



AUDIT ÉNERGÉTIQUE DU BÂTIMENT DE L'AGENCE NATIONALE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE (ANEREE)

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGÉNIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER EN GÉNIE ÉLECTRIQUE ET ÉNERGÉTIQUE

Présenté et soutenu publiquement le 26/07/2021 par :

Prisca Carmelle LANKOUANDE (2014 0744)

Encadrant 2iE : Dr. Aboubakar GOMNA

Maître de stage : Ing. Arsène Innocent DIPAMA

Structure d'accueil du stage : Agence Nationale des Énergies Renouvelables et de l'Efficacité
Énergétique (ANEREE)

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Dr. Edem NTSOUKPOE**

Membres et correcteurs : **Dr. Moussa SORO**
Dr. Aboubakar GOMNA

Promotion [2020/2021]

CITATION

« Le paresseux a des désirs, mais il n'arrive à rien. Au contraire, ceux qui travaillent dur obtiennent tout ce qu'ils veulent. »

Proverbe [13 : 4]

DÉDICACES

Nous tenons à dédier ce modeste travail particulièrement à :

À notre Père céleste,

Qui dans son infini amour et miséricorde,
nous a permis d'arriver au terme de notre formation.

À notre famille,

Quoi que nous disions ou fassions, nous ne pourrions point vous remercier comme il se doit. Vous avez toujours été à nos côtés pour nous guider, nous soutenir, nous encourager, et nous bénir par vos prières. Que ce travail traduise notre gratitude et notre affection. Et puisse l'Éternel vous combler au-delà de vos attentes.

REMERCIEMENTS

Les travaux présentés dans ce mémoire sont le fruit d'un stage effectué au sein de l'ANEREE, entreprise publique de l'État évoluant dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. La réalisation de ce document a été possible grâce aux soutiens et conseils de personnes que nous aimerions remercier et à qui nous voudrions témoigner notre profonde gratitude.

Nous souhaitons adresser nos sincères remerciements à M. Issouf ZOUNGRANA, Directeur général de l'ANEREE pour nous avoir permis de faire ce stage au sein de l'agence. Nous sommes particulièrement reconnaissants envers M. GANSOMNE et M. POUYA, respectivement directeurs de la DCVIS et de la DCTCE pour avoir facilité notre intégration dans leur service et pour les efforts consentis dans la réalisation de notre mission. Merci à l'ensemble de l'équipe de la DCTCE de nous avoir adopté dans leur équipe et pour leurs multiples conseils et soutiens.

Nos vifs remerciements au Dr Aboubakar GOMNA, notre encadreur académique qui a accepté de diriger les travaux de ce mémoire. Qu'il trouve ici notre gratitude pour ses conseils avisés sur les travaux d'audit du bâtiment de l'ANEREE.

Merci à M. Innocent DIPAMA, notre maître de stage et M. Paul MILLOGO qui nous ont fourni les informations nécessaires à la conduite de notre travail et nous ont apporté conseil et soutien. Merci pour votre disponibilité et votre gentillesse.

Nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de nos travaux de fin d'études, plus particulièrement M. Ronaldo ADOKOU et M. Adriano KONKOBO, nos amis et compagnons de tous les jours. Recevez sur ces quelques lignes nos sincères remerciements.

Nous témoignons notre gratitude à l'ensemble du personnel de l'ANEREE et du 2iE avec l'aide de qui nous sommes arrivés aux termes de notre formation.

Que toutes les personnes non citées, qui nous ont soutenu de près ou de loin, trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

RÉSUMÉ

Au vu de l'évolution de la situation énergétique du Burkina, le ministère de l'énergie à travers sa politique sectorielle entend mettre un accent sur l'efficacité énergétique et l'intégration des énergies renouvelables. L'ANEREE a été créée dans le cadre de la mise en œuvre de ces options stratégiques. Premier acteur de l'efficacité énergétique, dans l'optique d'avoir une idée de sa propre position face à ses missions, l'ANEREE a commandité la réalisation d'un audit énergétique en son sein. Cette mission nous a été assignée dans le cadre de notre stage au sein de la structure sous la formulation du thème :

« Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables et de l'Efficacité Énergétique ».

La mission a consisté à réaliser l'état des lieux à travers la collecte de données, l'analyse des factures d'électricité et des données de consommation, la proposition des mesures d'économies d'énergies, ainsi que la production du rapport de l'audit.

Nous avons ainsi fait ressortir des propositions de potentialités avec et sans investissement. Celles-ci sont entre autres la sensibilisation des travailleurs, le remplacement d'équipements non fonctionnels, les mesures d'accompagnement de la sensibilisation, l'installation de batteries de condensateurs, le remplacement des équipements énergivores et la mise en place d'une installation solaire photovoltaïque. La réalisation de ces mesures nécessitera un investissement estimé à 54 084 380 FCFA et engendrera une économie annuelle chiffrée à 11 842 316 FCFA. Le temps de retour sur investissement varie entre 2 ans et 10 ans. Aussi l'entreprise verra sa classe énergétique passer de C à A et son indice d'émission de gaz à effet de serre évoluer de 4 classes, de la classe G à la classe D.

Mots clés :

1. Audit énergétique
2. Efficacité énergétique
3. Mesures d'économie d'énergie
4. ANEREE
5. Installation solaire photovoltaïque

ABSTRACT

In view of the evolution of the energy situation in Burkina Faso, the ministry of Energy through its sectoral policy intends to focus on energy efficiency and the integration of renewable energies. ANEREE, was created within the framework of the implementation of these strategic options. First actor of energy efficiency, in order to have an idea of its own position in front of its missions the ANEREE to commission the realization of an energy audit within it. This mission was assigned to us within the framework of our internship within the structure under the formulation of the theme: « Energy audit of the building of the National Agency for Renewable Energy and Energy Efficiency ».

The mission consisted of the inventory of fixtures through the collection of data, the analysis of electricity bills and consumption data, the proposal of energy saving measures, as well as the production of the audit report.

The potential with and without investment was thus revealed. These are, among others, the sensitization of workers, the replacement of non-functional equipment, measures to accompany the sensitization, the installation of capacitor banks, the replacement of energy-consuming equipment and the installation of a solar photovoltaic installation. The realization of these measures will require an estimated investment of 54,084,380 FCFA and will generate an annual saving of 11,842,316 FCFA. The time of return on investment varies between 2 years and 10 years. Also the company will see its energy class go from C to A and its greenhouse gas emission index will evolve by 4 classes, from class G to class D.

Keywords:

1. Energy audit
2. Energy efficiency
3. Energy saving measures
4. ANEREE
5. Photovoltaic solar installation

LISTES DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

Désignation	Général
2iE	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
ANEREE	Agence Nationale des Énergies Renouvelables et de l'Efficacité Énergétique
BAES	Bloc autonome d'éclairage de sécurité
COP	Coefficient de performance
DPE	Diagnostic de Performance Énergétique
HPL	Heures pleines
HPT	Heures de pointe
HTA	Haute tension catégorie A
LPSE	Lettre de Politique Sectorielle de l'Énergie
LED	Diode électroluminescente
ODD	Objectifs de Développement Durable
PV	Photovoltaïque
RDC	Rez-de-chaussée
SE4ALL	Sustainable Energy For All
SONABEL	Société Nationale d'Électricité du Burkina
TDE	Taxe sur le Développement de l'Électricité
TSDAAE	Taxe de Soutien au Développement des Activités Audiovisuelles de l'État
TVA	Taxe sur la Valeur Ajoutée

TABLE DES MATIÈRES

CITATION.....	2
DÉDICACES	3
REMERCIEMENTS.....	4
RÉSUMÉ.....	5
ABSTRACT	6
LISTES DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	7
TABLE DES MATIÈRES	8
LISTES DES TABLEAUX.....	10
LISTES DES FIGURES	11
INTRODUCTION.....	12
I. GÉNÉRALITÉS	14
I.1. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : ANEREE.....	14
I.1.1. Historique et statut	14
I.1.2. Cadre institutionnel	14
I.1.3. Missions	15
I.1.4. Service d'accueil : DCTCE	16
I.2. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE.....	17
I.2.1. Contexte	17
I.2.2. Problématique	17
I.2.3. Objectifs de l'étude	17
I.3. MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE D'AUDIT.....	17
I.3.1. Étape 1 : État des lieux.....	17
I.3.2. Étape 2 : Analyse des factures de la SONABEL.....	18
I.3.3. Étape 3 : Bilan électrique et thermique	21
I.3.4. Étape 4 : Mesures d'économies d'énergies	24
I.3.5. Étape 5 : Étude de faisabilité.....	25
II. ÉTAT DES LIEUX.....	25
II.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT.....	25
II.1.1. Alimentation électrique	25

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

II.1.2.	Appareillage électrique (Annexe 6 et Annexe 7)	26
II.1.3.	Consommation énergétique et architecture du bâtiment	27
III.	RÉSULTAT DE L'AUDIT	29
III.1.	PRÉ-DIAGNOSTIQUE ÉNERGÉTIQUE	29
III.1.1.	Analyse des coûts de la facturation	29
III.1.2.	Analyse de pénalités	31
III.1.3.	Efficacité énergétique du bâtiment	33
III.2.	DIAGNOSTIQUE DES POSTES DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE	34
III.2.1.	Bilan électrique et bilan thermique	34
III.2.2.	Analyse des différents postes de consommation	40
IV.	MESURES D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIES.....	43
IV.1.	SOLUTIONS IMMÉDIATES.....	43
IV.1.1.	Changement du contrat d'abonnement	43
IV.1.2.	Sensibilisation des travailleurs	43
IV.2.	SOLUTIONS PRIORITAIRES	45
IV.2.1.	Éclairage	45
IV.3.	SOLUTIONS UTILES.....	46
IV.3.1.	Batterie de condensateur.....	46
IV.3.2.	Remplacement des climatiseurs.....	47
IV.3.3.	Installation solaire photovoltaïque.....	52
V.	Récapitulatif des mesures d'économies d'énergies	58
CONCLUSION.....	60

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1: Composition des parois	24
Tableau 2 : Caractéristiques de l'abonnement de l'ANEREE.....	25
Tableau 3 : Résultat des calculs de facturation	29
Tableau 4: Récapitulatif de la consommation d'électricité.....	31
Tableau 5 : Pénalités et bonifications liées au facteur de puissance	31
Tableau 6 : Ratio de consommation d'énergie de l'ANEREE	34
Tableau 7 : Récapitulatif du bilan de puissance	34
Tableau 8 : Récapitulatif du bilan d'énergie	36
Tableau 9 : Bilan thermique du bâtiment A	37
Tableau 10 : Bilan thermique du bâtiment B	38
Tableau 11 : Résultat de la simulation dynamique	39
Tableau 12 : Équipements assurant l'éclairage.....	40
Tableau 13 : COP des systèmes de climatisation.....	42
Tableau 14 : Économie pouvant être générée par la sensibilisation.....	44
Tableau 15 : Coût de maintenance pour le système d'éclairage.....	45
Tableau 16 : Économies réalisables pour la solution Eco 2.....	45
Tableau 17 : Économie pouvant être réalisée grâce aux batteries de condensateur.....	46
Tableau 18 : Climatiseurs de substitution bâtiment A	47
Tableau 19 : Climatiseurs de substitutions bâtiment B	49
Tableau 20 : Comparaison des climatiseurs existants avec ceux de remplacements.....	51
Tableau 21: Analyse financière du remplacement des climatiseurs	52
Tableau 23 : Configuration du champ PV	54
Tableau 24 : Récapitulatif de l'installation PV.....	55
Tableau 25 : Coût d'investissement de l'installation photovoltaïque	55
Tableau 26 : Paramètres de calcul du facteur d'actualisation.....	56
Tableau 27 : Bilan des mesures d'économies d'énergies	58
Tableau 28 : Évaluation de l'efficacité énergétique du bâtiment	59

LISTES DES FIGURES

Figure 1: Organigramme de l'ANEREE.....	15
Figure 2 : Schéma unifilaire des principaux départs du bâtiment	26
Figure 3 : Profil de consommation énergétique de l'ANEREE	27
Figure 4 : Bâtiment de l'ANEREE	28
Figure 5 : Répartition des coûts des paramètres de facturation année 2018	30
Figure 6 : Répartition des coût des paramètres de facturation en 2019	30
Figure 7 : Profil de la puissance maximale enregistrée.....	32
Figure 8 : Étiquette pour l'évaluation de la performance énergétique du bâtiment et étiquette pour l'évaluation de l'émission de gaz à effet de serre du bâtiment[7].....	33
Figure 9 : Répartition de la puissance installée par poste de consommation.....	35
Figure 10 : Répartition de la puissance installée par bâtiment.....	35
Figure 11 : Répartition de la consommation énergétique par poste de consommation.....	36
Figure 12 : Répartition de la consommation énergétique par bâtiment	37
Figure 13: Répartition de la puissance installée d'éclairage par type d'éclairage.....	41
Figure 14 : Schéma illustratif du système solaire photovoltaïque connecté au réseau	54

INTRODUCTION

Le Burkina Faso, à l'instar de nombreux pays d'Afrique Subsaharienne, connaît un important déficit énergétique. En effet, avec une population estimée à 19,75 millions d'habitants en 2018 [1] ; le pays affichait un taux d'électrification national de 21,44 % [2]. Aussi, face à la demande énergétique croissante, à l'augmentation du coût des énergies fossiles et au réchauffement climatique, il est important de trouver des perspectives. Cela, pour assurer une fourniture en énergie suffisante, fiable et propre ; mais aussi veillez à une bonne gestion de l'utilisation de cette énergie.

Afin d'entrer dans les prévisions de l'Objectif de Développement Durable n° 7 de 2030 l'État burkinabé s'est fixé des objectifs. L'ODD n° 7 est relatif à l'accès à une énergie propre et à un coût abordable, et se compose de 4 cibles qui sont :

- ODD 7.1.1 : Accès universel à l'électricité ;
- ODD 7.1.2 : Accès universel à des combustibles et technologies de cuisson propres ;
- ODD 7.2 : Mise en service des énergies renouvelables ;
- ODD 7.3 : Amélioration de l'efficacité énergétique[3].

Ainsi en 2030, le gouvernement dans son agenda d'action relatif au Sustainable Energy For All (SE4ALL), veut atteindre un taux d'électrification national de 65%, avec une couverture électrique totale des localités[4]. Pour atteindre ses objectifs, l'État entend mettre un accent important sur l'efficacité énergétique et la production d'électricité par des sources renouvelables. À cet effet, plusieurs axes stratégiques ont été définis dans le décret N°2016-1063/PRES/PM/MEMC/MINEFID portant adoption de la Lettre de Politique Sectorielle de l'Énergie (LPSE). Dans l'axe 1 de ce décret qui porte sur le développement de la production énergétique des sources renouvelables, le gouvernement a inscrit la mise en place de L'Agence Nationale des Énergies Renouvelables et de l'Efficacité Énergétique[5]. L'agence est chargée de la transition énergétique vers les sources renouvelables, mais aussi de la promotion des solutions d'efficacités énergétiques et d'économies d'énergies.

L'ANEREE, dans l'optique de montrer l'exemple et d'être promotrice des missions qui lui ont été assujetties, a trouvée adéquat d'effectuer une étude sur le bâtiment abritant ses activités administratives. Il s'agissait concrètement de réaliser un audit énergétique du bâtiment afin de déterminer la consommation et la qualité énergétique du bâtiment. Cela, dans l'optique de proposer des solutions d'économies d'énergies chiffrées et argumentées pour permettre à l'agence de juger des investissements appropriés.

Notre rapport d'étude sera hiérarchisé comme suit. Nous aborderons le rapport par des généralités, ensuite nous présenterons la méthodologie de réalisation de l'étude. Par la suite, il sera question de présenter les résultats de l'audit réalisé sur la facturation et sur les postes de consommations. Enfin, nous proposerons les mesures et actions pouvant être envisagées pour réaliser des économies d'énergies.

I. GÉNÉRALITÉS

I.1. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : ANEREE

I.1.1. Historique et statut

Le Burkina Faso comme de nombreux pays connaît une insuffisance sur le plan énergétique. De plus, ces dernières années le pays a connu une forte intégration des ressources renouvelables dans la production d'énergie. En effet en 2018 la part des sources renouvelables dans la production d'électricité nationale est passée de 10% à 14% [6]. Ainsi dans l'optique de faciliter l'intégration et le développement des énergies renouvelables, mais aussi de promouvoir l'efficacité énergétique, l'État a voté un décret portant création et statut de l'ANEREE. Ainsi, le 5 octobre 2016, le conseil des ministres à travers le décret N°2016-1200/PRES/PM/MINEFID/MEMC a créé l'ANEREE. L'agence est un établissement public de l'État (EPE) à caractère économique doté de la personnalité juridique et de l'autonomie financière. L'agence a commencé ses activités en décembre 2016 avec pour mission de susciter, animer, coordonner, faciliter et réaliser toutes opérations ayant pour objet le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique au Burkina Faso.

I.1.2. Cadre institutionnel

L'ANEREE est sous tutelle technique du Ministre chargé de l'énergie et sous la tutelle financière du ministre chargé des finances. Comme tout établissement public, l'ANEREE est administrée par un conseil d'administration et une direction générale. Le directeur général de l'agence est nommé par décret pris en conseil des ministres et il a à sa charge la gestion quotidienne de l'établissement. Plusieurs directions sont sous tutelle de la direction générale. L'organigramme de l'ANEREE est présenté à la Figure 1 ci- après.

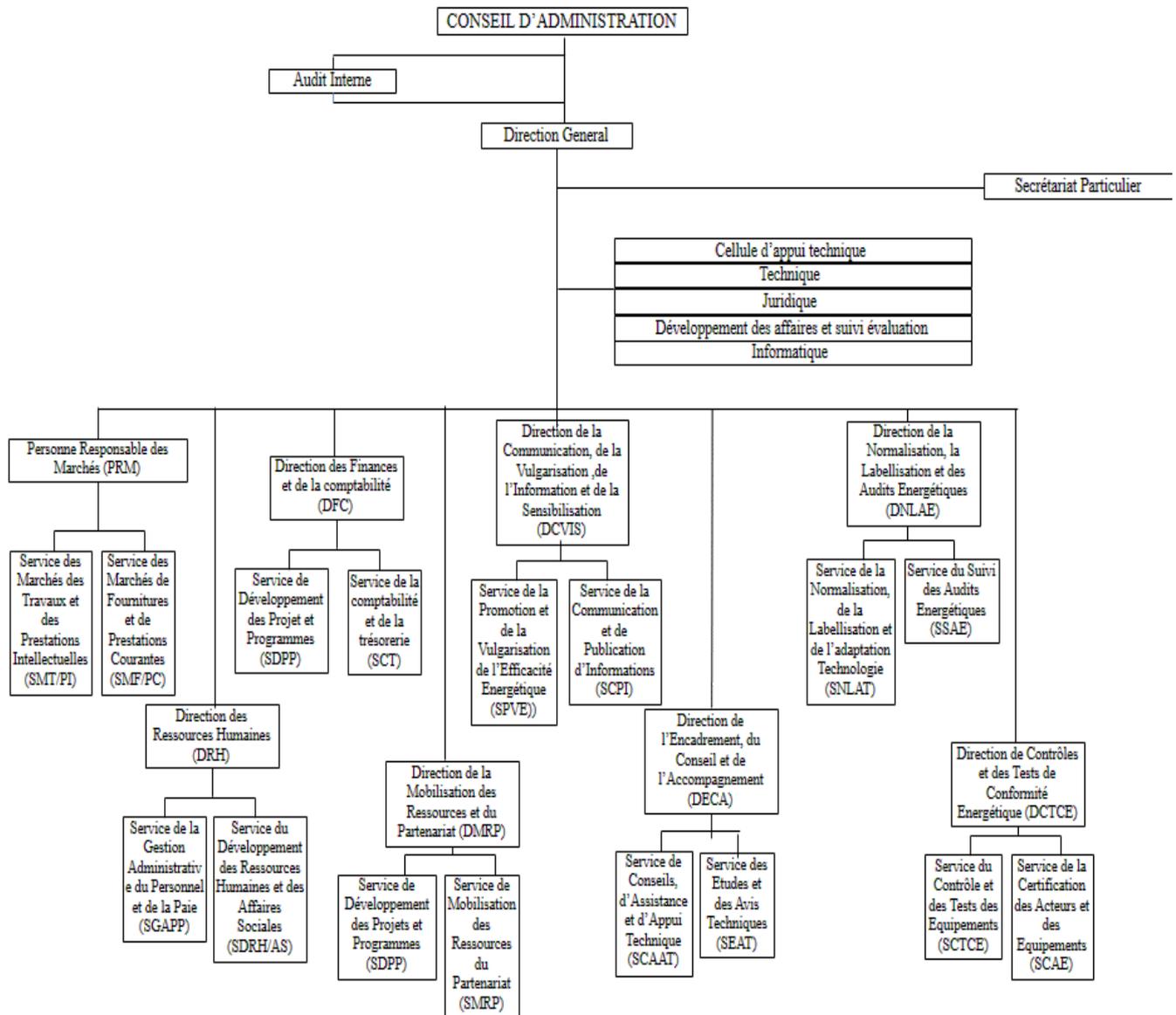


Figure 1: Organigramme de l'ANEREE

I.1.3. Missions

L'ANEREE, selon les dispositions de l'article 12 de la loi n°14 AN du 20 Avril 2017 portant réglementation de l'électricité au Burkina Faso, a pour mission de contribuer à la mise en œuvre de la politique nationale en matière de développement des énergies renouvelables et de promotion de l'efficacité énergétique au Burkina Faso. Ainsi pour consolider l'offre actuelle en énergie elle a pour rôle de :

- Promouvoir les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique à travers l'information, la sensibilisation, la communication, l'éducation et la formation ;
- Susciter, animer, coordonner, faciliter, et réaliser toutes opérations ayant pour objet le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique ;
- Assurer les services de conseil, de mise à niveau et d'accompagnement dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique ;

- Contrôler et tester la conformité par rapport aux normes et règlements en vigueur, les composants, appareils et équipements solaires et électriques en collaboration avec les structures compétentes ;
- Contrôler et tester, par rapport aux normes et exigences d'efficacité énergétique en vigueur, les appareils et équipements électroménagers consommant de l'énergie en collaboration avec les structures compétentes ;
- Proposer et vulgariser les normes et labels en matière d'efficacité énergétique des équipements et appareils en collaboration avec les structures compétentes ;
- Suivre et coordonner la réalisation des audits énergétiques et veiller à la mise en œuvre de leur recommandation ;
- Soutenir la recherche-développement appliquée dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique ayant un impact sur la production et la consommation d'énergie et l'environnement ;
- Organiser et fédérer les acteurs œuvrant dans le domaine des énergies renouvelables et l'efficacité énergétique ;
- Participer à la recherche des partenariats et à la mobilisation des financements internationaux ;
- Soutenir le développement des inventions technologiques concernant les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.

I.1.4. Service d'accueil : DCTCE

Nous avons effectué notre stage au sein de l'ANEREE et plus précisément au niveau de la Direction des Contrôles et Tests de Conformité des Équipements (DCTCE). Cette direction est chargée de contrôler et tester la conformité des équipements énergétiques par rapport aux normes et règlements en vigueur ainsi que les composants, appareils et équipements solaires et électriques en collaboration avec les structures compétentes. Pour cela, la direction travaille à :

- L'élaboration de la politique de l'ANEREE en matière de contrôle et de test de conformité ;
- Le développement des relations avec les différents acteurs de la chaîne de valeurs du secteur ;
- La gestion de la base de données et le suivi des acteurs ;
- Le contrôle et la certification des acteurs du domaine du solaire ;
- L'étude et le traitement des dossiers de demande d'exonération des opérations d'importation d'équipements et appareils solaires ;
- La réalisation du contrôle qualité ;
- La gestion de l'élaboration des tests.

Pour mener à bien sa mission, la DCTCE comprend deux services qui sont :

- Le Service du Contrôle et des Tests des Équipements.
- Le Service de la Certification des Acteurs et des Équipements.

I.2. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

I.2.1. Contexte

L'ANEREE est l'agence en charge de l'efficacité énergétique au Burkina. En tant que premier acteur dans le domaine de l'efficacité énergétique elle se veut être responsable et exemplaire vis-à-vis des autres structures administratives. C'est dans ce cadre que l'agence a décidé de mener une action d'efficacité énergétique au sein du bâtiment abritant ses activités à travers un audit énergétique.

I.2.2. Problématique

L'ANEREE, a réalisé des efforts du point de vue de l'efficacité énergétique dans le choix des équipements électriques installés au sein de son bâtiment. Cependant l'agence désire connaître sa position quant à l'efficacité énergétique de son bâtiment. L'agence souhaiterait avant tout comprendre sa facture énergétique, mais aussi engager des actions pour réduire la facture et améliorer l'efficacité énergétique de son bâtiment.

I.2.3. Objectifs de l'étude

L'audit énergétique est une analyse détaillée des flux d'énergies au sein du bâtiment à travers des diagnostics. Ces diagnostics servent à déterminer le niveau d'efficacité énergétique du bâtiment et l'état des installations. L'objectif général de l'audit est la détection des anomalies et des postes de consommations d'énergie en vue de la réalisation d'économies d'énergies.

Pour notre étude il s'agira spécifiquement de :

- Faire un bilan global de la consommation énergétique ;
- Détecter les gisements d'économies d'énergies ;
- Proposer des actions et chiffrer le coût d'investissement.

I.3. MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE D'AUDIT

I.3.1. Étape 1 : État des lieux

Il a été question ici de prendre connaissance des généralités sur le bâtiment, de noter les problèmes existants, de s'imprégner des attentes des occupants et de déterminer les points potentiels pouvant nous permettre d'atteindre nos objectifs. Nous avons donc :

- **Une collecte des données et suggestions des occupants via une fiche d'enquête**

Une fiche d'enquête a été mise à la disposition des travailleurs afin qu'ils nous communiquent les informations quant aux équipements électriques présents dans leurs bureaux et le nombre d'heures d'utilisation suivant leurs habitudes. La fiche d'enquête a été également un outil

d'évaluation du respect des gestes d'économies d'énergies et a permis à chaque travailleur d'évaluer son confort et d'émettre des suggestions pour améliorer ce confort.

- **Une recherche documentaire des factures d'électricités**
- **Une collecte de données**

Elle a concerné :

- Les relevés des caractéristiques des différents appareils ;
- L'observation des habitudes des consommateurs.

- **Une évaluation des postes potentiels d'économies d'énergies.**

I.3.2. Étape 2 : Analyse des factures de la SONABEL

Afin d'analyser les factures d'électricité, les factures des trois dernières années (janvier 2018-juillet 2020) ont été mises à notre disposition. Nous avons été ainsi à même de dresser le profil de consommation du bâtiment de l'ANEREE, qui nous a donné une idée des pics de consommations, des consommations suivant les périodes de l'année, mais aussi des pénalités auxquelles a été soumise l'agence. Des objectifs ont donc été fixés pour réduire la consommation et éviter de futures pénalités. Les factures ont été au préalable vérifiées. Il est important de rappeler que la facturation pour un abonnement HTA se calcule suivant les paramètres que sont :

- **Coût de la consommation active en heure pleine (FCFA)**

Les heures pleines désignent les heures pendant lesquelles la demande énergétique est la moins élevée. Pour ce qui est de la SONABEL les heures pleines représentent les tranches horaires 0h-10h ; 14h-16h ; et 19h-0h. Suivant les heures pleines et le tarif en heure pleine donné par l'Annexe 1, le coût de la consommation en heure pleine est déterminé par la relation (1).

$$\text{Coût}_{\text{Consommation active HPL}} = \text{Energie active}_{\text{HPL}} \times \text{Tarif}_{\text{HPL}} \quad (1)$$

Avec : Coût_{Consommation active HPL} : le coût de la consommation d'énergie active en heure pleine(FCFA) ;

Énergie active_{HPL} : l'énergie active consommée en heure pleine (kWh) ;

Tarif_{HPL} : le coût de l'énergie active en heure pleine (FCFA/kWh).

- **Coût de la consommation active en heure de pointe (FCFA)**

Les heures de pointes sont celles pendant lesquelles nous avons des pics de consommations. . Pour ce qui est de la SONABEL les heures de pointes représentent les tranches horaires 10h-14h ; et 16h-19h Suivant les heures de pointes et le tarif en heure de pointe donné par l'Annexe 1, le coût de la consommation en heure de pointe est déterminé par la relation (2).

$$\text{Coût}_{\text{Consommation active HPT}} = \text{Énergie active}_{\text{HPT}} \times \text{Tarif}_{\text{HPT}} \quad (2)$$

Avec : Coût_{Consommation active HPT} : le coût de la consommation d'énergie active en heure de pointe (FCFA)

Énergie active_{HPT} : l'énergie active consommée en heure de pointe (kWh) ;

Tarif_{HPT} : le coût de l'énergie active en heure de pointe (FCFA/kWh).

- **Prime fixe (FCFA)**

La prime fixe est considérée comme la contrepartie que la SONABEL demande à l'abonné pour lui fournir en permanence le niveau de puissance demandé. Elle est fonction de la catégorie d'abonnement et du type de tarif choisi. Pour la HTA de type E1, qui correspond à notre cas d'étude, la prime fixe annuelle est de 70 826 FCFA/kW/an (Annexe 1).

Lorsque le facteur de puissance des installations de l'abonné est inférieur ou égal à 0,8, les coûts de la consommation sont affectés d'un coefficient de majoration. On parle de pénalités pour mauvais facteur de puissance. Une minoration est affectée lorsque le facteur de puissance est supérieur ou égal à 0,9. On parle de bonification pour bon facteur de puissance. Suivant les majorations et minorations, les coûts liés à la consommation en énergie active et le coût lié à la prime fixe sont donnés par les relations (3), (4) et (5).

$$\text{Coût}_{\text{Consommation active HPL}} = \text{Énergie active}_{\text{HPL}} \times \text{Tarif}_{\text{HPL}} \times m \quad (3)$$

Avec : Coût_{Consommation active HPL} : le coût de la consommation d'énergie active en heure pleine (FCFA)

Énergie active_{HPL} : l'énergie active consommée en heure pleine (kWh) ;

Tarif_{HPL} : le coût de l'énergie active en heure pleine (FCFA/kWh).

m : le coefficient de majoration ou de minoration

$$\text{Coût}_{\text{Consommation active HPT}} = \text{Énergie active}_{\text{HPT}} \times \text{Tarif}_{\text{HPT}} \times m \quad (4)$$

Avec : Coût_{Consommation active HPT} : le coût de la consommation d'énergie active en heure de pointe (FCFA)

Énergie active_{HPT} : l'énergie active consommée en heure de pointe (kWh) ;

Tarif_{HPT} : le coût de l'énergie active en heure de pointe (FCFA/kWh).

m : le coefficient de majoration ou de minoration

$$Prime\ fixe = \frac{P_{souscrite} \times Tarif_{prime\ fixe\ annuelle} \times m}{12} \quad (5)$$

Avec : Prime fixe : la prime fixe mensuelle (FCFA) ;

$P_{souscrite}$: la puissance souscrite (kW) ;

$Tarif_{prime\ fixe\ annuelle}$: la prime fixe annuelle (FCFA/kW/an) ;

m : le coefficient de majoration ou de minoration

- **Pénalité de dépassement de puissance souscrite (FCFA)**

En HTA, l'abonné doit payer une pénalité en cas de dépassement de puissance souscrite, cette dernière correspond à l'utilisation de la puissance atteinte pendant 30 h au tarif en heure de pointe.

$$Pénalité_{DPS} = (P_{enregistrée} - P_{souscrite}) \times Tarif_{HPT} \times 30 \quad (6)$$

Avec : Pénalité_{DPS} : la pénalité de dépassement de puissance souscrite (FCFA) ;

$P_{enregistrée}$: la puissance maximale atteinte au cours du mois (kW) ;

$P_{souscrite}$: la puissance souscrite (kW) ;

$Tarif_{HPT}$: le tarif en heure de pointe (FCFA/kWh).

- **Taxes diverses (FCFA)**

Les taxes diverses se composent de :

- La redevance ou taxe sur la location et l'entretien du système de comptage qui concerne les frais de location du compteur d'électricité ainsi que la contribution de l'abonné à l'entretien du système de comptage. Cette taxe est fonction du type d'abonnement. Pour l'abonnement HTA de type E1 elle s'élève à 8538 FCFA ;
- La Taxe de Soutien au Développement des Activités Audiovisuelles de l'État (TSDAAE), qui est un prélèvement de 2 FCFA/kWh que la SONABEL retient mensuellement sur chaque abonné au profit du trésor public pour les besoins de l'état en matière de développement des activités audiovisuelles ;
- La Taxe de Développement de l'Électricité (TDE) qui correspond à un prélèvement effectué sur chaque abonné de la SONABEL pour le financement de l'électrification rurale. Cette taxe est chiffrée à 2 FCFA/kWh ;
- La Taxe sur la Valeur Ajoutée (TVA) qui est prélevée à hauteur de 18% des différents coûts (coût de la consommation en énergie active, prime fixe, pénalité due au dépassement de puissance souscrite, redevance, TSDAAE, TDE).

- **Facture complémentaire**

En dehors de la facturation normale, il existe d'autres types de factures qui sont établies de

façon exceptionnelle comme la facture complémentaire pour dépassement de la puissance souscrite. Un avenant est émis sur la base de la quatrième facture mensuelle lorsque 3 dépassements consécutifs sont constatés à l'exception des mois chauds de mars, avril et mai. En effet, l'une des clauses du contrat avec la SONABEL stipule que l'utilisateur a droit à 3 dépassements/an au maximum de la puissance souscrite. Dans le cas contraire, la SONABEL est en droit d'appliquer dès le quatrième dépassement constaté, la puissance maximale atteinte par l'abonné.

Le montant total de la facture est donné par (7):

$Montant_{Facture} = (3) + (4) + (5) + (6) + Taxes$	(7)
---	-----

L'ensemble de ces paramètres a été intégré dans une feuille de calcul Excel afin de procéder à une analyse de la facturation.

I.3.3. Étape 3 : Bilan électrique et thermique

Pour analyser nos différents postes de consommation nous avons fait un bilan électrique et un bilan thermique.

- **Bilan électrique**

Le bilan électrique issu du bilan de puissance a permis de connaître la puissance installée du bâtiment et d'évaluer les besoins énergétiques. Afin de réaliser le bilan de puissance, nous avons recensé tous les récepteurs électriques et circuits à alimenter, mais aussi les caractéristiques de l'installation. Par la méthode de Boucherot donnée par l'équation (8) nous avons déterminé la puissance active et en utilisant le $\cos \varphi$ moyen sur les deux années la puissance apparente de l'installation.

$S = \frac{\sum(P/\eta) \times k_s \times k_u}{\cos \varphi}$	(8)
---	-----

Avec : S : La puissance apparente de l'installation (kVA),

P : La puissance active des équipements (kW),

η : Le rendement des équipements (Annexe 4),

Ks : Les coefficients de simultanéités liés aux récepteurs (Annexe 2) et aux circuits (Annexe 3),

Ku : Le coefficient d'utilisation des récepteurs (Annexe 4),

$\cos \varphi$: Le facteur de puissance de l'installation 0,88.

Ce qui nous a permis par la suite de déterminer avec les temps d'utilisation, la consommation énergétique de chaque niveau et la part de consommation énergétique par type de récepteur.

- **Bilan thermique**

Le bilan thermique a été réalisé par la méthode détaillée en se basant sur les données de l'Annexe 5 et les surfaces d'échanges. Une simulation dynamique des charges thermiques a été aussi faite via le logiciel pléiades. Le logiciel pléiades permet l'évaluation des charges thermiques d'un bâtiment mais également l'Analyse du Cycle de Vie (ACV).

- Méthode détaillée

Nous avons évalué les apports calorifiques dus à l'air atmosphérique extérieur, les apports calorifiques venant du soleil et les apports calorifiques dus aux sources de chaleurs internes.

- Les apports calorifiques dus à l'air atmosphérique extérieur

Ils représentent la chaleur transmise de l'extérieur du local vers l'intérieur. On a :

Les gains de chaleurs par les murs externes, les vitres, le plancher, les plafonds et toitures obtenues par la relation (9).

$Q = H \times S \times \Delta T$	(9)
----------------------------------	-----

Avec : Q : la chaleur échangée par les parois des murs, ou les vitres, ou le plafond, ou le plancher, ou la toiture (W) ;

H : le coefficient global d'échange thermique pour les parois des murs, ou les vitres, ou le plafond, ou le plancher, ou la toiture ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$) ;

S : la surface totale des murs extérieurs, ou des vitres, ou du plafond, ou du plancher, ou de la toiture (m^2) ;

ΔT : l'écart de température entre extérieur et intérieur (K).

- Les apports calorifiques venant du rayonnement solaire

Les gains de chaleurs dus au rayonnement solaire par les parois opaques, obtenue par la relation (10).

$Q = H \times S \times \Delta T_f$	(10)
------------------------------------	------

Avec : Q : la chaleur échangée par la paroi (W) ;

H : le coefficient global d'échange thermique de la paroi ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$) ;

S : la surface totale de la paroi (m^2) ;

ΔT_f : l'écart de température fictif (K) donnée par la relation (11)(18) :

$\Delta T_f = \frac{a \times G}{h_e} \times F$	(11)
--	------

Avec : a : le facteur d'absorption

G : le rayonnement global (W/m^2)

h_e : le coefficient de convection ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$).

Les gains solaires par les parois vitrés, donnés par l'équation (12).

$Q = g \times F \times S \times G$	(12)
------------------------------------	------

Avec : g : le facteur solaire de la vitre ;

F : le facteur correctif dû à la présence des rideaux ;

S : la surface de la vitre (m²) ;

G : le rayonnement global tombant sur la vitre (W/m²)

h_e : le coefficient de convection (W/m²·K⁻¹).

Les gains par infiltration d'air obtenue par l'équation (13).

$Q = Q_s + Q_l$	(13)
-----------------	------

Avec : Q_s : la chaleur sensible échangée par infiltration d'air (W) ;

Q_l : la chaleur latente échangée par infiltration d'air (W).

- Les gains calorifiques dus aux sources de chaleurs internes

Les gains par renouvellement d'air ;

Les gains calorifiques dus aux personnes ;

Les gains calorifiques dus aux équipements électriques donnés par la relation (14).

$Q = P_n$	(14)
-----------	------

Avec : P_n : la puissance nominale des appareils (W).

Ainsi suite à l'évaluation de chacune de ces charges, nous avons été à même d'évaluer les charges thermiques à vaincre pour la climatisation et l'efficacité du système de climatisation en place.

- Simulation dynamique

Après la modélisation du bâtiment, nous avons défini les données de base de la simulation dynamique. C'est-à-dire la composition des parois, le scénario d'utilisation des pièces, et les différents équipements.

Définition des données du projet

Composition des parois : nous avons défini la composition des parois de l'extérieur vers l'intérieur. Le détail des compositions est donnée dans le

Tableau 1.

Tableau 1: Composition des parois

Parois	Composition	Épaisseur (cm)	H_e ($W/m^2 \cdot K^{-1}$)
Murs	Parpaing	25	2,53
	Enduit	2	
Plancher	Béton	20	1,75
	Enduit	2	
Plancher intermédiaire	Hourdis	20	1,1
	Béton	12	
	Enduit	2	
Plafond	Tôle	0,63	1,6
	Comble	50	
	Plâtre	2	

Les menuiseries ont été ensuite choisies et les pièces ont été définies.

Les scénarios : il a été question de définir :

Les consignes de températures : $T_{clim} = 23^\circ C$; $T_{limite_haute_d'inconfort} = 27^\circ C$;

$T_{limite_basse_d'inconfort} = 22^\circ C$,

Le scénario d'occupation : Espaces de travail partagés = 6 occupants, bureaux = 1 occupant,

Salle de réunion = 1,6 occupant/m². L'occupation est de 8h/jour pour 5jours dans la semaine.

La chaleur dégagée par le métabolisme humain est de : 80W/occupant,

La puissance dissipée par les équipements électriques : bureaux et espaces de travail partagés = 10,41W/m², couloir = 0,92W/m²,

Le pourcentage d'occultation lié aux rideaux intérieurs et à la fréquence d'ouverture,

Le pourcentage de ventilation ou de renouvellement d'air : 18m³/h· Personne,

La simulation dynamique est réalisée sur une période d'un an.

I.3.4. Étape 4 : Mesures d'économies d'énergies

Suite à la collecte des attentes et suggestions des occupants, à l'analyse de la facture énergétique et au bilan énergétique ; nous avons obtenu une vision globale de la situation de l'agence. Nous avons été ainsi à même d'orienter l'entreprise vers les gisements potentiels d'économies

d'énergies. Une étude ciblée de ces gisements d'économies d'énergies nous a permis par la suite de proposer un ensemble d'actions à mettre en œuvre pour réduire la consommation du bâtiment de l'ANEREE tout en respectant le confort des usagers.

I.3.5. Étape 5 : Étude de faisabilité

Après avoir déterminé les gisements d'économie d'énergies pouvant être exploitées et proposé des actions systématiques et correctives pour les exploiter, il est important de s'interroger sur leur faisabilité. Cela implique le volet financier, technique et organisationnel. Mener une étude de faisabilité permet d'évaluer les objectifs visés, d'établir les conditions de réussite du projet en termes de finance, de ressources humaines, de compétences, de matériel, de temps, etc. Elle permet également d'examiner différents scénarios possibles des mesures et de planifier leur mise en œuvre. Le temps de retour sur investissement est un indicateur clé pour décider de la viabilité des solutions qui seront présentées.

II. ÉTAT DES LIEUX

II.1. PRÉSENTATION DU BÂTIMENT

Le siège de l'agence est un bloc de bâtiments administratifs R+4 qui se compose de deux bâtiments A et B. Le bâtiment A dispose d'une surface habitable de 1609,31 m² et le bâtiment B une superficie de 506,88 m². Soit une surface habitable totale de 2116,19 m². L'ensemble des bâtiments est orienté Ouest / Est.

II.1.1. Alimentation électrique

Le bâtiment de l'ANEREE est alimenté en moyenne tension HTA catégorie E1 par la SONABEL et dispose d'un groupe électrogène de secours de 250 kVA. L'abonnement inclut un transformateur de 160 kVA (Figure 2). Les détails de l'abonnement sont consignés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques de l'abonnement de l'ANEREE

Nom de l'abonné	ANEREE
Type d'abonné	21526
Numéro de police	123162x
Type d'abonnement	HTA avec transformateur
Puissance souscrite	50 kW

Puissance transformateur	160 kVA
Puissance condensateur installé	-

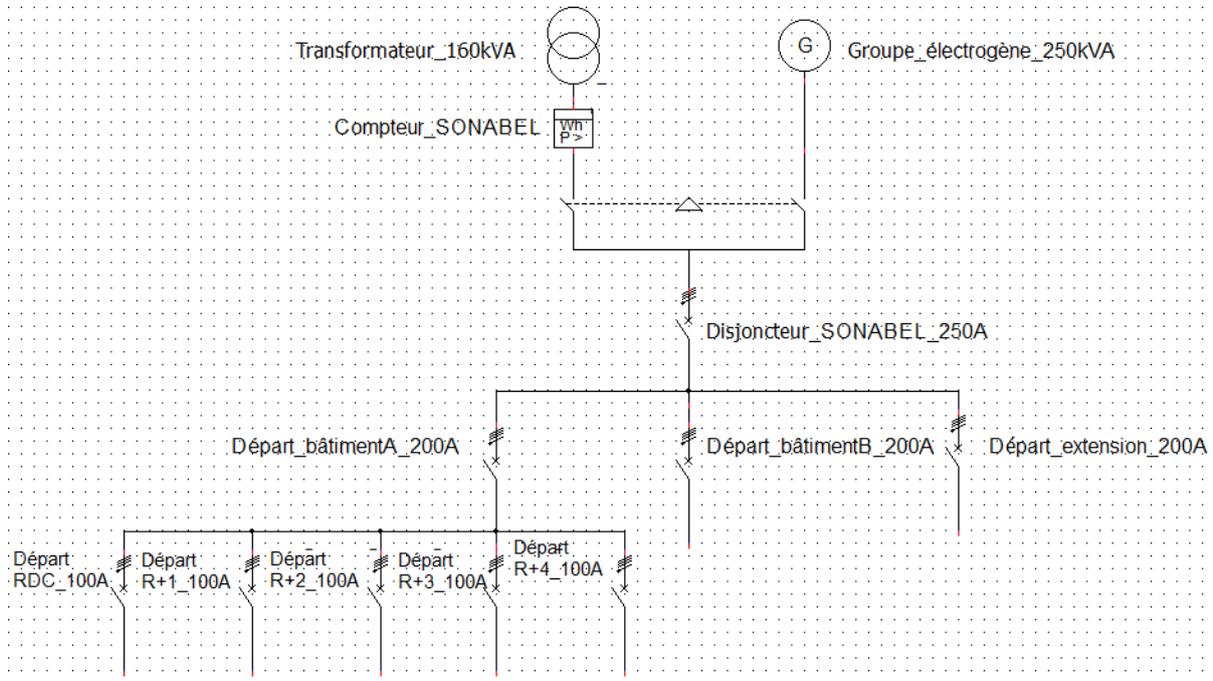


Figure 2 : Schéma unifilaire des principaux départs du bâtiment

Le comptage est fait en double tarif c'est-à-dire pour les heures pleines et les heures de pointe. Aussi le coût du kWh est plus élevé en heures de pointe qu'en heures pleines. Le découpage heures pleines, heures de pointe de la journée ainsi que les coûts assignés sont données dans l'Annexe 1.

II.1.2. Appareillage électrique (Annexe 6 et Annexe 7)

Le bâtiment de l'ANEREE est à usage administratif ; les équipements électriques installés se résument aux lampes, ordinateurs, imprimantes, photocopieuses, climatiseurs et brasseurs. En plus de ces équipements nous comptons quelques téléviseurs, des cafetières et réfrigérateurs, un ascenseur et une électropompe.

- **Éclairage**

L'ANEREE, pour l'éclairage de ses locaux, a opté pour des lampes de type tubes LED de 18W, 9W, des spots de 5W et 18W ; et pour des questions de sécurité des blocs autonomes d'éclairages de sécurité sont installés.

- **Bureautique**

Des ordinateurs de bureaux de marque HP, ainsi que des imprimantes HP sont mis à disposition

de plusieurs travailleurs. Les photocopieuses, et scanners de marque CANON sont présents au niveau de presque tous les secrétariats. Pour la bureautique, nous incluons aussi les laptops utilisés par certains travailleurs.

- **Climatisation et brasseurs d'air**

Le confort thermique au sein du bâtiment est assuré par des brasseurs d'airs et des climatiseurs. Les brasseurs sont de marque New Panasonic pour le premier bâtiment et pour le second bâtiment de marque SMC. Les climatiseurs respectivement pour les bâtiments sont des produits des constructeurs NOBEL et SOLSTAR.

- **Audio-visuel et connexion internet**

Les spots publicitaires sur l'ANEREE et les témoignages des bénéficiaires de certains projets pilotés par l'agence sont présentés au showroom et à l'accueil via des téléviseurs de marque LG. La connexion internet est assurée par des modems et des switches.

II.1.3. Consommation énergétique et architecture du bâtiment

- **Profil de consommation énergétique**

La consommation énergétique de l'ANEREE à travers les factures des trois dernières années mises à notre disposition est présentée à la Figure 3.

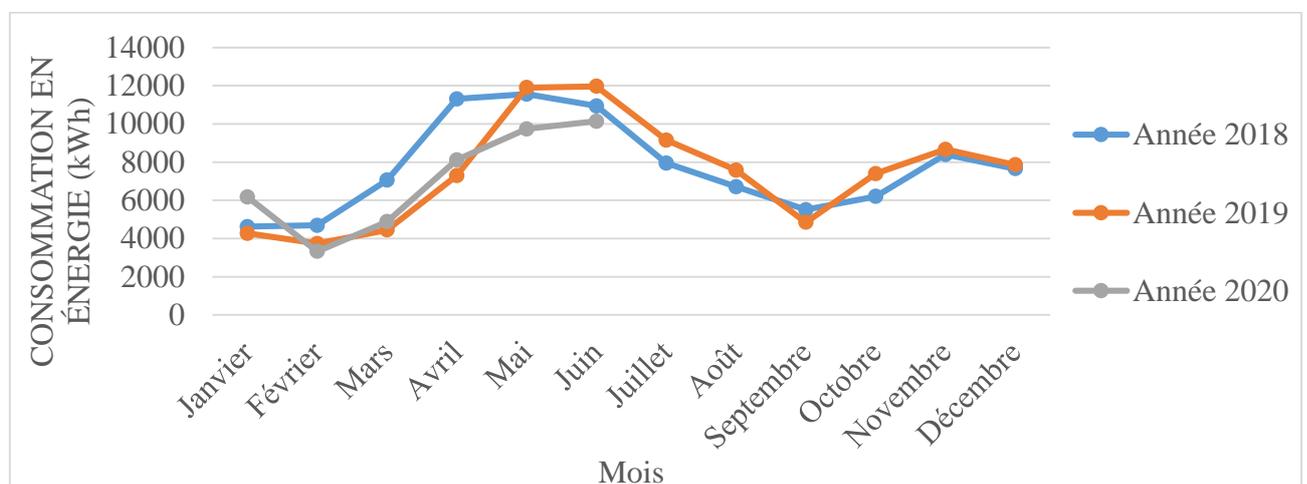


Figure 3 : Profil de consommation énergétique de l'ANEREE

Le profil de consommation de l'ANEREE présente une évolution similaire de la consommation en énergie d'une année à l'autre. Les consommations les plus élevées sont enregistrées en période chaude (Mars à Juin) et les consommations les moins élevées sont constatées au cours des mois les moins chauds (Juillet à Février). En réalisant le profil d'évolution des températures sur ces trois dernières années (Annexe 8), nous remarquons que l'évolution des températures présente des similitudes à celle de la consommation énergétique. La température du milieu a

donc un impact sur la consommation énergétique. Cela peut sous-entendre que le confort thermique occupe une grande part dans la consommation énergétique du bâtiment.

- **Architecture et orientation du bâtiment**



Figure 4 : Bâtiment de l'ANEREE

Le siège de l'ANEREE est constitué de deux bâtiments à quatre niveaux habitables. Les bâtiments sont d'architecture moderne et sont de couleurs marron-blanc. Ils sont compacts et orientés Ouest/Est.

Les surfaces Ouest et Est sont les plus importantes et celles sur lesquelles sont situées l'ensemble des ouvertures.

Le bâtiment A dispose d'une importante surface vitrée sur sa façade principale (Ouest), directement exposé au soleil ; environ 80% de la surface est vitrée. La face Est du bâtiment bénéficie de l'ombrage du second bâtiment qui fait office de masque solaire.

Le second bâtiment, est protégé à l'Est par un bâtiment qui fait office de masque solaire. Le bâtiment A fait office de masque solaire pour ce qui est de la face Ouest du bâtiment B.

L'ensemble des vitrages des bâtiments ont été choisis de teinte vert sombre et des stores et rideaux intérieurs sont installés. Des balcons sont disponibles à chaque niveau côté Est et Ouest pour le bâtiment A et côté Ouest pour le bâtiment B pour assurer la liaison entre les deux bâtiments. Ces balcons servent également de « casquette solaire », réduisant les apports solaires sur les faces où elles se trouvent. Le bâtiment A fournit également assez d'ombrage au bâtiment B réduisant considérablement les charges thermiques qui lui sont appliquées. Les murs intérieurs des bâtiments sont peints en blanc. Toutes ces conditions contribuent à réduire de

façon efficace les apports thermiques extérieurs.

III. RÉSULTAT DE L'AUDIT

III.1. PRÉ-DIAGNOSTIQUE ÉNERGÉTIQUE

III.1.1. Analyse des coûts de la facturation

Les factures d'électricité de l'ANEREE ont été étudiées sur deux années consécutives c'est-à-dire janvier 2018 à décembre 2019.

Les Annexe 9 et Annexe 10 présentent les feuilles de calcul Excel utilisées à cet effet. Le bilan de vérification de la facturation est donné dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Résultat des calculs de facturation

Année	Facture calculée (FCFA)	Facture SONABEL (FCFA)	Différence (FCFA)	Minimum enregistré (FCFA)	Maximum enregistré (FCFA)
2018	13 349 053	13 348 986	67	930 100	1 939 309
2019	16 086 134	16 086 134	0	811 563	2 016 691

La facturation faite par la SONABEL en 2018 et en 2019 de l'ANEREE, concorde avec les résultats obtenus via notre feuille de calcul Excel. En 2018 l'agence a même bénéficié d'une réduction de 64 FCFA de la SONABEL. Il est important de noter que les minimums et maximums de facturations sont enregistrés respectivement en février et en mai. Les Figure 5 et Figure 6 présentent la répartition des différents coûts des paramètres de facturations des différentes années.

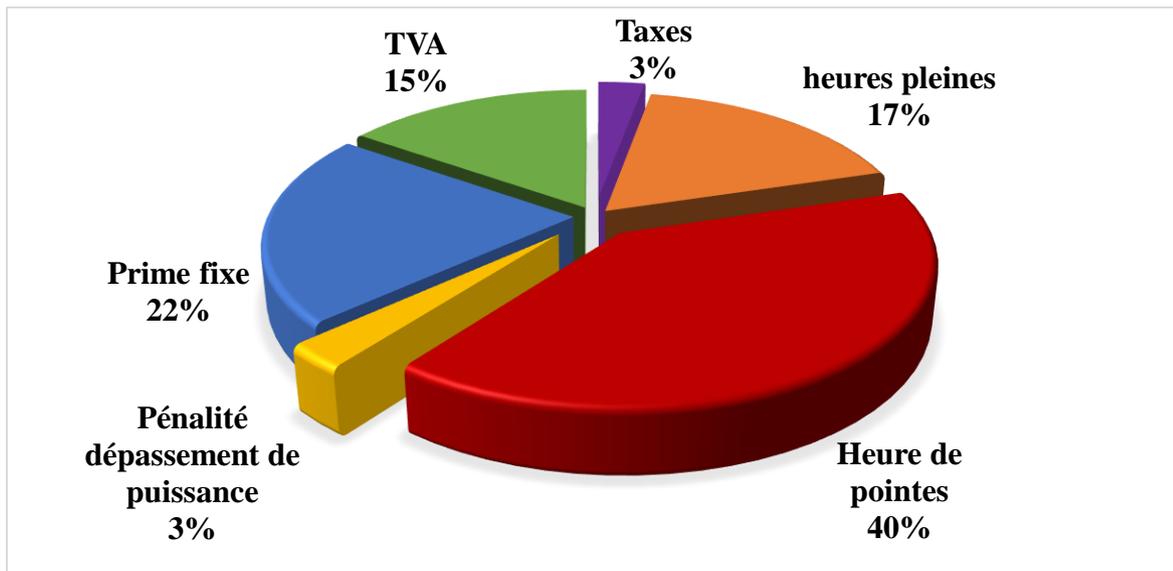


Figure 5 : Répartition des coûts des paramètres de facturation année 2018

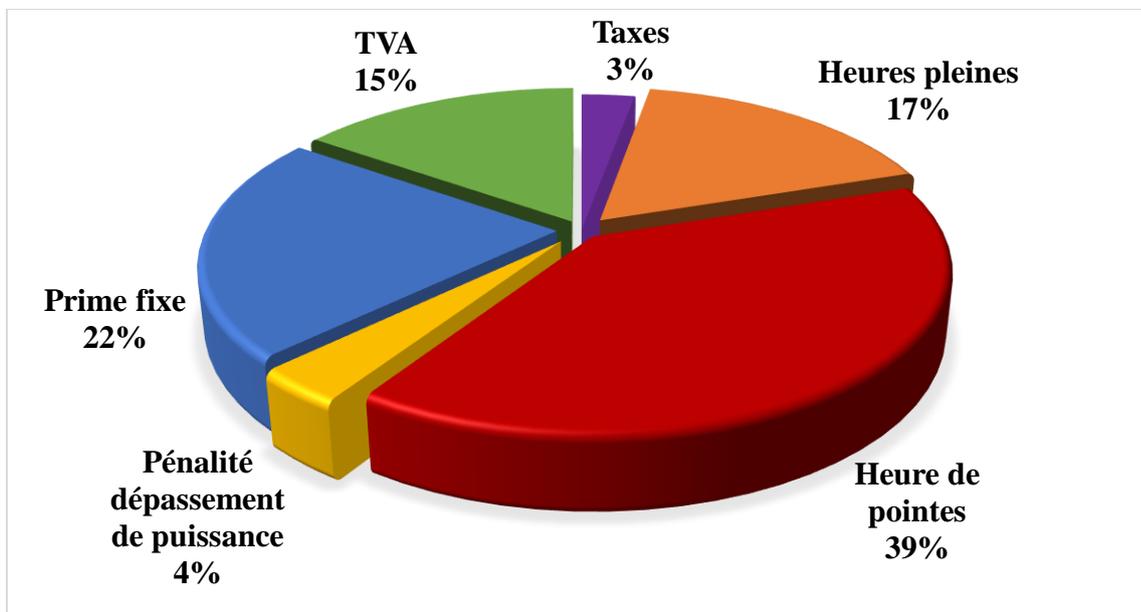


Figure 6 : Répartition des coût des paramètres de facturation en 2019

Le coût en énergie active (heures pleines + heures de pointe) représente plus de la moitié de la facture. Nous remarquons que sur les deux années, la consommation en heure de pointe occupe la grande part de la facture et du coût de consommation en énergie active avec une réduction de 1% en 2019. Cela s'explique par le prix du kWh en heure de pointe qui est deux fois supérieur à celui en heure pleine. Le montant alloué aux taxes, à la TVA, et à la prime fixe représente une part similaire d'une année à l'autre. Cependant, les pénalités dues aux dépassements de puissances souscrites ont augmenté de 1% en 2019.

Il en ressort donc que des mesures doivent être prises pour réduire la consommation en heure de pointe et supprimer les pénalités de dépassement de puissance souscrite.

III.1.2. Analyse de pénalités

L'ensemble des valeurs significatives des factures sont consignées dans le Tableau 4.

Tableau 4: Récapitulatif de la consommation d'électricité

Années	2018	2019
Consommation active HPL (kWh)	44 878	43 126
Consommation active HPT (kWh)	47 724	46 003
Prix moyen du kWh (FCFA)	177	180
Cos phi minimal	0,83	0,76
Cos phi maximal	0,95	0,94
Nombre de dépassement de puissance souscrite	8	8
Puissance maximale enregistrée (kW)	80	85

De 2018 à 2019, la consommation en énergie active a connu une légère baisse malgré l'acquisition de nouveaux équipements. Cependant, le prix moyen du kWh en 2019 a augmenté de 3 FCFA. Une pénalité pour mauvais facteur de puissance a été enregistrée au cours de cette année. Le nombre de dépassements de puissance est constant d'une année à l'autre avec un pic de 85kW.

- **Facteur de puissance**

Tableau 5 : Pénalités et bonifications liées au facteur de puissance

Mois	Année 2018		Année 2019	
	Pénalités cos φ (FCFA)	Bonification cos φ (FCFA)	Pénalités cos φ (FCFA)	Bonification cos φ (FCFA)
Janvier	0	0	0	0
Février	0	0	15400	0
Mars	0	7286	0	0
Avril	0	28503	0	4148
Mai	0	29043	0	23585
Juin	0	26812	0	32255
Juillet	0	7004	0	3055
Août	0	0	0	0
Septembre	0	0	0	0
Octobre	0	0	0	0

Novembre	0	0	0	6834
Décembre	0	7976	0	2655
Total	0	106624	15400	72533

L'analyse du Tableau 5 montre que l'entreprise a enregistré une pénalité pour mauvais facteur de puissance en février 2019, car son Cos phi était inférieur à 0,8. L'entreprise a aussi bénéficié de bonifications s'élevant à 106 624 FCFA en 2018 et à 72 533 FCFA en 2019 pour bon facteur de puissance (supérieur à 0,9). L'agence ne dispose pas de batterie de condensateur. Elle pourrait envisager d'en acquérir afin de bénéficier de plus de bonification.

- **Dépassement de puissance souscrite**

L'agence a enregistré sur deux années consécutives 8 dépassements de puissance souscrite. L'évolution de la puissance maximale enregistrée sur les deux années est donnée par la Figure 7.

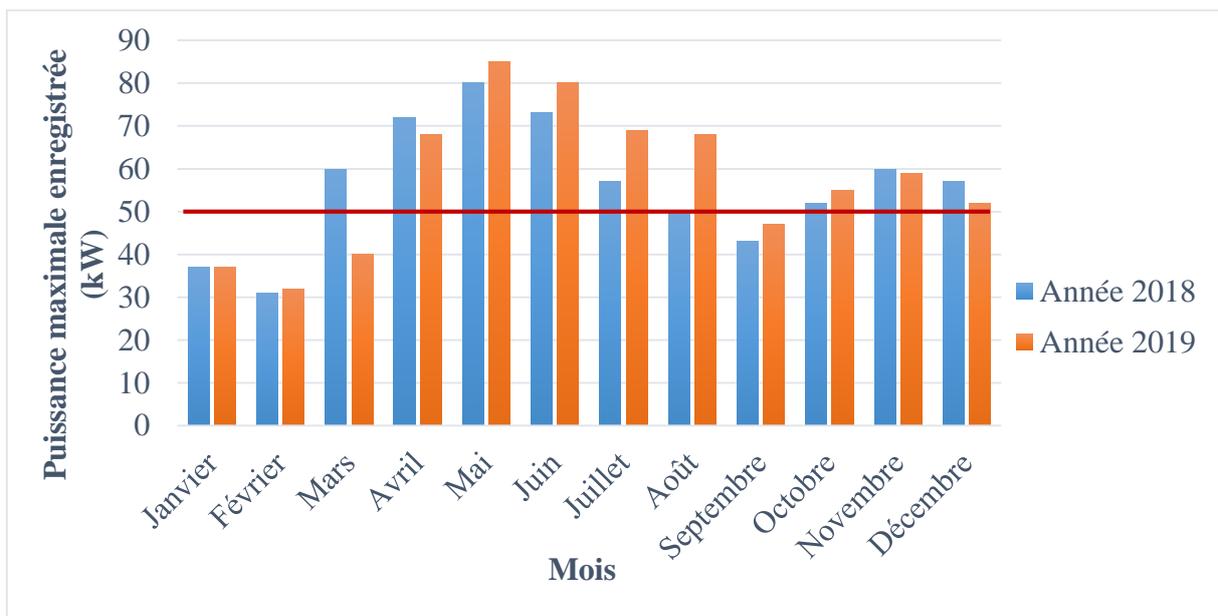


Figure 7 : Profil de la puissance maximale enregistrée

Du profil d'évolution de la puissance maximale enregistrée au cours des années 2018 et 2019, nous retenons que la puissance souscrite par l'agence n'est pas optimale. Le pic de puissance enregistré est de 85kW, soit plus de 35kW de la puissance souscrite. Aussi l'agence a enfreint la clause sur le dépassement de la puissance souscrite avec trois dépassements consécutifs de juin à août et 3 dépassements consécutifs d'octobre à décembre. La SONABEL aurait dû augmenter la puissance souscrite de l'agence ce qui n'a pas été fait. L'ANEREE doit alors pour éviter de futures pénalités de dépassement de puissance souscrite, modifier son contrat

d'abonnement avec la SONABEL.

III.1.3. Efficacité énergétique du bâtiment

L'efficacité énergétique de manière générale est le rapport entre l'énergie utile et l'énergie absorbé. L'objectif étant pour un bâtiment de diminuer la consommation d'énergie tout en assurant les mêmes conditions de confort et d'utilisation de sorte que l'énergie soit mieux utilisée et à moindre coût. L'efficacité énergétique d'un bâtiment peut être évaluée à partir du Diagnostic de Performance Énergétique (DPE). La notion de DPE est parue en 2003 dans la perspective de la mise en œuvre du protocole de Kyoto et à partir de novembre 2006, afficher le DPE dans le hall des bâtiments est devenu obligatoire [7]. Le DPE est une étiquette votée par l'Union Européenne en application de la « Directive pour la performance énergétique des bâtiments ». Il classe les bâtiments selon leur consommation d'énergie et leur émission de gaz à effet de serre.

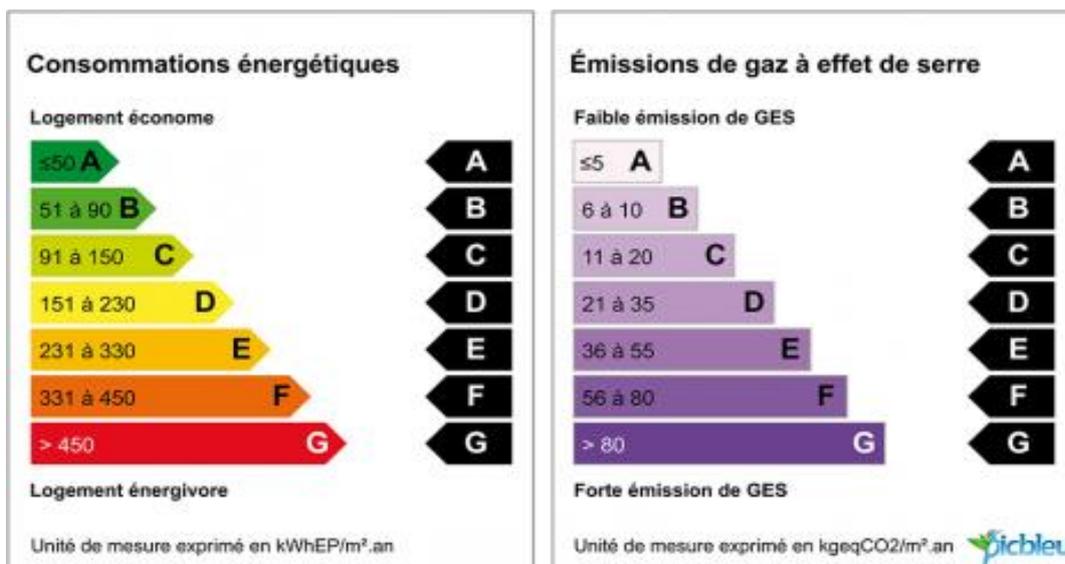


Figure 8 : Étiquette pour l'évaluation de la performance énergétique du bâtiment et étiquette pour l'évaluation de l'émission de gaz à effet de serre du bâtiment[7]

Suivant les consommations énergétiques annuelles des années 2018 et 2019 nous pouvons évaluer le ratio de consommation d'énergie et d'émission de gaz à effet de serre du bâtiment de l'agence[8]. Ces différents ratios sont donnés par les équations (15) et (16).

$$RO = \frac{\text{Consommation énergétique annuelle (kWh/an)} \times 2,58}{\text{Surface habitable (m}^2\text{)}} \quad (15)$$

Sur la base des rapports d'activités de la SONABEL [9] des années antérieures, il ressort que

chaque kWh produit rejette 0,88 kg CO₂ dans l'atmosphère.

$IRCO_2 = RO \times 0,88$	(16)
---------------------------	------

Le Tableau 6 présente les différents ratios pour les années 2018 et 2019.

Tableau 6 : Ratio de consommation d'énergie de l'ANEREE

	Surface (m ²)	Consommation énergétique annuelle (kWh/an)		RO (kWh/m ² ·an)		IRCO2 (kg/m ² ·an ⁻¹)	
		2018	2019	2018	2019	2018	2019
Bâtiment	2116,19	92602	89132	113	109	99	96

Le ratio de consommation d'énergie indique que le bâtiment de l'agence est de classe C. Le bâtiment est donc d'efficacité énergétique acceptable (relativement économe) et peut être amélioré. Cependant suivant l'indice d'émission de gaz à effet de serre le bâtiment est classé G. Intégrer une source renouvelable permettrait de réduire considérablement la production de CO₂.

III.2. DIAGNOSTIQUE DES POSTES DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE

III.2.1. Bilan électrique et bilan thermique

- **Bilan de puissance**

Des équipements recensés lors de la collecte des données (Annexe 6 et Annexe 7) nous réalisons une estimation de la puissance installée par type d'équipement dans le but d'avoir une estimation théorique de la consommation énergétique par type d'équipement. Le bilan de puissance (Annexe 11 et Annexe 12) est réalisé sur la base de tous les équipements, même ceux en panne, et de certaines données issues de la facturation. Le cos phi global de l'installation est le cos phi moyen enregistré sur les deux années : 0,88. Les résultats obtenus sont donnés dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Récapitulatif du bilan de puissance

	Pf (W)	Ks	Pf (W)	Cos phi	S(VA)
Bâtiment A	50586	0,8	80054	0,88	90971
Bâtiment B	43882				
Ascenseur	4100				

Surpresseur	1500				
-------------	------	--	--	--	--

La répartition de la puissance installée, présentée dans les Figure 9 et Figure 10 indique que la climatisation occupe la plus grande part de puissance installée. La ventilation est le poste présentant la plus petite part de puissance installée. Aussi le bâtiment A présente une part de climatisation plus élevée. Cela peut s'expliquer par la présence de grandes surfaces vitrées sur ce bâtiment.

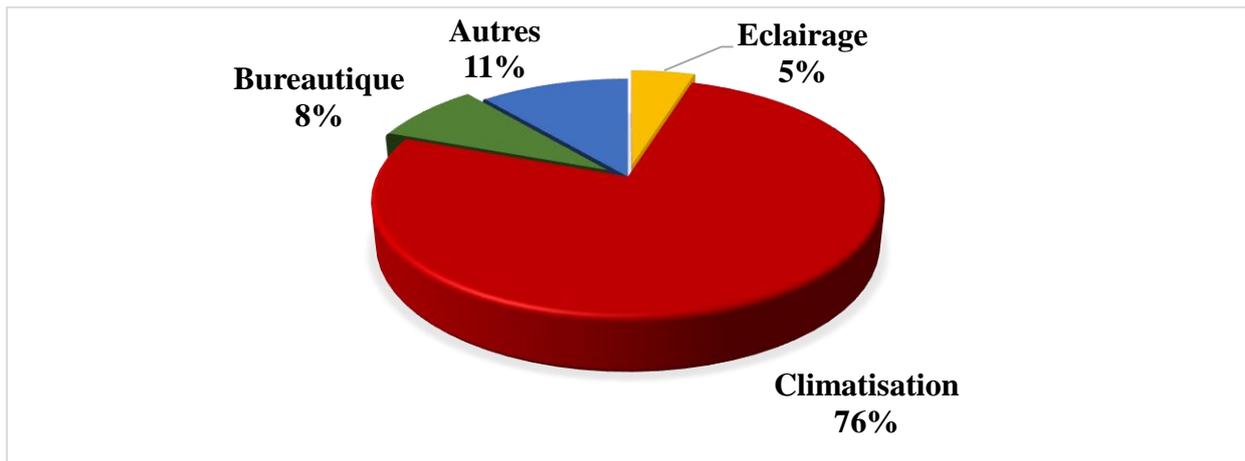


Figure 9 : Répartition de la puissance installée par poste de consommation

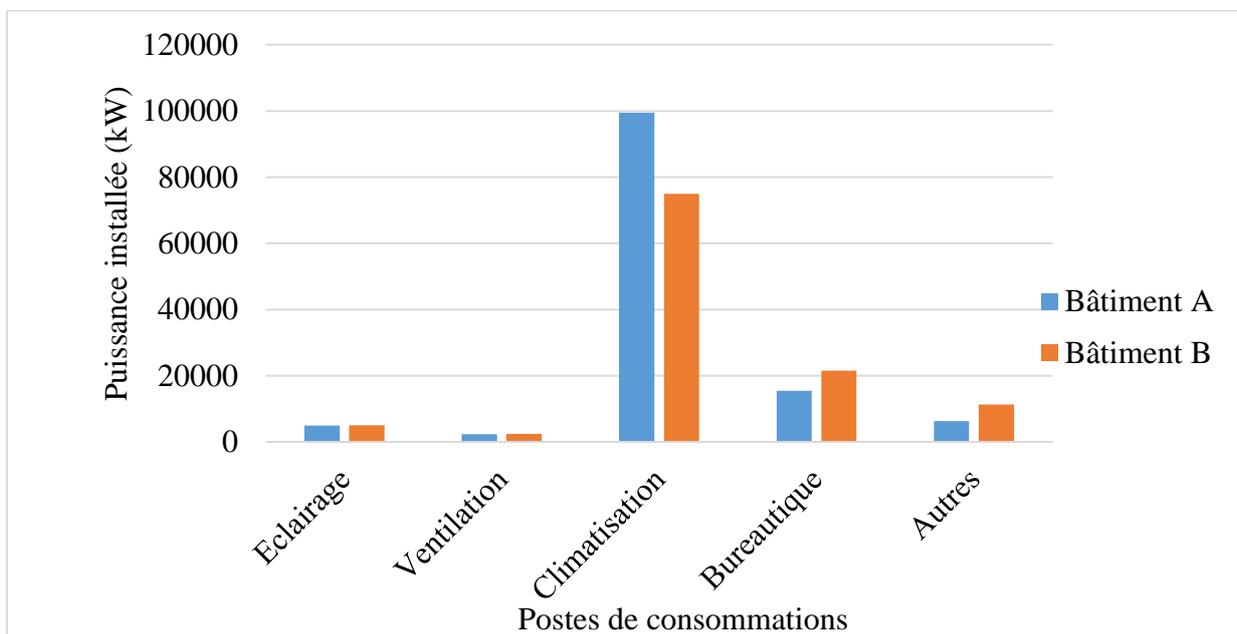


Figure 10 : Répartition de la puissance installée par bâtiment

- **Bilan d'énergie**

À partir du bilan de puissance réalisé et des heures de fonctionnement des équipements recueillies par les fiches d'enquêtes, nous pouvons dresser un bilan énergétique. Le bilan

énergétique théorique en considérant tous les équipements fonctionnels fait ressortir un total de 399,3 kWh/jr (Tableau 8). La climatisation (Figure 11) est le plus grand poste de consommation. L'éclairage et la bureautique sont les seconds postes consommateurs comme pour la plupart des bâtiments administratifs.

Tableau 8 : Récapitulatif du bilan d'énergie

	Éclairage (W)	Ventilation (W)	Climatisation (W)	Bureautique (W)	Autres (W)	Total (W)
Bâtiment A	14969	94	193428	13701,25	1359	223551
Bâtiment B	15205	97	131220	20246,25	2434	169202
Total	30173	192	324648	33947	10343	399303
Répartition	8%	0%	81%	9%	3%	100%

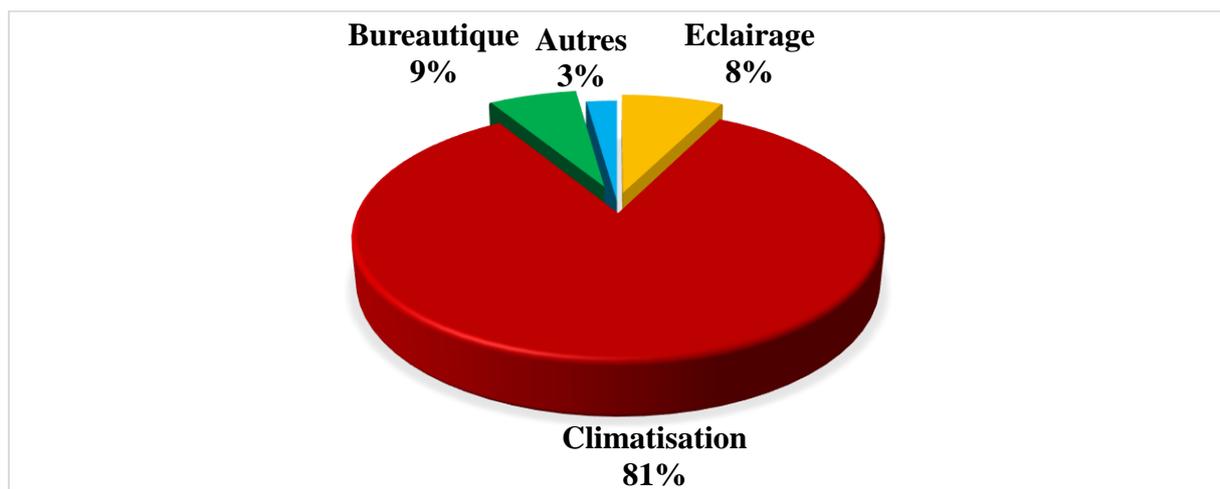


Figure 11 : Répartition de la consommation énergétique par poste de consommation

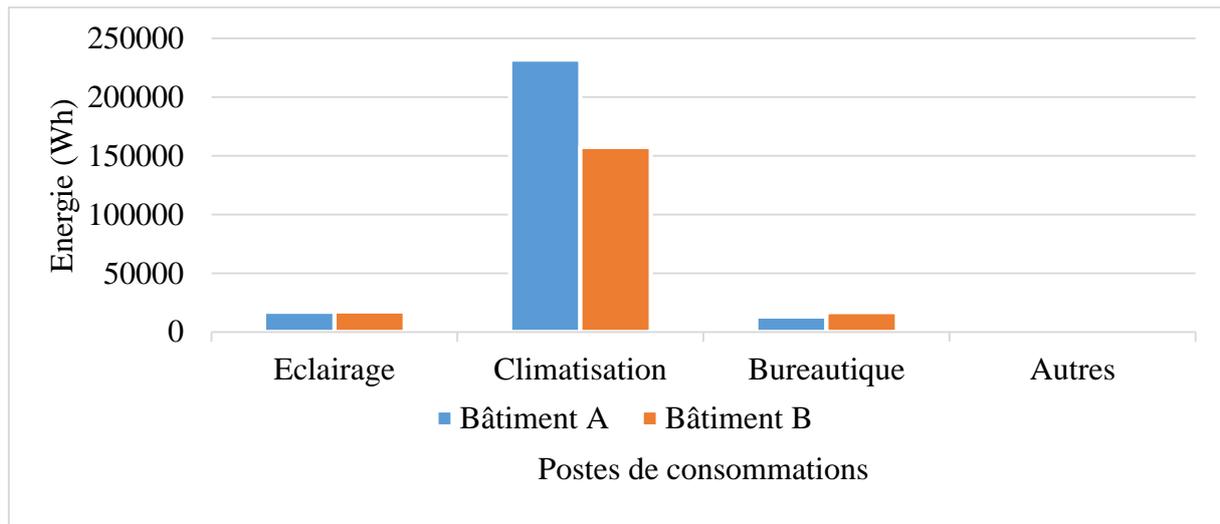


Figure 12 : Répartition de la consommation énergétique par bâtiment

Le bâtiment A est celui présentant la plus grande part de consommation énergétique. Cela est dû aux charges liées à la climatisation.

Les Figure 11 et Figure 12 nous permettent, en fonction de la part de consommation des postes et des bâtiments de cibler les postes les plus énergivores. Cela nous permet de proposer des solutions pour la diminution de la consommation énergétique et la réduction de la facture d'électricité. Pour réduire la facture nous travaillerons à optimiser la consommation de chacun des postes tout en préservant le confort des travailleurs. Il serait aussi important de trouver une solution afin de réduire les charges thermiques du bâtiment A.

- **Bilan thermique**

Le bilan thermique réalisé par la méthode détaillée nous a permis d'obtenir les résultats donnés dans les Tableau 9 et Tableau 10. La charge thermique totale est de 310,6 kW.

Tableau 9 : Bilan thermique du bâtiment A

Désignation Pièces	Total chaleur sensible (W)	Total chaleur latente (W)	Charge thermique (W)	Puissance frigorifique installée (W)	Différence (W)
RDC					
Showroom	13858,17	333,53	14191,70	12840	-1351,70
Accueil	869,10	111,18	980,28	4280	2248,70
Service courrier	939,85	111,18	1051,02		
Bureau chauffeur	2786,24	333,53	3119,77	4280	1160,23
Salle d'attente	10536,49	333,53	10870,02	12840	1969,98
R+1					
Salle de formation	14814,57	3335,30	18149,87	28200	10050,13
Magasin	1986,10	0,00	1986,10	4280	2293,90

Désignation Pièces	Total chaleur sensible (W)	Total chaleur latente (W)	Charge thermique (W)	Puissance frigorifique installée (W)	Différence (W)
Bureau 1	1532,39	111,18	1643,57	4280	2636,43
Bureau 2	1324,47	0,00	1324,47	4280	2955,53
Bureau 3	1205,75	0,00	1205,75	4280	3074,25
Couloir	6764,93	111,18	6876,11	4280	-2596,11
R+2					
Salle de réunion	6111,14	667,06	6778,20	8560	1781,80
Bureau responsable	5481,59	111,18	5592,77	4280	-1312,77
Espace de travail	16920,10	555,88	17475,99	17120	-355,99
R+3					
Bureau responsable	6918,73	111,18	7029,91	4280	-2749,91
Salle de réunion	2594,82	667,06	3261,88	4280	1018,12
Espace de travail	16920,10	555,88	17475,99	17120	-355,99
R+4					
Salle de réunion	9265,50	1111,77	10377,27	28200	17822,73
Secrétariat	5669,49	111,18	5780,67	4280	-1500,67
Bureau 1	2325,82	111,18	2436,99	5100	2663,01
Bureau 2	2184,07	222,35	2406,43	4280	1873,57
Bureau 3	2460,96	111,18	2572,14	4280	1707,86
Bureau Responsable	7456,79	111,18	7567,96	4280	-3287,96
Bureau 5	4954,50	111,18	5065,68	4280	-785,68
Couloir	9573,72	333,53	9907,25	4280	-5627,25

Tableau 10 : Bilan thermique du bâtiment B

Désignation Pièces		Total chaleur sensible (W)	Total chaleur latente (W)	Charge thermique totale (W)	Puissance frigorifique (W)	Différence (W)
RDC						
DCTCE	Laboratoire	13261,87	667,06	13928,93	15300	1371,07
	Bureau responsable	2467,22	111,18	2578,40	5100	2521,60
	Secrétariat	8283,28	111,18	8394,45	5100	-3294,45
	Magasin	4462,01	0,00	4462,01	5100	637,99
R+1						
DMP	Secrétariat	9301,59	111,18	9412,77	5100	-4312,77
	Bureau responsable	2002,13	111,18	2113,31	5100	2986,69
	Bureau 1	1917,92	111,18	2029,09	5100	197,28
	Bureau 2	2762,45	111,18	2873,62		
AI	Secrétariat	4705,19	111,18	4816,36	5100	283,64
	Bureau responsable	1680,70	111,18	1791,87	5100	3308,13

Désignation Pièces		Total chaleur sensible (W)	Total chaleur latente (W)	Charge thermique totale (W)	Puissance frigorifique (W)	Différence (W)
	Bureau 1	981,37	111,18	1092,55	5100	2451,31
	Bureau 2	1444,96	111,18	1556,14		
R+2						
DFC	Secrétariat	9167,70	111,18	9278,88	5100	-4178,88
	Bureau responsable	2038,13	111,18	2149,31	5100	2950,69
	Bureau 1	1881,92	111,18	1993,09	5100	233,28
	Bureau 2	2762,45	111,18	2873,62		
SI	Secrétariat	4792,99	111,18	4904,16	5100	195,84
	Bureau responsable	2418,95	111,18	2530,12	5100	2569,88
	Bureau 1	1732,37	111,18	1843,55	5100	1045,31
	Bureau 2	2099,96	111,18	2211,14		
R+3						
DCVIS	Secrétariat	5785,70	111,18	5896,88	5100	-796,88
	Bureau responsable	2838,13	111,18	2949,31	5100	2150,69
	Bureau 1	2136,92	111,18	2248,09	5100	473,28
	Bureau 2	2267,45	111,18	2378,62		
DRH	Secrétariat	6747,19	111,18	6858,36	5100	-1758,36
	Bureau responsable	2706,70	111,18	2817,87	5100	2282,13
	Bureau 1	1680,62	111,18	1791,80	5100	1115,06
	Bureau 2	2081,96	111,18	2193,14		
R+4						
SG	Accueil	9040,19	333,53	9373,72	5100	-4273,72
	Secrétariat permanent	6457,09	111,18	6568,27	5100	-1468,27
	Bureau 1	3185,26	111,18	3296,44	5100	1803,56
DG	Bureau DG	16138,61	111,18	16249,79	15300	-949,79

Les charges thermiques évaluées nous indiquent que les puissances frigorifiques installées sont surdimensionnées dans la majorité des locaux. Il serait adéquat de remplacer les split de certains locaux afin de réduire la puissance frigorifique et du même coup la consommation énergétique. Le bilan thermique réalisé avec le logiciel pléiades nous donne les résultats du Tableau 11.

Tableau 11 : Résultat de la simulation dynamique

Zones	Besoins Climatisation (kWh/an)	Besoins Climatisation (kWh/m ²)	Puissance Climatisation (W)
Bureaux	82 013	82	261 102
Salle de réunion	22 466	138	45 029
Balcon	0	0	0
Ascenseur	0	0	0

Toilette	0	0	0
Couloire	16 292	71	63 268
Escalier	0	0	0
Espaces de travail partagés	20 813	40	135 817
Total	141 583	74	505 216

La simulation dynamique nous donne une puissance de climatisation de 505,22 kW. Nous notons une différence de 194,64 kW, cela peut s'expliquer par le fait que la simulation est dynamique donc les températures ne sont pas statiques comme dans le cas de la méthode détaillée. Ainsi la puissance obtenue est celle des conditions de températures les plus élevées. De plus pour la méthode détaillée l'évaluation de la charge thermique pour les planchers intermédiaires est considérée nulle, et les locaux climatisés séparés par des cloisons sont considérés comme contigus. Les besoins énergétiques en climatisation annuelle traduisent mieux les besoins du bâtiment. Cela du fait que la simulation considère les conditions de chaque période de l'année.

III.2.2. Analyse des différents postes de consommation

- **Éclairage**

L'éclairage d'après la Figure 11 est le second poste consommateur d'énergie. Il est assuré par les équipements du Tableau 12.

Tableau 12 : Équipements assurant l'éclairage

Équipements	Nombre	Puissance unitaire(W)	Puissance totale (W)
LED 1,2	162	18	2916
LED 0,6	400	9	3600
Spot 1	159	18	2862
Spot 2	72	5	360
Globe plafonniers	10	18	180
BAES	50	1,2	60
Total			9978

La puissance installée pour ce poste est de 9978 W ; avec 4950 W pour le bâtiment A et 5028W pour le bâtiment B.

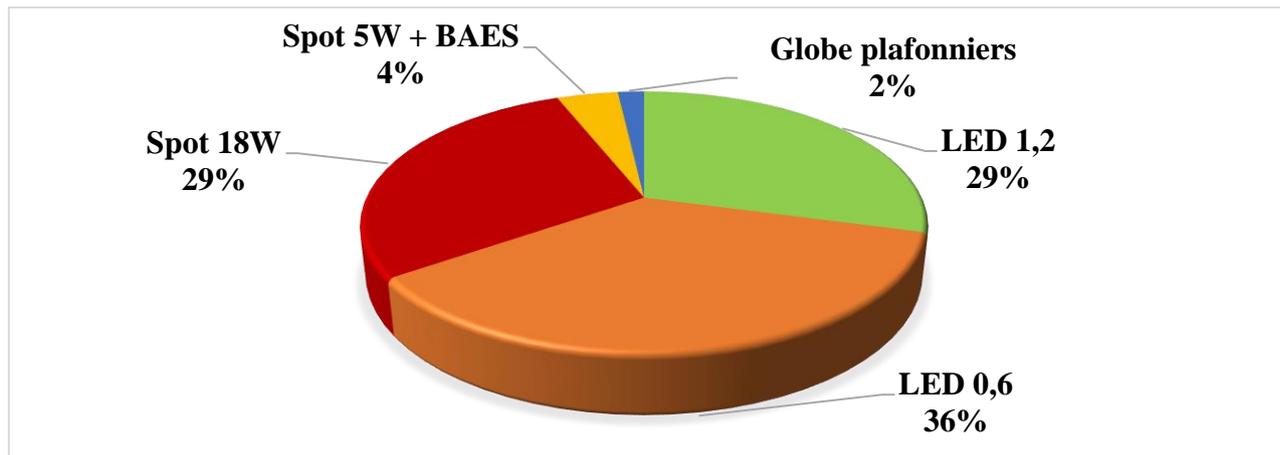


Figure 13: Répartition de la puissance installée d'éclairage par type d'éclairage

De la Figure 13, les LED 0,6 ont la plus grande puissance installée suivie des spots de 18W et des LED 1,2. Les BAES ont une part négligeable dans la puissance d'éclairage installée. Les lampes choisies sont adéquates en termes d'économie d'énergie.

Cependant le bâtiment B à 93 lampes en pannes d'où un faible éclairage dans certains bureaux. La résolution de ce problème se situe dans :

- Le remplacement des ampoules en pannes,
- L'exploitation de la lumière du jour.

L'éclairage de la cage d'escalier est assuré par des spots. Cependant compte tenu de l'éclairage naturel, ces luminaires restent inexploités. La majorité des globes et spots situés dans les toilettes sont non fonctionnels. Cependant les toilettes disposent d'un bon éclairage naturel. Il est recommandé de procéder néanmoins à leur remplacement.

• **La bureautique**

La bureautique intervient au même titre que l'éclairage dans la consommation énergétique du bâtiment. La bureautique a une puissance installée de 33573 W et, est constituée de :

- Ordinateurs de bureau HP 20-c015nf de 65W,
- Imprimantes HP laser Jet Pro 400 M401dne de 495W,
- Photocopieuses Canon image RUNNER 2530i de 1345W,
- Imprimante laser multifonction i-SENSYS MF64 de 850W,
- Modem-routeur TP Link TD-W9970,
- Switch D-Link DES1024D.

L'utilisation des photocopieuses est centralisée en raison d'une par direction ce qui est intéressant pour des questions d'économie d'énergies. L'ensemble des équipements de bureautique offrent les consommations électriques les plus faibles du marché. La bureautique n'est donc pas considérée comme étant un poste énergivore.

- **La climatisation**

La climatisation avec une puissance installée de 174,5kW est le poste présentant la plus grande consommation énergétique du bâtiment. Elle couvre 84% de la consommation énergétique du bâtiment. La climatisation est assurée par des climatiseurs mono-split de type mural et des climatiseurs sur pied.

Tableau 13 : COP des systèmes de climatisation

Type	Modèle	Puissance frigorifique (kW)	Puissance électrique (kW)	COP
Mural	SOLSTAR ASI/ASU 18C SS	5,1	2,5	2,04
Mural	NOBEL NSAC-24CB	4,28	2,5	1,71
Sur pied	NASCO NAS-MFS42T	14,1	6,6	2,13

Les équipements utilisés ont un COP compris entre 1,71 et 2,13. Dans le Guide du bâtiment durable en régions tropicales Tome 2 : Efficacité énergétique des bâtiments existants en régions tropicales[10], le COP minimum recommandé pour les splits systèmes est donné. Suivant ces valeurs renseignées dans l'Annexe 13 tous les climatiseurs devraient être remplacés. De plus le bilan thermique réalisé en I.3.3 permet d'évaluer l'efficacité des climatiseurs. Et il en ressort que de nombreux locaux ont des climatiseurs surdimensionnés.

Il est aussi important de noter que le climatiseur du bureau 5 de la DORMP présente un dysfonctionnement. Les condensats se déversent à travers l'ouverture de l'unité intérieur. Il est recommandé à ce niveau de faire une maintenance.

- **Autres équipements**

Les autres équipements que sont les téléviseurs, réfrigérateurs, et cafetières n'occupent que 2% de la demande énergétique. La répartition des cafetières et réfrigérateurs est faite de manière centralisée en raison d'un par service ce qui est profitable pour des questions d'économies d'énergies. Les téléviseurs utilisés pour les spots publicitaires sont installés et utilisés uniquement dans les services ou il y a le besoin c'est-à-dire le showroom, l'accueil et le service communication. Ces équipements ne sont pas considérés énergivores.

IV. MESURES D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIES

Le bâtiment de l'ANEREE étant de classe énergétique C, l'objectif est ici d'atteindre la classe énergétique B et de réduire le plus possible les émissions de gaz à effet de serre. Afin de réaliser des économies d'énergies et de baisser le coût de la consommation électrique, l'ANEREE doit mettre en place des actions pour mieux gérer et suivre sa consommation. Dans cet élan, nous proposons des solutions. Suivant le coût d'investissement nous avons des :

- Solutions immédiates,
- Solutions prioritaires,
- Solutions utiles.

Pour chaque solution les économies pouvant être réalisées sont chiffrées, le coût d'investissement de leur mise en œuvre est déterminé ainsi que le temps de retour sur investissement.

IV.1. SOLUTIONS IMMÉDIATES

Les solutions immédiates sont celles engendrant peu ou pas d'investissement. Ici, il s'agira du changement du contrat d'abonnement avec la SONABEL, de la sensibilisation, et de la formation des travailleurs sur l'économie d'énergie.

IV.1.1. Changement du contrat d'abonnement

L'ANEREE, compte tenu des dépassements de puissance souscrite enregistrés devrait subir un surclassement de la puissance souscrite par la SONABEL. La puissance maximale enregistrée étant de 85 kW, la SONABEL adoptera certainement une puissance souscrite de 85 kW pour le contrat d'abonnement de l'agence. Cela permettrait d'éviter les pénalités de dépassement de puissance s'élevant à 567 120 FCFA en 2019. Cependant une telle puissance souscrite entraînerait une évolution de la prime fixe de 2 902 240 FCFA (Annexe 14). Donc une augmentation annuelle globale de la facture de 2 342 149 FCFA. Il serait donc important d'envisager d'autres sources d'énergies.

IV.1.2. Sensibilisation des travailleurs

Des résultats obtenus de la fiche d'enquête nous remarquons que 80% des travailleurs sont conscients des gestes d'économies d'énergies à appliquer et ont une idée générale de l'efficacité énergétique. Néanmoins les gestes d'économies d'énergies ne sont pas appliqués la majeure partie du temps. Ainsi une équipe de sensibilisation et de suivi d'économie d'énergie peut être mise en place. Cette équipe aurait pour rôle de sensibiliser les agents sur les gestes d'éco-énergie et de veiller à leur application au sein de chaque service. L'équipe travaillera aussi à suivre l'évolution de la consommation énergétique au sein du bâtiment, à conseiller ou proposer

des actions correctives pour réduire la consommation énergétique et apportera aussi son conseil lors de l'achat de nouveaux équipements électriques.

L'équipe devra se constituer d'au moins 5 membres et chaque membre sera responsable d'un niveau du bloc de bâtiments. Ils veilleront chacun à s'assurer que les travailleurs :

- Éteignent et débranchent les équipements électriques pendant les heures de pause ou lors d'une absence prolongée hors du bureau (réunion, course express...),
- Évitent l'usage de la climatisation pendant les périodes moins chaudes de l'année en heures de pointes (10h à 14h), car ces équipements sont très énergivores, en utilisant les brasseurs et l'aération naturelle,
- Évitent l'usage de l'ascenseur pendant les heures de pointe en empruntant les escaliers qui ont un avantage physique (détente des nerfs, avantages sportifs pour le cœur et les jambes),
- Signalent les équipements nécessitant une maintenance systématique.

Afin d'inciter le personnel à participer aux économies d'énergies 20% des économies réalisées sur la facture d'électricité pourraient être utilisé pour :

- Récompenser le mérite de 5 employés chaque trimestre,
- Créer un tableau d'honneur dédié au 5 meilleurs employés éco-énergétiques.

La sensibilisation devra permettre de réaliser les économies chiffrées dans le Tableau 14 en réduisant le temps de fonctionnement des lampes d'une heure, des climatiseurs d'une heure :

Tableau 14 : Économie pouvant être générée par la sensibilisation

	Éclairage	Climatisation	Bureautique	Autres	Total
Énergie annuelle consommée avant sensibilisation (kWh)	7130	71303,2	8022	2674	89129
Énergie annuelle consommée après sensibilisation (kWh)	5093	57043	8022	2674	72831
Économie d'énergie annuelle (kWh)					16298
Coût moyen du kWh (FCFA)					178,5
Économie financière annuelle (FCFA)					2 909 170

IV.2. SOLUTIONS PRIORITAIRES

IV.2.1. Éclairage

Pour l'éclairage, il sera question de remplacer les luminaires non fonctionnels. Les luminaires existants sont des lampes de basse consommation. Il n'est donc pas nécessaire de toutes les remplacer. Le coût lié à cette maintenance est donné dans le Tableau 15.

Tableau 15 : Coût de maintenance pour le système d'éclairage

Lampe	Nombre à remplacer	Prix unitaire (FCFA)	Coût total (FCFA)
Tube LED ingelec T8	93	6 400	595 200
Prestation service			100 000
Total			695 200

Aussi dans l'optique de faciliter la mise en œuvre des gestes d'économies d'énergie nous pensons que l'entreprise devrait mettre en place un système de gestion pour l'éclairage. Le système de gestion de l'éclairage devra tenir compte de :

- La présence d'utilisateur dans le local,
- La luminosité ambiante et les apports en éclairage naturel

Le système de gestion de l'éclairage Eco 2 offre cette possibilité. Ce système est constitué d' :

- Un Eco détecteur autonome, composé de détecteur de présence et d'une cellule de luminosité (Annexe 15),
- Un système de gestion automatisé.

L'Eco détecteur autonome en plus de détecter la présence des occupants, prend en compte l'éclairement naturel. Le système de gestion suivant les données de l'Eco détecteur et du seuil d'éclairement fixé par l'utilisateur commande l'extinction ou la réduction de l'éclairage artificiel. L'allumage reste manuel cependant l'extinction est automatique. Le coût de la mise en œuvre de cette solution et les économies réalisables sont donnés dans le Tableau 16. Ainsi en considérant l'extinction des lampes pendant la pause (12h30mn – 13h) et une exploitation de l'éclairage naturel au moins 1h par jour pendant les heures pleines et 1h pendant les heures de pointe, les lampes seront éteintes au moins 2h30mn par jour.

Tableau 16 : Économies réalisables pour la solution Eco 2

Équipements	Nombre	Coût unitaire (FCFA)	Coût total (FCFA)
Eco2 0 489 53	16	34 680	554 880
Investissement			554 880
Prestation service			200 000

Total	754 880
Coût de la consommation annuelle avant mise en place de Eco 2	691 474
Coût de la consommation annuelle après mise en place de Eco 2	475 380
Économie annuelle réalisable	216 094
Temps de retour sur investissement	3ans 6mois

IV.3. SOLUTIONS UTILES

Les solutions utiles sont celles qui présentent un investissement important pour leurs réalisations. Ici nous nous intéressons à l'installation de batteries de condensateurs, au remplacement des climatiseurs, à l'installation de masque solaire et de films solaires, et l'installation d'un système solaire photovoltaïque.

IV.3.1. Batterie de condensateur

Afin de bénéficier de plus de bonification il est important de songer à relever le facteur de puissance en utilisant des batteries de condensateur. Pour une installation ne disposant pas au préalable de batteries de condensateurs le dimensionnement des batteries de condensateur est fait suivant (17).

$$Q_c = P' \times (\tan \varphi_m - \tan \varphi')$$

Avec :

Q_c : la puissance de batteries de condensateurs à installer (kVAr) ;

P' : la nouvelle puissance souscrite (kW) ;

$\tan \varphi_m$: la tangente phi maximale enregistrée ;

$\tan \varphi'$: la tangente phi souhaitée, on prend dans les calculs 0,68.

En considérant un $\cos \varphi$ minimal de 0,76 pour l'année 2019 l'investissement et l'économie pouvant être généré en utilisant les batteries de condensateur est donné dans le Tableau 17.

Tableau 17 : Économie pouvant être réalisée grâce aux batteries de condensateur

Désignation	Avant Compensation	Après Compensation
Puissance souscrite (kW)	50	85
Tg Phi	0,86	0,68
Puissance réactive (KVar)	20	
Batterie de compensation 20 kVAr Enerpack (Annexe 16)		
Investissement (FCFA)	1 800 000	

Prestation service (FCFA)	270 000
Gains annuelle (FCFA)	1 092 806
Temps De Retour Sur Investissement (Mois)	1an 8mois

IV.3.2. Remplacement des climatiseurs

La majeure partie des climatiseurs ne disposent pas d'un COP optimal et doivent être remplacés. Nous proposons à cet effet l'installation de split système de type inverter.

Suivant l'évaluation des besoins frigorifiques en I.3.3, les climatiseurs de remplacement sont donnés dans le Tableau 18 pour le bâtiment A et dans le Tableau 19 pour le bâtiment B.

Tableau 18 : Climatiseurs de substitution bâtiment A

Désignation Pièces	Charge thermique (W)	Puissance frigorifique installée (W)	Différence (W)	Climatiseur installé	Climatiseur de substitution
RDC					
Showroom	14191,70	12840	-1351,70	3clim NOBEL NSAC-24CB	3clim DAIKIN FTXM42N
Accueil	980,28	4280	2248,70	1clim NOBEL NSAC-24CB	1clim DAIKIN FTXM20N
Service courrier	1051,02				
Bureau chauffeur	3119,77	4280	1160,23	1clim NOBEL NSAC-24CB	1clim DAIKIN FTXM25N
Salle d'attente	10870,02	12840	1969,98	3clim 1clim NOBEL NSAC-24CB	3clim DAIKIN FTXM42N
R+1					
Salle de formation	18149,87	28200	10050,13	2clim NASCO NAS- MFS42T	2clim DAIKIN FTXM71N
Magasin	1986,10	4280	2293,90	1clim NOBEL NSAC-24CB	1clim DAIKIN FTXM20N
Bureau 1	1643,57	4280	2636,43	1clim NOBEL NSAC-24CB	1clim DAIKIN FTXM20N
Bureau 2	1324,47	4280	2955,53	1clim NOBEL NSAC-24CB	1clim DAIKIN FTXM20N
Bureau 3	1205,75	4280	3074,25	1clim	1clim

Désignation Pièces	Charge thermique (W)	Puissance frigorifique installée (W)	Différence (W)	Climatiseur installé	Climatiseur de substitution
				NOBEL NSAC-24CB	DAIKIN FTXM20N
Couloir	6876,11	4280	-2596,11	1clim NOBEL NSAC-24CB	1clim DAIKIN FTXM42N
R+2					
Salle de réunion	6778,20	8560	1781,80	2clim NOBEL NSAC-24CB	2clim DAIKIN FTXM42N
Bureau responsable	5592,77	4280	-1312,77	1clim NOBEL NSAC-24CB	1clim DAIKIN FTXM35N
Espace de travail	17475,99	17120	-355,99	4clim NOBEL NSAC-24CB	4clim DAIKIN FTXM35N
R+3					
Bureau responsable	7029,91	4280	-2749,91	1clim NOBEL NSAC-24CB	1clim DAIKIN FTXM60N
Salle de réunion	3261,88	4280	1018,12	1clim NOBEL NSAC-24CB	1clim DAIKIN FTXM25N
Espace de travail	17475,99	17120	-355,99	4clim NOBEL NSAC-24CB	4clim DAIKIN FTXM25N
R+4					
Salle de réunion	10377,27	28200	17822,73	1clim NOBEL NSAC-24CB	2clim DAIKIN FTXM60N
Secrétariat	5780,67	4280	-1500,67	1clim NOBEL NSAC-24CB	1clim DAIKIN FTXM50N
Bureau 1	2436,99	5100	2663,01	1clim NOBEL NSAC-24CB	1clim DAIKIN FTXM20N
Bureau 2	2406,43	4280	1873,57	1clim NOBEL NSAC-24CB	1clim DAIKIN FTXM20N
Bureau 3	2572,14	4280	1707,86	1clim NOBEL NSAC-24CB	1clim DAIKIN FTXM20N
Bureau Responsable	7567,96	4280	-3287,96	1clim NOBEL NSAC-24CB	2clim DAIKIN FTXM60N

Désignation Pièces	Charge thermique (W)	Puissance frigorifique installée (W)	Différence (W)	Climatiseur installé	Climatiseur de substitution
Bureau 5	5065,68	4280	-785,68	1 clim NOBEL NSAC-24CB	1 clim DAIKIN FTXM35N
Couloir	9907,25	4280	-5627,25	1 clim NOBEL NSAC-24CB	2 clim DAIKIN FTXM50N

Tableau 19 : Climatiseurs de substitutions bâtiment B

Désignation Pièces		Charge thermique totale (W)	Puissance frigorifique (W)	Différence (W)	Climatiseur installé	Climatiseur de substitution
RDC						
DCTCE	Laboratoire	13928,93	15300	1371,07	3 clim NASCO NAS- MFS42T	3 clim DAIKIN FTXM35N
	Bureau responsable	2578,40	5100	2521,60	1 clim NASCO NAS- MFS42T	1 clim DAIKIN FTXM25N
	Secrétariat	8394,45	5100	-3294,45	1 clim NASCO NAS- MFS42T	2 clim DAIKIN FTXM50N
	Magasin	4462,01	5100	637,99	1 clim NASCO NAS- MFS42T	1 clim DAIKIN FTXM25N
R+1						
DMP	Secrétariat	9412,77	5100	-4312,77	1 clim NASCO NAS- MFS42T	2 clim DAIKIN FTXM60N
	Bureau responsable	2113,31	5100	2986,69	1 clim NASCO NAS- MFS42T	1 clim DAIKIN FTXM20N
	Bureau 1	2029,09	5100	197,28	1 clim NASCO NAS- MFS42T	1 clim DAIKIN FTXM25N
	Bureau 2	2873,62				
AI	Secrétariat	4816,36	5100	283,64	1 clim	1 clim

Désignation Pièces		Charge thermique totale (W)	Puissance frigorifique (W)	Différence (W)	Climatiseur installé	Climatiseur de substitution
					NASCO NAS- MFS42T	DAIKIN FTXM25N
	Bureau responsable	1791,87	5100	3308,13	1clim NASCO NAS- MFS42T	1clim DAIKIN FTXM20N
	Bureau 1	1092,55	5100	2451,31	1clim NASCO NAS- MFS42T	1clim DAIKIN FTXM25N
	Bureau 2	1156,19				
R+2						
DFC	Secrétariat	9278,88	5100	-4178,88	1clim NASCO NAS- MFS42T	2clim DAIKIN FTXM71N
	Bureau responsable	2149,31	5100	2950,69	1clim NASCO NAS- MFS42T	1clim DAIKIN FTXM25N
	Bureau 1	1993,09	5100	233,28	1clim NASCO NAS- MFS42T	1clim DAIKIN FTXM35N
	Bureau 2	2873,62				
SI	Secrétariat	4904,16	5100	195,84	1clim NASCO NAS- MFS42T	1clim DAIKIN FTXM25N
	Bureau responsable	2530,12	5100	2569,88	1clim NASCO NAS- MFS42T	1clim DAIKIN FTXM25N
	Bureau 1	1843,55	5100	1045,31	1clim NASCO NAS- MFS42T	1clim DAIKIN FTXM25N
	Bureau 2	2211,14				
R+3						
DCVIS	Secrétariat	5896,88	5100	-796,88	1clim NASCO NAS- MFS42T	1clim DAIKIN FTXM50N
	Bureau responsable	2949,31	5100	2150,69	1clim NASCO NAS- MFS42T	1clim DAIKIN FTXM25N
	Bureau 1	2248,09	5100	473,28	1clim	1clim

Désignation Pièces		Charge thermique totale (W)	Puissance frigorifique (W)	Différence (W)	Climatiseur installé	Climatiseur de substitution
	Bureau 2	2378,62			NASCO NAS-MFS42T	DAIKIN FTXM25N
DRH	Secrétariat	6858,36	5100	-1758,36	1clim NASCO NAS-MFS42T	1clim DAIKIN FTXM60N
	Bureau responsable	2817,87	5100	2282,13	1clim NASCO NAS-MFS42T	1clim DAIKIN FTXM25N
	Bureau 1	1791,80	5100	1115,06	1clim NASCO NAS-MFS42T	1clim DAIKIN FTXM25N
	Bureau 2	2193,14				
R+4						
SG	Accueil	9373,72	5100	-4273,72	1clim NASCO NAS-MFS42T	2clim DAIKIN FTXM60N
	Secrétariat général	6568,27	5100	-1468,27	1clim NASCO NAS-MFS42T	1clim DAIKIN FTXM71N
	Bureau 1	3296,44	5100	1803,56	1clim NASCO NAS-MFS42T	1clim DAIKIN FTXM25N
DG	Bureau DG	16249,79	15300	-949,79	3clim NASCO NAS-MFS42T	3clim DAIKIN FTXM50N

Les caractéristiques et les COP des climatiseurs de substitutions (Annexe 17) sont consignés dans le Tableau 20.

Tableau 20 : Comparaison des climatiseurs existants avec ceux de remplacements

Équipements	Puissance frigorifique (kW)	Puissance électrique (kW)	COP
DAIKIN FTXM50N	5	1,36	3,67
DAIKIN FTXM60N	7	2,12	3,3
DAIKIN FTXM42N	4,2	0,97	4,33

DAIKIN FTXM35N	4	0,8	5
DAIKIN FTXM25N	2,5	0,56	4,46
DAIKIN FTXM20N	1,3	0,44	2,95
DAIKIN FTXM71N	8,5	2,12	4,01

Les climatiseurs de substitutions avec des puissances frigorifiques presque similaires à celles des climatiseurs existants ont une consommation électrique assez faible. Ce qui leur permet d'avoir un meilleur COP (COP>3), et donc plus efficace sur le plan énergétique. Ce remplacement permettrait de réduire la consommation de la climatisation d'environ 51% avec un impact moindre sur le réchauffement planétaire.

La fourniture et l'installation des climatiseurs DAIKIN pourront être confié à l'entreprise DAIKIN Burkina.

Ainsi en mettant en œuvre cette solution l'investissement nécessaire est donné dans l'Annexe 18. L'économie et le temps de retour sur investissement sont donnés dans le Tableau 21 en se basant sur le coût de consommation détaillé dans l'Annexe 19.

Tableau 21: Analyse financière du remplacement des climatiseurs

Énergie annuelle consommée par les climatiseurs existants (kWh)	71303
Énergie annuelle consommée par les climatiseurs inverter (kWh)	50342
Économie d'énergie annuelle (kWh)	20 961
Coût moyen du kWh (FCFA)	178,5
Économie financière annuelle (FCFA)	3 741 574
Investissement (FCFA)	26 809 500
Temps de retour sur investissement (FCFA)	7ans 2mois

IV.3.3. Installation solaire photovoltaïque

Dans l'optique de réduire les dépenses liées à la consommation d'électricité, l'installation d'un système solaire serait adéquat. L'ANEREE ne disposant pas de parking pour les véhicules, nous proposons à cet effet un parking solaire. L'installation solaire devra à cet effet couvrir une surface exploitable d'environ 250 m². Les modules photovoltaïques choisis pour notre installation ont une puissance crête de 320Wc ; les données de leur fiche technique sont présentées en Annexe 22. En considérant ces modules et la surface disponible les simulations affichent un maximum de 74 modules pouvant fournir une puissance crête maximale de 23,68 kW. Cette installation fournirait une énergie annuelle de 37661,7 kWh (Annexe 20). Les données des factures d'électricités nous présentent une consommation annuelle maximale de 92602 kWh. L'installation n'est pas en mesure de couvrir entièrement les besoins des bâtiments,

à cet effet deux options peuvent être envisagées :

- L'installation d'un système photovoltaïque raccordé au poste de l'éclairage et de la ventilation,
- L'installation d'un système photovoltaïque connecté au réseau pour autoconsommation.

Le dimensionnement de chacune de ces options se fera via le logiciel Solarius PV.

- **Option 1 : Système photovoltaïque autonome (Annexe 21)**

Cette installation solaire sera utilisée pour couvrir les besoins d'énergie pour ce qui est de l'éclairage et de la ventilation. Ces besoins sont de l'ordre d'environ 34,9 kWh/jr, soit 7% de la consommation d'énergie. L'onduleur chargeur utilisé sera configuré de sorte que le réseau ne soit sollicité qu'en cas d'intervention sur l'installation solaire. Pour la mise en œuvre de ce système des travaux de réaménagement des circuits électriques doivent être fait de sorte qu'un départ soit prévu pour l'éclairage et la ventilation du bâtiment.

Pour ce système le dimensionnement présente les résultats suivants :

- 31 modules Ifrisol de 320 Wc (Annexe 23),
- 1 onduleur chargeur hybride MPP Solar de 10 kW (Annexe 24)
- 8 batteries Ultracell 200Ah (Annexe 25).

L'ensemble des fiches techniques des équipements sont données dans les Annexe 22, Annexe 26 et Annexe 27.

Ce système permettra de réduire la consommation journalière du bâtiment d'environ 7% et de plus le système d'éclairage et de ventilation sera autonome du réseau électrique.

Cependant toute la surface disponible n'est pas exploitée (Annexe 28) et il faudra nécessairement réorganiser le circuit électrique. De ce fait cette solution n'est pas recommandée.

- **Option 2 : Système photovoltaïque connecté au réseau**

Pour cette option, le système est dimensionné suivant la surface exploitable et l'énergie produite est directement injectée sur le réseau électrique pour alimenter les récepteurs.

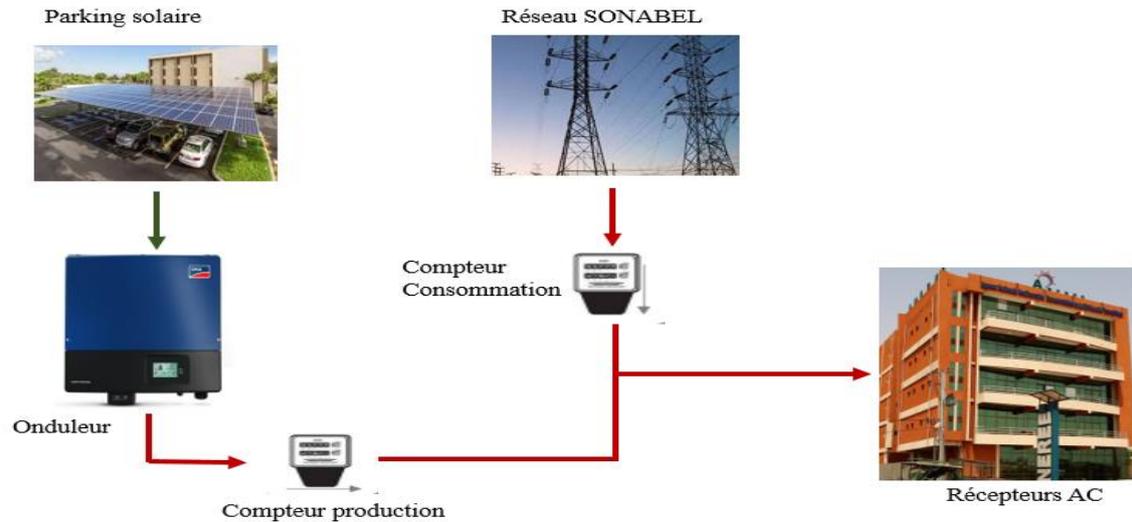


Figure 14 : Schéma illustratif du système solaire photovoltaïque connecté au réseau

Les résultats du dimensionnement de ce système (Annexe 29) sont les suivants :

- La puissance crête pouvant être installée est de 23680 W avec un total de 74 modules sur une surface de 143,56m². Les panneaux seront orientés Sud avec une inclinaison de 15°. La disposition est présentée dans l'Annexe 30. Nous aurons 3 tables de 14 panneaux et 2 tables de 16 panneaux. Les tables de panneaux seront faites en acier galvanisé et devront supporter respectivement un poids de 322 kg et 368 kg.
- L'onduleur réseau choisi doit avoir une puissance maximale admissible à l'entrée DC sensiblement égale à la puissance du champs PV. Cela peut être vérifié à travers le ratio de puissance donnée par la relation (18).

$$Ratio\ de\ puissance = \frac{P_{onduleur}}{P_{PV}} = \frac{25000}{23680} = 1,05 \quad (18)$$

Avec : $P_{onduleur}$: La puissance maximale admissible à l'entrée de l'onduleur (kW) ;

P_{PV} : La puissance du champ photovoltaïque (kW).

Nous avons choisi l'onduleur SMA Solar Sunny Tripower 25000TL-JP (Annexe 32) d'où un ratio de 1,05 (Annexe 31).

De ce choix nous obtenons la configuration du champ photovoltaïque (Annexe 33) consigné dans le Tableau 22.

Tableau 22 : Configuration du champ PV

Configuration		P _{PV} (kW)	V _{mpp} (V)	V _{oc} (V)	I _{cc} (A)
Entrée A	Entrée B				
3 strings de 14 modules	2 strings de 16 modules	23,68	525,84	734,88	26,67

Le dimensionnement des sections de câble et des dispositifs de protection ainsi que le calcul des chutes de tension permet d'obtenir les résultats de l'Annexe 34.

De plus une mise à la terre des supports métalliques doit également être réalisée.

Tableau 23 : Récapitulatif de l'installation PV

Énergie produite (kWh)	37 662
Puissance crête installée (kWc)	23,63
Taux de pénétration	41%
Puissance de l'onduleur (kW)	25
Nombre de modules	74

- **Analyse financière de la proposition solaire photovoltaïque**

L'option retenue pour l'installation solaire photovoltaïque est celle connectée au réseau. Via cette option l'ANEREE pourra bénéficier d'une production annuelle de 37 662 kWh/an. Cette installation permettra en plus à l'agence de :

- Participer au développement et à l'intégration des énergies renouvelables,
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre de 17525,26 kg/an (Annexe 38),
- Réduire sa dépendance énergétique avec une couverture des besoins d'environ 41% (Annexe 39),
- Supprimer les pénalités de dépassement de puissance souscrite (Annexe 40),
- Se montrer exemplaire vis-à-vis des autres structures de l'État.

Nous faisons une étude financière de l'installation solaire afin d'en évaluer l'investissement et la rentabilité.

- Coût d'investissement

Tableau 24 : Coût d'investissement de l'installation photovoltaïque

Désignation	Coût (FCFA)
Onduleur SMA	2 700 000
Panneau Ifrisol poly-si	11 500 000
Matériel de protection	360 000
Câblage et support	2 200 000
Prestation de service et maintenance	3 800 000
TVA	3 664 800
Total	24 024 800

- Coût de remplacement des équipements

Les composantes du système (onduleur et panneau solaire) ayant des durées de vie variant entre 20 et 25 ans aucun remplacement ne sera effectué.

- Valeur résiduelle (S_D)

Il s'agit de la valeur de revente probable de l'investissement, à la fin de la période d'utilisation, après déduction de l'impôt éventuel sur la plus-value de cession. Elle constitue une recette pour la dernière année. La valeur résiduelle (S) est évaluée par le rapport de la durée de vie restante du composant à la fin du projet et la durée de vie réelle du composant[11]. Dans cette partie elle sera appliquée aux panneaux photovoltaïques. Elle est évaluée par la relation (19).

$$S_D = C_i \frac{d'}{d} = 24024800 \times \frac{5}{25} = 4\ 804\ 960 \quad (19)$$

Avec : C_i : Cout initiale des panneaux ;

d' : Durée de vie restant des panneaux ;

d : Durée de vie réelle des panneaux.

$S_D = 4\ 804\ 960$ FCFA

- Facteur d'actualisation

Le facteur d'actualisation prend en compte les taux d'actualisation [12] et d'inflation de la monnaie sur la durée de vie du projet. Le Tableau 25 regroupe ces paramètres.

Tableau 25 : Paramètres de calcul du facteur d'actualisation

Désignation	Valeur
Taux d'actualisation (i)	8%
Taux d'inflation (e)	2%
Durée de vie du projet (n)	20 ans

i_r est le taux d'actualisation ajusté pour les coûts périodiques (les coûts d'entretien).

- ✓ Facteur d'actualisation sur la durée de vie du projet $US_f(i_r, n)$

Ce facteur est donné par la relation (20).

$$US_f(i_r, n) = \frac{(1 + i_r)^n - 1}{i_r(1 + i_r)^n} \quad (20)$$

Avec : $i_r = \frac{1+i}{1+e} - 1$

$US_f(i_r, n) = 11,58$

- ✓ Facteur d'actualisation sur les valeurs résiduelles $PWD_f(i_r, n)$

La relation (21) nous permet d'évaluer ce facteur

$$PDW_f(i, n) = \frac{1}{(1 + i)^n} \quad (21)$$

PDW_f (i, n) = 0,21

- Évaluation du LCC (Life Cycle Cost)

Le LCC évalue le coût d'investissement total d'un système de production durant toute sa durée de vie. La relation (22) permet d'obtenir la valeur du LCC.

$$LCC = CI + US_f(i'_r, n) \times CR - PDW_f(i_r, n) \times S_D \quad (22)$$

Avec : CI : le coût d'investissement (FCFA) ;

US_f (i'_r, n) : le facteur d'actualisation sur les coûts de remplacement. Pour notre installation aucun remplacement ne sera réalisé ;

CR : Coût de remplacement (FCFA). CR=0 ;

PDW_f(i_r, n) : le facteur d'actualisation sur les valeurs résiduelles ;

S_D : la valeur résiduelle (FCFA)

LCC= 23 531 339FCFA

- Les flux nets de la période d'étude (I)

Ce sont les couts d'électricité qui seraient engendrés par l'utilisation à 59% du réseau SONABEL. L'étude des factures a révélé une moyenne annuelle (I) = 9 568 360FCFA.

- La valeur actuelle nette (VAN)

Un investissement est rentable si la valeur actuelle nette des flux nets d'exploitation est positive. Le VAN est obtenu par la relation (23) .

$$VAN = US_f(i_r, n) \times I - LCC \quad (23)$$

VAN = 87 272 901FCFA

La valeur actuelle nette est positive donc notre projet est rentable.

- Économie annuelle possible

L'économie annuelle est le coût d'exploitation de la solution de référence moins celui de la solution proposée. Elle correspond au cout d'électricité effacée et est de 3 822 693 FCFA net par année.

- Le temps de retour sur investissent simplifier

Pour calculer le « temps de retour sur Investissement », on divise l'investissement net du système par le revenu annuel net (24).

$$TRI = \frac{\text{Investissement}}{\text{économie}_{\text{annuelle}}} \quad (24)$$

TRI= 6ans 3 mois

V.Récapitulatif des mesures d'économies d'énergies

Les mesures d'économie d'énergie auront un impact non seulement sur le plan financier, mais aussi sur la classe énergétique du bâtiment. Ainsi le Tableau 26 présente le bilan énergétique et financier.

Tableau 26 : Bilan des mesures d'économies d'énergies

Mesures d'économies		Économie annuelle d'énergie (kWh)	Économie financière annuelle (FCFA)	Coût d'investissement (FCFA)	Temps de retour sur investissement
Solutions immédiates	Sensibilisation	16 298	2 909 170	-	-
	Changement du contrat d'abonnement	-	-	-	-
Solutions prioritaires	Remplacement des luminaires	-	-	695 200	-
	Installation Eco2	2 129	216 094	754 880	3ans 6mois
Solutions utiles	Installation de batteries de condensateurs	-	1 092 806	1 800 000	1 ans 8mois
	Remplacement des climatiseurs	20 961	3 741 574	26 809 500	7ans 2mois
	Installation solaire PV	37 662	3 882 693	24 024 800	6ans 3mois

Total	77 050	11 842 316	54 084 380	-
--------------	---------------	-------------------	-------------------	----------

Face aux économies réalisées nous auront certainement une évolution des paramètres d'évaluation de l'efficacité énergétique du bâtiment.

Tableau 27 : Évaluation de l'efficacité énergétique du bâtiment

	Surface (m ²)	Consommation énergétique annuelle (kWh/an)		RO (kWh/m ² .an)		IRCO ₂ (kg/m ² /an)	
		2018	2019	2018	2019	2018	2019
		Avant mise en œuvre des solutions proposées					
Bâtiment	2116,19	92602	89132	113	109	99	96
		Après mise en œuvre des solutions proposées					
		32 574	29104	40	35	35	31

Suivant le Tableau 27 le bâtiment de l'agence passera à la classe énergétique A (logement à basse consommation énergétique), et suivant son émission de gaz à effet de serre il passera à la classe D (émission de gaz à effets de serre assez importante).

CONCLUSION

L'audit énergétique réalisé pour le compte de l'ANEREE, a permis de relever des sources de gaspillages d'énergies parmi lesquelles nous avons l'utilisation d'équipements énergivores et les gestes et habitudes des travailleurs. Aussi en partant de l'analyse des consommations suivant les postes de récepteurs nous avons pu définir les fronts sur lesquelles les économies d'énergies peuvent être envisagées.

De ces constats et diagnostics nous avons pu proposer des solutions correctives afin d'améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment. Ces solutions vont de la sensibilisation des travailleurs à l'installation d'un parking solaire photovoltaïque, en passant par l'installation de système de gestion pour le poste d'éclairage, l'intégration de batteries de condensateurs et le changement progressif des systèmes de climatisation.

L'ensemble de ces solutions après exécution, engendreront une économie d'environ 11 842 316 FCFA/an. Suivant que la solution soit immédiate, prioritaire ou utile l'agence travaillera à les mettre en œuvre. Cependant le remplacement des climatiseurs se fera de manière progressive.

La mise en œuvre des solutions permettra de réduire la consommation énergétique de la structure et l'équipe de sensibilisation pourra effectuer un suivi des factures afin de noter l'évolution des prévisions. L'entreprise pourra certainement atteindre la classe énergétique A et réduire ses émissions de gaz à effet de serre d'environ 40%. D'autres solutions peuvent être encore explorées pour réduire d'avantage la consommation énergétique de l'agence. Un audit sur la consommation du groupe électrogène et aussi l'intégration d'une nouvelle source d'énergie renouvelable sont des points potentiels.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Banque Mondiale, « Burkina Faso - Population totale | Statistiques ». Consulté le oct.12,2020. Disponible en ligne sur : <https://perspective.usherbrooke.ca/bilan/tend/BFA/fr/SP.POP.TOTL.html>.
- [2] Direction Générale des Études et des Statistiques Sectorielles, « Annuaire statistique 2018 du ministère de l'énergie ». Consulté le : août 28, 2020. Disponible en ligne sur : http://www.cns.bf/IMG/pdf/me_annuaire_statistique-2018.pdf.
- [3] Banque Mondiale et al., « Suivi de l'ODD 7 : rapport sur les points saillants ». Consulté le : nov. 17, 2020. Disponible en ligne sur : <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/31752/Tracking-SDG-7-FRhighlights.pdf?sequence=7&isAllowed=y>.
- [4] J. YAMEOGO, « Énergie durable pour tous (SE4ALL) : Agenda d'actions Burkina Faso ». Consulté le : nov. 17, 2020. Disponible en ligne sur : http://www.ecreee.org/sites/default/files/events/presentation_se4all_action_agenda_burkina_faso.pdf.
- [5] Ministère des Mines et de l'Énergie, « Politique sectorielle de l'énergie 2014 - 2025 ». Consulté le : oct. 12, 2020. Disponible en ligne sur : http://eaurkina.org/images/Amenagement/Politique_sect_Energie.pdf.
- [6] Direction Générale des Études et des Statistiques Sectorielles, « Tableau de bord 2018 du ministère de l'énergie ». Consulté le : août 28, 2020. Disponible en ligne sur : http://cns.bf/IMG/pdf/me_tableau_de_bord_statistique-2018.pdf.
- [7] Eure Habitat, « Comment lire un DPE ? ». Consulté le oct.15, 2020. Disponible en ligne sur : <https://www.eure-habitat.fr/espace-locataire/comment-lire-un-dpe/>.
- [8] Z. YOUNSI, « Diagnostique de la performance énergétique des bâtiments ». Cour sur les économies d'énergie dans le bâtiment, 2016/2017.
- [9] B. KORGHOU, « Évaluation des émissions carbone du siège de la commission de l'union économique et monétaire ouest africaine (UEMOA) pour l'année 2010 ». Mémoire Master de 2iE, Ouagadougou, Novembre 2011.
- [10] Institut de la Francophonie pour le Développement Durable (IFDD), « Guide du bâtiment durable en régions tropicales – Tome 2 », p. 132. Institut de la francophonie pour le développement durable (IFDD) 56, rue Saint-Pierre, 3e étage, Québec (Québec) G1K 4A1 Canada.
- [11] D. TSUANYO., « Approches technico-économiques d'optimisation des systèmes énergétiques décentralisés : cas des systèmes hybrides PV/Diesel », p. 201. Thèse de Doctorat de 2iE, Ouagadougou, 2015.
- [12] Fondation Énergies pour le Monde, « 10 centrales solaires pour 40 000 ruraux dans la région nord du Burkina Faso ». Consulté le : févr. 19, 2021. Disponible en ligne sur : <https://www.fondem.org/pdf/publication/Fondem-Brochure-Noria-Burkina-Faso-Microsol-2016.pdf>.
- [13] D. C. Nomades, « Historique Météo de Ouagadougou ». Consulté le nov.24,2020. Disponible en ligne sur : <https://www.historique-meteo.net/afrique/burkina-faso/ouagadougou/>.
- [14] Institut de la Francophonie pour le Développement Durable, « Guide du bâtiment durable en régions tropicales Tome 1 : Stratégies de conception des nouveaux bâtiments en régions tropicales ». Consulté le : oct. 15, 2020. Disponible en ligne sur : https://www.ifdd.francophonie.org/wp-content/uploads/2019/12/667_Guide_Bati_Durable_T1-2.pdf.
- [15] GuidEnR Photovoltaïque, « GuidEnR PHOTOVOLTAÏQUE > Parafoudre de la partie continu d'une installation photovoltaïque - Technologies ». Consulté le : févr.12, 2021. Disponible en ligne sur :

http://www.photovoltaique.guidenr.fr/V_2_parafoudre_dc_photovoltaique_technologie.php.

[16] Formatis, « Parafoudre | Le blog de Forma TIS ». Consulté le : févr.12, 2021. Disponible en ligne sur : <http://blog.formatis.pro/parafoudre>.

[17] Union Technique de l'Électricité, « principe-photovoltaïque-norme-UTE-C157-12-1.pdf ». Consulté le : févr. 12, 2021. [En ligne]. Disponible sur : <http://electrosun.fr/solaire/principe-photovolta%C3%AFque-norme-UTE-C157-12-1.pdf>.

ANNEXES

Annexe 1 : Grille tarifaire SONABEL	65
Annexe 2 : Coefficient de simultanéité lié au récepteur (Norme UTE 63-410).....	66
Annexe 3 : Coefficient de simultanéité pour armoire de distribution (Norme NFC 15-100) .	66
Annexe 4 : Facteur d'utilisation, rendement et facteur de puissance des récepteurs.....	66
Annexe 5 : Données générales du bilan thermique	66
Annexe 6 : Inventaire des équipements bâtiment A.....	68
Annexe 7 : Inventaire des équipements bâtiment B	75
Annexe 8 : Profil d'évolution des températures[13].....	84
Annexe 9 : Simulation de la facture d'électricité de 2018.....	85
Annexe 10 : Simulation de la facture d'électricité 2019.....	86
Annexe 11 : Bilan de puissance bâtiment A	87
Annexe 12 : Bilan de puissance bâtiment B.....	89
Annexe 13 : Coefficient de performance recommandés (2006)[14].....	90
Annexe 14 : Évolution de la facture après surclassement	91
Annexe 15 : Ecodéducteur.....	92
Annexe 16 : Fiche technique de la batterie de condensateur	92
Annexe 17: Fiche technique des climatiseurs de substitutions	93
Annexe 18 : Coût estimatif du remplacement des climatiseurs	93
Annexe 19 : Évaluation du coût de consommation des climatiseurs de remplacement.....	94
Annexe 20 : Énergie produite par l'installation solaire PV	95
Annexe 21 : Configuration de système solaire photovoltaïque hybride	95
Annexe 22 : Fiche technique du panneau photovoltaïque.....	96
Annexe 23 : Résultats du dimensionnement du champs photovoltaïque système autonome ..	96
Annexe 24 : Choix de l'onduleur.....	97
Annexe 25 : Résultat du dimensionnement du parc de batteries.....	97
Annexe 26 : Fiche technique de l'onduleur chargeur	98
Annexe 27 : Fiche technique des batteries	99
Annexe 28 : Disposition des panneaux photovoltaïques.....	100
Annexe 29 : Résultat du dimensionnement pour le système PV connecté réseau	100
Annexe 30 : Disposition des panneaux photovoltaïques pour la solution connecté réseau ...	101
Annexe 31 : Vérification des paramètres du système PV	101
Annexe 32 : Fiche technique de l'onduleur réseau	103

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

Annexe 33 : Choix de l'onduleur et configuration du champs	104
Annexe 34 : Choix des dispositifs de protections, calcul des sections de câbles et chute de tension	104
Annexe 35: Carte du niveau kéraunique[15].....	105
Annexe 36: Choix des parafoudre en fonction des caractéristiques de l'installation[15].....	105
Annexe 37 : I _{max} en fonction de l'exposition du bâtiment[16]	105
Annexe 38 : Émission de gaz à effet de serre évité.....	107
Annexe 39 : Histogramme de la consommation énergétique après intégration du PV	107
Annexe 40 : Histogramme du dépassement de la puissance souscrite avec le PV	107

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 E T E N S I O N	MONOPHASE 2 FILS	I) USAGE DOMESTIQUE PARTICULIERS ET ADMINISTRATION											
		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		98	102	109	457	1 774	8 175	691	400	108	9 374
		10A		98	102	109	457	3 548	16 350	691	400	108	17 549
		15A		98	102	109	457	5 322	24 625	691	400	108	25 724
		20A		98	102	109	764	7 096	32 700	691	400	108	33 899
		25A		98	102	109	764	8 870	40 875	691	400	108	42 074
		30A		98	102	109	764	10 644	49 050	691	400	108	50 249
B T	TRIPHASE 4 FILS	II) USAGE DOMESTIQUE ET FORCE MOTRICE PARTICULIERS ET ADMINISTRATION											
		Tarif type C (triphasé)		Tranche 1 0 à 50 kWh	Tranche 2 51 à 200 kWh	Tranche 3 plus de 200 kWh							
		10A		98	108	114	1 226	10 813	51 300	1 380	400	108	53 188
		15A		98	108	114	1 226	15 918	76 950	1 380	400	108	78 838
		20A		98	108	114	1 373	21 224	102 600	1 380	400	108	104 488
		25A		98	108	114	1 373	26 531	128 250	1 380	400	108	130 138
		30A		98	108	114	1 373	31 837	153 900	1 380	400	108	155 788
		III) B.T. / TARIFS HORAIRES PARTICULIERS ET ADMINISTRATION		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 D1 Non industriel		165		88		8 538	34 582 FCFA par kW par an	PS X 100 X 165	1 380	4 000	108
		Tarif type D2 Industriel		140		75		7 115	28 918 FCFA par kW par an	PS X 100 X 140	1 380	4 000	108
MOYENNE TENSION (MT)	IV) M.T. / TARIFS HORAIRES PARTICULIERS ET ADMINISTRATION		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 E1 Non industriel		139		64		8 538	70 826 FCFA par kW par an	PS X 100 X 139	1 380	4 000	108	
	Tarif type E2 Industriel		118		54		7 115	64 387 FCFA par kW par an	PS X 100 X 118	1 380	4 000	108	
INDUSTRIES EXTRACTIVES ET HAUTE TENSION (HT)	V) H.T. / TARIFS HORAIRES PARTICULIERS		Heures de pointe (10h à 24 h)		Heures pleines (0h à 10h)								
	Tarif type G		140		70		7 115	64 387 FCFA par kW par an	PS X 100 X 118	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 bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

Annexe 2 : Coefficient de simultanéité lié au récepteur (Norme UTE 63-410)

Récepteur	ks
Eclairage et conditionnement d'air	1
Chauffe eau	1
Prise de courant (N le nombre de prise de courant alimenté par le même circuit)	$0,1 + \frac{0,9}{N}$

Annexe 3 : Coefficient de simultanéité pour armoire de distribution (Norme NFC 15-100)

Nombre de circuit	ks
2 et 3	0.9
4 et 5	0.8
5 à 9	0.7
10 et plus	0.6

Annexe 4 : Facteur d'utilisation, rendement et facteur de puissance des récepteurs

Récepteur	Facteur d'utilisation	cos φ	Rendement
Eclairage	1	1	1
Prise de courant	-	0,2 - 0,5	-
Climatiseur	0,75	0,9	1
Brasseur	0,75	1	1
Imprimante	1	1	1
Ordinateur	1	1	1

Annexe 5 : Données générales du bilan thermique

Données Générales			
Température Ambiante	Tamb	40	°C
Température Salle climatisée	Tint1	23	°C
Température Salle non climatisée	Tint2	37	°C
	ΔT1	17	°C
	ΔT2	14	°C
Humidité relative interne	Φi	50%	
Humidité relative externe	Φe	30%	

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

Hauteur mur	h	3	m
Différence d'enthalpie	h_{ext}	18,18	kcal/kgAS
	h_{int}	12,36	kcal/kgAS
	Δh	5,82	kcal/kgAS
Différence de Titres	X_{ext}	13,88	g/kgAS
	X_{int}	9,98	g/kgAS
	ΔX	3,9	g/kgAS
Les apports en provenance de l'air atmosphérique			
Coefficient globaux d'échange mur	H _m	2,39	W/m ² ·K ⁻¹
Coefficient globaux d'échange du plancher	H _{pa}	1,75	W/m ² ·K ⁻¹
Coefficient globaux d'échange du plafond	h _{pf}	2,6	W/m ² ·K ⁻¹
Coefficient globaux d'échange vitrage	H _v	5	W/m ² ·K ⁻¹
Éclairage	P _n	8	W/m ²
Les apports dû aux rayonnement			
Coefficient d'absorption mur en maçonnerie de couleur sombre	a	0,8	
Coefficient de structure moyenne	F	0,9	
Rayonnement Global Avril 14h			
H	G	774	
S	G	231	
SO	G	465	
O	G	543	
NO	G	419	
N	G	198	
NE	G	198	
E	G	198	
SE	G	198	
Coefficient de convection externe	h_e	15	W/m ² ·K ⁻¹
Facteur solaire de la vitre	g	0,35	
Facteur correctif dû au rideaux	F	2/3	
Les apports internes			
Chaleur Latent/sensible par personne			
Bureau	QL	46	kcal/h
	QS	54	kcal/h
Débit volumique d'infiltration			
Bureau	K _{sc}	18	m ³ /h/pers

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

Annexe 6 : Inventaire des équipements bâtiment A

STRUCTURE		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation
	Accueil	Lampes 1,2	2	18	-
		Spot	1	18	-
		Brasseur	1	75	-
	Bureau Service courrier	Spot	1	18	-
		Ordi bureau	1	65	-
	Bureau PCA	Lampes 1,2	2	18	-
		Spot	1	18	-
		Brasseur	1	75	-
		Climatiseur	1	2500	-
		Cafetière	1	800	-
	Showroom	Lampes 1,2	16	18	-
		Spot	8	18	-
		Brasseur	3	75	-
		Climatiseur	3	2500	-
		Ordi bureau	1	65	-
		Télé	4	69	-
		BAES	2	1,2	-
	Couloir ou Allée	Lampes 1,2	12	18	-
		Spot	2	18	-
		Brasseur	2	75	-
		Climatiseur	3	2500	-
Télé		1	69	-	
BAES		2	1,2	-	
Switch		1	8,2	-	

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

STRUCTURE		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation
	Toilette personnel	Spot	1	18	-
	Toilette visiteur	Spot	1	18	-
	Extérieur	Spot	5	5	-
R+1	Salle de réunion	Lampe 1,2	16	18	-
		Spot	6	18	-
		Brasseur	2	75	-
		Climatiseur	1	3800	-
		Climatiseur	2	2500	-
		Télé	1	69	-
		Vidéo projecteur	1	270	-
		BAES	1	1,2	-
	Bureau 1	Lampe 1,2	4	18	-
		Spot	2	18	-
		Brasseur	1	75	-
		Climatiseur	1	2500	-
	Bureau 2	Lampes 1,2	2	18	-
		Spot	1	18	-
		Brasseur	1	75	-
	Bureau 3	Lampe 1,2	2	18	-
		Brasseur	1	75	-
		Climatiseur	1	2500	-
	Magasin	Lampe 1,2	2	18	-
		Spot	1	18	-
		Climatiseur	1	2500	-
	Couloir ou Allée	Lampe 1,2	6	18	-

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

STRUCTURE		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation	
		Spot	7	18	-	
		Brasseur	1	75	-	
		Climatiseur	1	2500	-	
		BAES	2	1,2	-	
		Switch	1	8,25	-	
	Toilettes	Th1	Spot	1	18	Non fonctionnel
		Th2	Spot	1	18	
		Tf1	Spot	1	18	
		Tf2	Spot	1	18	
	Grande salle toilette		Spot	2	18	-
	Extérieur		Spot	3	18	-
R+2	Bureau responsable	Lampes 1,2	4	18	-	
		Spot	2	18	-	
		Brasseur	1	75	-	
		Climatiseur	1	2500	-	
		Ordi bureau	1	65	-	
		Imprimante	1	495	-	
	Salle de réunion	Lampe 1,2	4	18	-	
		Spot	2	18	-	
		Brasseur	1	75	-	
		Climatiseur	1	2500	-	
		Vidéo projecteur	1	270	-	
		BAES	1	1,2	-	
	Espace de travail ingénieur	Lampe 1,2	24	18	-	
		Spot	11	18	-	

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

STRUCTURE		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation	
		Brasseur	4	75	-	
		Climatiseur	4	2500	-	
		Ordi bureau	4	65	-	
		Imprimante	2	495	-	
		Photocopieuse	1	1345	-	
		BAES	2	1,2	-	
		Switch	1	8,25	-	
		Télé	1	69	-	
		Réfrigérateur	1	100	-	
		Cafetière	1	800	-	
	Toilettes	Th1	Spot	1	18	Non fonctionnel
		Th2	Spot	1	18	
		Tf1	Spot	1	18	
		Tf2	Spot	1	18	
	Grande salle toilette		Spot	2	18	-
Extérieur		Spot	3	5	-	
R+3	Bureau responsable	Lampe 1,2	4	18	-	
		Spot	2	18	-	
		Brasseur	1	75	-	
		Climatiseur	1	2500	-	
		Ordi bureau	1	65	-	
		Imprimante	1	495	-	
	Salle de réunion	Lampe 1,2	4	18	-	
		Spot	2	18	-	
		Brasseur	1	75	-	

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

STRUCTURE		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation	
		Climatiseur	1	2500	-	
		Vidéo projecteur	1	270	-	
	Espace de travail ingénieur	Lampe 1,2	24	18	-	
		Spot	11	18	-	
		Brasseur	4	75	-	
		Climatiseur	4	2500	-	
		Imprimante	2	495	-	
		Ordi bureau	4	65	-	
		Photocopieuse	1	1345	-	
		Télé	1	69	-	
		Réfrigérateur	1	110	-	
		Cafetière	1	800	-	
		BAES	2	1,2	-	
		Switch	1	8,25	-	
	Toilettes	Th1	Spot	1	18	Non fonctionnel
		Th2	Spot	1	18	
		Tf1	Spot	1	18	
		Tf2	Spot	1	18	
	Grande salle toilette		Spot	2	18	-
	Extérieur		Spot	3	5	
R+4	Bureau 1	Lampe 1,2	2	18	-	
		Spot	2	18	-	
		Climatiseur	1	2500	-	
		Ordi bureau	1	65	-	
		Imprimante	1	495	-	

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

STRUCTURE		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation
	Bureau 2	Lampe 1,2	4	18	-
		Spot	2	18	-
		Brasseur	1	75	-
		Climatiseur	1	2500	-
		Ordi bureau	2	65	-
		Imprimante	2	495	-
	Bureau 3	Lampe 1,2	2	18	-
		Climatiseur	1	2500	-
		Ordi portable	1	65	-
		Imprimante	1	495	-
	Bureau 4	Lampe 1,2	2	18	-
		Spot	2	18	-
		Brasseur	1	75	-
		Climatiseur	1	2500	-
		Ordi bureau	1	65	-
		Ordi portable	1	65	-
		Imprimante	1	1345	-
	Bureau 5	Lampe 1,2	4	18	-
		Brasseur	1	75	-
		Climatiseur	1	2500	-
		Ordi bureau	1	65	-
		Imprimante	1	495	-
		Cafetière	1	800	-
Salle de réunion	Lampe 1,2	6	18	-	
	Spot	3	18	-	

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

STRUCTURE		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation	
		Brasseur	2	75	-	
		Climatiseur	2	6600	-	
		Télé	1	69	-	
		Vidéo projecteur	1	270	-	
		BAES	1	1,2	-	
	Bureau 6	Lampe 1,2	2	18	-	
		Climatiseur	1	2500	-	
		Ordi portable	2	65	-	
		Imprimante	1	495	-	
	Secrétariat	Lampe 1,2	4	18	-	
		Brasseur	1	75	-	
		Climatiseur	1	2500	-	
		Ordi bureau	1	65	-	
		Imprimante	1	495	-	
		Cafetière	1	2200	-	
	Couloir ou Allée	Lampe 1,2	8	18	-	
		Spot	1	18	-	
		Climatiseur	1	2500	-	
		Réfrigérateur	1	60	-	
		Photocopieuse	1	1345	-	
		BAES	2	1,2	-	
		Switch	1	8,25	-	
	Toilettes	Th1	Spot	1	18	Non fonctionnel
		Th2	Spot	1	18	
		Tf1	Spot	1	18	

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

STRUCTURE		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation
	Tf2	Spot	1	18	
	Grande salle toilette	Spot	2	18	
	Extérieur	Spot	3	5	-
Escalier		Spot	11	5	-
		BAES	9	1,2	-

Annexe 7 : Inventaire des équipements bâtiment B

N	STRUCTURES		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation
RDC	Laboratoire	Espace de travail ingénieur	Lampe 0,6	40	9	14 non fonctionnels
			Spot	7	18	-
			Brasseur	4	65	-
			Climatiseur	3	2500	-
			Ordi bureau	1	65	-
			Ordi portable	2	65	-
			Imprimante	2	495	-
			Réfrigérateur	1	60	-
			Cafetière	1	800	-
			BAES	1	1,2	-
	Toilette	Globe	1	18	Non fonctionnel	
	DCTCE	Bureau 1	Lampe 0,6	8	9	-
			Spot	2	18	-
			Brasseur	1	65	-
Climatiseur			1	2500	-	

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

N	STRUCTURES		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation
			Switch	1	8,25	-
			Ordi portable	1	65	-
		Bureau 2	Lampe 0,6	16	9	-
			Spot	2	18	-
			Brasseur	2	65	-
			Climatiseur	1	2500	-
			Lampe 0,6	16	9	9 non fonctionnels
		Accueil	Brasseur	1	65	-
			Climatiseur	1	2500	-
			Ordi bureau	1	65	-
			Imprimante	1	495	-
			Réfrigérateur	1	60	-
			Cafetière	1	2200	-
			BAES	1	1,2	-
		Toilette	Globe	1	18	Non fonctionnel
		Extérieur	Spot	2	5	-
			BAES	1	1,2	-
Spot	6		5	-		
Lampe 1,2	3		18	Non fonctionnels		
R+1	DMP		Accueil	Lampe 0,6	16	9
		Spot		3	18	-
		Brasseur		1	65	-
		Climatiseur		1	2500	-
		Ordi bureau		1	65	-

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

N	STRUCTURES		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation	
			Photocopieuse	1	1345	-	
			Imprimante	1	495	-	
			BAES	1	1,2	-	
			Modem	1	10	-	
			Switch	1	8,25	-	
			Réfrigérateur	1	60	-	
			Cafetière	1	2200	-	
		Bureau 1	Lampe 0,6	8	9	4 non fonctionnels	
			Brasseur	1	65	-	
			Climatiseur	1	2500	-	
			Ordi portable	1	65	-	
			Imprimante	1	495	-	
		Bureau 2	Lampe 0,6	8	9	-	
			Spot	4	18	-	
			Brasseur	1	65	-	
			Climatiseur	1	2500	-	
			Ordi portable	1	65	-	
			Imprimante	1	495	-	
		Bureau 3	Lampe 0,6	8	9	-	
			Brasseur	1	65	-	
			Ordi bureau	1	65	-	
			Imprimante	1	495	-	
		Toilette	Globe	1	18	-	
		Auditeur interne	Accueil	Lampe 0,6	16	9	-
				Spot	3	18	-

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

N	STRUCTURES		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation
			Brasseur	1	65	-
			Climatiseur	1	2500	-
			BAES	1	1,2	-
		Bureau 1	Lampe 0,6	8	9	-
			Brasseur	1	65	-
			Climatiseur	1	2500	-
		Bureau 2	Lampe 0,6	8	9	-
			Brasseur	1	65	-
		Bureau 3	Lampe 0,6	8	9	-
			Spot	2	18	-
			Brasseur	1	65	-
			Climatiseur	1	2500	-
		Toilettes	Globe	1	18	-
		Couloir	Spot	1	5	-
			BAES	1	1,2	-
Extérieur	Spot	5	5	-		
R+2	Service informatique	Accueil	Lampe 0,6	16	9	9 non fonctionnels
			Spot	1	18	-
			Brasseur	1	65	-
			Climatiseur	1	2500	-
			Ordi portable	1	65	-
			Réfrigérateur	1	60	-
		Bureau 1	Lampe 0,6	8	9	4 non fonctionnels
			Climatiseur	1	2500	-

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

N	STRUCTURES		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation
			Ordi bureau	1	65	-
			Ordi portable	2	65	-
			Imprimante	2	495	-
			Modem	1	10	-
			Switch	1	8,25	-
		Bureau 2	Lampe 0,6	8	9	1 non fonctionnel
			Spot	2	18	-
			Brasseur	1	65	-
			Ordi bureau	1	65	-
			Imprimante	1	495	-
			Réfrigérateur	1	60	-
		Bureau 3	Lampe 0,6	8	9	-
			Spot	2	18	-
			Brasseur	1	65	-
			Climatiseur	1	2500	-
			Ordi bureau	1	65	-
			Imprimante	1	495	-
		Toilette	Globe	1	18	-
		DFC	Accueil	Lampe 0,6	16	9
	Spot			2	18	-
	Brasseur			1	65	-
	Climatiseur			1	2500	-
	Ordi bureau			1	65	-

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

N	STRUCTURES		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation
			Photocopieuse	1	1345	-
			Imprimante	1	495	-
			BAES	1	1,2	-
			Réfrigérateur	1	60	
			Cafetière	1	2200	-
		Bureau 1	Lampe 0,6	8	9	2 non fonctionnels
			Spot	2	18	-
			Brasseur	1	65	-
			Climatiseur	1	2500	-
			Ordi portable	1	65	-
			Imprimante	1	495	-
		Bureau 2	Lampe 0,6	8	9	-
			Spot	2	18	-
			Brasseur	1	65	-
			Climatiseur	1	2500	-
	Ordi portable		1	65	-	
	Imprimante		1	495	-	
	Bureau 3	Lampe 0,6	8	9	-	
		Brasseur	1	65	-	
		Ordi bureau	1	65	-	
		Imprimante	1	495	-	
	Toilettes	Globe	1	18	-	
	Couloir	Spot	1	5	-	
		BAES	1	1,2	-	
	Extérieur	Spot	5	5	-	

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

N	STRUCTURES		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation
R+3	DRH	Accueil	Lampe 0,6	16	9	4 non fonctionnels
			Spot	2	18	-
			Brasseur	1	65	-
			Climatiseur	1	2500	-
			Ordi bureau	1	65	-
			Imprimante	1	495	-
			Photocopieuse	1	1345	-
			BAES	1	1,2	-
			Réfrigérateur	1	60	-
		Bureau 1	Lampe 0,6	8	9	5 non fonctionnels
			Spot	2	18	-
			Brasseur	1	65	-
			Climatiseur	1	2500	-
			Imprimante	1	495	-
			Ordi bureau	1	65	-
			Switch	1	8,25	-
		Bureau 2	Lampe 0,6	8	9	-
			Spot	1	18	-
			Brasseur	1	65	-
			Imprimante	1	495	-
			Ordi bureau	1	65	-
		Bureau 3	Lampe 0,6	8	9	-
			Spot	2	18	-
			Brasseur	1	65	-

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

N	STRUCTURES		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation	
			Climatiseur	1	2500	-	
			Ordi portable	1	65	-	
			Ordi bureau	1	65	-	
			Imprimante	1	495	-	
			Vidéo projecteur	1	270	-	
		Toilettes	Globe	1	18	-	
		Couloir	Spot	1	5	-	
	BAES		1	1,2	-		
		Extérieur		Spot	5	5	-
	R+4	Direction Générale	Accueil	LED 0,6	20	9	7 non fonctionnels
Spot				2	18	-	
Brasseur				1	65	-	
Climatiseur				1	2500	-	
BAES				1	1,2	-	
Photocopieuse				1	1345	-	
			Secrétariat	Lampe 0,6	16	9	-
Spot				2	18	-	
Brasseur				1	65	-	
Climatiseur				1	2500	-	
Imprimante				2	495	-	
Scanner				1	475	-	
Ordi portable				1	65	-	
Réfrigérateur				1	60	-	
Cafetière				1	2200	-	

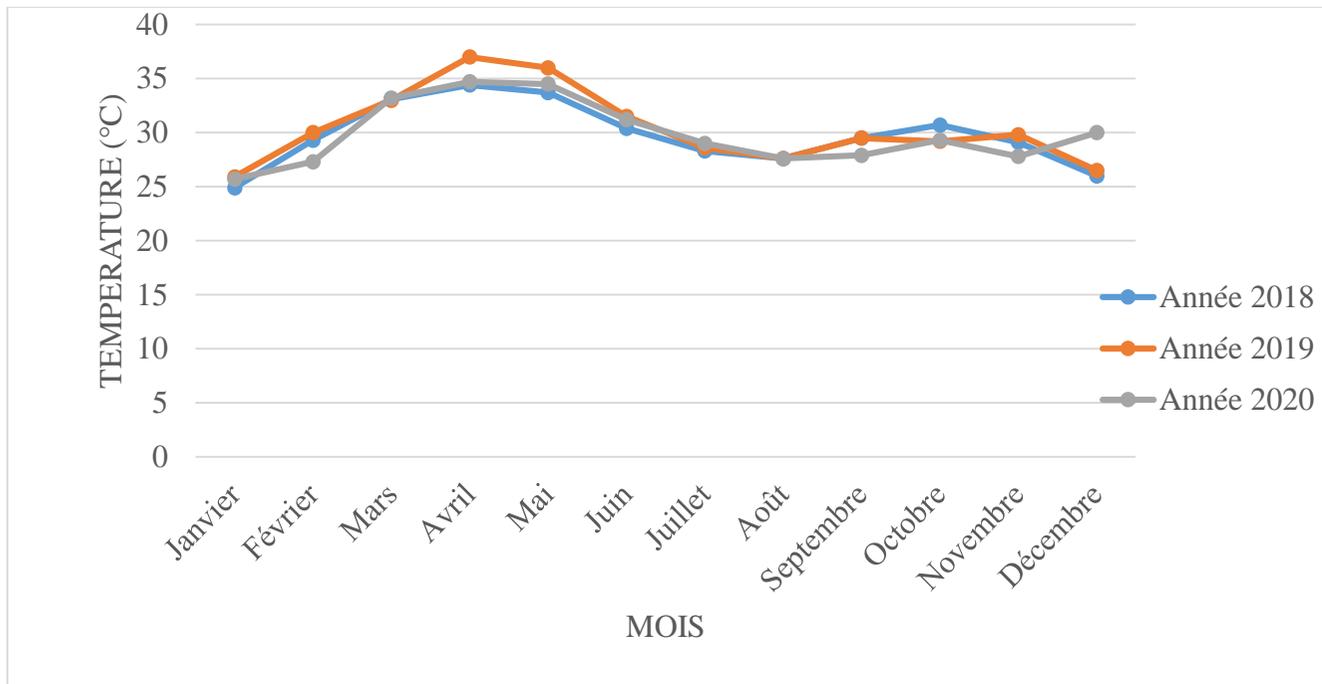
Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

N	STRUCTURES		Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation
	Bureau 2		Lampe 0,6	8	9	2 non fonctionnels
			Spot	2	18	-
			Brasseur	1	65	-
			Ordi portable	1	65	-
			Imprimante	1	495	-
		Toilette	Globe	1	18	-
		Bureau DG	Lampe 0,6	40	9	-
			Spot	7	18	-
			Brasseur	4	65	-
			Climatiseur	3	2500	-
			Ordi bureau	1	65	-
			Ordi portable	1	160	-
			Imprimante	1	495	-
			Modem	1	10	-
			Switch	1	8,25	-
			Réfrigérateur	1	60	-
			Cafetière	1	2200	-
			Vidéo projecteur	1	270	-
			Toilettes	Globe	1	18
		Couloir	Spot	1	5	-
			BAES	1	1,2	-
		Extérieur	Spot	5	5	-
		Escalier	Spot	8	5	-
	BAES		8	1,2	-	
	Ascenseur			1	4100	-

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

N	STRUCTURES	Équipements	Nombre	Puissance (W)	Observation
	Surpresseur		1	1500	-

Annexe 8 : Profil d'évolution des températures[13]



Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

Annexe 9 : Simulation de la facture d'électricité de 2018

ANNEE 2018																				
Mois	Energie active (kWh)		Energie active totale (kWh)	Energie réactive totale (kVAr)	Pénalités Cos phi			Prime fixe (FCFA)	TDSAAE (FCFA)	TDE (FCFA)	Redevances (FCFA)	Taxes (FCFA)	Coût de consommation energie active (FCFA)		Pénalités de dépassement de puissance souscrite	Montant électricité (FCFA)	TVA (FCFA)	Montant facture calculé (FCFA)	Montant facture SONABEL (FCFA)	Différence (FCFA)
	HPL	HPT			Cos phi	m	l+m						HPL	HPT						
Janvier	2 422	2 204	4 626	3 084	0,83	-	1,000	295 108	9 252	9 252	8 538	27 042	155 008	306 356	-	461 364	141 033	924 547	924 547	- 0
Février	2 487	2 206	4 693	3 202	0,83	-	1,000	295 108	9 386	9 386	8 538	27 310	159 168	306 634	-	465 802	141 880	930 100	930 100	- 0
Mars	3 377	3 678	7 055	3 000	0,92	- 0,009	0,991	292 415	14 110	14 110	8 538	36 758	214 155	506 575	41 700	720 730	196 489	1 288 091	1 289 452	- 1 361
Avril	5 167	6 137	11 304	3 885	0,95	- 0,023	0,977	288 404	22 608	22 608	8 538	53 754	323 175	833 662	91 740	1 156 837	286 332	1 877 067	1 876 578	489
Mai	5 389	6 173	11 562	3 968	0,95	- 0,023	0,977	288 380	23 124	23 124	8 538	54 786	337 032	838 483	125 100	1 175 515	295 880	1 939 660	1 939 309	351
Juin	5 161	5 781	10 942	3 791	0,94	- 0,022	0,978	288 540	21 884	21 884	8 538	52 306	322 953	785 675	95 910	1 108 628	278 169	1 823 553	1 823 985	- 432
Juillet	3 957	3 989	7 946	3 434	0,92	- 0,008	0,992	292 756	15 892	15 892	8 538	40 322	251 229	550 051	29 190	801 280	209 439	1 372 986	1 372 949	37
Août	3 349	3 360	6 709	3 462	0,89	-	1,000	295 108	13 418	13 418	8 538	35 374	214 336	467 040	-	681 376	182 135	1 193 993	1 193 992	1
Septembre	2 773	2 733	5 506	2 706	0,90	-	1,000	295 108	11 012	11 012	8 538	30 562	177 472	379 887	-	557 359	158 945	1 041 975	1 041 974	1
Octobre	3 170	3 034	6 204	3 070	0,90	-	1,000	295 108	12 408	12 408	8 538	33 354	202 880	421 726	8 340	624 606	173 054	1 134 462	1 134 461	1
Novembre	4 004	4 394	8 398	4 036	0,90	-	1,000	295 108	16 796	16 796	8 538	42 130	256 256	610 766	41 700	867 022	224 273	1 470 233	1 470 233	0
Décembre	3 622	4 035	7 657	3 251	0,92	- 0,009	0,991	292 382	15 314	15 314	8 538	39 166	229 667	555 684	29 190	785 351	206 296	1 352 386	1 351 406	980
Total	44 878	47 724	92 602	40 889				3 513 526	185 204	185 204	102 456	472 864	2 843 331	6 562 539	462 870	9 405 870	2 493 923	16 349 053	16 348 986	67
Répartition de la facture								21%				3%	17%	40%	3%		15%	100%		
Coût moyen du kWh (FCFA)			177																	

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

Annexe 10 : Simulation de la facture d'électricité 2019

ANNEE 2019																				
Mois	Energie active (kWh)		Energie active totale	Energie réactive	Pénalités Cos phi			Prime fixe (FCFA)	TDSAAE (FCFA)	TDE (FCFA)	Redevances (FCFA)	Taxes (FCFA)	Coût de consommation energie		Pénalités de dépassement de	Montant électricité	TVA (FCFA)	Montant facture calculé (FCFA)	Montant facture SONABEL	Différence (FCFA)
	HPL	HPT			Cos phi	m	l+m						HPL	HPT						
Janvier	2 234	2 039	4 273	2 999	0,82	-	1,003	295 994	8 546	8 546	8 538	25 630	143 405	284 271	-	427 676	134 874	884 174	884 174	- 0
Février	1 996	1 737	3 733	3 193	0,76	0,035	1,000	295 108	7 466	7 466	8 538	23 470	127 744	241 443	-	369 187	123 798	811 563	811 563	0
Mars	2 336	2 110	4 446	2 754	0,85	-	1,000	295 108	8 892	8 892	8 538	26 322	149 504	293 290	-	442 794	137 560	901 785	901 784	1
Avril	3 403	3 892	7 295	3 494	0,90	- 0,023	0,995	293 633	14 590	14 590	8 538	37 718	216 703	538 283	75 060	754 986	209 051	1 370 448	1 370 448	0
Mai	5 532	6 370	11 902	4 186	0,94	- 0,021	0,982	289 796	23 804	23 804	8 538	56 146	347 675	869 492	145 950	1 217 167	307 631	2 016 691	2 016 690	1
Juin	5 930	6 042	11 972	4 229	0,94	- 0,021	0,975	287 731	23 944	23 944	8 538	56 426	370 032	818 842	125 100	1 188 874	298 464	1 956 594	1 956 595	- 1
Juillet	4 328	4 825	9 153	3 863	0,92	- 0,010	0,997	294 223	18 306	18 306	8 538	45 150	276 161	668 663	79 230	944 824	245 417	1 608 844	1 608 844	- 0
Août	3 687	3 890	7 577	3 877	0,89	-	1,000	295 108	15 154	15 154	8 538	38 846	235 968	540 710	75 060	776 678	213 425	1 399 117	1 399 117	- 0
Septembre	2 436	2 415	4 851	2 867	0,86	-	0,993	293 043	9 702	9 702	8 538	27 942	154 813	333 335	-	488 148	145 644	954 776	954 777	- 1
Octobre	3 545	3 856	7 401	3 458	0,91	- 0,002	1,000	295 108	14 802	14 802	8 538	38 142	226 880	535 984	20 850	762 864	201 054	1 318 018	1 318 018	- 0
Novembre	3 996	4 674	8 670	4 194	0,90	-	0,993	293 043	17 340	17 340	8 538	43 218	253 954	645 138	37 530	899 092	229 119	1 502 001	1 502 002	- 1
Décembre	3 703	4 153	7 856	3 347	0,92	- 0,009	0,997	294 223	15 712	15 712	8 538	39 962	236 281	575 535	8 340	811 816	207 781	1 362 123	1 362 122	1
Total	43 126	46 003	89 129	42 461				3 522 118	178 258	178 258	102 456	458 972	2 739 120	6 344 987	567 120	9 084 107	2 453 817	16 086 134	16 086 134	- 0
Répartition de la facture								22%				3%	17%	39%	4%		15%	100%		
Coût moyen du kWh (FCFA)			180																	

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

Annexe 11 : Bilan de puissance bâtiment A

Equipements	Nombre	Puissance unitaire (W)	Rendement	Cos phi	Pabs (W)	Equipement fonctionnel	Puissance (W)	Nombre d'heure d'utilisation	Energie (Wh)	Facteur d'utilisation ku	Facteur de simultanéité ks1	Pf 1 (W)	Facteur de simultanéité ks2	Pf 2 (W)	Facteur de simultanéité ks3	Pf 3 (W)	Facteur de simultanéité ks4	Pf 4 (W)	Q (VAr)	S (VA)
RDC																				
Lampe 1,2	32	18	1	1	576	32	576	8	4608	1	1	576	0,6	11612	0,8	9290	0,9	8361	5016	10451
Spot	10	5	1	1	50	10	50	2	100	1	0,5	25								
Spot	15	18	1	1	270	0	0	2	0	1	0,25	68								
Brasseur	7	75	1	1	525	2	150	0,25	37,5	0,75	0,25	98								
Climatiseur	7	2500	1	0,9	17500	4	10000	4	40000	1	1	17500								
Cafetière	1	800	1	1	800	1	800	0,25	200	1	1	800								
Ordinateur bureau	2	65	1	1	130	2	130	6	780	0,5	1	65								
Ordinateur portable	1	65	1	1	65	1	65	4	260	0,5	1	33								
Téléviseur	5	69	1	1	345	5	345	4	1380	0,5	1	173								
Switch	1	8,25	1	1	8,25	1	8,25	24	198	1	1	8								
BAES	7	1,2	1	1	8,4	7	8,4	0,25	2,1	1	1	8								
R+1																				
Lampe 1,2	32	18	1	1	576	22	396	8	3168	1	1	576	0,6	11885	0,8	9508	0,9	8557	5134	10697
Spot	5	5	1	1	25	5	25	1	25	1	0,5	13								
Spot	23	18	1	1	414	0	0	2	0	1	0,25	104								
Brasseur	6	75	1	1	450	2	150	2	300	0,75	0,25	84								
Climatiseur	1	3800	1	0,9	3800	1	3800	2	7600	1	1	3800								
Climatiseur	6	2500	1	0,9	15000	2	5000	2	10000	1	1	15000								
Ordinateur portable	3	65	1	1	195	3	195	4	780	0,5	0,5	49								
Téléviseur	1	69	1	1	69	1	69	0,25	17,25	0,5	1	35								
Switch	1	8,25	1	1	8,25	1	8,25	24	198	1	1	8								
BAES	5	1,2	1	1	6	5	6	0,25	1,5	1	1	6								
Vidéo projecteur	1	270	1	1	270	1	270	0,5	135	0,5	1	135								
R+2																				
Lampe 1,2	32	18	1	1	576	32	576	8	4608	1	1	576	0,6	11071	0,8	8857	0,9	7971	4783	9964
Spot	5	5	1	1	25	5	25	1	25	1	0,5	13								
Spot	21	18	1	1	378	0	0	2	0	1	0,25	95								
Brasseur	6	75	1	1	450	2	150	0,25	37,5	0,75	0,25	84								
Climatiseur	6	2500	1	0,9	15000	4	10000	4	40000	1	1	15000								
Ordi bureau	5	65	1	1	325	5	325	6	1950	0,5	1	163								
Ordinateur portable	3	65	1	1	195	3	195	4	780	0,5	0,5	49								
Téléviseur	1	69	1	1	69	1	69	0,25	17,25	0,5	1	35								
Switch	1	8,25	1	1	8,25	1	8,25	24	198	1	1	8								
BAES	5	1,2	1	1	6	5	6	0,25	1,5	1	1	6								
Vidéo projecteur	1	270	1	1	270	1	270	0,5	135	0,5	1	135								
Imprimante	3	495	1	1	1485	2	990	0,5	495	0,5	1	743								
Photocopieuse	1	1345	1	1	1345	1	1345	0,5	672,5	0,5	1	673								
Cafetière	1	800	1	1	800	1	800	0,25	200	1	1	800								
Refrigerateur	1	100	1	0,8	100	1	100	4	400	0,75	1	75								

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

R+3																				
Lampe 1,2	32	18	1	1	576	32	576	8	4608	1	1	576	0,6	11046	0,8	8837	0,9	7953	4772	9941
Spot	5	5	1	1	25	5	25	2	50	1	0,5	13								
Spot	21	18	1	1	378	0	0	2	0	1	0,25	95								
Brasseur	6	75	1	1	450	2	150	0,25	37,5	0,75	0,25	84								
Climatiseur	6	2500	1	0,9	15000	4	10000	4	40000	1	1	15000								
Ordi bureau	5	65	1	1	325	5	325	6	1950	0,5	1	163								
Téléviseur	1	69	1	1	69	1	69	0,25	17,25	0,5	1	35								
Switch	1	8,25	1	1	8,25	1	8,25	24	198	1	1	8								
BAES	4	1,2	1	1	4,8	4	4,8	0,25	1,2	1	1	5								
Vidéo projecteur	1	270	1	1	270	1	270	0,5	135	0,5	1	135								
Imprimante	3	495	1	1	1485	2	990	0,5	495	0,5	1	743								
Photocopieuse	1	1345	1	1	1345	1	1345	0,5	672,5	0,5	1	673								
Cafetière	1	800	1	1	800	1	800	0,25	200	1	1	800								
Refrigerateur	1	110	1	0,8	110	1	110	4	440	0,75	1	83								
R+4																				
Lampe 1,2	34	18	1	1	612	34	612	8	4896	1	1	612	0,6	24130	0,8	19304	0,9	17374	10424	21717
Spot	5	5	1	1	25	5	25	1	25	1	0,5	13								
Spot	23	18	1	1	414	0	0	2	0	1	0,25	104								
Brasseur	6	75	1	1	450	2	150	2	300	0,75	0,25	84								
Climatiseur 1	2	6600	1	0,9	13200	2	13200	2	26400	1	1	13200								
Climatiseur 2	8	2500	1	0,9	20000	7	17500	4	70000	1	1	20000								
Ordi portable	4	65	1	1	260	4	260	4	1040	0,5	1	130								
Ordi bureau	6	65	1	1	390	6	390	6	2340	0,5	1	195								
Téléviseur	1	69	1	1	69	1	69	0,25	17,25	0,5	1	35								
Switch	1	8,25	1	1	8,25	1	8,25	24	198	1	1	8								
BAES	4	1,2	1	1	4,8	4	4,8	0,25	1,2	1	1	5								
Vidéo projecteur	1	270	1	1	270	1	270	0,5	135	0,5	1	135								
Imprimante	8	495	1	1	3960	6	2970	0,5	1485	0,5	1	1980								
Photocopieuse	1	1345	1	1	1345	1	1345	0,5	672,5	0,5	1	673								
Cafetière 1	1	800	1	1	800	1	800	0,25	200	1	1	800								
Cafetière 2	1	2200	1	1	2200	1	2200	0,25	550	1	1	2200								
Refrigerateur	1	60	1	0,8	60	1	60	4	240	0,75	1	45								

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

Annexe 12 : Bilan de puissance bâtiment B

Equipements	Qté	Puissance unitaire (W)	Rendement	Cos phi	Pabs (W)	Nombre fonctionnel	P(w)	Nombre d'heure d'utilisation	Energie (Wh)	Facteur d'utilisation ku	Facteur de simultanéité ks1	Pf 1 (W)	Facteur de simultanéité ks2	Pf 2 (W)	Facteur de simultanéité ks3	Pf 3 (W)	Facteur de simultanéité ks4	Pf 4(W)	Q (VAr)	S (VA)								
RDC																												
Lampe 0,6	80	9	1	1	720	57	513	7	3591	1	1	720	0,6	11962,35	0,8	9569,88	0,9	8612,89	5167,74	10766,12								
Spot	11	18	1	1	198	0	0	0,25	0	1	0,25	49,5																
Spot	10	5	1	1	50	8	40	1	40	1	0,5	25																
Climatiseur	6	2500	1	0,9	15000	4	10000	4	40000	1	1	15000																
Brasseur	8	65	1	1	520	4	260	0,25	65	0,75	0,25	97,5																
Ordi portable	3	65	1	1	195	3	195	4	780	0,5	1	97,5																
Imprimante	3	495	1	1	1485	2	990	0,5	495	0,5	1	742,5																
Ordi bureau	2	65	1	1	130	2	130	4	520	0,5	1	65																
Switch	1	8,25	1	1	8,25	1	8,25	24	198	1	1	8,25																
Cafetière 1	1	2200	1	1	2200	1	2200	0,25	550	1	1	2200																
Cafetière 2	1	800	1	1	800	1	800	0,25	200	1	1	800																
Réfrigérateur	2	60	1	0,8	120	2	120	4	480	0,75	1	90																
Globe	2	18	1	1	36	0	0	0,25	0	1	1	36																
BAES	5	1,2	1	1	6	5	6	0,25	1,5	1	1	6																
R+1																												
Lampe 0,6	80	9	1	1	720	23	207	7	1449	1	1	720									0,6	12052,05	0,8	9641,64	0,9	8677,48	5206,49	10846,85
Spot	12	18	1	1	216	0	0	0,25	0	1	0,25	54																
Spot	8	5	1	1	40	8	40	1	40	1	0,5	20																
Climatiseur	6	2500	1	0,9	15000	3	7500	4	30000	1	1	15000																
Brasseur	8	65	1	1	520	2	130	0,25	32,5	0,75	0,5	195																
Ordi portable	2	65	1	1	130	2	130	4	520	0,5	1	65																
Imprimante	4	495	1	1	1980	2	990	0,5	495	0,5	1	990																
Ordi bureau	2	65	1	1	130	2	130	4	520	0,5	1	65																
Photocopieuse	1	1345	1	1	1345	1	1345	0,5	672,5	0,5	1	672,5																
Switch	1	8,25	1	1	8,25	1	8,25	24	198	1	1	8,25																
Cafetière	1	2200	1	1	2200	1	2200	0,25	550	1	1	2200																
Réfrigérateur	1	60	1	0,8	60	1	60	4	240	0,75	1	45																
Globe	2	18	1	1	36	0	0	0,25	0	1	1	36																
BAES	5	1,2	1	1	6	3	3,6	0,25	0,9	1	1	6																
Modem	1	10	1	1	10	1	10	24	240	1	1	10																
R+2																												
Lampe 0,6	80	9	1	1	720	54	486	7	3402	1	1	720	0,6	12748,54	0,8	10198,83	0,9	9178,95	5507,37	11473,68								
Spot	11	18	1	1	198	0	0	2	0	1	0,25	49,5																
Spot	8	5	1	1	40	8	40	1	40	1	0,5	20																
Climatiseur	6	2500	1	0,9	15000	6	15000	6	90000	1	1	15000																
Brasseur	7	65	1	1	455	2	130	0,25	32,5	0,75	0,25	85,3125																
Ordi portable	5	65	1	1	325	5	325	4	1300	0,5	1	162,5																
Imprimante	8	495	1	1	3960	6	2970	0,5	1485	0,5	1	1980																
Ordi bureau	5	65	1	1	325	5	325	4	1300	0,5	1	162,5																
Switch	1	8,25	1	1	8,25	1	8,25	24	198	1	1	8,25																
Cafetière	1	2200	1	1	2200	1	2200	0,25	550	1	1	2200																
Réfrigérateur	3	60	1	0,8	180	3	180	4	720	0,75	1	135																
Globe	2	18	1	1	36	0	0	0,25	0	1	1	36																
BAES	5	1,2	1	1	6	5	6	0,25	1,5	1	1	6																
Modem	1	10	1	1	10	1	10	24	240	1	1	10																
Photocopieuse	1	1345	1	1	1345	1	1345	0,5	672,5	0,5	1	672,5																

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

R+3																				
LED 0,6	80	9	1	1	720	62	558	7	3906	1	1	720	0,6	12059,74	0,8	9647,79	0,9	8683,01	5209,81	10853,76
Spot	11	18	1	1	198	0	0	0,5	0	1	0,25	49,5								
Spot	8	5	1	1	40	8	40	1	40	1	0,5	20								
Climatiseur	6	2500	1	0,9	15000	6	15000	4	60000	1	1	15000								
Brasseur	7	65	1	1	455	2	130	0,25	32,5	0,75	0,25	85,3125								
Ordi portable	2	65	1	1	130	2	130	4	520	0,5	1	65								
Imprimante	6	495	1	1	2970	4	1980	0,5	990	0,5	1	1485								
Ordi bureau	7	65	1	1	455	7	455	4	1820	0,5	1	227,5								
Télé	1	69	1	1	69	1	69	2	138	0,5	1	34,5								
Switch	1	8,25	1	1	8,25	1	8,25	24	198	1	1	8,25								
Cafetière	2	800	1	1	1600	2	1600	0,5	800	1	1	1600								
Réfrigérateur	2	60	1	0,8	120	2	120	4	480	0,75	1	90								
Globe plafonnier	2	18	1	1	36	2	36	0,25	9	1	1	36								
BAES	5	1,2	1	1	6	5	6	0,25	1,5	1	1	6								
Photocopieuse	1	1345	1	1	1345	1	1345	0,5	672,5	0,5	1	672,5								
R+4																				
Lampe 0,6	80	9	1	1	720	71	639	7	4473	1	1	720	0,6	11752,54	0,8	9402,03	0,9	8461,83	5077,10	10577,28
Spot	11	18	1	1	198	0	0	2	0	1	0,25	49,5								
Spot	8	5	1	1	40	8	40	1	40	1	0,5	20								
Climatiseur	6	2500	1	0,9	15000	6	15000	4	60000	1	1	15000								
Brasseur	7	65	1	1	455	4	260	0,25	65	0,75	0,25	85,3125								
Ordi portable	3	60	1	1	180	3	180	4	720	0,5	1	90								
Imprimante	3	495	1	1	1485	3	1485	0,5	742,5	0,5	1	742,5								
Scanner	1	850	1	1	850	1	850	0,25	212,5	0,5	1	425								
Ordi bureau	1	65	1	1	65	1	65	3	195	0,5	1	32,5								
Switch	1	8,25	1	1	8,25	1	8,25	24	198	1	1	8,25								
Cafetière	2	800	1	1	1600	2	1600	0,25	400	1	1	1600								
Réfrigérateur	2	60	1	0,8	120	2	120	4	480	0,75	1	90								
Globe plafonnier	2	18	1	1	36	2	36	0,5	18	1	1	36								
BAES	5	1,2	1	1	6	5	6	0,25	1,5	1	1	6								
Photocopieuse	1	1345	1	1	1345	1	1345	0,5	672,5	0,5	1	672,5								
Modem	1	10	1	1	10	1	10	24	240	1	1	10								

Annexe 13 : Coefficient de performance recommandés (2006)[14]

Type d'équipement		COP minimum recommandé
Climatiseurs de fenêtre		2,8
Split systèmes	Jusqu'à 4kWr	2,8
	Supérieur à 4kWr	3

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

Annexe 14 : Évolution de la facture après surclassement

ANNEE 2019																				
Mois	Energie active (kWh)		Energie active totale	Energie réactive	Pénalités Cos phi			Prime fixe (FCFA)	TDSAAE (FCFA)	TDE (FCFA)	Redevances (FCFA)	Taxes (FCFA)	Coût de consommation energie		Pénalités de dépassement de	Montant électricité	TVA (FCFA)	Montant facture calculé (FCFA)	Montant facture SONABEL	Différence (FCFA)
	HPL	HPT			Cos phi	m	1+m						HPL	HPT						
Janvier	2 234	2 039	4 273	2 999	0,82	-	1,003	503 189	8 546	8 546	8 538	25 630	143 405	284 271	-	427 676	172 169	1 128 665	884 174	244 491
Février	1 996	1 737	3 733	3 193	0,76	0,035	1,000	501 684	7 466	7 466	8 538	23 470	127 744	241 443	-	369 187	160 981	1 055 323	811 563	243 760
Mars	2 336	2 110	4 446	2 754	0,85	-	1,000	501 684	8 892	8 892	8 538	26 322	149 504	293 290	-	442 794	174 744	1 145 544	901 784	243 760
Avril	3 403	3 892	7 295	3 494	0,90	- 0,023	0,995	499 176	14 590	14 590	8 538	37 718	216 703	538 283	75 060	754 986	246 049	1 612 989	1 370 448	242 541
Mai	5 532	6 370	11 902	4 186	0,94	- 0,021	0,982	492 654	23 804	23 804	8 538	56 146	347 675	869 492	145 950	1 217 167	344 145	2 256 062	2 016 690	239 372
Juin	5 930	6 042	11 972	4 229	0,94	- 0,021	0,975	489 142	23 944	23 944	8 538	56 426	370 032	818 842	125 100	1 188 874	334 718	2 194 260	1 956 595	237 665
Juillet	4 328	4 825	9 153	3 863	0,92	- 0,010	0,997	500 179	18 306	18 306	8 538	45 150	276 161	668 663	79 230	944 824	282 489	1 851 872	1 608 844	243 028
Août	3 687	3 890	7 577	3 877	0,89	-	1,000	501 684	15 154	15 154	8 538	38 846	235 968	540 710	75 060	776 678	250 608	1 642 876	1 399 117	243 759
Septembre	2 436	2 415	4 851	2 867	0,86	-	0,993	498 172	9 702	9 702	8 538	27 942	154 813	333 335	-	488 148	182 567	1 196 829	954 777	242 052
Octobre	3 545	3 856	7 401	3 458	0,91	- 0,002	1,000	501 684	14 802	14 802	8 538	38 142	226 880	535 984	20 850	762 864	238 237	1 561 777	1 318 018	243 759
Novembre	3 996	4 674	8 670	4 194	0,90	-	0,993	498 172	17 340	17 340	8 538	43 218	253 954	645 138	37 530	899 092	266 042	1 744 055	1 502 002	242 053
Décembre	3 703	4 153	7 856	3 347	0,92	- 0,009	0,997	500 179	15 712	15 712	8 538	39 962	236 281	575 535	8 340	811 816	244 854	1 605 151	1 362 122	243 029
Total	43 126	46 003	89 129	42 461				5 987 601	178 258	178 258	102 456	458 972	2 739 120	6 344 987	567 120	9 084 107	2 897 604	18 995 403	16 086 134	2 909 269
Répartition de la facture								32%				2%	14%	33%	3%		15%	100%		
Coût moyen du kWh (FCFA)			213																	

Annexe 15 : Ecodéecteur



Annexe 16 : Fiche technique de la batterie de condensateur

Gamme ENERPACK

ENERpack Type H

Trois modèles d'armoires sont proposés :
Tailles 1, 2 et 3 (voir les schémas).

- Puissances de 10 à 100 kVAr à 400 Vac.
- Équipées d'un interrupteur de protection générale.
- Condensateurs cylindriques, tension 440 Vac.



POUR COMMANDER

Puissance à 400 Vac (kVAr)	Intensité nominale à 440 Vac In (A)	Interrupteur (A)	Section du câble (cuivre) par phase (mm ²)*	Fusible	Poids (kg)	Taille	Hauteur (mm)	Référence commande
10	15	63	4	3 x 25A GG (10,3 x 38)	10	1	440	PACK200
20	30	63	10	3 x 50A GG (14 x 51)	13	1	440	PACK201
30	45	125	16	3 x 100A GG (NH00)	18	2	620	PACK202
40	60	125	25	3 x 100A GG (NH00)	20	2	620	PACK203
60	90	250	50	3 x 50A GG (NH00) 3 x 100A GG (NH00)	30	3	1 045	PACK204
80	120	250	70	6 x 100A GG (NH00)	33	3	1 045	PACK205
100	150	250	95	3 x 100A GG (NH00) 3 x 160A GG (NH00)	36	3	1 045	PACK206

Annexe 17: Fiche technique des climatiseurs de substitutions



* Carte Daikin Online Controller incluse.
 ** Nous consulter pour la faisabilité de votre projet.

Pompe à chaleur réversible Inverter **R-32** perfera

Unité intérieure				CTXM15N	FTXM20N	FTXM25N	FTXM35N	FTXM42N	FTXM50N	FTXM60N	FTXM71N							
Puissance restituée	Froid		kW		1,3/2/2,6	1,3/2,5/3,2	1,4/3,5/4	1,7/4,2/5	1,7/5/6	1,9/6/7	2,3/7,1/8,5							
	Chaud	à +7°C CBS ext	kW		1,3/2,5/3,5	1,3/2,8/4,7	1,4/4/5,2	1,7/5,4/6	1,7/5,8/7,7	1,7/7/8	2,3/8,2/10,2							
	Chaud	à -5°C CBS ext	kW		-	-	-	-	-	-	-							
	Chaud	à -10°C CBS ext	kW		-	-	-	-	-	-	-							
Puissance absorbée	Froid	Nominal	kW	Disponible uniquement pour applications de type multi	0,44	0,56	0,8	0,97	1,36	1,77	2,12							
	Chaud	Nominal	kW		0,5	0,56	0,99	1,31	1,45	1,94	2,25							
Efficacité saisonnière (selon la norme EN14825 Climat tempéré)	Froid	Label				A+++			A++									
		Pdesign			2	2,5	3,4	4,2	5	6	7,1							
		SEER			8,65	8,65	8,65	7,86	7,41	6,9	6,2							
	Chaud	Conso. éner. annuelle kWh			81	101	138	187	236	304	407							
		Label				A+++			A++		A+	A						
		Pdesign			2,3	2,4	2,5	4	4,6	4,3	3,81							
Efficacité nominale	Froid/chaud	Nominal	mm		294x811x272						300x1040x295							
					EER/COP ²¹			4,57/5,00			4,5/5,00			4,23/4,04		4,33/4,12		3,68/4,00
Dimensions HxLxP				mm														
Poids de l'unité				kg														
Débit d'air	Froid	GV/MV/PV/Silence	m ³ /h	666/474/360/264	666/474/360/264	666/485/372/264	738/498/384/276	756/570/426/276	966/852/696/486	1026/876/720/546	1056/900/750/606							
	Chaud	GV/MV/PV/Silence	m ³ /h	648/522/390/318	648/522/390/318	648/522/408/318	648/540/426/318	780/624/426/318	1026/876/732/642/562/936/756/672/1104/972/780/714									
Niveau de pression sonore	Froid	GV/MV/PV/Silence	dB(A)	41/33/25/19	41/33/25/19	41/33/25/19	43/33/29/19	45/39/30/21	44/40/36/27	46/42/37/30	47/43/38/32							
	Chaud	GV/MV/PV/Silence	dB(A)	39/34/26/20	39/34/26/20	39/34/27/20	39/35/28/20	45/39/29/21	43/39/34/31	45/41/36/33	46/42/37/34							
Puissance sonore				Froid				Nominal										
				dB(A)				dB(A)										
				57				58										
				57				58										

Annexe 18 : Coût estimatif du remplacement des climatiseurs

Équipements	Nombre	Prix unitaire (FCFA)	Coût total (FCFA)
DAIKIN FTXM50N	2	690 000	1 380 000
DAIKIN FTXM60N	6	729 750	4 378 500
DAIKIN FTXM42N	8	400 000	3 200 000
DAIKIN FTXM35N	8	397 000	3 176 000
DAIKIN FTXM25N	23	375 000	8 625 000
DAIKIN FTXM20N	13	350 000	4 550 000
DAIKIN FTXM71N	2	750 000	1 500 000
Total matériel			26 809 500
Total			26 809 500

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

Annexe 19 : Évaluation du coût de consommation des climatiseurs de remplacement

Équipements		P(kW)	Temps de fonctionnement (h)	Coût annuelle de consommation (FCFA)
Existant	SOLSTAR ASI/ASU 18C SS	82,5	6	7 811 831
	NOBEL NSAC- 24CB	75		
	NASCO NAS- MFS42T	13,2		
Substitution	DAIKIN FTXM50N	2,72	6	3 832 336
	DAIKIN FTXM60N	12,72		
	DAIKIN FTXM42N	7,76		
	DAIKIN FTXM35N	6,4		
	DAIKIN FTXM25N	12,88		
	DAIKIN FTXM20N	5,72		
	DAIKIN FTXM71N	4,24		

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

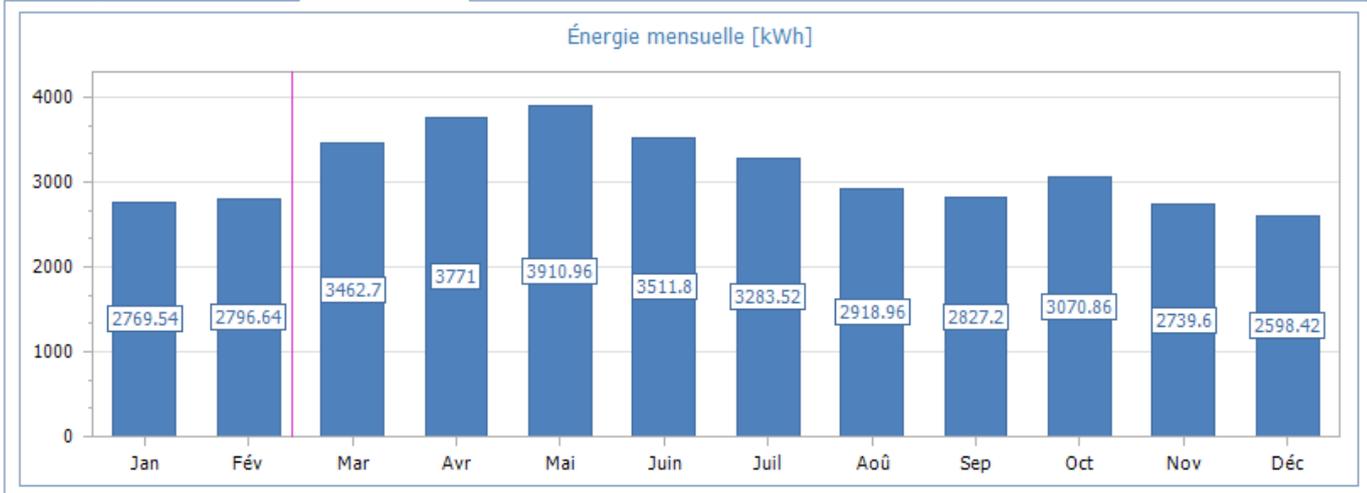
Annexe 20 : Énergie produite par l'installation solaire PV

Énergie produite par l'installation

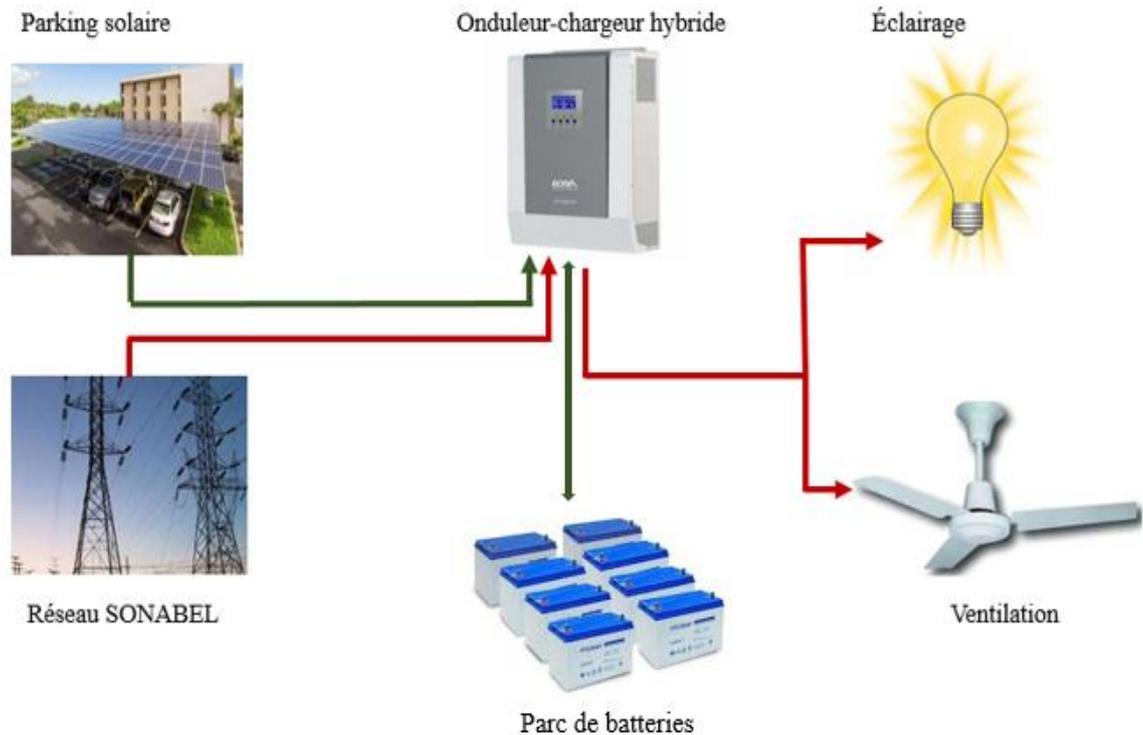
Energie annuelle [kWh] 37 661.20

Énergie mensuelle [kWh]	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
	2 769.54	2 796.64	3 462.70	3 771.00	3 910.96	3 511.80	3 283.52	2 918.96	2 827.20	3 070.86	2 739.60	2 598.42

Tableau Graphiques mensuels Graphique annuel



Annexe 21 : Configuration de système solaire photovoltaïque hybride



Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

Annexe 22 : Fiche technique du panneau photovoltaïque

Caractéristiques du Produit

No. de Modèle	IF-P320-72	IF-P325-72	IF-P330-72	IF-P335-72
Caractéristique Electrique (STC)				
Puissance Maximal (Pmax)	320 Wp	325 Wp	330 Wp	335 Wp
Tension à Puissance Maximal (Vmax)	38,44 V	38,73 V	39,24 V	39,38 V
Courant à Puissance Maximum (Cmax)	8,34 A	8,4 A	8,49 A	8,54 A
Tension Circuit Ouvert (Voc)	45,64 V	45,93 V	46,29 V	46,44 V
Courant Circuit Court (Isc)	8,83 A	8,89 A	8,96 A	8,99 A
Efficacité Module	16,48 %	16,74 %	17 %	17,2 %

Annexe 23 : Résultats du dimensionnement du champs photovoltaïque système autonome

Besoin journalier (Wh)	34 900
Puissance module (Wc)	320
Rendement installation	0,65
Puissance crête minimale (W)	9 760
Icc module (A)	8,83
Imp module (A)	8,34
Voc module (V)	45,64
Vmp module (V)	38,44
Nombre de module en série	16/15
Nombre de string	2
Nombre total de module	31
Puissance crête installée (kW)	9 920

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

Annexe 24 : Choix de l'onduleur

Puissance (kW)	10
Rendement	96%
Puissance PV max (kW)	14,85
Ratio de puissance	1,01
Tension MPPT min (V)	350
Tension MPPT max (V)	850
Tension max (V)	900
Courant Icc max (A)	25
Nombre d'entrée	2
Tension d'entrée batterie (V)	48
Tension de sortie AC (V)	400

Annexe 25 : Résultat du dimensionnement du parc de batteries

Capacité batteries (Ah)	200
Tension batterie (V)	12
Nombre de batteries en séries	4
Nombre de branche	2
Nombre totale de batteries	8
Capacité totale (Ah)	400

Annexe 26 : Fiche technique de l'onduleur chargeur

MODEL	10KW
RATED POWER	10000 W
PV INPUT (DC)	
Maximum DC Power	14850 W
Nominal DC Voltage	720 VDC
Maximum DC Voltage	900 VDC
Working DC Voltage Range	300 VDC ~ 900 VDC
Start-up Voltage / Initial Feeding Voltage	320 VDC / 350 VDC
MPP Voltage Range / Full Load MPP Voltage Range	350 VDC ~ 850 VDC / 400 VDC ~ 800 VDC
Maximum Input Current	2*18.6 A
Isc PV (absolute maximum)	25 A
Max. inverter back feed current to the array	0 A
GRID OUTPUT (AC)	
Nominal Output Voltage	230 VAC (P-N) / 400 VAC (P-P)
Output Voltage Range	184 - 265 VAC per phase
Output Frequency Range	47.5 ~ 51.5 Hz or 59.3~ 60.5Hz
Nominal Output Current	14.5 A per phase
Inrush Current/Duration	17 A per phase / 20ms
Maximum Output Fault Current/Duration	51 A per phase / 1ms
Maximum output Overcurrent Protection	51 A per phase
Power Factor Range	0.9 lead – 0.9 lag
AC INPUT	
AC Start-up Voltage	120-140 VAC per phase
Auto Restart Voltage	180 VAC per phase
Acceptable Input Voltage Range	170 - 280 VAC per phase
Nominal Frequency	50 Hz / 60 Hz
AC Input Power	10000VA/10000W
Maximum AC Input Current	40 A
Inrush Input Current	40 A / 1ms
BATTERY MODE OUTPUT (AC)	
Nominal Output Voltage	230 VAC (P-N) / 400 VAC (P-P)
Output Frequency	50 Hz / 60 Hz (auto sensing)
Output Waveform	Pure sine wave
Output Power	10000VA/10000W
Efficiency (DC to AC)	91%
BATTERY & CHARGER (Lead-acid/Li-ion)	
DC Voltage Range	40 – 60 VDC
Nominal DC Voltage	48 VDC
Maximum Battery Discharging Current	275 A
Maximum Charging Current	200 A

50

GENERAL	
PHYSICAL	
Dimension, D X W X H (mm)	622 x 500 x 167.2
Net Weight (kgs)	45
INTERACE	
Communication Port	RS-232/USB
Intelligent Slot	Optional SNMP, Modbus and AS-400 cards available
ENVIRONMENT	
Protective Class	I
Ingress Protection Rating	IP20
Humidity	0 ~ 90% RH (No condensing)
Operating Temperature	-10 to 55°C (Power derating above 50°C)
Altitude	Max. 2000m*

* Power derating 1% every 100m when altitude is over 1000m.

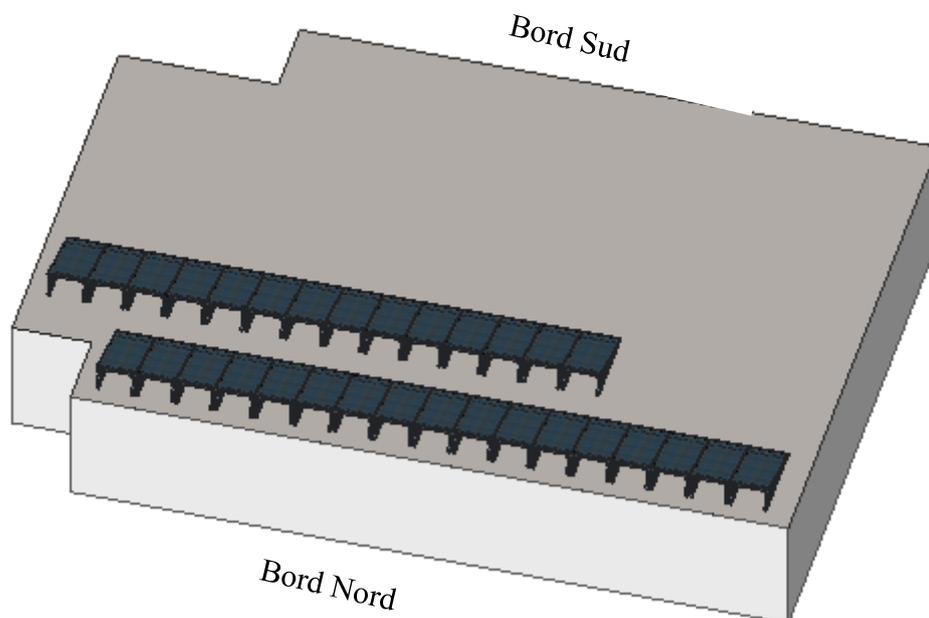
Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

Annexe 27 : Fiche technique des batteries

Caractéristiques techniques			
	Tension nominale	12V	
	Capacité nominal sur 20h	200.0AH	
Type de connexion	Connectiques	F11	
Matériaux utilisés	Standard	ABS	
Capacité batterie	20h, 1.80V/cell, 25°C	208.0 AH/10.0A	
	10h, 1.75V/cell, 25°C	200.0 AH/18.6A	
	5h, 1.75V/cell, 25°C	160.0 AH/32.0A	
	1h, 1.70V/cell, 25°C	110.0 AH/110.0A	
Courant de décharge max.	1800A (5s)		
Résistance interne	3.24mΩ		
Caractéristiques de décharge	Température de fonctionnement	Décharge : -20 ~ 60°C	
		Charge : 0 ~ 50°C	
		Stockage : -20 ~ 50°C	
	Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C	
	Cycle en utilisation	Courant de charge initial inférieur à -A.Tension 14.4V ~ 15.0V Coefficient T° -30mV/°C	
	Utilisation en standby	Pas de limite sur la tension initiale de courant de charge 13.5V ~ 13.8V Coefficient T°-20mV/°C	
	Influence de la température sur la capacité	40°C	103%
25°C		100%	
0°C		86%	
Durée de vie estimée en floating à 20°C	15 ans		
Auto-décharge	Les batteries Ultracell peuvent être stockées jusqu'à 9 mois à 25°, une charge est alors requise. Pour de plus hautes températures, l'intervalle sera plus court.		

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

Annexe 28 : Disposition des panneaux photovoltaïques

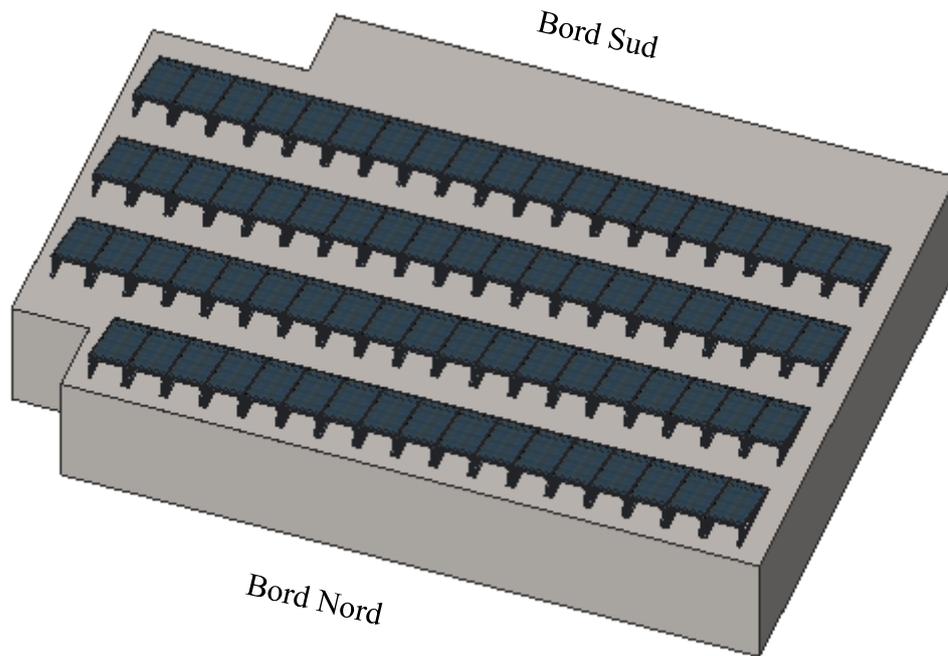


Annexe 29 : Résultat du dimensionnement pour le système PV connecté réseau

Récapitulatif

Energie annuelle [kWh]	37 661.20	Puissance phase N1 [kW]	7.893	Surface totale modules [m ²]	143.56
Puissance totale [kW]	23.680	Puissance phase N2 [kW]	7.893	Nombre total modules	74
Énergie par kW [kWh/kW]	1 590.42	Puissance phase N3 [kW]	7.893	Nombre total onduleurs	1
				Capacité de stockage utile total [kWh]	0.00

Annexe 30 : Disposition des panneaux photovoltaïques pour la solution connecté réseau



Annexe 31 : Vérification des paramètres du système PV

<input checked="" type="checkbox"/> MPPT 1 <input checked="" type="checkbox"/> MPPT 2			
Caractéristiques électriques du module en STC		Caractéristiques électriques de l'entrée MPPT	
Puissance de crête [W]	320	Puissance nominale [W]	25 000
V _m [V]	37.56	V _{Mppt min} [V]	390.00
V _{oc} [V]	45.82	V _{Mppt max} [V]	800.00
I _m [A]	9.52	I _{max} [A]	33.00
I _{sc} [A]	9.03		
Configuration entrée MPPT		Dimensionnement de l'onduleur	
N° onduleur	1	Puis. modules [W]	23 680
N° chaînes	3	Puis. onduleur [W]	25 000
N° modules	42	Dimensionnement [%]	105.57
Modules par chaîne	14		
Tensions du générateur		Courants du générateur	
V _m à -10 °C [V]	599.93	I _{m c 25 °C} [A]	28.56
V _m à 25 °C [V]	525.84	I _{sc à 25 °C} [A]	27.09
V _m à 70 °C [V]	430.58		
V _{oc} à -10 °C [V]	715.57		
V _{oc} à 25 °C [V]	641.48		
V _{oc} à 70 °C [V]	546.22		
Vérifications			
<input checked="" type="checkbox"/> V _m à 70 °C (430.58 V) majeur ou égal de V _{Mppt min} . (390.00 V)			
<input checked="" type="checkbox"/> V _m à -10 °C (599.93 V) mineur ou égal de V _{Mppt max} . (800.00 V)			
<input checked="" type="checkbox"/> V _{oc} à -10 °C (715.57 V) mineur ou égal à la tension max. de l'entrée MPPT (1 000.00 V)			
<input checked="" type="checkbox"/> V _{oc} à -10 °C (715.57 V) mineur ou égal alla tension max. de système du module (1 000.00 V)			
<input checked="" type="checkbox"/> Courant max. généré (27.09 C) mineur ou égal au courant max. de l'entrée MPPT (33.00 C)			
<input checked="" type="checkbox"/> Dimensionnement (105.57%) compris entre 70% et 120%			
Légende			
<input checked="" type="checkbox"/> Vérifié			
<input checked="" type="checkbox"/> Non vérifié			
<input checked="" type="checkbox"/> Vérifié sans respecter les marges de sécurité			

✓ MPPT 1 ✓ MPPT 2

Caractéristiques électriques du module en STC

Puissance de crête [W]	320	Voc [V]	45.82
Vm [V]	37.56	Isc [A]	9.03
Im [A]	9.52		

Caractéristiques électriques de l'entrée MPPT

Puissance nominale [W]	25 000	V max [V]	1 000.00
VMppt min [V]	390.00	I max [A]	33.00
VMppt max [V]	800.00		

Configuration entrée MPPT

N° onduleur	1	N° modules	32
N° chaînes	2	Modules par chaîne	16

Dimensionnement de l'onduleur

Puis. modules [W]	23 680	Puis. onduleur [W]	25 000
		Dimensionnement [%]	105.57

Tensions du générateur

Vm à -10 °C [V]	685.64	Voc à -10 °C [V]	817.80
Vm à 25 °C [V]	600.96	Voc à 25 °C [V]	733.12
Vm à 70 °C [V]	492.09	Voc à 70 °C [V]	624.25

Courants du générateur

Im c 25 °C [A]	19.04	Isc à 25 °C [A]	18.06
----------------	-------	-----------------	-------

Vérifications

- ✓ Vm à 70 °C (492.09 V) majeur ou égal de Vmppt min. (390.00 V)
- ✓ Vm à -10 °C (685.64 V) mineur ou égal de Vmppt max. (800.00 V)
- ✓ Voc à -10 °C (817.80 V) mineur ou égal à la tension max. de l'entrée MPPT (1 000.00 V)
- ✓ Voc à -10 °C (817.80 V) mineur o égal alla tension max. de système du module (1 000.00 V)
- ✓ Courant max. généré (18.06 C) mineur ou égal au courant max. de l'entrée MPPT (33.00 C)
- ✓ Dimensionnement (105.57%) compris entre 70% et 120%

Légende

✓	Vérfié
✗	Non vérifié
⚠	Vérfié sans respecter les marges de sécurité

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

Annexe 32 : Fiche technique de l'onduleur réseau

Caractéristiques techniques	Sunny Tripower 15000TL	Sunny Tripower 20000TL	Sunny Tripower 25000TL
Entrée (DC)			
Puissance max. du générateur photovoltaïque	27000 Wp	36000 Wp	45000 Wp
Puissance assignée DC	15330 W	20440 W	25550 W
Tension d'entrée max.	1000 V	1000 V	1000 V
Plage de tension MPP/tension d'entrée assignée	240 V à 800 V/600 V	320 V à 800 V/600 V	390 V à 800 V/600 V
Tension d'entrée min./tension d'entrée de démarrage	150 V/188 V	150 V/188 V	150 V/188 V
Courant d'entrée max. entrée A/entrée B	33 A/33 A	33 A/33 A	33 A/33 A
Nombre d'entrées MPP indépendantes/strings par entrée MPP	2/A:3; B:3	2/A:3; B:3	2/A:3; B:3
Sortie (AC)			
Puissance assignée (à 230 V, 50 Hz)	15000 W	20000 W	25000 W
Puissance apparente AC max.	15000 VA	20000 VA	25000 VA
Tension nominale AC		3/N/PE ; 220 V/380 V 3/N/PE ; 230 V/400 V 3/N/PE ; 240 V/415 V	
Plage de tension AC		180 V à 280 V	
Fréquence du réseau AC/plage		50 Hz/44 Hz à 55 Hz 60 Hz/54 Hz à 65 Hz	
Fréquence de réseau assignée/tension de réseau assignée		50 Hz/230 V	
Courant de sortie max./courant de sortie assigné	29 A/21,7 A	29 A/29 A	36,2 A/36,2 A
Facteur de puissance pour la puissance assignée/Facteur de déphasage réglable		1/0 inductif à 0 capacitif	
THD		≤ 3 %	
Phases d'injection/phases de raccordement		3/3	
Rendement			
Rendement max./européen	98,4 %/98,0 %	98,4 %/98,0 %	98,3 %/98,1 %
Dispositifs de protection			
Dispositif de déconnexion côté DC		●	
Surveillance du défaut à la terre/Surveillance du réseau		● / ●	
Parafoudre DC : type II		○	
Protection inversion de polarité DC/résistance aux courts-circuits AC/séparation galvanique		● / ● / -	
Unité de surveillance du courant différentiel, sensible tous les courants		●	
Classe de protection (selon IEC 62109-1) / catégorie de surtension (selon IEC 62109-1)		I/AC: III; DC: II	
Données générales			
Dimensions (L / H / P)		661/682/264 mm (26,0/26,9/10,4 pouces)	
Poids		61 kg (134,48 lb)	
Plage de température de fonctionnement		-25°C à +60°C (-13°F à +140°F)	
Émission sonore (typique)		51 dB(A)	
Autoconsommation (nuit)		1 W	
Topologie/système de refroidissement		Sans transformateur/OptiCool	
Indice de protection (selon CEI 60529)		IP65	
Classification selon IEC 60731-3-41		4K41	

Annexe 33 : Choix de l'onduleur et configuration du champs

Données générales

Description
 Type connexion

Onduleur

Onduleur 
 Type phase Dimens. [%] 
 Puissance nominale [W] Nombre onduleurs
 Capacité de stockage intégrée [kWh]

Configuration MPPT

Configuration	MPPT	N. modules	Cha. X mod.
1		42	3 x 14
2		32	2 x 16

Totaux

Energie annuelle [kWh] Puissance totale [kW]

Annexe 34 : Choix des dispositifs de protections, calcul des sections de câbles et chute de tension

• Choix des dispositifs de protections

- Partie DC

La protection en amont de l'onduleur réseau se fera via un disjoncteur. Et ce dernier doit avoir les caractéristiques suivantes :

$$\begin{cases} U_{Disj} \geq 1,15 \times U_{oc_string} \\ I_{max_cc_ond} \leq Cal_{Disj} \end{cases} \quad (25)$$

Avec : U_{Disj} : la tension du disjoncteur (V) ;

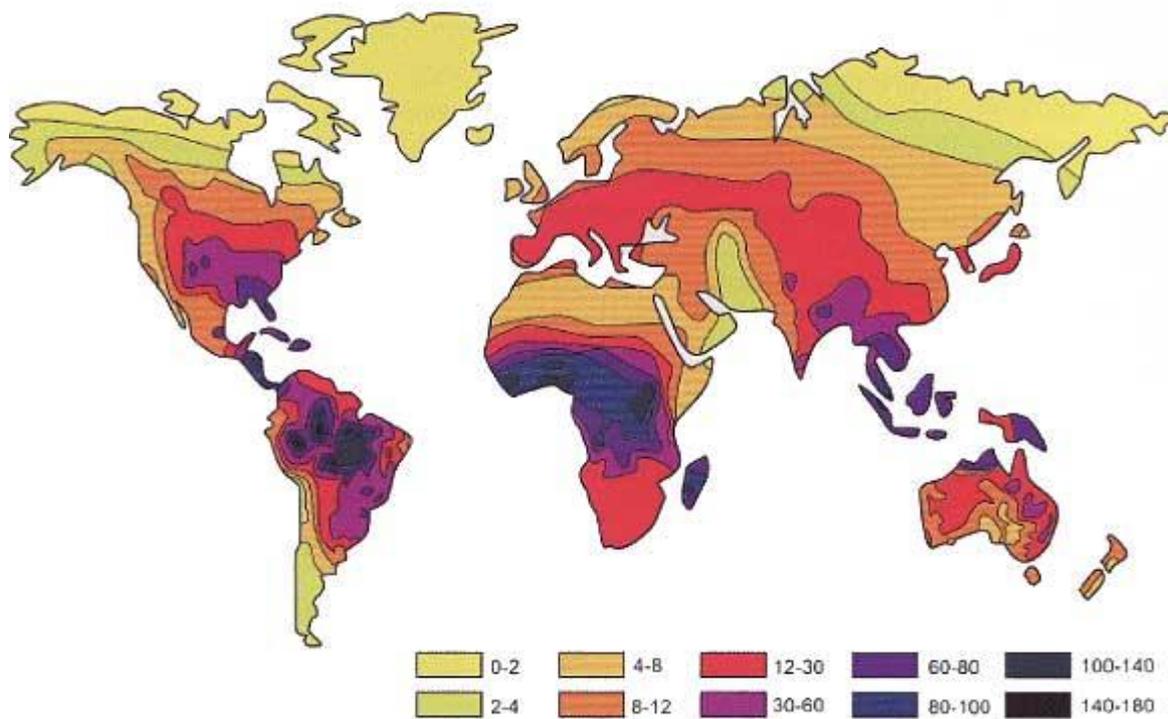
U_{oc_string} : la tension a circuit ouvert de chaque string (V) ;

$I_{max_cc_ond}$: l'intensité maximale d'entrée de l'onduleur (A) ;

Cal_{Disj} : Calibre du disjoncteur (A).

Aussi comme dispositif de protection nous utiliserons un parafoudre. Le choix du parafoudre se fait en fonction du niveau kéraunique du site (Annexe 35) et de la présence ou non d'un paratonnerre. La carte du niveau kéraunique dans le monde et l' Annexe 36 permettent de choisir un parafoudre de type II et de courant maximum de décharge 20 kA (Annexe 37).

Annexe 35: Carte du niveau kéraunique[15]



Annexe 36: Choix des parafoudre en fonction des caractéristiques de l'installation[15]

Caractéristique de l'installation	Nk ≤ 25		Nk > 25	
	Côté DC	Côté AC	Côté DC	Côté AC
Bâtiment ou structure équipé d'un paratonnerre	Obligatoire Type 2	Obligatoire Type 1 ⁽¹⁾	Obligatoire Type 2	Obligatoire Type 1 ⁽¹⁾
Alimentation BT par une ligne entièrement ou partiellement aérienne	Peu utile Type 2	Recommandé Type 2	Recommandé Type 2	Obligatoire Type 2 ⁽²⁾
Alimentation BT par une ligne entièrement souterraine	Peu utile Type 2	Peu utile Type 2	Recommandé Type 2	Recommandé Type 2

Annexe 37 : I_{max} en fonction de l'exposition du bâtiment[16]

	Niveau d'exposition		
	Faible	Moyen	Elevé
Environnement des bâtiments	Bâtiment situé dans une zone urbaine ou suburbaine d'habitations groupées	Bâtiment situés en plaine	Bâtiment où il existe un risque spécifique : pylône, arbre, région montagneuse, zone humide ou étang,...
Valeur conseillée I _{max} (kA)	20	40	65

- Partie AC

La protection en aval de l'onduleur est assurée via un disjoncteur disposant de la caractéristique

Audit énergétique du bâtiment de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables

suivante :

$$\{k \times I_{ond} \leq Cal_{Disj}\} \quad (26)$$

Avec : k : facteur lié au dispositif de protection, pour les disjoncteurs k=1 ;

I_{ond} : Intensité maximale à la sortie de l'onduleur (A) ;

Cal_{Disj} : Calibre du disjoncteur (A).

Le parafoudre à utiliser ici devra avoir un courant de décharge nominale supérieur ou égale à 5kA. Aussi la tension assignée doit correspondre à celle de l'onduleur[17] .

Les résultats des choix des dispositifs de protections sont donnés dans :

Partie	Équipement	Caractéristiques
Partie DC	Disjoncteur Schneider Acti9 C60NA-DC	50A DC 700V CC
	Parafoudre Schneider Acti9 iPRD 20r	20kA 1,2 kV
Partie AC	Disjoncteur Schneider DB60 13100	40A 1000V
	Parafoudre Schneider Acti9 iPRD 40r	40kA 1,5kV

• Section des conducteurs et chute de tension

Schéma électrique

Nom	Désignation	Section [mm ²]	Longueur [m]	Courant[A]	Portée [A]		C.d.T [%]	
Réseau - Panneau général	FG7R 0.6/1 kV	4.0	1.00	34.18	89.43	✓	0.03	✓
Panneau général - Cadre photov...	FG7R 0.6/1 kV	4.0	1.00	34.18	39.51	✓	0.09	✓
Quadre photovoltaïque - Ondul...	FG7R 0.6/1 kV	4.0	4.00	34.18	35.08	✓	0.37	✓
Onduleur 1 - MPPT 1								
Onduleur 1 - Panneau ...	H1Z2Z2-K	4.0	3.00	28.56	47.71	✓	0.10	✓
Panneau de champ...	H1Z2Z2-K	1.5	4.00	9.52	35.33	✓	0.12	✓
Panneau de champ...	H1Z2Z2-K	1.5	4.00	9.52	35.33	✓	0.12	✓
Panneau de champ...	H1Z2Z2-K	1.5	4.00	9.52	35.33	✓	0.12	✓
Onduleur 1 - MPPT 2								
Onduleur 1 - Panneau ...	H1Z2Z2-K	2.5	3.00	19.04	35.22	✓	0.10	✓
Panneau de champ...	H1Z2Z2-K	1.5	4.00	9.52	35.33	✓	0.11	✓
Panneau de champ...	H1Z2Z2-K	1.5	4.00	9.52	35.33	✓	0.11	✓

Annexe 38 : Émission de gaz à effet de serre évité

Émissions éliminées

Données depuis le projet

Données générales

Energie totale annuelle [kWh]	37 661.20	Perte de rendement [%]	0.90
La durée de vie du système [années]	25		

Greenhouse gas emissions avoided

Source des données: 2016 UK Greenhouse gases (GHG) Conversion Factors

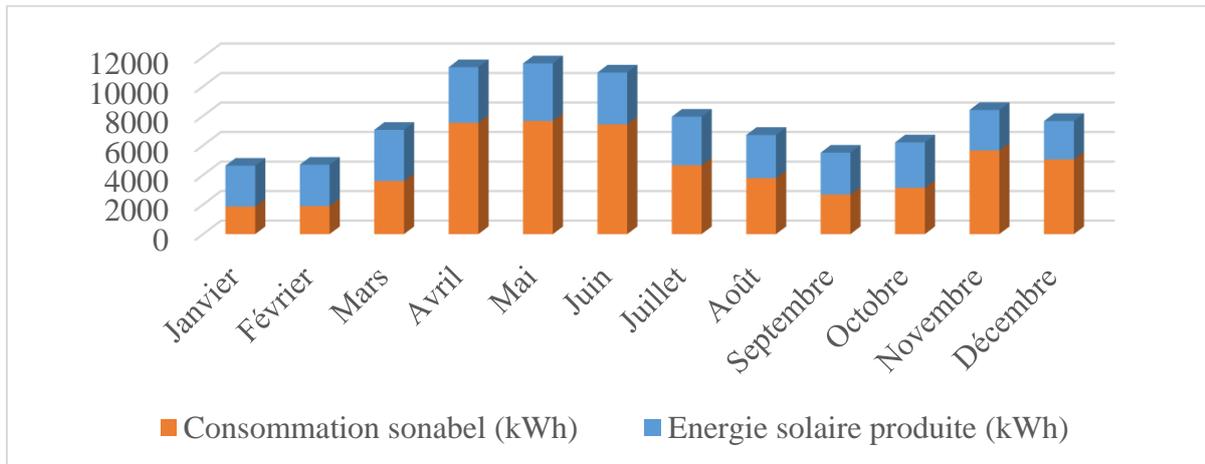
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total GHG
Facteurs d'Émission [kg/kWh]	0.46254	0.00044	0.00236	0.46534
Émissions atmosphériques évitées sur une année [kg]	17 419.81	16.57	88.88	17 525.26
Émissions évitées en 25 années [Kg]	391 552.36	372.47	1 997.80	393 922.63

TEP sauvagardées

Source des données: World Energy Council 2007

Facteur de conversion TEP vers MWh [TEP/MWh]	0.220
TEP sauvagardées sur une année	8.29
TEP sauvagardées sur 25 ans	186.24

Annexe 39 : Histogramme de la consommation énergétique après intégration du PV



Annexe 40 : Histogramme du dépassement de la puissance souscrite avec le PV

