le surpresseur d'eau sanitaire, l'éclairage et les prises de courant des bâtiments annexes (guérite, petit magasin, salle d'eau extérieure et des deux hangars)

	<p>dimensionnés et surchargés. En cas de panne il est pratiquement impossible de remplacer les conducteurs en utilisant les mêmes fourreaux</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conducteurs brulés, mal isolés, courts circuit sur le dismatic dans un bureau ✓ Les couleurs de certains conducteurs utilisées ne sont pas règlementaires. ✓ Des conducteurs vert jaunes et bleu ont été utilisés comme conducteurs actifs (phase) ✓ L'utilisation abusive des boites de dérivation dans le bâtiment, celle-ci sont sources de défaut de serrage et de courts circuits ✓ Non repérage des principaux câbles d'alimentation ✓ Une phase est mise accidentellement à la terre 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vérifier le serrage de tous les raccordements dans les tableaux électriques, les boites de dérivation et sur tout l'appareillage de l'immeuble (luminaires, brasseurs, interrupteurs, dismatic, climatiseurs, etc.) ✓ Remplacer les conducteurs d'alimentation des climatiseurs dont les conduits sont surchargés ✓ Repérer tous les principaux câbles d'alimentation des tableaux électriques à leurs départs et à leurs destinations ✓ Corriger la mise à la terre accidentelle de la phase ✓ Reprendre entièrement tous les circuits électriques non conformes aux normes avec des goulottes en veillant au bon dimensionnement des fourreaux, des conducteurs et au respect strict des couleurs conventionnelles des conducteurs.
TABLEAUX ELECTRIQUES		
<p>Tableau Général basse Tension (TGBT)</p>	<p>Les principales anomalies relevées sur le TGBT sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pas de dispositif de coupure générale dans le TGBT ✓ Le TGBT ne dispose pas de parafoudre pour la protection 	<p>Installer un nouveau TGBT pour alimenter et protéger les différents tableaux électriques de l'immeuble et les locaux annexes. Il sera câblé conformément aux normes et au schéma indicatif TGBT joint en annexe. Le nouveau TGBT sera installé</p>

	<p>des installations contre les surtensions d'origine atmosphérique.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Les bornes de raccordement des interrupteurs ne sont pas protégées avec des caches bornes ✓ Pas de voyants présence tension ni aucun appareil de contrôle des paramètres électriques ✓ Câblage désordonné et sans embouts ✓ Pas de borniers de jonction, les câbles sont raccordés directement sur les interrupteurs ✓ Non-respect des couleurs des fils ✓ Mauvais serrage des conducteurs par endroit. ✓ Repérage incomplet des appareils ✓ Pas de repérage des fils et des câbles ✓ Aucune protection contre les baisses ou les surtensions ✓ Pas de schéma dans le TGBT 	<p>dans un local construit à côté du poste transformateur. L'inverseur de source sera également installé dans le local TGBT.</p> <p><u>Les caractéristiques spécifiques du TGBT devront :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Armoire métallique pouvant contenir tous les appareils figurant sur le schéma du TGBT avec une réserve d'espace libre d'au moins 10% pour d'éventuelles extensions ; ✓ Commande générale du TGBT par un interpac à commande latérale de 630A ✓ Protection générale des installations contre les surtensions d'origine atmosphérique par un parafoudre triphasé de type 1 (70kA) protégé par un disjoncteur de 25A ✓ Protection de chaque câble d'alimentation de 4x25mm² des tableaux électriques des étages (RDC, R+1, R+2, R+3, R+4, R+5) par un disjoncteur tétrapolaire de 100A et 50 A ✓ Protection du câble d'alimentation du surpresseur d'eau sanitaire par un disjoncteur de 4x32A ✓ Protéger le circuit d'éclairage de la guérite, du local SONABEL, du petit magasin et des deux (02) hangars par un DPN VIGI de 10A/300mA ✓ Protéger le circuit d'éclairage des toilettes extérieures par un DPN VIGI
--	--	--

		<p style="text-align: center;">de 10A/30mA</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Protéger le circuit des prises de courant de la guérite par un DPN VIGI de 16A/30mA ✓ Placer en réserve dans le TGBT un disjoncteur de 4x100A ✓ Faire le schéma du TGBT et placer une copie dans une pochette à l'intérieur du TGBT
<p>Tableau Divisionnaire1 RDC (TD1 RDC)</p>	<p>Les principales anomalies relevées sur le TD1 RDC sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Le tableau électrique ne dispose pas de dispositif de coupure extérieur ✓ L'inexistence de protection différentielle (dispositif de protection obligatoire pour toute installation électrique) ✓ Les conducteurs souples de câblage ne disposent pas d'embouts ✓ Les circuits des climatiseurs alimentés par des conducteurs de 4mm² sont protégés par des DPN de 32A au lieu de 20A ✓ Le parafoudre installé pour la protection contre les surtensions d'origine atmosphérique n'est plus fonctionnel. ✓ Pas de répartiteur pour le raccordement des fils 	<p>Reprendre le câblage du Tableau Divisionnaire1 RDC (TD1 RDC) existant selon les normes et les règles de l'art. Tous les équipements en bon état seront conservés</p> <p><u>Les caractéristiques spécifiques du TD1 RDC seront :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilisation d'un dispositif de coupure générale par un interrupteur de 4x125A à commande frontale ✓ Protection générale des installations contre les surtensions d'origine atmosphérique par un parafoudre triphasé de type 2 de 25kA protégé par un disjoncteur de 16A ; ✓ Protection générale des circuits des luminaires par un disjoncteur différentiel de 4x25A/300mA et des protections individuelles des circuits par des DPN de 10A ✓ Protection générale des circuits des brasseurs d'air par un disjoncteur

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pas de borniers de jonction, les câbles sont raccordés directement sur les interrupteurs ✓ Câblage désordonné et sans embouts ✓ Non-respect des couleurs des fils ✓ Mauvais serrage des conducteurs par endroit. ✓ Pas de repérage des fils et des câbles ✓ Pas de schéma dans le Tableau Divisionnaire 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ différentiel de 4x25A/300mA et des protections individuelles des circuits par des DPN de 10A ✓ Protection générale des circuits des prises de courant par un disjoncteur différentiel de 4x25A/30mA et des protections individuelles des circuits par des DPN de 16A ✓ Protection générale des circuits des climatiseurs par un disjoncteur différentiel de 4x40A/300mA et des protections individuelles des circuits par des DPN de 20A ✓ Utilisation de répartiteurs pour le raccordement des disjoncteurs principaux des circuits ✓ Utilisation de borniers de jonction pour le raccordement des conducteurs entrant dans le tableau divisionnaire ✓ Faire un repérage complet du TD1 RDC ✓ Faire le schéma du TD1 RDC et placer une copie dans une pochette à l'intérieur du TD1 RDC
<p>PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS D'ORIGINE ATMOSPHERIQUE</p>		
<p>Paratonnerre</p>	<p>Ancien modèle de paratonnerre peu efficace contre les surtensions d'origine atmosphérique</p>	<p>Remplacer par un nouveau paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA) de génération plus récente. Contrairement à l'ancien paratonnerre ce type de paratonnerre n'attend pas la foudre, mais il émet un</p>

		traceur ascendant qui capte dans le ciel la foudre, avant qu'elle n'atteigne les biens à protéger
APPAREILLAGE ELECTRIQUE		
Luminaires, prise de courant, appareils de commande des climatiseurs	<p>Les principales anomalies relevées sur les appareils sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Niveau d'éclairage insuffisant des couloirs des étages ✓ Qualité douteuse des dismatics des climatiseurs (2 dismatics brulés pendant l'expertise, etc.) ✓ A la date du 1^{er} Juin 2014, plusieurs appareils ne sont plus fonctionnels : dismatic, réglettes, etc. 	<p>Conserver et faire un entretien général (nettoyage, raccordement, fixation, etc.) de tous les appareils (luminaires, prises, interrupteurs, brasseurs d'air, climatiseurs, etc.) qui sont dans un bon état physique et de fonctionnement</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Remplacer les hublots des couloirs par des réglettes équipées de lampes leds ✓ Remplacer ou réparer tous les appareils qui ne fonctionnent pas et remplacer les dismatics qui se chauffent

Dans tous les autres tableaux les principales anomalies relevées sont les mêmes que celles relevées sur TD1 du RDC alors ces anomalies seront corrigées sur la base du même principe que TD1. De plus les coffrets parafoudres seront supprimés et les protections par parafoudre intégrés dans les différents tableaux électriques. Tous les parafoudres défectueux seront remplacés.

III.2 DIAGNOSTIC DU SYSTEME DE SECURITE INCENDIE

Une politique efficace de sécurité incendie doit permettre chronologiquement :

- d'éviter au maximum la survenance d'un incendie ;
- de détecter et signaler rapidement tout incendie, si malheureusement il survenait ;
- de permettre l'évacuation rapide et sans panique du personnel ;
- de procéder à l'extinction rapide et efficace du feu.

1. Dispositif de sécurité

Deux facteurs sont à prendre en compte :

- facteur technique : consiste à veiller sur la bonne qualité des installations et particulièrement les installations électriques qui sont la cause d'environ 50% des incendies. Dans le cas de l'immeuble UEMOA ce facteur n'est pas aux normes et qui fait l'objet de notre étude ;
- le facteur humain est très délaissé d'après nos renseignements et observations:
 - aucune formation du personnel à la politique de sécurité incendie ;
 - pas de sensibilisation par les affiches ;
 - pas de registre de sécurité, ni de comité de sécurité.

2. Détection et signalisation rapide

L'immeuble dispose de détecteurs et de déclencheur de type manuel. Il n'existe pas de centrale incendie adressable pouvant indiquer avec précision à quel endroit il y a un départ de feu. Dans ces conditions la survenance d'un incendie la nuit, ou quand les locaux sont fermés pourrait avoir de graves conséquences

3. Evacuation rapide et sans panique

L'immeuble dispose de quelques blocs Autonomes d'Eclairage de Sécurité et d'Ambiance (BAES et BAEA), mais en nombre insuffisant. Il n'existe pas de plans d'évacuation efficace affichés, ni de point de rassemblement.

4. Moyens d'extinction

L'immeuble n'a ni Robinets d'Incendie Armés (RIA), ni colonne sèche, alors que ces équipements sont recommandés compte tenu de sa catégorie. Comme moyens d'extinction il n'existe que des extincteurs dont la vérification régulière n'est pas faite.

Les insuffisances de sécurité incendie dans l'immeuble qui existent sont nombreuses et certains équipements manquants auraient dû être intégrés dès la conception de l'immeuble, et sont difficiles à installer maintenant.

III.4 DIAGNOSTIC DU PRINCIPAL CABLE D'ALIMENTATION DE L'IMMEUBLE

Pour confirmer notre thèse concernant la chute de tension nous avons décidé de procéder par calcul. De façon générale cette chute de tension se calcule par la formule suivante :

$$\Delta U = b \left(\rho \frac{L}{S} \cos \varphi + L \lambda \sin \varphi \right) I_B \quad (1)$$

$b = 1$ pour les circuits triphasés et 2 pour les circuits monophasés

ρ = Résistivité du conducteur (mm^2/m) S = section du conducteur (mm^2)

L = Longueur du conducteur(m) I_B = Courant d'emploi (A)

λ = Réactance linéique $\cos \varphi$ = Facteur de puissance

Avec la distance et la section de câble existantes, nous avons décidé de calculer la chute de tension. Le tableau (annexe 3) nous donne une valeur de chute de tension de 9.55 % ; pourtant la norme NF C15 100 préconise une chute de tension ne dépassant pas 5 %, c'est pour cette raison que le câble d'alimentation s'échauffe excessivement à certaines heures de pointe ou de forte demande d'énergie. Nous avons évalué la section adaptée à une chute de tension recommandée. Après nos calculs (annexe 3) nous pouvons affirmer que le câble existant n'était pas adapté à l'alimentation de l'immeuble vu que le câble adapté avoisine le triple. Il était possible de procéder au remplacement du câble qui est d'abord cher pour remédier au problème de chute de tension, mais cela n'est pas viable à long terme car le nombre d'abonnés branchés sur le transformateur augmente. Au bout d'un certain temps le transformateur serait surchargé et d'autres problèmes vont apparaître. Pour résoudre définitivement le problème nous avons proposé à l'UEMOA d'installer un poste transformateur autonome à proximité de sa propriété.

III.5 COMPOSITION DES TABLEAUX ELECTRIQUES ET LES SECTIONS D'ALIMENTATION

Les principaux problèmes rencontrés dans le bâtiment concernant les équipements électriques étaient les tableaux électriques plus particulièrement leurs protections. Nous avons décidé de redimensionner les équipements de protection. Le dimensionnement des calibres de protection a été fait manuellement (Excel) en fonction du courant absorbé en tenant compte de l'influence externe et l'encombrement des coffrets a été fait avec XL PRO3 coffret. Le calcul manuel se fait avec la formule suivante :

$$I_b = \frac{Pu}{U \sqrt{3} \cos \phi} \quad \text{pour les circuits triphasés} \quad (2)$$

$$I_b = \frac{Pu}{V \cos \phi} \quad \text{pour les circuits monophasés} \quad (3)$$

Avec I_b : Courant d'emploi en A et P_u : puissance utile en W

U : tension composée en **400 V** et V : tension simple en **230 V**

Le calibre de protection est choisi supérieur au courant d'emploi avec la relation $I_n > I_b$, avec I_n courant maximal admissible qui tient compte de certains facteurs extérieurs à savoir la température ambiante, mode de pose des câbles, l'influence des circuits voisins et la constitution du câble et de la canalisation. La section des câbles est choisie également en fonction de l'intensité I_n . Les caractéristiques des protections et des sections des câbles se trouvent dans le tableau ci-après.

Tableau 4: Composition des tableaux électrique et les sections des câbles

Tableau électrique	Circuits alimentés	Section des câbles utilisés	Calibre des dispositifs de coupure et de protection	Dimension s du tableau	Emplacement du Tableau	Schéma électrique annexé au mémoire
TGBT	Coupure Générale	4x120mm ²	Interpact de 4x630A	Armoire XL3 4000 (1935x975 x785)-IP 55(8)	Local TGBT	SCHEL TGBT
	TD1 RDC	4x25mm ²	1 disjoncteur de 4x100A			
	TD1 R1	4x25mm ²	1 disjoncteur de 4x100A			
	TD1 R2	4x25mm ²	1 disjoncteur de 4x100A			
	TD1 R3	4x25mm ²	1 disjoncteur de 4x100A			
	TD1 R4	4x25mm ²	1 disjoncteur de 4x100A			
	TD1 R5	4x10mm ²	1 disjoncteur de 4x50A			
	Coffret Electrique Annexes	4x10mm ²	1 disjoncteur de 4x50A			
TD1 RDC	Coupure Générale	4x25mm ²	Interrupteur Vistop 4x125A	Coffret XL3 125 (1350x450 x150)-IP	Côté escalier ascenseur du RDC	SCHEL TD1 RDC
	TD2 RDC	4x16mm ²	1 disjoncteur 4x63A			

Audit Energétique et Electrique du bâtiment administratif (R+5) de l'Union Economique et
Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) à Ouaga 2000

	Circuit Eclairage	9 câbles de 3x1, 5mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x25A/300mA + 9 DPN 10A	40(9)		
	Circuit Prises de courant	5 câbles de 3x2, 5mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x25A/30mA+ 5 DPN 16A			
	Circuit Climatiseurs	10 câbles de 3x4mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x40A/300mA + 10 DPN 20A			
	Circuit Brasseurs d'air	1 câble de 3x1, 5mm ²	1 DPN vigi 10A/300mA			
	Ascenseur	4x6mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x32A/300mA			
TD2 RDC	Coupure Générale	4x16mm ²	Interrupteur Vistop 4x100A	Coffret XL3 125 (1350x450 x150)-IP 40(9)	Côté Escalier du RDC	SCHEL TD2 RDC
	Circuit Eclairage	13 câbles de 3x1, 5mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x25A/300mA +13 DPN 10A			
	Circuit Prises de courant	6 câbles de 3x2, 5mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x25A/30mA + 6 DPN 16A			
	Circuit Climatiseurs	7 câbles de 3x4mm ²	4x40A/300mA + 7 DPN 20A			
	Circuit Brasseurs d'air	1 câble de 3x1, 5mm ²	1 DPN vigi 10A/300mA			
TD1 R+1	Coupure Générale	4x25mm ²	Interrupteur Vistop 4x125A	Coffret XL3 125 (1350x450 x150)-IP 40(9)	Côté ascenseur du R+1	SCHEL TD1 R+2
	TD2 R+1	4x16mm ²	1 disjoncteur 4x63A			
	Circuit Eclairage	6 câbles de 3x1, 5mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x25A/300mA + 6 DPN 10A			
	Circuit Prises de courant	2 câbles de 3x2, 5mm ²	2 DPN vigi 16A/30mA			
	Circuit Climatiseurs	6 câbles de 3x4mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x40A/300mA + 6 DPN 20A			
	Circuit Brasseurs d'air	1 câble de 3x1, 5mm ²	1 DPN vigi 10A/300mA			
TD2 R+1	Coupure Générale	4x16mm ²	Interrupteur Vistop 4x100A	Coffret XL3 125	Côté Patio du R+1	SCHEL TD2 R+2

Audit Energétique et Electrique du bâtiment administratif (R+5) de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) à Ouaga 2000

	Circuit Eclairage	8 câbles de 3x1, 5mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x25A/300mA + 8 DPN 10A	(1350x450 x150)-IP 40(9)		
	Circuit Prises de courant	5 câbles de 3x2, 5mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x25A/30mA + 5 DPN 16A			
	Circuit Climatiseurs	12 câbles de 3x4mm ²	4x40A/300mA + 12DPN 20A			
	Circuit Brasseurs d'air	2 câbles de 3x1, 5mm ²	2 DPN vigi 10A/300mA			
TD1 R+2	Coupure Générale	4x25mm ²	Interrupteur Vistop 4x125A	Coffret XL3 125 (1350x450 x150)-IP 40(9)	Côté ascenseur du R+2	SCHEL TD1 R+2
	TD2 R+1	4x16mm ²	1 disjoncteur 4x63A			
	Circuit Eclairage	8 câbles de 3x1, 5mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x25A/300mA + 8 DPN 10A			
	Circuit Prises de courant	2 câbles de 3x2, 5mm ²	2 DPN vigi 16A/30mA			
	Circuit Climatiseurs	8 câbles de 3x4mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x40A/300mA + 8 DPN 20A			
	Circuit Brasseurs d'air	1 câble de 3x1, 5mm ²	1 DPN vigi 10A/300mA			
TD2 R+2	Coupure Générale	4x16mm ²	Interrupteur Vistop 4x100A	Coffret XL3 125 (1350x450 x150)-IP 40(9)	Côté Patio du R+2	SCHEL TD2 R+2
	Circuit Eclairage	8 câbles de 3x1, 5mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x25A/300mA + 8 DPN 10A			
	Circuit Prises de courant	5 câbles de 3x2, 5mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x25A/30mA + 5 DPN 16A			
	Circuit Climatiseurs	12 câbles de 3x4mm ²	4x40A/300mA + 12DPN 20A			
	Circuit Brasseurs d'air	2 câbles de 3x1, 5mm ²	2 DPN vigi 10A/300mA			
TD1 R+3	Coupure Générale	4x25mm ²	Interrupteur Vistop 4x125A	Coffret XL3 125 (1350x450 x150)-IP 40(9)	Côté ascenseur du R+3	SCHEL TD1 R+3
	TD2 R+3	4x16mm ²	1 disjoncteur 4x63A			
	Circuit Eclairage	6 câbles de 3x1, 5mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x25A/300mA + 6			

Audit Energétique et Electrique du bâtiment administratif (R+5) de l'Union Economique et
Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) à Ouaga 2000

			DPN 10A			
	Circuit Prises de courant	3 câbles de 3x2, 5mm ²	3 DPN vigi 16A/30mA			
	Circuit Climatiseurs	8 câbles de 3x4mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x40A/300mA + 8 DPN 20A			
	Circuit Brasseurs d'air	1 câble de 3x1, 5mm ²	1 DPN vigi 10A/300mA			
TD2 R+3	Coupure Générale	4x16mm ²	Interrupteur Vistop 4x100A	Coffret XL3 125 (1350x450 x150)-IP 40(9)	Côté Patio du R+3	SCHEL TD2 R+3
	Circuit Eclairage	10 câbles de 3x1, 5mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x25A/300mA +10 DPN 10A			
	Circuit Prises de courant	3 câbles de 3x2, 5mm ²	3 DPN vigi 16A/30mA			
	Circuit Climatiseurs	12 câbles de 3x4mm ²	4x40A/300mA +12 DPN 20A			
	Circuit Brasseurs d'air	2 câbles de 3x1, 5mm ²	2 DPN vigi 10A/300mA			
TD1 R+4	Coupure Générale	4x25mm ²	Interrupteur Vistop 4x125A	Coffret XL3 125 (1350x450 x150)-IP 40(9)	Côté ascenseur du R+4	SCHEL TD1 R+4
	TD2 R+4	4x16mm ²	1 disjoncteur 4x63A			
	Circuit Eclairage	5 câbles de 3x1, 5mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x25A/300mA + 5 DPN 10A			
	Circuit Prises de courant	3 câbles de 3x2, 5mm ²	3 DPN vigi 16A/30mA			
	Circuit Climatiseurs	3 câbles de 3x4mm ²	3 DPN vigi 20A/300mA			
	Circuit Brasseurs d'air	1 câble de 3x1, 5mm ²	1 DPN vigi 10A/300mA			
TD2 R+4	Coupure Générale	4x16mm ²	Interrupteur Vistop 4x100A	Coffret XL3 125 (1350x450 x150)-IP 40(9)	Côté Patio du R+4	SCHEL TD2 R+4
	Circuit Eclairage	11 câbles de 3x1, 5mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x25A/300mA +11 DPN 10A			
	Circuit Prises de courant	5 câbles de 3x2, 5mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x25A/30mA + 5 DPN 16A			
	Circuit Climatiseurs	12 câbles de 3x4mm ²	4x40A/300mA +12 DPN 20A			
	Circuit Brasseurs d'air	3câble de 3x1, 5mm ²	3 DPN vigi 10A/300mA			

Audit Energétique et Electrique du bâtiment administratif (R+5) de l'Union Economique et
Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) à Ouaga 2000

TD1 R+5	Coupure Générale	4x10mm ²	Interrupteur Vistop 4x100A	Coffret XL3 125 (1350x450 x150)-IP 40(9)	Côté ascenseur du R+5	SCHEL TD1 R+5
	TD2 R+5	4x6mm ²	1 disjoncteur 4x40A			
	Circuit Eclairage	3 câbles de 3x1, 5mm ²	3 DPN vigi 10A/300mA			
	Circuit Prises de courant	3 câbles de 3x2, 5mm ²	3 DPN vigi 16A/30mA			
	Circuit Climatiseurs	4 câbles de 3x4mm ²	1 disjoncteur différentiel 4x32A/300mA + 4 DPN 20A			
	Circuit Brasseurs d'air	2 câbles de 3x1, 5mm ²	2 DPN vigi 10A/300mA			
TD2 R+5	Coupure Générale	4x6mm ²	Interrupteur Vistop 4x63A	Coffret XL3 125 (1350x450 x150)-IP 40(9)	Côté Bureau isolé du R+5	SCHEL TD2 R+5
	Circuit Eclairage	1 câble de 3x1, 5mm ²	1 DPN vigi 10A/300mA			
	Circuit Prises de courant	1 câble de 3x2, 5mm ²	1 DPN vigi 16A/30mA			
	Circuit Climatiseurs	3 câbles de 3x4mm ²	3 DPN vigi 20A/300mA			
	Circuit Brasseurs d'air	1câble de 3x1, 5mm ²	1 DPN vigi 10A/300mA			
TD Guérite	Coupure Générale	4x6mm ²	Interrupteur Vistop 4x63A	Coffret XL3 125 (1350x450 x150)-IP 40(9)	Guérite	SCHEL TD Guérite
	Circuit Eclairage	3 câbles de 3x1, 5mm ²	3 DPN vigi 10A/300mA			
	Circuit Prises de courant	1 câble de 3x2, 5mm ²	1 DPN vigi 16A/30mA			
	Circuit Surpresseur	2 câbles de 3x6mm ²	2 DPN vigi 32A/300mA			
	Circuit Brasseurs d'air	1câble de 3x1, 5mm ²	1 DPN vigi 10A/300mA			

CHAPITRE IV

**PROPOSITION D'AMELIORATION ENERGETIQUE DE
L'IMMEUBLE**

*<<L'ingénieur doit savoir que les modèles simples sont faux, mais ceux qui ne le
sont pas, sont inutilisables >>*

Pierre-Gérard Fontolliet

IV.1 ETAT DES LIEUX DETAILLES DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

Tableau 5: Données de calcul

Heures de fonctionnement	7h-12h/15h-18h
Tarif de souscription	Double comptage
Heure de pointe (HPT)	10h-12h/16h-18h
Heure pleine (HPL)	7h-10h/15h-16h
Tarif HPT (FCFA/kWh)	88 FCFA
Tarif HPL (FCFA/kWh)	165 FCFA
Prime Fixe/an	3 458 200 FCFA
Type de tarif D	Basse Tension D1 non Industriel

L'un de véritable problème dans une étude d'optimisation c'est le temps de fonctionnement exact des appareils utilisés. L'information donnée par les usagers sur le temps de fonctionnement peut aller du simple au double. Donc il est important de ne pas se fier au seul dire des usagers pour une bonne exploitation.

IV.1.1 ECLAIRAGE

L'éclairage est constitué principalement des lampes de types : réglettes à tubes fluorescentes 1.2 m et 0.6 m, des spots lumineux, des lampes sanitaires et des projecteurs. L'éclairage de l'immeuble est ponctuel c'est-à-dire que la durée de fonctionnement des luminaires est aléatoire (bureaux individuels), car elle dépend du comportement de leurs usagers. Nous avons considéré que le temps de marche de l'éclairage des locaux correspondait à leur période d'occupation. Pour ne pas rentrer dans des détails qui n'apportent pas grand-chose à l'estimation du coût d'exploitation nous avons décidé de prendre le nombre d'heure de travail dans la journée dans l'immeuble à savoir huit (8) heures (8h à 12h et de 14h à 18h).

Tableau 6: Coût d'exploitation de l'éclairage

Désignation	Nbre	P unitaire (w)	P Totale (kW)	HPT (h)	HPL (h)	Energie HPT (kWh)	Energie HPL (kWh)	Coût HPT (FCFA)	Coût HPL (FCFA)	Coût Total (FCFA)
Lampes 1,2 m	427	45	19,215	4	4	76,86	76,86	12 682	6 764	19 446
Lampes 0,6 m	50	19,8	0,99	4	4	3,96	3,96	653	348	1 002
Spot lumineux	185	11	2,035	4	4	8,14	8,14	1 343	716	2 059
Sanitaire	40	13	0,52	4	4	2,08	2,08	343	183	526
Projecteur	2	500	1	1	10	4	4	660	352	1 012

Total Journalier	95	95	15 682	8 364	24 078
Total Mensuel	2 091	2 091	344 995	183 997	529 719
Total Annuel	25 091	25 091	4 139 942	2 207 969	6 356 624

P : Puissance

IV.1.2 BUREAUTIQUE

La bureautique est constituée principalement des équipements suivants :

- Quatre-vingt (80) Ordinateurs portables fonctionnant en moyenne cinq (5) heures par jour
- Quatre-vingt (80) imprimantes fonctionnant en moyenne deux (3) heures par jour
- Dix (10) Photocopieuses à raison de deux (2) par niveaux fonctionnant en moyenne quatre (4) heures par jour
- Soixante (60) Fax-Scanner fonctionnant en moyenne deux (2) heures par jour
- Cinq (5) Mini-frigo fonctionnant en moyenne douze (12) heures par jour
- Cinq (5) Télévisions Ecran Plasma fonctionnant en moyenne huit (8) par jour

Avec ces estimations nous avons décidé de calculer les charges d'exploitation de la bureautique en énergie. Cependant cette estimation du temps de fonctionnement est à prendre avec des réserves car les usagers n'ont pas une idée précise du temps d'utilisation de leurs appareils.

Tableau 7: Coût d'exploitation de la bureautique

Désignation	Nbre	P unitaire (w)	P Totale (kW)	HPT (heure)	HPL (heure)	Energie HPT (kWh)	Energie HPL (kWh)	Coût HPT (FCFA)	Coût HPL (FCFA)	Coût Total (FCFA)
Ordinateur	80	90	7,2	2,5	2,5	18	18	2 970	1 584	4 554
Imprimante Simple	80	278	22,24	1,5	1,5	33,36	33,36	5 504	2 936	8 440
Photocopieuse Imprimante	10	600	6	2	2	12	12	1 980	1 056	3 036
Fax-Scanner	60	60	3,6	1	1	3,6	3,6	594	317	911
Mini-Frigo	5	100	0,5	6	6	3	3	495	264	759
Télé Plasma	5	90	0,45	4	4	1,8	1,8	297	158	455
Total Journalier						72	72	11 840	6 315	18 155
Total Mensuel						1 579	1 579	260 489	138 927	399 416
Total Annuel						18 945	18 945	3 125 866	1 667 128	4 792 994

IV.1.3 CLIMATISATION

Tous les bureaux et les principales salles, sont climatisés avec des appareils de type Split. L'immeuble est équipé avec 89 Splits. Il n'y a pas d'observations particulières à faire sur la climatisation dans le cadre de la présente étude, sauf qu'on dénote :

- Des pannes fréquentes de climatiseurs à causes d'une insuffisance de maintenance régulière ;
- Des problèmes d'écoulements d'eau et de nuisance sonore qui s'expliquent également par des insuffisances de maintenance ;
- En plus de proposer des recommandations (confère partie Recommandations du document) à ces anomalies nous avons décidé d'estimer le coût d'exploitation de la climatisation. Cette estimation va nous permettre de faire une comparaison avec la climatisation centralisée VRV (Volume de Réfrigérant Variable).

Tableau 8: Coût d'exploitation de la climatisation

Désignation	P Unitaire (W)	Nbre	P Totale (kW)	HPT (h)	HPL (h)	Energie HPT (kWh)	Energie HPL (kWh)	Coût HPT (FCFA)	Coût HPL (FCFA)	Coût Total (FCFA)
Climatiseur	1200	53	63,6	4	4	254,4	254,4	41976	22387,2	64363,2
Climatiseur	2700	36	97,2	4	4	388,8	388,8	64152	34214,4	98366,4
Total Journalier						643,2	643,2	106128	56601,6	162 730
Total Mensuel						14 150	14 150	2 334 816	1 245 235	3 580 051
Total Annuel						169 805	169 805	28 017 792	14 942 822	42 960 614

IV.2 BILAN ENERGETIQUE ET PRECONISATIONS

Cette partie va nous faire une synthèse des différentes consommations de l'immeuble.

- **BILAN ENERGETIQUE ANNUEL DE L'IMMEUBLE**

Tableau 9: Bilan annuel de la facture

Eclairage (FCFA)	Climatisation (FCFA)	Bureautique (FCFA)	Autres (FCFA)	Prime Fixe (FCFA)
6 356 624	42 960 614	4 792 994	3 012 319	3 458 200
Facture annuelle (FCFA)		60 580 751		

Ces valeurs sont des estimations et peuvent être supérieures aux valeurs réelles compte tenu :

- des informations données par le personnel sur le temps de fonctionnement de certains équipements pas toujours juste ;
- d'absence d'horloge (non maîtrise de temps de fonctionnement) ;
- de manque de coordination technique.

Cependant nous n'avons pas pu comparer nos résultats avec les montants annuels d'électricité car ces factures n'étaient pas disponibles.

Ce calcul nous donne une idée sur les consommations des différents postes et ne prend pas en compte les taxes diverses pour le calcul de la facture de la SONABEL:

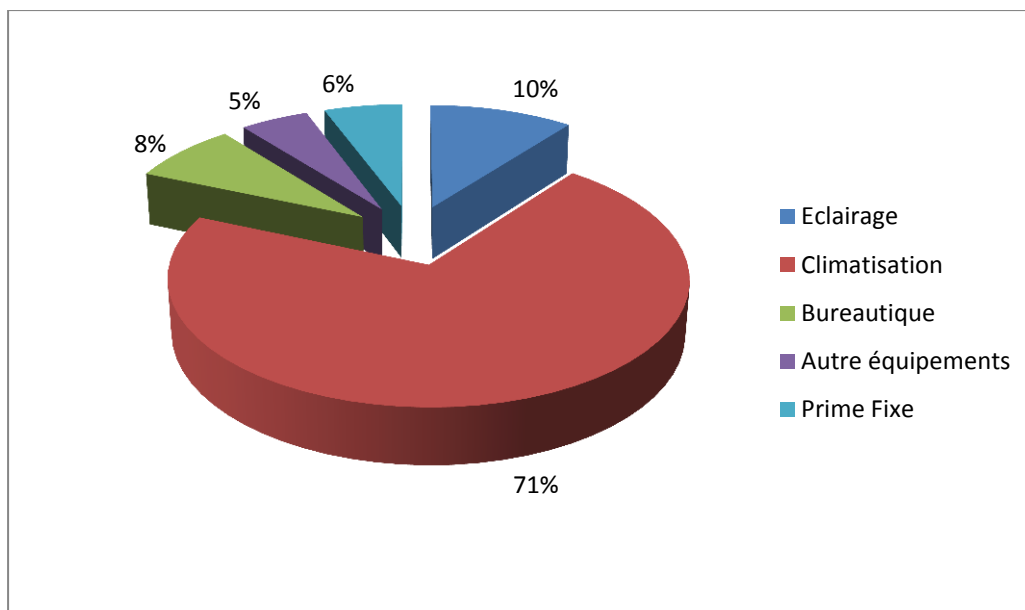


Figure 8: Diagramme des consommations

Ce diagramme nous montre clairement que la climatisation est la première source de consommation qui pèse sur la facture énergétique de cet immeuble avec une part de 71 %. Au vu de ce résultat nous pouvons prendre deux mesures à savoir :

- mettre en place un système de gestion automatisé pour optimiser la consommation de la climatisation ; cela n'a pas été traité dans le cadre de la présente étude ;
- procéder au remplacement de l'ancien système par un système plus performant et économique le système centralisé ; le Volume de Réfrigérant Variable (VRV).

➤ **PRECONISATIONS**

Le bilan énergétique nous a amené à prendre certaines mesures :

- remplacer les lampes classiques par les lampes plus performantes;
- procéder au remplacement des split system par le système VRV ;
- procéder à l'intégration du solaire Photovoltaïque ;
- installer une batterie de condensateurs pour réduire l'énergie réactive.

IV.3 ANALYSE DE LA FACTURATION ELECTRIQUE

1. Contraintes de l'étude

Pour avoir des résultats intéressants liés aux factures nous avons été confrontés à un certain nombre de contraintes:

- Au moment des relevés sur site, il est indispensable d'obtenir du maître d'ouvrage les factures mensuelles des deux ou trois dernières années. Cependant, nous n'avons pas pu entrer en possession des factures ;
- finalement pour avoir des données fiables et utilisables nous avons procédé à la pose d'un analyseur de réseau (analyseur posé du 17 Juillet 2014 au 19 Juillet 2014). Les données ont été relevées dans des conditions non favorables (Analyseur posé sous la pluie et il a plu durant les deux jours de pose) ; nous nous sommes contentés de ces résultats car n'ayant pas pu avoir de jours de pose dans des conditions favorables (résultats de l'analyseur en Annexe 4). Cependant pour avoir des résultats intéressants l'analyseur de réseau doit être posé trois (3) ou quatre (4) jours dans des conditions telles que tous les appareils sont en marche.

2. Optimisation de la facturation électrique

L'étude de la facturation n'a pas été traitée convenablement dans ce projet car les données exploitables étaient inexistantes (factures non disponible chez l'UEMOA). Nous nous sommes contentés de l'étude pour l'intégration de la batterie de compensation, il faut dire que le bâtiment ne disposait pas de batterie de compensation.

Nous avons relevé un facteur de puissance minimum de 0,72 ceci est trop faible ; la SONABEL préconise de ne pas dépasser 0,8 pour ne pas être pénalisé. Nous allons ramener cette valeur à 0,99 pour avoir la bonification maximale accordée par la

SONABEL soit 8%. Pour atteindre notre objectif nous avons décidé de poser une batterie de compensation de type automatique, cette batterie régule automatiquement la compensation de l'énergie réactive consommé par l'immeuble en cas de fluctuations. Nous avons calculé manuellement la puissance de cette batterie par la formule ci-après. La puissance maximale étant 100.41 KVA d'après les données de l'analyseur qui ont été relevées dans des conditions non favorables ; nous avons décidé de prendre une valeur de 170 KVA ce qui prend en compte le pourcentage de la climatisation soit 71% pour faire nos calculs soit 111 KW. .

$$\mathbf{Batteries (kVAR) = P_a * (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)} \quad (4)$$

Avec P_a : puissance active (kW)

$\tan \phi_1$: tangente avant compensation

$\tan \phi_2$: tangente après compensation

Le résumé des calculs se trouve dans le tableau ci-dessous.

Tableau 10: Puissance de la batterie de compensation

Désignation	Avant Compensation	Après Compensation
Puissance Active (kW)	111	111
Cos ϕ	0,72	0,99
Tg ϕ	0,96	0,14
Puissance Réactive (kVAR)	106,99	15,82
Batterie compensation (kVAR)	91,17	

Au vu de ce résultat nous avons décidé d'installer une batterie de compensation automatique de puissance **120 kVAR** avec des gradins de **(2x10) + (5x20) KVAR**. Cette action nous permet d'économiser par an **8%** de la facture d'électricité soit **4 846 463 FCFA** avec un investissement de **5 975 000 FCFA** et un temps de retour sur investissement de **quatorze (14) mois**.

IV.4 ANALYSES COMPARATIVES DES ENERGIES SPECIFIQUES

La méthodologie appliquée pour calculer un taux d'économie d'énergie comprend les points suivants :

- la collecte de données. Les données collectées vont permettre de calculer la consommation énergétique des principaux postes de consommation ;
- l'analyse et la proposition de solutions. Toutes les solutions proposées sur les postes de consommation permettent de calculer la consommation réduite des principaux postes ;
- l'évaluation d'économie d'énergie. En faisant la différence entre la consommation énergétique des postes existants et la consommation réduite de postes.

IV.4.1 LAMPES ORDINAIRES ET LAMPES ECONOMIQUES

Dans un souci d'optimiser la facture énergétique nous avons procédé au remplacement des lampes ordinaires par des lampes économiques basses consommations (LBC) à savoir les lampes Leds. Cependant dans tout projet de remplacement de lampes, on doit s'assurer de l'efficacité des lampes pour le niveau d'éclairage recommandé. Nous avons fait le choix de prendre en compte que les lampes de type fluorescent et les spots hublots des couloirs et hall.

Tableau 11: Coût d'exploitation journalier des lampes ordinaires

Désignation	Nbre	P unitaire (w)	P Totale (kW)	HPT (heure)	HPL (heure)	Energie HPT (kWh)	Energie HPL (kWh)	Coût HPT (FCFA)	Coût HPL (FCFA)	Coût Total (FCFA)
Lampes 120	427	45	19,21	4	4	76,86	76,86	12 682	6 764	19 446
Lampes 60	50	19,8	0,99	4	4	3,96	3,96	653	348	1 002
Hublots	118	11	1,29	4	4	5,19	5,192	856,68	457	1314
Total						86,01	86,01	14 192	7 569	21 761

Tableau 12: Coût d'exploitation journalier des lampes économiques

Désignation	Nbre	P unitaire (w)	P Totale (kW)	HPT (heure)	HPL (heure)	Energie HPT (kWh)	Energie HPL (kWh)	Coût HPT (FCFA)	Coût HPL (FCFA)	Coût Total (FCFA)
Lampes 120	427	18	7,68	4	4	30,74	30,74	5 073	2 705	7 778
Lampes 60	50	9	0,45	4	4	1,80	1,80	297	158	455
Réglette Leds	118	9	1,06	4	4	4,24	4,24	700,92	373,82	1074,74
Total						36,79	36,79	6 071	3 238	9 308

Tableau 13: Récapitulatif des économies annuelles réalisables

Cout d'exploitation de lampes ordinaires annuelle (F CFA)	5 222 649
Cout d'exploitation de lampes économiques annuelle (F CFA)	2 234 010
Economie réalisable annuelle (F CFA)	2 988 638
Investissement (F CFA)	9 481 500
Temps de retour sur investissement (Année)	3

Cette action nous permet d'économiser par an **5%** de la facture électrique soit **2 988 638 F CFA** avec un temps de retour de trois (3) ans.

IV.4.2 CLIMATISEURS SPLITS ET VRV (VOLUME DE REFRIGERANT VARIABLE)

Nous avons vu précédemment que la climatisation constituait la principale consommation énergétique de l'immeuble UEMOA avec une part de 71%. Pour cette raison nous avons décidé de procéder à une étude comparative du système existant par un système plus performant à savoir le système centralisé le VRV en vue d'optimiser la consommation électrique.

1. SPLIT-SYSTEM

Un climatiseur split-system est un climatiseur séparé en deux parties reliées entre elles par une liaison frigorifique. La partie extérieure est le groupe de condensation, la partie intérieure est l'évaporateur ou le caisson de traitement d'air. Les climatiseurs split-system peuvent être mono-split (une seule unité intérieure par unité extérieure) ou multi-split (plusieurs unités intérieures par unité extérieure). Dans le cas de l'immeuble UEMOA nous avons des mono-Split. Ce système présente des avantages et des inconvénients.

Avantages :

- installation facile et peu coûteux à l'achat ;
- résout un problème localisé d'inconfort.

Inconvénients :

- bruyant et mauvaise distribution d'air et espérance de vie courte ;
- coût d'entretien élevé (perte de réfrigérant) et filtration d'air de piètre qualité ;
- de nombreuses unités extérieures sont nécessaires, ainsi qu'un espace important pour l'installation. L'esthétique du bâtiment en est affectée, et la solidité de l'immeuble doit être évaluée ;
- les tuyaux sont courts, et les unités extérieures doivent donc être installées sur les surfaces murales.

Coût d'exploitation annuel du système Split simple est de **42 960 614 Francs CFA** (confère IV.1.3 ci-dessus).

2. LE SYSTEME A VOLUME DE REFRIGERANT VARIABLE (VRV)

Les systèmes à volume de réfrigérant variable (VRV) ou à débit de réfrigérant variable (DRV) constituent sans doute l'une des innovations les plus importantes en matière de climatisation ces dix dernières années. Le principe de fonctionnement est basé sur la variation du débit de fluide frigorigène en fonction de la température ambiante. Le VRV est le seul système à ajuster en continu le volume réfrigérant en fonction des besoins exacts en matière de chauffage ou de rafraîchissement zone par zone, pour un confort et une efficacité énergétique optimale. Conçus pour optimiser le confort, minimiser le bruit de fonctionnement avec simplicité d'installation et d'entretien. Le système VRV présente plusieurs avantages :

- facilité d'installation et flexibilité de modification ;
- économie d'énergie (jusqu'à **30%** d'économie), fonctionnement silencieux, commande individuelle et centralisée possible ;
- Coefficient de performance (COP) élevé (plus de 3.5) ;
- Plage de fonctionnement de 50 à 130% par rapport à la puissance des unités extérieures.

Pour le calcul des charges de climatisation nous avons utilisé la méthode de calcul utilisée par la Société d'Etudes et Entreprise d'Equipement (SEEE), spécialiste en climatisation au Burkina Faso et partenaire du groupe DAIKIN. Le système est développé par chaque fabricant mais le principe de fonctionnement est le même, il est basé sur la technologie inverter (vitesse variable) ; système qui adapte la puissance du climatiseur selon ses besoins. L'unité extérieure peut adapter le volume de réfrigérant et sa puissance selon la puissance que nécessite l'installation. Le schéma d'installation proposé est constitué d'un ensemble de systèmes avec en amont une unité extérieure connectée à plusieurs unités intérieures. C'est un système performant issu de la dernière génération de climatiseurs et il est le mieux adapté à ce type de bâtiment. Pour le dimensionnement des équipements nous partons des charges thermiques (Charges externes et internes) de chaque local pour choisir les unités intérieures comportant des indices en fonction de leurs puissances.

Tableau 14: Indicatif des puissances des unités intérieures.

Indice unités intérieures	20	25	30	40	50	63	80	100	125	140
Puissance Correspondante (KW)	2,2	2,8	3,6	4,5	5,6	7,1	9	10	11,5	14

La somme des indices d'un ensemble d'unités intérieures permet le choix des unités extérieures. Par exemple si on a trois (3) unités intérieures d'indices respectives FAXQ 32, FAXQ 40 et FAXQ 63 ; le choix de l'unité extérieure va porter sur un indice de $32+40+63=135$ soit RXQ5P dans le catalogue.

Les équipements composants le VRV :

Nous avons porté notre choix sur les équipements du groupe DAIKIN pour les raisons citées ci-dessus.

➤ Unités intérieures (Eléments Terminaux de Diffusion (ETD))

Le bâtiment étant déjà en exploitation et ne contenant pas de faux plafond, l'intégration d'unités intérieures différentes des murales comme les cassettes serait complexe et coûteuse. Nous avons choisi des unités intérieures de type mural ; car adaptées aux bâtiments déjà construits. Modèle split, mais adaptées au VRV. Une bonne diffusion doit assurer des vitesses et des températures optimales de l'air autour des occupants de façon à créer un confort maximum et à bien diluer les contaminants en suspension. Dans ce modèle est intégré un filtre absorbant les particules microscopiques, décompose les odeurs, neutralise les bactéries et les virus par le filtre purificateur d'air photo catalytique à apatite de titane.

Investissement et Coût d'exploitation du système centralisé VRV :

Tableau 15: Investissement du VRV

Désignation	Coût en FCFA
Unités Extérieures	68 433 060
Unités Intérieures	20 290 400
Raccords Frigorifiques	210600
Conduits	415350
Main d'œuvre	2 600 000
Total	91 949 410

Afin de pouvoir comparer nous sommes allés sur les mêmes bases de calcul comme pour le split-system. Les résultats sont récapitulés dans le tableau ci-après

Tableau 16: Coût d'exploitation système VRV

Cout d'exploitation des split system annuel (FCFA)	42 966 000
Cout d'exploitation des VRV annuel (FCFA)	33 937 399
Economie réalisée annuelle (FCFA)	9 028 601
Investissement (FCFA)	91 949 410
Temps de retour sur investissement (Année)	10

Cette action nous permet d'économiser par an **15%** de la facture d'électricité annuelle soit **9 023 216 F CFA** avec un temps de retour de **10 ans**.

IV.5 INTEGRATION DU SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

Le système photovoltaïque raccordé au réseau est le système d'énergie renouvelable dont l'exploitation technique est la plus simple ; car aucune maintenance préventive n'est nécessaire pour les installations. Ce système est moins cher par rapport au système autonome, car ne contenant pas de batterie de stockage qui occupe généralement une part importante dans l'investissement solaire. Le dimensionnement d'une installation photovoltaïque raccordée réseau ne répond pas à la même problématique qu'une installation autonome. Dans le deuxième cas, il faut souvent déterminer un optimum technico-économique entre couverture des besoins énergétiques de l'utilisateur et coûts d'investissement, alors que dans le premier il s'agit plutôt de produire le maximum d'électricité au meilleur coût possible, sans préoccupation de charges à satisfaire. Dans le cas du photovoltaïque connecté réseau, le dimensionnement revient donc à déterminer une puissance à développer, non pas selon un besoin à couvrir, mais selon le productible qu'offrira une configuration « champ/onduleur ».

1. CONTRAINTES DU PHOTOVOLTAIQUE

Pour réaliser un système photovoltaïque, il est impératif de prendre en compte un certain nombre de paramètres :

- ✓ le taux d'injection de 30% de la puissance totale installée, pour limiter le taux d'harmoniques injectés dans le réseau dans le cas de l'injection réseau ;
- ✓ le budget ; un coût d'investissement très élevé entraine la réticence des maitres d'ouvrages, même si la rentabilité est assurée à moyen terme ;
- ✓ l'espace disponible pour l'installation des panneaux PV ;

- ✓ La plage de productivité des PV est de 07h 30 à 16h 30 max ; en cas de ciel dégagé et en temps climatique favorable.

2. ANALYSE DES CONTRAINTES

- ✓ UEMOA est dans une démarche de promotion de développement des énergies renouvelables notamment le photovoltaïque, la question de l'investissement pourra être résorbée avec un bon dossier technique ;
- ✓ concernant le taux de **30 %** cette technologie est bien maitrisée et les équipements adaptés sont disponibles sur place;
- ✓ vu que l'espace est notre principale contrainte nous allons partir sur la base de l'espace disponible pour faire le dimensionnement ;
- ✓ le site de l'étude est situé au Burkina Faso ; un pays tropical donc cette question de plage horaire n'est pas un véritable problème.

3. DIMENSIONNEMENT DES EQUIPEMENTS

Données

- ✓ Surface disponible sur le toit : **332.61m²**
- ✓ Puissance utile du bâtiment : **159 KW**
- ✓ Surface réservée aux VRV : **83.15 m²**
- ✓ Surface exploitable pour le solaire : **249.45 m²**

Pour réaliser le dimensionnement nous avons utilisé un logiciel adapté au système connecté réseau à savoir **PVSYST** ; dans ce logiciel nous avons comme paramètres d'entrés soit la puissance que l'on veut, soit la surface disponible. Dans notre étude la surface était notre principale contrainte donc nous avons fait les calculs sur cette base. Après calcul nous trouvons 18 KWel soit 11% de la puissance d'utilisation. Les résultats des calculs sont résumés dans le tableau ci-après.

Tableau 17: Résultat de calculs solaire

Puissance	Puissance Crète (KWc)	35
	Puissance nominale (Kwac)	18
Champ PV	Nombre Modules en série	14
	Nombre de strings	10
	Nombre total de modules 250 Wc - 24V	140

Onduleurs SMA 17000 TL	Nombre Total d'Onduleurs ST 11000 TL	3
	Nombre de strings/Entrée A	6
	Nombre de strings/Entrée B	4
Protections DC et AC	Nombre Parafoudres Type 2 DC	10
	Nombre Disjoncteurs DC	10
	Calibre Disjoncteurs DC (A)	10
	Nombre de Boîtes de Jonction DC	6
	Nombre Parafoudres Type 2 Triphasés	1
	Nombre Disjoncteurs Triphasés	3
	Interrupteur-sectionneur Général	63
	Calibre Disjoncteurs Triphasés (A) Aval de chaque onduleur	32

4. DIMENSIONNEMENT DES CABLAGE DC et AC

La section du câble DC sera donc la valeur supérieure standard la plus près de la valeur calculée. La section du câble se calcul par la formule ci-après :

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{\varepsilon \cdot VA} \quad (5)$$

ρ est la résistivité du câble en $\Omega \cdot m$. Celle-ci dépend du matériau. Elle est de $1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ pour un câble en cuivre.

L est la longueur du câble en (m) I est le courant que traverse le câble en (A)

ε est la chute de tension en (V) VA est la tension au départ du câble en (V)

La section des câbles AC sera dimensionnée avec le **logiciel ECODIAL**. Les résultats de ces calculs se trouvent dans le tableau ci-après.

Tableau 18: Section des câbles

Sections des Câbles de liaison (mm ²)	PV- Boîte de Raccordement DC	6
	Boîte de Raccordement DC-Onduleur	6
	Onduleur-Coffret AC	16
	Coffret AC-TGBT	25

5. INVESTISSEMENT ET TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT (TRI)

De manière générale le Temps de Retour sur Investissement (TRI) se calcul avec la formule ci-après.

$$TRI = \frac{\text{Coût d'investissement}}{\text{Economie réalisée annuelle}} \quad (6)$$

Les résultats des calculs sont résumés dans le tableau ci-après.

Tableau 19: Temps de Retour sur Investissement (TRI)

Désignation	Puissance (KW)	HPT (heure)	HPL (heure)	Energie HPT (FCFA)	Energie HPL (FCFA)	Coût Energie (FCFA)
PV	18	4	4	72	72	18216
Economie Journalière				72	72	18 216
Economie Mensuelle				1 584	1 584	400 752
Economie Annuelle brute sans maintenance				19 008	19 008	4 809 024
Economie Annuelle nette						3 903 424
Economie sur 25 Ans				475 200	475 200	120 225 600
Investissement et Coût de maintenance (FCFA)				53 623 600		
Temps de Retour sur Investissement en Année				14		
Quantité de CO2 (0,72Kg/KWh consommée) évitée annuelle en Tonne				27		

Ce volet nous permet de réaliser chaque année une économie sur la facture électrique de **7%** soit **3 903 424 FCFA** (les détails des calculs se trouvent en annexe 5). La solution énergie solaire en plus de l'économie, intègre la préservation de l'environnement et l'alternance énergétique.

IV.6 PROPOSITION DE MESURES D'EFFICACITE ENERGETIQUE

Pour pérenniser les acquis engrangés au terme de cette étude nous préconisons de mettre en place les actions suivantes :

- un responsable énergie de l'immeuble qui aura une bonne connaissance des données suivantes : les factures électriques, les plans du bâtiment, les schémas des réseaux électriques, les données de suivi énergétique, les abonnements et contrats d'exploitation ;
- afficher près des interrupteurs un message du type "**Eteignez en quittant le local !**";
- des affiches du genre éteindre les ordinateurs pendant les périodes prolongées de non utilisation, et notamment pendant l'heure de pose ;
- configurer les ordinateurs en mode veille ce qui permet aux ordinateurs de se mettre en veille prolongé automatiquement ; dans cet état l'ordinateur ne consomme plus d'énergie (attention, ne pas confondre mise en veille de l'ordinateur et écran de veille) ;
- sensibiliser les utilisateurs pour qu'ils éteignent les imprimantes la nuit ou installer une minuterie sur l'alimentation des imprimantes pour qu'elles soient éteintes automatiquement la nuit ;
- sensibiliser les utilisateurs pour qu'ils utilisent l'imprimante à jet d'encre lorsque la qualité de l'impression n'est pas importante ;
- installer des minuteries dans les locaux occupés de façon intermittente : sanitaires, couloirs ;
- créer un réseau "éclairage minimal" qui empêche qu'il fasse "tout noir" dans les couloirs après 17h00 mais que la majorité de l'éclairage puisse être arrêté ;
- installer des détecteurs de présence dans les locaux occupés de façon irrégulière (salles de réunion,...).
- installer des dispositifs de gestion qui utilisent la détection de présence avec asservissement à la lumière du jour, ils ne vont déclencher l'éclairage qu'en dessous d'un certain seuil de luminosité, pré réglé lors de la configuration de l'installation.

CHAPITRE V

OFFRE FINANCIERE

<<Entre un perfectionnisme fatal parce que trop coûteux et un empirisme dangereux par son caractère aléatoire, l'ingénieur doit trouver le juste compromis qui satisfait en même temps les exigences de qualités et les impératifs économiques>>

Pierre-Gérard Fontolliet

V.1 COUT D'EXCECUTION DES TRAVAUX ELECTRIQUES ET ENERGETIQUES

Le coût estimatif des travaux de mise à conformité des installations électriques et des mesures énergétiques de l'immeuble UEMOA est donné dans les tableaux suivants :

Tableau 20: Coût des travaux d'électricité

Désignation	Coût (FCFA)
Source d'alimentation	26 450 000
Mise à la terre des circuits et des appareils	250 000
Conduits électriques	12 450 000
Tableaux électriques	19 038 750
Appareillage	6 276 125
Paratonnerre	4 450 000
Divers 10%	6 891 487
Coût total volet électrique	75 806 362

Arrêté le présent coût des travaux d'électricité est de : **SOIXANTE-QUINZE MILLION HUIT CENT SIX MILLE TROIS CENT SOIXANTE-DEUX (75 806 362) FRANCS CFA.**

Tableau 21: Coût estimatif des solutions énergétiques

Désignation	Coût (FCFA)
Remplacement Lampes économique	8 436 000
Batterie de Compensation	5 975 000
Remplacement VRV	91 949 410
Intégration du Photovoltaïque	53 623 600
Total volet énergétique	159 984 010

Arrêté le présent coût des travaux des solutions énergétiques est de : **CENT CINQUANTE-NEUF MILLION NEUF CENT QUATRE VINGT QUATRE MILLE DIX (159 984 010) FRANCS CFA.**

Le coût global des travaux s'élève à **DEUX CENT TRENTE CINO MILLION SEPT CENT QUATRE VINGT DIX MILLE TROIS CENT SOIXANTE DOUZE (235 790 372) FRANCS CFA**

V.2 ECONOMIE GLOBALE REALISABLE

Les principales raisons qui peuvent inciter le maitre d'ouvrage à investir dans des recommandations faites lors d'une étude énergétique sont les gains qu'il gagne et aussi le temps de retour sur investissement. Dans la présente étude nous avons pu mettre en évidence les économies réalisables si les recommandations étaient prises en compte avec un temps de retour raisonnable:

- économie annuelle réalisable par l'installation de la batterie de compensation est de **8 % soit 4 848 463 FCFA**
- économie annuelle réalisable sur le remplacement des lampes ordinaires par les lampes économiques est de **5 % soit 2 988 638 FCFA.**
- économie annuelle réalisable sur le remplacement du split-system par le VRV est de **15% soit 9 023 216 FCFA**
- économie annuelle réalisable sur l'intégration du solaire photovoltaïque est de **7% soit 3 903 424 FCFA**

Nous avons au finish une économie globale réalisable annuellement de **20 801 440 FCFA soit 35%** sur la facture annuelle si les recommandations prises en compte.

V.3 PLANNING D'EXCECUTION DES TRAVAUX

La durée indicative des travaux de réhabilitation est de six **(06) mois**, compte tenu de l'occupation de l'immeuble durant l'exécution des travaux. Le planning sera réalisé avec le diagramme de Gantt.

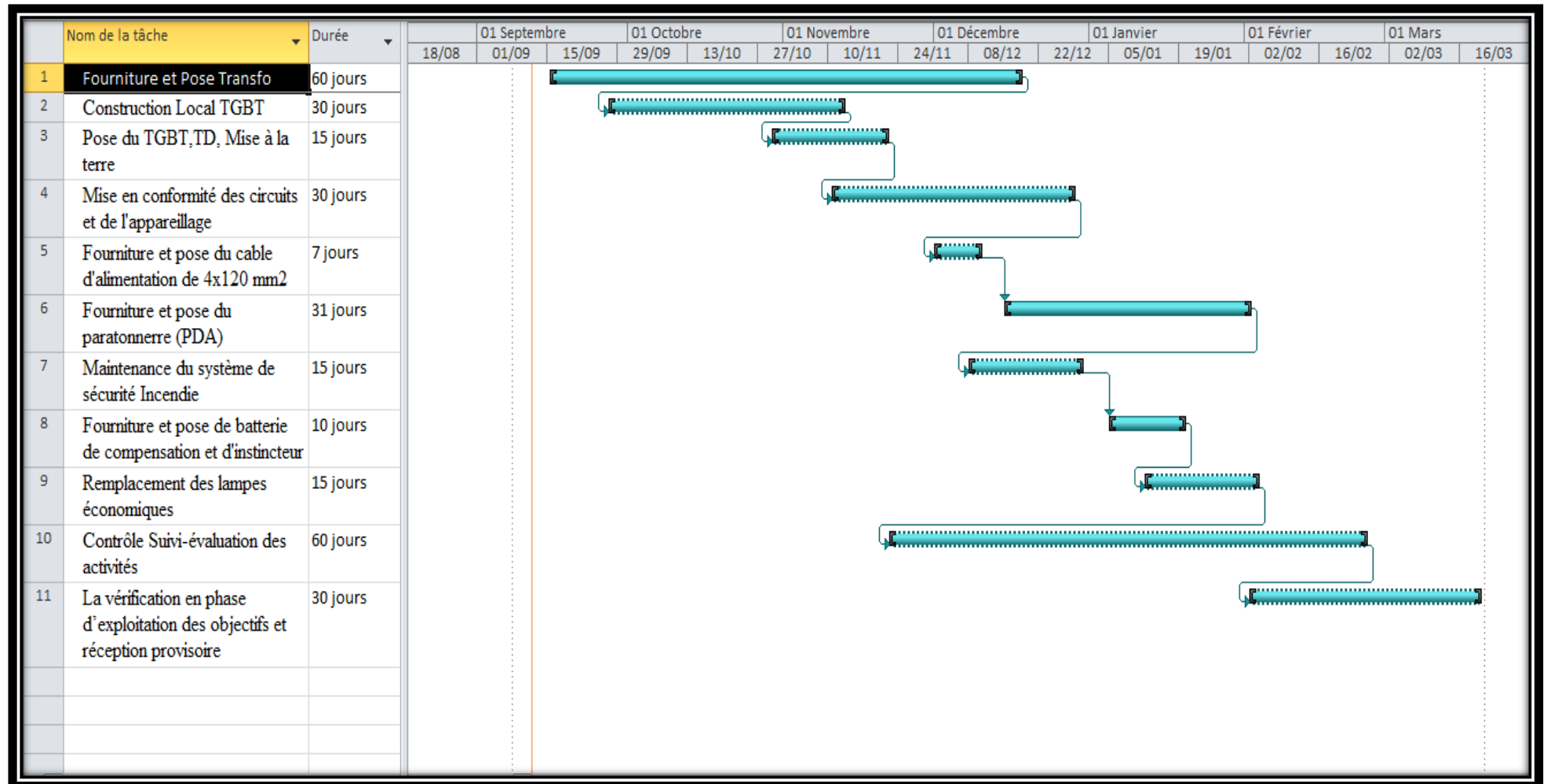


Figure 9: Planning des activités

CONCLUSION

Pour terminer et en guise de conclusion, nous pouvons affirmer que les principaux problèmes relevés sur les installations électriques de l'immeuble UEMOA sont graves et de nature à compromettre le bon fonctionnement des services, la sécurité des biens et des personnes qui la fréquente. Cependant au terme de nos diagnostics nous avons contribué à proposer des solutions pour la mise aux normes des installations électriques du Bâtiment. Ces solutions sont les suivantes :

- alimenter l'immeuble par un poste transformateur triphasé autonome MT/BT 15kV/400 V de 250 kVA cabine de type préfabriqué placé à la limite du propriété, y compris les équipements de sécurité ;
- mettre aux normes de sécurité tous les tableaux divisionnaires électriques et les circuits électriques de l'immeuble ;
- installer un paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA) sur le toit de l'immeuble, y compris le dispositif de fixation, méplat, éclateur d'antenne, joint de contrôle , prise de terre ;
- installer une batterie de condensateur automatique triphasé de 120 kVAR pour la compensation de l'énergie réactive de l'immeuble ;
- Remplacer les lampes ordinaires par les lampes basses consommation (LBC) ;
- Remplacer le système de climatisation existant par un système centralisé le VRV.
- Intégrer le photovoltaïque qui en plus d'économie d'énergie prend en compte l'aspect environnemental et l'alternance énergétique.

RECOMMADATIONS

Au terme de notre étude nous avons formulé les recommandations suivantes :

1. L'AUDIT ELECTRIQUE

Nous recommandons de procéder dans les meilleurs délais aux actions suivantes :

- alimenter l'immeuble par un poste transformateur triphasé autonome MT/BT 15kV/400 V de 250 kVA cabine de type préfabriqué placé à la limite du propriété, y compris les équipements de sécurité (gants MT, tabouret, perche, affiche, extincteur à gaz de 5kg) ;
- mettre aux normes de sécurité tous les tableaux divisionnaires électriques et les circuits électriques de l'immeuble ;
- installer un paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA) sur le toit de l'immeuble, y compris le dispositif de fixation, méplat, éclateur d'antenne, joint de contrôle , prise de terre ;
- poser un nouveau Tableau Général Basse Tension (TGBT) ;
- faire un entretien général (nettoyage, fixation, serrage des bornes, etc.) de tous les appareils (luminaires, interrupteurs, boutons poussoirs, prises de courant, Dismatic, climatiseurs, etc.).

Il est intéressant de signaler qu'au vu de l'importance du volet électrique ces recommandations ont été adoptées par l'UEMOA pour la mise en conformité des installations.

2. L'AUDIT ENERGETIQUE

- faire réaliser la maintenance des climatiseurs par une entreprise professionnelle, et ceci dans le cadre d'un contrat de maintenance bien réglementé ou procédé au remplacement du système de climatisation existant par le système centralisé le VRV vu les avantages que cela procure.
- installer une batterie de condensateur automatique triphasé de 120 kVAR pour la compensation de l'énergie réactive de l'immeuble ;
- procéder au remplacement des lampes ordinaires par des lampes Basses Consommation (LBC) vu le temps de retour de trois (3) ans ;
- Intégrer le photovoltaïque.

3. SYSTEME DE SECURITE INCENDIE

La mise aux normes des installations de sécurité incendie de l'immeuble coûtera très cher et va demander d'énormes modifications, si l'on veut :

- installer un système de détection et d'alerte efficace ;
- construire un réseau complet de Robinet d'Incendie Armé (réservoir, supprimeur, motopompe, et au moins deux (2) Robinets d'Incendie Armé (RIA) par niveaux) ;
- construire des colonnes sèches jusqu'au dernier étage.

Compte tenu du coût qui serait élevé et le délai de mise en œuvre (5 mois au moins). Nous recommandons plutôt à l'UEMOA :

- d'assurer la bonne maintenance du minimum d'équipements de sécurité existant déjà ;
- et de réaliser au moins une fois par an une campagne de formation et de sensibilisation sur la sécurité incendie au profit de son personnel.

BIBLIOGRAPHIE

<< L'important n'est pas de tout savoir, mais de savoir où tous se trouve >>

Slogan de la Chronique Multimédia / RFI

1. **COULIBALY Yézouma.** Cours d'économie d'énergie dans le bâtiment et dans l'industrie. Master 2 Génie Energétique au 2iE Ouagadougou 2013-2014
2. **COULIBALY Yézouma.** Thermique du Bâtiment Master MGEER, 2iE Ouagadougou Octobre 2011.
3. **NKUNA KABENGELE Jacques.** Audit Energétique des installations d'alimentation en eau potable de la ville de Matadi en RD Congo. Mémoire de fin d'études en Master spécialisée en Génie énergétique et Energies Renouvelables au 2iE Ouagadougou 2009-2010
4. **Marianne Duquesne.** Audit énergétique de bâtiment : Pourquoi? Comment? Octobre 2009.
5. **Godefroy THIOMBIANO ;** Communication sur l'Optimisation de la Facturation de l'Energie Electrique, Développer son expertise pour économiser l'énergie dans les bâtiments climatisés Ouagadougou, le 29 octobre 2009
6. **Fiche technique PRISME n°2,** Le diagnostic énergétique d'un bâtiment
7. **U.R.E. Bâtiment :** Guide d'audit énergétique des bâtiments 1999
8. **ADEME : ETUDE D'AIDE A LA DECISION, CAHIER DES CHARGES AUDIT ENERGETIQUE DANS LES BATIMENTS,** Version du 29/02/2012
9. **L'AUDIT ENERGETIQUE DES BATIMENTS ;** Fiche audit énergétique, www.SCE.fr: consulté le 15 Mai 2014.
10. **Thierno Bocar TALL,** COOPERATION ABREC – UEMOA POUR LE DEVELOPPEMENT DES ER ET EE DANS LES 8 ETATS MEMBRES.
11. **DIMENSIONNEMENT D'UNE INSTALLATION ELECTRIQUE,** IUT de Saint-Nazaire, Université de Nantes.
12. **DAIKIN,** Catalogue VRV, CONFORT DE LA CLIMATISATION.
13. **Dr. Ing. SAYON SIDIBE,** COURS DE CONDITIONNEMENT D'AIR, MASTER ENERGIE 2011-2012

ANNEXES

ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES DE LA SOURCE D'ALIMENTATION SONABEL

DESIGNATION	CARACTERISTIQUES ET OBSERVATIONS
Tableau de comptage ✓ Type d'abonnement ✓ N° abonné ✓ Tension ✓ Type compteur ✓ Type et réglage Disjoncteur	✓ Triphasé double comptage ✓ BB1606410 ✓ Triphasé 400V / 230V ✓ Electronique ✓ Compact triphasé 250A
Paramètres Electriques <u><i>Tensions simples et composées relevées le 18/05/2014 à 10h35mn</i></u> ✓ Phase 1 / neutre ✓ Phase 2 / neutre ✓ Phase 3 / neutre ✓ Phase 1 / phase 2 ✓ Phase 1 / phase 3 ✓ Phase 2 / phase 3 <u><i>Intensités relevées le 18/05/2014 à 10h45mn</i></u> ✓ Phase 1 ✓ Phase 2 ✓ Phase 3 ✓ Neutre	✓ 202V ✓ 207V ✓ 194V ✓ 357V ✓ 352V ✓ 357V ✓ 162A ✓ 141A ✓ 162A ✓ 20A
<u><i>Fréquence relevée le 18/05/2014 à 12h08mn</i></u>	49,1Hz

ANNEXE 2: CARACTERISTIQUES DU GROUPE ELECTROGENE

DESIGNATION	CARACTERISTIQUES
Ensemble Marque : Puissance : Nombre d'heures de marche Année de fabrication	OLYMPIAN POWER SYSTEM 250 kVA secouru / 230kVA en continu 30.3H 2011
Moteur Marque : Modèle : Famille : Série : Nombre de cylindre : Refroidissement :	PERKINS GCBD325A DTA-530 ^E 1300 .. À eau

Vitesse de rotation :	1500tr/mn
Alternateur	
Marque :	LEROY SOMER
Type :	LL50 14H
Série	263 626/003
Tension	230V/400V
Cos phi:	0,8
Vitesse de rotation :	1500tr/mn
Température :	..°C
Tableau électrique :	RAS
Inverseur de source	
Inversion :	Automatique
Marque :	GNISALBA
Type :	GN44-350A
Type module de démarrage :	A45-01 / 24VDC

ANNEXE 3 :

✓ CALCUL DE LA CHUTE DE TENSION A 350 M

Section du câble (mm ²)	95
Longueur(m)	350
Facteur de puissance Cos ϕ	0,8
Sin ϕ	0,6
Courant d'emploi I _B (A)	451.59
Résistivité du cuivre ρ ($\Omega\text{mm}^2/\text{mm}^2$)	23
Réactance linéique λ (m Ω /m)	0,08
b pour les circuits triphasés	1
Chute de tension ΔU (V)	38,20
Chute de tension en pourcentage ΔU (%)	9,55

✓ CALCUL DE LA SECTION ADAPTEE A 350 M

Longueur(m)	350
Facteur de puissance Cos ϕ	0,8
Sin ϕ	0,6
Courant d'emploi I _B (A)	451,59
Résistivité du cuivre ρ ($\Omega\text{mm}^2/\text{mm}^2$)	23
Réactance linéique λ (m Ω /m)	0,08
b pour les circuits triphasés	1

Audit Energétique et Electrique du bâtiment administratif (R+5) de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) à Ouaga 2000

Chute de tension $\Delta U(V)$	20
Chute de tension en pourcentage $\Delta U(\%)$	5
Section adaptée (mm ²)	234,28
Section normalisée (mm ²)	240

ANNEXE 4 : RESUME DE L'ANALYSEUR DE RESEAU

Date de début de l'enregistrement 17/07/2014 Durée de l'enregistrement 1:23:58:45 (d:h:min:s) Appareil utilisé Model 8335 - 212904 2.8 Nom du fichier Enregistrement 8335_212904_2014_7_3 UMDA.dvb Configuration de l'appareil Type de branchement: Triphasé 3 fils Pince SR193 Calcul de la puissance réactive (var): Avec harmoniques		
Nom (Opérateur) EEX-EL CONVOLBO ERIC BRICE SOSTHENE BP : 60 KOUBRI, BURKINA FASO +226 7601 5060 / +226 7820 0024 econvolbo@yahoo.fr	Nom (Site) COMPAORE Contact (Site) Ville (Site) Pays (Site) Téléphone (Site)	UEMOA Immeuble ICB M. TOE Ouagadougou Burkina Faso +226 7021 0490
Commentaires <p align="center">Résumé des phénomènes électrique lors de la campagne de mesure du 17/07/2014 à 09h07mn45 au 19/07/2014 à 09h06mn25.</p> <p>La phase N° 1 a enregistré une valeur efficace mini de 234.1V, et un maxi de 258.1V sur la phase 3. La norme préconise 230V +/-10%.</p> <p>Les phases 1, 2 et 3 ont enregistré respectivement une valeur efficace moyenne de 63.1A, 52A et 45A et des valeurs efficaces maxi de 187.1A, 157.7A et 136.1A.</p> <p>Une brève coupure de la fourniture électrique le 18/07/2014 de 05h49mn20 à 05h49mn30</p> <p>Un creux de tension le 18/07/2014 à 06h05mn35 pour une valeur efficace phase neutre de 199V, 199.5V et 200.3V respectivement sur les phases 1 ; 2 et 3.</p> <p>La fréquence est comprise entre 47.88Hz mini et 50.66Hz de Maxi. Pendant la période de mesure, il a été enregistré une fréquence moyenne de 50.08Hz. La norme préconise une fréquence de 50Hz +/-1%.</p> <p>La puissance apparente maxi enregistrée est de 100.41kVA. Elle a été enregistrée le 17/07/2014 à 16h18mn10.</p> <p>Le facteur de puissance moyen de l'immeuble est de 0.882, et oscille entre une valeur mini de 0.727 et 0.967 de maxi. Pour ne pas être pénalisé, SONABEL invite les abonnés DT (Double Tarif) à avoir un facteur de puissance FP=0.8</p> <p>Le taux de Distorsion Harmonique Total (VTHD) de la tension simple a une moyenne de 2.6%, 2.5% et 2.6% respectivement sur les phases 1, 2 et 3. Cependant, ce taux a atteint un maxi de 219.8% sur la phase 2 le 18/07/2014 à 06h05mn35.</p> <p>Le taux de Distorsion Harmonique Total (ATHD) du courant a une moyenne de 13.1%, 16.6% et 25.5% respectivement sur les phases 1 ; 2 et 3. Les valeurs maxi sont respectivement de 222%, 584.1% et 161.4% sur les phases 1, 2 et 3.</p> <p>Le Déséquilibre moyen de la tension simple (Vunb) est de 1.2%. La norme préconise un déséquilibre inférieur ou égal à 2%.</p> <p>Le Déséquilibre du courant en moyenne pendant la durée de la mesure est de 29%. Cependant, une valeur maxi de 100% a été enregistrée le 18/07/2014 de 05h49mn35 à 06h05mn30.</p>		

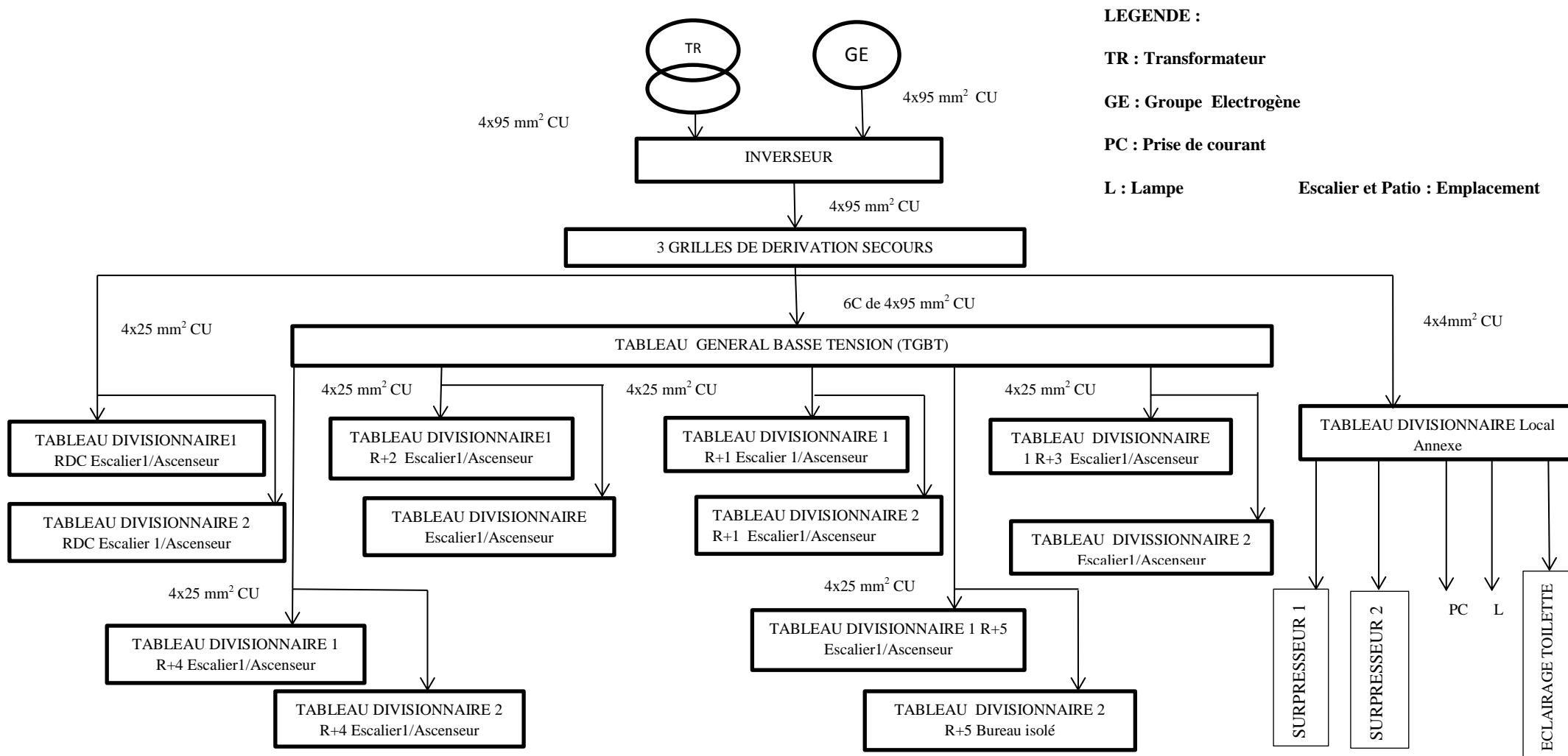
ANNEXE 5 : INVESTISSEMENT ET COUT DE MAINTENANCE ANNUELLE

Désignation	Quantité	Prix Unitaire (FCFA)	Prix Total (FCFA)
Modules	140	175 000	24 500 000
Onduleur	3	4 500 000	13 500 000
Parafoudre type 2 DC	10	22 000	220 000
Parafoudre type 2 Triphasé	1	78 000	78 000
Boite de Jonction	6	80 000	480 000
Disjoncteur Triphasé 63 A	3	130 000	390 000
Câble 6 mm ² (m)	200	275	55 000
Câble 16 mm ² (m)	50	3 250	162 500
Câble 25 mm ² (m)	30	650	19 500
Interrupteur sectionnaire 125 A	1	125 000	125 000
Disjoncteur DC 10 A	10	6 000	60 000
Support + Accessoires	140	40 000	5 600 000
Maintenance et entretien annuelle	FF	2%	905 600
Main d'œuvre du coût matériel	FF	10%	7 528 000
Total			53 623 600

ANNEXE 6 : PHOTOS DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES



ANNEXE 7 : TABLEAU SYNOPTIQUE DU RESEAU ELECTRIQUE EXISTANT DE L'IMMEUBLE UEMOA



ANNEXE 8 : SCHEMAS ELECTRIQUES DE L'IMMEUBLE UEMOA