



# AUDIT ENERGETIQUE DU NOUVEAU BATIMENT DU SIEGE DE LA LONAB

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU  
MASTER D'INGENIERIE EN GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE  
OPTION : ENERGETIQUE

\*\*\*\*\*

-----  
\*\*\*\*\*

Présenté et soutenu publiquement le 15 Janvier 2019 par

**Zamassing Francis BOPAN (20120356)**

**Encadrant : Dr. Y. Moussa SORO, Maître assistant CAMES**

Maître de stage : **M. KANDIA Faïçal**

SATEL SA

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr. Yézouma COULIBALY

Membres et correcteurs : Dr. Y. Moussa SORO  
M. Francis SIMPORE

**Promotion 2017/2018**



## Dédicaces

Ce mémoire est dédié à :

- L'Eternel Dieu tout puissant, la raison première de ma foi et de ma science ;
- Mon cher père, mon premier mentor et mon modèle qui m'a appris tous les secrets de la réussite dans la vie. Il m'a toujours encouragé et soutenu ;
- Ma chère mère qui a toujours cru en moi, encouragé et soutenu.
- Mes frères et sœurs ;
- Ma chère tante Massalet Chantal TOPEUR et son mari Alfred TOPEUR qui m'ont soutenu durant mes années d'études ;
- Toute la famille et les amis ;
- Au défunt TOURE Mamadou mon professeur d'algorithme et programmation qui m'a beaucoup aidé pendant ma formation.

## Remerciements

Nous avons réalisé cette étude dans le cadre d'une bonne collaboration entre SATEL et la LONAB. Malgré, les difficultés rencontrées, Il eut beaucoup d'intervenants qui ont contribué à finaliser cette étude. Je leur adresse ma gratitude en ces lignes.

Merci au **Dr Y. Moussa SORO, Maître-assistant CAMES**, qui a bien voulu m'encadrer et me suivre dans ces travaux. Vous avez toujours été disponible pour répondre à mes questions à chaque fois que je faisais face à une difficulté. Votre assistance m'a permis de mener à bien mes travaux.

Mes remerciements au **Pr Yézouma COULIBALY, Maître de conférences CAMES**, pour tous ses conseils portant sur l'efficacité énergétique et les économies d'énergie. Vous avez toujours accordé du temps à vos étudiants malgré vos nombreuses occupations;

Ma gratitude à **Mr Moussa KADRI** qui m'a formé sur la manipulation de l'analyseur réseau. L'utilisation de cet appareil fut d'une grande importance pour cette étude.

Merci à **Mr Faïçal KANDIA, Directeur Technique de SATEL SA**. Vous avez bien voulu être mon maître de stage en entreprise, et me suivre dans la phase pratique de l'audit. Votre assistance technique m'a été d'une grande aide.

Merci à **Mr Charles BAYERO, Directeur Général de SATEL SA** pour sa formation continue sur la gestion des projets. Vous avez facilité mon insertion professionnelle.

Mes remerciements à l'ensemble du personnel de 2IE pour tous leurs apports au cours de ma formation, spécialement au département GEEL.

Merci à mes parents pour leur soutien de toute forme.

## **Résumé**

Suite à une consommation énergétique élevée et une instabilité de l'installation électrique de la LONAB, manifestée par une rupture répétée d'un fusible de 400A au niveau du tableau de répartition urbain, la direction générale de LONAB a demandé un audit énergétique du site. L'audit a été fait pour le nouveau bâtiment du siège de la LONAB et a permis de dégager les principaux postes de consommation d'énergie. Suite à cela, nous avons pu proposer plusieurs solutions. Il s'agit dans un premier temps d'agir sur les habitudes d'utilisation d'énergie des occupants des locaux par une sensibilisation continue. Ensuite procéder à un remplacement de certains équipements tels que les climatiseurs à faible COP par d'autres plus performants. Enfin il faudra intégrer de nouveaux systèmes dans le but d'augmenter les économies d'énergie et diversifier les formes d'énergie. La mise en place d'un économiseur d'énergie sur le réseau du bâtiment, associée à l'installation d'une mini-centrale PV de 40 kWc permettront d'atteindre les derniers objectifs visés. Avec un investissement estimé à 92 603 050,42 FCA, et la mise en application rigoureuse des recommandations, la LONAB pourrait économiser environ 23 000 000 FCFA sur les coûts de consommation annuelle d'énergie.

## **Mots Clés :**

---

- 1 - Audit énergétique**
- 2 - Efficacité énergétique**
- 3 – Economie d'énergie**
- 4 – Consommation d'énergie**
- 5 - Installation photovoltaïque**

## **Abstract**

Due to relatively high revealed energy consumption and an instability in the electrical installation of the LONAB, manifested by a repeated failure of a 400A fuse in the urban distribution panel, the general management of the LONAB requested an energy audit of the site. The audit was carried out for the new LONAB headquarters building and helped to identify the main energy consumption items. As a result, we were able to propose several solutions. The first step is to influence the energy use habits of the occupants of the premises through ongoing awareness. Then replace some equipment with more efficient equipment, such as some low COP air conditioners. Finally, new systems will have to be integrated in order to increase energy savings and diversify energy forms. The installation of an energy saver on the building's grid, combined with the installation of a 40 kWc PV power plant, will make it possible to achieve the last objectives. With an estimated investment of 92,603,050.42 CFA francs, and rigorous implementation of the recommendations, LONAB could save about 23,000,000 CFA francs on annual energy consumption costs.

### **Keywords:**

---

- 1 - Energy audit**
- 2 - Energy efficiency**
- 3 - Energy saving**
- 4 – Energy consumption**
- 5 - Photovoltaic solar installation**

## Liste des sigles et abréviations

### Désignation

AC  
BAES  
BBC  
COP  
DC  
HPL  
HPT  
HTA  
kVA  
kW  
kWc  
LONAB  
TGBT  
TRI  
TUR  
PV  
RDC  
SONABEL

### Général

Courant Alternatif  
Bloc autonome d'éclairage de sécurité  
Bureautique et biens de consommation  
Coefficient de performance  
Courant Continue  
Heures pleines  
Heures de pointe  
Haute tension catégorie A  
Kilo Volte Ampère  
Kilo Watt  
Kilo Watt crête  
Loterie National Burkinabè  
Tableau Général Basse Tension  
Temps de retour sur investissement  
Tableau Basse Tension Urbain Réduit  
Photovoltaïque  
Rez-de-chaussée  
Société nationale d'électricité du Burkina

## Table des matières

Dédicaces.....	i
Remerciements .....	ii
Résumé .....	iii
Abstract.....	iv
Liste des sigles et abréviations .....	v
Liste des tableaux.....	viii
Liste des figures .....	viii
I. Introduction.....	1
II. PRESENTATION GENERAL .....	2
II.1. Présentation de la structure d'accueil : SATEL SA .....	2
II.2. Présentation du site de l'étude : LONAB (Siège) .....	3
II.3. Présentation du projet .....	4
III.3.1. Problématique.....	4
II.3.2. Objectifs de l'étude .....	4
II.3.3. Description de l'aire de l'audit.....	5
II.3.4. Matériels et outils.....	5
II.3.5. Difficultés et contraintes .....	5
III. METHODOLOGIE.....	6
IV. RESULTATS DE L'ETUDE.....	9
IV.1. Description du site et des équipements d'alimentation .....	9
IV.1.1. Description du site .....	9
IV.1.2. Description des équipements d'alimentation .....	10
IV.2. Analyse des postes de consommation d'énergie .....	12
IV.2.1. Répartition de la consommation .....	12
IV.2.2. Audit de la climatisation .....	12
IV.2.2. Audit de la bureautique et des biens de consommation.....	14
IV.2.3. Audit de l'éclairage.....	14
IV.2.4. Diagnostic du réseau électrique .....	15
V. MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE ET ANALYSE FINANCIERE.....	16
V.1. Mesures à court terme ou immédiates .....	16
V.2. Mesures à moyen terme .....	17
V.3. Mesures à long terme.....	18
V.3.1. Remplacement des climatiseurs mono-split muraux.....	18
V.3.2. Isolation thermique du bâtiment.....	20

## Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de la LONAB

V.3.3. Installation solaire photovoltaïque .....	20
OFFRE TECHNIQUE .....	21
Le générateur photovoltaïque.....	21
Description des modules .....	21
Dispositions.....	21
Onduleur réseau .....	21
Eléments de protection.....	22
Le câblage .....	22
Configuration du système .....	23
OFFRE FINANCIERE.....	25
NOTES DE CALCUL.....	25
Calcul de la puissance crête du générateur [12] .....	25
Calcul du nombre de module PV .....	25
Calcul du ratio de puissance.....	25
Calcul de la section des câbles .....	26
Critère de choix de l'onduleur.....	26
V.3.4. Récapitulatif des mesures d'économies d'énergie .....	26
Conclusion et recommandations .....	29
Références bibliographiques .....	30
Sites internet.....	30
Annexes.....	I



## Liste des tableaux

Tableau 1 : Facteur de puissance du nouveau bâtiment de la LONAB .....	15
Tableau 2 : Facteur de puissance globale de l'installation .....	15
Tableau 3 : Variation du Taux de Distorsion Harmonique.....	16
Tableau 4: Récapitulatif du gain des mesures à moyen terme.....	18
Tableau 5: Liste des climatiseurs AIRWELL retenues .....	18
Tableau 6 : : Performance des climatiseurs AIRWELL [9].....	19
Tableau 7: Coûts de remplacement des climatiseurs.....	20
Tableau 8 : Calcul du TRI de l'énergie solaire .....	20
Tableau 9 : Devis énergie solaire .....	25
Tableau 10: Récapitulatif des mesures d'économies d'énergie .....	27
Tableau 11: Combinaison des mesures d'économies d'énergie .....	27

## Liste des figures

Figure 1 : Schéma unifilaire de l'installation électrique du siège de la LONAB .....	9
Figure 2: Cellules .....	10
Figure 3: Plaque signalétique du transformateur .....	11
Figure 4: Groupe électrogène .....	11
Figure 5: Répartition de la consommation énergétique.....	12
Figure 6: Répartition des climatiseurs en fonction des COP.....	13
Figure 7: Exemple d'un économiseur de 10kW [8] .....	17
Figure 8: Climatiseur mono-split mural de marque AIRWELL [9] .....	19
Figure 9: Onduleur réseau SOLIVIA TL 20[10].....	22
Figure 10: Illustration du branchement de l'onduleur [11] .....	23
Figure 11 : Schéma synoptique du système PV.....	24
Figure 12: Répartition des investissements .....	28
Figure 13: Répartition des économies annuelles .....	28

## **I. Introduction**

Suite à la croissance de la population humaine mondiale, les besoins en énergie augmentent continuellement. Les réserves d'énergie fossile, principale source d'énergie, s'épuisent de plus en plus chaque jour. Selon certains experts, si l'on conservait le niveau actuel de consommation, les gisements de pétrole encore disponibles ne dureraient que quarante ans. La raréfaction de la ressource, ajoutée à des tensions politiques internationales, risque de faire s'envoler les prix et ainsi de peser sur la compétitivité de l'économie mondiale [1]. Deux solutions sont envisageables : Procéder à une meilleure gestion de l'énergie et s'orienter vers les énergies renouvelables.

Il convient donc de maîtriser la demande en énergie et éviter tout gaspillage d'énergie dans tous les secteurs. C'est là qu'intervient la notion d'efficacité énergétique qui consiste à utiliser l'énergie de manière optimale et rationnelle pour satisfaire les besoins énergétiques. L'audit énergétique permet donc de constater l'état d'un site qui consomme de l'énergie. En allant des caractéristiques des appareils jusqu'à leurs habitudes de fonctionnement, il est possible d'identifier les gaspillages d'énergie. On peut ainsi proposer des mesures de correction pour réduire la consommation et améliorer la gestion de l'énergie d'une installation électrique.

La LONAB a décidé de faire un audit énergétique de son installation dans le triple objectif de 1) faire face aux nombreuses pannes d'électricité qui limitent ses activités, 2) s'inscrire dans la politique d'efficacité énergétique et 3) faire des économies sur les factures d'électricité. C'est dans cette perspective que l'entreprise SATEL a été sollicité pour cette étude.

Nous ferons donc une évaluation de la consommation des différents équipements électriques du site dans le but de dégager les possibilités d'améliorations sans dégrader le confort des usagers. Les solutions pourraient aller des modifications des habitudes d'utilisation d'énergie jusqu'à l'intégration de nouvelles formes d'énergie.

## II. PRESENTATION GENERAL

### II.1. Présentation de la structure d'accueil : SATEL SA

SATEL SA est une société d'ingénierie situé sur le Boulevard TENSOBA, immeuble SOMDOUYA (ZAD2) OUAGADOUGOU (Burkina Faso). Intervenant dans les domaines de l'électricité, de l'énergie et de la télécommunication, elle a un capital de 124 000 000 de Francs CFA. Elle a été Créée le 06/09/2001, comme entreprise Personnelle, puis elle voit son statut modifié en 2014 pour devenir une société Anonyme, avec pour objectif l'exécution des travaux dans ses domaines d'activité.

Dans le but de mener à bien sa mission, la société SATEL dispose à son actif de nombreux ressources matériels et humaines. Entre autre :

- Un parc logistique d'une quinzaine de véhicules adaptés aux missions,
- Plusieurs autres équipements d'exécution, de tests, de mesure, de certification et de protection sécuritaire.

Elle compte à ses rangs une équipe jeune, dynamique de cinquante (50) personnes permanentes réparties entre trois (03) Directions :

- **Direction Générale** : constituée du Cabinet de Directeur Général, du Secrétariat Général, du Service des Ressources Humaines, du service Courriers ;
- **Direction Technique et des Etudes** : constituée du Département Energie et du Département Réseaux Télécoms et Sécurité Electronique ;
- **Direction de l'Administration et des Finances** : constituée du service du recouvrement, du service approvisionnement, du service comptable et financier, du service commercial et de la logistique.

La société SATEL SA est présente dans la sous-région OUEST Africaine à travers ses Succursales au Mali, au NIGER, au Benin et en Côte d'Ivoire. Elle intervient dans les projets de fourniture et installation d'équipements de centrales électriques; Fourniture de matériels et installation de postes de transformation et de livraison ; Construction de lignes moyenne tension (MT) et basse tension (BT) ; Exécution de projets d'énergies renouvelable (Eclairage Public Solaire, Central solaire PV, audit énergétique) ; Electricité industrielle, minière et tertiaire.

Ses partenaires financiers sont entre autre **la Banque Atlantique de Burkina Faso (BABF), Bank OF Africa du Burkina Faso (BOA), Banque de l'Habitat du Burkina Faso (BHBF), Coris Bank International, Banque de l'Union (BDU),**

## **II.2. Présentation du site de l'étude : LONAB (Siège)**

(LONAB) est située au 436 rue de la chance et a été créée par ordonnance N° 67025/PRES/MFC du 10 mai 1967, avec la dénomination Loterie Nationale Voltaïque (LONAVO). L'appellation actuelle Loterie Nationale Burkinabè (LONAB) date de 1984, ordonnance N°8443/CNR/PRES du 02 août 1984.

De l'Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC), elle a été transformée depuis novembre 1994, en société d'Etat sous la tutelle du Ministère de l'Economie et des Finances.

Avec un capital social à la création en 1967, de six millions de francs (6 000 000 FCFA), entièrement financé par l'Etat sous forme de moyens matériels, logistique, le capital social a atteint de nos jours la somme d'un milliard de francs (1 000 000 000 FCFA), elle est équipée de deux bâtiment composé de six étage

La mission principale de la LONAB est de soutenir l'Etat Burkinabè dans la promotion du développement socio-économique en vue de lutter efficacement contre la pauvreté sur toute l'étendue du territoire national.

Aussi, conformément à son slogan « Les lots aux heureux gagnants, les bénéfices à la nation entière », les bénéfices générés par les activités de la LONAB contribuent à financer des œuvres socio-économiques (Construction et équipement d'hôpitaux, de dispensaires, de maternités, d'écoles...), sportives (le Tour du Faso en cyclisme, le championnat national de football et la coupe du Faso), culturelles (Semaine Nationale de la Culture, Festival Panafricain du Cinéma et de la Télévision de Ouagadougou etc...).

Selon la décision N°2012-001/0072/LONAB/PCA/DG du 23 janvier 2012 portant attribution, organisation et fonctionnement de la LONAB, elle est structurée comme suit :

- Le Conseil d'Administration (CA) ;
- La Direction Générale (DG) ;
- Le Secrétariat Général (SG) ;
- Les Directions en ligne de conseil ;
- La Direction de l'Administration et de la Logistique (DAL)
- La Direction du Marketing (DM)
- La Direction des systèmes d'informations (DSI) ;
- La Direction des Ressources Humaines (DRH) ;
- La Direction des Finances et de la Comptabilité (DFC)

## **II.3. Présentation du projet**

### **III.3.1. Problématique**

L'installation électrique de la LONAB est confrontée à de nombreux problèmes depuis plusieurs mois. En allant du local transformateur jusqu'aux différents tableaux divisionnaires, les pannes d'électricité sont fréquentes. La plus grave panne observée a été la rupture répétée du fusible au niveau du TUR. Ce phénomène occasionne une interruption de l'alimentation électrique des bâtiments. Or en cas de rupture d'un fusible, la SONABEL est chargée de procéder au remplacement de celui-ci. Cependant elle ne peut répéter indéfiniment la même opération. Bien que disposant d'un groupe électrogène qui assure l'alimentation secours en cas de coupure, la LONAB ne peut utiliser ce dernier de manière prolongée à cause des coûts élevés. Il convient donc de palier à ce problème de manière définitive. Ainsi prise entre les plaintes de la SONABEL et les nombreux problèmes économiques causés par les demandes élevées de puissance, la Direction Général de la LONAB a fait appel à l'entreprise SATEL pour résoudre définitivement le problème d'électricité. Quelles sont les solutions possibles ? A quel niveau agir pour supprimer le problème ? Quelles sont les contraintes ?

Plusieurs solutions sont ainsi envisageables. La plus rapide a été de créer un court-circuit au niveau du départ pour la LONAB dans le TUR (Tableau de répartition). Un disjoncteur compact de calibre 630 Ampères placé à l'aval du TUR assure la protection. Toutefois, il convient d'évaluer la possibilité de réduction du courant appelé par les bâtiments de la LONAB. Après une visite préliminaire, il est ressorti que les équipements électriques de la LONAB étaient en grande partie vieux, ce qui traduit un faible rendement. C'est dans cette perspective que la Direction Général de la LONAB a demandé à l'entreprise SATEL de faire un audit énergétique du bâtiment.

### **II.3.2. Objectifs de l'étude**

Le but de cette étude est de réduire la consommation de courant du nouveau bâtiment du siège de la LONAB. Spécifiquement, il s'agit de récupérer des informations sur les équipements électriques (Type, puissance, fréquence d'utilisation, rendement...), puis procéder à leur analyse afin de proposer des solutions économiquement et viables. L'audit sera focalisé sur la performance des appareils et leurs habitudes d'utilisation.

Une analyse du réseau électrique de la LONAB servira à évaluer la consommation énergétique du bâtiment et à apporter des améliorations dans la configuration du réseau.

### **II.3.3. Description de l'aire de l'audit**

Le siège de la LONAB situé au centre-ville de Ouagadougou, à côté du grand marché, est alimenté par un transformateur de 630 kVA. Dans l'enceinte du site figurent deux bâtiments R+6.

- L'ancien bâtiment : un bâtiment à six étages, occupé entièrement par la LONAB ;
- Le nouveau bâtiment (Aire de l'audit) : il s'agit d'un bâtiment à six niveaux occupé en partie par la LONAB, notamment le RDC et les niveaux 1, 2, 3 et 6.

Le présent rapport traite uniquement le cas du nouveau bâtiment.

### **II.3.4. Matériels et outils**

Cette étude a été réalisée avec le matériel suivant :

- Un analyseur réseau

Il s'agit d'un appareil qui permet de déterminer différents paramètres d'un réseau électrique Basse tension (Tension, courant, cosinus phi ...).

- Un mètre ruban

C'est un outil qui sert à prendre des mesures de distance.

- Une fiche d'enquête (voir annexe 1)

### **II.3.5. Difficultés et contraintes**

Lors de cette étude, nous avons rencontré un certain nombre de difficultés. Il s'agit de :

- Absence d'appareilles de mesure tels que le luxmètre et le thermomètre ;
- Difficulté d'accès aux plans des bâtiments ;
- Difficulté d'accès aux plans du câblage électrique ;
- Absence de données de suivi énergétique ;
- Etiquettes techniques de certains équipements souvent manquantes.
- Difficulté d'accès à certains locaux limitant ainsi l'évaluation du ratio de consommation énergétique.

### III. METHODOLOGIE

L'étude se fera en trois étapes réparties comme suit :

#### **Etape 1 : Recueil d'informations**

Cette étape consiste à recenser des données du site.

Spécifiquement il s'agit de recueillir les informations sur les équipements électriques et leurs habitudes d'utilisation. Pour se faire, il convient de procéder à une visite de chaque local avec une fiche d'étude (Voir Annexe 1) et recenser les équipements par catégorie. Les temps d'utilisation sont donnés par les occupants des bureaux. Les puissances des appareils sont lues sur les étiquettes techniques. Il convient également de prendre les informations sur les factures d'électricité, les schémas des réseaux électriques et les données de suivi énergétique auprès du maître d'ouvrage [2]. Cependant, ces informations n'ont pas été toutes disponibles, ce qui représente une contrainte pour cette étude. Les informations recueillies serviront à la prochaine étape.

#### **Etape 2 : Analyse de données**

Suite à la collecte des données, on procède à l'analyse en deux phases :

##### **L'analyse préliminaire :**

Encore appelé audit préliminaire, elle permettra de :

- Faire une évaluation de la consommation énergétique du site : Cette évaluation nous permettra d'avoir une idée sur les différents postes de consommation d'énergie et de faire une répartition par poste de consommation. Cette phase est très utile car elle focalisera notre audit sur les équipements énergivores.
- Faire une analyse de la situation existante du site en s'attachant aux anomalies et aux déficiences observées sur le site [3]. Des énumérations des opportunités d'améliorations et recommandations s'en suivront immédiatement.

##### **L'Audit approfondi :**

Il s'agira de s'orienter spécifiquement sur les équipements à grande consommation d'énergie. On procédera à une description par type et une classification selon les performances. Puis suivront des mesures d'optimisation sur l'utilisation des équipements et des mesures de remplacement de certains équipements par des équipements à meilleures performances s'il y a lieu.

Pour le calcul de la consommation actuelle d'énergie, on aura :

$$E = P \times T \times Fc$$

$$Fc = Ks \times Ns$$

Avec

**E** : Consommation d'énergie actuelle en kWh

**P** : Puissance installée actuelle en kW

**T** : Temps de fonctionnement actuel en Jours

**Fc** : Facteur de correction

**Ks** : Coefficient de simultanéité

**Ns** : Niveau de sollicitation des équipements en pourcentage

Pour le calcul de la consommation d'énergie après optimisation, on aura :

$$E = P' \times T' \times Fc$$

$$Fc = Ks \times Ns$$

Avec

**E'** : Consommation d'énergie après optimisation en kWh

**P'** : Puissance installée après optimisation en kW

**T'** : Temps de fonctionnement après optimisation en Jours

**Fc** : Facteur de correction

**Ks** : Coefficient de simultanéité

**Ns** : Niveau de sollicitation des équipements en pourcentage

### **Etape 3 : Mesures d'économies d'énergie et analyse financière**

Cette dernière étape consistera à proposer un ensemble de solution dans le but de réduire la consommation énergétique du bâtiment. Trois grands groupes de préconisation ressortiront... Il s'agit des préconisations immédiates, des préconisations à court et à moyen terme et enfin les préconisations à long terme.



L'économie d'énergie sera [4] :

$$\Delta E = E - E'$$

Le gain financier sera le produit du prix du kWh par l'économie d'énergie

On pourra alors déterminer le temps de retour sur investissement par :

$$TRI = \frac{CI + CM}{EA}$$

Avec

**TRI** : Temps de retour sur investissement

**CI** : Coût d'investissement

**EA** : Economie annuelle

**CM** : Coûts de maintenance

## IV. RESULTATS DE L'ETUDE

### IV.1. Description du site et des équipements d'alimentation

#### IV.1.1. Description du site

##### Orientation :

- Ancien Bâtiment : Sud-Ouest
- Nouveau Bâtiment/ : Nord-Ouest

##### Nature des parois :

Les murs extérieurs sont carrelés marrons. Les cloisons sont peintes en jaune dans les halls et les couloirs, et peintes en blanc dans les bureaux. Les menuiseries sont en bois et en aluminium métalliques. Le vitrage est simple avec des stores intérieurs dans les bureaux.

##### Schéma de l'installation électrique :

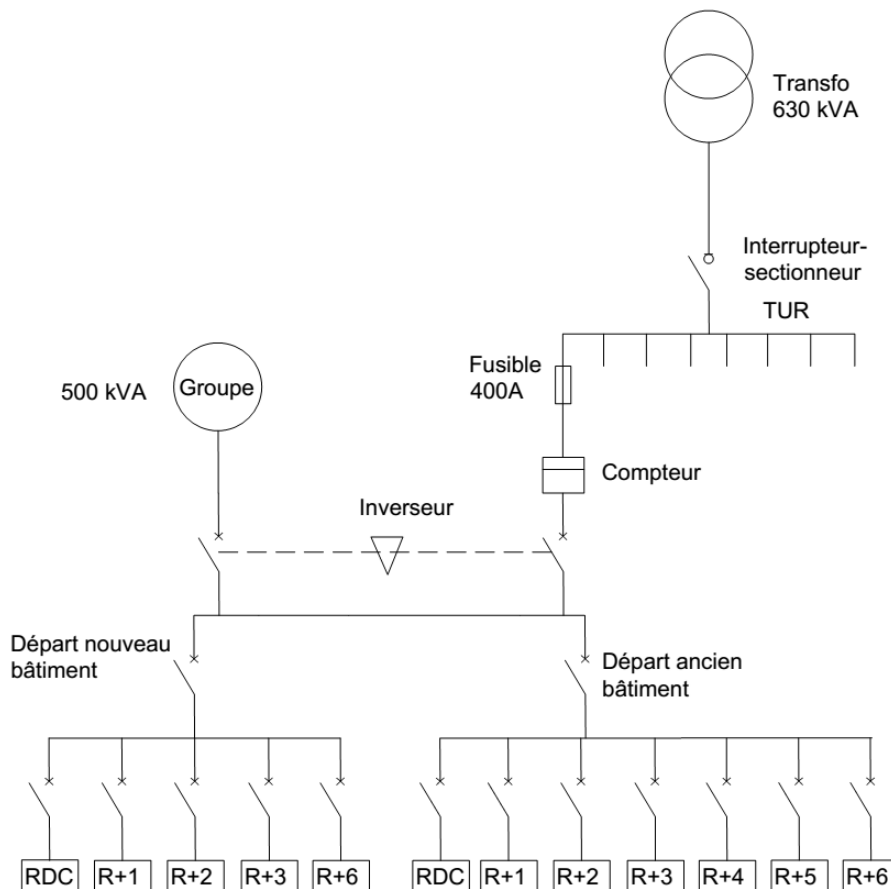


Figure 1 : Schéma unifilaire de l'installation électrique du siège de la LONAB

### IV.1.2. Description des équipements d'alimentation

La LONAB dispose d'un local transformateur équipé de :

- Cellules de marque **MERLIN GERIN** dont 2 interrupteur et 1 protection transformateur (figure 1)



Figure 2: Cellules

- Un transformateur de 630 kVA qui assure l'alimentation principal du bâtiment.

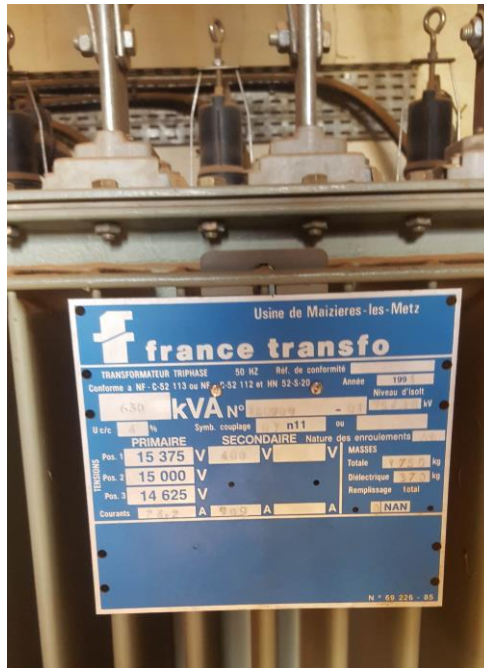


Figure 3: Plaque signalétique du transformateur

- Un TUR à 8 départs équipés de fusible de 400A
- Un disjoncteur compact de 630A
- Un compteur intelligent **SL7000 ACTARIS**
- 9 batteries de condensateur de 10 kVAR
- D'autres équipements

Un groupe électrogène GREEN POWER de 500 kVA est installé dans la cour et assure l'alimentation secours.



Figure 4: Groupe électrogène

## IV.2. Analyse des postes de consommation d'énergie

### IV.2.1. Répartition de la consommation

#### Repartition de la consommation

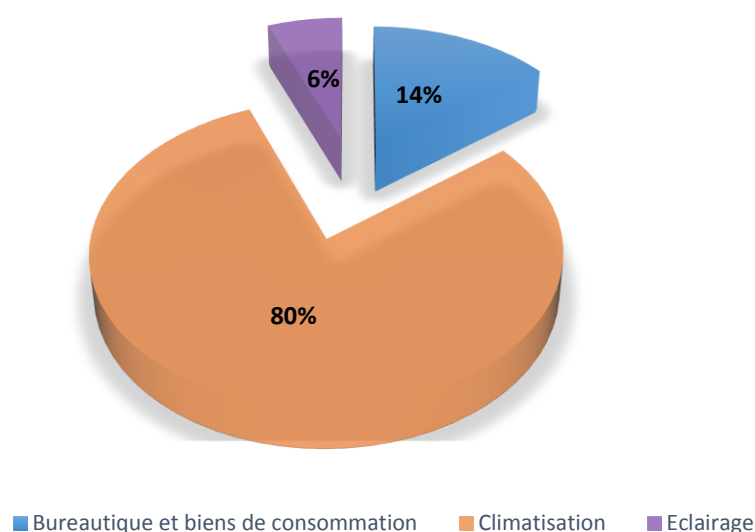


Figure 5: Répartition de la consommation énergétique

Le graphique ci-dessus présente une estimation de la répartition de la consommation énergétique sur une année. Il s'agit des différents postes de consommation d'énergie du nouveau bâtiment du siège de la LONAB. Au vu de la figure 4, Il ressort que la climatisation occupe la plus grande part, avec une pondération 4 fois supérieur à l'ensemble du reste des équipements. Après la climatisation viennent les équipements de bureautique et biens de consommation. Ils ont une grande puissance installée, cependant leur temps d'utilisation est négligeable comparé à celui des autres équipements. Il s'en suit donc une consommation d'énergie réduite au courant de l'année. L'éclairage occupe la dernière place avec 6% de la consommation totale. Cela est dû au fait que la plus part des lampes est de type LED, réputé pour une faible consommation d'énergie.

### IV.2.2. Audit de la climatisation

Défini précédemment comme le plus grand poste de consommation d'énergie, le système de climatisation de la LONAB est du type mono SPLIT mural. On rencontre différentes marques installées sur le site. La plus répandue est la marque SHARP. Les Coefficients de Performance des unités de climatisation varient entre 2 et 3,54. Les détails concernant les COP des climatiseurs sont donnés dans l'[annexe 2](#). La norme recommande un COP au moins égal à 2,8 ([voir annexe 3](#)). On constate dans le graphique ci-dessous que seulement 49% des climatiseurs installés respectent cette norme.

## REPARTITION EN FONCTION DES COP

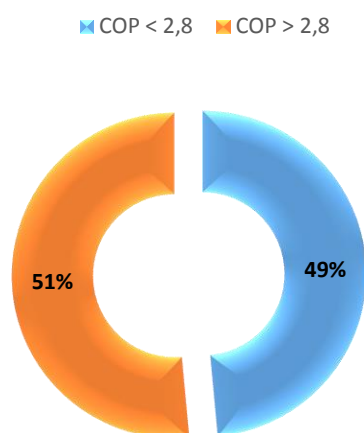


Figure 6: Répartition des climatiseurs en fonction des COP

Les climatiseurs sont mis en marche à 7h30 et arrêtés aux environs de 16h la plupart du temps, selon les informations obtenues lors de la collecte de données. Les climatiseurs restent généralement en marche pendant les heures de pause. Ce phénomène a été constaté dans la plupart des bureaux. Il convient de noter que les occupants des locaux ne se plaignent pas d'inconfort thermique. Aucun dysfonctionnement majeur n'a été constaté.

La LONAB ayant souscrite à un abonnement double tarif, on calcule la consommation en heures pleines (HPL), puis celle en heures de pointes (HPT) avant de les sommer. On totalise 4,5 heures pleines et 4 heures de pointes dans la journée (voir [annexe 4](#)) en considérant que les appareils restent allumés de 7h30 à 16h00.

Le facteur de correction est estimé à une moyenne annuelle de 0,85% par rapport à la puissance totale installée. Il correspond au produit du coefficient de simultanéité par le niveau de sollicitation moyen des équipements. Cette valeur a été déterminée après enquête et est fondée en partie sur des estimations théoriques. En période chaude, les équipements sont supposés sollicités à 100%, à 83% en période intermédiaire et à 40% en période froide avec pour pondération respectivement 7, 3 et 2.

La consommation d'énergie ainsi obtenue est :

$$E = 409\,802,27 \text{ kWh}$$

### **Recommandations :**

Nous recommandons d'éteindre les climatiseurs pendant les heures de pause ou à chaque fois qu'un occupant s'absente pour une longue période. Un petit geste pour économiser beaucoup.

## IV.2.2. Audit de la bureautique et des biens de consommation

Les équipements de bureau sont constitués généralement d'imprimantes, de photocopieuses, d'ordinateurs, de réfrigérateurs... Les détails sont donnés dans l'annexe 5. Les équipements à grande puissances sont les imprimantes, cependant elles ne sont utilisées que pendant de courtes durées, ce qui réduit donc leur consommation en énergie. Dans certains bureaux on rencontre des réfrigérateurs de puissance moyenne (60 Watts) fonctionnant 24H/24.

Les biens de consommations sont : cafetière, chauffe-eau, réfrigérateur (plus de détails dans l'annexe 5). Utilisé moins de 20 min par jour, leur consommation est faible comparé aux autres équipements.

Le calcul de la consommation énergétique annuelle de ces équipements donne :

$$E = 74\,240,94 \text{ kWh}$$

### Recommandations:

Débrancher manuellement les réfrigérateurs le week-end et remplacer les réfrigérateurs à grande consommation par ceux à plus petite consommation.

## IV.2.3. Audit de l'éclairage

L'éclairage considéré comme le poste le moins énergivore est en majeure partie constitué de tubes LED 1,2 m de 18 W, à tous les niveaux sauf dans certains locaux du RDC. Les différents types de lampes recensés sont :

- les tubes LED de 120 cm ;
- les tubes fluorescents de 60 cm et de 120 cm ;
- plafonniers halogènes (encore appelé lampes économiques) pour l'éclairage des couloirs ;
- blocs autonomes d'éclairage de sécurité (BAES) ;

On note un grand nombre de luminaires à tubes fluorescents dans le Hall principal du RDC (34 en tout) dont 14 sont grillés. Ces lampes sont en majeure partie éteintes, notamment à cause du manque d'activités à ce niveau. Les lampes économiques de faible consommation sont installées dans les couloirs et offrent un éclairage jugé suffisant.

En l'absence de luxmètre, il est difficile d'estimer l'éclairement des locaux. Toutefois Il faut noter une bonne exploitation de la lumière du jour dans de nombreux bureaux, notamment à cause de l'utilisation de store blanc translucide. Cela concourt à un bon éclairement, jugé suffisant par les différents occupants.

Le calcul de la consommation annuelle au niveau de ce poste donne :

$$E = 30\,734,89 \text{ kWh}$$

**Recommandation :**

Remplacer tous les tubes fluorescents par des tubes LED qui consomment moins.

**IV.2.4. Diagnostic du réseau électrique**

➤ Facteur de Puissance

Un analyseur réseau a été installé sur le TGBT du nouveau bâtiment du 16/11/2018 à 9h00 au 23/11/2018 à 9h00. Cela a permis de ressortir différents paramètres du réseau, notamment le facteur de puissance donné dans le tableau suivant :

*Tableau 1 : Facteur de puissance du nouveau bâtiment de la LONAB*

<b>FP1</b>	<b>FP2</b>	<b>FP3</b>	<b>PF Moyenne</b>
0,83	0,902	0,916	0,8835

Le facteur de puissance moyen du bâtiment est inférieur à 0,9. Ce qui représente une valeur insuffisante. Cela est dû à la phase 1 qui transite beaucoup d'énergie réactive. Notons que la valeur moyenne du facteur de puissance dans le tableau 1 n'est valable que pour le nouveau bâtiment et non l'ensemble du site. Les relevés de données au niveau du compteur intelligent ont permis de déterminer le facteur de puissance de tout le site comme l'indique le tableau 2. La compensation en énergie réactive est donc suffisante et la LONAB peut bénéficier d'une bonification pour bon facteur de puissance [5].

*Tableau 2 : Facteur de puissance globale de l'installation*

<b>P</b>	<b>Q</b>	<b>S</b>	<b>FP MOYEN</b>
247	71	257	0,961
250	70	259,6	0,963
252	73	262,4	0,961
239	60	246,4	0,970
249	67	257,9	0,966
246	66	254,7	0,966
247	68	256,2	0,964
			<b>0,964</b>

➤ Taux de distorsion harmonique

Le taux de distorsion harmonique sur les 3 phases est donné dans le tableau suivant :



Tableau 3 : Variation du Taux de Distorsion Harmonique

	<b>U1 TDH (%)</b>	<b>U2 TDH (%)</b>	<b>U3 TDH (%)</b>
<b>MIN</b>	0,8	0,8	1
<b>MAX</b>	9,1	9,3	9,4
<b>MOYENNE</b>	2,53	2,51	2,70

On constate une valeur moyenne acceptable. Toutefois, il convient de noter que la norme CEI 61 000 recommande une distorsion admissible de 10% maximum dans les câbles et 5% pour les équipements électroniques sensibles. Une variation trop élevée provoquerait le vieillissement prématuré des appareils et les échauffements des câbles.

## V. MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE ET ANALYSE FINANCIERE

### V.1. Mesures à court terme ou immédiates

Les mesures suivantes sont celles qui ont un coût d'investissement faible, voire nul avec un temps de retour sur investirent court ou nul. Elles consistent à :

- Eteindre les appareils d'éclairage et de climatisation pendant les heures de pause et à chaque fois que l'occupant sort du bureau. Le gain est immédiat.
- Implanter un programme d'entretien et de maintenance régulière plutôt que de faire des maintenances curatives.
- Débrancher manuellement les réfrigérateurs pendant les week-end pour ceux qui ne travaillent pas les week-end.
- Déconnecter du circuit tous les ballasts des lampes grillées.
- Toujours fermer les portes et les fenêtres des locaux climatisés
- Maître en place un service pour le suivi rigoureux de la facturation
- Sensibiliser les utilisateurs par des affiches et des autocollants : éteindre les lumières, éteindre les appareils à la sortie fait économiser de l'argent et évite les coupures, énergie chère

L'extinction des appareils d'éclairage et de climatisation pendant les heures de pause permet d'économiser environ **42 469, 63 kWh** soit **3 737 327,51 de F CFA** par an, valeur considérée comme non négligeable.

## V.2. Mesures à moyen terme

- Remplacement des tubes fluorescents par des tubes LED de même dimension
- Utilisation d'un économiseur d'énergie :

Il s'agit d'un appareil capable de stabiliser le réseau tout en réduisant la consommation d'énergie. Il emmagasine l'énergie additionnelle lors des pics et la redistribue dans le réseau en fonction des besoins lorsqu'il est couplé à des condensateurs. Il influe sur les champs magnétiques générés par un surplus d'énergie électrique en réduisant les pertes d'énergie électrique. Il permet d'économiser entre 5% et 15% d'énergie pour une installation classique [6]. Nous considérerons une moyenne de 10% pour notre étude.

Grâce à l'économiseur, on peut réduire les consommations électriques ainsi que les factures d'électricité. Il est très pratique car il n'inclut pas un changement des matériels électriques.

Enfin, il s'agit d'un appareil écologique puisqu'il participe à la réduction du gaspillage d'énergie et de l'émission de CO<sub>2</sub>. [7]

L'économiseur retenue est de type UR-200 kVA d'une puissance apparente de 200 kVA.



Figure 7: Exemple d'un économiseur de 10kW [8]

Considérant une économie d'énergie annuelle de 10% sur la consommation actuelle, on peut obtenir un gain financier de **6 107 501,63 FCA** par an. Le temps de retour sur investissement est donné dans le tableau suivant :

Tableau 4: Récapitulatif du gain des mesures à moyen terme

<b>Economie (F CFA)</b>	<b>Investissement (F CFA)</b>	<b>TRI (AN)</b>
6 107 501,63	5 291 735,62	0,87

### **Dimensionnement de l'économiseur**

Pour choisir un économiseur adapté à une installation, il faut :

- Relever la puissance de l'abonnement souscrite ;
- Choisir le calibre le mieux adapté à l'installation. Sa puissance doit être supérieur ou égale à la puissance souscrite [8]

Dans notre cas, il serait inapproprié de considérer la puissance souscrite car l'étude ne concerne que le nouveau bâtiment et non le site entier. L'économiseur d'énergie est prévu être installé à l'aval du compteur du nouveau bâtiment.

## **V.3. Mesures à long terme**

### **V.3.1. Remplacement des climatiseurs mono-split muraux**

Les climatiseurs de marque SHARP et SAMSUNG qui ont un COP inférieur à 2,8 ou un COP inférieur à 3 pour une puissance frigorifique supérieur à 4kWh seront remplacés par leur équivalent en puissance frigorifique, de marque AIRWELL. En effet, la marque AIRWELL Présente bien d'avantages, notamment elle offre un meilleur rendement et des COP supérieurs à 3 (voir figure 7). Nous avons retenu au total 44 climatiseur AIRWELL répartis comme suit :

Tableau 5: Liste des climatiseurs AIRWELL retenues


AWSI-HKD009-N11/ AWAU-YKD009-H11	3
AWSI-HKD0012-N11/ AWAU-YKD0012-H11	3
AWSI-HKD0018-N11/ AWAU-YKD0018-H11	33
AWSI-HKD0024-N11/ AWAU-YKD0024-H11	5



Figure 8: Climatiseur mono-split mural de marque AIRWELL [9]

Les climatiseurs à remplacer sont identifiés par les numéros des bureaux. Voir annexe 6, 7, 8, 9, et 10

Tableau 6 : : Performance des climatiseurs AIRWELL [9]

DONNÉES TECHNIQUES HKD					
Unités intérieures		AWSI-HKD009-N11	AWSI-HKD012-N11	AWSI-HKD018-N11	AWSI-HKD024-N11
Unités extérieures		AWAU-YKD009-H11	AWAU-YKD012-H11	AWAU-YKD018-H11	AWAU-YKD024-H11
<b>REFROIDISSEMENT</b>					
Puissance nominale	kW	2,65 (1,2-3,3)	3,54 (1,3-4,4)	5,0 (1,8-6,1)	6,8 (2,7-7,8)
Pdesignc	kW	2,65	3,54	5,0	6,8
Puissance absorbée nominale	kW	0,775	1,095	1,544	2,41
SEER/Label énergétique		6,9/A++	6,8/A++	6,5/A++	6,3/A++
Limites de fonctionnement	°C	-15°/50° Bulbe sec			

Le remplacement des climatiseurs permet de faire une économie d'énergie annuelle d'environ **54 524,60 kWh** soit **6 774 003,64 FCFA**

Le calcul des différents coûts est résumé dans le tableau suivant:

Tableau 7: Coûts de remplacement des climatiseurs

Désignation	Quantité	Prix U (FCFA)	Prix T (FCFA)
<b>AWSI-HKD009-N11</b>	3	4 58 544	1 375 632
<b>AWSI-HKD0012-N11</b>	3	5 24 144	1 572 432
<b>AWSI-HKD0018-N11</b>	33	8 52 144	28 120 752
<b>AWSI-HKD0024-N11</b>	5	9 83 344	4 916 720
<b>PA Total (FCFA)</b>			35 985 536
<b>Fret (FCFA)</b>			4 000 000
<b>Douane (FCFA)</b>			10 795 660,8
<b>Main d'œuvre</b>			1 760 000
<b>Prix de revient (FCFA)</b>			50 781 196,8
<b>TRI (Année)</b>			7,76

### V.3.2. Isolation thermique du bâtiment

L'isolation du bâtiment est une solution très intéressante à long terme. L'étude technique n'a pas été faite par manque de données. En effet le bâtiment présente une architecture complexe et il est difficile de faire une étude détaillée sans les plans architecturaux. Nous recommandons à la LONAB de faire le nécessaire pour mettre à disposition les plans des bâtiments afin que l'étude soit faite, car le potentiel d'économie d'énergie selon de nombreuses études est assez significatif.

### V.3.3. Installation solaire photovoltaïque

Pour réduire la consommation et favoriser l'utilisation des énergies renouvelables, nous recommandons de mettre en place une mini centrale solaire photovoltaïque. Elle sera installée sur la toiture du bâtiment. L'espace disponible sur le toit est supérieur à 400 m<sup>2</sup>. Le générateur PV aura une puissance de 40 kWc. Il sera de type à injection direct sans stockage et permettra de couvrir environ 10,3% de la consommation énergétique annuelle actuelle, ce qui correspond à environ **6 290 726,68 F CFA**. Le temps de retour sur investissement est donné dans le tableau suivant:

Tableau 8 : Calcule du TRI de l'énergie solaire

Economie (F CFA)	Investissement (F CFA)	TRI (AN)
<b>6 290 726,68</b>	36 530 188	5,8

## **OFFRE TECHNIQUE**

### **Le générateur photovoltaïque**

#### **Description des modules**

Les modules utilisés sont de type SNA-**PVSTD POLY 250**. Ce sont des modules poly cristallin de puissance crête maximum 250 Wc. L'encombrement de chaque module est de 1640(mm)x992(mm)x42(mm). Voir annexes 11.

Le générateur sera constitué de 160 modules couvrant une superficie totale (espace de circulation comprise) de 380m<sup>2</sup>. La puissance du générateur est de 40 kWc. Le générateur est divisé en 2 sous-champs configurés comme suit : 4 strings reliés deux à deux aux deux ports MPPT de l'onduleur. Chaque string est constitué de 20 modules en série.

#### **Dispositions**

Des supports en aluminium serviront de loge pour les modules. Les supports sont conçus avec une inclinaison de 15° par rapport à l'horizontal et seront orienté plein Sud.

#### **Onduleur réseau**

L'onduleur utilisé dans le cadre du présent projet est un onduleur triphasé SOLVIA TL 20. Il donne une tension de sortie AC 3 x 400 V (-20/+20 %). Son rendement maximal est de 98,0 %. Il offre un haut rendement sur une plage de puissances notablement plus large. Avec son excellent comportement thermique (pas de perte de puissance jusqu'à 60 °C), il garantit le maximum de rendement et de production. L'onduleur a deux (02) entrées DC avec une puissance d'entrée nominale de 20 kW. L'onduleur délivre en sortie une tension triphasée de 400V, avec une fréquence de 50Hz et un taux de distorsion harmonique inférieur à 3%. Il est équipé d'un maximum power point tracker par entrée DC. La fiche technique de l'onduleur SOLIVIA TL 20 est jointe à l'annexe 14.



Figure 9: Onduleur réseau SOLIVIA TL 20[10]

### Eléments de protection

L'onduleur dispose d'un dispositif de déconnection automatique qui le protège contre les tensions et fréquences non admises. Ce dispositif ne protège pas l'onduleur des surtensions et des courts circuits.

#### ➤ Protection surtensions et courts circuits Coté AC

La protection des onduleurs contre les surtensions (coté AC) sera assurée par un parafoudre SP-4P type 2.

La protection contre les surintensités sera assurée par un disjoncteur Legrand de calibre 40 A

#### ➤ Protection surtensions et courts circuits Coté DC

L'onduleur est équipé d'un disjoncteur CC deux branches 600V/25A qui assure en même temps une protection contre les surtensions et les surintensités.

### Le câblage

#### ➤ Partie DC

Le raccordement des modules entre eux se fera via des câbles munis de têtes mâles et femelles livrées avec les modules et des connecteurs MC4 TE. La section des câbles de raccordement est de 4 mm<sup>2</sup>, et leur longueur est de 1,20 m chacun.

Les strings seront ensuite raccordés deux à deux par deux boîtes de jonction prévues à cet effet. Puis de la boîte de jonction, on va à l'onduleur en utilisant des câbles HO7 RNF de section 4mm<sup>2</sup>.

L'onduleur utilisé possède deux (02) entrées DC, chaque entrée recevant alors 2 strings. Le raccordement se fera avec 4 paires de connecteurs Multi-Contact MC4 livré avec l'onduleur

➤ **Partie AC**

Delta a prévu des connecteurs Amphenol C16-3. Les câbles utilisés sont de type U1000R2V de section 25 mm<sup>2</sup> admettant un courant maximum de 40 A. La chute de tension dans les câbles est de 0,71%, inférieures à 1% selon les recommandations du constructeur. La longueur est estimée à 35 m maximum (Distance approximative séparant le local technique du toit).

**Configuration du système**

La centrale de 40 kWc est divisé en deux sous-champ de 20 kWc chacun. Le schéma synoptique de branchement de l'onduleur pour un sou-champ est donné dans la figure suivante.

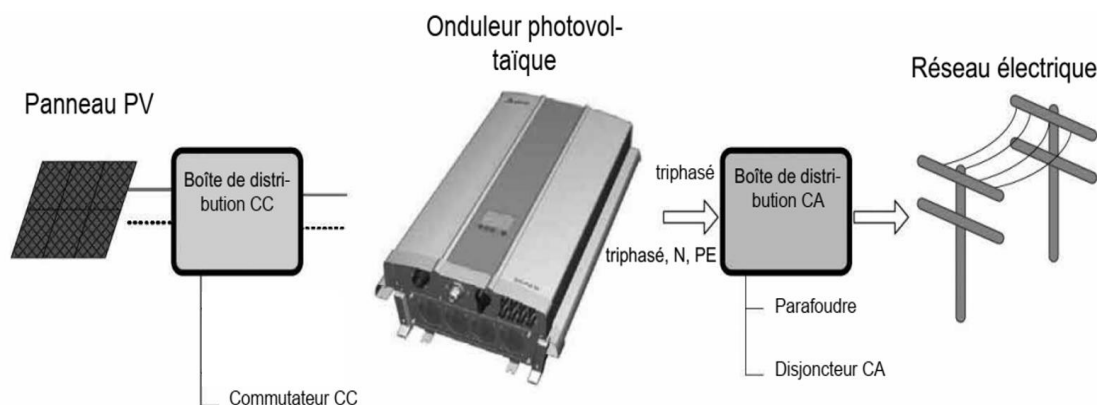


Figure 10: Illustration du branchement de l'onduleur [11]

Les deux sous champ seront regroupé dans une boîte de distribution AC avant d'être connecté sur le réseau de la LONAB comme l'illustre la figure 10



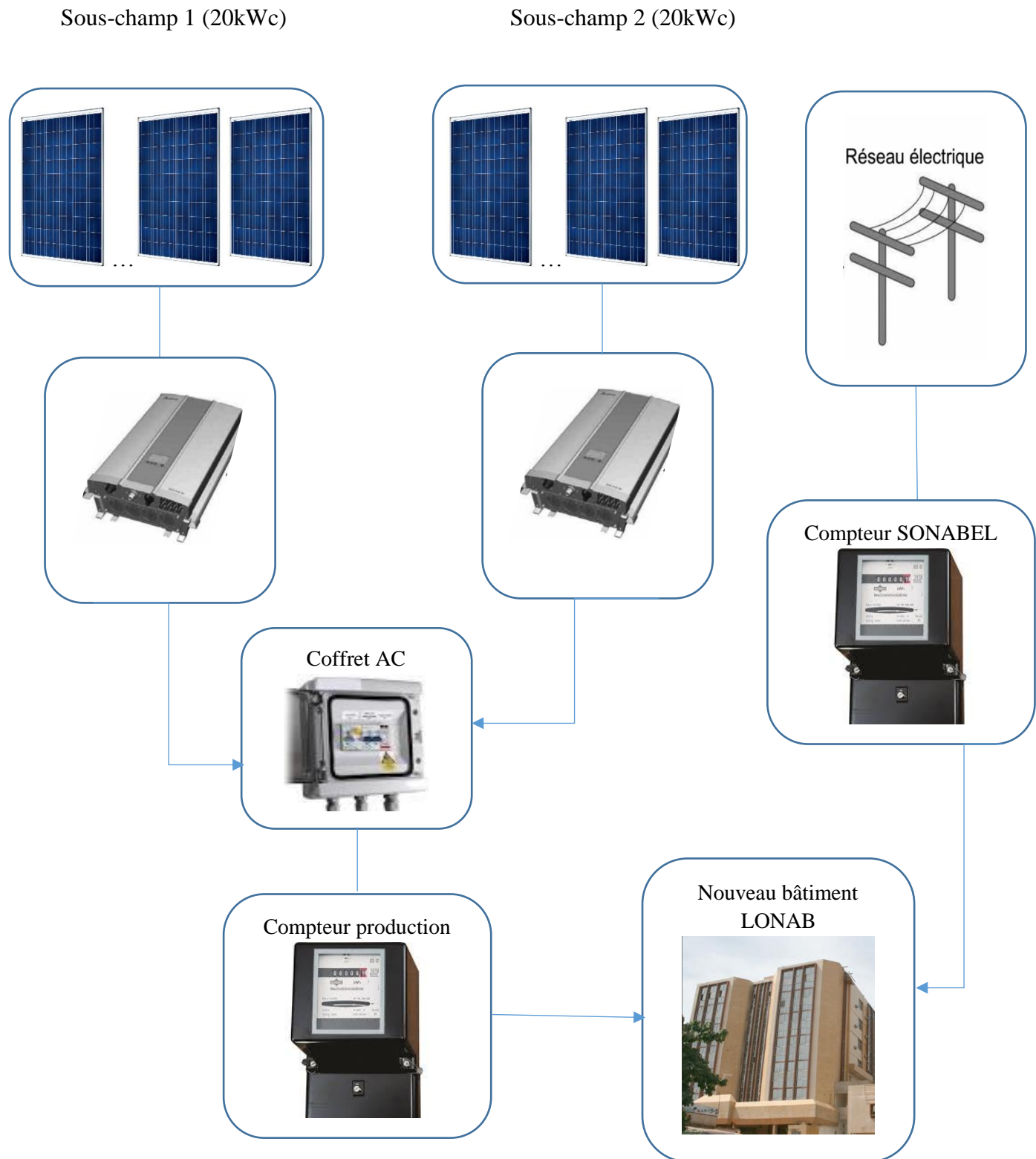


Figure 11 : Schéma synoptique du système PV

## OFFRE FINANCIERE

Tableau 9 : Devis énergie solaire

Energie Photovoltaïque				
Caractéristiques	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
Module SNA-PVSTD POLY 250 W	U	160	1 76 195	28 191 200
Onduleur SOLIVIA 20 TL	U	2	8 52 000	1 704 000
Disjoncteur Legrand 40 A	U	2	30 130	60 260
Câble U1000R2V 4*25 mm <sup>1</sup>	m	70	13 316,8	932 176
Câble HO7 RNF 4 mm <sup>2</sup>	m	8	539	4 312
Support alu-1642X994X44 mm	m	Forfait		5 638 240
Total				36 530 188

## NOTES DE CALCUL

### Calcul de la puissance crête du générateur [12]

$$P_o = \frac{E_{AC}}{365 \cdot Pr \cdot H}$$

Avec

**E<sub>AC</sub>** : Energie annuelle produite par l'installation [kWh]

**P<sub>o</sub>** : la puissance crête [kWc]

**Pr** : le facteur de performance pris égal à 0,8

**H** : l'irradiation solaire [kWh/m<sup>2</sup>/an]

### Calcul du nombre de module PV

$$Nm = \frac{P_o}{P_m}$$

Avec

**Nm** : le nombre de modules PV

**P<sub>o</sub>** : la puissance crête du générateur

**P<sub>m</sub>** : la puissance crête d'un module

### Calcul du ratio de puissance

$$PR = \frac{P_{ond}}{P_g}$$

Avec

**PR** : le ratio de puissance

**Pond** : la puissance nominale de l'onduleur

**Pg** : la puissance du champ PV

### Calcul de la section des câbles

$$I_z = \frac{I_b * k}{\Pi k_e}$$

Avec

- **Ib** le calibre du dispositif de protection
- **K** le facteur de correction selon que la protection soit par disjoncteur ou par fusible
- **Πke** le produit des facteurs de correction relatifs aux modes de pose

### Critère de choix de l'onduleur

La tension de circuit ouvert du champ ne doit pas être supérieure à la tension maximum de l'onduleur.

La tension du champ doit être comprise dans la plage des tensions de fonctionnement de l'onduleur.

Le courant du champ ne doit pas être supérieur à la limite admissible de l'onduleur.

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

L'annexe 13 résume les différents calculs du dimensionnement

## V.3.4. Récapitulatif des mesures d'économies d'énergie

### Extinction des appareils :

En considérant les appareils d'éclairage et de climatisation qui fonctionnent pendant l'heure de pause, on calcule l'économie d'énergie après la mesure d'optimisation qui consiste à éteindre ces appareils durant une heure de pause dans la journée. L'économie d'énergie obtenue est multiplié par le nombre de jours de l'année puis par le tarif heure de pointe de la SONABEL ce qui nous permet d'obtenir la valeur du tableau 10. Voir annexe 9 pour les tarifs de facturation de la SONABEL.

### Installation d'un économiseur d'énergie :

En considérant que l'économiseur d'énergie permettra d'économiser environ 10% des consommations actuelles, le gain financier est donc 10% des coûts de factures annuelle estimées

### Remplacement des climatiseurs :

On calcule la consommation avant et après remplacement pour obtenir l'économie d'énergie puis on calcule l'économie financière annuelle de ce poste en prenant en compte les tarifs de la SONABEL. Voir annexe 9

### Installation PV :

Partis de la consommation énergétique annuelle, la part du système PV a été fixé à 10,3% de la consommation totale. Cela en prenant en compte l'ensoleillement annuel disponible et la surface de la toiture disponible. Partant de là, les économies financières du système PV représentent alors 10,3% des coûts estimés de facture d'électricité de la LONAB

Les différentes mesures d'économies sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 10: Récapitulatif des mesures d'économies d'énergie

Mesures	Economie (F CFA/AN)	Investissement (F CFA)	TRI (AN)
<b>Extinction des appareils</b>	3 737 327,51		Immédiat
<b>Installation d'un économiseur d'énergie</b>	6 107 501,63	5 291 735,62	0,87
<b>Remplacement des climatiseurs</b>	6 774 003,64	50 781 196,8	7,76
<b>Installation PV</b>	6 290 726,68	36 530 188	5,8
<b>Total</b>	<b>22 909 559, 46</b>	<b>92 603 050, 42</b>	

Une combinaison des différentes mesures permettra d'avoir les résultats suivant :

Tableau 11: Combinaison des mesures d'économies d'énergie

Economie total/an	Investissement total (F CFA/ AN)	TRI moyen (AN)
22 909 559, 46	92 603 050, 42	4,04

Les graphiques ci-dessous montrent les pondérations sur l'investissement et sur l'économie annuelle de chaque mesure d'économie d'énergie.

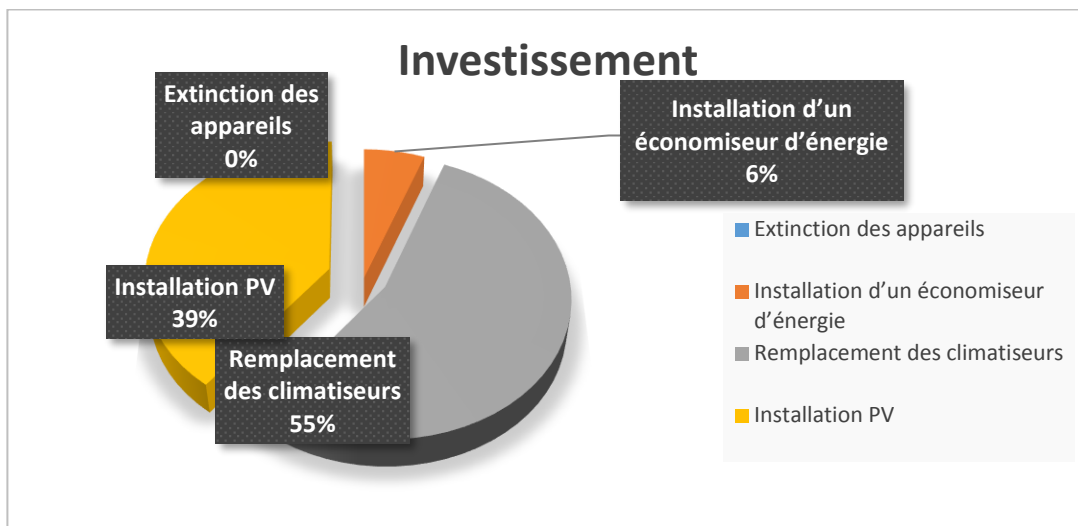


Figure 12: Répartition des investissements

L'investissement le plus important consiste au remplacement des climatiseurs.

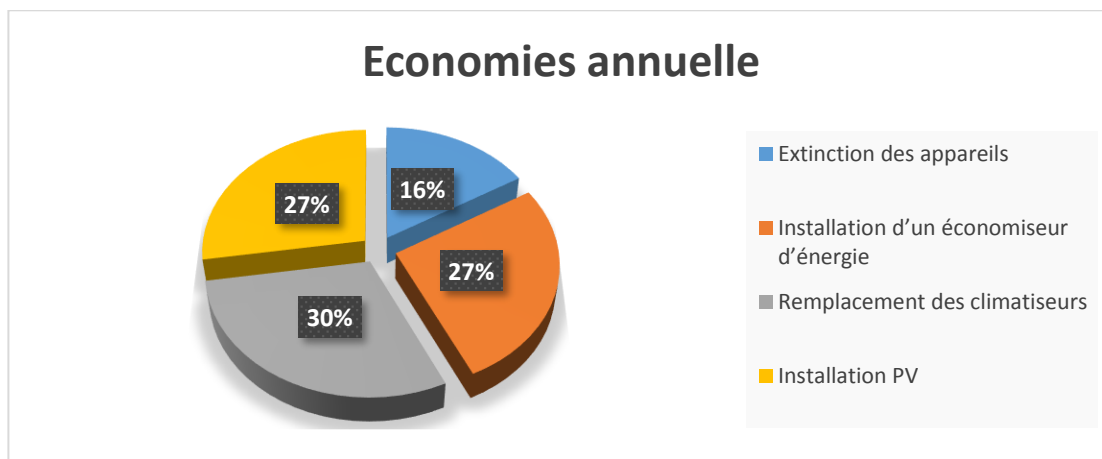


Figure 13: Répartition des économies annuelles

Les différentes mesures d'économies d'énergies offrent une bonne répartition du gain financier annuel.

## Conclusion et recommandations

Cette étude au siège de la LONAB a été très fructueuse car elle a permis de ressortir les différents postes de gaspillage d'énergie à cause de leur performance même et des habitudes d'utilisations dû aux utilisateurs. Il est ressorti une mauvaise gestion de l'énergie.

Après avoir dégagé les différents postes de consommation, accompagné des mauvaises habitudes d'utilisation de l'énergie, différents axes de solutions ont été proposés. Il s'agit notamment de sensibiliser les utilisateurs sur les pertes causées par la gestion de l'énergie et leur apprendre que certains petits gestes génèrent des économies d'énergies énormes. Ensuite remplacer des équipements à faible performance par ceux à meilleur performance et enfin introduire de nouveaux équipements qui vont aider à réduire la consommation d'énergie. Une mini centrale photovoltaïque de 40 kWc a été proposée et aide à réduire la consommation énergétique annuelle de 10%.

Les différentes mesures proposées vont nécessiter un investissement important. Cependant la conséquence est d'autant plus intéressante car il faudra très peu d'années pour avoir le retour sur investissement. Les mesures immédiates sont sans investissement et permettent de gagner environ 3,7 millions de FCFA l'année. Les mesures à moyen terme profiteront à la LONAB d'environ 6 millions de FCFA l'année, et enfin les mesures à long terme feront gagner environ 13 millions de FCFA l'année. La mise en application de toutes ces mesures permettra d'économiser environ 23 Millions de FCFA l'année. Un profit bien avantageux.

Il est nécessaire que la LONAB mette tout en œuvre pour qu'une étude soit faite sur l'isolation du nouveau bâtiment. Cela permettra de dégager des opportunités d'économie d'énergie non négligeable, d'autant plus que la climatisation occupe la grande part de consommation d'énergie.

Nous recommandons un suivi rigoureux des factures d'électricité et de la consommation énergétique. Il est nécessaire de relever les données de consommation énergétique afin de pouvoir les utiliser plus tard pour d'autres audit dans le but toujours d'améliorer la gestion de l'énergie. Les mesures d'économie d'énergie ne sauraient être efficace et durable s'il n'y pas de suivi et de maintenance préventive régulier. L'entreprise SATEL mettra donc un technicien à la LONAB pour une maintenance clé à main. Il se chargera du suivi et du contrôle de l'installation. Il convient de rappeler que la sensibilisation des utilisateurs sur la bonne gestion de l'énergie est très importante et ne doit pas être prise à la légère.

Le progrès technologique se faisant chaque année, de nouvelles solutions d'améliorions d'efficacité des équipements font leur apparition. Cette étude ne peut donc être définitive. Il serait donc intéressant de faire un nouvel audit quelques années après avoir eu le retour sur investissement.

## Références bibliographiques

- [2] Adrien BIO. (2012), Rapport définitif détaillé du diagnostic énergétique, Août.
- [3] ADEME. (2014), Audit énergétique dans les bâtiments, 17 Décembre.
- [12] Ahmed BAGRE. (2016), Dimensionnement technique des installations PV connectées au réseau, 27 Septembre.
- [9] Airtech climatique. (2018), Catalogue Airwell climatisation.
- [10] Delta. (2013), Catalogue produits -Onduleurs photovoltaïques, 19 Novembre.
- [11] Delta. (2013), Manuel d'utilisation et d'installation, 25 Février.
- [5] SONABEL. (2015), Grille tarifaire de la SONABEL, 06 Octobre.
- [4] Yézouma COULIBALY. (2017), Audit énergétique et économies d'énergie, Mai.

## Sites internet

- [1] <https://www.lemoniteur.fr/article/des-reserves-d-energies-fossiles-qui-se-rarefient.727684> Consulté le 03/12/18.
- [8] Diwatt. (2018), Faire des économies d'électricité avec le boîtier Ultra, pour les professionnels. <https://www.diwatt.fr/boitier-ultra-economiseur-energie-professionnels.php>. Consulté le 02/12/2018.
- [6] <https://www.condizionati.fr/679-mural-hkd>. Consulté le 03/12/18
- [7] <https://economie-d-energie.ooreka.fr/comprendre/economiseur-d-electricite>  
Consulté le 04/12/18


## Annexes

Annexe 1: Fiche de collecte de données .....	II
Annexe 2: COP des climatiseurs du bâtiment .....	III
Annexe 3: COP minimum recommandé .....	IV
Annexe 4: Grille tarifaire de la SONABEL [9].....	V
Annexe 5: Bureautique et biens de consommation .....	VI
Annexe 6: Climatiseur RDC .....	XII
Annexe 7: Climatiseurs R+1 .....	XIII
Annexe 8: Climatiseurs R+2 .....	XIV
Annexe 9: Climatiseurs R+3 .....	XVII
Annexe 10: Climatiseurs R+6 .....	XX
Annexe 11: Fiche technique module PV .....	XXII
Annexe 12: Critères de choix de l'onduleur .....	XXIII
Annexe 13: Dimensionnement d'un sous-champ PV .....	XXIII
Annexe 14: Fiche technique de l'onduleur .....	XXV



# Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de la LONAB

## Annexe 1: Fiche de collecte de données

		Date: _____		
<b>Renseignement sur l'installation électrique ( éclairage/ climatisation)</b>				
Client : LONAB				
N° Etage:				
Bureau/salle :				
Dimensions de la salle		Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)
<b>ECLAIRAGE</b>				
N°	Type de lampe	Quantité	Puissance (W)	Nombre d'heure d'utilisation moyenne par jour
1				
2				
3				
<b>CLIMATISATION et ventilation</b>				
N°	Type de climatiseur ou ventilateur	Quantité	Puissance (W)	Nombre d'heure d'utilisation moyenne par jour
1				
2				
3				
N°	Autre appareil (ex: ordinateur, projecteur, serveur...)	Quantité	Puissance (W)	Nombre d'heure d'utilisation moyenne par jour
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

## Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de la LONAB

### Annexe 2: COP des climatiseurs du bâtiment

CLIMATISEURS						
TYPE	NOMBRE	Puissance Electrique(w)	PUISSANCE frigorifique EN W		coefficient de performance	
Sharp	2	1970		5010		2,543147208
Sumsung	2	2500		6700		2,68
Sharp	2	1970		5010		2,543147208
Sharp	1	1120		3500		3,125
Sharp	2	1880		5010		2,664893617
LG	1	1800		5000		2,777777778
Sharp	1	1200		3500		2,916666667
Sharp	1	1970		5010		2,543147208
Sharp	1	1970		5010		2,543147208
Sharp	1	1091		3500		3,208065995
Sharp	3	1210		3000		2,479338843
Sharp	7	1610		5700		3,540372671
Sharp	1	2500		5200		3,229813665
Sharp	1	1790		5010		2,798882682
Sharp	1	1090		3500		3,211009174
Sharp	1	1090		3500		3,211009174
Sharp	1	1090		3500		3,211009174
Sharp	1	2150		5100		2,372093023
Sharp	1	1880		5010		2,664893617
Sharp	1	2150		5100		2,372093023
Sharp	2	1260		3500		2,777777778
Sharp	2	2610		6710		2,570881226
Sharp	1	2410		5100		2,116182573
Sharp	1	2410		5100		2,116182573
Sharp	1	1790		5010		2,798882682
Sharp	1	1120		3500		3,125
Sharp	1	1132		3500		3,091872792
Sumsung	1	2500		6700		2,68
Sharp	1	1880		6500		3,457446809
Sharp	1	1880		6500		3,457446809
Sharp	1	1880		6700		3,563829787
Sharp	1	1610		5700		3,540372671
Sumsung	1	2500		6700		2,68
Sharp	1	1790		5010		2,798882682
Sharp	1	1790		5010		2,798882682
Sharp	1	1880		6700		3,563829787
Sharp	1	1190		3500		2,941176471
Sharp	1	1880		5010		2,664893617
Sharp	1	1830		6000		3,278688525
Sharp	1	1970		5100		2,588832487
Sharp	1	1092		3500		3,205128205

Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de la LONAB

Sharp		1	1890		5010			2,650793651
Sumsung		1	2500		5200			2,08
Sharp		1	1120		3500			3,125
Sharp		1	1292		3500			2,708978328
Sharp		1	1880		5010			2,664893617
Sharp		1	1292		3500			2,708978328
Sharp		1	970		2690			2,773195876
Sharp		1	1880		5010			2,664893617
Sharp		1	3500		6700			1,914285714
Sumsung		1	1880		5010			2,664893617
Sharp		1	1880		5010			2,664893617
Sharp		1	1880		5010			2,664893617
Sumsung		1	1990		5500			2,763819095
Sharp		1	1880		5010			2,664893617
Sharp		1	1880		5500			2,925531915
Sharp		1	1960		2460			1,255102041
Sharp		1	2012		2150			1,068588469
Sharp		1	1830		6000			3,278688525
Sharp		1	1880		5010			2,664893617
Sharp		1	1890		5010			2,650793651
Sumsung		1	2500		2900			1,16
Sharp		1	1120		3500			3,125
Sharp		1	1790		5010			2,798882682
Sharp		1	1610		5700			3,540372671
Sharp		1	1700		5010			2,947058824
Sharp		1	1930		4990			2,585492228
Sharp		1	1880		5010			2,664893617

Annexe 3: COP minimum recommandé

Type d'équipement	COP minimum recommandé [kWr/kWe]
Climatiseurs de fenêtre	2,8
Split systèmes :	
- Jusqu'à 4 kWr	2,8
- Supérieur à 4 kWr	3,0

# SOCIÉTÉ NATIONALE D'ÉLECTRICITÉ DU BURKINA

DEPANNAGE OUAGA / BOBO  
80 00 11 30 (N° GRATUIT)

Société d'Etat au capital de 63. 308.270.000 Francs CFA  
Siège social : 55, Avenue de la Nation  
01 B.P. 54 Ouagadougou 01  
Tél. : (226) 25 30 61 00 / 02 / 03 / 04 / Fax : (226) 25 31 03 40  
Site web : www.sonabel.bf

DEPANNAGE OUAGA  
25 31 37 20



## GRILLE TARIFAIRE



Arrêté n°2015-00-014/MME/MEF/MICA du 06 octobre 2015 et Arrêté n°06-089/MCPEA/MMCE/MFB du 23 août 2006 et son modificatif n°08-013/MMCE/MEF/MCPEA du 16 octobre 2008

TENSION	Catégories et tranches tarifaires	FACTURATION DES CONSOMMATIONS (en FCFA)				FRAIS D'ABONNEMENT (en FCFA)								
		Tarifs du kWh			Redevance	PRIME FIXE	Avance sur Consommation	Frais ETS police et de pose	Timbres	Liasses	TOTAL Abonnement			
B A S S E  T E N S I O N  B T	I) USAGE DOMESTIQUE PARTICULIERS ET ADMINISTRATION  MONOPHASE 2 FILS	Tarif type A (monophasé)	Tranche 1 0 à 75 kWh	Tranche 2 76 à 100 kWh	Tranche 3 plus de 100 kWh									
		1 à 3A	75	128	138	1 132	0	3 375	691	400	108	4 574		
		Tarif type B (monophasé)	Tranche 1 0 à 50 kWh	Tranche 2 51 à 200 kWh	Tranche 3 plus de 200 kWh									
		5A	96	102	109	457	1 774	8 175	691	400	108	9 374		
		10A	96	102	109	457	3 548	16 350	691	400	108	17 549		
		15A	96	102	109	457	5 322	24 525	691	400	108	25 724		
		20A	96	102	109	784	7 096	32 700	691	400	108	33 899		
		25A	96	102	109	784	8 870	40 875	691	400	108	42 074		
		30A	96	102	109	784	10 644	49 050	691	400	108	50 249		
		II) USAGE DOMESTIQUE ET FORCE MOTRICE PARTICULIERS ET ADMINISTRATION  TRIPHASE 4FILS	Tarif type C (triphasé)	Tranche 1 0 à 50 kWh	Tranche 2 51 à 200 kWh	Tranche 3 plus de 200 kWh								
			10A	96	108	114	1 226	10 613	51 300	1 380	400	108	53 188	
			15A	96	108	114	1 226	15 918	76 950	1 380	400	108	78 838	
			20A	96	108	114	1 373	21 224	102 600	1 380	400	108	104 488	
25A	96		108	114	1 373	26 531	128 250	1 380	400	108	130 138			
30A	96		108	114	1 373	31 837	153 900	1 380	400	108	155 788			
III) B.T. / TARIFS HORAIRES PARTICULIERS ET ADMINISTRATION  DOUBLE TARIF	Tarif type D1 Non industriel	Heures de pointe (10h à 14 h et 16h à 19h)	Heures pleines (0h à 10h, 14h à 16h et 19h à 0h)											
	Tarif type D2 Industriel	165	88	8 538	34 582 FCFA par kW par an	PS X 100 X 165	1 380	4 000	108					
IV) M.T. / TARIFS HORAIRES PARTICULIERS ET ADMINISTRATION  MOYENNE TENSION (MT)	Tarif type E1 Non industriel	140	75	7 115	28 818 FCFA par kW par an	PS X 100 X 140	1 380	4 000	108					
	Tarif type E2 Industriel	139	64	8 538	70 826 FCFA par kW par an	PS X 100 X 139	1 380	4 000	108					
V) H.T. / TARIFS HORAIRES PARTICULIERS  INDUSTRIES EXTRACTIVES ET HAUTE TENSION (HT)	Tarif type G	118	54	7 115	64 387 FCFA par kW par an	PS X 100 X 118	1 380	4 000	108					
	Tarif type H	140	70	7 115	64 387 FCFA par kW par an	PS X 100 X 140	1 380	4 000	108					
ECLAIRAGE PUBLIC Tarif type F	5A - 15A mono	122		381										
	20A et plus mono	122		637										
	10A - 15A triphasé	122		1 022										
	20A et plus triphasé	122		1 144										

**ENSEMBLE, AU SERVICE D'UNE GRANDE AMBITION!**

## Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

### Annexe 5: Bureautique et biens de consommation

<b>AUTRES APPAREILS</b>				
TYPE		NOMBRE	PUISSANCE (w)	PUISSANCE TOTALE (W)
Ordinateur		1	140,8	140,8
chauffe-eau		1	264	264
photocopieuse		1	633,6	633,6
imprimante		1	440	440
réfrigérateur		1	740	740
ordinateur bureau		1	220	220
chauffe-eau		1	286	286
photocopieuse		1	264	264
ordinateur portable		1	58,5	58,5
Téléviseur LED		1	130	130
imprimante		1	528	528
photocopieuse		1	369,6	369,6
broyeur		1	299,2	299,2
Chauffe-eau		1	633,6	633,6
imprimante		1	440	440
chauffe-eau		1	1400	1400
Brasseur d'air		1	65	65
ordinateur		2	140,8	281,6
Brasseur d'air		2	65	130
chauffe-eau		1	633,6	633,6
Brasseur d'air		1	65	65
Ordinateur		1	114,4	114,4
imprimante		1	440	440
Broyeur		1	176	176
Brasseur d'air		1	65	65
imprimante		2	352	704
Ordinateur		1	281,6	281,6
Imprimante		1	220	220
ordinateur Bureau		1	140,8	140,8
chauffe-eau		1	440	440
BAES		4		
réfrigérateur		1	380	380
BAES		5		0
Cafetière		1	980	980
micro-onde		1	1450	1450
BAES		1		
Caméra de surveillance		1	6	6
BAES		1		
Caméra de surveillance		2	6	12
BAES		1		

Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

Caméra de surveillance	1	6	12
Caméra de surveillance	3	6	18
ordinateur bureau	1	132	132
Chauffe-eau	1	1100	1100
Imprimante	1	440	440
Radio	1	5	5
Détecteur de faux billets	1	176	176
imprimante	1	510,4	0
ordinateur bureau	1	140,8	0
ordinateur portable	1	65	0
imprimante	1	264	264
imprimante	1	352	352
chauffe-eau	1	546	546
chauffe-eau	1	1000	1000
ordinateur bureau	2	140,8	281,6
imprimante	1	510,4	0
ordinateur portable	1	65	0
ordinateur fixe	1	137,28	0
imprimante	1	352	352
ordinateur portable	1	65	65
ordinateur bureau	1	105,6	105,6
Imprimante	2	510,4	1020,8
Ordinateur bureau	1	176	176
Ordinateur portable	1	75	75
réfrigérateur	1	60	60
Télévision	1	120	120
projecteur	1	510,4	510,4
chauffe-eau	1	1000	1000
chauffe-eau	1	1100	1100
ordinateur bureau	1	132	132
ordinateur portable	1	65	65
imprimante	1	457,6	457,6
imprimante	1	457,6	457,6
Télévision Led Gfrmt	1	165	165
Télévision Led Pfrmt	1	35	35
Ordinateur bureau	6	132	792
chauffe-eau	2	300	600
Terminal	1	176	176
chauffe-eau	1	1056	1056
Ordinateur bureau	1	140,8	140,8
imprimante	1	510,4	510,4
ordinateur portable	2	64	128
ordinateur bureau	1	140,8	140,8
ordinateur portable	1	65	65

Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

imprimante	1	510,4	510,4
réfrigérateur	1	2000	2000
chauffe-eau	1	587,84	587,84
ordinateur portable	1	85	85
Ordinateur bureau	1	140,8	140,8
imprimante	1	528	528
chauffe-eau	1	800	800
réfrigérateur	1	123	123
ordinateur bureau	1	140,8	140,8
imprimante	1	616	616
chauffe-eau	1	1400	1400
réfrigérateur	1	123	123
imprimante	1	528	528
ordinateur	1	140,8	140,8
brasseur d'air	1	65	65
imprimante	3	809,6	2428,8
photocopieuse	3	528	1584
chauffe-eau	1	700	700
ordinateur	1	140,8	140,8
ordinateur bureau	1	140,8	140,8
photocopieuse	1	633,6	633,6
imprimante	1	440	440
chauffe-eau	1	700	700
ordinateur	2	140,8	281,6
imprimante	1	440	440
chauffe-eau	1	1000	1000
imprimante	1	616	616
ordinateur bureau	1	140,8	140,8
Chauffe-eau	1	800	800
BAES	2		
Caméra de surveillance	2	6	12
BAES	2		
Caméra de surveillance	2	6	12
BAES	2		
Caméra de surveillance	2	6	12
BAES	1		
Caméra de surveillance	1	6	18
ordinateur bureau	2	140,8	281,6
chauffe-eau	2	65	130
Radio	1	9	9
imprimante	2	563,2	1126,4
chauffe-eau	1	65	65
ordinateur bureau	2	140,8	281,6

Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

imprimante		2	528	1056
chauffe-eau		1	1100	1100
réfrigérateur		1	65	65
télévision		1	211,2	211,2
ordinateur bureau		1	132	132
imprimante		1	528	528
imprimante		1	633,6	633,6
imprimante		1	792	792
imprimante		1	528	528
ordinateur bureau		1	211,2	211,2
ordinateur portable		1	45	45
réfrigérateur		1	85	85
Imprimante hp		2	528	1056
ordinateur bureau		1	140,8	140,8
chauffe-eau		1	550	550
imprimante hp		1	616	616
imprimante braver		1	792	792
Réfrigérateur sharp		1	74	74
Téléviseur sumsung		1	133	133
Broyeur		1	140,8	140,8
Cafetière		1	1600	1600
Cafetière Philips		1	1080	1080
Cafetière Philips Senseo		1	1450	1450
cafétière Krups		1	1260	1260
Décodeur		1	25	25
Scanner		1	4	4
Cafetière GEEPAS		1	800	800
ordinateur portable		1	264	264
ordinateur bureau		1	140,8	140,8
imprimante		1	660	660
broyeur		1	280	280
imprimante HP		1	616	616
ordinateur bureau		1	140,8	140,8
imprimante hp		1	440	440
Presse-fruit		1	40	40
imprimante		1	510,4	510,4
chauffe-eau		1	1000	1000
Téléviseur		1	130	130
Réfrigérateur		1	74	74
Cafetière malongo		1	1250	1250
Cafetière BOMANN		1	1400	1400
Cafetière magimix		1	1260	1260
imprimante		1	264	264
ordinateur bureau		1	140,8	140,8



Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

<b>ordinateur portable</b>		1	396	396
<b>ordinateur bureau</b>		1	140,8	140,8
<b>ordinateur portable</b>		1	65	65
<b>imprimante</b>		2	510,4	1020,8
<b>chauffe-eau</b>		1	900	900
<b>Ordinateur bureau</b>		1	211,2	211,2
<b>Imprimante hp</b>		1	352	352
<b>imprimante hp</b>		1	616	616
<b>radio</b>		1	18	18
<b>chauffe-eau</b>		1	800	800
<b>réfrigérateur</b>		1	85	85
<b>Ordinateur fixe</b>		1	140,8	140,8
<b>ordinateur portable</b>		1	281,6	281,6
<b>imprimante</b>		1	792	792
<b>imprimante</b>		1	440	440
<b>imprimante hp</b>		1	440	440
<b>imprimante braver</b>		1	792	792
<b>imprimante hp</b>		1	528	528
<b>chauffe-eau</b>		1	645	645
<b>Ordinateur bureau</b>		1	105,6	105,6
<b>imprimante</b>		1	651,2	651,2
<b>ordinateur bureau</b>		1	140,8	140,8
<b>cafetière</b>		1	1100	1100
<b>ordinateur bureau</b>		1	105,6	105,6
<b>imprimante braver</b>		1	792	792
<b>imprimante hp</b>		1	440	440
<b>fax</b>		1	14,432	14,432
<b>chauffe-eau</b>		1	792	792
<b>imprimante hp</b>		1	440	440
<b>cafetière</b>		1	1100	1100
<b>imprimante hp</b>		1	616	616
<b>ordinateur bureau</b>		1	140,8	140,8
<b>ordinateur bureau</b>		1	140,8	140,8
<b>BAES</b>		2		
<b>Caméra de surveillance</b>		1	6	12
<b>BAES</b>		2		
<b>Caméra de surveillance</b>		1	6	12
<b>BAES</b>		2		
<b>Caméra de surveillance</b>		1	6	12
<b>BAES</b>		1		
<b>Caméra de surveillance</b>		1	6	18
<b>ordinateur bureau</b>		1	281,6	281,6
<b>imprimante</b>		1	352	352
<b>chauffe-eau</b>		1	670	670

Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

<b>réfrigérateur</b>		1	74	74
<b>télévision</b>		1	211,2	211,2
<b>imprimante</b>		1	440	440
<b>ordinateur bureau</b>		1	140,8	140,8
<b>imprimante</b>		1	528	528
<b>chauffe-eau</b>		1	1100	1100
<b>Ordinateur portable</b>		1	75	75
<b>imprimante</b>		1	528	528
<b>FAX</b>		1	9,328	9,328
<b>imprimante</b>		1	616	616
<b>ordinateur bureau</b>		1	140,8	140,8
<b>ordinateur bureau</b>		1	140,8	140,8
<b>photocopieuse</b>		1	792	792
<b>chauffe-eau</b>		1	645	645
<b>imprimante</b>		1	528	528
<b>ordinateur bureau</b>		1	140,8	140,8
<b>réfrigérateur</b>		1	115	115
<b>FAX</b>		1	11,792	11,792
<b>Cafetière</b>		1	1100	1100
<b>ordinateur bureau</b>		1	132	132
<b>ordinateur portable</b>		1	65	65
<b>chauffe-eau</b>		1	1100	1100
<b>imprimante</b>		1	281,6	281,6
<b>ordinateur bureau</b>		1	132	132
<b>chauffe-eau</b>		1	1100	1100
<b>ordinateur bureau</b>		1	140,8	140,8
<b>photocopieuse</b>		1	475,2	475,2
<b>photocopieuse</b>		1	528	528
<b>ordinateur portable</b>		1	70	70
<b>ordinateur bureau</b>		1	140,8	140,8
<b>Ordinateur bureau</b>		1	105,6	105,6
<b>Ordinateur fixe</b>		1	140,8	140,8
<b>imprimante hp</b>		1	440	440
<b>imprimante</b>		1	325,6	325,6
<b>BAES</b>		2		
<b>Caméra de surveillance</b>		2	6	12
<b>BAES</b>		1		
<b>Caméra de surveillance</b>		2	6	12
<b>BAES</b>		2		
<b>Caméra de surveillance</b>		2	6	12
<b>BAES</b>		2		
<b>Caméra de surveillance</b>		2	6	18
<b>télévision</b>		1	65	65
<b>chauffe-eau</b>		1	264	264

Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

brasseur d'air		1	65	65
chauffe-eau		1	228,8	228,8
ordinateur bureau		1	132	132
chauffe-eau		1	1100	1100
réfrigérateur		1	65	65
imprimante		1	528	528
imprimante		2	440	880
brasseur d'air		1	65	65
ordinateur bureau		2	132	264
ordinateur bureau		1	132	132
Caméra de surveillance		1	6	
brasseur d'air		1	65	65
BAES		1		
Caméra de surveillance		1	6	6
Caméra de surveillance		3	6	12

*Annexe 6: Climatiseur RDC*

N°.BUREAU	CLIMATISEURS					
	TYPE	NOMBRE	Puissance Electrique(w)	PUISSANCE frigorifique EN W	coefficient de performance	PUISSANCE TOTALE (W)
<b>B003</b>	Sharp	1	1790	5010	0,357285429	1790
<b>B004</b>	Sharp	1	1610	6700	4,161490683	1610
<b>B034</b>	Sharp	1	1700	5010	2,947058824	1700
<b>B039</b>	Panasonic	1	1760	5000	2,8409	0
<b>Sécurité + Hall</b>	Samsung	1	1880	5010	2,664893617	1880

## Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

### Annexe 7: Climatiseurs R+1

N°.BUREAU	CLIMATISEURS					
	TYPE	NOMBRE	Puissance Electrique(w)	PUISSANCE frigorifique EN W	coefficient de performance	PUISSANCE TOTALE (W)
<b>B103</b>	Sharp	2	1970	5010	2,543147208	3940
<b>B105</b>	Samsung	2	2500	6700	2,68	5000
<b>B111</b>	Sharp	2	1970	5010	2,543147208	3940
<b>B113</b>	Sharp	1	1120	3500	3,125	1120
<b>B117</b>	Sharp	2	1880	5010	2,664893617	3760
<b>B118</b>	LG	1	1800			1800
	Sharp	1	1200			1200
<b>B119</b>	Sharp	1	1970	5010	2,543147208	1970
<b>B120</b>	Sharp	1	1190	5010	4,210084034	1190
<b>B121</b>	Sharp	1	1091	3500	3,208065995	1091

Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

<b>Magasin</b>	Sharp	3	1210			3630
<b>cantine</b>	Sharp	7	1610	6700	4,16149068 3	11270
				5200	3,22981366 5	11270
<b>Caisse 2</b>	Sharp	1	1790	5010	2,79888268 2	1790

Annexe 8: Climatiseurs R+2

N°.BUREAU	CLIMATISEURS					
	TYPE	NOMBRE	Puissance Electrique(w)	PUISSANCE frigorifique EN W	coefficient de performance	PUISSANCE TOTALE (W)
B211	Sharp	1	1090	3500	3,2110091 74	1090
B212	Sharp	1	1090	3500	3,2110091 74	1090
B213	Sharp	1	1090	3500	3,2110091 74	1090
B215	Sharp	1	2150	5100	2,3720930 23	2150
B217	Sharp	1	1880	5010	2,6648936 17	1880

Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

B218	Sharp	1	2150	5100	2,3720930 23	2150
B219	Sharp	2	1260	3500	2,7777777 78	2520
	Sharp	2	2610	6710	2,5708812 26	5220
221	Sharp	1	2410	5100	2,1161825 73	2410
B222	Sharp	1	2410	5100	2,1161825 73	2410
B223	Sharp	1	1790	5010	2,7988826 82	1790
B225	Sharp	1	1120	3500	3,125	1120
B227	Sharp	1	1132	3500	3,0918727 92	1132

Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

B228	Sumsung	1	2500	6700	2,68	2500
B231	Sharp	1	1880	6500	3,4574468 09	1880
B232	Sharp	1	1880	6500	3,4574468 09	1880
B233	Sharp	1	1880	5010	2,6648936 17	1880
B234	Sharp	1	2150	5100	2,3720930 23	2150

## Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

### Annexe 9: Climatiseurs R+3

N°.BUREAU	CLIMATISEURS					
	TYPE	NOMBRE	Puissance Electrique(w)	PUISSANCE frigorifique EN W	coefficient de performance	PUISSANCE TOTALE (W)
B302	Sharp	1	1880	6700	3,563829787	1880
B303	Sharp	1	1610	6700	4,161490683	1610
B304	Sumsung	1	2500	6700	2,68	2500
B313	Sharp	1	1790	5010	2,7988	1790
B311	Sharp	1	1790	5010	2,7988826	1790



Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

B315	Sharp	1	1880	6700	3,5638297	1880
B316	Sharp	1	1190	3500	2,9411764	1190
B322	Sharp	1	1880	5010	2,6648936 17	1880
B314						
B323	Sharp	1	1830	6000	3,2786885 25	1830
B324	Sharp	1	1970	5100	2,5888324 87	1970
B327	Sharp	1	1092	3500	3,2051282 05	1092

Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

B328	Sharp	1	1890	5010	2,653651	1890
B329	Sumsung	1	2500	2900	1,16	2500
B337	Sharp	1	1120	3500	3,125	1120
B338	Sharp	1	1292	3500	2,7089783 28	1292
B340	Sharp	1	1880	5010	2,6648936 17	1880
B341	Sharp	1	1292	3500	2,7089783 28	1292
B345	Sharp	1	970	2690	2,7731958 76	970

## Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

### Annexe 10: Climatiseurs R+6

N°.BUREAU	CLIMATISEURS					
	TYPE	NOMBRE	Puissance Electrique(w)	PUISSANCE frigorifique (W)	coefficient de performance	PUISSANCE TOTALE (W)
<b>B317</b>	Sharp	1	1880	5500	2,664893617	1880
<b>B318</b>	Sharp	1	3500	6700	1,914285714	3500
<b>B608</b>	Sumsung	1	1880	5010	2,664893617	1880
<b>B613</b>	Sharp	1	1880	5010	2,664893617	1880
<b>B614</b>	Sharp	1	1880	5010	2,664893617	1880
<b>B616</b>	Sumsung	1	1990	5500	2,763819095	1990
<b>B626</b>	Sharp	1	1880	5500	2,925531915	1880
<b>B627</b>	Sharp	1	1880	5500	2,925531915	1880

## Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

<b>B628</b>	Sharp	1	1960	2460	1,255102041	1960
<b>B632</b>	Sharp	1	2012	2150	1,068588469	2012
<b>B633</b>	Sharp	1	1880	5010	2,664893617	1880
<b>B634</b>	Sharp	1	1880	5010	2,664893617	1880
<b>B635</b>	Sharp	1	1880	5010	2,664893617	1880
<b>B636</b>	Sumsung	1	2500	2900	1,16	2500
<b>B637</b>	Sharp	1	1120	3500	3,125	1120

# Fiche technique du module PV

## SNA solar

Réf: SNA-PVSTD POLY 240 et 250  
équivalent P6-60 et P6-66

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES	P6-60	P6-66
Puissance nominale Pmpp	240 Wc	250 Wc
Tension Umpp	32 V	31,9 V
Courant Impp	7,4 A	7,8 A
Tension en circuit ouvert Uoc	37,8 V	37,9 V
Courant de court circuit Isc	8,5 A	8,6 A
Courant inverse maximal	12 A	12 A
Tension maximale du système	1000 V	1000 V
Rdt du module	16 %	17,1 %

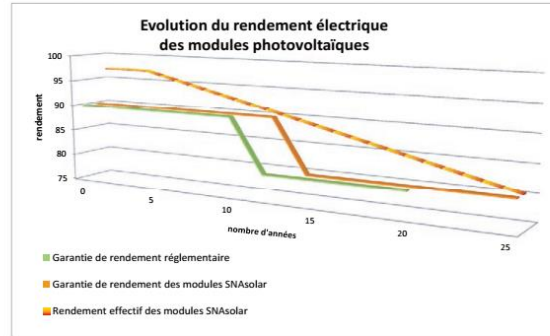
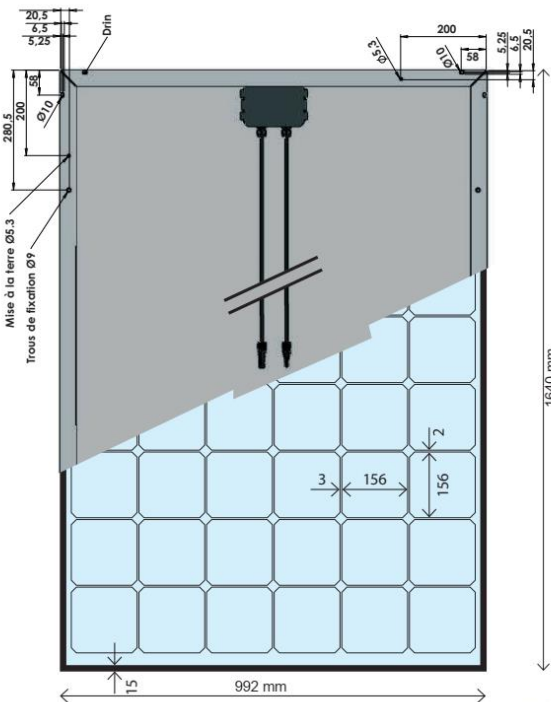
COEFFICIENTS DE TEMPERATURE (donnés à titre indicatif, peuvent varier en fonction des cellules utilisées)

alpha (Isc)	Beta (Uoc)	Gamma (Pmpp)
+0,07 (%/K)	-0,33 (%/K)	-0,41 (%/K)

### CARACTERISTIQUES GENERALES

Cellules polycristallines	156 mm x 156 mm
Dimensions	1640 mm x 992 mm x 42 mm
Poids	env. 22 kg

Susceptible de modifications. Données non contractuelles. Version de février 2014, version d'aujourd'hui disponible sur www.snasolar.com



Connexion de cellules	60 cellules en série
Feuille arrière	blanche
Structure du panneau	Verre / EVA / cellules / EVA / feuille arrière
Épaisseur du verre	4 mm verre solaire trempé de sécurité

### AUTRES DONNEES

Tolérance de puissance	0/+3%
Boîte de jonction	TE Connectivity avec 3 diodes bypass
Connecteurs	Type MC 4 TE Connectivity
Câbles de raccordement	4 mm <sup>2</sup> , longueur 1,20 m chacun
Qualification de la conception et homologation	IEC 61215
Sûreté de fonctionnement	IEC 61730-2
Protection contre les incendies	DIN-EN 13501-5

### CONDITIONS D'EXPLOITATION ADMISSIBLES

Charge d'essai - pression	5400 Pa
Charge d'essai - aspiration	2400 Pa

Conditions de test Standard 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1,5  
Exactitude du sun simulator

10%



## SNA solar

Parc d'activités de Sainte-Anne  
61190 TOUROUVRE  
France  
Tél. : +33 (0)2 33 85 15 15  
Fax. : +33 (0)2 33 25 76 06  
Mail : info@snasolar.com

[www.snasolar.com](http://www.snasolar.com)

## Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

### Annexe 12: Critères de choix de l'onduleur

CARACTERISTIQUES ONDULEUR			VERIFICATION	
designation	SOLIVIA 20 TL			
	Input	Output	Vocmax	757,95
P (W)	20 000	21 000	Vmin	350,00
I <sub>max</sub> (A)	60	30,0	Vmax	800,00
V <sub>max</sub> (V)	1 000	400	Ratio de Puissance (PR)	1,0
nbr d'entree DC		2		
Plage Vdc mppt (V)	350	800	$\Delta V = (T_s - T_{stc}) \times \% \Delta V$	
Taux harmonique (%)			3	Vocmax = V - $\Delta V$
Frequence (Hz)			1	$\Delta P = (T_s - T_{stc}) \times \% \Delta P$
Rendement (%)			98	Pr = P - $\Delta P$

### Annexe 13: Dimensionnement d'un sous-champ PV

	Mois	Rayonnement solaire quotidien - horizontal kWh/m <sup>2</sup> /j	Rayonnement solaire quotidien - incliné kWh/m <sup>2</sup> /j
Ean(kWh)	Janvier	5,54	6,14
Ban(kWh)	Février	6,34	6,79
Temps ensol (H/an)	Mars	6,44	6,59
Temps ensol (H/jr)	Avril	6,34	6,22
Hi(kWh/m <sup>2</sup> /jr)	Mai	6,09	5,79
Pc(kWc)	Juin	5,92	5,55
Pc(kWc) retenu	Juillet	5,51	5,22
	Août	5,19	5,04
	Septembre	5,60	5,63
	Octobre	5,94	6,24
	Novembre	5,85	6,44
	Décembre	5,39	6,04
	<b>Annuel</b>	<b>5,84</b>	<b>5,97</b>

Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

DONNEES		CARACTERISTIQUES MODULE	
		Designation	SNA-PVSTD POLY 250
Pcr total (W)	20 192,97	Voc (V)	37,9
Ambiant temp.	313,15	Vmp (V)	31,9
STC temp.	298,15	Icc (A)	8,6
		Imp (A)	7,8
<b>CHAMP</b>		Pmp (W)	250
		Longueur	1,64
Nbr module	80,77	Largeur	0,992
Nbr ret	80,00	% $\Delta$ U (%/K)	0,0033
Pr	19 999,94	% $\Delta$ P (%/K)	0,0041
<b>CONFIGURATION DU CHAMP</b>			
Strings		champ	
Nbr string	4		
Nbr module en série	20		
Nbr string ret	4	Nbr string	4
Nbr module en série ret	20	Nbr mod/string	20
Vstr	638	Pr	19999,9385
Istr	7,8	Nbr string/entrée ond	2
Surface utile string (m <sup>2</sup> )	33	Espace circulation (m)	1
surface utile champ (m <sup>2</sup> )	130	surface totale champ (m <sup>2</sup> )	190

# Audit énergétique du nouveau bâtiment du siège de LONAB

## Annexe 14: Fiche technique de l'onduleur

### Données techniques SOLIVIA 15 TL / 20 TL

ENTRÉE (CC)		SOLIVIA 15 EU G4 TL	SOLIVIA 20 EU G4 TL	STANDARDS / DIRECTIVES	SOLIVIA 15 EU G4 TL	SOLIVIA 20 EU G4 TL
Puissance PV maximale recommandée		19 kW <sub>p</sub> <sup>1)</sup>	25 kW <sub>p</sub> <sup>1)</sup>	Indice de protection	IP65 / IP55 <sup>4)</sup>	
Puissance nominale		15,3 kW	20,4 kW	Classe de sûreté	I	
Plage de tension		250 ... 1000 V		Paramètres de déconnexion configurables	Oui	
Plage de puissance max. MPP		350 ... 800 V <sup>1)</sup>		Surveillance de l'isolation	Oui	
Courant maximal		48 A (24 A par MPP)	60 A (30 A par MPP)	Comportement en cas de surcharge	Limitation du courant ; limitation de la puissance	
Nombre max. d'optimiseurs MPP		Entrées parallèles : 1 optimiseur MPP Entrées séparées : 2 optimiseurs MPP		Protection anti-îlotage/ Régulation du réseau	VDE 0126-1-1/A1; UTE C15-712-1; France/iles (60 Hz); RD 661/2007; RD 1699/2011; CEI 0-21; Synergnd C10/C11 de juillet 2012; EN 50438; G59/1-2; VDE-AR-N 4105; BDEW; SONDO Classe B & C; VFR 2013; VFR 2014	
Charge d'entrée		Symétrique et asymétrique (33/67 %)		CEM	EN61000-6-2; EN61000-6-3; EN61000-3-11; EN61000-3-12	
<b>SORTIE (CA)</b>				Sécurité	IEC62109-1 / -2; CE compliance	
Puissance (apparente) nominale		15 kVA <sup>2)</sup>	20 kVA <sup>2)</sup>			
Plage de tension		3 x 230 / 400 V (± 20 %) + N + PE <sup>3)</sup>				
Courant nominal (par phase)		22 A	29 A			
Fréquence nominale		50 / 60 Hz				
Plage de fréquences		50 / 60 Hz ± 5 Hz <sup>3)</sup>				
Facteur de puissance réglable		0,8 cap ... 0,8 ind				
Distorsion harmonique totale (THD)		< 3 % @ puissance (apparente) nominale				

- 1) Lors d'une opération avec des entrées CC équilibrées (50/50 %)
- 2) Cos Phi = 1 (VA = W)
- 3) Les plages de tension CA et de fréquence seront programmées conformément aux exigences spécifiques du pays concerné.
- 4) IP65 pour l'électronique/IP55 pour la zone de refroidissement

#### SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES

Nom du modèle	SOLIVIA 15 EU G4 TL	SOLIVIA 20 EU G4 TL
Réf. de pièce Delta	EOE48010362	EOE48010364
Rendement maximal	98 %	
Rendement UE	97,8 %	
Température de fonctionnement	-20 ... +60 °C	
Puissance maximale sans déclassement	-20 ... +40 °C	
Température de stockage	-20 ... +70 °C	
Humidité	5 ... 95 %	
Altitude de fonctionnement max.	2 000 m au-dessus du niveau de la mer	

#### CONCEPTION MÉCANIQUE

Dimensions (L x l x P)	952 x 625 x 275 mm
Poids	67,2 kg
Refroidissement	Convection avec ventilateurs
Raccordement CA	Amphenol C16/3
Connecteur CC	4 paires de Multi-Contact MC4
Interfaces de communication	2 x RJ45 / RS485
Disjoncteur CC	Intégré
Écran	LCD monochrome graphique 5"