



AUDIT ENERGETIQUE INDUSTRIEL SUR LA CENTRALE ELECTRICITE ET BALISAGE DE L'ASECNA RCA

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE
AVEC GRADE DE MASTER

SPECIALITE

GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE

Présenté et soutenu publiquement le 17/01/2018 par **BENDOT-MBALLA** Jonathan

Jury d'évaluation :

Président : Francis **SEMPORE**
Membres et correcteurs : Dr Marie **SAWADOGO**

Professeur Yézouma **COULIBALY**

Encadreurs :

Pr Yézouma **COULIBALY**, enseignant chercheur à 2iE
Monsieur Pascal **NGAIKOUMA**, Chef Unité ELB

Promotion 2015/2016

DEDICACE

Gloire à toi le tout Puissant **Dieu**
d'Israël,

Toi qui m'auras soutenu durant
toutes ces années,

A mon Père,

Joseph Désiré **MBANGOLO,**

A ma mère,

Henriette **YASSIMINGO**

A mes frères et sœurs

A mes amis



REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à l'endroit de ceux de près ou de loin qui nous ont soutenus tant moralement, physiquement, matériellement et financièrement durant nos études. Nous leur exprimons notre grande gratitude.

Avant tout nous voulons remercier en particulier nos directeurs du mémoire le Professeur Yézouma COULIBALY pour son accompagnement tout au long de cette rédaction avec beaucoup de patience et de pédagogie, ainsi mon maitre de stage Monsieur Pascal NGAIKOUMA chef de l'unité de la centrale ELB pour sa disponibilité tout au long de l'élaboration de ce présent document.

J'exprime mes sincères remerciements à l'ensemble du corps professoral de 2iE pour leurs enseignements au cours des deux années scolaires qui viennent de s'écouler. Sans oublier l'ensemble du personnel de 2iE.

Mes pensées vont aussi à l'endroit du personnel de l'ASECNA RCA. Je remercie chaleureusement le Représentant de l'ASECNA auprès de la RCA, Monsieur Jean Paul Abdoulaye AZO.

À la famille de 2iE dont nous sommes fiers de faire partie. Sans oublier toute la promotion du master d'ingénierie 2014/2015 et en particulier à mes camarades de classe.

Ainsi à tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin et qui n'a pas été cité trouve en ces quelques mots mes sincères remerciements.

RESUMES

La république centrafricaine est un pays enclavé et avec un taux d'électrification très faible. En vue de cette situation dramatique, la seule société de production et de distribution d'énergie en Centrafrique dénommée énergie centrafricaine (ENERCA) ne peut satisfaire ses clientèles. Ainsi pour une continuité de services, divers moyens de secours ont donc été envisagés et mis en œuvre par l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA). Parmi ces divers moyens nous avons le groupe électrogène et la maintenance.

Cette étude d'audit énergétique a été menée dans un objectif de réaliser une économie sur la consommation actuelle. Nous avons proposé des mesures d'économie d'énergie pour chaque type d'organe consommateur d'énergie et parmi les solutions de réduction de la consommation nous avons la méthode de la réduction de la puissance du groupe électrogène et l'augmentation de la consommation spécifique de fuel à partir de la norme ISO 3046 :2002.

Mots clés : audit; taux d'électrification ; groupe électrogène.

ABSTRACT

Central Africa Republic is an enclosed country and with a rate of electrification lower to 1%. In view of this dramatic situation, the only society of production and distribution of energy in Central Africa Republic named energy Central Africa (ENERCA) cannot satisfy its clientele. So for a continuity of services, various emergency means have been considered therefore and put in work by the agency for the Security of the Aerial Navigation in Africa and to Madagascar (ASECNA). Among these various means we have the motor group and several maintenance methods.

This energizing audit survey has been led in an objective to achieve an economy on the present consumption. We had proposed measures of energy economy for every type of energy organ consumer and among the solutions of reduction of the consumption we have the method of the reduction of the power and the increase of the specific consumption from the norm ISO 3046: 2002.

Key words: audit; rate of electrification; motor group.

LISTE DES ABREVIATIONS

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

ASECNA : L'agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar

ELB : Electricité et Balisage

OMD : Objectif millénaire pour le développement

RCA : République Centrafricaine

ENERCA : Energie Centrafricaine

ISO : International Organization for Standardization

GES : Gaz à effet de serre

SIG : Système d'Information Géographique

BEE: Bureau of Energy Efficiency-India

TE : Taux d'électrification

PCI : Pouvoir calorifique Inférieur

HT : Haute tension

TGBT : Tableau général basse tension

TR : Transformateur

KWh : Kilowattheure

Table des matières

I.	INTRODUCTION GENERALE	1
I.1	Contexte	1
I.2	Présentation de la structure d'accueil : ASECNA	2
I.3	Situation géographique du site	3
I.4	Problématique	4
II.	OBJECTIFS DE TRAVAIL	4
III.	MATERIELS ET METHODES	5
III.1	Mise en configuration des organes principaux de la centrale	5
III.2	Fonctionnement de la centrale électrique	5
III.2.1	Généralités	5
III.2.2	Fonctionnement	6
III.3	Méthodes	8
III.3.1	Audit énergétique	8
III.3.2	Notion d'énergie	8
III.3.3	Définition et principe de l'audit énergétique	8
III.3.4	Technique de l'audit énergétique	9
III.4	Audit dans le bâtiment	9
III.4.1	Objectif	9
III.4.2	Méthodologie de l'audit dans le bâtiment (climatisation)	9
III.4.3	Méthodologie de l'audit dans le bâtiment (Eclairage)	10
III.4.4	Audit dans l'industrie (les groupes électrogènes)	10
III.4.5	Moteur thermique	11
III.4.6	Alternateur	11
III.4.7	Economie d'énergie liée au moteur thermique	11
III.4.8	Economie d'énergie liée en rapport avec l'alternateur	12
IV.	COLLECTE DES DONNEES ENERGETIQUE DE LA CENTRALE ELB	12
V.	SITUATION ENERGETIQUE DE LA CENTRALE ELECTRICITE ET BALISAGE	14
V.1	Electricité	14
V.2	Bilan énergétique de la centrale	15
V.2.1	Au niveau de l'édairage	15
V.2.2	Au niveau de la climatisation	17
V.3	Groupe électrogène	20
V.3.1	Analyse de pourquoi le groupe électrogène consomme de l'énergie	25



V.3.2	Mesure prise pour la réduction de la consommation énergétique du groupe	26
V.4	Eclairage	42
V.4.1	Mesures prises pour la réduction de la consommation énergétique de l'éclairage...	42
V.4.2	Application de la mesure	42
V.5	Climatisation	43
V.5.1	Analyse de pourquoi la climatisation consomme	46
V.5.2	Mesure prise pour la réduction de la consommation de la climatisation	46
V.5.3	Application de la mesure prise.....	46
V.6	Analyse de la facturation	47
VI.	CONCLUSION.....	52
VII.	RECOMMANDATION ET PERSPECTIVE	53
VIII.	BIBLIOGRAPHIE	54

Liste des figures

Figure I-1 : Organigramme de l'ASECNA RCA.....	2
Figure I-2 : Situation géographique du site.....	3
Figure III-1 : Le schéma unifilaire de la distribution électrique.....	7
Figure V-1 : Répartition de la consommation électrique	19
Figure V-2 : Évolutions de la consommation spécifique moyenne de carburant	24
Figure V-3 : Évolutions de consommation spécifique moyenne.....	25
Figure V-4 : Impact de la température ambiante sur la puissance du groupe électrogène.....	26
Figure V-5 : Ajustement de la puissance à partir de la norme ISO-3046-1 :2002	39
Figure V-6 : Ajustement de carburant à partir de la norme ISO 3046-1 :2002	40
Figure V-7 : Ajustement de lubrifiant à partir de la norme ISO 3046-1 :2002	40
Figure V-8 : Répartition en % de la facture avant optimisation.....	48
Figure V-9 : Évolution de la puissance souscrite	49

Liste des tableaux

Tableau V-1 : situation annuelle d'électricité	14
Tableau V-2 : Consommation énergétique annuelle de l'éclairage.....	17
Tableau V-3 : Consommation énergétique annuelle de la climatisation	18
Tableau V-4 : Récapitulatif de la consommation des différents organes	19
Tableau V-5 : Situation énergétique de groupe électrogène.....	20
Tableau V-6 : Caractéristique du groupe électrogène	21
Tableau V-7 : Situation énergétique du groupe électrogène	25
Tableau V-8 : Données météorologiques	27
Tableau V-9 : Caractéristiques du moteur.....	29
Tableau V-10 : Récapitulatif des différents calculs.....	39
Tableau V-11 : Gain d'énergie en kWh.....	41
Tableau V-12 : Gain en carburant et en lubrifiant.....	41
Tableau V-13 : Méthode simplifiée de York.....	45
Tableau V-14 : bilan thermique de la climatisation.....	45
Tableau V-15 : Récapitulatif des gains des différents organes	46
Tableau V-16 : Ajustement de la puissance souscrite.....	49

I. INTRODUCTION GENERALE

I.1 Contexte

De nos jours l'Afrique fait face à un problème d'approvisionnement en énergie qui freine son développement socio-économique. En effet la non maîtrise des consommations d'énergie représente les différents enjeux majeurs.

Suite au Sommet de la Terre à Rio en 1992, le protocole de Kyoto en 1997 a fixé au niveau international des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre ainsi qu'un calendrier à un niveau international, et la directive européenne « Efficacité énergétique » en 2012 au niveau européen [1].

L'action en faveur du développement durable a pour objectif de préserver la planète pour les générations futures. Construire des bâtiments respectueux de l'environnement intérieur, qui va être crée, et de l'environnement extérieur, dans lequel ils vont s'intégrer, permet de s'inscrire activement dans une démarche de développement durable [2].

Le taux d'accès en électricité en RCA est considéré comme l'un des plus faibles de la sous-région, car il couvre rien que 1% seulement en milieu urbain et presque nul en milieu rural. Actuellement moins de 20 MW est installée dans ce pauvre pays [3]

L'objectif globalement poursuivi par le gouvernement Centrafricain est d'augmenter d'une manière significative le taux d'accès des populations tant en milieu urbain périurbain que rural à l'électricité de qualité à un prix normatif et de stimuler une croissance économique soutenue pour un développement conformes aux orientations des objectifs du millénaire pour le développement (OMD) [4].

Ainsi donc l'ASECNA qui a pour objectif de fournir de l'énergie électrique aux aides des aviations, dispose d'une centrale électrique de secours. Cette centrale de secours assure la production et la distribution d'énergie grâce à des groupes électrogènes et des onduleurs.

Ce maintien constant d'énergie passe par un système de maintenance préventive et corrective afin de réduire toute perte d'énergie.

C'est dans cette optique que la centrale thermique ELB de l'ASECNA RCA a vu le jour afin de réduire sa dépendance par rapport à l'ENERCA, la seule société de production et de distribution d'énergie en République centrafricaine.

I.2 Présentation de la structure d'accueil : ASECNA

L'agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) a été créée le 12 décembre 1959 au Sénégal à la suite de convention de Saint Louis et modifiée par celle de Dakar en 1974 [5]

ASECNA RCA est située à l'Aéroport international Bangui Mpoko. Elle a pour rôle d'assurer les missions de l'ASECNA en tant que centre d'exploitation. L'organigramme de l'ASECNA RCA est représenté à la figure I-1.

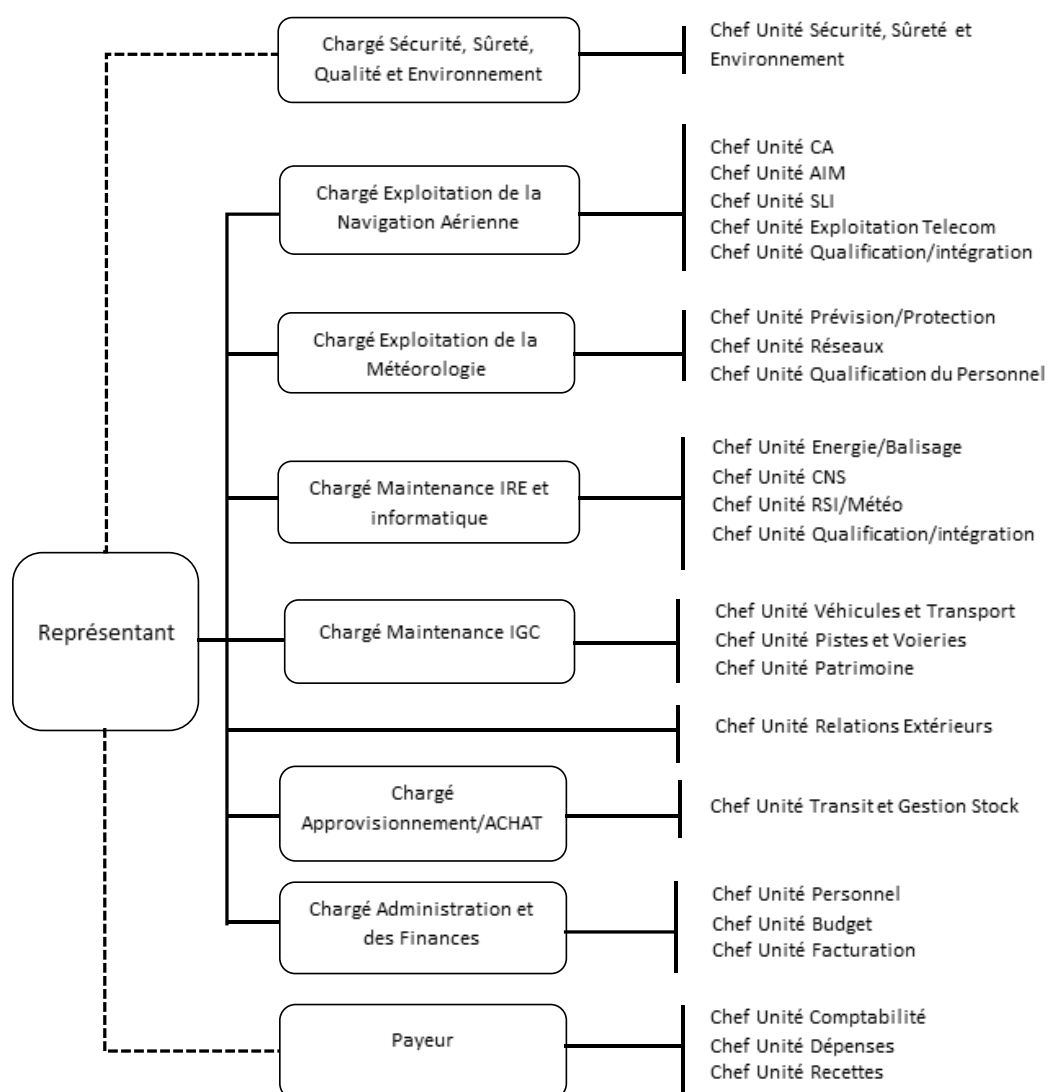


Figure I-1 : Organigramme de l'ASECNA RCA

I.3 Situation géographique du site

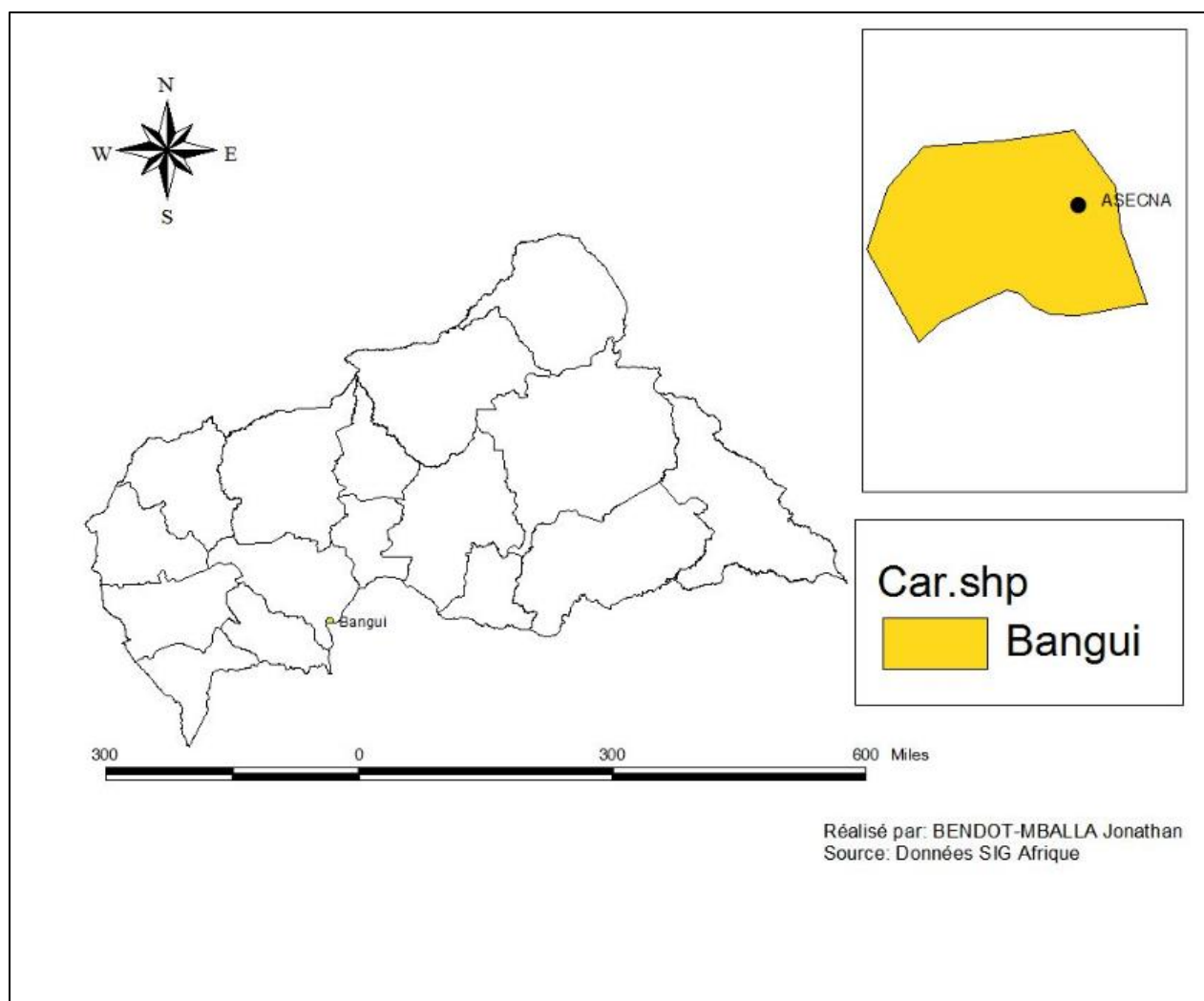


Figure I-2 : Situation géographique du site

I.4 Problématique

Le taux d'électrification (TE) en République Centrafricaine est très faible. Seule une petite partie de la capitale Bangui est alimentée et la grande partie de la population urbaine et rurale n'ont pas accès à l'électricité [7]. Devant ce défi, seule société Centrafricaine de l'énergie (ENERCA) qui fait face à une demande importante en énergie ne peut satisfaire toute la population en générale. A cause de multiples délestages la capitale Bangui est plongée dans l'obscurité due aux faibles taux de la production (agence centrafricaine d'électrification rurale).

La centrale électrique ELB initialement prévus pour fonctionner en mode secours est à ce jour utilisée en mode production (16 à 20 heures de fonctionnement par jour), du fait de la rareté de l'énergie publique sur cette plateforme.

Dans le contexte de maintenir la présence permanente d'énergie, la stabilité tant en tension et qu'en fréquence de la tension d'alimentation, la maîtrise de la consommation énergétique s'impose à l'agence d'autant plus qu'elle prend en compte, outre la réduction de la facture énergétique et les préoccupations liées à la préservation de l'environnement.

Pour faire face à cette situation critique, des solutions à court, moyen et long termes ont été respectivement retenues, à savoir la mise en œuvre d'une politique de maintenance et d'exploitation rigoureuse basée sur l'élimination systématique des gaspillages et l'amélioration continue de la productivité. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail qui consistera à faire un audit énergétique non seulement sur les groupes électrogènes et ces auxiliaires mais aussi de l'éclairage et la climatisation.

II. OBJECTIFS DE TRAVAIL

Le présent travail a pour objectif de faire un état de lieu énergétique du site et de proposer des solutions concrètes pour faire des économies d'énergie.

Les impacts attendus sont :

- Réduire les dépenses énergétiques ;
- Réaliser des économies d'énergie (électricité et combustible) ;
- Eviter les pertes de l'énergie produite (éclairage et climatisation) ;
- Contribuer à la réduction d'émission des gaz à effet de serre (GES) ;
- Changer le comportement du personnel et des usagers pour l'utilisation rationnelle de l'énergie électrique.

III. MATERIELS ET METHODES

La mise en place d'une gestion de l'efficacité énergétique nécessite une approche globale structurée, par des étapes successives, qui va permettre de bien mener à cette étude avec un objectif de résultats.

Un système de mesure et d'information fournissant des données fiables doit donc être intégré dans cette approche globale. Cette approche consiste à :

- Comprendre le processus de production, transformation et distribution électrique ;
- Collecter des informations et de données à l'aides des documents techniques;
- Relever les mesures ;
- Faire un calcul d'économie d'énergie ;
- Analyser des données.

III.1 Mise en configuration des organes principaux de la centrale

Le principe de fonctionnement de cette centrale électrique est établi de sorte que les groupes électrogènes assurent la production de l'énergie secourue technique. Ces groupes sont à démarrage automatique sur absence ou défaut secteur dans le cas d'une indisponibilité (panne ou maintenance) de l'alimentation sans coupure (ASI).

Le principe de fonctionnement est aussi pour minimiser au maximum le temps de coupure de l'alimentation (inférieur à une seconde).

III.2 Fonctionnement de la centrale électrique

III.2.1 Généralités

Le fonctionnement de la centrale a été conçu pour permettre une continuité de l'alimentation en énergie électrique des différents besoins techniques quels que soient le ou les défauts apparaissant.

- Les critères pris en compte sont :
- Les conditions opérationnelles ;
- Le cas de maintenance des groupes électrogènes ;
- Les différents défauts pouvant apparaître au niveau du secteur local ou des équipements ;
- L'alimentation des besoins secourus sans coupure.
- Afin d'assurer cette continuité, les principes retenus sont les suivants :
- Permutabilité automatique des deux sources d'énergie secteur et groupes avec possibilité d'inversion des deux sources ;
- Mise en place d'un commutateur rotatif (manœuvrable manuellement) de choix de source ;
- Mise en place d'une alimentation sans coupure (deux onduleurs 300 kVA redondant).

III.2.2 Fonctionnement

En exploitation normale les deux groupes sont disponibles et individuellement positionnés en « automatique », l'un des deux étant sélectionné en priorité, sur défaut secteur, après que le groupe ait démarré et qu'une présence tension apparaisse sur le jeu de barre groupes JdB G1-G2, l'inverseur normal-secours KN/KS bascule sur le jeu de barres groupes JdB G1-G2.

Sur retour du secteur aux conditions normales, l'inverseur de sources KN/KS bascule après temporisation sur le jeu de barres non secouru JdB BT02, puis le groupe après temporisation s'arrête.

Sur défaut simultané du secteur et du groupe sélectionné en priorité, le second groupe réalimente les besoins dans un délai de 20 secondes (cas où le deuxième groupe démarre à la première tentative du démarrage).

La distribution d'énergie électrique est définie sur le synoptique plan, représenté par le schéma unifilaire à la figure III-1.

III.3 Méthodes

III.3.1 Audit énergétique

III.3.2 Notion d'énergie

L'énergie est donc la capacité que possède un système à produire un effet sur son environnement, à en modifier une grandeur physique. Par exemple il faut de l'énergie pour modifier la température de l'eau dans une casserole, pour modifier la vitesse d'un mobile, pour modifier le courant dans un circuit électrique etc. [8]

L'énergie peut aussi classer sous différente forme :

- L'énergie électrique ;
- L'énergie mécanique ;
- L'énergie thermique.

Ces différentes formes d'énergie peuvent classer suivant le niveau et la nature des transformations subies :

- Energie primaire : celle qui n'a pas subi aucune transformation [9]. Exemple pétrole brut, soleil, vent ;
- Energie secondaire : celle qui a subi une, deux, trois transformations [10]. Exemple électricité HT, gaz butane, chaleur ;
- Energie finale : celle qui est livrée à l'utilisation [11]. Exemple électricité basse tension, essence à la pompe ;
- Energie utile : celle qui est finalement et réellement utilisé [12]. Exemple énergie mécanique du moteur électrique, chaleur, froid.

III.3.3 Définition et principe de l'audit énergétique

Il y a plusieurs définitions relativement similaires à l'audit énergétique, selon la norme EN 16247-1 adoptée en septembre 2012, un audit est défini comme « un examen et analyse méthodologique de l'usage et de la consommation énergétique d'un site, bâtiment, système ou organisme ayant pour objet d'identifier les flux énergétiques et les potentiels d'amélioration de l'efficacité énergétique en définissant les actions nécessaires à la réalisation de ces économies et d'en rendre compte ». [13].

Dans l'Acte de la conservation d'énergie Indien de 2001 (BEE 2008) définit un audit énergétique comme la « vérification, écoute et analyse de l'usage d'énergie et soumission de rapport technique qui contient des recommandations pour améliorer l'efficacité énergétique avec l'analyse du coûts et rendements et un plan de l'action de réduire la consommation énergétique ». [14].

III.3.4 Technique de l'audit énergétique

En générale plusieurs méthodes d'audit énergétique ont été développées au cours des années. Ces méthodes dépendent généralement du type d'activité concernée en raison de leur poids dans les économies nationales et aussi de leur degré de gaspillage de l'énergie. Ce sont :

- Le transport ;
- L'industrie ;
- Et le bâtiment.

Seul le bâtiment et l'industrie (groupe électrogène) sont concernés par ce document. [15].

III.4 Audit dans le bâtiment

III.4.1 Objectif

L'objectif de l'audit dans le bâtiment consiste à assurer de bonnes conditions de confort aux occupants tout en limitant, autant que possible la consommation d'énergie liée à ce confort (climatisation et éclairage).

III.4.2 Méthodologie de l'audit dans le bâtiment (climatisation)

Climatiser revient à amener l'air d'une ambiance dans les conditions de température et d'humidité confortable pour les individus.

La méthode de calcul des économies d'énergie se résume en cinq étapes :

- La première étape consiste à calculer des charges avant application des mesures d'économie d'énergie ;
- La deuxième étape consiste à identifier et faire un choix des mesures d'économie d'énergie à appliquer au bâtiment ;
- La troisième étape consiste à calculer des charges après application des mesures d'économie d'énergie ;
- La quatrième étape consiste à évaluer du gain en chaleur évitée dans le bâtiment ;
- La cinquième étape consiste à faire la conversion de cette chaleur en kWh électriques économisés, en utilisant le COP des installations.

III.4.3 Méthodologie de l'audit dans le bâtiment (Eclairage)

L'éclairage c'est l'apport de lumière saine nécessaire à la vision dans le bâtiment. Deux types d'éclairage sont utilisés :

- L'éclairage naturel, à partir du rayonnement solaire ;
- L'éclairage artificiel à partir de sources lumineuses fabriquées.

L'éclairage est souvent la deuxième source de consommation énergétique des locaux après la climatisation.

La méthode de calcul des économies d'énergie se résume en quatre étapes :

- La première consiste à relever des types d'équipement lumineux (lampe, luminaire, ballast etc.) ;
- La deuxième consiste à mesurer le niveau d'éclairement ;
- La troisième consiste à relever les conditions d'exploitation (hauteur des luminaires, couleur des murs etc.) ;
- La quatrième étape consiste à relever les caractéristiques des dispositifs de commande.

III.4.4 Audit dans l'industrie (les groupes électrogènes)

Un groupe électrogène est un ensemble formé d'un moteur thermique et d'un alternateur pour produire de l'électricité. Les performances de l'ensemble moteur et alternateur dépendent du moteur thermique d'un côté et de l'alternateur de l'autre. [16].

Le moteur peut être à explosion, diesel ou une turbine à gaz. Il utilise soit de l'essence, soit du gasoil soit du Butane, soit du biocarburant.

Les groupes électrogènes peuvent servir à fournir de l'énergie dans les deux conditions suivantes :

- Energie de base dans les centrales électriques;
- Energie de secours, quand le réseau est défaillant.

Un groupe électrogène est formé de deux parties :

- Un moteur thermique ;
- Un alternateur.

III.4.5 Moteur thermique

Basé sur le principe de fonctionnement du moteur à explosion à quatre temps à essence, le moteur diesel se distingue par le fait qu'au temps admission le moteur n'aspire que de l'air lorsque la soupape d'admission s'ouvre, contrairement au moteur à essence, qui lui aspire de l'air et de l'essence dans sa version carburateur. Au deuxième temps, l'air est comprimé, la pression peut atteindre 40 bars à 600 °C. En fin de compression, une charge de gazole est injectée à haute pression. La haute température régnant alors dans la chambre de combustion suffit pour provoquer l'auto-inflammation du carburant. Le troisième et quatrième temps, combustion détente, échappement, sont en tous points identiques dans leur déroulement à ceux du moteur quatre temps essence. [17].

III.4.6 Alternateur

Un alternateur est constitué entre autre :

- D'un rotor (partie tournante) ;
- D'un stator (partie fixe).

Le rotor représente l'inducteur l'organe électrotechnique chargé d'induire un champ électromagnétique.

Le stator représente l'induit l'organe électromagnétique chargé de recevoir l'induction et de la transformer en électricité.

III.4.7 Economie d'énergie liée au moteur thermique

Le rendement thermique d'un groupe électrogène dépend essentiellement de trois paramètres variables selon les sites :

- La pression atmosphérique : Le même groupe électrogène a une puissance moindre en montagne.
- La température ambiante. Une température ambiante élevée réduit la masse d'air admise dans les cylindres.
- L'humidité de l'air. Un air trop humide réduit également la masse d'air sec et donc de combustible admise dans les cylindres.

III.4.8 Economie d'énergie liée en rapport avec l'alternateur

Le taux de charge de l'alternateur sera visé pour faire des économies d'énergie.

A faible taux de charge le rendement de l'alternateur est réduit comme dans toute machine électrique.

La réduction de la puissance et l'augmentation de la consommation spécifique à partir de la norme ISO 3046 fera l'objet de la méthode de calcul des économies d'énergie.

IV. COLLECTE DES DONNEES ENERGETIQUE DE LA CENTRALE ELB

❖ Les postes de livraison HTA/BT

Ce poste possède deux types de sources d'alimentation :

- Source normale ;
- Source secours.

Le régime de neutre en basse tension est de type : Neutre isolé.

❖ Source normale : 15 kV réseau ENERCA

Le poste de livraison est séparé de la salle énergie de la centrale. L'alimentation de ces cellules est réalisée depuis le réseau ENERCA 15 kV.

Le poste ASECNA est intégré à la salle énergie de la centrale. L'alimentation de ces cellules est réalisée depuis le poste de livraison ENERCA 15 kV.

Le tableau HT comporte deux cellules interrupteur-fusible de protection de transformateur. Ces cellules sont connectées aux transformateurs de 630 kVA afin d'alimenter l'ensemble des besoins, les jeux de barres des tableaux BT01, BT02, BT03, BT04.

❖ Source secours : les groupes électrogènes

Les groupes électrogènes en régime secours de 300 kVA chacun alimentent le jeu de barres JdB G1-G2 du tableau BT02.

❖ Tableaux généraux basse tension (TGBT)

Cet ensemble est divisé ainsi :

- Un tableau comprenant le jeu de barre non secouru JdB BT01 alimenté en 400V par les transformateurs 630 kVA TR01 ou TR02 ;

- Un tableau comprenant le jeu de barre secouru JdB BT02 alimenté en 400V soit par BT01 (via le disjoncteur QN07 normalement fermé) soit par l'un de deux groupes de 300 kVA ;
- Un tableau comprenant le jeu de barre secouru JdB BT03 alimenté en 400 V par BT02 via deux ASI redondant de 300 kVA ;
- Un tableau comprenant le jeu de barre non secouru JdB BT04 alimenté en 400V par BT01 ;
- Un tableau comprenant le jeu de barre non secouru JdB BT05 alimenté en 400V par BT03 ;
- Un tableau régulateur TREG alimenté en 400V par BT03

V. SITUATION ENERGETIQUE DE LA CENTRALE ELECTRICITE ET BALISAGE

- L'énergie utilisée : l'électricité et le diesel ;
- Puissance du transformateur est de 630 kVA ;
- Puissance du groupe est de 300 kVA ;
- La puissance souscrite est de 150 kW ;
- Système de climatisation est le système tout air ;
- Horaire de travail : 8h à 16h et de 16h à 8h de lundi à dimanche.

V.1 Electricité

La situation énergétique de la centrale a été faite sur la base de la facture d'électricité d'une année de référence de 2016. Cette facture nous a permis de faire ces différentes analyses :

❖ Situation énergétique annuelle d'électricité

L'énergie active est la somme de l'énergie active jour plus l'énergie active nuit. L'énergie annuelle consommée n'est rien d'autre la somme de l'énergie active et cette énergie annuelle et mensuelle moyenne consommée se trouve dans le tableau V-1.

Tableau V-1 : situation annuelle d'électricité

Consommation annuelle en kWh	Consommation moyenne en kWh	Facture annuelle en FCA	Facture mensuelle en FCA	Prix du kWh en FCFA
321065	26755	22039363	1836613,58	33,7

V.2 Bilan énergétique de la centrale

Nous avons au niveau de la centrale plusieurs types d'équipements électriques comme les postes de transformation, les approches lumineuses, les chargeurs et les groupes électrogènes.

V.2.1 Au niveau de l'éclairage

La majorité des lampes au niveau de la centrale sont des tubes fluorescents 38 mm, les lampes incandescentes et les lampes compactes fluorescentes. Les luminaires sont équipés de ballasts magnétiques et de starters à coiffe perlée. Ces luminaires sont disposés en série dans chaque salle.



Photo de tube fluorescents Philips

❖ Caractéristique des tubes fluorescents

PHILIPS TL-D
2×36 W/54-765
DAYLIGHT

❖ Caractéristique des lampes incandescentes

MADE IN CHINA
100 W
1340 lm

❖ Caractéristique des lampes compactes fluorescentes

MADE IN CHINA
80 W
DAYLIGHT

❖ Etats général des lampes

Durant notre stage, nous constatons que le niveau d'éclairement est insuffisant dans chaque local (en général, l'éclairement dans les différentes salles varie 150 à 275 Lux). La totalité des lampes n'est pas nécessaire au confort visuel.

Les luminaires ne semblent pas efficaces car la majorité des luminaires sont Ces luminaires ont un faible rendement. . L'utilisation du système de gestion de l'éclairage n'est pas rationnelle du point qu'il n'existe pas un système de gestion automatisée de l'éclairage.

❖ Temps de fonctionnement des lampes

Le temps de fonctionnement des lampes n'est pas défini par rapport aux horaires de travail mais il est défini par rapport à la réalité du terrain.

On constate que le fonctionnement des lampes dépend principalement de chaque poste de travail.

Pour la salle commande, régulateur, accus, carburant, magasin, toilette, couloir et la salle groupe le temps fonctionnement est de 24h/24.

Soit : $24 \times 7j = 168h/semaine$ et un total annuel de $168h \times 52 semaines = 8736 heures$.

Pour la salle onduleur, salle transformateur et la salle énergie le temps de fonctionnement est de 3h/jour.

Soit : $3h \times 7j = 21h/semaines$ et un total annuel de $21h \times 52 semaines = 1092 heures$

Si nous tenons compte du coefficient d'utilisation 1 et de simultanéité de 0.85, le temps de fonctionnement des lampes devient :

Soit : $7425,6 heures + 928,2 heures = 8353,8 heures$

Si nous soustrayons les heures de délestage de courant durant ces périodes qui est de 4739.6 heures nous trouverons : $8353,8 - 4739,6 = 3614,2 \text{ heures}$

❖ Calcul de la consommation énergétique annuelle en kWh

Connaissant la puissance des lampes ainsi que leurs temps de fonctionnement, nous pouvons ainsi déduire la consommation énergétique mensuelle de chaque local par la relation suivante :

$$W = P \times t \quad (1)$$

Avec P : la puissance des lampes

Et t : le temps de fonctionnement des lampes

Les résultats de la consommation énergétique annuelle se trouvent dans le tableau V-2.

Tableau V-2 : Consommation énergétique annuelle de l'éclairage

Désignation	Quantité	Puissance unitaire en kW	temps de fonctionnement en h	Consommation annuelle en kWh
Tubes fluorescents	75	0,036	3614,2	9758,34
Lampes incandescentes	13	0,1	3614,2	4698,46
Lampes compactes fluorescentes	20	0,08	3614,2	5782,72
TOTAL				72281

V.2.2 Au niveau de la climatisation

La climatisation permet d'aérer les équipements électriques installés au niveau de la centrale électrique. Cette centrale dispose, trois types de climatiseurs :

- Les climatiseurs split ;
- Les climatiseurs WINDOWS ;
- Les climatiseurs armoires.

❖ Temps de fonctionnement des climatiseurs

Le temps de fonctionnement des climatiseurs n'est pas défini en fonction des heures de travail. Ces climatiseurs ne permettent pas d'assurer un confort humain mais d'assurer le bon fonctionnement des équipements électriques. Le temps de fonctionnement est de 24h/24.

Soit : $24 \times 7 = 168$ h/semaine et un total annuel de 168×52 semaines = 8736 heures.

Si nous soustrayons les heures de délestage de courant durant ces périodes qui est de 4739.6 heures nous trouverons : $8736 - 4739,6 = 3996,4$ heures

❖ Calcul de la consommation énergétique annuelle en kWh

Connaissant la puissance des lampes ainsi que leurs temps de fonctionnement, nous pouvons ainsi déduire la consommation énergétique mensuelle de chaque local par la relation suivante :

$$W = P \times t \quad (2)$$

Avec P : la puissance des lampes

Et t : le temps de fonctionnement des lampes

Les résultats de la consommation énergétique annuelle se trouvent dans le tableau V-3.

Tableau V-3 : Consommation énergétique annuelle de la climatisation

Désignation	Quantité	Puissance en kWh	Temps de fonctionnement	Consommation en kWh
SPLITS LG	4	2,25	3999,1	35991,9
WINDOWS	2	1,5	3999,1	11997,3
ARMOIRES AIR ZENITH	2	3,4	3999,1	27193,88
TOTAL				75183,08

Tableau V-4 : Récapitulatif de la consommation des différents organes

Désignation	Consommation en kWh	Pourcentage %
Eclairage	72281	19
Climatisation	75183,08	20
Autres équipements	231868,88	61

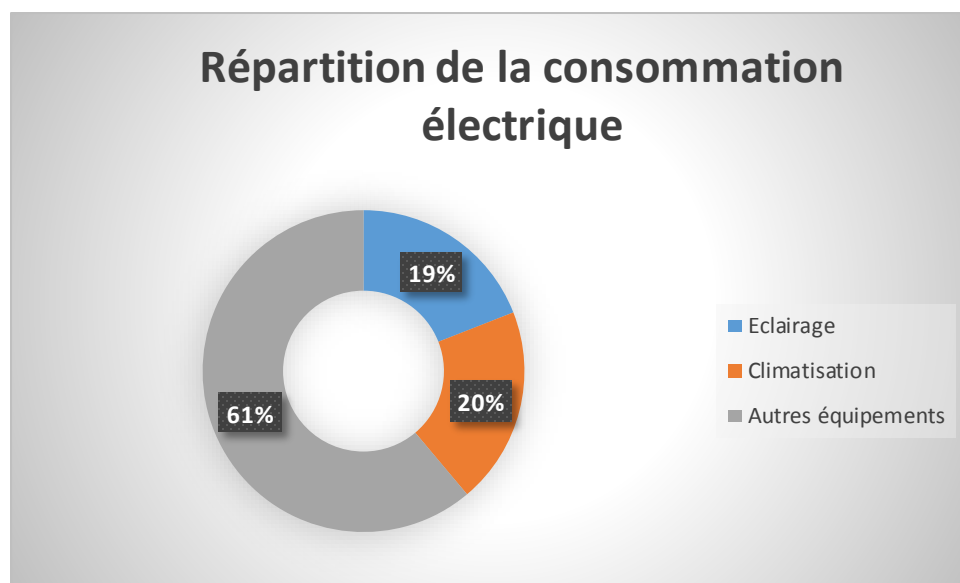


Figure V-1 : Répartition de la consommation électrique

V.3 Groupe électrogène

La situation énergétique de la centrale a été faite sur la base de consommation de fuel et de lubrifiant sur une année de référence.

Année de référence : 2016

Tableau V-5 : Situation énergétique de groupe électrogène

	Temps de marche	Conso gasoil (l)	Conso lubrifiant (l)
Janvier	315:39:00	16346	207
Février	331:27:00	15932	106
Mars	373:57:00	16513	211
Avril	424:11:00	19170	175
Mai	412:41:00	19999	248
Juin	410:24:00	19776	136
Juillet	433:31:00	21641	258
Aout	382:24:00	19729	103
Septembre	379:22:00	18222	233
Octobre	402:41:00	20479	127
Novembre	451:50:00	21462	236
Décembre	421:29:00	22370	114
Total	4739:36:00	231639	2154

❖ Caractéristiques du groupe électrogène

Le groupe CUMMINS 300 kVA a été mis en service le 16 Mars 2007 et c'est un groupe de secours comme prévu le constructeur. Ce groupe a été utilisé en mode production 16 à 20h par jours. La performance, la puissance et la consommation spécifique donné par le constructeur se trouve au tableau V-6.

Tableau V-6 : Caractéristique du groupe électrogène

Moteur diesel		ALTERNATEUR MONOPALIER	
Marque	CUMMINS	Marque	LESROY-SOMER
Type	QSX15-G8	Type	LSA 47.2 S
Cycle	4	Protection spéciale	IP 23
Puissance principale	500 kW	Isolation/Echauffement	Class H-H
Nombre de cylindres	5	Vitesse	1500 tr/mn
Disposition	en L	Survitesse	2250 tr/mn
Régime	1500 tr/min	Fréquence	50 Hz
Alésage/course	137×168 mm	Puissance d'utilisation	300 kVA
Cylindrée	15 l	Puissance construction	455 kVA
Injection	Cummins HP1-TP	Tension nominale	240/415 V TRI neutre sorti
Carburant	gas-oil	Tension ajustable par potentiomètre	± 10 %
Refroidissement	eau par radiateur attelé	Régulation électronique	R448
Consommation carburant	(4/4 charge) 60 l/h (3/4 charge) 45 l/h	Variation en régime transitoire entre 0 à Pn, ramenée à ±20 % en moins de	200 m sec. Et ± 2 % < 3 s (cosφ entre 0,8 et 1)
		Rendement	94,5
Consommation huile à 4/4	0,14 l/h	Tropicalisation	Isolation renforcée par imprégnation
Reprise de charge	0 à 4/4 à cosφ 0,8	Construction	Sans bagues, ni balais, auto- ventilées



Photo groupe électrogène CUMMINS 300 kVA

❖ Calcul de la consommation moyenne de gasoil C_{g1} et de lubrifiant C_{l1} en L/h

La consommation moyenne en litre par heure est égale à la consommation totale de carburant ou lubrifiant divisé par le nombre d'heure de fonctionnement.

$$C_{g1} = \frac{C_g}{t} \quad (2)$$

$$C_{l1} = \frac{C_l}{t} \quad (3)$$

$$C_{g1} = \frac{231639}{4739,6} = 49 \text{ l/h}$$

$$C_{l1} = \frac{2154}{4739,6} = 0,45 \text{ l/h}$$

Nous remarquons que la consommation moyenne de gasoil, comparé à la référence du constructeur qui est de 45 litre par heure en $\frac{3}{4}$ de sa charge comme défini la centrale n'est pas du tout normale. La consommation de lubrifiant comparée à la référence de constructeur qui est de 0.14 litre par heure n'est pas du tout normal.

Une mesure d'économie d'énergie devrait être réalisée afin de réduire la consommation énergétique du groupe.

❖ Calcul de la consommation moyenne de gasoil C_{g2} et de lubrifiant C_{l2} en l/kWh

En utilisons la formule suivante, nous aurons :

$$C_{g2} = \frac{C_{g1}}{P_{serv}} \quad (4)$$

$$C_{l2} = \frac{C_{l1}}{P_{serv}} \quad (5)$$

$$C_{g2} = \frac{49}{180} = 0,3 \text{ l/kWh}$$

$$C_{l2} = \frac{0,45}{180} = 0,0025 \text{ l/kWh}$$

❖ Calcul de la consommation spécifique de gasoil C_{sg} et de lubrifiant C_{sl} en kg/kWh

La masse volumique de gasoil est égale à 860 kg/m³ et celui de lubrifiant est de 900 kg/m³, alors la consommation spécifique se déterminera par la formule suivante :

$$C_{sg} = \rho \times C_{g2} \quad (6)$$

$$C_{sl} = \rho \times C_{l2} \quad (7)$$

$$C_{sg} = 0,860 \times 0,272 = 0,233 \text{ kg/kWh}$$

$$C_{sl} = 0,9 \times 0,0025 = 0,00225 \text{ kg/kWh}$$

Les évolutions de la consommation spécifique moyenne de carburant et de lubrifiant sont illustrées par la figure V-2 et figure V-3.

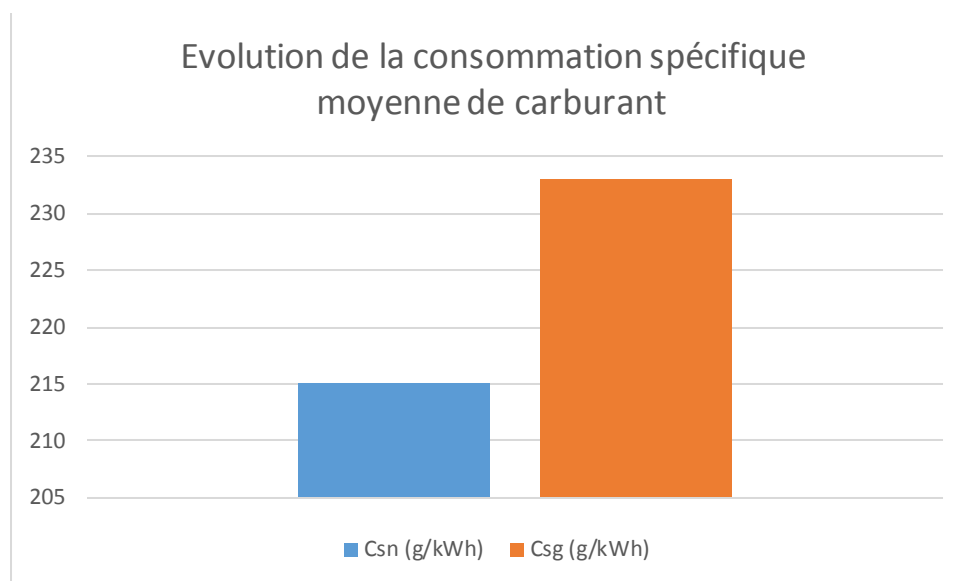


Figure V-2 : Évolutions de la consommation spécifique moyenne de carburant

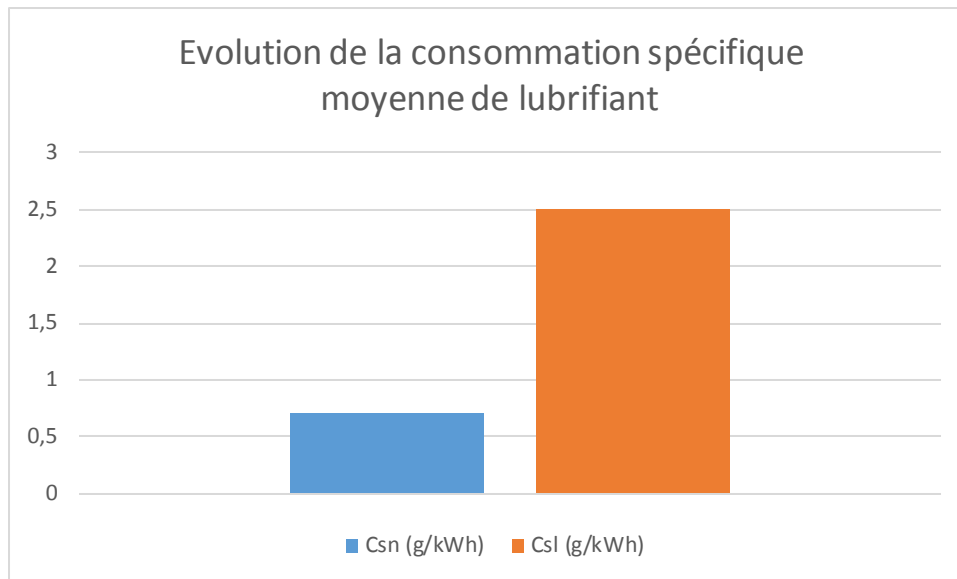


Figure V-3 : Évolutions de consommation spécifique moyenne

❖ Calcul de l'énergie consommée E en kWh

$$E = P_{serv} \times \text{temps de marche} \quad (8)$$

$$E = 180 \times 4739,6 = 853128 \text{ kWh}$$

La situation énergétique du groupe électrogène se résume dans le tableau V-7.

Tableau V-7 : Situation énergétique du groupe électrogène

Energie annuelle consommée en kWh	Energie mensuelle consommée en kWh
853128	71094

V.3.1 Analyse de pourquoi le groupe électrogène consomme de l'énergie

Selon la technologie et les conditions du site, la puissance électrique, l'efficacité et la consommation de carburant d'une centrale peuvent être très différentes de sa performance aux conditions de sa conception. Les conditions ambiantes peuvent considérablement varier selon l'emplacement géographique et la saison.

Les conditions ambiantes de température sont très sensibles pour le bon fonctionnement du groupe. La figure ci-après nous montre l'impact de la température ambiante sur les différentes

charges du groupe électrogène. L'impact de la température ambiante sur la puissance du groupe est illustré par la figure V-4.

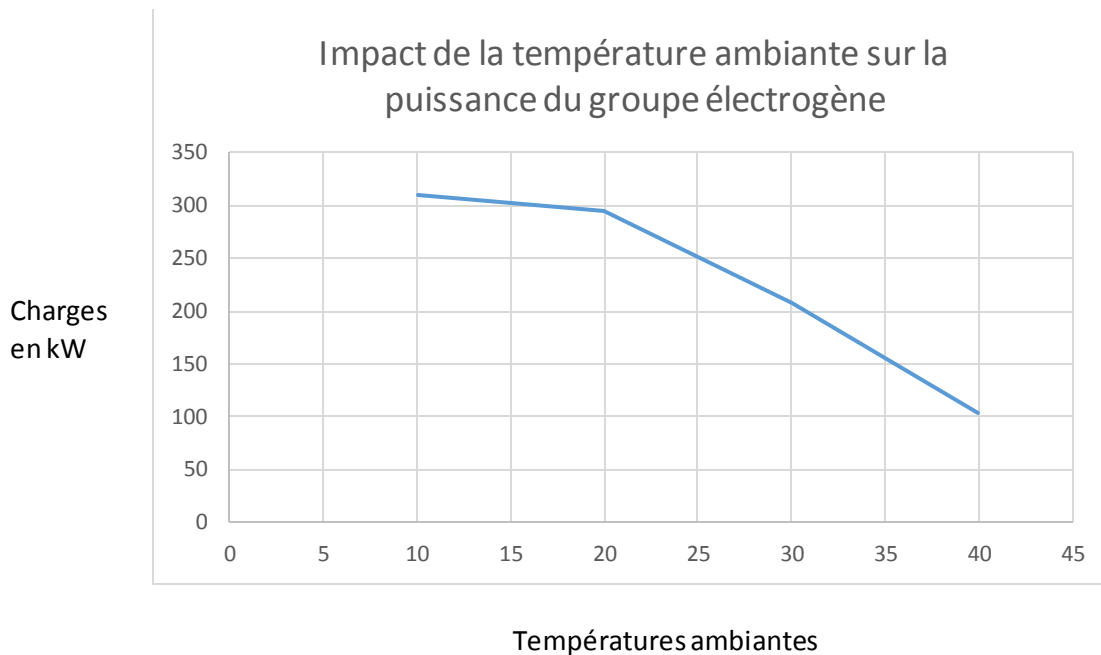


Figure V-4 : Impact de la température ambiante sur la puissance du groupe électrogène

V.3.2 Mesure prise pour la réduction de la consommation énergétique du groupe

La mesure prise pour la réduction de la consommation énergétique est de procéder à un calcul de la réduction de la puissance du groupe et l'augmentation de la consommation spécifique de carburant à partir de la « norme ISO 3046-1 :2002 ».

Cette norme de la déclaration de la puissance et de la consommation de carburant et d'huile de lubrification et les méthodes d'essai-exigences supplémentaires pour les moteurs à usage général nous propose une méthode de calcul de la puissance et consommation spécifique de carburant pour les conditions ambiantes du site à partir de la condition standard de la référence.

Méthode de calcul de réduction de la puissance du groupe et l'augmentation de la consommation spécifique de fuel à partir de la « norme ISO 3046-1 :2002 »

❖ Les données climatiques

La république centrafricaine est un pays dominé par trois zones climatiques :

- Un climat équatorial au sud ;
- Un climat intertropical au centre ;

- Un climat sub sahélien au nord.

Les données météorologiques du mois de mai 2016 en avril 2017 se trouvent dans le tableau V-8.

Tableau V-8 : Données météorologiques

Mois	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril
T.min °C	20	11.4	21	21	21	21	20	17	17	20	21	21
T.max °C	37	38	34	35	35	37	35	36	37	39	38	37
Hrmin %	69	79	76	77	74	77	73	57	27	29	62	66
Hrmax %	89	93	95	96	94	94	94	94	68	69	88	88

- **Pour le mois de février**

Condition du site

Climat	Tropical
Altitude au-dessus de mer	365
Température maximale ambiante	39
Humidité relative	69
Combustible	gasoil

Conditions ambiantes du site

Température T_x	39° C soit 312 K
Altitude	365
Hygrométrie φ_x	69 %
Puissance indiquée P_{uR}	180 kW

Conditions de référence ISO 3046-1 :2002

Température T_r	25° C soit 298 K
Pression atmosphérique P_r	100 kPa
Hygrométrie φ_r	30%
Rendement moteur	0,8

❖ Ajustement de puissance

Ici, il est question de rapporter la puissance, dans les conditions ambiantes de référence aux conditions ambiantes de la centrale suivant la « norme ISO 3046-1 :2002 ».

$$P_{uX} = \alpha \times P_{uR} \quad (9)$$

P_{uX} : Puissance ajustée en kW ;

α ; Facteur d'ajustement de puissance ;

P_{uR} ; Puissance indiquée dans les conditions de référence en kW.

Avec

$$\alpha = k - 0.7(1 - k)\left(\frac{1}{\eta_m} - 1\right) \quad (10)$$

$$k = \left(\frac{p_x - a\phi_x \times P_{sx}}{P_r - a\phi_r \times P_{sr}}\right)^m \times \left(\frac{T_r}{T_x}\right)^n \times \left(\frac{T_{cr}}{T_{cx}}\right)^s \quad (11)$$

k : Ratio de puissance indiquée ;

η_m : Rendement du moteur ;

p_x : Pression barométrique de l'ambiance en hPa ;

$a\phi_x \times P_{sx}$: Pression de la vapeur d'eau de l'ambiance en hPa;

$a\phi_r \times P_{sr}$: Pression de de la vapeur d'eau de référence en hPa;

T_r : Température de référence en K;

T_x : Température de l'ambiance en K;

T_{cr} : Température de référence de l'eau de refroidissement de l'air de suralimentation en K;

T_{cx} : Température de l'ambiance de l'eau de refroidissement de l'air de suralimentation en K;

❖ Ajustement de carburant

Il est question de rapporter la consommation spécifique dans les conditions ambiantes de référence aux conditions ambiantes de la centrale suivant la norme ISO 3046-1 :2002 ».

$$b_x = \beta \times b_r \quad (12)$$

b_x : Consommation spécifique de carburant ajustée à partir de la condition ambiante ;

$\beta = \frac{k}{\alpha}$: Coefficient d'ajustement de carburant ;

b_r : Consommation de carburant dans les conditions standards de référence.

❖ Les caractéristiques du moteur

Suivant le tableau 2 de la norme ISO 3046-1 :2002, nous aurons les caractéristiques ci-après suivant le choix de la lettre de référence et des exposants.

Tableau V-9 : Caractéristiques du moteur

Type de moteur	Type de carburant	Conditions	Facteur a	Exposants			
Moteur diesel	Combustible diesel (gazole)	Puissance limitée par le rapport air/carburant	A	a	m	n	s
				1	1	0,75	0

❖ Détermination de la pression de vapeur d'eau ($\phi_x \times p_{sx}$)

Les valeurs de la pression de vapeur d'eau en kPa sont déterminées à partir de la table (B1) de la pression de la vapeur d'eau, de la norme ISO 3410-2 qui se trouve en page annexe de ce document.

Pour une température de 39°C, nous lisons les différentes valeurs hygrométriques

$\phi_x = 0,6$ et $\phi_x = 0,7$ car l'humidité relative 0.69 est comprise entre 0,6 et 0,7

Par interpolation on aura donc

Pour $\phi_x = 0,7$

$$\phi_x \times P_{sx} = 4,90$$

Pour $\phi_x = 0,6$

$$\phi_x \times P_{sx} = 4,20$$

En posant donc

$$f(X) = f(X_1) + \frac{f(X_2) - f(X_1)}{X_2 - X_1} \times (X - X_1) \quad (13)$$

$$f(0,69) = 4,20 + \frac{4,90 - 4,20}{0,7 - 0,6} \times (0,69 - 0,6)$$

$$f(0,64) = 4,83 \text{ kPa}$$

Donc

$$\phi_x \times p_{sx} = 4,83 \text{ kPa}$$

❖ Détermination de la pression de la vapeur d'eau $\phi_r \times p_{sr}$

Pour une température de 25°C, nous lisons $\phi_r = 0,3$ et $\phi_r = 0,2$ car l'humidité relative 0,3 est comprise entre 0,2 et 0,3

Donc pour $\phi_r = 0,3$ nous avons $\phi_r \times p_{sr} = 0,94$ et pour $\phi_r = 0,2$ nous avons

$$\phi_r \times p_{sr} = 0,62$$

Par interpolation :

$$f(0,3) = 0,62 + \frac{0,94 - 0,62}{0,3 - 0,2} \times (0,3 - 0,2)$$

$$f(0,3) = 0,94 \text{ kPa}$$

$$\phi_r \times p_{sr} = 0,94 \text{ kPa}$$

❖ Détermination de la pression barométrique p_x

Les valeurs de la pression barométrique en kPa sont déterminées à partir de la table (B2) de la pression atmosphérique, de la norme ISO 3410-2 qui se trouve à la page annexe.

Pour une altitude de 365 m, nous lisons les différentes valeurs $p_x = 98,9$ et $p_x = 96,7$ car l'altitude 350 est comprise entre 200 et 400 m.

Par interpolation on aura donc :

$$f(X) = f(X1) + \frac{f(X2) - f(X1)}{X2 - X1} \times (X - X1) \quad (14)$$

$$f(365) = 98,9 + \frac{96,7 - 98,9}{400 - 200} \times (365 - 200)$$

$$f(350) = 97,085 \text{ kPa}$$

Donc

$$p_x = 97,085 \text{ kPa}$$

❖ Détermination de k

$$k = \left(\frac{p_x - a\phi_x \times p_{sx}}{p_r - a\phi_r \times p_{sr}} \right)^m \times \left(\frac{T_r}{T_x} \right)^n \quad (15)$$

$$k = \left(\frac{97,085 - 4,83}{100 - 0,94} \right)^1 \times \left(\frac{298}{312} \right)^{0,75}$$

$$k = 0,9$$

❖ Détermination de α

$$\alpha = k - 0,7(1 - k) \left(\frac{1}{\eta_m} - 1 \right) \quad (16)$$

$$\alpha = 0,9 - 0,7(1 - 0,9) \left(\frac{1}{0,8} - 1 \right)$$

$$\alpha = 0,883$$

❖ Calcul de la puissance ajustée à partir des conditions ambiantes

$$P_{uX} = \alpha \times P_{uR} \quad (17)$$

$$P_{uX} = 0,883 \times 180$$

$$P_{uX} = 159 \text{ kW}$$

- ❖ Calcul de la consommation spécifique de carburant ajustée à partir des conditions ambiantes

$$b_x = \left(\frac{k}{\alpha}\right) \times b_x \quad (18)$$

$$b_x = \left(\frac{0,9}{0,883}\right) \times 0,234$$

$$b_x = 0,238 \text{ kg/kWh}$$

- ❖ Calcul de la consommation spécifique de lubrifiant ajustée à partir des conditions ambiantes

$$b_x = \left(\frac{k}{\alpha}\right) \times b_x \quad (19)$$

$$b_x = \left(\frac{0,9}{0,883}\right) \times 0,00141$$

$$b_x = 0,00143 \text{ kg/kWh}$$

- **Pour le mois de mars**

- ❖ Détermination de la pression de vapeur d'eau ($\phi_x \times p_{sx}$)

Pour une température de 38°C, nous lisons $\phi_x = 0,9$ et $\phi_x = 0,8$ car l'humidité relative est égale à 0,88

Pour $\phi_x = 0,9$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,64$ et pour $\phi_x = 0,8$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,02$

Par interpolation

$$\phi_x \times p_{sx} = 5,836 \text{ kPa}$$

❖ Détermination de k

On a:

$$k = \left(\frac{97,085 - 5,836}{100 - 0,94} \right)^1 \times \left(\frac{298}{311} \right)^{0,75}$$

$$k = 0,89$$

De la table B4 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\beta = 1,02$

De la table B5 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\alpha = 0,87$

• **Pour le mois d'avril**

Détermination de la pression de vapeur d'eau ($\phi_x \times p_{sx}$)

Pour une température de 37°C, nous lisons $\phi_x = 0,9$ et $\phi_x = 0,8$ car l'humidité relative est égale à 0,88

Pour $\phi_x = 0,9$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,64$ et pour $\phi_x = 0,8$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,02$

Par interpolation

$$\phi_x \times p_{sx} = 5,516 \text{ kPa}$$

❖ Détermination de k

On a:

$$k = \left(\frac{97,085 - 5,516}{100 - 0,94} \right)^1 \times \left(\frac{298}{310} \right)^{0,75}$$

$$k = 0,9$$

De la table B4 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\beta = 1,02$

De la table B5 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\alpha = 0,883$

• **Pour le mois de mai**

❖ Détermination de la pression de vapeur d'eau ($\phi_x \times p_{sx}$)

Pour une température de 37°C, nous lisons $\phi_x = 0,9$ et $\phi_x = 0,8$ car l'humidité relative est égale à 0,89

Pour $\phi_x = 0,9$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,64$ et pour $\phi_x = 0,8$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,02$

Par interpolation

$$\phi_x \times p_{sx} = 5,516 \text{ kPa}$$

❖ Détermination de k

On a:

$$k = \left(\frac{97,085 - 5,516}{100 - 0,94} \right)^1 \times \left(\frac{298}{310} \right)^{0,75}$$

$$k = 0,9$$

De la table B4 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\beta = 1,02$

De la table B5 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\alpha = 0,883$

- **Pour le mois de juin**

❖ Détermination de la pression de vapeur d'eau ($\phi_x \times p_{sx}$)

Pour une température de 37°C, nous lisons $\phi_x = 1$ et $\phi_x = 0,9$ car l'humidité relative est égale à 0,93

Pour $\phi_x = 0,9$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,97$ et pour $\phi_x = 1$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 6,63$

Par interpolation

$$\phi_x \times p_{sx} = 6,168 \text{ kPa}$$

❖ Détermination de k

On a:

$$k = \left(\frac{97,085 - 6,168}{100 - 0,94} \right)^1 \times \left(\frac{298}{311} \right)^{0,75}$$

$$k = 0,88$$

De la table B4 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\beta = 1,024$

De la table B5 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\alpha = 0,859$

- **Pour le mois de juillet**

- ❖ Détermination de la pression de vapeur d'eau ($\phi_x \times p_{sx}$)

Pour une température de 37°C , nous lisons $\phi_x = 0,9$ et $\phi_x = 1$ car l'humidité relative est égale à 0,95

Pour $\phi_x = 0,9$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 4,76$ et pour $\phi_x = 1$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,29$

Par interpolation

$$\phi_x \times p_{sx} = 5,025 \text{ kPa}$$

- ❖ Détermination de k

On a:

$$k = \left(\frac{97,085 - 5,025}{100 - 0,94} \right)^1 \times \left(\frac{298}{307} \right)^{0,75}$$

$$k = 0,9$$

De la table B4 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\beta = 1,02$

De la table B5 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\alpha = 0,883$

- **Pour le mois d'août**

- ❖ Détermination de la pression de vapeur d'eau ($\phi_x \times p_{sx}$)

Pour une température de 35°C , nous lisons $\phi_x = 0,9$ et $\phi_x = 1$ car l'humidité relative est égale à 0,96

Pour $\phi_x = 0,9$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,04$ et pour $\phi_x = 1$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,60$

Par interpolation

$$\phi_x \times p_{sx} = 5,376 \text{ kPa}$$

Détermination de k

On a:

$$k = \left(\frac{97,085 - 5,376}{100 - 0,94} \right)^1 \times \left(\frac{298}{308} \right)^{0,75}$$

$$k = 0,9$$

De la table B4 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\beta = 1,02$

De la table B5 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\alpha = 0,883$

- **Pour le mois de septembre**

- ❖ Détermination de la pression de vapeur d'eau ($\phi_x \times p_{sx}$)

Pour une température de 35°C, nous lisons $\phi_x = 0,9$ et $\phi_x = 1$ car l'humidité relative est égale à 0,94

Pour $\phi_x = 0,9$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,04$ et pour $\phi_x = 1$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,60$

Par interpolation

$$\phi_x \times p_{sx} = 5,264 \text{ kPa}$$

- ❖ Détermination de k

On a:

$$k = \left(\frac{97,085 - 5,264}{100 - 0,94} \right)^1 \times \left(\frac{298}{308} \right)^{0,75}$$

$$k = 0,9$$

De la table B4 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\beta = 1,02$

De la table B5 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\alpha = 0,883$

- **Pour le mois d'octobre**

- ❖ Détermination de la pression de vapeur d'eau ($\phi_x \times p_{sx}$)

Pour une température de 37°C, nous lisons $\phi_x = 0,9$ et $\phi_x = 1$ car l'humidité relative est égale à 0,94

Pour $\phi_x = 0,9$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,64$ et pour $\phi_x = 1$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 6,27$

Par interpolation

$$\phi_x \times p_{sx} = 5,892 \text{ kPa}$$

❖ Détermination de k

On a:

$$k = \left(\frac{97,085 - 5,892}{100 - 0,94} \right)^1 \times \left(\frac{298}{310} \right)^{0,75}$$

$$k = 0,89$$

De la table B4 $k = 0,89$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\beta = 1,02$

De la table B5 $k = 0,89$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\alpha = 0,87$

- **Pour le mois de novembre**

❖ Détermination de la pression de vapeur d'eau ($\phi_x \times p_{sx}$)

Pour une température de 35°C, nous lisons $\phi_x = 0,9$ et $\phi_x = 1$ car l'humidité relative est égale à 0,94

Pour $\phi_x = 0,9$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,04$ et pour $\phi_x = 1$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,60$

Par interpolation

$$\phi_x \times p_{sx} = 5,264 \text{ kPa}$$

❖ Détermination de k

On a:

$$k = \left(\frac{97,085 - 5,264}{100 - 0,94} \right)^1 \times \left(\frac{298}{308} \right)^{0,75}$$

$$k = 0,9$$

De la table B4 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\beta = 1,02$

De la table B5 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\alpha = 0,883$

- **Pour le mois de décembre**

- ❖ Détermination de la pression de vapeur d'eau ($\phi_x \times p_{sx}$)

Pour une température de 36°C, nous lisons $\phi_x = 0,9$ et $\phi_x = 1$ car l'humidité relative est égale à 0,94

Pour $\phi_x = 0,9$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,34$ et pour $\phi_x = 1$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 5,93$

Par interpolation

$$\phi_x \times p_{sx} = 5,576 \text{ kPa}$$

- ❖ Détermination de k

On a:

$$k = \left(\frac{97,085 - 5,576}{100 - 0,94} \right)^1 \times \left(\frac{298}{309} \right)^{0,75}$$

$$k = 0,9$$

De la table B4 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\beta = 1,02$

De la table B5 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\alpha = 0,883$

- **Pour le mois de janvier**

- ❖ Détermination de la pression de vapeur d'eau ($\phi_x \times p_{sx}$)

Pour une température de 37°C, nous lisons $\phi_x = 0,7$ et $\phi_x = 0,6$ car l'humidité relative est égale à 0,68

Pour $\phi_x = 0,7$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 4,39$ et pour $\phi_x = 0,6$ nous avons $\phi_x \times p_{sx} = 3,76$

Par interpolation

$$\phi_x \times p_{sx} = 4,264 \text{ kPa}$$

- ❖ Détermination de k

On a:

$$k = \left(\frac{97,085 - 4,264}{100 - 0,94} \right)^1 \times \left(\frac{298}{310} \right)^{0,75}$$

$$k = 0,9$$

De la table B4 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\beta = 1,02$

De la table B5 $k = 0,9$ et $\eta_m = 0,8$ donc $\alpha = 0,883$

Les différents calculs de l'ajustement de puissance, de carburant et de lubrifiant se résument dans le tableau V-10.

Tableau V-10 : Récapitulatif des différents calculs

Mois	α	β	PuR	Pux	Csg (kg/kWh)	Csl (kg/kWh)	bx carburant	bx lubrifiant
Janvier	0,883	1,02	180	158,94	0,247	0,00327	0,252	0,00334
Février	0,883	1,02	180	158,94	0,229	0,00159	0,234	0,00163
Mars	0,87	1,02	180	156,6	0,21	0,00282	0,215	0,00287
Avril	0,883	1,02	180	158,94	0,215	0,00206	0,22	0,0021
Mai	0,883	1,02	180	158,94	0,231	0,003	0,236	0,00306
Juin	0,859	1,024	180	154,62	0,23	0,00165	0,235	0,00169
Juillet	0,883	1,02	180	158,94	0,238	0,00297	0,243	0,00303
Aout	0,883	1,02	180	158,94	0,246	0,00134	0,251	0,00137
Septembre	0,883	1,02	180	158,94	0,229	0,00307	0,234	0,00313
Octobre	0,883	1,02	180	158,94	0,242	0,00157	0,247	0,0016
Novembre	0,883	1,02	180	158,94	0,226	0,00261	0,231	0,00266
Décembre	0,883	1,02	180	158,94	0,253	0,00135	0,258	0,00137

Les évolutions de l'ajustement de la puissance, de carburant et de lubrifiant déterminées à partir de la norme ISO-3046 :2002 sont représentées par la figure V-5, figure V-6 et figure V-7.

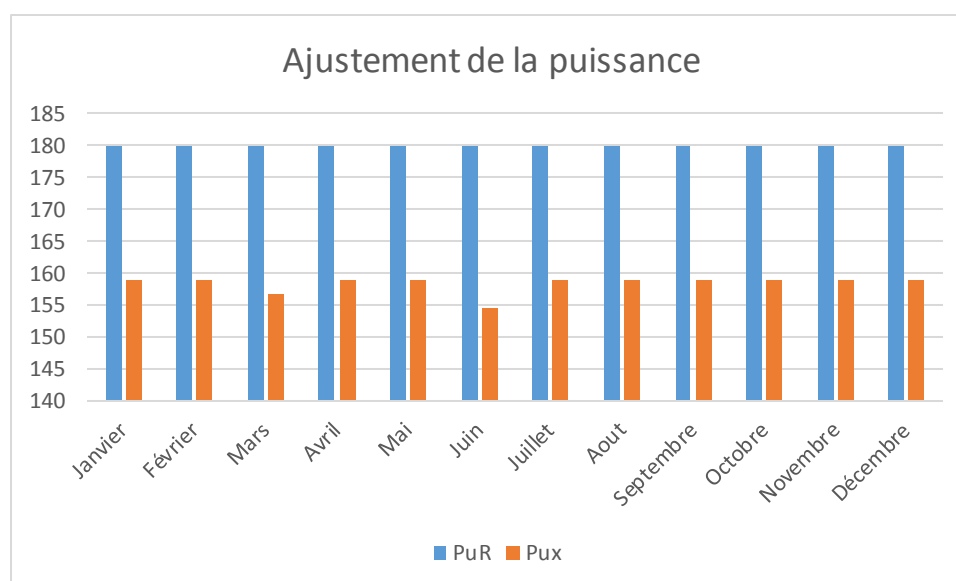


Figure V-5 : Ajustement de la puissance à partir de la norme ISO-3046-1 :2002

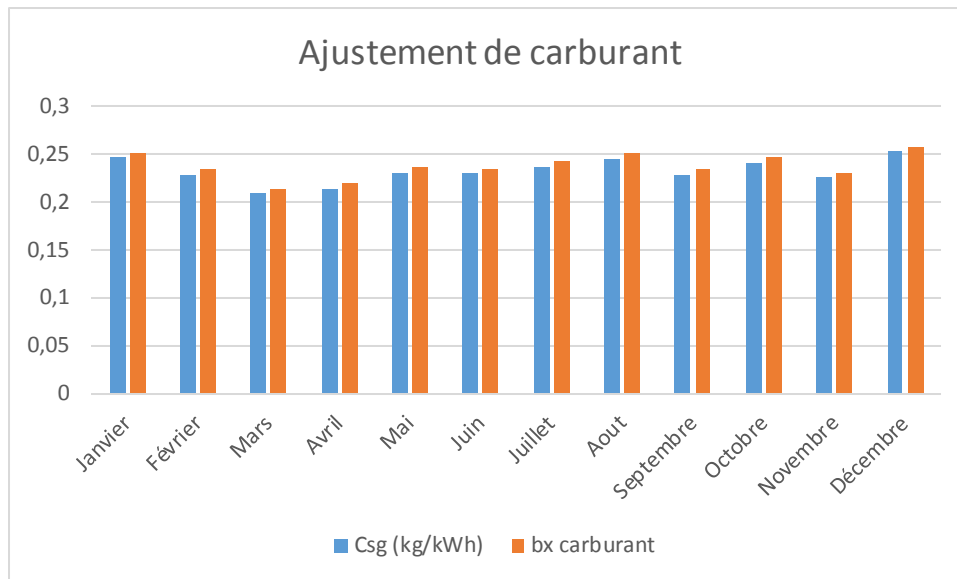


Figure V-6 : Ajustement de carburant à partir de la norme ISO 3046-1 :2002

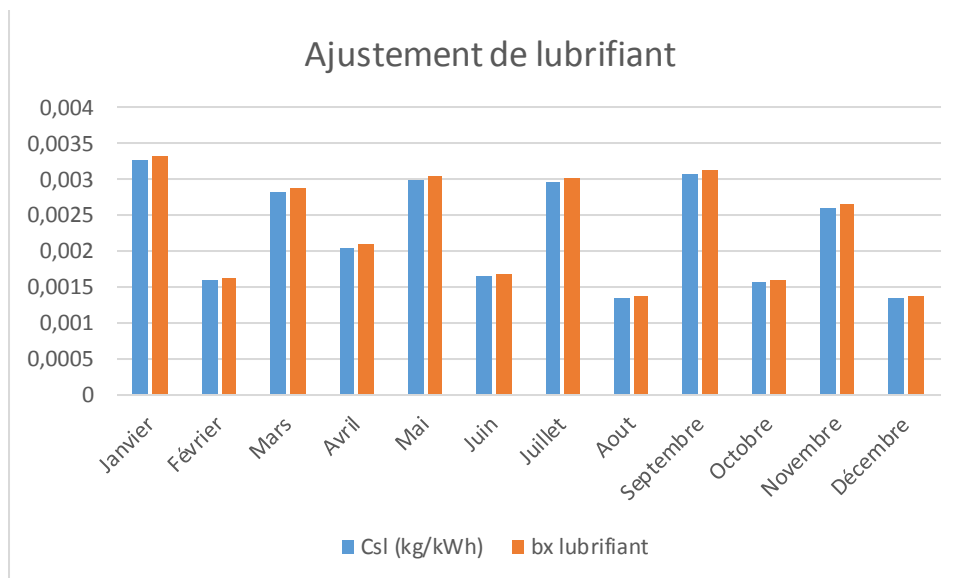


Figure V-7 : Ajustement de lubrifiant à partir de la norme ISO 3046-1 :2002

❖ Calcul de gain d'énergie en kWh

$$\text{Gain d'énergie} = (P - P') \times \text{temps de marche} \quad (20)$$

Le tableau V-11 nous donne les différents calculs de gains d'énergie en kWh.

Tableau V-11 : Gain d'énergie en kWh

Mois	Temps de marche (h)	P (kW)	P' (kW)	Gain (kWh)
Janvier	315,65	180	158,94	6647,58
Février	331,45	180	158,94	6980,33
Mars	373,95	180	156,6	8750,43
Avril	424,18	180	158,94	8933,3
Mai	412,68	180	158,94	8691,11
Juin	410,4	180	154,62	10415,95
Juillet	433,51	180	158,94	9129,86
Aout	382,4	180	158,94	8053,34
Septembre	379,36	180	158,94	7989,46
Octobre	402,68	180	158,94	8480,51
Novembre	451,83	180	158,94	9515,61
Décembre	421,48	180	158,94	8876,43
Total	4739,6			102446,45

❖ Calcul de gain en carburant et lubrifiant en kg

Le gain d'énergie en carburant lubrifiant en kg est égal à la variation de la consommation spécifique en kg/kWh multiplié par le gain d'énergie en kWh.

$$\text{Gain d'énergie en carburant} = \Delta C's \times \text{gain d'énergie} \quad (21)$$

Le tableau V-12 nous donne les différents calculs de gain en carburant et en lubrifiant en kg

Tableau V-12 : Gain en carburant et en lubrifiant

Mois	Csg (kg/kWh)	Csg' (kg/kWh)	Csl (kg/kWh)	C'sl (kg/kWh)	Gain carburant (kg)	Gain lubrifiant (kg)
Janvier	0,247	0,252	0,00327	0,00289	32,89	0,435
Février	0,229	0,234	0,00159	0,00141	32,06	0,22
Mars	0,21	0,215	0,00282	0,00245	36,92	0,49
Avril	0,215	0,22	0,00206	0,00182	38,57	0,36
Mai	0,231	0,236	0,003	0,00265	40,24	0,52
Juin	0,23	0,235	0,00165	0,00142	57,55	0,41
Juillet	0,238	0,243	0,00297	0,00262	43,55	0,54
Aout	0,246	0,251	0,00134	0,00118	39,7	0,21
Septembre	0,229	0,234	0,00307	0,00271	36,66	0,49
Octobre	0,242	0,247	0,00157	0,00139	41,21	0,26
Novembre	0,226	0,231	0,00261	0,0023	43,19	0,49
Décembre	0,253	0,258	0,00135	0,00119	45,01	0,24
Total					486,4	4,73

V.4 Eclairage

V.4.1 Mesures prises pour la réduction de la consommation énergétique de l'éclairage

La mesure prise consiste à remplacer les lampes à incandescence par des lampes fluorescente compactes et supprimer une partie des luminaires.

V.4.2 Application de la mesure

- Remplacement les lampes à incandescence par des lampes fluorescente

Nous jugerons mieux de remplacer les 13 lampes à incandescence de 100W par des lampes fluorescente compactes de 40W.

Nombre =13

Prix unitaire : 4200 FCFA plus la main d'œuvre

$$\text{investissement} = 13 \times 4200 = 54600 \text{ FCFA}$$

Temps de fonctionnement=3614,2 heure/an

- ❖ Calcul de gain de puissance

$$\text{gain de puissance} = (P - P') \times \text{temps de marche} \quad (22)$$

$$\text{gain de puissance} = 13 \times (0,1 - 0,04) \times 3614,2 = 2819 \text{ kWh}$$

$$\text{économie} = 2819 \times 32,39 = 91307,41 \text{ FCFA}$$

- ❖ Temps de retour sur investissement TRI

$$TRI = \frac{\text{investissement}}{\text{économie}} \times 12 \quad (23)$$

$$TRI = \frac{54600}{91307,41} = 7 \text{ mois}$$

- ❖ Calcul de gain de puissance

$$\text{gain de puissance} = 20 \times (0,08 - 0,04) \times 3614,2 = 2891,36 \text{ kW}$$

$$\text{économie} = 2891,36 \times 32,39 = 93651 \text{ FCFA}$$

❖ Temps de retour sur investissement TRI

$$TRI = \frac{129500}{93561} = 16 \text{ mois}$$

- Suppression de certains luminaires

Dans certains locaux nous trouverons un nombre très nombre élevé des luminaires 2×36 W et ces luminaires n'ont pas un bon emplacement. Les techniciens utilisent les lampes à manche souvent pour certaine intervention. Donc nous allons réorganiser ces luminaires afin de supprimer d'autres.

Postes	Nombre de luminaire à réorganiser	Nombre de luminaire à enlever
Salle Accus	4	2
Carburant	8	4
Salle Régulateur	8	4
Salle Commande	8	4
Salle onduleur	8	4
Salle transformateur	6	2
Salle Energie	8	4
Total	50	24

Nombre de luminaire à enlever = 24

Investissement 0 FCFA

Temps de fonctionnement= 3614,2

❖ Calcul de gain de puissance

$$\text{gain de puissance} = (75 - 24) \times 0.036 \times 3614,2 = 6635,67 \text{ kWh}$$

V.5 Climatisation

❖ Bilan thermique des locaux

Le bilan thermique du bâtiment s'établit en calculant les différents apports calorifiques. Il existe plusieurs méthodes pour déterminer la charge thermique. Dans notre cas, nous avons utilisé la méthode forfaitaire des surfaces par 150W/m2 et la méthode simplifiée.

Estimation de la valeur de la puissance de climatisation

La puissance de la climatisation a été estimée de deux manières :

- ❖ La méthode forfaitaire des surfaces par 150W/m² ;
- ❖ La méthode simplifiée de York.

Méthode forfaitaire par 150W/m²

Cette s'applique en multipliant la surface totale de plancher à climatiser par 150W/m²

Surface totale à climatiser = 85,86 m²

Soit puissance frigorifique = 85,86 × 150 = 12879 W

puissance frigorifique = 12,879 kW

- ❖ La méthode simplifiée de York

Nous utilisons les coefficients considérés dans la méthode simplifiée de York pour déterminer les charges. Cette méthode consiste à multiplier la surface non isolé ensoleillé par le coefficient de York exprimé en W/m².

$$Puissance_{installée} = \sum S_i \times C_i \quad (25)$$

Avec S_i : surface non isolé ensoleillé exprimé en m² ;

C_i : Coefficient de York exprimé en W/m².

La méthode simplifiée de York se trouve dans le tableau V-13.

Tableau V-13 : Méthode simplifiée de York

Bilan frigorifique simplifié de York					
Charges thermique		Unités	Quantité	Facteur	Puissance
Vitrage	à l'ombre	m2		50	0
	ensoleillé sans stores	m2	20,5073	180	3691,314
	ensoleillé avec stores intérieurs	m2	3,6882	135	497,907
	ensoleillé avec stores extérieurs	m2		90	0
					0
Murs extérieur	ensoleillés, isolés	m2		9	0
	ensoleillés, non isolés	m2	51,84	23	1192,32
	non ensoleillés, isolés	m2		7	0
	non ensoleillés, non isolés	m2		12	0
					0
Cloisons		m2	0	10	0
					0
Plafond ou toit	isolés	m2		5	0
	non isolés	m2		12	0
	sous toit isolés	m2		10	0
	sous toit non isolés	m2		24	0
					0
Plancher	isolés	m2		7	0
	non isolés	m2		10	0
					0
Renouvellement d'air		40m3/h	400	4,5	1800
					0
Occupants		nb	10	144	1440
					0
Appareils électriques éclairages		nb.Puiss	7840	1	7840
Puissance à installer					16461,54

Le bilan thermique de la climatisation est consigné dans le tableau V-14.

Tableau V-14 : bilan thermique de la climatisation

Méthode	Puissance frigorifique (kW)
Forfaitaire de surface par 150W/m2	12,879
Simplifiée de York	16,46

❖ Puissance frigorifique

La puissance frigorifique de l'appareil est par :

$$Q = \rho \times v \times s \times \Delta h \quad (26)$$

ρ : Masse volumique de l'air ;

v : vitesse de soufflage ;

s : Surface ;

Δh : La variation de l'enthalpie entre l'air soufflé et l'air repris.

Nous ne disposons pas des appareils adéquats pour déterminer la puissance frigorifique.

V.5.1 Analyse de pourquoi la climatisation consomme

Le problème de la consommation de la climatisation est dû à la mauvaise isolation des locaux. Le deuxième problème les postes sont surdimensionnés et l'ouverture de la porte permanente qui crée un renouvellement d'air très élevé.

V.5.2 Mesure prise pour la réduction de la consommation de la climatisation

La mesure prise pour réduire la consommation énergétique de la climatisation est de faire fonctionner les split d'une manière rotative c'est-à-dire si un appareil est en marche l'autre éteint.

V.5.3 Application de la mesure prise

Si ces appareils suivants fonctionnent : 2 split LG + 1 armoire Air zénith+ 1 Windows, la consommation annuelle nous donne :

$$P = 2 * 2,25 + 1,5 + 3,4 = 9,4 \text{ kW}$$

$$E = 9,4 * 3999,1 = 37591,54 \text{ kWh}$$

Si ces appareils fonctionnent seulement, nous économisons 37591,54 kWh.

Tableau V-15 : Récapitulatif des gains des différents organes

Organes	situation actuelle	Situation après	gain
Groupe électrogène	853128	753312,024	102446,45
Eclairage	72281	12346,03	12346
Climatisation	75183,08	37591,54	37591,54
gain total (kWh/an)	152383,99		

V.6 Analyse de la facturation

Cette analyse de la facturation d'une année de référence de 2016 permet entre autre :

- ❖ D'apprécier le facteur de puissance ;
- ❖ D'augmenter ou diminuer la puissance souscrite.

Désignation	ASECNA
N° Abonné	9931
N° Police	1253
Mode d'abonnement	MT
Puissance transformateur KVA	630
Puissance souscrite kW	150
Coef. Prime fixe	1
Coef. Actif Nuit	1
Coef. Actif Jour	1
Coef. Réactif	1
Tarif Prime Fixe	2450,53
Tarif Actif Nuit	27,08
Tarif Actif Jour	37,7
Tarif Réactif	33,49
Pénalité	50×23,31
Location App	1921
Entretien Br	917

• Profil de consommation

Période	Actif Nuit kWh	Actif Jour kWh	Réactif (kVarh)	Pénalité (FCFA)	Facture du mois
janv-03	11500	12123	17235	0	1720236
févr-02	11759	14432	11962	0	1869813
mars-02	7888	11058	17894	0	1651246
avr-03	11972	15017	12113	0	1907710
mai-02	15353	16546	3938	0	2006758
juin-03	12138	15421	9978	0	1933881
juil-02	16541	15953	10701	0	1968344
août-02	14576	14579	8568	0	1879336
sept-02	13956	15455	11217	0	1936083
oct-02	11500	12123	17235	0	1720236
nov-02	12782	12057	16136	0	1715961
déc-02	14066	12270	15944	0	1729759

❖ Répartition de la facture en pourcentage avant optimisation

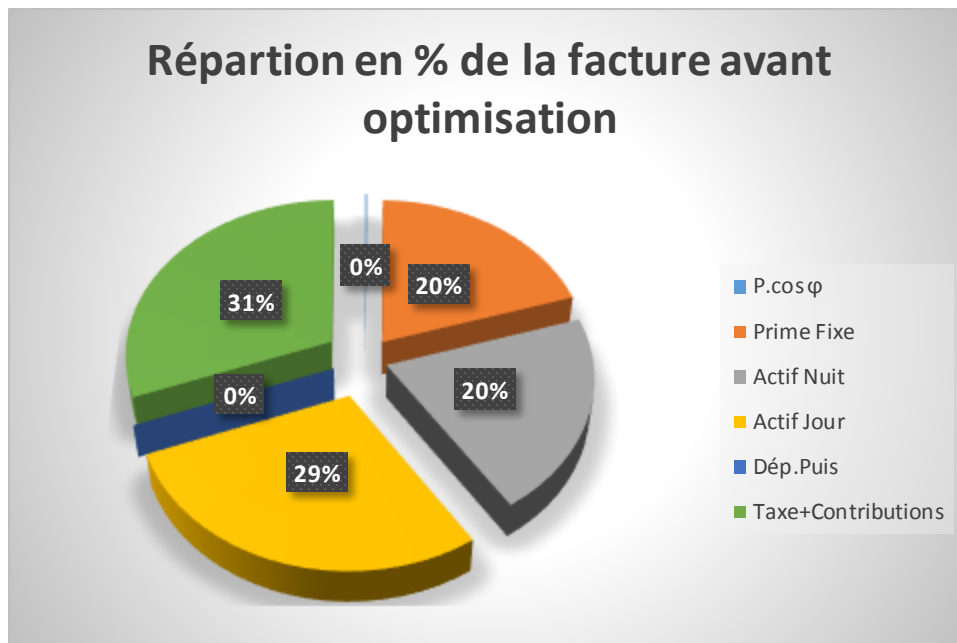


Figure V-8 : Répartition en % de la facture avant optimisation

D'après cette répartition en pourcentage, nous constatons que le pourcentage de l'actif jour est très élevé par rapport à l'actif nuit. La pénalité due au facteur de puissance est nul. En effet facteur de puissance moyen est de 0,85 et ce qui est normal.

Le dépassement de puissance est nul. En effet la centrale n'a jamais dépassé la puissance souscrite.

❖ Optimisation de la facture électrique

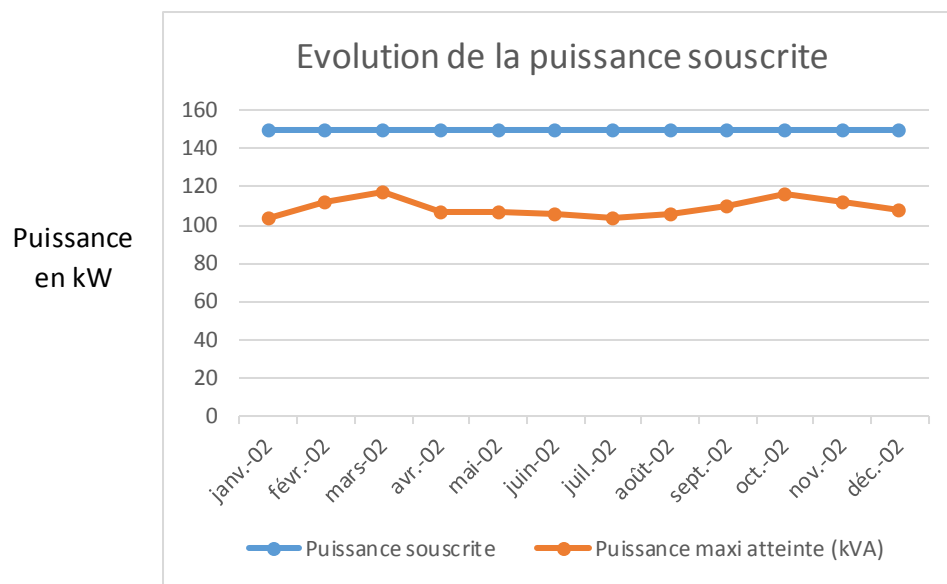


Figure V-9 : Évolution de la puissance souscrite

Nous constatons que la puissance maximale atteinte est de 120 kW et vu ce caractère, la puissance maximale mensuelle consommée est tarifée par une prime fixe de 2450,53 FCFA/KW consommé lorsqu'elle est inférieure à la puissance souscrite.

Nous pouvons ajuster la puissance souscrite à 130 kW.

Avec la nouvelle puissance souscrite nous aurons le tableau V-27.

Tableau V-16 : Ajustement de la puissance souscrite

Puissance souscrite	135
Actif Nuit	27,08
Actif Jour	37,7
Prime fixe	2450,53×130

ANALYSE DE LA FACTURATION AVANT OPTIMISATION

Période	janv-03	déc-02
Abonné	9931	
Prime Fixe	367580	
Actif Nuit	27,08	
Actif Jour	37,7	
PS	150	

Période	Actif Nuit kWh	Actif Jour kWh	Réactif (kVArh)	Puis Att	Pénalité (FCFA)	Prime fixe	F.Actif Nuit	F.Actif Jour	Dép.Puis	Taxes	Facture calculée	Facture ENERCA
janv-03	11500	12123	17235	104	2838	367580	328290,84	457037,1	0	564491	1720236	1720236
févr-02	11759	14432	11962	112	2838	367580	390818,56	544086,4	0	564491	1869813	1869813
mars-02	7888	11058	17894	117	2838	367580	299450,64	416886,6	0	564491	1651246	1651246
avr-03	11972	15017	12113	107	2838	367580	406660,36	566140,9	0	564491	1907710	1907710
mai-02	15353	16546	3938	107	2838	367580	448065,68	623784,2	0	564491	2006758	2006758
juin-03	12138	15421	9978	106	2838	367580	417600,68	581371,7	0	564491	1933881	1933881
juil-02	16541	15953	10701	104	2838	367580	432007,24	601428,1	0	564491	1968344	1968344
août-02	14576	14579	8568	106	2838	367580	394799,32	549628,3	0	564491	1879336	1879336
sept-02	13956	15455	11217	110	2838	367580	418521,4	582653,5	0	564491	1936083	1936083
oct-02	11500	12123	17235	116	2838	367580	328290,84	457037,1	0	564491	1720236	1720236
nov-02	12782	12057	16136	112	2838	367580	326503,56	454548,9	0	564491	1715961	1715961
déc-02	14066	12270	15944	108	2838	367580	332271,6	462579	0	564491	1729759	1729759

TOTAL	154031	167034			34056	4410960	4523280,72	6297181,8	0	6773892		
Moyenne				109	2838							
Répartition de la facture					0%	20%	20%	29%	0%	31%		
Prix moyen du kWh		32,39										
Facteur de puissance moyen		0,85										

OPTIMISATION DE LA FACTURATION

Période	janv-03	déc-02
Abonné	9931	
Prime Fixe	367580	
Actif Nuit	27,08	
Actif Jour	37,7	
PS	130	

Période	Actif Nuit kWh	Actif Jour kWh	Réactif (kVArh)	Puis Att	Pénalité (FCFA)	Prime fixe	F.Actif Nuit	F.Actif Jour	Dép.Puis	Taxes	Facture calculée	Facture ENERCA
janv-03	11500	12123	17235	104	2838	318568,9	328290,84	457037,1	0	564491	1671225	1720236
févr-02	11759	14432	11962	112	2838	318568,9	390818,56	544086,4	0	564491	1820802	1869813
mars-02	7888	11058	17894	117	2838	318568,9	299450,64	416886,6	0	564491	1602235	1651246
avr-03	11972	15017	12113	107	2838	318568,9	406660,36	566140,9	0	564491	1858699	1907710
mai-02	15353	16546	3938	107	2838	318568,9	448065,68	623784,2	0	564491	1957747	2006758
juin-03	12138	15421	9978	106	2838	318568,9	417600,68	581371,7	0	564491	1884870	1933881
juil-02	16541	15953	10701	104	2838	318568,9	432007,24	601428,1	0	564491	1919333	1968344
août-02	14576	14579	8568	106	2838	318568,9	394799,32	549628,3	0	564491	1830325	1879336
sept-02	13956	15455	11217	110	2838	318568,9	418521,4	582653,5	0	564491	1887072	1936083
oct-02	11500	12123	17235	116	2838	318568,9	328290,84	457037,1	0	564491	1671225	1720236
nov-02	12782	12057	16136	112	2838	318568,9	326503,56	454548,9	0	564491	1666950	1715961
déc-02	14066	12270	15944	108	2838	318568,9	332271,6	462579	0	564491	1680748	1729759

TOTAL	154031	167034			34056	3822826,8	4523280,72	6297181,8	0	6773892
Moyenne				109	2838					
Répartition de la facture					0%	18%	21%	29%	0%	32%
Prix moyen du kWh		32,39								
Facteur de puissance moyen		0,85								

VI. CONCLUSION

Cette étude nous a permis dans un premier temps de comprendre le fonctionnement de la centrale électricité et balisage c'est à dire le système de la production, distribution de l'alimentation de réseau électrique secouru et non secouru.

Dans un second temps cette étude nous a permis de faire un audit sur les installations les plus gourmandes en matière de consommation d'énergie le groupe électrogène et les auxiliaires de la centrale électrique (climatisation et éclairage).

Cette étude a été menée en vue de développer des solutions et recommandations permettant de minimiser la consommation actuelle et d'améliorer leurs efficacités énergétiques. Ce qui nous a permis de faire une économie sur la consommation actuelle en trouvant un gain d'énergie total de **152383,99 kWh/an.**

Le présent travail est une opportunité pour l'ASECNA de mieux adapter son dispositif en matière de préservation de l'environnement aux normes internationales en vigueur, notamment dans l'acquisition, l'exploitation et la maintenance des équipements et systèmes de fourniture et de distribution de l'énergie, aussi bien pour les bâtiments techniques que pour les locaux administratifs.

Aussi le présent travail permettra à cette Agence de renforcer ses capacités en matière d'analyse, de réduction et de suivi de ses dépenses énergétiques.

VII. RECOMMANDATION ET PERSPECTIVE

Afin d'économiser de l'énergie nous recommandons les dix gestes importants à observer :

- Eteindre la lumière quand il y a personne dans la pièce ;
- Laisser que les appareils indispensables surtout lors d'une absence prolongée ;
- Régler la climatisation à 24°C ;
- Climatiser toujours portes et fenêtres fermées ;
- Privilégier toujours la ventilation naturelle ;
- Faire toujours le choix d'appareils de classe supérieur ;
- Entretenir régulièrement les appareils électroménagers (nettoyer les filtres de climatisation) ;
- Renforcer l'isolation (toiture, fenêtre etc.) et privilégier les couleurs claires ;
- Favoriser l'éclairage naturel ;
- Privilégier les lampes à basse consommation.

VIII. BIBLIOGRAPHIE

- [1] P. MAES, Labels d'efficacité énergétique, EYROLLES, 2012.
- [2] Mener bien un projet d'efficacité énergétique Industrie, Gimelec, 2008.
- [3] E. KOMODE, Présentation du secteur de l'énergie de la RCA, Bangui, 2007.
- [4] ASECNA, source stagiaire, Bangui.
- [5] D. B. TSUANYO, Cours enjeux énergétiques, 2iE.
- [6] Y. COULIBALY, Cours audit énergétique, 2iE.
- [7] A. Iliasse, Amélioration de l'efficacité énergétique, 2016.
- [8] F. E. SERVICES, Manuel d'exploitation des groupes, Bangui: ASECNA.
- [9] L. P. Ali Hasanbeigi, Industrial Energy Audit Guidebook: Guidelines for Conducting an Energy Audit in Industrial Facilities, BERKELEY LAB, 2010.
- [10] H. Ibrahim, Moteur diesel suralimenté bases et calculs cycles réels, théoriques et thermodynamiques, Québec: UQAR, 2006.
- [11] I. 3046, Declarations of power, fuel and lubricating oil consumptions, and test methods-Additional requirements for engines for general use, 2002.
- [12] E. +, energieplus-lesite.be.

ANNEXES

Annexe 1 : salle de groupe



Annexe 2 : fuites d'huile

	
Fuite d'huile sur plancher GE 1	Fuite d'huile côté échappement GE 1
	
Tuyauterie de graissage turbo en contact avec le collecteur d'échappement – GE 2	Contact entre tuyau graissage turbo et bride collecteur échappement – GE 2

Annexe 3 : quelques anomalies relevées sur les groupes



Protection calorifuge défectueuse sur
tuyauterie échappement - GE 1



Tuyaux d'air non conformes - compresseur N° 2



Cuves journalières nécessitant un nettoyage intérieur et extérieur

Annexe 4 : Fuite d'huile au niveau du moteur



Fuite d'huile reniflard – GE 1



Fuite d'huile sonde pression – GE 1

Annexe 5 : Facture d'électricité

CB: 6051

08/02/16

Rice

S.N.E.R.C.A.		FACTURE DE CONSUMATION HT		No. Facture : 4738870		S.N.E.R.C.A.	
AVENUE DE L'INDEPENDANCE SANGUI				Date : 5/2/2016		5/2/2016	
BP 880 TEL: 61.20.22							
NIF 001010-001						QUITTANCE D'ELECTRICITE	
UBAC: 1881		Pour la Mois de : JANVIER 2016		No. Abonné : 09931			
DIR: 29895		Rue de l'Abonné : ADECA		No. Police : 001253			
RPM: 371205325-01		Adresse PDL : AV DES MARTYRS AEROSPACE		No. PDL : 004201001001		JANVIER 2016	
Pa : 130		Ville : DANOU		Acr. Recouvrant :			

Type	(Ancien/Nouveau)	(Compteur)	Pris	(Cote/Loi)	Ent		
Compteur (Compteur)	PM (Index)	(Index)	Coef. (Cote/Loi)	Unité	Perte (Fact)	App. (R)	Montant
Prime Fixe	100,00		1,00	2450,53			245,050
Actif Nuit (24424211)	000001 000000	1,00	6239	27,00	6239:1921	917	171,790
Actif Jour (24424211)	743630 001060	1,00	7822	23,70	7822:1921	917	232,147
Actif Soir (24424211)	652530 645611	1,00	7070	33,49	7070:1921	917	1,038
Pénalité							0

Montant hors Taxe : 614,930

T.V.A. (19%) : 116,722

Contribution C.F. : 27,922

Contribution ADE : 130,610

Montant de la facture : 1,149,510

Rel à Payer : 1,149,510

LA PRESENTE FACTURE EST PAYABLE DES RECEPTION

MONS CAISSES FERMENT A 15 HEURES 30 MINUTES

EN CAS DE COUPURE VOUS ETES PRIE DE FAIRE VOS RECLAMATIONS

AVANT CETTE HEURE POUR PRETENDRE A UN RETABLISSEMENT

LIQUIDATION

Mont Vérifié la Présente facture

Arrêté au montant indiqué

Par le fournisseur

CEPTIFIE SERVICE FAIT

Mont. Rec. Livraison: 1149,510

DATE CERTIFICATION: 1 MARS 2016

NOM: ALBONMBA

QUALITE: C/EEB

SIGNATURE: [Signature]

VU ET VERIFIE

SANGUI LE 1 MARS 2016

LE CHARGE DE MAINTENANCE

ET DU SERVICE

NOM: TILINDI-GASWA

SIGNATURE: [Signature]

Montant Facture 2016

1,149,510

TALON A JOINDRE POUR

TOUT RELEMENT

Annexe 6 : Valeur numérique de l'ajustement de puissance

Table 2 — Numerical values for power adjustment

Engine type	Fuel type	Conditions		Formula reference	Factor <i>a</i>	Exponents			
						<i>m</i>	<i>n</i>	<i>s</i>	
Diesel engines and dual fuel compression-ignition engines operating on liquid fuel	Diesel fuel oils	Non-turbocharged	Power limited by air to fuel ratio	A	1	1	0,75	0	
			Power limited by thermal loading	B	0	1	1	0	
		Turbocharged without charge air cooling	Low and medium speed four-stroke engines	C	0	0,7	2	0	
				D	0	0,7	1,2	1	
Compression ignition (diesel) engines	Diesel fuel oils	Turbocharged with charge air cooling	Low speed two stroke	E	0	nr	nr	nr	
Pilot injection gas engines (dual fuel or gas-diesel)	Gaseous fuels with pilot fuel oil	Turbocharged with charge air cooling	Low and medium speed four-stroke engines	F	0	0,57	0,55	1,75	
High pressure gas injection dual fuel engines	Gaseous fuels with pilot fuel oil	Turbocharged with charge air cooling	Low and medium speed four-stroke engines	G	0	0,7	1,2	1	
High pressure gas injection dual fuel engines	Gaseous fuels with pilot fuel oil	Turbocharged with charge air cooling	Low speed two stroke	H	0	nr	nr	nr	
Spark-ignition (Otto) engines	Gasoline, LPG and gaseous fuels	Non-turbocharged	High speed four-stroke engines	I	1	0,86	0,55	0	
	Gaseous fuels	Turbocharged with charge air cooling	Low and medium speed four-stroke engines	J	0	0,57	0,55	1,75	
NOTES 1 The formula references and exponents have been derived by CIMAC (International Council on Combustion Engines). 2 The factors and exponents have been established by tests on a number of engines to be representative of the types of engines specified. They may be considered as a guideline. Engine manufacturers may alternatively declare their own values appropriate to their individual engine design. 3 The values of exponent <i>s</i> applies to power adjustment from a reference charge air coolant temperature. Where the charge air is cooled by engine jacket water at nominally constant temperature the value of 's' could be taken as zero. 4 The formulae reference A and D are applied in the examples given in annexes C and D. 5 High speed four-stroke engines subject to power adjustment are not covered in this table. The correction factors and exponents shall be specified by engine manufacturer. 6 nr = There are no values recommended. It is up to the engine manufacturers to use their own values appropriate to their individual engine design.									

Annexe 7 : valeurs numériques de la pression de la vapeur d'eau

Table B.1 — Water vapour pressure values

t_x °C	Water vapour pressure ($\phi_x p_{sx}$), kPa								
	Relative humidity (ϕ_x) %								
	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
– 10	0,30	0,27	0,24	0,21	0,18	0,15	0,12	0,09	0,06
– 9	0,30	0,29	0,26	0,23	0,20	0,16	0,13	0,10	0,07
– 8	0,35	0,32	0,28	0,25	0,21	0,18	0,14	0,11	0,07
– 7	0,38	0,34	0,30	0,27	0,23	0,19	0,15	0,11	0,08
– 6	0,41	0,36	0,32	0,28	0,24	0,20	0,16	0,12	0,08
– 5	0,43	0,39	0,35	0,30	0,26	0,22	0,17	0,13	0,09
– 4	0,46	0,41	0,37	0,32	0,28	0,23	0,18	0,14	0,09
– 3	0,49	0,44	0,39	0,34	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
– 2	0,53	0,47	0,42	0,37	0,32	0,26	0,21	0,16	0,10
– 1	0,50	0,50	0,45	0,39	0,34	0,28	0,22	0,17	0,11
0	0,60	0,54	0,48	0,42	0,36	0,30	0,24	0,18	0,12
1	0,60	0,58	0,51	0,45	0,39	0,32	0,26	0,19	0,13
2	0,69	0,62	0,55	0,48	0,41	0,34	0,28	0,21	0,14
3	0,74	0,66	0,59	0,52	0,44	0,37	0,30	0,22	0,15
4	0,79	0,71	0,63	0,55	0,47	0,40	0,32	0,24	0,16
5	0,85	0,76	0,68	0,59	0,51	0,42	0,34	0,25	0,17
6	0,91	0,82	0,73	0,64	0,55	0,46	0,36	0,27	0,18
7	0,98	0,88	0,78	0,68	0,59	0,49	0,39	0,29	0,20
8	1,05	0,94	0,84	0,73	0,63	0,52	0,42	0,31	0,21
9	1,12	1,01	0,90	0,78	0,67	0,56	0,45	0,34	0,22
10	1,20	1,08	0,96	0,84	0,72	0,60	0,48	0,36	0,24
11	1,28	1,16	1,03	0,90	0,77	0,64	0,51	0,39	0,26
12	1,37	1,24	1,10	0,96	0,82	0,69	0,55	0,41	0,27
13	1,47	1,32	1,17	1,03	0,88	0,73	0,59	0,44	0,29
14	1,57	1,41	1,25	1,10	0,94	0,78	0,63	0,47	0,31
15	1,67	1,51	1,34	1,17	1,00	0,84	0,67	0,50	0,33

Annexe 8 : les valeurs numériques de la pression barométrique

Table B.2 — Dry air pressure ratio values

Altitude m	Total barometric pressure p_x kPa	Dry air pressure ratio $\left(\frac{p_x - a\phi_x p_{sx}}{p_r - a\phi_r p_{sr}} \right)$														
		Water vapour pressure $\phi_x p_{sx}$: (kPa)														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
0	101,3	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	
100	100,0	1,01	1,00	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	
200	98,9	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	
400	96,7	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	
600	94,4	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	
800	92,1	0,93	0,92	0,91	0,90	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	
1 000	89,9	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	
1 200	87,7	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	
1 400	85,6	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	
1 600	83,5	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	
1 800	81,5	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	
2 000	79,5	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	
2 200	77,6	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	
2 400	75,6	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	
2 600	73,7	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	
2 800	71,9	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	
3 000	70,1	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,58	0,57	
3 200	68,4	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,58	0,57	0,56	0,55	
3 400	66,7	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	
3 600	64,9	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	
3 800	63,2	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	
4 000	61,5	0,62	0,61	0,60	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,48	
4 200	60,1	0,60	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,48	0,47	
4 400	58,5	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,48	0,47	0,46	0,45	
4 600	56,9	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44	
4 800	55,3	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44	0,43	0,42	
5 000	54,1	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44	0,43	0,42	0,41	