



## **AUDIT ENERGETIQUE DU SIEGE DE LA SONABEL**

**A**

**OUAGADOUGOU**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE  
MASTER EN GENIE ELECTRIQUE ENERGETIQUE ET INDUSTRIEL**

**OPTION : ENERGIE RENOUVELABLE**

Présenté et soutenu publiquement le [08 JUILLET 2019] par

**FOFANA DGIDE IVONNE (20131317)**

**Directeur de mémoire : M. Jean Francis SEMPORE, Enseignant à 2IE**

**Maître de stage : M. Honoré Patrice TOE Expert Agrée près les Cours et Tribunaux du  
Burkina Faso, Directeur Général de la Société I.C.B.**

Structure d'accueil du stage : Ingénierie de Contrôle du Burkina (ICB)

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr.Yésouma COULIBALY

Membres et correcteurs : M.Francis SEMPORE

M. Ibrahim NEYA

**Promotion [2018/2019]**

## DEDICACE

Je dédie ce document :

A mon défunt père, FOFANA K. VICTOR qui n'a ménagé aucun effort quand il s'agissait de la réussite scolaire de ses enfants ;

A ma mère, FOFANA COULIBALY A. ALICE pour son amour inconditionnel et son soutien moral ;

A mes frères, merci d'être là pour moi ;

A tous mes oncles et tantes qui m'ont accompagné durant ma formation ;

## REMERCIEMENTS

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.

Un grand merci à Monsieur Sanari FORO, Directeur Technique I.C.B pour son encadrement inconditionnel et sa grande disponibilité ainsi qu'à Patrick Gildas SALO, techniciens I.C.B avec qui j'ai beaucoup appris et qui n'ont ménagé aucun effort pour répondre à mes interminables questions.

M. Jean Francis SEMPORE, enseignant à 2IE, pour son encadrement, son aide dans la rédaction de ce mémoire.

Je remercie également toute l'équipe de la société I.C.B pour leur soutien et pour la bonne ambiance qui régnait.

Merci à Monsieur Arnaud Charlemagne OUATTARA pour m'avoir trouvé ce stage à I.C.B.

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 à toutes mes membres de ma promotion qui ont été de véritables compagnons.

## Résumé

Les objectifs de cette étude consistaient à détecter les appareils de faibles performances énergétiques, proposer des solutions d'économies d'énergie, améliorer la fourniture d'électricité en introduisant l'utilisation d'un système photovoltaïque. Elle s'inscrit dans le cadre de la politique de l'Etat du Burkina qui a été mise en place pour la maîtrise de l'énergie qui doit conduire entre autre à une consommation économique et rationnelle de l'énergie électrique dans les bâtiments administratifs.

La suite de l'étude a permis de relever un potentiel d'économie d'énergie qui s'élève à 184 075 kWh par an sur une consommation annuelle de 807 351 kWh, soit une économie de 23 %. Ces économies d'énergie permettent non seulement d'éviter une émission de 165 667 kg CO<sub>2</sub> par an, mais permettent aussi d'économiser 20 432 285 FCFA par an avec un temps de retour sur investissement égale à 6.3 ans. Au terme de notre étude nous avons recommandé les actions suivantes : le remplacement des climatiseurs split ordinaires par des split INVERTER et celui des lampes ordinaires par des LED, procéder à l'installation des batteries de condensateurs automatiques triphasées de 75 kVAr pour la compensation automatique de l'énergie réactive de l'immeuble, et enfin installer un système PV relié aux réseaux de 18,56 kWc qui en plus d'économiser l'énergie, il prend en compte l'aspect environnemental et l'alternance énergétique. Cependant la mise en œuvre de ces recommandations nécessite des fonds qui s'élèvent à 129 707 745 CFA.

### Mots Clés :

---

**1-Audit**

**2-Energie**

**3-Système photovoltaïque**

**4-Efficacité énergétique**

**5-Diagnostics**

## **ABSTRACT**

The objectives of this study were to detect low energy performance devices, offer energy saving solutions, improve the supply of electricity by introducing the use of a photovoltaic system. It is part of the Burkina state policy that has been put in place for the control of energy, which must lead, among other things, to an economic and rational consumption of electrical energy in administrative buildings.

The rest of the study has identified a potential energy savings of 184 075 kWh per year on an annual consumption of 807 351 kWh, a saving of 23%. These energy savings have not only make it possible to avoid an emission of 165 667 kg CO<sub>2</sub> per year, but also make it possible to save 20 432 285 FCFA per year with a return on investment equal to 6,3 years. At the end of our study we recommended the following actions: the replacement of ordinary split air conditioners by split inverter and that of ordinary lamps by LEDs, proceed to the installation of three-phase automatic capacitor banks of 75 kVAr for the compensation of the reactive energy of the building automatically, and finally install a PV system connected to 18.56 kWp networks which in addition to saving energy takes into account the environmental aspect and the energy alternation. However, the implementation of these recommendations requires funds amounting to 129 707 745 CFA

**Key words:**

---

**1 -Audit**

**2-Energy**

**3-photovoltaic system**

**4-Energetic efficiency**

**5-Diagnosis**

## Liste des abréviations

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

**SONABEL** : Société National d'Electricité du Burkina

**HPT** : Heure de Pointe

**HPL** : Heure Pleine

**ICB** : Ingénierie de Control du Burkina

**kVA** : kilo Volt Ampère

**kW** : kilo Watt

**PV** : Photo Voltaïque

**RDC** : Rez- De-Chosée

**TRI** : Temps de Retour sur Investissement

**TD** : Tableau Divisionnaire

**TGBT** : Tableau General Basse Tension

## Table des matières

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| DEDICACE.....                                                    | i   |
| REMERCIEMENTS .....                                              | ii  |
| Résumé .....                                                     | iii |
| LISTES DES TABLEAUX.....                                         | ix  |
| LISTE DES FIGURES.....                                           | x   |
| INTRODUCTION.....                                                | 11  |
| CHAPITRE I.....                                                  | 13  |
| PRESENTATION DE L'ETUDE ET LA METHODOLOGIE DE L'ETUDE .....      | 13  |
| I. PRESENTATION DE L'ETUDE .....                                 | 14  |
| a. CONTEXTE DE L'ETUDE.....                                      | 14  |
| b. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL.....                   | 14  |
| c. PRESENTAION DU SIEGE DE LA SONABEL .....                      | 15  |
| II. METHODOLOGIE DE L'ETUDE ET NORMES .....                      | 17  |
| a. METHODOLOGIE DE L'ETUDE.....                                  | 17  |
| b. OUTILS DE TRAVAIL.....                                        | 17  |
| c. NORMES APPLICABLES.....                                       | 18  |
| CHAPITRE II.....                                                 | 19  |
| ETAT DES LIEUX ET DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES ..... | 19  |
| I. Les installations électriques .....                           | 21  |
| a. Figure synoptique du réseau électrique existant.....          | 21  |
| b. Bilan de puissance.....                                       | 22  |
| c. Les sources d'alimentation en énergie électrique.....         | 23  |
| d. La filerie et connexes .....                                  | 25  |
| e. L'appareillage .....                                          | 26  |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| II. DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES ET PROPOSITIONS DE SOLUTION .....     | 27 |
| CHAPITRE 3 .....                                                                   | 29 |
| PROPOSITIONS D'AMELIORATION ENERGETIQUE DU .....                                   | 29 |
| SIEGE DE LA SONABEL .....                                                          | 29 |
| I. Diagnostics des consommations énergétiques .....                                | 30 |
| a. Climatisation.....                                                              | 30 |
| b. Eclairage .....                                                                 | 31 |
| c. Appareil de chauffage d'eau (Cafetière) .....                                   | 32 |
| d. Bureautique1 .....                                                              | 33 |
| e. Bureautique 2.....                                                              | 34 |
| f. Ascenseur.....                                                                  | 34 |
| g. Divers .....                                                                    | 35 |
| h. Bilan énergétique .....                                                         | 36 |
| i. Aspect architecturale .....                                                     | 40 |
| II. . ANALYSE DE LA FACTURATION.....                                               | 41 |
| a. Fourniture et tarification .....                                                | 41 |
| b. Analyse de la facture et la facturation.....                                    | 42 |
| c. Le rapport spécifique .....                                                     | 44 |
| III. Proposition d'économie d'énergie.....                                         | 45 |
| a. Climatisation.....                                                              | 45 |
| b. Eclairage .....                                                                 | 47 |
| c. Installation des batteries de compensation .....                                | 48 |
| IV. Proposition d'installation d'un système photovoltaïque raccordé au réseau..... | 49 |
| a. Généralité sur le système PV réseau.....                                        | 49 |
| b. Méthodologie employée.....                                                      | 50 |
| c. Dimensionnement du générateur photovoltaïque .....                              | 51 |

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| d. Production énergétique mensuelle photovoltaïque .....                                                | 54 |
| e. Economie d'énergie engendrée par le système photovoltaïque.....                                      | 55 |
| f. Système de monitoring .....                                                                          | 56 |
| V. PROPOSITION DE MESURE DEFFICACITE ENERGETIQUE .....                                                  | 57 |
| Chapitre IV .....                                                                                       | 58 |
| EVALUATION DES INCIDENCES ENVIRONNEMENTALE DES<br>RECOMMANDATIONS ET LE BILAN DES INVESTISSEMENTS ..... | 58 |
| I. EVALUATION DES INCIDENCES ENVIRONNEMENTALE DES<br>RECOMMANDATIONS .....                              | 59 |
| II. BILAN DES INVESTISSEMENTS .....                                                                     | 60 |
| CONCLUSION .....                                                                                        | 61 |
| VI. BIBLIOGRAPHIE.....                                                                                  | 62 |
| VII. ANNEXES.....                                                                                       | 62 |

## LISTES DES TABLEAUX

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 Bilan de puissance .....                                                                                          | 22 |
| Tableau 2 Récapitulatif sur les sources d'alimentations .....                                                               | 25 |
| Tableau 3 Appareillage des deux bâtiments.....                                                                              | 26 |
| Tableau 4 Diagnostic des équipements électriques et proposition de solution .....                                           | 27 |
| Tableau 5 Heure de fonctionnement des équipements électriques.....                                                          | 30 |
| Tableau 6 Energie consommée par les climatiseurs.....                                                                       | 31 |
| Tableau 7 Energie consommée par l'éclairage.....                                                                            | 32 |
| Tableau 8 Energie consommée par les cafetières.....                                                                         | 32 |
| Tableau 9 Energie consommée par la bureautique1.....                                                                        | 33 |
| Tableau 10 Consommation énergétique des onduleurs.....                                                                      | 34 |
| Tableau 11 Energie consommée pas les ascenseurs.....                                                                        | 34 |
| Tableau 12 Consommation énergétique des divers.....                                                                         | 35 |
| Tableau 13 Consommation énergétique annuelle de 8h à 16h.....                                                               | 36 |
| Tableau 14 consommation énergétique .....                                                                                   | 39 |
| Tableau 15 Tarification de type E1 non industrielle .....                                                                   | 41 |
| Tableau 16 Facturation 2018.....                                                                                            | 43 |
| Tableau 17 analyse de la facture d'électricité année 2018.....                                                              | 43 |
| Tableau 18 la superficie des différents niveau des deux bâtiments .....                                                     | 44 |
| Tableau 19 Coût de l'énergie consommée par les climatiseurs .....                                                           | 46 |
| Tableau 20 Energie consommer par les climatiseurs après le remplacement des split ordinaires<br>par des split INVERTER..... | 46 |
| Tableau 21 coût de l'énergie consommée par l'éclairage .....                                                                | 47 |
| Tableau 22 économie d'énergie réalisée après le remplacement des lampes ordinaires.....                                     | 47 |
| Tableau 23 paramètre de calcule de compensation générale .....                                                              | 48 |
| Tableau 24 surface disponible.....                                                                                          | 50 |
| Tableau 25 le Rayonnement solaire de la ville de Ouagadougou .....                                                          | 51 |
| Tableau 26 production énergétique par mois .....                                                                            | 55 |
| Tableau 27économie d'énergie réalisée par le système PV .....                                                               | 55 |
| Tableau 28 la quantité de CO2 non émise.....                                                                                | 59 |
| Tableau 29 cout estimatif des solution énergétiques.....                                                                    | 60 |

## LISTE DES FIGURES

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 situation géographique du siège de la SONABEL Ouagadougou ..... | 16 |
| Figure 3 consommation énergétique annuelle.....                          | 37 |
| Figure 4 Bilan énergétique .....                                         | 40 |
| Figure 5 facturation 2018 .....                                          | 42 |
| Figure 6 repartition du montant de la facturation 2018.....              | 44 |
| Figure 7 type de couplage .....                                          | 50 |
| Figure 8 caractéristiques du SOLAR-log .....                             | 56 |

## INTRODUCTION

Nous sommes dans un monde où les ressources énergétiques deviennent de plus en plus chères, rares et certaines de ces énergies comme les énergies fossiles contribuent aux changements climatiques.

Ces problèmes aussi se font ressentir au Burkina Faso par un taux d'électrification qui n'est que 19%, pour une couverture du territoire national de 34%. Aussi le contraste entre les zones rurales et zones urbaines est très élevé, avec seulement 248 villages électrifiés dont 60 en 2016. Ainsi face à tous ces défis, la SONABEL (la Société Nationale d'Electricité du Burkina) est impuissante face à la demande qui devient de plus en plus élevée qui se manifeste par des coupures d'électricités intempestives. Il faut noter que le secteur de l'énergie au Burkina Faso est caractérisé par une forte dépendance des sources d'énergies fossiles, il est par conséquent nécessaire d'optimiser les consommations énergétiques en utilisant les sources d'énergies disponibles de manière efficiente et d'encourager la valorisation des sources d'énergies renouvelables.

Pour ce faire, pour montrer le bon exemple, il serait mieux de chercher à diminuer les factures électriques de l'Etat.

Ainsi depuis 2000, l'Etat du Burkina a entrepris une ambitieuse politique de maîtrise de l'énergie qui doit conduire entre autre à une consommation économique et rationnelle de l'énergie électrique dans les bâtiments administratifs, c'est ainsi que la SONABEL, qui s'est inscrite dans cette démarche a commandité un audit énergétique de ses propres installations dont son siège de Ouagadougou qui abrite deux bâtiments.

Ainsi pour parvenir à la demande de la SONABEL, un audit énergétique qui vise à identifier les principales sources de consommation d'énergies sera réalisées pour ensuite apporter des solutions pour réduire la facture d'électricité, cependant cette étude a été précédée par un audit électrique qui a permis de faire ressortir les défauts dans les installations électriques. De façon spécifique le travail a pour but de :

- Faire le diagnostic de l'état des lieux des installations électriques.
- Faire un diagnostic de la consommation énergétique (élaborer le bilan énergétique, analyser les factures d'électricité, analyser les résultats fournis par l'analyseur de réseau installé).
- Détecter les appareils de faibles performances énergétiques.

## Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

- Proposer des solutions d'économie d'énergie.
- Améliorer la fourniture d'électricité en introduisant l'utilisation des sources d'énergies renouvelables.
- Evaluer les investissements requis pour la mise en œuvre des recommandations.
- Evaluer les économies annuelles d'énergie.
- Analyser la rentabilité des recommandations.
- Evaluer les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) que les mesures retenues permettront d'éviter.

Pour atteindre nos objectifs le travail se déroulera en quatre principales étapes. La première partie concerne la présentation de l'étude et la méthodologie de l'étude. Pour ensuite faire l'état des lieux et élaborer un diagnostic. A la lumière des deux parties, nous allons proposer des solutions pour améliorer la consommation énergétique et enfin faire une évaluation des incidences environnementales des recommandations et le bilan des investissements.

## CHAPITRE I

### PRESENTATION DE L'ETUDE ET LA METHODOLOGIE DE L'ETUDE

## I. PRESENTATION DE L'ETUDE

### a. CONTEXTE DE L'ETUDE

Une politique fût mise en place par l'Etat du Burkina Faso en 2000, qui vise la maîtrise de l'énergie qui doit conduire à la consommation économique et rationnelle de l'énergie électrique dans les bâtiments administratifs. C'est dans cette optique que notre étude vise à optimiser la consommation énergétique des deux bâtiments du siège de la SONABEL.

### b. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL

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 :

- l'Ingénierie-conseil pour la maîtrise d'œuvre de nouveaux projets industriels ou pour réorganiser des unités existantes ;
- le contrôle technique ;
- le conseil en maintenance et sécurité incendie ;
- 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 suivants :

- L'Industrie
- La sécurité incendie
- Le Bâtiment et les Travaux publics
- L'Hydraulique
- Les biens de consommations
- La formation technique

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, l'insuffisance de maintenance dans nos industries sous régionales est très grave et entraîne de nombreuses conséquences en terme 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 ces 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'Expertises : 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. Enfin, I.C.B est équipé de moyens modernes informatiques, logistiques et de communications (Internet haut débit) ainsi que des équipements techniques lui permettant de réaliser aisément toutes ses missions.

Les principaux clients de I.C.B sont : SONABEL, UEMOA, les compagnies d'assurances, Vivo Energy et les promoteurs industriels.

### c. PRESENTAION DU SIEGE DE LA SONABEL

La Société Nationale d'électricité du Burkina (SONABEL) est un acteur incontournable du service de l'électricité au Burkina c'est une Société d'Etat depuis le 14 avril 1995. Son capital qui était de 46 milliards de francs CFA est passé à 63 308 270 000 de francs CFA depuis le 15 juillet 2013. Ses principales activités sont la production, l'importation, le transport et la distribution de l'énergie électrique sur toute l'étendue du territoire du Burkina Faso sa direction générale (siège social) est installée à Ouagadougou, à l'adresse 55, Avenue de la Nation, au côté Est de la place de la Nation et à 50 m de l'institut français Georges Méliès du Burkina et se trouve au côté ouest de l'hôtel RAN SOMKETA Ouagadougou, elle fait plus précisément face au côté nord L'état-major générale de l'armée du Burkina. Pour plus de précision les

## Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

coordonnées GPS du siège social sont 12°22'13.39"N 01°31'35.7"W. Le siège social de la SONABEL est constitué de deux bâtiments, un nouveau bâtiment et un ancien bâtiment avec les niveaux respectifs R+5 et R+3 se faisant face chacun dont les entrées principales sont orientées vers l'ouest.

Dans cette zone existe de grands arbres qui entraînent un bon confort, les ouvertures sont bien orientées et ont tous des rideaux (les fenêtres), elles font face au sud et au nord.



*Figure 1 situation géographique du siège de la SONABEL Ouagadougou*

Ces deux bâtiments regroupent les Directions Centrales et les Départements ci-après :

- Direction des Etudes, de la Planification et de l'Equipement (DEPE) ;
- Direction du Transport (DT) ;
- Direction Commerciale et de la Clientèle(DCC) ;
- Direction de la Production(DP) ;
- Direction de la Distribution(DD) ;
- Direction des Finances et de la Comptabilité(DFC) ;
- Direction des Marchés et du Patrimoine (DMP) ;
- Direction des Ressources Humaines (DRH) ;
- Département Normalisation – Environnement – Sécurité (DNES) ;

- Département Audit et Contrôle de Gestion (DACG) ;
- Département de la Communication, des Archives et de la Documentation (DCAD) ;
- Département Informatique (DI) ;
- Département Juridique et du Contentieux (DJC).

## II. METHODOLOGIE DE L'ETUDE ET NORMES

### a. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Pour mener à bien le travail notre méthodologie était basée sur ces différentes étapes :

- Préparation et recherche documentaire :

Il s'agit de prendre connaissance de tous documents permettant de mener à bien l'étude.

Un audit électrique était réalisé, l'analyse de ce document était important

- Collecte des données sur site :

L'Objectif de cette partie était d'approfondir les informations reçues grâce à l'audit électriques qui sont, les appareils électriques qui se trouvent dans chaque locale et enfin évaluer leurs temps de fonctionnement.

- Analyse des données collectées et proposition des solutions :

Après la collecte de données il faut les analyser, traiter, interpréter. Tout ceci a permis par la suite de déterminer les insuffisances pour enfin proposer des solutions visant à améliorer la consommation énergétique du siège de la SONABEL.

### b. OUTILS DE TRAVAIL

Pour mener à bien le travail nous avons eu à utiliser certains appareils de mesures et des logiciels :

- Analyseur de réseau : analyse de paramètres électriques du réseau électrique
- Multimètre : pour la mesure des tensions d'intensités de résistances
- Excel : calcul des données
- Auto-CAD : pour la réalisation des plans électriques d'un bâtiment
- RETScreen : Pour évaluer les rayonnements solaires

c. NORMES APPLICABLES

L'étude a été réalisée en respectant des normes internationales européennes en la matière et à la réglementation au Burkina Faso. Ces référentiels sont :

- la norme C13-100 relative au poste de livraison établie à l'intérieur d'un
- bâtiment et alimenté par un réseau de distribution publique de 2ème 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 protections contre les surtensions d'origines atmosphériques par parafoudre ;
- les prescriptions des constructeurs du matériel à installer ;
- les prescriptions du distributeur d'énergie électrique « SONABEL ».

## CHAPITRE II

### ETAT DES LIEUX ET DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES



Pour réaliser un audit énergétique d'un bâtiment, il faut chercher à recenser tous les équipements électriques qui existent dans le bâtiment. Cette partie de l'étude sera consacrée à l'analyse de l'existant.

I. Les installations électriques

a. Figure synoptique du réseau électrique existant

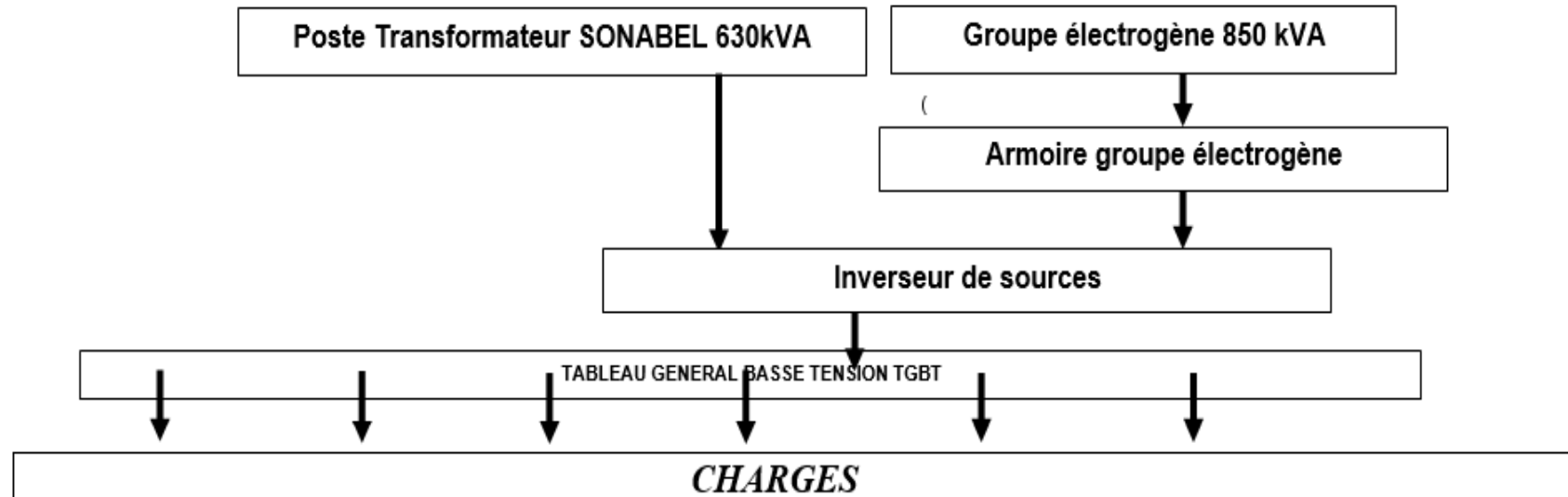


Figure 2 tableau synoptique du réseau électrique SONABEL

b. Bilan de puissance

Le bilan de puissance du siège de la SONABEL est récapitulé dans le tableau ci-après (voir ANNEXE I pour plus de détails). La puissance totale installée est estimée 419, 37 kW, cette puissance totale est y compris une extension de 20%.

*Tableau 1 Bilan de puissance*

| STRUCTURES          | DSIGNATION DES<br>TABLEAUX ELCTRIQUES | PUISSANCE<br>FOISONNEES<br>(W) | COS $\rho$  | PUISSANCE<br>APPARENTE<br>S (kVA) | Tang $\rho$ | PUISSANCE<br>REACTIVE<br>Q (kVAr) |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|
| <b>R+3</b>          | <b>TD RDC</b>                         | 29 577                         | <b>0,94</b> | <b>446,14</b>                     | <b>0,36</b> | <b>151,69</b>                     |
|                     | <b>TD R+1</b>                         | 28 061                         |             |                                   |             |                                   |
|                     | <b>TD R+2</b>                         | 21 817                         |             |                                   |             |                                   |
|                     | <b>TD R+3</b>                         | 22 257                         |             |                                   |             |                                   |
|                     | <b>TGBT S ANC BAT</b>                 | 101 711                        |             |                                   |             |                                   |
| <b>R+5</b>          | <b>TD RDC</b>                         | 57 762                         |             |                                   |             |                                   |
|                     | <b>TD R+1</b>                         | 49 472                         |             |                                   |             |                                   |
|                     | <b>TD R+2</b>                         | 29 072                         |             |                                   |             |                                   |
|                     | <b>TD R+3</b>                         | 32 894                         |             |                                   |             |                                   |
|                     | <b>TD R+4</b>                         | 45 446                         |             |                                   |             |                                   |
|                     | <b>TD R+5</b>                         | 5 746                          |             |                                   |             |                                   |
|                     | <b>TGBT S NOUV BAT</b>                | 220 393                        |             |                                   |             |                                   |
| <b>Ascenseur</b>    | <b>TD ASC</b>                         | 23 542                         |             |                                   |             |                                   |
| <b>Onduleur</b>     | <b>TP OND</b>                         | 73 728                         |             |                                   |             |                                   |
| <b>TGBT Général</b> |                                       | <b>419 374</b>                 |             |                                   |             |                                   |

### c. Les sources d'alimentation en énergie électrique

#### • *La source principale*

Les deux bâtiments sont alimentés par le réseau public de la SONABEL à travers un transformateur de 630 kVA, ce qui veut dire que la source principale est le réseau SONABEL.

Le transformateur n'est pas en surcharge, l'analyse des factures d'électricités des deux (02) dernières années a donné une puissance maximum de 388 kW (juin 2016) soit 517 kVA.

L'analyseur de réseau a permis de relever les différents paramètres électriques du réseau sur une période allant du 15 au 18 octobre 2018.

L'analyseur de réseaux électriques est triphasé à affichage graphique couleur et à batterie rechargeable intégrée.

Il permet :

- De mesurer des valeurs efficaces, des puissances et des perturbations des réseaux de distribution d'électricité.
- D'obtenir une image instantanée des principales caractéristiques d'un réseau triphasé.
- De suivre les variations des différents paramètres dans le temps.

Cet appareil est conforme à la norme de sécurité IEC 61010-2-030, les cordons sont conformes à l'IEC 61010-031 et les capteurs de courant sont conformes à l'IEC 61010-2-032, pour des tensions jusqu'à 600 V en catégorie IV ou 1 000 V en catégorie III.

Il a été branché au tableau général basse tension (TGBT) qui se trouve dans le local technique

#### • *Données de l'analyse*

##### - **Les tensions composées U (V)**

|              | U1    | U2    | U3    |
|--------------|-------|-------|-------|
| MOYENNE en V | 414,5 | 415,5 | 413,3 |
| MAXIMUM en V | 433   | 434   | 430   |

La tension composée (400) varie entre 413,3 V et 434 V soit 3,32% et 8,5% ce qui entre dans la marge de tolérance des variations de tensions imposées par les fournisseurs d'électricité dont les tolérances varient autour de -10% et + 10%. Ce qui est acceptable.

- **La fréquence (Hz)**

|               | F     |
|---------------|-------|
| MINIMUM en Hz | 49,6  |
| MOYENNE en Hz | 50,1  |
| MAXIMUM en Hz | 50,81 |

La fréquence varie dans l'ordre de -0,8% et +1,62 %. Cette variation ne respecte pas la gamme de tolérance +/- 1%.

- **Le facteur de puissance cosp**

|         | Cosp  |
|---------|-------|
| MINIMUM | 0,663 |
| MOYEN   | 0,938 |
| MAXIMUM | 0,976 |

Le facteur de puissance donne une valeur minimale de 0,58, une moyenne de 0,929 et une valeur maximale de 0,98. Elle peut être améliorée par l'installation des batteries de compensation.

• *La source de secours*

En cas de défaillance de la source principale, les bâtiments sont alimentés par un (01) groupe électrogène de secours automatique de 850 kVA de marque SDMO.

Le groupe est en bon état, l'inversion de sources se fait automatiquement. Il n'est pas en surcharge.

La puissance apparente se calcule comme suit :

$$S = \frac{Pp(kW)}{\cos\phi * Ke} \text{ (kVA)}$$

Tableau 2 Récapitulatif sur les sources d'alimentations

| Désignation de l'équipement | Dimensionnement                    |                            |       |                  | Puissance de la source installée (kVA) | Observations |
|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------|-------|------------------|----------------------------------------|--------------|
|                             | Puissance maximum enregistrée (kW) | Coefficient d'exploitation | cosp  | S (kVA) calculée |                                        |              |
| Transformateur              | 388                                | 0,8                        | 0,938 | 517              | 630                                    | Conforme     |
| Groupe électrogène          | 388                                | 0,9                        | 0,938 | 460              | 850                                    | Conforme     |

#### d. La filerie et connexes

La filerie utilisée se compose principalement :

- De fils rigides de 1.5mm<sup>2</sup> à 4mm<sup>2</sup> pour les installations intérieures, ils sont posés dans des tubes en mode encastrés dans les murs et dans les plafonds.
- De câbles, qui sont généralement enterrés avec des tubes PVC ou posés en apparent sur des chemins de câbles ou dans des goulottes.
- De boîtes de raccordement et des accessoires de raccordement.

Les canalisations électriques ont été réalisées il y a plus de 20 ans.

e. L'appareillage

Tableau 3 Appareillage des deux bâtiments

| DESIGNATION                             | OBSERVATION                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLIMATISEUR                             | 160 climatiseurs. On a : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Des split</li> <li>- Climatiseur armoire</li> <li>- Climatiseur fenêtre</li> </ul> Certains de ces climatiseurs sont en mauvais état                                                 |
| ECLAIRAGE                               | 568 luminaires de tous types confondus <ul style="list-style-type: none"> <li>- LED</li> <li>- Réglette duo</li> <li>- Réglette mono</li> </ul> Des luminaires en mauvais état avec des bureau mal éclairés avec l'éclairage qui n'atteint pas 300 lux |
| ASCENSEUR                               | 2 ascenseurs au total, qui fonctionnent normalement                                                                                                                                                                                                    |
| BUREAUTIQUE 1                           | Nous avons entre autre : <ul style="list-style-type: none"> <li>-Des imprimantes</li> <li>- Des photocopieuses</li> <li>- Des ordinateurs portables</li> <li>- des vidéos projecteurs</li> </ul> Cela nous ramène à 150 au total                       |
| BUREAUTIQUE 2                           | 2 onduleurs de 60 KVA chacun qui alimentent le circuit onduleur                                                                                                                                                                                        |
| APPAREIL DE CHAUFFAGE D'EAU (CAFETIERE) | 24 cafetières en somme<br>Des cafetières énergivores                                                                                                                                                                                                   |
| DIVERS                                  | 53 autres équipements qui sont entre autres <ul style="list-style-type: none"> <li>- Des réfrigérateurs</li> <li>- Téléviseurs</li> <li>- Brasseurs</li> </ul>                                                                                         |

## II. DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES ET PROPOSITIONS DE SOLUTION

Le tableau ci-dessous est un état récapitulatif du diagnostic des installations électriques et des solutions préconisées pour leur mise aux normes.

Tableau 4 Diagnostic des équipements électriques et proposition de solution

| DISIGNATION                                  | INSUFFISANCE MAJEURES CONSTATEES                                                                                                                                                                                                                                                               | SOLUTIONS PRECONISEES                                                                                                                                                                                                          | REFFERENCES<br>NORMATIVE |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| <b>Poste transformateur</b>                  | <p>Les principales anomalies relevées dans le poste sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Manque d'entretien (Equipements poussiéreux, toiles d'araignées, trace d'huile sur la partie supérieure du transformateur, etc.)</li> <li>- Bruit normal du transformateur.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire un entretien général du poste (dépoussiérer, nettoyer, enlever les traces d'huile, vérifier tous les serrages, etc.). Effectuer une maintenance périodique du poste.</li> </ul> | NF C 13-100              |
| <b>Groupe électrogène</b>                    | Pas d'anomalies à relever sur le groupe électrogène, il est en bon état.                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                |                          |
| <b>Canalisations électriques et connexes</b> | <p>Les principales anomalies relevées sur les canalisations électriques sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les mauvaises conditions de pose et la vétusté (plus de 20 ans) du câble d'alimentation de l'Ancien Bâtiment</li> </ul>                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Remplacer le câble d'alimentation de l'Ancien Bâtiment</li> <li>- Remplacer les trois (03) câbles qui alimentent le nouveau bâtiment</li> </ul>                                       | NF C C15-100             |

# Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                         |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Echauffement de certains câbles (ascenseur, Archive au R5, etc.)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                         |
| <b>Appareillage électrique</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sur les 568 luminaires inventoriés 521 sont en bon état et 47 en mauvais état soit un taux de défaillance de 11.085%. 329 luminaires ne sont pas en LED.</li> <li>- Le rhéostat d'un brasseur d'air de la salle d'attente au RDC du Nouveau Bâtiment est en mauvais état</li> <li>- Sur les 160 climatiseurs recensés 156 sont en bon état et 4 en mauvais état. Certains climatiseurs sont de l'ancienne génération, énergivore (21 climatiseurs de type fenêtre). Les climatiseurs manquent d'entretien</li> <li>- Le réseau d'éclairage de sécurité est insuffisant et n'est pas fonctionnel dans les deux (02) immeubles</li> <li>- Plusieurs bureaux sont mal éclairés (Standard (52 Lux), Bureau DMP (125 Lux), Section Commande (109 Lux), Chef département suivi projet (108 lux), Bureau infirmier (152 lux), Secrétariat informatique (117 lux), etc.). L'éclairage recommandé dans les bureaux est 500 Lux.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire un entretien général des appareils</li> <li>- Remplacer ou réparer tous les appareils défectueux, ou vétustes.</li> <li>- Remplacer les anciens climatiseurs par des climatiseurs de la nouvelle génération disposant d'un Coefficient de Performance supérieur à 3.</li> <li>- Améliorer l'éclairage dans les bureaux mal éclairés.</li> </ul> | <p>NF C C15-100</p> <p>NF C C12-100</p> |

## CHAPITRE 3

### PROPOSITIONS D'AMELIORATION ENERGETIQUE DU SIEGE DE LA SONABEL

## I. Diagnostics des consommations énergétiques

Pour vouloir diminuer la consommation énergétique du siège, ce qui va entraîner réduction de la facture d'électricité. Il faut commencer à faire le bilan énergétique pour ensuite détecter les équipements électriques qui ont une faible performance énergétique.

Le bilan énergétique est plus précis quand les heures de fonctionnement des équipements sont bien définies. Le plus grand défi de cette partie était de pouvoir définir avec exactitude les temps d'utilisation des équipements, car les occupants des bureaux avaient du mal à définir le temps de fonctionnement des appareils ou certains bureaux étaient carrément fermés.

La SONABEL est un bâtiment administratif qui ouvre de 8h à 16h avec une pause allant de 12h à 13h ; sur ces faits nous avons défini un temps de fonctionnement en fonction du type d'appareil. Par la suite appliquer des coefficients pour se rapprocher des données (énergie) qu'a fournie l'analyseur de réseau.

*Tableau 5 Heure de fonctionnement des équipements électriques*

| Equipement                        | Temps de marche par jour |                  |                   | Temps cumulé      |
|-----------------------------------|--------------------------|------------------|-------------------|-------------------|
|                                   | Nov/Févr.<br>(1)         | Mars/Juin<br>(2) | Juil./Oct.<br>(3) | en (h) par an (4) |
| Climatiseurs                      | 4                        | 8                | 6 ,8              | 1578              |
| Brasseurs                         | 2                        | 5                | 4                 | 925               |
| Photocopieurs                     | 3                        | 3                | 3                 | 750               |
| Eclairage intérieur (bureaux)     | 8                        | 8                | 8                 | 2000              |
| Matériel Informatique             | 3                        | 3                | 3                 | 750               |
| Divers                            | 6                        | 6                | 6                 | 1500              |
| Heures de fonctionnement du siège |                          |                  | 8h-12h/13h-16h    |                   |
| Heure de pointe (HPT)             |                          |                  | 10h-14h           |                   |
| Heure pleine ( HPL)               |                          |                  | 8h-10h/14h-16h    |                   |

### a. Climatisation

Un bon nombre des locaux des deux bâtiments sont équipés de climatiseurs de types armoires, split et fenêtres. La température de réglage des climatiseurs varie autour de 18°C, ce qui est une température basse. Sachant que la température externe au Burkina Faso peut atteindre les 41°C, et avec une telle température de consigne la différence de température( $\Delta t$ ) est importante ; qui dit une différence de température élevée dit alors une puissance frigorifique ( $P_f=f(\Delta t)$ ) importante.

Comme recommandations :

- ✓ Régler la température de consigne à 25°C. Avec cette température non seulement le confort thermique est assuré mais aussi le travail du compresseur du climatiseur ne sera réduit.
- ✓ La puissance électrique des climatiseurs varie de 1.5 Ch à 3 Ch ; ainsi donc pour les locaux occupant peu d'individus (maximum 3 personnes) et ayant une superficie restreinte il serait judicieux d'installer des climatiseurs avec une puissance max de 2 Ch quel que soit l'occupant du local (quand il s'agit de petite superficie).
- ✓ Certains climatiseurs sont de l'ancienne génération, énergivore. Comme recommandation, installer des climatiseurs inventeurs.

*Tableau 6 Energie consommée par les climatiseurs*

| RECAPITULATIF             |          |                      |                     |              |
|---------------------------|----------|----------------------|---------------------|--------------|
| Désignation               | Quantité | Puissance            | Puissance total (W) | Energie(kWh) |
| climatiseur armoire       | 7        | 7600(W)/4380(W)      | 43 540,00           | 130          |
| climatiseur split         | 120      | 1,5(Ch)/2(Ch)/ 3(Ch) | 180 536,00          | 552          |
| climatiseur fenêtre       | 23       | 2(Ch)/ 3(Ch)/3,5(Ch) | 35 768,00           | 148          |
| ENERGIE JOURNALIERE (kWh) |          |                      |                     | 830          |
| NOV-FEV (kWh)             |          |                      |                     | 66 282       |
| MARS-JUIN (kWh)           |          |                      |                     | 140 849      |
| JUIL-OCT (kWh)            |          |                      |                     | 105 637      |
| ANNUELLE (kWh)            |          |                      |                     | 312 768      |

### b. Eclairage

L'éclairage est constitué des spots des globes et des lampes de types réglettes à LED et à tubes fluorescents de 1.2 et 0.6 m. l'éclairage des deux bâtiments (les bureaux) dépend du comportement des usagers. Nous avons fini par considérer que le temps de marche de l'éclairage des locaux est fonction de leur temps d'occupation, pour ce faire nous avons pris 8h de fonctionnement allant de 8h à 16h.

Comme recommandations :

- ✓ Remplacer les réglettes ordinaires par des LED
- ✓ Eteindre les luminaires quand les locaux ne sont pas occupés

*Tableau 7 Energie consommée par l'éclairage*

| RECAPITULATIF           |     |                |                     |               |
|-------------------------|-----|----------------|---------------------|---------------|
| Designation             | QTE | Puissance U(W) | Puissance total (W) | Energie(Wh)   |
| Globe                   | 69  | 40             | 2760                | 17 496,00     |
| Reglette mono 1,20 m    | 30  | 45             | 1350                | 6 804,00      |
| Reglette duo 1,20m      | 175 | 90             | 15750               | 110 808,00    |
| Reglette mono 0,6m      | 23  | 27             | 621                 | 3 888,00      |
| Reglette duo 0,6m       | 25  | 54             | 1350                | 9 136,80      |
| LED duo 1,20m           | 155 | 30             | 4650                | 33 480,00     |
| led duo 0,6m            | 46  | 18             | 828                 | 5 961,60      |
| LED mono 1,20m          | 15  | 15             | 225                 | 1 620,00      |
| led mono 0,6m           | 23  | 9              | 207                 | 1 344,60      |
| spot                    | 7   | 15             | 105                 | 756,00        |
| Eclairage externe       | 112 | —              | 3150                | 50 400,00     |
| ENERGIE JOURNALIERE /Wh |     |                |                     | 241 695,00    |
| NOV-FEV /Wh             |     |                |                     | 21 027 465,00 |
| MARS-JUIN /Wh           |     |                |                     | 20 785 770,00 |
| JUIL-OCT /Wh            |     |                |                     | 21 752 550,00 |
| ANNUELLE /Wh            |     |                |                     | 63 565 785,00 |

### c. Appareil de chauffage d'eau (Cafetière)

Les cafetières sont utilisées pour chauffer de l'eau pour la consommation, cependant la puissance de certaines cafetières sont trop élevées (1000- 1500 W).

Comme recommandations :

Utiliser de cafetières de la nouvelle génération économique, qui ont une faible puissance.

*Tableau 8 Energie consommée par les cafetières*

| RECAPITULATIF             |          |               |                     |              |
|---------------------------|----------|---------------|---------------------|--------------|
| Désignation               | Quantité | Puissance (W) | Puissance total (W) | Energie(kWh) |
| Cafetière                 | 24       | 1000/1500     | —                   | 40           |
|                           |          |               |                     |              |
| ENERGIE JOURNALIERE (kWh) |          |               |                     | 40           |
| NOV-FEV (kWh)             |          |               |                     | 3 412        |
| MARS-JUIN (kWh)           |          |               |                     | 6 747        |

## Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|                |        |
|----------------|--------|
| JUIL-OCT (kWh) | 6 001  |
| ANNUELLE (kWh) | 16 161 |

### d. Bureautique<sup>1</sup>

La bureautique est constituée principalement de :

- Photocopieuse
- D'ordinateur portable
- Chaque bureau a son imprimante
- Compteuse scanneur
- Tactilographe
- Vidéo projecteur

Les détails sur les équipements se trouvent dans le tableau ci-dessous

Comme recommandations :

- ✓ Installer des imprimantes par niveau au lieu d'en avoir dans chaque bureau. Cela va en diminuer le nombre d'où la réduction de la consommation énergétique, cependant chaque guichet peut avoir son imprimante.

*Tableau 9 Energie consommée par la bureautique<sup>1</sup>*

| RECAPITULATIF             |          |                 |                     |              |
|---------------------------|----------|-----------------|---------------------|--------------|
| Désignation               | Quantité | Puissance (W)   | Puissance total (W) | Energie(kWh) |
| photocopieur              | 10       | 1196W/1150W/... | 10120               | 18,19        |
| ordinateur portable       | 14       | 75W/ 80W/       | 1130                | 2, 53        |
| imprimante                | 118      | 310W/805W/....  | 85119,9             | 196, 65      |
| compteuse                 | 1        | 40W             | 40                  | 0,140        |
| scanneur                  | 3        | 345W/690W       | 1725                | 3,62         |
| Tactilograph              | 1        | 50W             | 50                  | 0,07         |
| vidéo projecteur          | 3        | 229W/667W       | 1633                | 4, 57        |
| ENERGIE JOURNALIERE (kWh) |          |                 |                     | 225, 77      |
| NOV-FEV (kWh)             |          |                 |                     | 18 061, 92   |
| MARS-JUIN (kWh)           |          |                 |                     | 19 190, 78   |
| JUIL-OCT (kWh)            |          |                 |                     | 19 190, 78   |
| ANNUELLE (kWh)            |          |                 |                     | 56 443, 49   |

### e. Bureautique 2

Il s'agit des deux onduleurs, qui constituent une source d'énergie pour les circuits ondulés et assurent la continuité pendant le temps de mise en marche du groupe électrogène quand il y'a coupure d'électricité. Le tableau ci-dessous montre, l'énergie calculée est celle consommée par les onduleurs lors et après les heures de service (confère annexe II). Le circuit ondulé est l'ensemble de :

-Des Serveurs

-Des ordinateurs fixes

Tableau 10 Consommation énergétique des onduleurs

| RECAPITULATIF                                |     |               |                     |              |
|----------------------------------------------|-----|---------------|---------------------|--------------|
| Désignation                                  | QTE | Puissance (W) | Puissance total (W) | Energie(kWh) |
| Bureautique 2                                | 2   | 48 000        | 96 000,00           | 460,80       |
| Bureautique 2<br>fonctionnant de<br>16h à 8h | 2   | 48 000        | 96 000,00           | 307, 20      |
| ENERGIE JOURNALIERE (kWh)                    |     |               |                     | 768          |
| NOV-FEV (kWh)                                |     |               |                     | 92 160       |
| MARS-JUIN (kWh)                              |     |               |                     | 93 696       |
| JUIL-OCT (kWh)                               |     |               |                     | 94 464       |
| ANNUELLE (kWh)                               |     |               |                     | 280 320      |

### f. Ascenseur

Les ascenseurs permettent aux individus d'accéder facilement et rapidement aux différents niveaux du nouveau bâtiment, les ascenseurs fonctionnent normalement, pas de défaut constaté.

Tableau 11 Energie consommée pas les ascenseurs

| RECAPITULATIF           |          |               |                     |              |
|-------------------------|----------|---------------|---------------------|--------------|
| Désignation             | Quantité | Puissance (W) | Puissance total (W) | Energie(kWh) |
| Ascenseur               | 2        | 7 500,00      | 15 000,00           | 36           |
|                         |          |               |                     |              |
| ENERGIE JOURNALIERE /Wh |          |               |                     | 36           |
| NOV-FEV /Wh             |          |               |                     | 2 880        |
| MARS-JUIN /Wh           |          |               |                     | 6 120        |
| JUIL-OCT /Wh            |          |               |                     | 4 590        |
| ANNUELLE /Wh            |          |               |                     | 13 590       |

g. Divers

Nous avons :

- ✓ Téléviseurs
- ✓ Réfrigérateurs
- ✓ Boomer
- ✓ Stérilisateur
- ✓ Radiologie

Pas de recommandation à faire tous les équipements fonctionnent normalement sans défaut.

Tableau 12 Consommation énergétique des divers

| RECAPITULATIF             |          |              |                     |              |
|---------------------------|----------|--------------|---------------------|--------------|
| Désignation               | Quantité | Puissance    | Puissance total (W) | Energie(kWh) |
| brasseur                  | 1        | 50W          | 50                  | 0,14         |
| Extracteur                | 18       | 85/70/40 W   | 130                 | 3,35         |
| téléviseur                | 14       | 110W/99W.... | 16163               | 3,09         |
| réfrigérateur             | 16       | 163W/253W/.. | 3105,9              | 18,15        |
| Boomer                    | 1        | 18W          | 18                  | 0,03         |
| stérilisateur             | 1        | 950          | 950                 | 2,85         |
| congélateur               | 3        | 144W/152W/   | 448                 | 2,69         |
| fontaine d'eau            | 1        | 550W         | 550                 | 0,83         |
| Radiologie                | 1        | 100W         | 100                 | 0,150        |
| ENERGIE JOURNALIERE (kWh) |          |              |                     | 31,27        |
| NOV-FEV (kWh)             |          |              |                     | 2 720, 06    |
| MARS-JUIN (kWh)           |          |              |                     | 2 688,79     |
| JUIL-OCT (kWh)            |          |              |                     | 2 813,85     |
| ANNUELLE (kWh)            |          |              |                     | 8 222,70     |

#### h. Bilan énergétique

Cette partie constitue la synthèse des consommations énergétique des eux immeubles

*Tableau 13 Consommation énergétique annuelle de 8h à 16h*

| DESIGNATION                                | consommation<br>journalière(Wh) de 8h à<br>16h | CONSOMMATION ENERGETIQUE / de 8h à 16h (Wh) |                |                | ANNEE (Wh)            |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------|----------------|-----------------------|
|                                            |                                                | Nov-Févr. (1)                               | Mars-Juin (2)  | Juil-Oct. (3)  |                       |
| CLIMATISEUR                                | 790 378,24                                     | 68 762 906,88                               | 135 945 057,28 | 120 927 870,72 | 325 635 834,88        |
| ECLAIRAGE                                  | 191 295,00                                     | 16 642 665,00                               | 16 451 370,00  | 17 216 550,00  | 50 310 585,00         |
| ASCENSEUR                                  | 36 000,00                                      | 3 132 000,00                                | 3 096 000,00   | 3 240 000,00   | 9 468 000,00          |
| Appareil de chauffage<br>d'eau (CAFETIERE) | 39 225,00                                      | 3 412 575,00                                | 3 373 350,00   | 3 530 250,00   | 10 316 175,00         |
| BUREAUTIQUE1                               | 225 773,94                                     | 19 642 332,78                               | 19 416 558,84  | 20 319 654,60  | 59 378 546,22         |
| BUREAUTIQUE 2                              | 460 800,00                                     | 55 296 000,00                               | 56 217 600,00  | 56 678 400,00  | 168 192 000,00        |
| DIVERS                                     | 31 265,00                                      | 2 720 055,00                                | 2 688 790,00   | 2 813 850,00   | 8 222 695,00          |
| <b>TOTAL</b>                               | <b>1 768 872,31</b>                            |                                             |                |                | <b>631 523 836,10</b> |

Ces valeurs sont des estimations car :

Les temps de fonctionnement de différents équipements ont été à partir des informations reçues, Certains bureaux étaient fermés lors de la collecte des données. Cependant avec les informations obtenues grâce à l'analyseur de réseau, nous avons pu approcher la valeur réelle de la consommation journalière. Nous sommes parties de l'énergie consommée durant une journée de 8h à 16h (l'heur pendant laquelle les bureaux sont ouvrables) pour détermine l'énergie consommée annuellement.

Les informations enregistrées par l'analyseur de réseau comme, l'énergie consommée (Eréelle) dans la journée du 16 octobre 2018 de 8h à 16h est de :

$$E_{réelle}(8h-16h) = 1\,664\,757,966 \text{ Wh}$$

L'énergie journalière consommée de 8h à 16h calculer ( $E_{th}$ ) est :

$$E_{th}(8h-16h) = 1\,768\,872 \text{ Wh}$$

On peut constater que la valeur théorique est proche de la valeur réelle (avec un ratio de 1.06).

Cette énergie théorique de la consommation énergétique de 8h à 16h ne suffit pas d'élaborer un bilan énergétique annuelle précis, pour ce faire il faudra considérer une consommation énergétique journalière sur 24h.

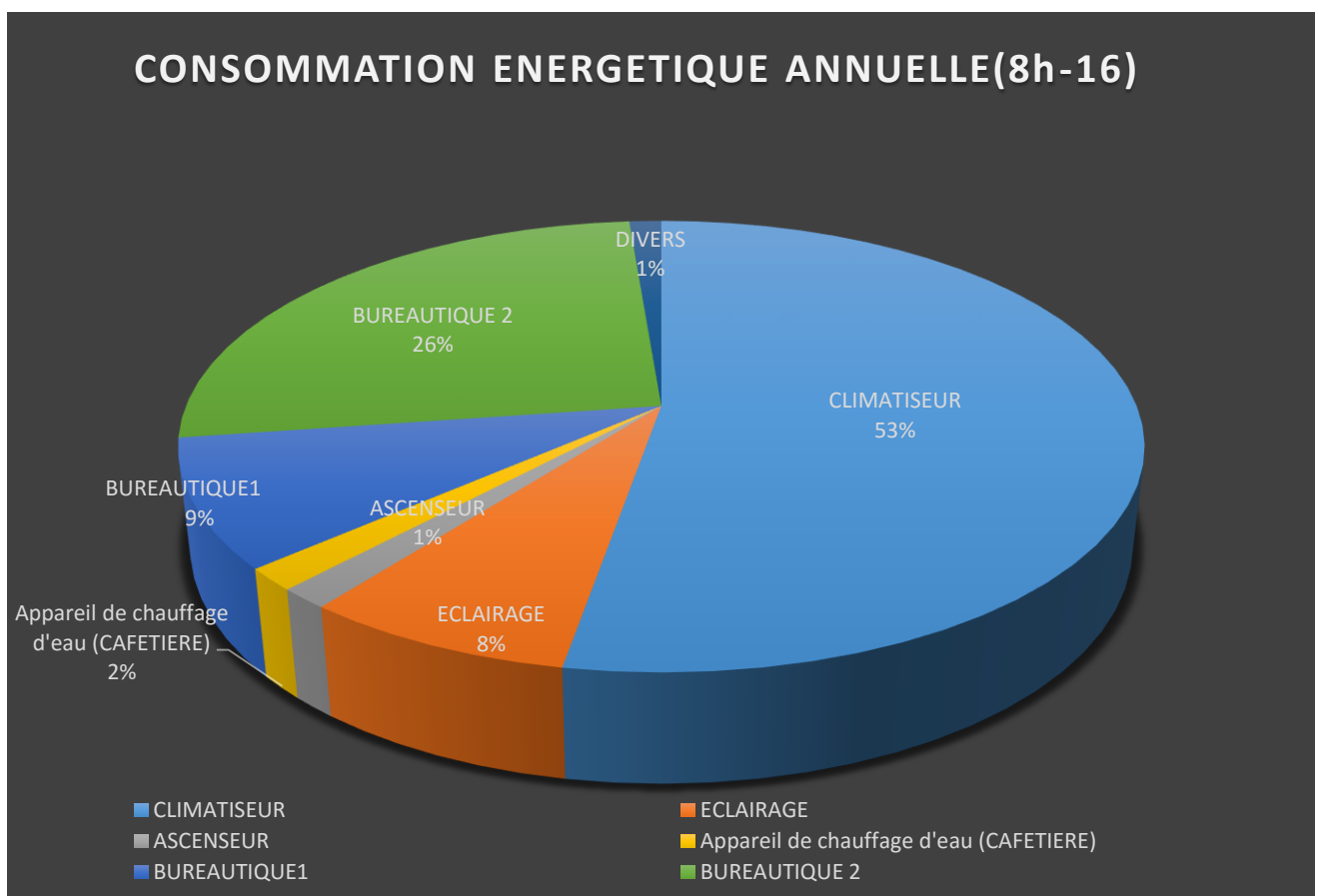


Figure 2 consommation énergétique annuelle

Selon le graphe ci-dessus nous constatons que la climatisation est la première source de consommation d'énergie qui pèse sur la facture énergétique avec une part de 53%.

Pour voir la facture d'électricité réduire considérablement il faut faudra trouver des solutions pour amener les climatiseurs à consommer moins en énergie tout en respectant le confort thermique des individus.

## Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

Le tableau ci-dessous constitue la consommation énergétique journalière des deux bâtiments au cours de 24h, cette consommation diffère de la consommation énergétique journalière de 8h à 16h à cause de la présence de l'onduleur qui fonctionne 24h sur 24h et du fonctionnement de certains luminaires dans la nuit. La consommation énergétique annuelle obtenue est de 756 907,04 kWh, cette valeur nous permettra de faire des rapprochements avec la facturation.

*Tableau 14 consommation énergétique*

| DESIGNATION                               | consommation<br>journalière(Wh) /24 h | CONSOMMATION ENERGETIQUE / journalière (Wh) /24h |                |                | ANNEE (Wh)            |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------|----------------|-----------------------|
|                                           |                                       | Nov-Févr. (1)                                    | Mars-Juin (2)  | Juil-Oct. (3)  |                       |
| CLIMATISEUR                               | 790 378,24                            | 68 762 906,88                                    | 135 945 057,28 | 120 927 870,72 | 325 635 834,88        |
| ECLAIRAGE                                 | 191 295,00                            | 16 642 665,00                                    | 16 451 370,00  | 17 216 550,00  | 50 310 585,00         |
| ECLAIRAGE EXTERNE                         | 50 400,00                             | 4 384 800,00                                     | 4 334 400,00   | 4 536 000,00   | 13 255 200,00         |
| ASCENSEUR                                 | 36 000,00                             | 3 132 000,00                                     | 3 096 000,00   | 3 240 000,00   | 9 468 000,00          |
| Appareil de chauffage<br>d'eau(CAFETIERE) | 39 225,00                             | 3 412 575,00                                     | 3 373 350,00   | 3 530 250,00   | 10 316 175,00         |
| BUREAUTIQUE 1                             | 225 773,94                            | 19 642 332,78                                    | 19 416 558,84  | 20 319 654,60  | 59 378 546,22         |
| BUREAUTIQUE 2                             | 768 000,00                            | 92 160 000,00                                    | 93 696 000,00  | 94 464 000,00  | 280 320 000,00        |
| DIVERS                                    | 31 265,00                             | 2 720 055,00                                     | 2 688 790,00   | 2 813 850,00   | 8 222 695,00          |
| TOTAL                                     | <b>2 132 337,18</b>                   |                                                  |                |                | <b>756 907 036,10</b> |

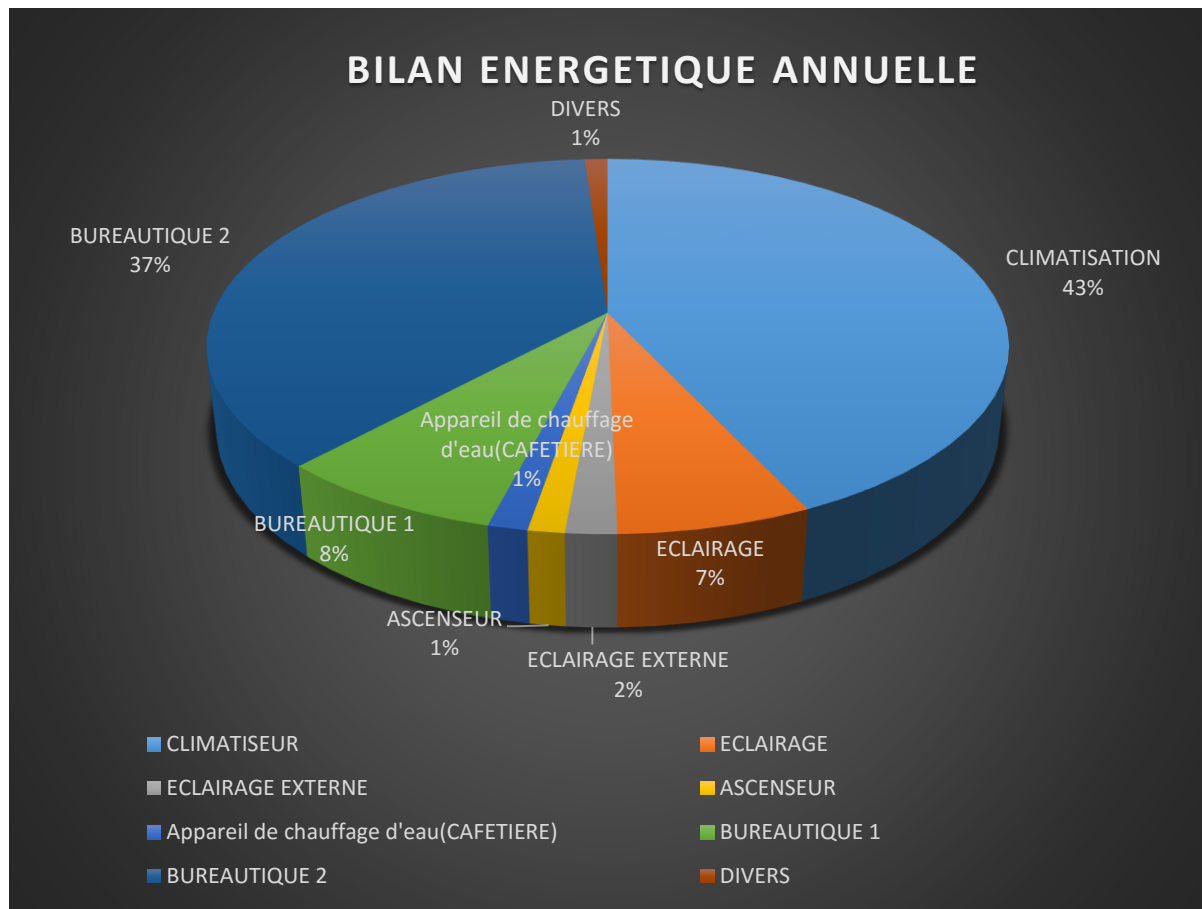


Figure 3 Bilan énergétique

Selon le graphique ci-dessus nous constatons que la principale source de consommation d'énergie est le poste climatisation avec une part de 43% suivit de celui de la bureautique2

#### i. Aspect architecturale

L'aspect architectural d'un bâtiment a une influence considérable sur sa consommation d'énergie. En effet dans l'orientation des bâtiments, on doit éviter que les ouvertures soient exposées directement aux rayons solaires.

Les deux bâtiments ont leurs façades principales orientés vers le Nord/Sud. Les portes et les fenêtres sont bien protégées des rayons solaires grâce au style architectural et les rideaux utilisés.

La couleur des parois contribue à une efficacité électrique de l'éclairage. Ainsi le fait que les parois sont peintes en couleur claire, les bureaux sont bien éclairés a des heures données juste avec le rayonnement du soleil. Cela est favorable aux économies d'énergie car certains luminaires peuvent être éteindre à des heures de la journée.

Les bâtiments sont bien orientés par rapport à l'ensoleillement. Pour cela il n'y a donc pas de disposition particulière à prendre au niveau des portes et fenêtres, comme la pose de film solaire ou de brise-soleil.

## II. ANALYSE DE LA FACTURATION

Cette partie a pour objectif d'analyser le type d'abonnement, comprendre la tarification et pour ensuite déterminer le cout moyen du kWh, ce qui sera important pour la suite de l'étude.

### a. Fourniture et tarification

#### • Fourniture en énergie électrique

Le comptage est assuré par un compteur de type E1 non industriel moyenne tension (MT)

La puissance maximum enregistrée est de 388kW (juin 2018)

#### • Tarification de l'énergie électrique

L'énergie électrique est facturée en fonction :

- Un prix proportionnel par kWh effectivement consommée
- Une prime fixe annuelle payable par mensualité
- Une majoration pour dépassement éventuel de la puissance souscrite
- Une majoration éventuelle pour production d'énergie réactive ( $\cos \rho$ )
- Une majoration cote BT du transformateur s'il en existe
- Une pénalité éventuelle pour garantie de consommation non atteinte
- Les frais de location et d'entretien du système de comptage
- Les taxes (Dev, audio-visuel, Electrification TVA)

L'abonné est soumis à une tarification de type E1 non industriel (double tarif)

Tableau 15 Tarification de type E1 non industrielle

| Type de tarification | Tarif HPT<br>FCFA/ kWh | Tarif HPL<br>FCFA / kWh | Prime fixe annuelle<br>FCFA/kW / AN |
|----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| E1                   | 139                    | 64                      | 70 826                              |

b. Analyse de la facture et la facturation

- *Analyse de la facture*

Selon le graphique ci-dessous on peut constater que l'énergie maximum est consommée dans le mois de décembre. Selon le tableau ci-dessous l'horaire du mois de décembre fait 1085 h, Cela est dû au fait que l'index du compteur n'a pas été relevé tôt car l'heure maximale qu'on peut obtenir dans un mois est 744 h.

Après le mois de décembre les mois de février à avril constituent les mois pendant lesquels la consommation énergétique est importante, cela se justifie par le fait que ces mois sont caractérisés par une période de chaleur ce qui va entraîner l'utilisation importante des climatiseurs

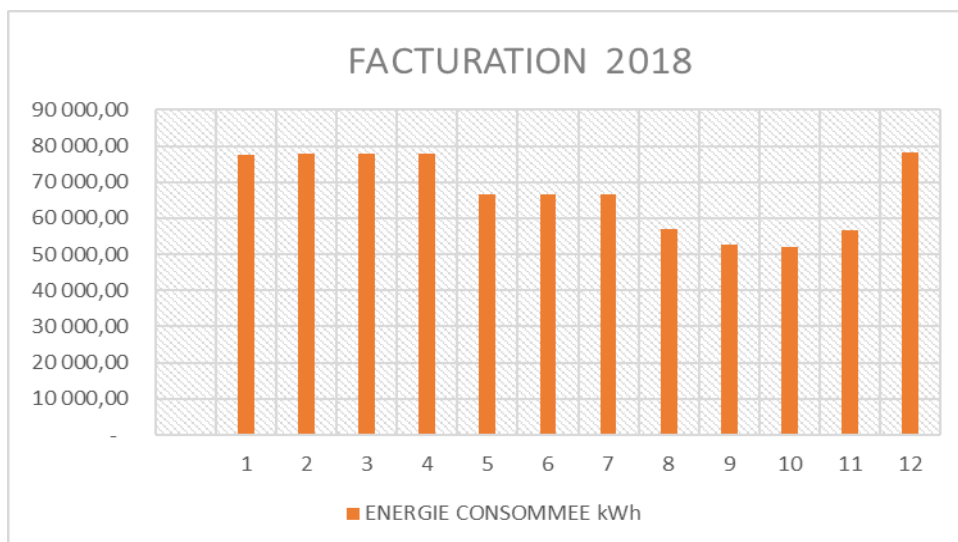


Figure 4 facturation 2018

Tableau 16 Facturation 2018

| PERIODE       | ANNEE | MAXIEUR(kW) | HORAIRE | ENERGIE kWh |
|---------------|-------|-------------|---------|-------------|
| 1             | 2018  | 350         | 564     | 77 659,00   |
| 2             | 2018  | 250         | 569     | 77 911,00   |
| 3             | 2018  | 250         | 569     | 77 911,00   |
| 4             | 2018  | 250         | 569     | 77 911,00   |
| 5             | 2018  | 309         | 694     | 66 541,00   |
| 6             | 2018  | 309         | 694     | 66 541,00   |
| 7             | 2018  | 309         | 694     | 66 541,00   |
| 8             | 2018  | 247         | 566     | 56 971,00   |
| 9             | 2018  | 226         | 906     | 52 782,00   |
| 10            | 2018  | 235         | 688     | 51 940,00   |
| 11            | 2018  | 292         | 681     | 56 508,00   |
| 12            | 2018  | 358         | 1085    | 78 135,00   |
| ENERGIE TOTAL |       |             |         | 807 351,00  |

➤ *Facturation*

L'analyse des factures d'électricité de la SONABEL de l'année 2018 (12 mois), nous donne un coût moyen du kWh d'énergie est 111 FCFA. Ce qui est une très bonne moyenne, car il est d'environ 120 FCFA dans l'administration générale.

Selon le tableau ci-dessous on constate que l'énergie annuelle consommée est égale à 807 351 kWh, l'énergie théorique annuelle déterminée est égale à 756 907,04 kWh (avec un ratio de 1.07). Cette différence est due au fait que les occupants des locaux ne maîtrisent pas le temps de fonctionnement des équipements pour nous informer avec exactitudes.

Tableau 17 analyse de la facture d'électricité année 2018

|                                  | Unité       | abonnement    |
|----------------------------------|-------------|---------------|
| type d'abonnement                | —           | E1            |
| tarif HPT                        | FCFA        | 139,00        |
| tarif HPL                        | FCFA        | 64,00         |
| Prime fixe                       | FCFA/kW /AN | 70 826,00     |
| Energie consommée HPT/12 mois    | kWh         | 345 212,00    |
| Energie consommée HPL /12 mois   | kWh         | 462 139,00    |
| Energie totale consommée/ 12mois | kWh         | 807 351,00    |
| montant HPT /12 mois             | FCFA        | 47 984 468,00 |
| montant HPL /12 mois             | FCFA        | 29 576 896,00 |
| montant total                    | FCFA        | 89 546 504,00 |
| montant total des taxes et prime | FCFA        | 11 985 140,00 |
| coût moyenne d'électricité       | FCFA        | 110,91        |

Selon le graphe ci-dessous on constate que, les consommations énergétiques pendant les heures de pointes (HPT) constituent 79% du coût de la facturation.

Il faudra chercher à diminuer la consommation énergétique pendant les HPT pour vouloir constater une réduction importante de la facture d'électricité.

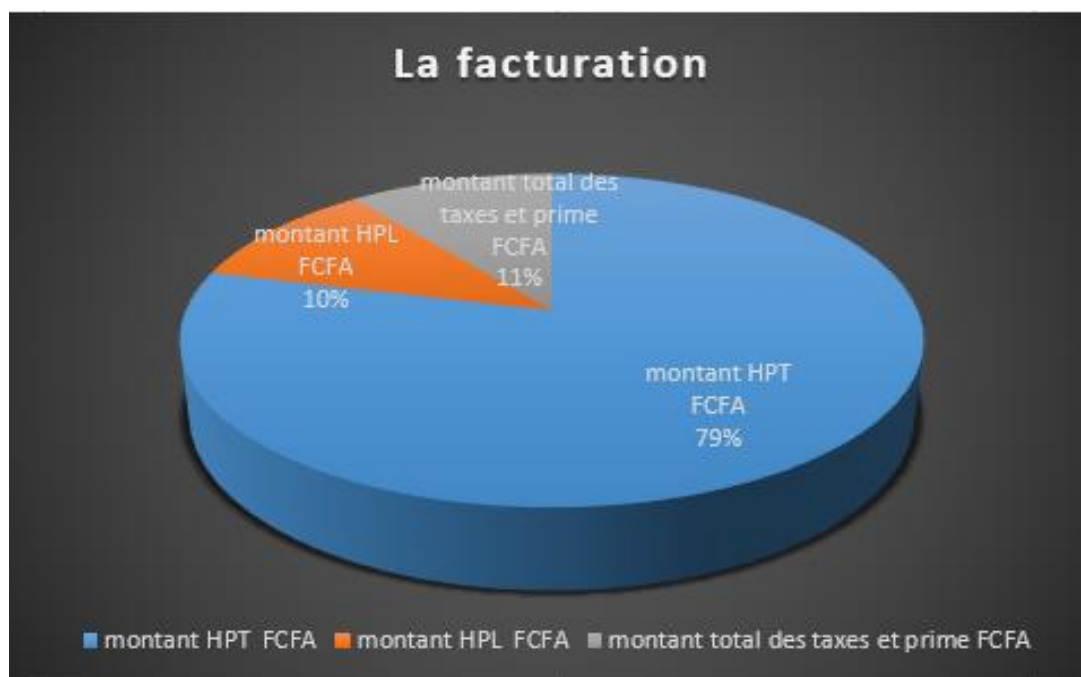


Figure 5 repartition du montant de la facturation 2018

### c. Le rapport spécifique

Avec une superficie totale de 5 879,25 m<sup>2</sup> l'énergie annuelle consommée en 2018 par les deux bâtiments s'élevait à 807 351 kWh, ces valeurs nous permettent d'obtenir un rapport kWh/m<sup>2</sup> égale à 137,32. Cette valeur permettra d'alimenter la base de données des consommations spécifiques des bâtiments.

Tableau 18 la superficie des différents niveau des deux bâtiments

| ANCIEN BATIMENT |                           | NOUVEAU BATIMENT |                           |
|-----------------|---------------------------|------------------|---------------------------|
| NIVEAU          | SUPERFICIE m <sup>2</sup> | NIVEAU           | SUPERFICIE m <sup>2</sup> |
| RDC             | 573.59                    | RDC              | 809.84                    |
| R1              | 418.82                    | R1               | 809.84                    |
| R2              | 418.82                    | R2               | 809.84                    |

|       |        |    |          |
|-------|--------|----|----------|
| R3    | 418.82 | R3 | 809.84   |
|       |        | R4 | 809.84   |
| TOTAL |        |    | 5 879.25 |

### III. Proposition d'économie d'énergie

#### a. Climatisation

Selon la figure 4 on constate que les climatiseurs sont les principales sources de consommation, pour ce faire il faut chercher à remplacer les climatiseurs existant par des climatiseurs plus économiques en énergie.

Nous avons trois types de climatiseurs qui sont installés dans les deux bâtiments : les climatiseurs armoires, split et fenêtre. Ces climatiseurs fonctionnent selon le principe du tout ou rien, en effet Comme pour un réfrigérateur, le compresseur climatisation marche à plein régime pour obtenir une température voulue. Celle-ci atteinte, le compresseur clim cesse de tourner pour redémarrer ensuite, lorsque la température s'élève et ceci sans discontinuer.

Cette alternance de cycles marche/arrêt ne permet pas d'avoir une température constante et provoque par ailleurs, usure prématurée du compresseur, sensation d'inconfort et surconsommation énergétique. En outre, à chaque arrêt du compresseur, l'humidité de la pièce s'élève brusquement.

Pour palier a tous ces problèmes nous allons nous intéresser aux climatiseurs inventer qui arrivent à économiser 60 à 80% d'énergie.

En effet ces climatiseurs ont des compresseurs INVERTER VEV (Vitesse Variable) qui permettent de pallier à la plus infime variation de température en régulant immédiatement sa vitesse dès que la température intérieure varie. Par ailleurs, si la température à l'extérieur est élevée, il fournit plus de puissance et à l'inverse, il se modère s'il fait doux dehors.

Un climatiseur INVERTER s'apparente en fait à un climatiseur à vitesse variable.

Les avantages d'un climatiseur INVERTER :

- Une température constante

L'impression de courants d'air ressentie disparaît et le confort est sans commune mesure avec la clim classique.

-Une longévité accrue des compresseurs.

-Une économie sur la facture d'électricité pouvant aller au-delà des 60-80% par rapport à la climatisation traditionnelle.

Nous allons remplacer les climatiseurs split par des climatiseurs split INVERTER qui sont les mieux maîtrisés au Burkina Faso, la maison DAIKIN propose des split INVERTER de qualité sur le terrain.

*Tableau 19 Coût de l'énergie consommée par les climatiseurs*

| COÛT DE L'ENERGIE FCFA |               |
|------------------------|---------------|
| NOV-FEV                | 7 357 277,49  |
| MARS-JUIN              | 15 634 214,67 |
| JUIL-OCT               | 11 725 661,00 |
| ANNUELLE               | 34 717 153,16 |

*Tableau 20 Energie consommer par les climatiseurs après le remplacement des split ordinaires par des split INVERTER*

| Désignation             | QTE | Puissance U(W)   | Puissance total (W) | Energie(Wh)   |
|-------------------------|-----|------------------|---------------------|---------------|
| climatiseur armoire     | 7   | 7600/4380        | 43<br>540,00        | 129<br>696,00 |
| climatiseur split       | 127 | 1,5 cv/2cv/ 3cv  | 180<br>536,00       | 166<br>145,28 |
| climatiseur fenêtre     | 26  | 2cv/ 3cv/3,5cv / | 35768               | 147<br>430,40 |
|                         |     |                  |                     | 443           |
| ENERGIE JOURNALIERE /Wh |     |                  |                     | 271,68        |
| NOV-FEV /Wh             |     |                  |                     | 38 564        |
|                         |     |                  |                     | 636,16        |
| MARS-JUIN /Wh           |     |                  |                     | 76 242        |
|                         |     |                  |                     | 728,96        |
| JUIL-OCT /Wh            |     |                  |                     | 67 820        |
|                         |     |                  |                     | 567,04        |
| ANNUELLE /Wh            |     |                  |                     | 182 627       |
|                         |     |                  |                     | 932,16        |
| COÛT DE L'ENERGIE FCFA  |     |                  |                     |               |
| NOV-FEV                 |     |                  |                     | 4 280         |
|                         |     |                  |                     | 674,61        |
| MARS-JUIN               |     |                  |                     | 8 462         |
|                         |     |                  |                     | 942,91        |
| JUIL-OCT                |     |                  |                     | 7 528         |
|                         |     |                  |                     | 082,94        |
| ANNUELLE                |     |                  |                     | 20 271        |
|                         |     |                  |                     | 700,47        |

## Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|                                   |               |
|-----------------------------------|---------------|
| Energie annuelle économisée kWh   | 130 139,21    |
| Coût de l'énergie économisée FCFA | 14 445 452,69 |

Grace à l'installation des climatiseurs split inverter nous pouvons économiser 14 44 452,69 FCFA par ans avec un TRI 5.6 ans

### b. Eclairage

Dans l'optique de plus économiser en énergie nous avons décidé de remplacer les tubes fluorescents par des LED, car les LED ont une efficacité lumineuse (50 à 100 lm/W) et une durée de vie utile (15 000 à 50 000 h) plus important.

Cependant l'éclairage c'est l'apport de luminaires sains nécessaires à la vision dans le bâtiment. Pour assurer la vision dans les bureaux, l'éclairage requis est 500 lux.

Tableau 21 coût de l'énergie consommée par l'éclairage

| COÛT DE L'ENERGIE FCFA |              |
|------------------------|--------------|
| NOV-FEV                | 2 334 048,62 |
| MARS-JUIN              | 2 307 220,47 |
| JUIL-OCT               | 2 414 533,05 |
| ANNUELLE               | 7 055 802,14 |

Tableau 22 économie d'énergie réalisée après le remplacement des lampes ordinaires

| Désignation               | QTE | Puissance(W) | Puissance total (W) | Energie(kWh) |
|---------------------------|-----|--------------|---------------------|--------------|
| Globe                     | 69  | 40           | 2760                | 17, 50       |
| LED duo 1,20m             | 330 | 30           | 9900                | 70, 42       |
| LED duo 0,6m              | 71  | 18           | 1278                | 9            |
| LED mono 1,20m            | 45  | 15           | 675                 | 3, 89        |
| LED mono 0,6m             | 46  | 9            | 414                 | 2, 64        |
| Spot                      | 7   | 15           | 105                 | 756,00       |
| ENERGIE JOURNALIERE (kWh) |     |              |                     | 104, 20      |
| NOV-FEV (kWh)             |     |              |                     | 8 336, 14    |
| MARS-JUIN (kWh)           |     |              |                     | 8 857, 15    |
| JUIL-OCT (kWh)            |     |              |                     | 8 857, 15    |
| ANNUELLE (kWh)            |     |              |                     | 26 050, 45   |
| COÛT DE L'ENERGIE FCFA    |     |              |                     |              |
| NOV-FEV                   |     |              |                     | 925, 31      |
| MARS-JUIN                 |     |              |                     | 983, 14      |
| JUIL-OCT                  |     |              |                     | 983, 14      |
| ANNUELLE                  |     |              |                     | 2 891, 60    |

|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| Energie annuelle économisée kWh   | 22 905,51    |
| Coût de l'énergie économisée FCFA | 2 542 511,79 |

Cette action nous permet d'économisée 2 542 511,79 FCFA par ans, avec un temps de retour sur investissement (TRI) égale à 2 ans.

### c. Installation des batteries de compensation

Selon l'analyseur de réseaux le facteur de puissance varie, donne une valeur minimale de 0,58, moyenne de 0.938 et une valeur maximale de 0.968. La moyenne dépasse la valeur préconisée par la SONABEL (0.8) ce qui est bien. Et selon la facturation de 2018 la SONABEL bénéficie d'une bonification maximum de 8%. L'installation d'une batterie de condensation automatique sera nécessaire pas pour un gain financier mais pour modifier le facteur de puissance quand il le faut car on n'a pu constater que le facteur de puissance maximum pouvait atteindre les 0,58 ce qui n'est pas bon. Ce facteur de puissance doit être améliorer à 0,98 par l'installation de batteries de compensation.

Le dimensionnement de la compensation générale est faite par la formule suivante.

$$Q(\text{kVAr}) = P(\text{kW}) * (\text{tg}\rho_1 - \text{tg}\rho_2)$$

$$Q(\text{kVAr}) = \text{Puissance de la batterie}$$

$$P(\text{kW}) = \text{Puissance active considérée (388kW maxi enregistré sur les 3 dernières années)}$$

$$\text{Tgp1} = \text{Tangente initiale} = \text{Energie réactive(kVArh)} / (\text{Energie active (kWh)}) = 0.37$$

$$\text{tg}\rho_2 = \text{Tangente correspondant à la compensation désirée (cosp} = 0,98 \text{ pour } \text{tg}\rho_2 = 0,20)$$

*Tableau 23 paramètre de calcul de compensation générale*

| PERIODE  | P MAXI<br>ENREGISTREE<br>(kW) | REACTIF | ENERGIE ACTIVE CONSOMMEE (kWh) |        |        | tg<br>initial |
|----------|-------------------------------|---------|--------------------------------|--------|--------|---------------|
|          |                               |         | Pleine                         | Pointe | Totale |               |
| 6   2016 | 388                           | 29 639  | 45 686                         | 35 501 | 81 187 | 0,37          |

$$Q(\text{kVAr}) = 388 \times (0,37 - 0,20) = 66\text{kVAr}$$

$Q(\text{kVAr}) = 66 \text{ kVAr}$

Pour améliorer le cosp à 0,98, il faudra installer une batterie de 66 kVAr

Le choix se portera sur une batterie de condensateur automatique de type M7540 de puissance 75kVAr, chez le fabricant Legrand.

#### IV. Proposition d'installation d'un système photovoltaïque raccordé au réseau

Cette partie de l'étude a pour objectif de réduire la facture d'électricité du siège de la SONABEL en produisant de l'énergie verte.

Pour produire cette énergie verte le choix s'est porté sur un système PV raccordée au réseau, non seulement nous aurons la possibilité de réduire la facture d'électricité mais grâce à ce système nous allons réduire l'empreinte carbone du siège.

##### a. Généralité sur le système PV réseau

Pour un système PV réseau, l'installation ne nécessite pas un système de stockage ; le réseau électrique joue le rôle de système de stockage de capacité infinie.

Nous avons deux cas quant à la l'utilisation de l'énergie produite :

- Dans le premier cas seule l'énergie en excès est vendue au distributeur de réseau ;
- Dans le deuxième cas toute l'énergie produite est revendue au distributeur de réseau.

Nous nous situons dans le premier cas, car l'objectif principal est de produire de l'énergie verte pour réduire la facture électrique.

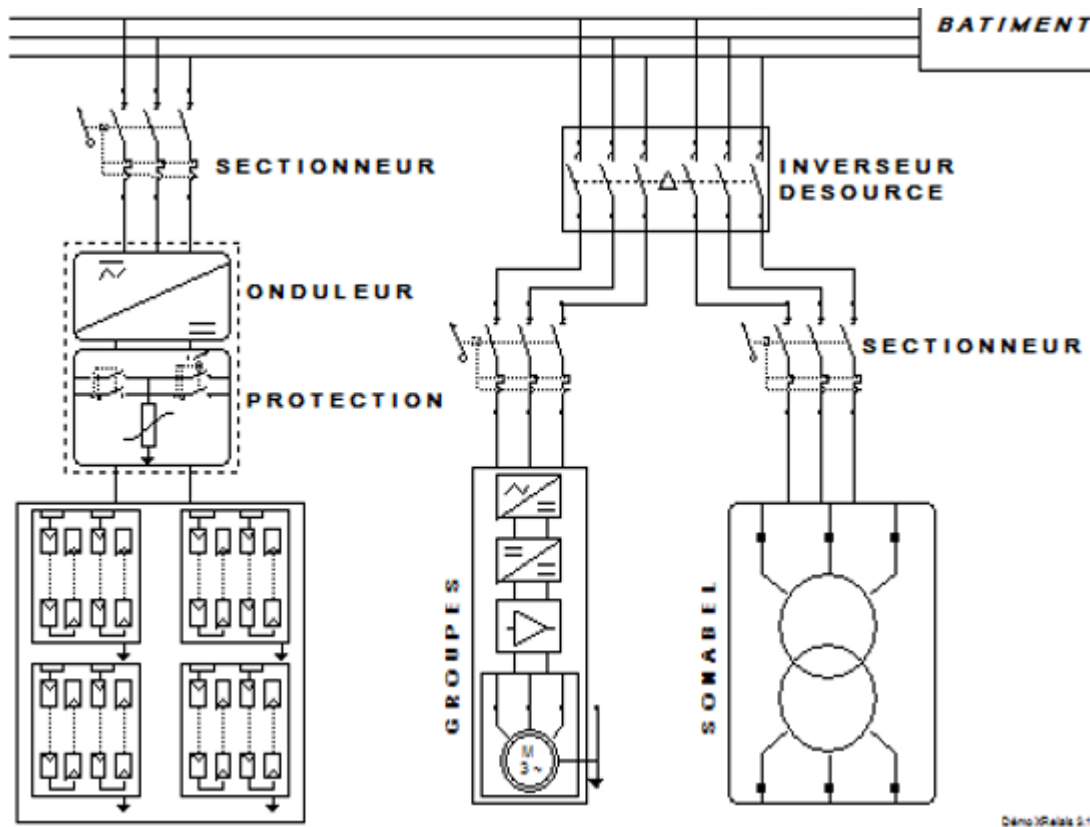


Figure 6 type de couplage

### b. Méthodologie employée

Sur la terrasse accessible du nouveau bâtiment R+5, nous avons identifié l'espace disponible pour l'installation du champ PV. Nous avons déterminé la puissance crête que peut produire le système et cette puissance crête va nous servir à poursuivre le dimensionnement.

La surface disponible :

Tableau 24 surface disponible

| Terrasse | Longueur<br>(m) | Largeur<br>(m) | Superficie<br>(m <sup>2</sup> ) | Reserve pour<br>circulation<br>(10-20%) | Superficie<br>utile (m <sup>2</sup> ) |
|----------|-----------------|----------------|---------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|
| 1        | 11.706          | 8.404          | 98.377                          | 20                                      | 78.702                                |
| 2        | 6.956           | 5.452          | 35.96                           | 10                                      | 32.364                                |

La surface totale disponible est de 111.066 m<sup>2</sup>

## c. Dimensionnement du générateur photovoltaïque

### 1. Ressources énergétiques

Pour vouloir installer un système solaire il faut chercher à déterminer les ressources solaires disponibles. Le projet aura lieu au Burkina Faso plus précisément dans la ville de Ouagadougou.

Les données météorologiques ont été obtenues par le logiciel RETScreen .

Tableau 25 le Rayonnement solaire de la ville de Ouagadougou

| Latitude : 12°5   |                                                                           |                                                                        |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Longitude : 1°4   |                                                                           |                                                                        |
| Azimute : 0       |                                                                           |                                                                        |
| Inclinaison : 15° |                                                                           |                                                                        |
| Mois              | Rayonnement<br>solaire quotidien -<br>horizontal<br>kWh/m <sup>2</sup> /j | Rayonnement<br>solaire quotidien<br>- incliné<br>kWh/m <sup>2</sup> /j |
| Janvier           | 5,47                                                                      | 6,18                                                                   |
| Février           | 6,36                                                                      | 6,90                                                                   |
| Mars              | 6,45                                                                      | 6,61                                                                   |
| Avril             | 6,39                                                                      | 6,21                                                                   |
| Mai               | 6,20                                                                      | 5,79                                                                   |
| Juin              | 6,10                                                                      | 5,60                                                                   |
| Juillet           | 5,72                                                                      | 5,31                                                                   |
| Août              | 5,37                                                                      | 5,15                                                                   |
| Septembre         | 5,79                                                                      | 5,80                                                                   |
| Octobre           | 5,93                                                                      | 6,29                                                                   |
| Novembre          | 5,76                                                                      | 6,45                                                                   |
| Décembre          | 5,32                                                                      | 6,09                                                                   |
| Annuel            | 5,90                                                                      | 6,03                                                                   |

### 2. Choix de l'Onduleur

Pour cette étape nous avons choisi 8 Onduleurs dont l'ensemble compatible avec notre puissance crête et nous avons procédé à des vérifications grâce aux règles suivantes dans le but de valider notre choix :

-La tension MPP du générateur PV ( $V_{mpp}$ ) doit être supérieure à la tension minimale et inférieure à la tension maximale admise à l'entrée de l'onduleur ;

-La tension en circuit ouvert du générateur PV ( $V_{oc}$ ) doit être inférieure à la tension maximum admise à l'entrée de l'onduleur ;

-Le ratio de puissance doit être compris entre 90% et 110% ;

Tous les strings connectés à un même onduleur doivent avoir la même tension continue.

### 3. Protection Surintensité

Pour la protection contre les surintensités nous allons disposer notre installation de disjoncteurs du côté continu et du côté alternatif. Ces disjoncteurs doivent respectés les conditions suivantes ;

-Coté continu :  $U_{Dij} \geq 1,15 U_{OC string}$  et  $I_{Max ccond} \leq I_{cal-dijoncteur}$

-Coté alternatif :  $k * I_{cal} \leq CAL_{pro}$  avec  $k=1$ .

### 4. Protection Surtensions atmosphériques

Pour la protection de notre Onduleur contre les surtensions atmosphériques, nous envisagerons l'installations de parafoudres du côté continu et du côté alternatif. Ils auront pour but de détecter les surtensions et de les diriger vers la terre le plus rapidement possible

### 5. Calcul de câbles

Il s'agit de déterminer la section des câbles pour le transport de l'énergie produite des panneaux à l'onduleur. Pour ce transit d'énergie nous utiliserons des câbles en cuivre. Il est important de noter que la section de nos câbles doit respecter un courant admissible et une chute de tension admissible de 2%.

### 6. Résultats

#### - Dimensionnement

Pour notre installation photovoltaïque nous avons :

-Nous avons installé 8 sous-champs et par sous-champs il y'a 8 module ce qui fait au total 64 modules à installer ;

-8 onduleurs ;

-Puissance crête de 18,56 kWc ;

-Production annuelle du champ estimé à 31 029,92 kWh.

#### - Onduleur

Nous avons opté d'installer 8 l'onduleurs chacun de type SMA-SB2500TLST-21 (2 500W).  
Ci-dessous les vérifications de la compatibilité de notre Onduleur :

-Tension nominale :

$$V_{oc - champ} = 313,52 V < V_{max - ond} 750 VOK$$

-Plage de tension MPP :

$$180 \text{ V} \leq V_{\max} - \text{champ} \leq 500 = 180 \text{ V} \leq 255,68 \text{ V} \leq 500 \text{ V OK}$$

-Courant d'entrée onduleur :

$$I_{sc \text{ champ}} = 9,63 \text{ A} < I_{\max \text{ ond}} = 15 \text{ A OK}$$

-Ratio de puissance :

$$0,9 \leq Pr = 1,08 \leq 1,1 \text{ OK}$$

- *Protection surintensité*

**Coté continu** : nous avons choisi le disjoncteur CF2000022 avec un courant de fonctionnement de 20 A

$$360,55 \text{ V} = U_{Dij} \geq 1,15 \times 313,52 \\ I_{\max \text{ ond}} = 15 \text{ A} \leq I_{cal-\text{disjoncteur}} = 20 \text{ A}$$

**Coté alternatif** : nous avons choisi le disjoncteur S802S-B16 de 16A

$$11,17 \text{ A} \leq CAL_{pro} = 16 \text{ A}$$

- *Protection Surtensions atmosphériques*

**Coté continu** : Notre bâtiment serrant équipé d'un paratonnerre, la mise en place de parafoudre. Nous installerons des parafoudres de Phoenix contact de Gamme OVR PV pour les circuits DC de type OVR PV 40-600C avec une tension maximum de 670 V

**Coté alternatif** : Notre bâtiment serrant équipé d'un paratonnerre, la mise en place. Nous installerons alors un parafoudre de Gamme OVR pour les circuits AC de type N1 10 275.

- *Déterminations des sections de câbles*

Avec un courant admissible de 11,17 A à la sortie de chaque onduleur (avec calibre de disjoncteur 16 A), le tableau nous amène à choisir une section de 2,5 mm<sup>2</sup> Cu de la sortie de l'onduleur au jeu de bar. De la sortie du jeu de bar à l'entrée du tableau divisionnaire avec un courant admissible de 99 A nous avons choisi une section de câble de 35 mm<sup>2</sup>.

#### d. Production énergétique mensuelle photovoltaïque

A partir de la puissance crête déterminée on peut calculer l'énergie mensuelle à partir de cette formule

$$E_{MP} = N_{jM} * PR * H * P_o$$

$E_{MP}$  : Energie mensuelle produite par notre installation (kWh)

$N_{jM}$  : Nombre de jours mensuel

$H$  : Irradiation (rayonnement) solaire en moyenne par jour sur notre inclinaison de 15 (kWh/m<sup>2</sup>/jour)

$PR$  : Ratio de performance (%)

$P_o$  : Puissance crête de l'installation (kWc)

## Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

Tableau 26 production énergétique par mois

|                                      | JANVIER   | FEVRIER  | MARS     | AVRIL    | MAI      | JUIN     | JUILLET  | AOÛT     | SEPTEMBRE | OCTOBRE  | NOVEMBRE | DÉCEMBRE |
|--------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| Jours                                | 31        | 28       | 31       | 30       | 31       | 30       | 31       | 30       | 31        | 30       | 31       | 31       |
| Rayonnement (kWh /m <sup>2</sup> /j) | 6,18      | 6,9      | 6,61     | 6,21     | 5,79     | 5,6      | 5,31     | 5,15     | 5,8       | 6,29     | 6,45     | 6,09     |
| Ratio de performance                 | 0,76      | 0,76     | 0,76     | 0,76     | 0,76     | 0,76     | 0,76     | 0,76     | 0,76      | 0,76     | 0,76     | 0,76     |
| Puissance crête (kW)                 | 18,56     | 18,56    | 18,56    | 18,56    | 18,56    | 18,56    | 18,56    | 18,56    | 18,56     | 18,56    | 18,56    | 18,56    |
| Energie produite(kWh)                | 2 702,35  | 2 725,20 | 2 890,38 | 2 627,87 | 2 531,81 | 2 369,74 | 2 321,92 | 2 179,32 | 2 536,19  | 2 661,73 | 2 820,41 | 2 663,00 |
| ANNUELLE (kWh)                       | 31 029,92 |          |          |          |          |          |          |          |           |          |          |          |

e. Economie d'énergie engendrée par le système photovoltaïque

Tableau 27 économie d'énergie réalisée par le système PV

|                                    | CONSOMMATION ENERGETIQUE / 24h (kWh) |               |               | ANNUELLE (kWh) |
|------------------------------------|--------------------------------------|---------------|---------------|----------------|
|                                    | Nov-Févr. (1)                        | Mars-Juin (2) | Juil-Oct. (3) |                |
| NON solaire kWh                    | 290 213,00                           | 288 904,00    | 228 234,00    | 807 351,00     |
| PART du solaire kWh                | 10 910,96                            | 10 419,81     | 9 699,15      | 31 029,92      |
| coût de l'énergie non solaire FCFA | 32 213 643,00                        | 32 068 344,00 | 25 333 974,00 | 89 615 961,00  |
| Economie FCFA                      | 1 211 116,97                         | 1 156 598,55  | 1 076 605,83  | 3 444 321,35   |

Selon le tableau ci-dessus l'apport énergétique du système solaire s'évalue à 31 029.92 kWh (soit une couverture de 4 %)

#### f. Système de monitoring

Pour le système de monitoring notre choix se posera sur Solar-Log 1200 WiFi.

Grace à une technique spécifique, la commande, l'évaluation et la représentation de tous les paramètres se réalisent via le navigateur Web indépendant du système d'exploitation

Solar-log a la capacité de :

Surveillance des strings

Surveillance de défaillance et de performance des onduleurs individuels

Compatibilité complet internet ; envoi des messages par email et SMS

|                                            |                                             |                                                  |                                                       |                                           |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modèle                                     | Solar-Log 1200 WiFi                                                                                                           | Solar-Log 1200 BT, SMA Bluetooth                                                                                                   | Solar-Log 1200 WiFi BT, SMA Bluetooth                                                                                                    | Solar-Log 1200 GPRS                                                                                                           |
| Nombre d'onduleurs                         | Au choix                                                                                                                      | Au choix                                                                                                                           | Au choix                                                                                                                                 | Au choix                                                                                                                      |
| Nombre de fabricants d'onduleurs           | 2                                                                                                                             | 2                                                                                                                                  | 2                                                                                                                                        | 2                                                                                                                             |
| Configuration des logiciels                | Flexible                                                                                                                      | Flexible                                                                                                                           | Flexible                                                                                                                                 | Flexible                                                                                                                      |
| Taille max. conseillée pour l'installation | 100 kWc                                                                                                                       | 100 kWc                                                                                                                            | 100 kWc                                                                                                                                  | 100 kWc                                                                                                                       |
| Longueur max. du câble                     | 1000 m                                                                                                                        | 1000 m                                                                                                                             | 1000 m                                                                                                                                   | 1000 m                                                                                                                        |
| Tension (Secteur / Appareils)              | 115 - 230 V / 12 V                                                                                                            | 115 - 230 V / 12 V                                                                                                                 | 115 - 230 V / 12 V                                                                                                                       | 115 - 230 V / 12 V                                                                                                            |
| Puissance absorbée                         | 3 W                                                                                                                           | 3 W                                                                                                                                | 3 W                                                                                                                                      | 3 W                                                                                                                           |
| Température ambiante                       | -10 à +50 °C                                                                                                                  | -10 à +50 °C                                                                                                                       | -10 à +50 °C                                                                                                                             | -10 à +50 °C                                                                                                                  |
| Type de protection                         | IP20                                                                                                                          | IP20                                                                                                                               | IP20                                                                                                                                     | IP20                                                                                                                          |
| Boîtier                                    | Plastique                                                                                                                     | Plastique                                                                                                                          | Plastique                                                                                                                                | Plastique                                                                                                                     |
| Affichage                                  | Message d'état LCD, écran graphique avec écran tactile                                                                        | Message d'état LCD, écran graphique avec écran tactile                                                                             | Message d'état LCD, écran graphique avec écran tactile                                                                                   | Message d'état LCD, écran graphique avec écran tactile                                                                        |
| Interface                                  | 1 x RS485/RS422, 1 x RS485, 1 x port Ethernet RJ45 10/100 Mbit, 1 x USB, 2 x 50-In, 1 x contact sans potentiel (relais), WiFi | 1 x RS485/RS422, 1 x RS485, 1 x port Ethernet RJ45 10/100 Mbit, 1 x USB, 2 x 50-In, 1 x contact sans potentiel (relais), Bluetooth | 1 x RS485/RS422, 1 x RS485, 1 x port Ethernet RJ45 10/100 Mbit, 1 x USB, 2 x 50-In, 1 x contact sans potentiel (relais), WiFi, Bluetooth | 1 x RS485/RS422, 1 x RS485, 1 x port Ethernet RJ45 10/100 Mbit, 1 x USB, 2 x 50-In, 1 x contact sans potentiel (relais), GPRS |
| Commande                                   | Par navigateur Web et écran graphique avec écran tactile                                                                      | Par navigateur Web et écran graphique avec écran tactile                                                                           | Par navigateur Web et écran graphique avec écran tactile                                                                                 | Par navigateur Web et écran graphique avec écran tactile                                                                      |
| Langues                                    | Multilingue                                                                                                                   | Multilingue                                                                                                                        | Multilingue                                                                                                                              | Multilingue                                                                                                                   |
| Exploitation                               | Serveur Web intégré                                                                                                           | Serveur Web intégré                                                                                                                | Serveur Web intégré                                                                                                                      | Serveur Web intégré                                                                                                           |
| Dimensions (L / l / H)                     | 225 mm / 285 mm / 40 mm                                                                                                       | 225 mm / 285 mm / 40 mm                                                                                                            | 225 mm / 285 mm / 40 mm                                                                                                                  | 225 mm / 285 mm / 40 mm                                                                                                       |
| Poids                                      | 0.80 kg                                                                                                                       | 0.80 kg                                                                                                                            | 0.80 kg                                                                                                                                  | 0.80 kg                                                                                                                       |
| Garantie                                   | 5 ans                                                                                                                         | 5 ans                                                                                                                              | 5 ans                                                                                                                                    | 5 ans                                                                                                                         |

Figure 7 caractéristiques du SOLAR-log

#### V. PROPOSITION DE MESURE DEFFICACITE ENERGETIQUE

Après les propositions faites pour économiser en énergie, il faut s'assurer de la pérennisation de ces solutions, pour ce faire il serait judicieux de mettre en place certaines actions :

- Mettre en place une équipe qui va s'occuper du volet énergie et assurer la maintenance des différents équipements électriques.
- Réajuster la température de consigne des climatiseurs de 18 à 25 °C
- Encourager le personnel à éteindre les luminaires, climatiseurs tous équipements électriques quand ils quittent les locaux et coller des affiches qui véhiculent des messages comme '**Arrêtez les appareils en quittant le local**' sur les murs pour les rappeler.
- Nettoyage des plaques solaire est hyper important pour un bon rendement, donc déléguer des personnes pour assurer le nettoyage régulier de plaque solaire.
- Faire un entretien régulier des différents postes.

## Chapitre IV

### EVALUATION DES INCIDENCES ENVIRONNEMENTALE DES RECOMMANDATIONS ET LE BILAN DES INVESTISSEMENTS

## I. EVALUATION DES INCIDENCES ENVIRONNEMENTALE DES RECOMMANDATIONS

Dans cette partie du travail nous allons évaluer la quantité de CO<sub>2</sub> non émise grâce aux économies d'énergies réalisées.

Dans les centrales thermiques au Burkina Faso les combustibles utilisés pour le fonctionnement des groupes sont des combustibles lourds (DDO, HFO).

Lors de la combustion de ces combustibles, des gaz à effet de serres (GES) sont émis. Parmi ces gaz nous avons CO<sub>2</sub> qui représente 70% des émissions de gaz à effets de serres d'origine anthropique. Il est principalement issu de la combustion des énergies fossiles, ce qui est notre cas.

Au Burkina Faso en 2010 un ratio de kgCO<sub>2</sub> /kWh a été défini (0.90kg CO<sub>2</sub>/kWh), ce ratio servira à quantifier l'émission de CO<sub>2</sub> évitée grâce aux mesures proposées.

Tableau 28 la quantité de CO<sub>2</sub> non émise

| Désignation | Energie économisée kWh | Ratio kg CO <sub>2</sub> /kWh | Emission de CO <sub>2</sub> kg |
|-------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| CLIMATISEUR | 130 139,21             | 0,90                          | 117 125,29                     |
| PV          | 31 029,92              | 0,90                          | 27 926,93                      |
| ECLAIRAGE   | 22 905,51              | 0,90                          | 20 614,96                      |
| TOTAL       |                        |                               | 165 667,18                     |

Si toutes les solutions proposées pour réduire la consommation énergétique sont respectées, nous pouvons empêcher une émission de 165 667,18 kg de CO<sub>2</sub>, ce qui peut contribuer à freiner le changement climatique.

II. BILAN DES INVESTISSEMENTS

Tableau 29 cout estimatif des solution énergétiques

| DESIGNATION               | COUT FCFA      |
|---------------------------|----------------|
| ECLAIRAGE                 | 4 900 500,00   |
| CLIMATISTION              | 80 098 950,00  |
| BATERRIE DE<br>COMPSATION | 3 360 150,00   |
| PV                        | 41 348 145,40  |
| TOTAL                     | 129 707 745,40 |

Arrête le présent cout des travaux des solutions énergétiques à CENT VINGT- NEUF MILLIONS SEPT- CENT- SEPT MILLE SEPT CENT QUARANTE CINQ VIRGULE QUARANTE FCFA.

## CONCLUSION

Le travail accompli est l'audit énergétique du siège la SONABEL Ouagadougou, qui est encouragé par l'Etat burkinabè.

L'étude nous a permis d'identifier un potentiel d'économie d'énergie qui s'évalue à 184 075 kWh par an sur une consommation annuelle de 807 351 kWh, soit une économie de 23 %. Ces économies d'énergie permettent d'éviter 165 667 kg CO<sub>2</sub> par an et entraînent une économie de 20 432 285 FCFA par an avec un TRI égale à 6,3 ans. Les actions proposées sont :

- Remplacement des climatiseurs split ordinaires par des split INVERTER
- Remplacement des lampes ordinaires par des LED
- Installation des batteries de condensateurs automatiques triphasés de 75 kVAr pour la compensation de l'énergie réactive de l'immeuble
- Installation d'un système PV relié aux réseaux de 18.56 kWc qui en plus d'économie d'énergie prend en compte l'aspect environnemental et l'alternance énergétique.

Les recommandations n'empêchent pas que les occupants des locaux soient sensibiliser au reflexe d'économique, en arrêtant systématiquement les appareils électriques non utilisés. Cependant il faut noter qu'il existe des problèmes sur les installations électriques de nature à compromettre la sécurité des personnes et des biens qu'il faudra chercher à résoudre. L'ensemble des investissements nécessaires à cet effet est de 129 707 745 FCFA qui s'explique par un besoin d'amélioration la facture d'électricité et de réduire les émission GES.

VI. BIBLIOGRAPHIE

1. AHMED O BAGRE. Cours de dimensionnement technique des installations PV connectée au réseau. Master 1 Génie Electrique Energétique au 2iE Ouagadougou 2017-2018
2. COULIBALY Yézouma. Cours d'audit énergétique. Master 1 Génie Electrique Energétique au 2iE Ouagadougou 2017-2018
3. COULIBALY Yézouma. Thermique du Bâtiment Master 1 Génie Electrique Energétique, 2iE Ouagadougou 2017-2018.
4. DAVID B. TSUANYO. Cours d'enjeux énergétique Master 1 Génie Electrique Energétique 2017-2018
5. PAUL COMPAORE. Cours de facturation électrique. Master 1 Génie Electrique Energétique au 2iE Ouagadougou 2017-2018
6. Climatiseurs Inverter, économie d'énergie et confort | LG Tunisie  
<https://www.lg.com/tn/climatiseurs-inverter> (accès en Mai 2019)
7. Les différents types d'installations solaires photovoltaïques – Écohabitation  
<https://www.ecohabitation.com/guides/2590/les-differents-types-dinstallations-solaires-photovoltaïques/> (accès en avril 2019)
8. Un audit énergétique pour quoi faire ? bilan thermique, diagnostic énergétique, économies d'énergie  
<http://www.auditenergetique.net/> (accès en Janvier 2019)

VII. ANNEXES

ANNEXE I : BILAN DE PUISSANCE

ANNEXE II : BILAN ENERGETIQUE ET ANALYSE DE LA FACTURATION

ANNEXE III : FACTURE ELECTRIQUE SONABEL

ANNEXE IV : DETAIL DE L'ANALYSEUR DE RESEAU

ANNEXE V : BILAN DES INVESTISSEMENTS

ANNEXE VI : DIAGNOSTIC DETAILLE DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES

ANNEXE VII : DIMENSIONNEMENT PHOTO VOLTAÏQUE

ANNEXE I : BILAN DE PUISSANCE

| <b>BILAN DE PUISSANCE DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES DU SIEGE DE LA SONABEL A OUAGADOUGOU</b> |                                                                        |                   |                            |     |        |         |     |     |            |     |            |     |            |               |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|-----|--------|---------|-----|-----|------------|-----|------------|-----|------------|---------------|---------------------|
| N°                                                                                           | LIEUX                                                                  | SOUS LIEUX        | DESIGNATION                | QTE | PU     | P T (w) | Ku  | Ks0 | P T F1 (w) | Ks1 | P T F2 (w) | Ks2 | P T F3 (w) | EXTENSION 20% | P T F (w) / COFFRET |
| <b>TGBT</b>                                                                                  | <b>TABLEAU GENERAL BASSE TENSION (TGBT) PUISSANCE TOTALE INSTALLEE</b> |                   |                            |     |        |         |     |     |            |     |            |     |            |               | <b>419 374</b>      |
| <b>CE ASC 1</b>                                                                              | <b>COFFRET ASCENSEUR 1</b>                                             |                   |                            |     |        |         |     |     |            | 1,0 | 10 361     | 1   | 10 361     | 2 072         | <b>12 433</b>       |
| ASC1                                                                                         | Nouveau Bâtiment                                                       | Local ascenseur 1 | Ascenseur                  | 1   | 7 500  | 7 500   | 1   | 1   | 7 500      |     |            |     |            |               |                     |
| L                                                                                            | Nouveau Bâtiment                                                       | Local ascenseur 1 | Réglette de 1,20 / 36W     | 2   | 45     | 90      | 1   | 1   | 90         |     |            |     |            |               |                     |
| PC                                                                                           | Nouveau Bâtiment                                                       | Local ascenseur 1 | Prise de courant 2 pôles   | 1   | 2 816  | 2 816   | 0,2 | 1   | 563        |     |            |     |            |               |                     |
| CL                                                                                           | Nouveau Bâtiment                                                       | Local ascenseur 1 | Climatiseur split de 1,5CV | 2   | 1 104  | 2 208   | 1   | 1   | 2 208      |     |            |     |            |               |                     |
| <b>CE ASC 2</b>                                                                              | <b>COFFRET ASCENSEUR 2</b>                                             |                   |                            |     |        |         |     |     |            | 1,0 | 9 257      | 1   | 9 257      | 1 851         | <b>11 109</b>       |
| ASC2                                                                                         | Nouveau Bâtiment                                                       | Local ascenseur 2 | Ascenseur                  | 1   | 7 500  | 7 500   | 1   | 1   | 7 500      |     |            |     |            |               |                     |
| L                                                                                            | Nouveau Bâtiment                                                       | Local ascenseur 2 | Réglette de 1,20 / 36W     | 2   | 45     | 90      | 1   | 1   | 90         |     |            |     |            |               |                     |
| PC                                                                                           | Nouveau Bâtiment                                                       | Local ascenseur 2 | Prise de courant 2 pôles   | 1   | 2 816  | 2 816   | 0,2 | 1   | 563        |     |            |     |            |               |                     |
| CL                                                                                           | Nouveau Bâtiment                                                       | Local ascenseur 2 | Climatiseur split de 1,5CV | 1   | 1 104  | 1 104   | 1   | 1   | 1 104      |     |            |     |            |               |                     |
| <b>TA OND</b>                                                                                | <b>TABLEAU GENERAL ONDULEURS</b>                                       |                   |                            |     |        |         |     |     |            | 0,8 | 76 800     | 0,8 | 61 440     | 12 288        | <b>73 728</b>       |
| OND1                                                                                         | <b>ONDULEUR 1</b>                                                      |                   |                            | 1   | 48 000 | 48 000  | 1   | 1   | 48 000     |     |            |     |            |               |                     |
| OND2                                                                                         | <b>ONDULEUR 2</b>                                                      |                   |                            | 1   | 48 000 | 48 000  | 1   | 1   | 48 000     |     |            |     |            |               |                     |
| <b>TGS AB</b>                                                                                | <b>TABLEAU GENERAL BASSE TENSION SECONDAIRE ANCIEN BATIMENT</b>        |                   |                            |     |        |         |     |     |            |     |            |     |            |               | <b>101 711</b>      |

# Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

| TD RDC<br>AB | TABLEAU DIVISIONNAIRE RDC ANCIEN<br>BATIMENT |                           |                                                     |   |       |       |   |   |       |  |  | 0,8 | 25 719 | 3 858 | 29 577 |
|--------------|----------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------|---|-------|-------|---|---|-------|--|--|-----|--------|-------|--------|
| L R0 AB      | CIRCUITS LUMINAIRES RDC                      |                           |                                                     |   |       |       |   |   |       |  |  | 1   | 690    |       |        |
| BR1          | Ancien Bâtiment<br>RDC                       | Accueil                   | Brasseur d'air<br>80W                               | 5 | 80    | 400   | 1 | 1 | 400   |  |  |     |        |       |        |
| BR2          | Ancien Bâtiment<br>RDC                       | Accueil                   | Brasseur d'air<br>plafonier 50W                     | 1 | 50    | 290   | 1 | 1 | 290   |  |  |     |        |       |        |
|              | Ancien Bâtiment<br>RDC                       | Extérieur accueil         | Brasseur<br>panasonic 80W                           | 3 | 80    |       |   |   |       |  |  |     |        |       |        |
|              | CIRCUITS CLIMATISEURS RDC                    |                           |                                                     |   |       |       |   |   |       |  |  | 1   | 24 214 |       |        |
| AF1          | Ancien Bâtiment<br>RDC                       | Couloir Guichet           | Climatiseur<br>armoire<br>frigorifique de<br>7600 W | 1 | 3 680 | 3 680 | 1 | 1 | 3 680 |  |  |     |        |       |        |
| AF2          | Ancien Bâtiment<br>RDC                       | Accueil                   | Climatiseur<br>armoire<br>frigorifique de<br>7600 W | 1 | 3 680 | 3 680 | 1 | 1 | 3 680 |  |  |     |        |       |        |
| AF3          | Ancien Bâtiment<br>RDC                       | Accueil                   | Climatiseur<br>armoire<br>frigorifique de<br>7600 W | 1 | 3 680 | 3 680 | 1 | 1 | 3 680 |  |  |     |        |       |        |
| AF4          | Ancien Bâtiment<br>RDC                       | Accueil                   | Climatiseur<br>armoire<br>frigorifique de<br>7600 W | 1 | 3 680 | 3 680 | 1 | 1 | 3 680 |  |  |     |        |       |        |
| CL1          | Ancien Bâtiment<br>RDC                       | Chef Groupe Guichet siège | Climatiseur<br>fenêtre LG 1.5<br>CV                 | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |  |  |     |        |       |        |
| CL2          | Ancien Bâtiment<br>RDC                       | Call center et dépannage  | Climatiseur<br>Split 1.5 CV                         | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |  |  |     |        |       |        |
| CL3          | Ancien Bâtiment<br>RDC                       | Call center et dépannage  | Climatiseur<br>Split 1.5 CV                         | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |  |  |     |        |       |        |
| CL4          | Ancien Bâtiment<br>RDC                       | Call center et dépannage  | Climatiseur<br>Split 1.5 CV                         | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |  |  |     |        |       |        |
| CL5          | Ancien Bâtiment<br>RDC                       | Couloir Guichet           | Climatiseur<br>Split 3 CV                           | 1 | 2 208 | 2 208 | 1 | 1 | 2 208 |  |  |     |        |       |        |

# Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|          |                                          |                                                      |                                   |   |       |       |   |   |       |   |        |     |        |       |        |
|----------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------|---|-------|-------|---|---|-------|---|--------|-----|--------|-------|--------|
|          | Ancien Bâtiment RDC                      | Groupe petite intervention + chef groupe             | Réglette mono 1.20m 36W           | 1 | 45    | 45    |   |   |       |   |        |     |        |       |        |
|          | Ancien Bâtiment RDC                      | Guichet 8                                            | Réglette mono 1.20m led 15W       | 1 | 15    | 15    |   |   |       |   |        |     |        |       |        |
| TD R1 AB | TABLEAU DIVISIONNAIRE R1 ANCIEN BATIMENT |                                                      |                                   |   |       |       |   |   |       |   |        | 0,8 | 23 384 | 4 677 | 28 061 |
|          |                                          | Circuit brasseur                                     |                                   |   |       |       |   |   |       |   |        |     |        |       |        |
| BR       | Ancien Bâtiment R1                       | Service administration et patrimoine                 | Brasseur d'air (ventilateur) 60 w | 1 | 60    | 60    | 1 | 1 | 60    | 1 | 60     |     |        |       |        |
|          |                                          | Circuit climatissation                               |                                   |   |       |       |   |   |       |   |        |     |        |       |        |
| CL1      | Ancien Bâtiment R1                       | Service administration et patrimoine                 | Climatiseur fenêtre LG 1.5 CV     | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 | 1 | 23 552 |     |        |       |        |
| CL2      | Ancien Bâtiment R1                       | Service logistique                                   | Climatiseur Split 1.5 CV          | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |   |        |     |        |       |        |
| CL3      | Ancien Bâtiment R1                       | Sécretariat DAGP                                     | Climatiseur Split 1.5 CV          | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |   |        |     |        |       |        |
| CL4      | Ancien Bâtiment R1                       | Chef de service DAGP                                 | Climatiseur Split 1.5 CV          | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |   |        |     |        |       |        |
| CL5      | Ancien Bâtiment R1                       | Direction commerciale (DCC ANNEXE)                   | Climatiseur Split 2 CV            | 1 | 1 472 | 1 472 | 1 | 1 | 1 472 |   |        |     |        |       |        |
| CL6      | Ancien Bâtiment R1                       | Secretariat Direction commerciale et de la clientèle | Climatiseur Split 2 CV            | 1 | 1 472 | 1 472 | 1 | 1 | 1 472 |   |        |     |        |       |        |
| CL7      | Ancien Bâtiment R1                       | Directeur commerciale et de la clientèle             | Climatiseur Split 2 CV            | 1 | 1 472 | 1 472 | 1 | 1 | 1 472 |   |        |     |        |       |        |
| CL8      | Ancien Bâtiment R1                       | Bureau 036                                           | Climatiseur Split 3 CV            | 1 | 2 208 | 2 208 | 1 | 1 | 2 208 |   |        |     |        |       |        |
|          | Ancien Bâtiment R1                       | Directeur commerciale et de la clientèle             | Réglette mono 1.20m led 15W       | 1 | 15    | 15    |   |   |       |   |        |     |        |       |        |

# Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|          |                                          |                                          |                                 |   |       |       |   |   |       |   |        |     |        |       |        |
|----------|------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|---|-------|-------|---|---|-------|---|--------|-----|--------|-------|--------|
|          | Ancien Bâtiment R1                       | Directeur commerciale et de la clientèle | Réglette duo 1.20 m led 15 w    | 4 | 30    | 120   |   |   |       |   |        |     |        |       |        |
| TD R2 AB | TABLEAU DIVISIONNAIRE R2 ANCIEN BATIMENT |                                          |                                 |   |       |       |   |   |       |   |        | 0,8 | 18 181 | 3 636 | 21 817 |
|          |                                          | Circuit climatisation R+2                |                                 |   |       |       |   |   |       |   |        |     |        |       |        |
| CL1      | Ancien Bâtiment R2                       | Service Comptabilité                     | Climatiseur Split Airwell 1.5CV | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 | 1 | 16 928 |     |        |       |        |
| CL2      | Ancien Bâtiment R2                       | Division analyse de comptes              | Climatiseur Split Airwell 3CV   | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |   |        |     |        |       |        |
| CL3      | Ancien Bâtiment R2                       | Section comptable DRN                    | Climatiseur Split Airwell 3CV   | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |   |        |     |        |       |        |
| CL4      | Ancien Bâtiment R2                       | Chef direction distribution              | Climatiseur Split LG 1.5 CV     | 2 | 1 472 | 2 944 | 1 | 1 | 2 944 |   |        |     |        |       |        |
| CL5      | Ancien Bâtiment R2                       | Section comptabilité immobilisation      | Climatiseur Split LG 1.5 CV     | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |   |        |     |        |       |        |
| CL6      | Ancien Bâtiment R2                       | Service Contrôle Financier               | Climatiseur Split LG 1.5 CV     | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |   |        |     |        |       |        |
| CL7      | Ancien Bâtiment R2                       | Secretariat direction de la distribution | Climatiseur Split LG 2 CV       | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |   |        |     |        |       |        |
| CL8      | Ancien Bâtiment R2                       | Chef de département de distribution      | Climatiseur Split LG 3 CV       | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |   |        |     |        |       |        |
| CL9      | Ancien Bâtiment R2                       | Section comptable DRN                    | Climatiseur Split LG 3 CV       | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |   |        |     |        |       |        |
| CL10     | Ancien Bâtiment R2                       | Département contrôle de gestion          | Climatiseur Split Sharp 1.5 CV  | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |   |        |     |        |       |        |
|          | Ancien Bâtiment R2                       | Division analyse de comptes              | Réglette DUO 1.2m 36W           | 2 | 90    | 180   |   |   |       |   |        |     |        |       |        |

## Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|                 |                                                 |                                                     |                              |   |       |       |   |   |       |   |        |  |  |     |               |              |               |
|-----------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------|---|-------|-------|---|---|-------|---|--------|--|--|-----|---------------|--------------|---------------|
|                 | Ancien Bâtiment R2                              | Service Comptabilité                                | Réglette mono 0.6m 20W       | 1 | 27    | 27    |   |   |       |   |        |  |  |     |               |              |               |
|                 | Ancien Bâtiment R2                              | Couloir                                             | Réglette mono 0.6m Led 9W    | 1 | 9     | 9     |   |   |       |   |        |  |  |     |               |              |               |
|                 | Ancien Bâtiment R2                              | Département contrôle de gestion                     | Réglette mono 1.20m 36W      | 1 | 45    | 45    |   |   |       |   |        |  |  |     |               |              |               |
|                 | Ancien Bâtiment R2                              | Section comptabilité immobilisation                 | Réglette duo 1.20 m led 15 w | 2 | 30    | 60    |   |   |       |   |        |  |  |     |               |              |               |
| <b>TD R3 AB</b> | <b>TABLEAU DIVISIONNAIRE R3 ANCIEN BATIMENT</b> |                                                     |                              |   |       |       |   |   |       |   |        |  |  | 0,8 | <b>18 547</b> | <b>3 709</b> | <b>22 257</b> |
|                 |                                                 | <b>Circuit climatiseur R+3</b>                      |                              |   |       |       |   |   |       |   |        |  |  |     |               |              |               |
| CL1             | Ancien Bâtiment R3                              | Bureau Chef DAP                                     | Climatiseur Split LG 1.5 CV  | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 | 1 | 23 184 |  |  |     |               |              |               |
| CL2             | Ancien Bâtiment R3                              | Chef service affaire sociale et relation de travail | Climatiseur Split LG 1.5 CV  | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |   |        |  |  |     |               |              |               |
| CL3             | Ancien Bâtiment R3                              | Gestion des conflits de travail et rémunération     | Climatiseur Split LG 1.5 CV  | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |   |        |  |  |     |               |              |               |
| CL4             | Ancien Bâtiment R3                              | Santé et œuvre sociale                              | Climatiseur Split LG 1.5 CV  | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |   |        |  |  |     |               |              |               |
| CL5             | Ancien Bâtiment R3                              | Section rémunération                                | Climatiseur Split LG 1.5 CV  | 1 | 1 104 | 1 104 | 1 | 1 | 1 104 |   |        |  |  |     |               |              |               |
| CL6             | Ancien Bâtiment R3                              | Secretariat DRH                                     | Climatiseur Split LG 2 CV    | 1 | 1 472 | 1 472 | 1 | 1 | 1 472 |   |        |  |  |     |               |              |               |
| CL7             | Ancien Bâtiment R3                              | Direction DRH                                       | Climatiseur Split LG 2 CV    | 1 | 1 472 | 1 472 | 1 | 1 | 1 472 |   |        |  |  |     |               |              |               |
| CL8             | Ancien Bâtiment R3                              | Section rémunération                                | Climatiseur Split LG 2 CV    | 1 | 1 472 | 1 472 | 1 | 1 | 1 472 |   |        |  |  |     |               |              |               |
| CL9             | Ancien Bâtiment R3                              | Santé et œuvre sociale                              | Climatiseur Split LG 3 CV    | 3 | 2 208 | 6 624 | 1 | 1 | 6 624 |   |        |  |  |     |               |              |               |
|                 | Ancien Bâtiment R3                              | Couloir                                             | Réglette mono 1.20m led 15W  | 2 | 15    | 30    |   |   |       |   |        |  |  |     |               |              |               |

Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

| TGS NB    | TABLEAU GENERAL SECONDAIRE NOUVEAU BATIMENT |                          |                                            | - | -     | -     | - | - | -     | - | -      | -   | -      | 220 393 |        |
|-----------|---------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------|---|-------|-------|---|---|-------|---|--------|-----|--------|---------|--------|
| TD RDC NB | TABLEAU DIVISIONNAIRE RDC NOUVEAU BATIMENT  |                          |                                            |   |       |       |   |   |       |   |        | 0,8 | 48 135 | 9 627   | 57 762 |
|           | CIRCUIT BRASSEUR                            |                          |                                            |   |       |       |   |   |       |   |        |     |        |         |        |
| BR        | Nouveau Bâtiment RDC                        | Salle d'attente          | Brasseur d'air                             | 1 | 85    | 85    | 1 | 1 | 185   | 1 | 185    |     |        |         |        |
|           | Nouveau Bâtiment RDC                        | Secrétariat informatique | Brasseur d'air (ventilateur) 50 w          | 1 | 50    | 50    |   |   |       |   |        |     |        |         |        |
|           | Nouveau Bâtiment RDC                        | Salle d'attente          | Extracteur d'air                           | 1 | 50    | 50    |   |   |       |   |        |     |        |         |        |
|           | CIRCUIT CLIMATISSEUR                        |                          |                                            |   |       |       |   |   |       |   |        |     |        |         |        |
| CL1       | Nouveau Bâtiment RDC                        | Local serveur            | Climatiseur armoire frigorifique de 4380 W | 1 | 4 380 | 4 380 | 1 | 1 | 4 380 | 1 | 45 640 |     |        |         |        |
| CL2       | Nouveau Bâtiment RDC                        | Local serveur            | Climatiseur armoire frigorifique de 4380 W | 1 | 4 380 | 4 380 | 1 | 1 | 4 380 |   |        |     |        |         |        |
| CL3       | Nouveau Bâtiment RDC                        | Local onduleur           | Climatiseur armoire frigorifique de 4380 W | 1 | 4 380 | 4 380 | 1 | 1 | 4 380 |   |        |     |        |         |        |
| CL4       | Nouveau Bâtiment RDC                        | Bureau infirmier         | Climatiseur fenêtre                        | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |     |        |         |        |
| CL5       | Nouveau Bâtiment RDC                        | Bureau médecin           | Climatiseur fenêtre                        | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |     |        |         |        |
| CL6       | Nouveau Bâtiment RDC                        | Salle d'attente          | Climatiseur fenêtre                        | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |     |        |         |        |
| CL7       | Nouveau Bâtiment RDC                        | Local serveur            | Climatiseur fenêtre 3.5 CV                 | 1 | 3 000 | 3 000 | 1 | 1 | 3 000 |   |        |     |        |         |        |
| CL8       | Nouveau Bâtiment RDC                        | Local serveur            | Climatiseur fenêtre 3.5 CV                 | 1 | 3 000 | 3 000 | 1 | 1 | 3 000 |   |        |     |        |         |        |
| CL9       | Nouveau Bâtiment RDC                        | Local serveur            | Climatiseur fenêtre 3.5 CV                 | 1 | 3 000 | 3 000 | 1 | 1 | 3 000 |   |        |     |        |         |        |
| CL10      | Nouveau Bâtiment RDC                        | Local serveur            | Climatiseur fenêtre 3.5 CV                 | 1 | 3 000 | 3 000 | 1 | 1 | 3 000 |   |        |     |        |         |        |

# Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

| TD R1<br>NB | TABLEAU DIVISIONNAIRE R1 NOUVEAU BATIMENT |                                                 |                                |   |       |       |   |   |       |   | 0,8    | 41 227 | 8 245 | 49 472 |
|-------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|---|-------|-------|---|---|-------|---|--------|--------|-------|--------|
|             | CIRCUIT BRASSEUR                          |                                                 |                                |   |       |       |   |   |       |   |        |        |       |        |
| BR          | Nouveau<br>Bâtiment R1                    | Secrétariat annexe DFC                          | Brasseur d'air                 | 1 | 85    | 85    | 1 | 1 | 85    | 1 | 85     |        |       |        |
|             | circuit climatiseur                       |                                                 |                                |   |       |       |   |   |       |   |        |        |       |        |
| CL1         | Nouveau<br>Bâtiment R1                    | Bureau direction des finances                   | Climatiseur 3<br>cv            | 1 | 2 500 | 2 500 | 1 | 1 | 2 500 | 1 | 39 900 |        |       |        |
| CL2         | Nouveau<br>Bâtiment R1                    | Chef de service trésorerie                      | Climatiseur<br>fenêtre 1.5 CV  | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |        |       |        |
| CL3         | Nouveau<br>Bâtiment R1                    | Saisie trésorerie                               | Climatiseur Slit<br>LG 1.5 cv  | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |        |       |        |
| CL4         | Nouveau<br>Bâtiment R1                    | Caisse siège                                    | Climatiseur Slit<br>LG 1.5 cv  | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |        |       |        |
| CL5         | Nouveau<br>Bâtiment R1                    | Bureau comptabilité générale                    | Climatiseur<br>Split 1.5 CV    | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |        |       |        |
| CL6         | Nouveau<br>Bâtiment R1                    | Bureau comptabilité générale                    | Climatiseur<br>Split 1.5 CV    | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |        |       |        |
| CL7         | Nouveau<br>Bâtiment R1                    | Secrétariat annexe DFC                          | Climatiseur<br>split 3 CV      | 1 | 2 500 | 2 500 | 1 | 1 | 2 500 |   |        |        |       |        |
| CL8         | Nouveau<br>Bâtiment R1                    | Etude finance                                   | Climatiseur<br>Split LG 1.5 CV | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |        |       |        |
| CL9         | Nouveau<br>Bâtiment R1                    | Division fourniture                             | Climatiseur<br>Split LG 1.5 CV | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |        |       |        |
| CL10        | Nouveau<br>Bâtiment R1                    | Division trésorerie                             | Climatiseur<br>Split LG 1.5 CV | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |        |       |        |
| CL11        | Nouveau<br>Bâtiment R1                    | Secrétariat departement comptable et<br>finance | Climatiseur<br>Split LG 1.5 CV | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |        |       |        |
| CL12        | Nouveau<br>Bâtiment R1                    | Chef département des finances                   | Climatiseur<br>Split LG 1.5 CV | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |        |       |        |

# Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|             |                                           |                                                       |                                |   |       |       |   |   |       |   |        |      |        |       |        |
|-------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|---|-------|-------|---|---|-------|---|--------|------|--------|-------|--------|
|             | Nouveau<br>Bâtiment R1                    | Toilette                                              | Réglette mono<br>0.6m 20W      | 2 | 20    | 40    |   |   |       |   |        |      |        |       |        |
| TD R2<br>NB | TABLEAU DIVISIONNAIRE R2 NOUVEAU BATIMENT |                                                       |                                |   |       |       |   |   |       |   |        | 0,8  | 24 227 | 4 845 | 29 072 |
|             | CIRCUIT CLIMATISSEUR                      |                                                       |                                |   |       |       |   |   |       |   |        | 0,80 |        |       |        |
| CL1         | Nouveau<br>Bâtiment R2                    | Secrétariat DEPI annexe                               | Climatiseur<br>fenêtre 1.5 CV  | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 | 1 | 21 100 |      |        |       |        |
| CL2         | Nouveau<br>Bâtiment R2                    | 2 <sup>e</sup> bureau Service étude électrique        | Climatiseur<br>split 1.5 CV    | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |      |        |       |        |
| CL3         | Nouveau<br>Bâtiment R2                    | Chef section banque CCP                               | Climatiseur<br>split 1.5 CV    | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |      |        |       |        |
| CL4         | Nouveau<br>Bâtiment R2                    | Departement des marchés                               | Climatiseur<br>split 1.5 Cv    | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |      |        |       |        |
| CL5         | Nouveau<br>Bâtiment R2                    | Service étude électrique                              | Climatiseur<br>Split LG 1.5 CV | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |      |        |       |        |
| CL6         | Nouveau<br>Bâtiment R2                    | DIPI                                                  | Climatiseur<br>Split LG 1.5 CV | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |      |        |       |        |
| CL7         | Nouveau<br>Bâtiment R2                    | Chef département suivi projet                         | Climatiseur<br>Split LG 1.5 CV | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |      |        |       |        |
| CL8         | Nouveau<br>Bâtiment R2                    | 2 <sup>eme</sup> bureau des marchés                   | Climatiseur<br>Split LG 1.5 CV | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |      |        |       |        |
| CL9         | Nouveau<br>Bâtiment R2                    | Service fiscalité                                     | Climatiseur<br>Split LG 1.5 CV | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |      |        |       |        |
| CL10        | Nouveau<br>Bâtiment R2                    | Bureau de service d'etude mecanique et<br>hydraulique | Climatiseur<br>Split LG 1.5 CV | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |      |        |       |        |
| CL11        | Nouveau<br>Bâtiment R2                    | Service comptabilite analitique                       | Climatiseur<br>Split LG 1.5 CV | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |      |        |       |        |
| CL12        | Nouveau<br>Bâtiment R2                    | Ingénierie de suivi de projets                        | Climatiseur<br>Split LG 2 CV   | 1 | 1 700 | 1 700 | 1 | 1 | 1 700 |   |        |      |        |       |        |
|             | Nouveau<br>Bâtiment R2                    | Toilette homme+Dame                                   | globe                          | 4 | 40    | 160   |   |   |       |   |        |      |        |       |        |
| TD R3<br>NB | TABLEAU DIVISIONNAIRE R3 NOUVEAU BATIMENT |                                                       |                                |   |       |       |   |   |       |   |        | 0,8  | 27 411 | 5 482 | 32 894 |

# Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|          |                                           |                                   |                                 |   |       |       |   |   |       |   |        |     |        |       |        |
|----------|-------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---|-------|-------|---|---|-------|---|--------|-----|--------|-------|--------|
|          | Nouveau Bâtiment R3                       | Toilette homme + dames            | Globe                           | 4 | 40    | 160   |   |   |       |   |        |     |        |       |        |
| TD R4 NB | TABLEAU DIVISIONNAIRE R4 NOUVEAU BATIMENT |                                   |                                 |   |       |       |   |   |       |   |        | 0,8 | 37 872 | 7 574 | 45 446 |
|          |                                           | CIRCUIT BRASSEUR                  |                                 |   |       |       |   |   |       |   |        |     |        |       |        |
| BR       | Nouveau Bâtiment R4                       | Magasin assistante de direction   | Brasseur d'air                  | 1 | 85    | 85    | 1 | 1 | 85    | 1 | 85     |     |        |       |        |
|          |                                           | CIRCUIT CLIMATISSEUR              |                                 |   |       |       |   |   |       |   |        |     |        |       |        |
| CL1      | Nouveau Bâtiment R4                       | Bureau 100 département juridique  | Climatiseur fenêtre             | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 | 1 | 35 100 |     |        |       |        |
| CL2      | Nouveau Bâtiment R4                       | Section courrier                  | Climatiseur fenêtre LG 1.5 CV   | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |     |        |       |        |
| CL3      | Nouveau Bâtiment R4                       | Service communication             | Climatiseur fenêtre LG 1.5 CV   | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |     |        |       |        |
| CL4      | Nouveau Bâtiment R4                       | Assistante de direction           | Climatiseur Split 2 CV          | 1 | 1 700 | 1 700 | 1 | 1 | 1 700 |   |        |     |        |       |        |
| CL5      | Nouveau Bâtiment R4                       | Salle de réunion                  | Climatiseur Split Airwell 1.5CV | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |     |        |       |        |
| CL6      | Nouveau Bâtiment R4                       | Salle de réunion                  | Climatiseur Split Airwell 1.5CV | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |     |        |       |        |
| CL7      | Nouveau Bâtiment R4                       | Bureau directeur                  | Climatiseur Split Airwell 1.5CV | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |     |        |       |        |
| CL8      | Nouveau Bâtiment R4                       | Département juridique             | Climatiseur Split LG 1.5 CV     | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |     |        |       |        |
| CL9      | Nouveau Bâtiment R4                       | Assistante du SG +salle d'attente | Climatiseur Split LG 1.5 CV     | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |     |        |       |        |
| CL10     | Nouveau Bâtiment R4                       | Assistante du SG +salle d'attente | Climatiseur Split LG 1.5 CV     | 1 | 1 300 | 1 300 | 1 | 1 | 1 300 |   |        |     |        |       |        |

# Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|            |                                                |                     |                                |   |       |        |      |      |       |      |       |     |       |     |       |
|------------|------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------|---|-------|--------|------|------|-------|------|-------|-----|-------|-----|-------|
| L11        | Nouveau Bâtiment R4                            | Escalier + Toilette | GLOBE                          | 8 | 40    | 320    | 1    | 1    | 320   |      |       |     |       |     |       |
| TD ARCH NB | TABLEAU DIVISIONNAIRE ARCHIVE NOUVEAU BATIMENT |                     |                                |   |       |        |      |      |       |      |       | 0,8 | 4 789 | 958 | 5 746 |
|            | CIRCUIT CLIMATISSEUR                           |                     |                                |   |       |        |      |      |       |      |       |     |       |     |       |
| CL1        | Salle des archives                             | Salle archive       | Climatiseur Split Samsung 3 CV | 1 | 2 500 | 2 500  | 1    | 1    | 2 500 | 1    | 2 500 |     |       |     |       |
| CL2        | Salle des archives                             | Salle archive       | Climatiseur Split Samsung 3 CV | 1 | 2 500 | 2 500  | 1    | 1    | 2 500 | 1    | 2 500 |     |       |     |       |
|            | CIRCUIT PRISES                                 |                     |                                |   |       |        |      |      |       |      |       |     |       |     |       |
| PC         | Salle des archives                             | Salle archive       | Prise de courant 2 pôles       | 4 | 2 816 | 11 264 | 0,20 | 0,33 | 732   | 0,80 | 586   |     |       |     |       |
|            | CIRCUIT LUMINAIRES                             |                     |                                |   |       |        |      |      |       |      |       |     |       |     |       |
| L1         | Salle des archives                             | Escalier            | Globe                          | 6 | 40    | 240    | 1    | 1    | 240   | 1    | 400   |     |       |     |       |
| L2         | Salle des archives                             | Escalier            | Globe                          | 6 | 40    | 240    | 1    | 1    | 40    |      |       |     |       |     |       |
| L3         | Salle des archives                             | Salle archive       | Réglette mono 1.20m led 15W    | 8 | 15    | 120    | 1    | 1    | 120   |      |       |     |       |     |       |

# Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

## ANNEXE II : BILAN ENERGETIQUE ET ANALYSE DE LA FACTURATION

### ANNEXE II-1 : Climatisation

| SOUS LIEUX          | LIEUX                     | DESIGNATION                                | QTE | PU    | P T (W) | TEMPS DE FONCTIONNEMENT (h)/ jour |      | ENERGIE Wh |          | ENERGIE RECTIFIE Wh(k=0,7 à 1) |          |
|---------------------|---------------------------|--------------------------------------------|-----|-------|---------|-----------------------------------|------|------------|----------|--------------------------------|----------|
|                     |                           |                                            |     |       |         | HPT                               | HPL  | HPT        | HPL      | HPT                            | HPL      |
| Nouveau Bâtiment    | Local ascenseur 2         | Climatiseur split de 1,5CV                 | 1   | 1 104 | 1 104   | 1,50                              | 1,50 | 1 656,00   | 1 656,00 | 1 324,80                       | 1 324,80 |
| Nouveau Bâtiment    | Local ascenseur 2         | Climatiseur split de 1,5CV                 | 1   | 1 104 | 1 104   | 1,50                              | 1,50 | 1 656,00   | 1 656,00 | 1 324,80                       | 1 324,80 |
| 4                   | Couloir Guichet           | Climatiseur armoire frigorifique de 7600 W | 1   | 7 600 | 7 600   | 1,00                              | 1,00 | 7 600,00   | 7 600,00 | 5 320,00                       | 6 080,00 |
| Ancien Bâtiment RDC | Accueil                   | Climatiseur armoire frigorifique de 7600 W | 1   | 7 600 | 7 600   | 1,00                              | 1,00 | 7 600,00   | 7 600,00 | 5 320,00                       | 6 080,00 |
| Ancien Bâtiment RDC | Accueil                   | Climatiseur armoire frigorifique de 7600 W | 1   | 7 600 | 7 600   | 1,00                              | 1,00 | 7 600,00   | 7 600,00 | 5 320,00                       | 6 080,00 |
| Ancien Bâtiment RDC | Accueil                   | Climatiseur armoire frigorifique de 7600 W | 1   | 7 600 | 7 600   | 1,00                              | 1,00 | 7 600,00   | 7 600,00 | 5 320,00                       | 6 080,00 |
| Ancien Bâtiment RDC | Chef Groupe Guichet siège | Climatiseur fenêtre LG 1.5 CV              | 1   | 1 104 | 1 104   | 1,00                              | 3,00 | 1 104,00   | 3 312,00 | 883,20                         | 2 649,60 |
| Ancien Bâtiment RDC | Call center et dépannage  | Climatiseur Split 1.5 CV                   | 1   | 1 104 | 1 104   | 1,00                              | 3,00 | 1 104,00   | 3 312,00 | 883,20                         | 2 649,60 |
| Ancien Bâtiment RDC | Call center et dépannage  | Climatiseur Split 1.5 CV                   | 1   | 1 104 | 1 104   | 1,00                              | 3,00 | 1 104,00   | 3 312,00 | 883,20                         | 2 649,60 |
| Ancien Bâtiment RDC | Call center et dépannage  | Climatiseur Split 1.5 CV                   | 1   | 1 104 | 1 104   | 1,00                              | 3,00 | 1 104,00   | 3 312,00 | 883,20                         | 2 649,60 |

### Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|                              |                                                   |                                |     |       |         |      |      |          |           |            |           |
|------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------|-----|-------|---------|------|------|----------|-----------|------------|-----------|
| Ancien Bâtiment RDC          | Couloir Guichet                                   | Climatiseur Split 3 CV         | 1   | 2 208 | 2 208   | 1,00 | 1,00 | 2 208,00 | 2 208,00  | 1 766,40   | 1 766,40  |
| Ancien Bâtiment RDC          | Couloir Guichet                                   | Climatiseur Split 3 CV         | 1   | 2 208 | 2 208   | 1,00 | 1,00 | 2 208,00 | 2 208,00  | 1 766,40   | 1 766,40  |
| Nouveau Bâtiment R4          | Chef de département communication et archive      | Climatiseur Split LG 1.5 CV    | 1   | 1 104 | 1 104   | 1,00 | 3,00 | 1 104,00 | 3 312,00  | 883,20     | 2 649,60  |
| Nouveau Bâtiment R4          | Chef de département budget et contrôle de gestion | Climatiseur Split LG 1.5 CV    | 1   | 1 104 | 1 104   | 1,00 | 3,00 | 1 104,00 | 3 312,00  | 883,20     | 2 649,60  |
| Nouveau Bâtiment R4          | Service conseiller technique                      | Climatiseur Split LG 1.5 CV    | 1   | 1 104 | 1 104   | 1,00 | 3,00 | 1 104,00 | 3 312,00  | 883,20     | 2 649,60  |
| Nouveau Bâtiment R4          | Bureau agent de liaison                           | Climatiseur Split LG 1.5 CV    | 1   | 1 104 | 1 104   | 1,00 | 3,00 | 1 104,00 | 3 312,00  | 883,20     | 2 649,60  |
| Nouveau Bâtiment R4          | Bureau secrétariat général                        | Climatiseur Split LG 2 CV      | 1   | 1 472 | 1 472   | 1,00 | 3,00 | 1 472,00 | 4 416,00  | 1 177,60   | 3 532,80  |
| Nouveau Bâtiment R4          | Secrétariat département juridique                 | Climatiseur Split LG 3 CV      | 1   | 2 208 | 2 208   | 1,00 | 3,00 | 2 208,00 | 6 624,00  | 1 766,40   | 5 299,20  |
| Nouveau Bâtiment R4          | Salle de réunion                                  | Climatiseur Split Samsung 3 CV | 1   | 2 208 | 2 208   | 1,00 | 3,00 | 2 208,00 | 6 624,00  | 1 766,40   | 5 299,20  |
| Nouveau Bâtiment R4          | Secrétariat de direction                          | Climatiseur Split Sharp 2 CV   | 1   | 1 472 | 1 472   | 1,00 | 3,00 | 1 472,00 | 4 416,00  | 1 177,60   | 3 532,80  |
| Nouveau Bâtiment R4          | Bureau conseiller Technique                       | Climatiseur Split Sharp 2 CV   | 1   | 1 472 | 1 472   | 1,00 | 3,00 | 1 472,00 | 4 416,00  | 1 177,60   | 3 532,80  |
| Nouveau Bâtiment R4          | Bureau directeur                                  | Climatiseur Split Sharp 3 CV   | 1   | 2 208 | 2 208   | 1,00 | 3,00 | 2 208,00 | 6 624,00  | 1 766,40   | 5 299,20  |
| Nouveau Bâtiment R5          | Salle archive                                     | Climatiseur Split Samsung 3 CV | 2   | 2 208 | 4 416   | 1,00 | 3,00 | 4 416,00 | 13 248,00 | 3 532,80   | 10 598,40 |
| Total                        |                                                   |                                | 150 |       | 247 924 |      |      |          |           | 263 046,40 | 555417,60 |
| Total Energie rectifiée (Wh) |                                                   |                                |     |       |         |      |      |          |           | 818 464,00 |           |

# Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

## ANNEXE II-2 : Eclairage

| SOUS LIEUX          | LIEUX                                        | DESIGNATION                  | QTE | PU | P T (W) | TEMPS DE<br>FONCTIONNEMENT (h)/ jour |      | ENERGIE Wh |        | ENERGIE RECTIFIEE<br>Wh(k=0,7 à 1) |        |
|---------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----|----|---------|--------------------------------------|------|------------|--------|------------------------------------|--------|
|                     |                                              |                              |     |    |         | HPT                                  | HPL  | HPT        | HPL    | HPT                                | HPL    |
| Nouveau Bâtiment    | Local ascenseur 2                            | Réglette duo 1,20 / 36W      | 2   | 90 | 180     | 1,50                                 | 1,50 | 270,00     | 270,00 | 243,00                             | 243,00 |
| Nouveau Bâtiment    | Local ascenseur 2                            | Réglette duo 1,20 / 36W      | 2   | 90 | 180     | 1,50                                 | 1,50 | 270,00     | 270,00 | 243,00                             | 243,00 |
| Ancien Bâtiment RDC | Couloir RDC                                  | Réglette DUO 0.6m 20W        | 2   | 54 | 108     | 4,00                                 | 4,00 | 432,00     | 432,00 | 388,80                             | 388,80 |
| Ancien Bâtiment RDC | Couloir RDC                                  | Réglette DUO 0.6m Red 9W     | 2   | 18 | 36      | 4,00                                 | 4,00 | 144,00     | 144,00 | 129,60                             | 129,60 |
| Ancien Bâtiment RDC | Guichet (ancien Eclipse , nouveau cash power | Réglette DUO 1.20 m 15W      | 1   | 30 | 30      | 4,00                                 | 4,00 | 120,00     | 120,00 | 108,00                             | 108,00 |
| Ancien Bâtiment RDC | Guichet 9                                    | Réglette duo 1.20 m led 15 W | 1   | 30 | 30      | 4,00                                 | 4,00 | 120,00     | 120,00 | 108,00                             | 108,00 |
| Ancien Bâtiment RDC | Accueil                                      | Réglette duo 1.20 m led 15 W | 3   | 30 | 90      | 4,00                                 | 4,00 | 360,00     | 360,00 | 324,00                             | 324,00 |
| Ancien Bâtiment RDC | Guichet abonnement                           | Réglette duo 1.20 m led 15 w | 1   | 30 | 30      | 4,00                                 | 4,00 | 120,00     | 120,00 | 108,00                             | 108,00 |
| Ancien Bâtiment RDC | Guichet7                                     | Réglette DUO 1.20m 36W       | 1   | 90 | 90      | 4,00                                 | 4,00 | 360,00     | 360,00 | 324,00                             | 324,00 |
| Ancien Bâtiment RDC | Couloir Guichet                              | Réglette DUO 1.20m 36W       | 2   | 90 | 180     | 4,00                                 | 4,00 | 720,00     | 720,00 | 648,00                             | 648,00 |
| Ancien Bâtiment R2  | Couloir                                      | Réglette mono 0.6m Led 9W    | 1   | 9  | 9       | 8,00                                 | 8,00 | 72,00      | 72,00  | 72,00                              | 72,00  |
| Ancien Bâtiment R3  | Couloir                                      | Réglette mono 0.6m 20W       | 1   | 27 | 27      | 8,00                                 | 8,00 | 216,00     | 216,00 | 216,00                             | 216,00 |

### Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|                              |               |                             |     |    |       |      |      |          |          |           |           |
|------------------------------|---------------|-----------------------------|-----|----|-------|------|------|----------|----------|-----------|-----------|
| Ancien Bâtiment R3           | Couloir       | Réglette mono 1.20m led 15W | 2   | 15 | 30    | 8,00 | 8,00 | 240,00   | 240,00   | 240,00    | 240,00    |
| Ancien Bâtiment R3           | Couloir       | Réglette mono 1.20m led 15W | 2   | 15 | 30    | 8,00 | 8,00 | 240,00   | 240,00   | 240,00    | 240,00    |
| Nouveau Bâtiment RDC         | Couloir RDC   | Reglette 0.60 ; 9 w led     | 18  | 9  | 162   | 8,00 | 8,00 | 1 296,00 | 1 296,00 | 1 296,00  | 1 296,00  |
| Nouveau Bâtiment R1          | Couloir       | Réglette DUO 0.6m 20W       | 9   | 54 | 486   | 8,00 | 8,00 | 3 888,00 | 3 888,00 | 3 888,00  | 3 888,00  |
| Nouveau Bâtiment R1          | Couloir       | Réglette DUO 0.6m Led 9W    | 5   | 18 | 90    | 8,00 | 8,00 | 720,00   | 720,00   | 720,00    | 720,00    |
| Nouveau Bâtiment R2          | Couloir       | Réglette DUO 0.6m Led 9W    | 12  | 18 | 216   | 8,00 | 8,00 | 1 728,00 | 1 728,00 | 1 728,00  | 1 728,00  |
| Nouveau Bâtiment R3          | Couloir       | Réglette DUO 0.6m 20W       | 9   | 54 | 486   | 8,00 | 8,00 | 3 888,00 | 3 888,00 | 3 888,00  | 3 888,00  |
| Nouveau Bâtiment R3          | Couloir       | Réglette DUO 0.6m Led 9W    | 12  | 18 | 216   | 8,00 | 8,00 | 1 728,00 | 1 728,00 | 1 728,00  | 1 728,00  |
| Nouveau Bâtiment R4          | Cage escalier | Globe                       | 21  | 40 | 840   | 8,00 | 8,00 | 6 720,00 | 6 720,00 | 6 720,00  | 6 720,00  |
| Nouveau Bâtiment R4          | Couloir       | Réglette DUO 0.6m Led 9W    | 3   | 18 | 54    | 8,00 | 8,00 | 432,00   | 432,00   | 432,00    | 432,00    |
| Total                        |               |                             | 112 |    | 3 150 |      |      |          |          | 25 200,00 | 25 200,00 |
| Total Energie rectifiée (Wh) |               |                             |     |    |       |      |      |          |          | 241       | 569,00    |

ANNEXE III : FACTURE ELECTRIQUE SONABEL 2018

| <b>FACTURE ELECTRICITE SONABEL</b>                                |         |       |      |             |         |                             |                                             |                                             |                          |                   |
|-------------------------------------------------------------------|---------|-------|------|-------------|---------|-----------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|-------------------|
| <b>Tarif type E1 non industriel Moyenne tension</b>               |         |       |      |             |         |                             |                                             |                                             |                          |                   |
| SONABEL SIEGE : OUAGADOUGOU    Police : 121120    MEMOIRE : 12000 |         |       |      |             |         |                             |                                             |                                             |                          |                   |
| N°                                                                | PERIODE | ANNEE | TYPE | MAXIEUR(kW) | HORAIRE | ENERGIE<br>REACTIF<br>kVARh | ENERGIE<br>ACTIVE<br>CONSOMMEE<br>(kWh) HPL | ENERGIE<br>ACTIVE<br>CONSOMMEE<br>(kWh) HPT | ENERGIE<br>TOTALE<br>kWh | MONTANT<br>(FCFA) |
|                                                                   |         |       |      |             |         |                             | Pleine                                      | Pointe                                      | Totale                   |                   |
| 1                                                                 | 10      | 2018  | N    | 235         | 688     | 19 909                      | 30 510                                      | 21 430                                      | 51 940                   | 5 193 152         |
| 2                                                                 | 9       | 2018  | N    | 226         | 906     | 20 938                      | 30 675                                      | 22 107                                      | 52 782                   | 5 329 107         |
| 3                                                                 | 8       | 2018  | N    | 247         | 566     | 22 291                      | 33 040                                      | 23 931                                      | 56 971                   | 5 705 111         |
| 4                                                                 | 7       | 2018  | R    | 309         | 694     | 27 067                      | 38 457                                      | 28 084                                      | 66 541                   | 6 715 611         |
| 5                                                                 | 6       | 2018  | V    | 309         | 694     | 27 067                      | 38 457                                      | 28 084                                      | 66 541                   | 8 623 423         |
| 6                                                                 | 5       | 2018  | N    | 309         | 694     | 27 067                      | 38 457                                      | 28 084                                      | 66 541                   | 8 623 423         |
| 7                                                                 | 4       | 2018  | R    | 250         | 569     | 32 445                      | 43 941                                      | 33 970                                      | 77 911                   | 7 871 865         |
| 8                                                                 | 3       | 2018  | N    | 250         | 569     | 32 445                      | 43 941                                      | 33 970                                      | 77 911                   | 9 779 677         |
| 9                                                                 | 2       | 2018  | V    | 250         | 569     | 32 445                      | 43 941                                      | 33 970                                      | 77 911                   | 9 779 677         |
| 10                                                                | 1       | 2018  | N    | 350         | 564     | 32 253                      | 44 057                                      | 33 602                                      | 77 659                   | 8 034 941         |
| 11                                                                | 12      | 2018  | N    | 358         | 1085    | 33 311                      | 44 774                                      | 33 361                                      | 78 135                   | 8 148 042         |
| 12                                                                | 11      | 2018  | N    | 292         | 681     | 25 940                      | 31 889                                      | 24 619                                      | 56 508                   | 5 742 475         |

ANNEXE IV : DETAIL DE L'ANALYSEUR DE RESEAU

| Date:      | Heure:   | PT(W)      | EpT(Wh)      |
|------------|----------|------------|--------------|
| 15/10/2018 | 13:30:00 | 193 242,02 | 4 294,27     |
| 16/10/2018 | 08:00:00 | 191 687,75 | 1 342 949,47 |
| 16/10/2018 | 16:00:00 | 168 893,87 | 3 007 707,44 |
| 17/10/2018 | 08:00:00 | 229 905,11 | 3 899 553,45 |

ANNEXE V : BILAN DES INVESTISSEMENTS

Annexe V.1 : Eclairage

| DESIGNATION         | COÛT UNITAIRE (FCFA) | COÛT TOTAL (FCFA) |
|---------------------|----------------------|-------------------|
| LED 1,2m mono       | 8 000                | 240 000           |
| LED 1,2m duo        | 15 500               | 2 712 500         |
| LED 0,6m mono       | 5 000                | 115 000           |
| LED 0,6m duo        | 9 500                | 237 500           |
| Main d'œuvre        | 5 000                | 1 265 000         |
| Divers              | 330 500              |                   |
| <b>TOTAL (FCFA)</b> | <b>4 900 500</b>     |                   |

Annexe V.2 : Climatisation

| DESIGNATION             | COÛT UNITAIRE (FCFA) | COÛT TOTAL (FCFA) |
|-------------------------|----------------------|-------------------|
| Climatiseur split 1,5cv | 521 325              | 34 407 450        |
| Climatiseur split 2cv   | 609 000              | 12 180 000        |
| Climatiseur split 3cv   | 729 750              | 24 811 500        |
| Main d'œuvre            | 35 000               | 4 200 000         |
| Divers                  | 4 500 000            |                   |
| <b>TOTAL (FCFA)</b>     | <b>80 098 950</b>    |                   |

## Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

### Annexe V.3 : PV

| DESIGNATION           | UNITE | QUANTITE   | COÛT UNITAIRE (FCFA) | COÛT TOTAL (FCFA) |
|-----------------------|-------|------------|----------------------|-------------------|
| Plaque solaire        | unité | 64         | 318 160              | 20 362 240        |
| Onduleur réseau       | unité | 8          | 806 880              | 6 455 040         |
| Parafoudre DC         | unité | 8          | 98 400               | 787 200           |
| Parafoudre AC         | unité | 8          | 98 400               | 787 200           |
| Disjoncteur DC        | unité | 8          | 52 480               | 419 840           |
| Disjoncteur AC        | unité | 8          | 65 600               | 524 800           |
| Câbles 2*4mm2(5m)     | m     | 5          |                      | 9 053             |
| Câbles 2*2,5mm2(15m)  | m     | 15         |                      | 19 680            |
| Câbles 2*35mm2(5m)    | m     | 5          | 5 045                | 25 223            |
| Main d'œuvre          | unité |            | 7 347 569            |                   |
| Divers                | unité |            | 2 939 028            |                   |
| TOTAL 1               |       |            |                      | 39 676 873        |
| MATERIEL INFORMATIQUE |       |            |                      |                   |
| SOLAR LOG             | unité | 1          |                      | 395 273           |
| Ordinateur fixe       | unité | 1          | 20 000               | 20 000            |
| TOTAL 2               |       |            |                      | 415 273           |
| GENIE CIVIL           |       |            |                      |                   |
| Support panneaux PV   | unité | 64         | 4 000                | 256 000           |
| Béton et maçonnerie   | unité |            |                      | 1 000 000         |
| TOTAL 3               |       |            |                      | 1 256 000         |
| TOTAL (FCFA)          |       | 41 348 145 |                      |                   |

## Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

### Annexe V.4 : Batteries de compensation

| DESIGNATION              | COÛT UNITAIRE (FCFA) | COÛT TOTAL (FCFA) |
|--------------------------|----------------------|-------------------|
| Batterie de compensation | 2 489 000            | 2 489 000         |
| Main d'œuvre             | 622 250              | 622 250           |
| Divers                   | 248 900              | 248 900           |
| <b>TOTAL (FCFA)</b>      |                      | <b>3 360 150</b>  |

ANNEXE VI : DIAGNOSTIC DETAILLE DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES

| DISIGNATION | INSUFFISANCE MAJEURES CONSTATEES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | SOLUTIONS PRECONISEES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | REFERENCES NORMATIVE                                     |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|             | <p>Les principales anomalies relevées dans le poste sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Manque d'entretien (Equipements poussiéreux, toiles d'araignées, trace d'huile sur la partie supérieure du transformateur, etc.)</li> <li>- Pas de chemin de Câble entre le transformateur et le sectionneur occasionnant un poids sur les bornes de serrage</li> <li>- Vis de maintien de la tête du câble n°2 du transformateur inclinée (risque de mauvais contact)</li> <li>- Les roues du support du transformateur ne sont pas en état de calle (risque de déplacement du transformateur) ;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire un entretien général du poste (dépoussiérer, nettoyer, enlever les traces d'huile, vérifier tous les serrages, etc.). Effectuer une maintenance périodique du poste.</li> <li>- Curer le bac de rétention du diélectrique et mettre une grille en métal déployé (maille 6,2x2 ; fil 0,3x0,75) avec des cailloux ;</li> <li>- Fixer les câbles BT entre le transformateur et le sectionneur sur un chemin de câbles pour atténuer le poids du câble sur les bornes du sectionneur. Cette opération nécessiterait le remplacement du câble ;</li> </ul> | <p>NF C 13-100</p> <p>NF C 15-100</p> <p>NF C 15-106</p> |

## Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>Poste transformateur</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Absence de DGPT2 pour la protection en cas de surpression à l'intérieur du transformateur</li> <li>- Bruit normal du transformateur</li> <li>- Le poste ne dispose d'aucun fusible HTA de rechange</li> <li>- Une lampe défectueuse de l'éclairage</li> <li>- Plusieurs trous de passage des câbles ne sont pas bouchés (risques d'intrusion des reptiles et des rongeurs)</li> <li>- Des fissures sont visibles sur le poste. Le mur côté cellule HTA s'effrite sérieusement à toucher de main ;</li> <li>- Manque de plusieurs matériels de sécurité (gants isolants HT, tabouret, torche, extincteur), affichage réglementaire de sécurité illisible et perche électrique posée à même le sol ;</li> <li>- Présence d'une quantité importante de terre (dépôt de poussière) dans le bac de rétention du diélectrique du transformateur ;</li> <li>- Mauvaise aération du poste (persiennes permanemment fermées, fenêtres d'aération obstruées favorisant une élévation de la température ambiante dans</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Remplacer la lampe défectueuse du local transformateur ;</li> <li>- Equiper le poste d'un jeu de trois fusibles de rechange HTA ;</li> <li>- Equiper le transformateur de DGPT2 afin d'assurer sa protection contre les surpressions ;</li> <li>- Réhabiliter le poste transformateur (boucher tous les trous de passage des câbles, et de scellement, réparer les fissures sur les murs et la porte, renforcer l'enduit des murs et rafraîchir la peinture</li> <li>- Assurer l'étanchéité en bouchant les trous de passage des câbles) ;</li> <li>- Déplacer les barrettes de terre pour faciliter les mesures ;</li> <li>- Revoir le serrage de la vis de maintien de la tête de câble n°2 du transformateur qui est inclinée.</li> <li>- Mettre les roues du transformateur en état de calle ;</li> </ul> | <p style="text-align: center;">NF C 61-400</p> |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|

## Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>le local variant entre 44 à 50° C entre 9h et 13h (relevés effectués le 27/10/2018)</p> <p>-Barrettes de terre (coincées entre les cellules HTA et le mur) difficilement accessible pour les mesures ;</p> <p><b>INSUFFISANCES MAJEURES CONSTATEES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bornes du disjoncteur compact et du sectionneur, non protégées (risques de courts circuits)</li> <li>- Une grille de raccordement ne dispose pas de couvercle</li> <li>- Détecteur de fumée défectueux</li> <li>- Les racines de certains arbres coincent les câbles installés entre le Disjoncteur compact et l'inverseur de sources</li> <li>- Absence de barrière empêchant le stationnement à l'entrée du poste</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equiper le poste de matériel de sécurité adéquat (gants isolants HT, tabouret, torche, extincteur CO2) et fixer la perche HTA au mur dans un endroit facilement accessible</li> <li>- Remplacer l'affiche réglementaire sur le portail du poste ;</li> <li>- Remplacer le détecteur de fumée</li> <li>- Ranger les mous de câbles qui trainent au sol et fermer les grilles de dérivation ;</li> <li>- Déraciner les arbres et plantes encombrant la zone de passage des câbles ;</li> </ul> <p>Protéger l'entrée du poste contre les stationnements par une barrière métallique ou en béton.</p> |  |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

## Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                         |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Groupe électrogène</b>                    | <p>Les principales anomalies relevées sur le groupe électrogène sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La première gaine isolante du câble 1X240mm<sup>2</sup> est décapée sur les trois phases sortie alternateur (environ 1m des bornes de raccordements de l'alternateur)</li> <li>- Le neutre du groupe électrogène n'est pas mis à la terre</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                   | <p>Principales recommandations</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Renforcer l'isolement du câble 240mm<sup>2</sup> sortie alternateur.</li> <li>- Réaliser une mise à la terre du neutre.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | NF C 15-401                             |
| <b>Canalisations électriques et connexes</b> | <p>Les principales anomalies relevées sur les canalisations électriques sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les câbles ne sont pas repérés</li> <li>- Les mauvaises conditions de pose et la vétusté (plus de 20 ans) du câble d'alimentation de l'Ancien Bâtiment</li> <li>- Echauffement de certains câbles (ascenseur, Archive au R5, etc.)</li> <li>- Les couleurs conventionnelles des conducteurs électriques ne sont pas totalement respectées. Des conducteurs de couleur vert jaune ou bleu sont utilisés comme conducteurs actifs, ce qui est formellement interdit ;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Supprimer les grilles de dérivation installées dans le poste et raccorder tous les câbles dans le TGBT</li> <li>- Remplacer le câble d'alimentation de l'Ancien Bâtiment</li> <li>- Remplacer les trois (03) câbles qui alimentent le nouveau bâtiment</li> <li>- Ranger et bien fixer tous les câbles installés en apparent dans les goulottes et les chemins de câbles</li> <li>- Repérer l'ensemble des principaux câbles conservés</li> <li>- Déposer tous les câbles qui ne sont plus utilisés.</li> <li>- Remplacer tous les câbles mal posés, vétustes, ou présentant des risques</li> </ul> | <p>NF C C15-100</p> <p>NF C C12-100</p> |

## Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                          |                                         |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Il n'existe pas de séparation rigoureuse des circuits par nature. Plusieurs climatiseurs sont alimentés à partir des prises de courant</li> <li>- Les conditions de pose des principaux câbles d'alimentation sont mauvaises (câbles enterrés sans PVC, ni grillage avertisseur, câbles mal fixés aux murs, mal rangés, câbles posés à même le sol, grilles de dérivation sans couvercle, goulottes sans couvercle, câbles non repérés, etc.)</li> <li>- Les installations électriques intérieures de l'ancien Bâtiment ne sont pas conformes aux normes (pas de séparation des circuits, non-respect des couleurs conventionnelles, goulottes sans couvercle, câbles trainant au sol)</li> <li>- Il n'existe aucun plan d'électricité, certains câbles qui ne sont plus en service ne sont pas déposés</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reprendre toutes les installations électriques intérieures de l'ancien bâtiment conformément aux normes</li> </ul>              |                                         |
| <b>Appareillage électrique</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sur les 568 luminaires inventoriés 521 sont en bon état et 47 en mauvais état soit un taux de défaillance de 11.085%. 329 luminaires ne sont pas en Led.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire un entretien général des appareils</li> <li>- Remplacer ou réparer tous les appareils défectueux, ou vétustes.</li> </ul> | <p>NF C C15-100</p> <p>NF C C12-100</p> |

## Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sur les 532 prises de courant inventoriées 509 sont en bon état et 23 en mauvais état. 54 prises de courant ne sont pas mises à la terre</li> <li>- Le rhéostat d'un brasseur d'air de la salle d'attente au RDC du Nouveau Bâtiment est en mauvais état</li> <li>- Sur les 160 climatiseurs recensés 156 sont en bon état et 4 en mauvais état. Certains climatiseurs sont de l'ancienne génération, énergivore (21 climatiseurs de type fenêtre). Les climatiseurs manquent d'entretien</li> <li>- Le réseau d'éclairage de sécurité est insuffisant et n'est pas fonctionnel dans les deux (02) immeubles</li> <li>- Plusieurs bureaux sont mal éclairés (Standard (52 Lux), Bureau DMP (125 Lux), Section Commande (109 Lux), Chef département suivi projet (108 lux), Bureau infirmier (152 lux), Secrétariat informatique (117 lux), etc.). l'éclairage recommandé dans les bureaux est 500 Lux.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Remplacer les anciens climatiseurs par des climatiseurs de la nouvelle génération disposant d'un Coefficient de Performance supérieur à 3</li> <li>- Remplacer les prises qui ne disposent pas de broches de terre</li> <li>- Réhabiliter l'éclairage de sécurité dans les deux (02) immeubles</li> <li>- Améliorer l'éclairage dans les bureaux mal éclairés</li> </ul> |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

ANNEXE VII : DIMENSIONNEMENT PHOTO VOLTAÏQUE

-Puissance crête (Po)

$$P_o(kW_c) = G_o * S * \eta_m$$

$$G_o = 1 \text{ kW /m}^2$$

$$S = 111.066 \text{ m}^2$$

$$\eta_m = 17.4\%$$

$$P_o = 111.066 * 1 * 0.174$$

$$P_o = 19.33 \text{ kW}_c$$

$P_o$  : Puissance crête de l'installation (kW<sub>c</sub>)

$G_o$  : Ensoleillement STC (1 kW/m<sup>2</sup>)

$\eta_m$  : Rendement du module photovoltaïque (%)

S : surface utile

| CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES                                                       |                           |           |     |        |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------|-----|--------|
| CLASSES DE PUISSANCE                                                               |                           |           |     | 290    |
| PERFORMANCE MINIMALE AUX CONDITIONS DE TEST STANDARD, STC' (TOLÉRANCE DE PUISSANCE |                           |           |     |        |
| Minimum                                                                            | Puissance au MPP'         | $P_{MPP}$ | [W] | 290    |
|                                                                                    | Courant de court-circuit' | $I_{SC}$  | [A] | 9,63   |
|                                                                                    | Tension à vide'           | $U_{OC}$  | [V] | 39,19  |
|                                                                                    | Courant au MPP            | $I_{MPP}$ | [A] | 9,07   |
|                                                                                    | Tension au MPP            | $U_{MPP}$ | [V] | 31,96  |
|                                                                                    | Rendement'                | $\eta$    | [%] | ≥ 17,4 |

- Configuration du champ

Le choix de l'onduleur se portera sur le type SMA SB 2500TLST-21, qui est un onduleur monophasé

Le nombre d'onduleur (Nond) :

$$Nond = \text{Puissance installer} / \text{Puissance onduleur}$$

$$N_{ond} = \frac{19\,325}{2\,500}$$

$$N_{ond} = 7.73$$

$$\underline{N_{ond} = 8}$$

Nous avons 8 onduleurs par conséquence nous aurons 8 sous- champs photovoltaïques, donc un onduleur par champ.

- Pour un sous-champ
- Le nombre de module ( $N_m$ )

$$N_m = \frac{P_{cc-ond}}{P_{mpp}}$$

$$N_m = \frac{2\,500}{290}$$

$$N_m = 8.6$$

$$\underline{N_m = 9}$$

Ce nombre est provisoire en attendant la vérification entre l'onduleur et le champ photovoltaïque. L'onduleur choisi à une seule entrée.

## Audit énergétique du Siège de la SONABEL à Ouagadougou

| Art. N°                         | 0201741                                                                                                         | 0201539                                                                                                         | 0201018                                                                                                         | 0201742                                                                             |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 |                                |                                |                               |  |
| Modèle                          | SMA SB 1300TL-10                                                                                                | SMA SB 1600TL-10                                                                                                | SMA SB 2100TL-10                                                                                                | SMA SB 2500TLST-21                                                                  |
| Tension d'entrée (MPP range)    | 125 - 480 V                                                                                                     | 155 - 480 V                                                                                                     | 200 - 480 V                                                                                                     | 180 - 500 V                                                                         |
| Tension en circuit ouvert       | 600 V                                                                                                           | 600 V                                                                                                           | 600 V                                                                                                           | 750 V                                                                               |
| Courant d'entrée max.           | 11 A                                                                                                            | 11 A                                                                                                            | 11 A                                                                                                            | 15 A                                                                                |
| Puissance nominale d'injection  | 1300 W                                                                                                          | 1600 W                                                                                                          | 1950 W                                                                                                          | 2500 W                                                                              |
| Puissance CC max.               | 1400 W                                                                                                          | 1700 W                                                                                                          | 2200 W                                                                                                          | 2650 W                                                                              |
| Tracker MPP                     | 1 pc.                                                                                                           | 1 pc.                                                                                                           | 1 pc.                                                                                                           | 1 pc.                                                                               |
| Tension de sortie               | 180 - 260 V                                                                                                     | 180 - 260 V                                                                                                     | 180 - 260 V                                                                                                     | 180 - 280 V                                                                         |
| Facteur de puissance cos phi    | 1                                                                                                               | 1                                                                                                               | 1                                                                                                               | 1, 0.8 (survolte) - 0.8 (sousvolte)                                                 |
| Fréquence réseau                | 50 Hz -4.5 Hz, +2.5 Hz                                                                                          | 50 Hz -4.5 Hz, +2.5 Hz                                                                                          | 50 Hz -4.5 Hz, +2.5 Hz                                                                                          | 50, 60 Hz ±5 Hz                                                                     |
| Rendement max.                  | 96.0 %                                                                                                          | 96.0 %                                                                                                          | 96.0 %                                                                                                          | 97.0 %                                                                              |
| Rendement européen              | 94.3 %                                                                                                          | 95.0 %                                                                                                          | 95.2 %                                                                                                          | 96.0 %                                                                              |
| Auto-consommation de nuit       | 0.1 W                                                                                                           | 0.1 W                                                                                                           | 0.1 W                                                                                                           | 1.0 W                                                                               |
| Température ambiante            | -25 à +60 °C                                                                                                    | -25 à +60 °C                                                                                                    | -25 à +60 °C                                                                                                    | -25 à +60 °C                                                                        |
| Humidité                        | IEC 60721-3-4, 4K4H                                                                                             | IEC 60721-3-4, 4K4H                                                                                             | IEC 60721-3-4, 4K4H                                                                                             | 0 à 100 %, sans condensation                                                        |
| Evacuation de la chaleur        | Convection                                                                                                      | Convection                                                                                                      | Convection                                                                                                      | Convection                                                                          |
| Type de protection              | IP65                                                                                                            | IP65                                                                                                            | IP65                                                                                                            | IP65                                                                                |
| Conception du circuit           | Sans transfo, monophasé                                                                                         | Sans transfo, monophasé                                                                                         | Sans transfo, monophasé                                                                                         | Sans transfo, monophasé                                                             |
| Surveillance réseau             | Oui                                                                                                             | Oui                                                                                                             | Oui                                                                                                             | Oui                                                                                 |
| Disjoncteur à courant de défaut | Disjoncteur à courant de défaut selon VDE 0126                                                                  | Disjoncteur à courant de défaut selon VDE 0126                                                                  | Disjoncteur à courant de défaut selon VDE 0126                                                                  | Disjoncteur à courant de défaut selon VDE 0126                                      |
| Affichage                       | Ecran LCD                                                                                                       | Ecran LCD                                                                                                       | Ecran LCD                                                                                                       | Ecran graphique LCD                                                                 |
| Boîtier                         | Aluminium                                                                                                       | Aluminium                                                                                                       | Aluminium                                                                                                       | Aluminium                                                                           |
| Dimensions (l / H / P)          | 440 mm / 339 mm / 214 mm                                                                                        | 440 mm / 339 mm / 214 mm                                                                                        | 440 mm / 339 mm / 214 mm                                                                                        | 490 mm / 519 mm / 185 mm                                                            |
| Poids                           | 16 kg                                                                                                           | 16 kg                                                                                                           | 16 kg                                                                                                           | 23 kg                                                                               |
| Garantie *                      | 5 ans                                                                                                           | 5 ans                                                                                                           | 5 ans                                                                                                           | 5 ans                                                                               |
| Normes                          | Marquage CE, VDE 0126-1-1, G83/1-1, PPC, AS 4777, EN 50438¹, C10/11, PPDS, UTE C15-712-1, VDE-AR-N 4105, RD1699 | Marquage CE, VDE 0126-1-1, G83/1-1, PPC, AS 4777, EN 50438¹, C10/11, PPDS, UTE C15-712-1, VDE-AR-N 4105, RD1699 | Marquage CE, VDE 0126-1-1, G83/1-1, PPC, AS 4777, EN 50438¹, C10/11, PPDS, UTE C15-712-1, VDE-AR-N 4105, RD1699 | Marquage CE, VDE 0126-1-1, G83/1-1, C10/11, G59/2, VDE-AR-N 4105                    |

- Nombre de module en séries (Ns)

$$V_{mpp \min \text{ ond}} < N_s * V_{mpp} < V_{mpp \max \text{ ond}}$$

$$V_{mpp \min \text{ ond}} / V_{mpp} < N_s * < V_{mpp \max \text{ ond}} / V_{mpp}$$

$$\frac{180}{31.96} < N_s < \frac{500}{31.96}$$

$$5.6 < N_s < 15.64$$

$$N_s * V_{oc} < V_{\max \text{ ond}}$$

$$N_s < V_{\max \text{ ond}} / V_{oc}$$

$$N_s < \frac{750}{39.19}$$

$$N_s < 19.13$$

- Le nombre de branche en parallèle ( $N_p$ )

$$N_p * I_{cc} \text{ module} < I_{max} \text{ ond}$$

$$N_p < I_{max} / I_{cc} \text{ module}$$

$$N_p < \frac{15}{9.63}$$

$$N_p < 1.55$$

Au vu des résultats obtenus nous allons retenir 9 modules en séries et 1 strings par sous-champ pour 8 sous-champs.

Soit une puissance totale de  $8 * 1 * 8 * 290 = 18\,560 \text{ Wc}$

- Le nombre optimal de module à installer

La puissance totale à installer dépend de la surface disponible donc le nombre de module à installer doit être bien précis.

| Colonne réductrice du nombre de module en série | Comparaison entre la puissance obtenue et la puissance demandée kWc | Colonne réductrice du nombre de sous-champ | Comparaison entre la puissance obtenue et la puissance demandée kWc |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 9* 1 * 8 * 290                                  | 20.88 > 19.325                                                      | 9* 1 * 7 * 290                             | 18.270 < 19.325                                                     |
| 8* 1 * 8 * 290                                  | 18.560 < 19.35                                                      |                                            |                                                                     |

Il nous convient de prendre pour un sous-champ 8 modules en série 1 string

Pour un champ nous avons 8 modules et pour tout l'ensemble du système nous avons 64 modules

- Vérification de la puissance à l'entrée de chaque onduleur

$$P_{gen/sous-champ} = N_m/sous-champ * P_{module}$$

$$P_{gen/sous-champ} = 8 * 290$$

$$P_{gen/sous-champ} = \underline{2\,320 \text{ W}}$$

Dans les conditions STC nous produirons 2 320 W par sous-champ ce qui est légèrement inférieur à la puissance nominale de l'onduleur (2 500 W).

Ainsi pour tout le système la puissance crête installée fera 18 560 Wc

$$P_o = 18,56 \text{ kWc}$$

- Vérification du ratio de puissance

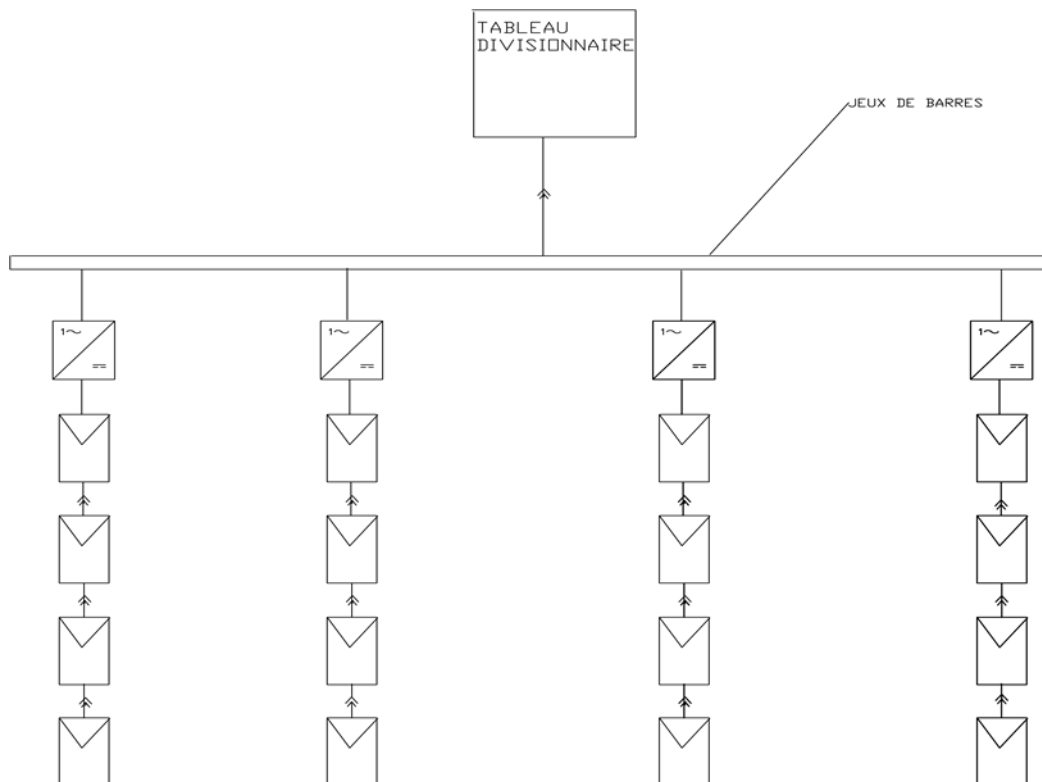
$$RP = P_{\text{entrée. Ond}} / P_{\text{gen. pv}}$$

$$RP = \frac{2\,500}{2\,320}$$

$$RP = 1.08$$

$$90 < RP < 110$$

### *Schéma Synoptique du système PV*



### *Dimensionnement des dispositifs de protection*

- Coté DC

- Disjoncteur

Les Disjoncteurs permettent la protection contre les surintensités et ceux choisis doivent avoir les caractéristiques suivantes :

$$\begin{cases} U_{Dij} \geq 1,15 U_{OC\ string} \\ I_{Max-cc-ond} \leq I_{cal-dijoncteur} \end{cases}$$

En connaissant les valeurs de la tension et l'intensité au niveau de chaque string

$$U_{oc-string} = 8 * 39,19$$

$$U_{oc-string} = 313,52\text{ V}$$

$$I_{max-cc-ond} = 15\text{ A}$$

Ce qui donne:

$$\begin{cases} U_{Dij} \geq 1,15 * 313,52 = 360,55 \\ 15 \leq I_{cal-dijoncteur} \end{cases}$$

Notre choix se portera sur un de 20A de type CF2000022

- Choix de parafoudre

Pour la protection de notre Onduleur contre les surtensions atmosphériques, nous envisagerons l'installation de parafoudres du côté continue et du côté alternatif. Ils auront pour but de détecter les surtensions et de les diriger vers la terre le plus rapidement possible.

$$U_{cc-paraf} \geq U_{oc-string}$$

$$U_{cc-paraf} \geq 313,52\text{ V}$$

Notre choix se portera sur un parafoudre de type OVR PV 40-600C avec une tension max de 670V

- Côté AC

- Disjoncteur

Les disjoncteurs coté AC doivent présenter les caractéristiques suivantes pour être éligibles :

$$\begin{cases} K * I_{cal-ond} \leq I_{cal-dijoncteur} \end{cases}$$

K : coefficient donné en fonction du calibre. Pour K=1

$$\left\{ 11,17A \leq I_{cal-dijoncteur} \right.$$

Notre choix se portera sur un disjoncteur de type S802S-B16 de 16A

- Parafoudre

$$U_{ond} \leq U_{parafoudre}$$

$$230V \leq U_{parafoudre}$$

Nous avons choisi un parafoudre de type OVR Plus N1 10 275

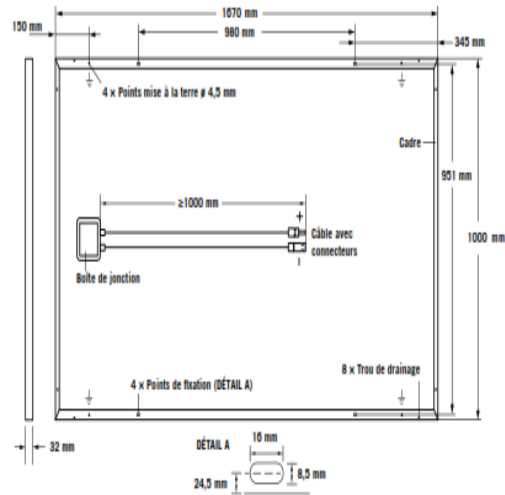
|                     |                                           |       |
|---------------------|-------------------------------------------|-------|
| Puissance           | Puissance crête kWc                       | 18,56 |
| Champ PV            | Nombre de module en série                 | 8     |
|                     | Nombre de string/ sous-champ              | 1     |
|                     | Nombre de sous-champ                      | 8     |
|                     | Nombre total de modules 290 Wc-31.96 V    | 64    |
| Onduleur SMA-SB     | Nombre total d'onduleur SMA-SB2500TLST-21 | 8     |
|                     | Nombre d'entrée par onduleur              | 1     |
| Protection DC et AC | Nombre de parafoudre DC                   | 8     |
|                     | Nombre de disjoncteur DC                  | 8     |
|                     | Nombre de parafoudre monophasé            | 8     |
|                     | Nombre de disjoncteur monophasé           | 8     |

### Dimensionnement des sections de câble

➤ Des modules à l'onduleur

Les modules sont sortis avec des câbles solaires de 4 mm<sup>2</sup> nous allons utiliser les mêmes sections de la sortie des modules à l'entrée de l'onduleur

| CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES |                                                                                              |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dimensions</b>           | 1670mm x 1000mm x 32mm (avec cadre)                                                          |
| <b>Poids</b>                | 18,5kg                                                                                       |
| <b>Face avant</b>           | 3,2mm de verre trempé avec technologie anti reflet                                           |
| <b>Face arrière</b>         | Film composite                                                                               |
| <b>Cadre</b>                | Aluminium anodisé                                                                            |
| <b>Cellules</b>             | 6 x 10 cellules monocristallines Q.ANTUM                                                     |
| <b>Boîte de jonction</b>    | 66-77 mm x 90-115 mm x 15-20 mm, Indice de protection $\geq$ IP67, avec diodes de dérivation |
| <b>Câble</b>                | Câble solaire 4mm <sup>2</sup> ; (+) 1000mm, (-) 1000mm                                      |
| <b>Connecteur</b>           | Multi-Contact MC4, IP68                                                                      |



### ✓ Vérification de la chute de tension

Les onduleurs installés sont des onduleurs string qui seront installés juste à côté de chaque sous-champs. La distance maximum entre la sortie des générateurs à l'entrée de l'onduleur sera 5 m.

D'après la norme la chute de tension admissible cote DC est 2%

$$\Delta U_{\text{admissible}} = 31,96 \times 8 \times 0,02$$

$$\Delta U_{\text{admissible}} = 5,11 \text{ V}$$

$$\Delta U_{\text{DC}} = \frac{2 \times L \times I \times \rho}{S}$$

$$\Delta U_{\text{DC}} = \frac{2 \times 5 \times 15 \times 0,0183}{4}$$

$$\Delta U_{\text{DC}} = 0,68 \text{ V}$$

$$\Delta U_{\text{DC}} < \Delta U_{\text{admissible}}$$

### ➤ Sortie onduleur -jeux de bar

A la sortie de chaque onduleur nous avons comme courant d'emploi 11,17 A, ce qui nous amène à choisir des disjoncteurs de calibre 16A.

Selon le tableau ci-dessous nous allons choisir des câbles de 2.5mm<sup>2</sup> Cu avec un courant admissible de 2

| Câble size (mm²) Cu    | 1,5 | 2,5 | 4  | 6  | 10 | 16 | 25 | 35 | 50  | 70  | 95  | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 |
|------------------------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Courant admissible (A) | 13  | 21  | 28 | 36 | 46 | 61 | 81 | 99 | 125 | 160 | 195 | 220 | 250 | 285 | 340 | 395 |

✓ Vérification de la chute de tension

La chute de tension admissible est de 8%

$$\Delta U_{\text{admissible}} = 230 \times 0,08$$

$$\Delta U_{\text{admissible}} = 18,4 \text{ V}$$

$$\Delta U_{AC} = 2 I \left( R \frac{L}{S} \cos \rho + X L \sin \rho \right)$$

$$\Delta U_{AC} = 2 \times 11,17 (0,0225 \times 15 / 2,5 \times 0,8)$$

$$\Delta U_{AC} = 2,41 \text{ V}$$

$$\Delta U_{AC} < \Delta U_{\text{admissible}}$$

➤ Jeux de bar - entrée tableau divisionnaire

A la du jeu de bar

$$I_B = I \times 8$$

$$I_B = 11,17 \times 8$$

$$I_B = 89,36 \text{ A}$$

Selon le courant d'emploi nous avons choisi une section de 35mm² Cu avec un courant ammissible de 99A.

✓ Vérification de la chute de tension

La chute de tension admissible est de 8%

$$\Delta U_{\text{admissible}} = 230 \times 0,08$$

$$\Delta U_{\text{admissible}} = 18,4 \text{ V}$$

$$\Delta U_{AC} = 2 I \left( R \frac{L}{S} \cos \rho + XL \sin \rho \right)$$

$$\Delta U_{AC} = 2 * 89,36 (0,0225 * 5/2,5 * 0,8)$$

$$\Delta U_{AC} = 6,44V$$

$$\Delta U_{AC} < \Delta U_{\text{admissible}}$$