Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering
Fondation 2iE

ONATEL

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DE LA LICENCE PROFESSIONNELLE

OPTION : L3GM2IE

Présenté et soutenu publiquement le 26 octobre 2011 par :

Boukary BELEM

THEME : AUDIT ENERGETIQUE DES SIEGES DE L'AGENCE COMMERCIALE DES TELECOMMUNICATIONS DE L'ONATEL-SA A KOUPELA ET DE LA DIRECTION REGIONALE DES TELECOMMUNICATIONS DE L'EST A FADA N'GOURMA

Travaux dirigés par : Pr YEZOUMA COULIBALY
Enseignant, Chercheur au 2ie
Chef UTER GEI

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Pr. Yezouma COULIBALY**
Membres et correcteurs : **Mr. Sayon SIDIBE**
Mr. Madieumbe GUEYE

Promotion : 2010 -2011

DEDICACES

- A mon père Harouna BELEM, qui s'est battu et consenti d'énormes sacrifices toute sa vie pour ses enfants. Qu'il repose en paix dans le royaume des cieux,

- A ma mère Fatoumata BELEM/ZEBRE, qui m'a donné vie et a su supporté mes caprices d'enfance. Je lui en suis très reconnaissant. Que Dieu la bénisse et lui donne encore longue vie,

- A mon épouse Habi Talato BELEM/OUEDRAOGO pour sa compréhension et son soutien de toute nature,

- A mes enfants, pour avoir supporté les absences de papa pour des raisons professionnelles et d'études,

- A mes frères et sœurs pour leurs encouragements et leur soutien inconditionnel,

- A monsieur Cyriaque OUEDRAOGO, Chef du Service Environnement Technique et Contrôle Réception à l'ONATEL-SA pour sa disponibilité, son sens de l'écoute, ses qualités exceptionnelles,

- A tous mes collègues de l'ONATEL-SA,

Je dédie ce mémoire de fin d'étude.

REMERCIEMENTS

Au terme de la présente étude, il me plait d'exprimer mes sincères remerciements et ma profonde gratitude à :

- Monsieur Directeur Général de l'Office National des Télécommunications (ONATEL-SA),
- Monsieur le Directeur des Réseaux de l'ONATEL-SA,
- Monsieur Directeur Régional des Télécommunications de l'Est,
- Monsieur le Chef de Département Réseaux de l'ONATEL-SA,
- Monsieur le Chef de Service Environnement Technique et Contrôle Réception de l'ONATEL-SA,
- Monsieur le Chef d'Agence Commerciale des Télécommunications ONATEL-SA à Koupéla,
- Tous les collègues du Centre Energie et Froid de Koupéla,
- Tous les collègues de la Direction Régionale de l'Est,

Qui par leurs soutiens multiformes ont permis mon inscription et ma participation à la formation ayant débouché sur cette étude.

J'exprime également mes remerciements et ma gratitude à :

- Monsieur le Directeur Général du 2ie et à l'ensemble de son personnel,
- Monsieur Yezouma COULIBALY, Directeur de mon mémoire,
- Madame la coordonnatrice de la formation,
- Tous les tuteurs de la filière L3GM2IE,
- Monsieur Godefroy THIOMBIANO,
- Tous ceux qui m'ont soutenu d'une manière ou d'une autre au cours de ma formation.

RESUME

Ce mémoire a consisté à réaliser un audit énergétique des sièges de l'Agence Commerciale des Télécommunications de Koupéla et de la Direction Régionale des Télécommunications de l'Est, en vue de permettre à l'ONATEL-SA de réaliser des économies d'énergie, d'argent et de gaz à effet de serre.

Notre démarche a consisté d'abord, à réaliser l'état des lieux de l'efficacité énergétique des sites audités par le calcul des ratios de consommation énergétique des sites..

Les ratios R_0 de la consommation d'énergie par unité de surface climatisée, sont de 644,53 kWh/m^2/an et 304 kWh/m^2/an, respectivement pour l'Agence Commerciale des Télécommunications de Koupéla et la Direction Régionale des Télécommunications de l'Est.

L'étude a alors consisté ensuite à réaliser une analyse critique, des consommations d'énergie, de l'état des équipements, de leurs modes de fonctionnement et de la facturation.

Nous avons enfin, recherché les mesures et actions à mettre en œuvre, en vue de réaliser des économies d'énergie, d'argent et de gaz à effet de serre.

Les tableaux ci-après synthétisent les résultats que l'ONATEL-SA pourrait réaliser en une année si les mesures recommandées étaient mises en œuvre à :

- l'Agence Commerciale des Télécommunications de Koupéla

Économie d'énergie (kWh)	**Économie financière (FCFA)**	**Économie de CO_2 (Kg)**	**Investissement requis (FCFA)**	**Temps de retour sur investissement**
73 205,97	12 300 002	58 564,77Kg	8 090 000	5 à 9 mois

- la Direction Régionale des Télécommunications de l'Est

Économie d'énergie (kWh)	**Économie financière (FCFA)**	**Économie de CO_2 (Kg)**	**Investissement requis (FCFA)**	**Temps de retour sur investissement**
33 643,95	5 124 548	26 915,16	3 080 000	5 à 18 mois

Mots Clés :

1 -Audit énergétique

2 - Economie d'énergie

3 - Gaz à effet de serre

4 - Efficacité énergétique

5- Consommation d'énergie

ABSTRACT

This thesis has been achieving an energy audit of the seats in the Commercial Agency of Telecommunications in Koupéla and the Regional Directorate of Telecommunications in the East, to allow the ONATEL-SA, to achieve savings of energy, money and greenhouse gas emissions.

Our first step was to conduct an inventory of energy efficiency sites audited by calculating the ratios of energy consumption. The ratios R_0 of energy consumption per unit of surface conditioning, are 644, 53 kWh/m^2/year and 304 kWh/m^2/year, respectively for the Commercial Agency of Telecommunications in Koupéla and the Regional Directorate of Telecommunications in the East.

The study was then, to conduct a critical analysis, of energy consumption, the status of equipments, their mode of operation and billing.

We finally investigated the measures and actions to be implementing to achieve savings of energy, money and greenhouse gas emissions.

The following tables summarize the results that ONATEL-SA could achieve in one year if the recommended measures were implemented in:

- the Commercial Agency of Telecommunications in Koupéla

Energy saving (kilowatt hour)	**Financial economics (XOF)**	**CO_2 saving (kilogram)**	**Investment required (XOF)**	**Time to return on investment (Time ROI)**
73 205,97	12 300 002	58 564,77Kg	8 090 000	5 to 9 months

- the Regional Directorate of Telecommunications in the East

Energy saving (kilowatt hour)	**Financial economics (XOF)**	**CO_2 saving (kilogram)**	**Investment required (XOF)**	**Time to return on investment (Time ROI)**
33 643,95	5 124 548	26 915,16	3 080 000	5 to 18 months

Key words:

1- **Energy audit**
2- **Energy saving**
3- **Greenhouse gas emission**
4- **Energy efficiency**
5- **Energy consumption**

LISTE DES ABREVIATIONS

ACOTEL-KPL: Agence Commerciale des Télécommunications de Koupéla.

ACOTEL : Agence Commerciale des Télécommunications.

COP : Coefficient de Performance.

DRE : Direction Régionale des Télécommunications de l'Est.

GEI : Génie Energétique et Industriel.

L3GM2IE : Licence Professionnelle (L3) en Gestion et Maintenance des Installations Industrielles et Energétiques.

ONATEL-SA : Office National des Télécommunications-Société Anonyme.

SET-CR : Service Environnement Technique et Contrôle Réception.

SONABEL : Société Nationale d'Electricité du Burkina.

TRI : Temps de Retour sur Investissement.

TSDAAE : Taxe de Soutien au Développement des Activités Audio -visuelles de l'Etat.

UTER : Unité Thématique d'Enseignement et de Recherche.

2IE : Institut International de l'Eau et de l'Environnement

CO_2 : Gaz carbonique

IEPF : Institut de l'Energie et de l'Environnement de la Francophonie

PRISME : Programme International de Soutien à la Maitrise de l'Energie

SOMMAIRE

DEDICACES.....i

REMERCIEMENT.....ii

RESUME.....iii

ABSTRACT.....iv

LISTE DES ABREVIATIONS.....v

SOMMAIRE.....1

LISTE DES TABLEAUX.....3

LISTE DES FIGURES.....4

I. INTRODUCTION.....5

II. DESCRIPTION DE LA STRUCTURE ET DES EQUIPEMENTS CONSOMMATEURS D'ENERGIE.....7

II.1. DESCRIPTION DE LA STRUCTURE.....7

II.1.1. Description de l'Agence Commerciale des Télécommunications de Koupéla.....7

II.1.2. Description de la Direction Régionale des Télécommunications de l'Est.....7

II.2. DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS CONSOMMATEURS D'ENERGIE.....8

II.2.1. Les redresseurs.....8

II.2.2. La climatisation.....8

II.2.3. L'éclairage.....8

II.2.4. Les autres équipements consommateurs d'énergie.....8

III. MESURES DE PARAMETRES ET RELEVES DE DONNEES.....9

III.1. MESURES DE PARAMETRES ET RELEVES DE DONNEES DES REDRESSEURS.....10

III.2. MESURES DE PARAMETRES ET RELEVES DE DONNEES DE LA CLIMATISATION.....11

III.3. MESURES DE PARAMETRES ET RELEVES DE DONNEES DE L'ECLAIRAGE.....14

III.4. MESURES DE PARAMETRES ET RELEVES DE DONNEES DES AUTRES EQUIPEMENTS CONSOMMATEURS D'ENERGIE.....15

III.5. MESURES DE PARAMETRES ET RELEVES DE DONNEES DE LA FACTURATION.....17

IV. CALCUL DES ECONOMIES ESCOMPTEES ET CALCULS DIVERS……..19

IV.1. METHODE DE CALCUL……..19

IV.1.1. Méthode de calcul des ratios R et du coût unitaire moyen du Kilowattheure……19

IV.1.2. Méthode de calcul de la puissance électrique d'un climatiseur……20

IV.1.3. Méthode de calcul de la puissance des condensateurs……20

IV.1.4. Méthode de calcul des économies escomptées……21

IV.1.5. Méthode de calcul l'économie financière……21

IV.1.6. Méthode de calcul de l'économie de CO_2……21

IV.1.7. Méthode de calcul de temps de retour sur investissement……21

IV.2. CALCUL DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DES EQUIPEMENTS……22

IV.2.1. Calcul des consommations énergétiques de l'ACOTEL-KPL……22

IV.2.2. Calcul des consommations énergétiques de la DRE……24

IV.3. CALCUL DES RATIOS R ET DU COUT UNITAIRE MOYEN DU KILOWATTHEURE DE L'ACOTEL-KPL……26

IV.4. CALCUL DES RATIOS R ET DU COUT UNITAIRE MOYEN DU KILOWATTHEURE DE LA DRE……27

IV.5. CALCUL DES ECONOMIES ESCOMPTEES ET DU TRI DE L'ACOTEL-KPL ……28

IV.5.1. Détermination des mesures d'économies d'énergie et financière……28

IV.5.2. Calcul des économies escomptées de l'ACOTEL-KPL……30

IV.6. CALCUL DES ECONOMIES ESCOMPTEES ET DU TRI DE LA DRE……36

IV.6.1. Détermination des mesures d'économies d'énergie et financière……36

IV.6.2. Calcul des économies escomptées de la DRE……38

V. ANALYSE DES RESULTATS, COMMENTAIRES ET PERSPECTIVES……43

VI. CONCLUSION……44

VII. BIBLIOGRAPHIE……45

VIII. SOMMAIRE DES ANNEXES……47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : Relevés de puissance des climatiseurs de l'ACOTEL-KPL ……13

Tableau N°2 : Relevés de puissance des climatiseurs de la DRE …….....13

Tableau N°3 : Relevés de puissance des autres équipements de l'ACOTEL-KPL…….15

Tableau N°4 : Relevés de puissance des autres équipements de la DRE……...……15

Tableau N°5 : Données de la facturation de l'ACOTEL-KPL……...……..…….……..17

Tableau N°6 : Données de la facturation de la DRE……...……...……..…….……..18

Tableau N°7 : Bilan des consommations d'énergie de l'ACOTEL-KPL…….....22

Tableau N°8 : Bilan des consommations d'énergie de la DRE……...…….....24

Tableau N°9 : Situation globale de la consommation énergétique de l'ACOTEL-KPL…….26

Tableau N°10 : Situation globale de la consommation énergétique de la DRE…….....27

Tableau N°11 : Synthèse des économies escomptée et des TRI de l'ACOTEL-KPL….....35

Tableau N°12 : Synthèse des économies escomptée et des TRI de l'ACOTEL-KPL…….42

LISTE DES FIGURES

Figure N°1 : Répartition de la consommation d'énergie par type d'équipement de l'ACOTEL-KPL……..23

Figure N°2 : Répartition de la consommation d'énergie par type d'équipement de la DRE……...25

I. INTRODUCTION

Au terme d'une formation théorique et pratique au 2ie, chaque apprenant inscrit en L3 GM2IE dans le cadre de la Formation Ouverte à Distance, doit réaliser un projet de fin d'étude dans une structure d'accueil.

Le projet de fin d'étude permet à chaque étudiant d'appliquer l'ensemble des savoirs acquis à l'école et consiste en une étude ayant pour objet la résolution d'une problématique réelle.

C'est dans ce cadre que nous avons choisi de nous pencher sur le thème : « Audit énergétique des sièges de l'Agence Commerciale des Télécommunications de l'ONATEL-SA à Koupéla et de la Direction Régionale des Télécommunications de l'Est à Fada N'Gourma ».

L'énergie est essentielle à l'Homme. Elle représente un enjeu majeur dans les domaines politique, économique, scientifique et environnemental.
La poussée démographique mondiale et la croissance économique engendrent une consommation sans cesse croissante d'énergie et notamment d'énergie électrique.
Au regard des conséquences de la production de cette énergie sur l'environnement, de la rareté des ressources et du coût très élevé des facteurs de production, il est devenu impérieux de développer des stratégies pour une utilisation rationnelle et efficiente de l'énergie électrique.

Le coût de l'énergie constitue un poste très important dans les charges d'investissement et d'exploitation dans le secteur des télécommunications.

Dans un contexte de rude concurrence, un double impératif se pose aux acteurs de ce secteur dans le domaine énergétique : alimenter en permanence les équipements afin d'assurer un service continu de télécommunications de qualité et réduire les frais liés à la consommation d'énergie pour des impératifs économiques.

L'audit énergétique constitue la première étape dans toute action de gestion et de maîtrise de l'énergie électrique. Il permet d'une part d'analyser la consommation d'énergie et la dépense financière y afférente et d'autre part de faire ressortir l'intérêt à mettre en œuvre les mesures idoines, dans l'optique de réaliser des économies d'énergie et d'argent.

L'objectif de cette étude c'est de réaliser un audit énergétique afin de proposer des solutions à même de permettre à l'ONATEL-SA de réaliser des économies d'énergie et d'argent tout en garantissant le fonctionnement adéquat des équipements de télécommunications.

L'étude devra permettre de dégager de façon claire et nette le potentiel d'économie d'énergie, financière et de gaz à effet de serre que l'ONATEL –SA pourrait réaliser en mettant en œuvre les solutions proposées.

Elle devra également convaincre les décideurs de l'ONATEL-SA, quant à la nécessité de conduire ce genre d'étude sur tous les sites ou existent de potentiels gisements d'économie d'énergie.

Dans cette étude, il sera principalement question pour nous :

- de procéder à une description des sites et des équipements consommateurs d'énergie, objets de la présente étude,
- de dresser le bilan des consommations d'énergie des équipements,
- d'analyser les modes de fonctionnement et les consommations d'énergie des équipements,
- d'analyser la facturation électrique,
- de dégager des mesures d'économie d'énergie et d'argent,
- d'évaluer, les économies d'énergie et financières, les économies de gaz à effet de serre réalisables ainsi que les temps de retour sur investissement.

II. DESCRIPTION DE LA STRUCTURE ET DES EQUIPEMENTS CONSOMMATEURS D'ENERGIE.

II.1. DESCRIPTION DE LA STRUCTURE

L'ONATEL-SA est une société anonyme au capital de 34.000.000.000 de francs CFA. C'est un opérateur global dans le secteur des télécommunications. Son capital est détenu à hauteur de 51% par Maroc Telecom. C'est une entreprise certifiée ISO9001 version 2008 depuis octobre 2010.

Les métiers de base de L'ONATEL-SA concernent les produits de la téléphonie fixe, de la téléphonie mobile et de l'Internet. Son organisation repose sur une Direction Générale, trois Directions centrales et six Directions Régionales. (Voir annexe 1)

Sa mission principale consiste à offrir des services de télécommunications de bonne qualité à tous et aux meilleurs prix. A ce jour l'ONATEL-SA emploie 1176 agents.

II.1.1. Description de l'ACOTEL-KPL

Le siège de l'Agence Commerciale des Télécommunications objet de la présente étude est situé à Koupéla, dans la partie Est du Burkina, à cent quarante (140) kilomètres sur l'axe Ouagadougou- Fada N'Gourma. Elle relève de la Direction Régionale des Télécommunications de l'Est (DRE). L'effectif du personnel est de 23 agents.

L'agence comprend quatre bâtiments dont un bâtiment principal abritant l'essentiel des équipements techniques du site. La surface totale au plancher de l'ACOTEL-KPL est de 540,16 m^2. La surface climatisée est de 460,32 m^2.

II.1.2.Description de la DRE

Le siège de la Direction Régionale des Télécommunications de l'Est est situé à Fada N'Gourma, dans la partie Est du Burkina, à deux cents vingt (220) kilomètres sur l'axe Ouagadougou- Kantchari. L'effectif du personnel est de 23 agents.

La Direction Régionale comprend 3 agences commerciales et 5 centres techniques. Elle compte trois bâtiments dont un bâtiment principal abritant la Direction Régionale et l'essentiel des équipements techniques du site. La surface totale au plancher de la DRE est de 1132,4 m^2. La surface climatisée est de 822,4 m^2. (Voir annexe2)

II.2. DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS CONSOMMATEURS D'ENERGIE

Chaque site est alimenté par une source principale fournie par la SONABEL. Un groupe électrogène assure le secours-secteur en cas de coupure ou de d'avarie du réseau SONABEL. La consommation énergétique des divers équipements est mesurée par un compteur unique. Les abonnements souscrits sont des abonnements Moyenne Tension (MT) et les puissances souscrites sont variables en fonction du site. (Voir annexe 3 et annexe 4).

II.2.1. Les redresseurs

En général, les équipements de télécommunications sont alimentés en 48volts continus. Il est donc indispensable de transformer la tension alternative fournie par la SONABEL ou le groupe électrogène de secours, en tension continue, compatible pour les équipements. On se sert alors de convertisseurs d'énergie appelés redresseurs.

Le redresseur est par définition un convertisseur de tension alternative en tension continue. Son principe consiste à transformer une tension alternative appliquée aux bornes d'un pont redresseur ou aux bornes d'un module redresseur de tension, pour obtenir une tension continue.

Cette tension sert à alimenter les équipements de télécommunications, à charger une batterie secours et à alimenter un onduleur sur lequel sont raccordés des équipements sensibles tels que les ordinateurs.

II.2.2. La climatisation

La climatisation est assurée par des armoires de climatisation, des climatiseurs individuels de type Split système et monobloc avec des puissances variables. Les équipements de climatisation sont utilisés pour le confort des clients, du personnel et pour créer les conditions adéquates de température pour le fonctionnement des équipements de télécommunications.

II.2.3.L'éclairage

Le système d'éclairage est constitué intégralement de lampes fluorescentes. Nous distinguerons l'éclairage intérieur de l'éclairage extérieur. La commande de l'éclairage est manuelle.

II.2.4. Les autres équipements consommateurs d'énergie électrique

En plus des équipements ci-dessus répertoriés, les 2 sites comptent divers autres équipements consommateurs d'énergie. Ce sont : les ordinateurs, les photocopieuses, les imprimantes, les réfrigérateurs, les appareils fax, les téléviseurs.

III. MESURES DE PARAMETRES ET RELEVES DE DONNEES

Les mesures de paramètres et relevés de données ont consisté à relever les caractéristiques électriques des équipements à partir des plaques signalétiques, à effectuer des mesures de paramètres, à relever les temps et modes de fonctionnement des équipements.

La réalisation des mesures de paramètres et relevés de données a nécessité l'utilisation des moyens matériel et logistique suivants :

- 01 véhicule 4X4 pour les sorties sur le terrain,
- 01 ordinateur portable,
- 01 connexion internet à haut débit,
- 01 wattmètre,
- 01 voltmètre numérique,
- 01 pince ampèremétrique,
- 01 logiciel d'analyse de la facturation,
- 01 luxmètre,
- 01 anémomètre
- 01 thermomètre électronique
- 01 décamètre
- Des fiches de relevés préliminaires.

III.1. MESURES DE PARAMETRES ET RELEVES DE DONNEES DES REDRESSEURS

Les observations faites sur site et la consultation des manuels constructeurs, nous ont permis de relever que les redresseurs fonctionnent en partage de charge et suivant deux modes : le mode « floating » et le mode « boost ». Les redresseurs fonctionnent une fois par semaine en mode « boost » pendant 4 heures de temps. Le reste du temps, ils fonctionnent en mode « floating ». La puissance consommée varie en fonction du mode de fonctionnement.

Le temps annuel de fonctionnement des redresseurs en mode « boost » est de : 4*52=208heures.

Le temps annuel de fonctionnement des redresseurs en mode « floating » est de :(24*7*52)-208=8528 heures.

L'atelier d'énergie de Koupéla se compose de :

- 02 armoires redresseurs de 250A chacun,
- 01 armoire de départ utilisation

Ces redresseurs ont une puissance nominale de 24 kW. La puissance que nous avons relevée pendant le fonctionnement en mode « boost » est de 8,8kW.
Pendant le fonctionnement en mode « floating », la puissance que nous avons relevée est de 6,3kW.

L'atelier d'énergie de Fada comporte :

- 02 redresseurs de 400A chacun,
- 01 armoire de départ utilisation.

Ces redresseurs ont une puissance nominale de 38,4 kW. La puissance que nous avons relevée pendant le fonctionnement en mode « boost » est de 7,7kW.
Pendant le fonctionnement en mode « floating », la puissance que nous avons relevée est de 4,2kW.

III.2. MESURES DE PARAMETRES ET RELEVES DE DONNEES DE LA CLIMATISATION

Nous avons relevé au cours de nos sorties sur le terrain, que les climatiseurs régulent normalement. En effet, par heure de fonctionnement, les climatiseurs fonctionnent en pleine puissance pendant 45mn et à un sixième de leur puissance pendant 15mn.

La température de consigne des climatiseurs est de 24°C.

Nous avons pris en compte les 8 jours des fêtes nationales et religieuses fériés enregistrées au cours de l'année 2010 pour la détermination du temps annuel de fonctionnement de la climatisation.

Pour tenir compte du niveau de sollicitation des climatiseurs qui est variable au cours de l'année nous avons mené une enquête auprès du personnel afin de déterminer les temps de fonctionnement des climatiseurs de bureaux. Il ressort de cette enquête que les climatiseurs de bureaux fonctionnement de la manière suivante :

- De janvier à mi-février et de mi-novembre à décembre, de 9h30 à 12h30 et 15h à 17h00 soit 5h pendant 5 jours par semaine, durant 13semaines. Le nombre de jours fériés de la période est de 3jours.

Le temps annuel de fonctionnement des climatiseurs de bureaux pendant cette période est : (5*5*13)- (5*3) = 310 heures.

Le temps de fonctionnement des climatiseurs de bureaux à puissance réduite pendant la période est de :

$$\frac{(5*5*13)-(5*3)}{4} = 77{,}5 \text{ heures}$$

Le temps de fonctionnement des climatiseurs de bureaux en pleine puissance pendant la période est de :

$$\frac{(5*5*13)-(5*3)}{4} *3 = 232{,}5 \text{ heures}$$

- Pendant le reste de l'année, les climatiseurs fonctionnent de 7h30 à 12h30 et de 15h à 18h soit 8h pendant 5jours par semaine, durant 39 semaine. Le nombre de jours fériés de la période est de 5 jours.

Le temps annuel de fonctionnement des climatiseurs de bureaux pendant cette période est : (8*5*39)-(5*8) = 1520 heures.

Le temps de fonctionnement des climatiseurs de bureaux en pleine puissance pendant cette période est :

$$\frac{1520}{4} * 3 = 1140 \text{ heures}$$

Le temps de fonctionnement des climatiseurs de bureaux à puissance réduite pendant cette période est :

$$\frac{1520}{4} = 380 \text{ heures}$$

Les climatiseurs des salles techniques fonctionnent en continu.

Le temps annuel de fonctionnement des climatiseurs des salles techniques est de : 24*7*52=8736 heures.

Le temps annuel de fonctionnement des climatiseurs de salles techniques en pleine puissance est :

$$\frac{8736}{4} * 3 = 6552 \text{ heures}$$

Le temps annuel de fonctionnement des climatiseurs des salles techniques à puissance réduite est :

$$\frac{8736}{4} = 2184 \text{ heures}$$

L'Agence Commerciale des Télécommunications de Koupéla compte 18 appareils de climatisation tout type confondu. La température de consigne des climatiseurs est de 24°C. La commande de tous les climatiseurs est manuelle. Le relevé de puissance des climatiseurs de l'ACOTEL-KPL est consigné dans le tableau ci-après.

Tableau N°1: Relevé de puissances des climatiseurs de l'ACOTEL-KPL

Type de climatiseur	Quantité	Puissance totale relevée
Climatiseurs des salles techniques		
Armoire	3	18,45kW
Split système	5	7,5kW
Monobloc	1	1,3kW
Climatiseurs de bureaux		
Split système	5	10,8kW
Monobloc	4	7,8kW

Au cours de notre sortie sur le terrain, nous avons constaté qu'une armoire de climatisation de la salle abritant les équipements techniques de l'Agence Commerciale de Koupéla est très vétuste et manque de pièces de rechanges. Il a été installé en 1994. La puissance électrique relevée sur sa plaque signalétique est de 9,45kW.

La Direction Régionale des Télécommunications de l'Est, compte 21 appareils de climatisation tout type confondu. Le relevé de puissance des climatiseurs est consigné dans le tableau ci-après.

Tableau N°2 : Relevé des puissances des climatiseurs de la DRE

Type de climatiseur	Quantité	Puissance totale
Climatiseurs des salles techniques		
Armoire	2	9,2kW
Split système	4	9,1kW
Climatiseurs de bureaux		
Armoire	1	4,5kW
Split système	14	32,2kW

III.3. MESURES DE PARAMETRES ET RELEVES DE DONNEES DE L'ECLAIRAGE

Le niveau d'éclairement est assez bon dans les différents bureaux et centres techniques. En effet, les mesures effectuées au luxmètre nous ont donné des valeurs variant entre 360 et 520 lux pour l'éclairage intérieur. L'éclairement requis varie entre 300 et 500 lux.

Pour l'éclairage extérieur, l'éclairement relevé varie entre 60 et 65 lux. Un éclairement de 50 lux est requis pour l'éclairage extérieur. (Voir annexe 5)

Pour l'ensemble de l'éclairage les lampes utilisées sont des tubes fluorescents non compensés de 36W et de 1100 lumens de flux lumineux.

Pour les calculs, nous considérerons un rendement de 0,8 ; un facteur d'utilisation de 1 et un facteur de puissance de 0,5.

L'Agence Commerciale de Koupéla compte 126 lampes. La répartition des lampes est la suivante :

- éclairage intérieur de bureaux = 64lampes,
- éclairage intérieur des salles techniques = 44 lampes,
- éclairage extérieur = 18 lampes.

La Direction Régionale des Télécommunications de l'Est compte 129 lampes. La répartition des lampes est la suivante :

- éclairage intérieur de bureaux = 64lampes,
- éclairage intérieur des salles techniques = 40 lampes,
- éclairage extérieur = 25lampes.

Les relevés que nous avons effectués sur sites nous ont permis de noter que :

- L'éclairage intérieur des bureaux fonctionne 8 heures par jour pendant 5 jours de la semaine. En considérant les 8 jours fériés de l'année, le temps annuel de fonctionnement de l'éclairage intérieur des bureaux est de : (5*8*52)-(8*8) = 2016 heures,
- Concernant l'éclairage extérieur, les lampes fonctionnent de 18h à 6h soit 12 heures par jour ; ce qui correspond pour une année à (12*7*52) = 4368 heures,
- Les lampes des salles techniques restent allumées en permanence tous les jours ouvrables de 7h30 à18h soit 10h30mn par jour pendant 5 jours par semaine. Le temps de présence réel des agents en ces lieux est de 2h en moyenne par jour.
- En tenant compte des 8jours fériés, le temps de fonctionnement de ces lampes est de :(10,5*5*52)-(10,5*8)=2646heures.

III.4. MESURES DE PARAMETRES ET RELEVES DE DONNEES DES AUTRES EQUIPEMENTS CONSOMMATEURS D'ENERGIE

Nous avons procédé au relevé des puissances des autres équipements consommateurs d'énergie sur site. Ces relevés sont consignés dans les tableaux ci-après.

Tableau N°3 : Relevé de puissances des autres équipements de l'ACOTEL-KPL

Type d'équipement	Nombre	Puissance unitaire en kW	Puissance totale en kW
Micro ordinateur	14	0,35	4,9
Photocopieuse	01	0,58	0,58
Imprimante	4	0,278	1,1
Réfrigérateur	03	0,4	1,2
Fax	02	0,11	0,22
Téléviseur	01	0,11	0,11

Tableau N°4 : Relevé de puissances des autres équipements de la DRE

Type d'équipement	Nombre	Puissance unitaire en kW	Puissance totale en kW
Micro ordinateur	19	0,35	6,65
Photocopieuse	01	0,58	0,58
Imprimante	6	0,25	1,66
Réfrigérateur	03	0,4	1,2
Fax	02	0,22	0,22
Téléviseur	01	0,11	0,11

Suite aux relevés de paramètres et de données réalisés sur les sites, nous avons noté que :

- les ordinateurs fonctionnent 8heures par jour pendant 5 jours de la semaine. En tenant compte des jours fériés, le temps annuel de fonctionnement de ces équipements est de : (5*8*52)-(8*8)= 2016heures.
- les imprimantes, fonctionnent 8 heures par jour pendant 5jours de la semaine dont 3 heures en pleine puissance et 5 heures à 1/3 de leur puissance. En tenant compte des 8 jours fériés, le nombre de jour de fonctionnement des imprimantes par an est de : 5*52- 8= 252 jours.

  Le temps de fonctionnement en pleine puissance est : 3*252= 756heures.

  Le temps annuel de fonctionnement à puissance réduite est de : 5*252=1260heures.
- les photocopieuses fonctionnent 8 heures par jour pendant 5 jours par semaine, dont 2 heures en pleine puissance et 6 heures à 1/4 de leur puissance. En tenant compte des 8 jours fériés, le nombre de jour de fonctionnement des imprimantes par an est de : (5*52) -8 = 252jours.

  Le temps de fonctionnement des photocopieuses en pleine puissance est : 2*252= 504 heures.

  Le temps annuel de fonctionnement à puissance réduite est de : 6*252= 1512heures.
- les appareils fax fonctionnent en permanence, dont 2h en pleine puissance et 22h à 1/4 de leur puissance, par jour.

  Le temps de fonctionnement des appareils fax en pleine puissance est : 2*7*52= 728heures.

  Le temps de fonctionnement des appareils fax à puissance réduite est de : 22*7*52 =8008heures.
- les réfrigérateurs fonctionnent en permanence, dont 16 heures en pleine puissance et 8 heures à 1/3 de leur puissance, par jour.

  Le temps annuel de fonctionnement en pleine puissance est : 16*7*52= 5824 heures

  Le temps annuel de fonctionnement à puissance réduite est de : 8*7*52 = 2912heures
- Les postes téléviseurs fonctionnement en moyenne 2 heures par jour pendant 5 jours par semaine. Le temps annuel de fonctionnement des téléviseurs est de : (2*5*52) – (2*8)= 504 heures, en tenant compte des 8jours fériés.

III.5. MESURES DE PARAMETRES ET RELEVE DE DONNEES DE LA FACTURATION

La compilation des données de la facturation a été faite sur la période de janvier 2010 à décembre 2010.

Nous nous sommes servis des factures SONABEL de la période pour réaliser cette compilation. Les données de la facturation de l'Agence Commerciale de Koupéla sont répertoriées dans le tableau ci-après.

Tableau N°5 : Données de la facturation de l'ACOTEL-KPL

PERIODE	ENER. ACTIVE HPL	ENER. ACTIVE HPT	ENER. REACTIVE	HEURE	PUISSANCE ENREGIST	TSDAAE	FACTURE MOIS	PERTE ACTIVE	PERTE REACTIVE
janv-10	15542	7856	20834	812	56,0	0	3 097 341	681	2 863
fev-10	14140	7175	18796	686	56,0	51726	2 891 304	603	2 467
mars-10	14835	7683	22518	704	65,0	54632	3 025 094	631	2 661
avr-10	17862	9499	20839	649	66,0	66224	3 551 432	700	2 456
mai-10	18106	9410	20894	740	68,0	66665	3 569 206	732	2 686
juin-10	17875	9492	21249	657	71,0	66245	3 594 536	703	2 492
juil-10	17253	8745	21764	694	61,0	62984	3 419 200	690	2 606
aout-10	15614	7668	20045	771	61,0	56517	3 122 864	666	2 729
sept-10	14179	6901	19494	700	51,0	51172	2 859 662	603	2 530
oct-10	13913	7071	19219	778	56,0	51002	2 888 708	627	2 714
nov-10	15232	8107	20686	655	56,0	56567	3 157 206	630	2 465
déc-10	15836	8754	20713	734	61,0	59632	3 320 669	678	2 664
MOYENNE	**15 866**	**8 197**	**20 588**	**715**	**61**	**53614**	**3 208 102**	**662**	**2611**
TOTAL	**190 387**	**98 361**	**247 051**	**8 580**	**728**	**643 366**	**38 497 222**	**7 944**	**31 333**

Les données de la facturation de la Direction Régionale des Télécommunications de l'Est sont répertoriées dans le tableau ci-après.

Tableau N°6 : Données de la facturation de la DRE.

PERIODE	ENER. ACTIVE HPL	ENER. ACTIVE HPT	ENER. REACTIVE	HEURE	PUISSANCE ENREGIST	TSDAAE	FACTURE MOIS	PERTE ACTIVE	PERTE REACTIVE
janv-10	13557	7248	11841	844	46,0	0	2 626 640	618	1 697
fev-10	13441	6943	11714	606	49,0	49437	2 624 818	564	1 347
mars-10	12877	6762	11136	838	53,0	47743	2 571 843	591	1 661
avr-10	13553	7673	10712	658	57,0	51490	2 800 544	592	1 383
mai-10	14341	7936	10979	675	59,0	54032	2 920 610	618	1 418
juin-10	17844	8099	11542	723	58,0	55512	2 980 868	708	1 510
juil-10	13428	7542	11445	818	54,0	50945	2 756 361	617	1 644
aout-10	12223	6554	10314	698	48,0	45602	2 454 992	546	1 425
sept-10	11784	6404	10116	608	46,0	44141	2 381 411	516	1 286
oct-10	10939	6139	9629	652	48,0	41484	2 277 273	500	1 331
nov-10	12226	7114	10442	838	48,0	47023	2 554 981	585	1 633
déc-10	11921	7068	9660	634	50,0	46084	2 527 488	538	1 306
MOYENNE	***13 178***	***7 124***	***10 794***	***716***	***51***	***44 458***	***2 623 152***	**583**	**1470**
TOTAL	***158 134***	***85 482***	***129 530***	***8 592***	***616***	***533 493***	***31 477 829***	**6993**	**17641**

IV. CALCUL DES ECONOMIES ESCOMPTEES ET CALCULS DIVERS

IV.1 METHODE DE CALCUL

IV.1.1. Méthode de calcul des ratios R et du coût unitaire moyen du kilowattheure

Une étude préliminaire permet de juger de l'efficacité énergétique globale des sites. Elle consiste essentiellement à calculer le prix moyen unitaire du kilowattheure et à déterminer les ratios R_0 et R_1 de la consommation d'énergie et à les comparer à des ratios de référence.

R_0 et R_1 = ratios de consommation d'énergie.

Le prix moyen du kilowattheure et les ratios R_0 et R_1sont calculées à l'aide des formules ci-après :

- Prix moyen du kWh(FCFA) = $\dfrac{\text{Facture annuelle (FCFA)}}{\text{Consommation annuelle (kWh)}}$

- $R_1 = \dfrac{\text{Consommation électrique annuelle (kWh)*}}{\text{Surface totale au plancher } (m^2)}$

- $R_0 = \dfrac{\text{Consommation électrique annuelle (kWh)*}}{\text{Surface totale climatisée } (m^2)}$

R_0 = ratio de consommation d'énergie par unité de surface climatisée
R_1 = ratio de consommation d'énergie par unité de surface

Précisons que la consommation énergétique annuelle est la somme des énergies actives, en heures pleines, en heures de pointe et des pertes actives totales.

IV.1.2.Méthode de calcul de la puissance électrique d'un climatiseur.

❖ Calcul de la puissance frigorifique du climatiseur.

La puissance frigorifique réellement développée par les appareils est obtenue à partir des débits relevés au niveau des bouches de soufflage, connaissant les températures humides et sèches.

$Q = \rho * V * S * Ah$

Q = puissance frigorifique en kW

ρ = masse volumique de l'air = 1,2kg/m^3 ; V= vitesse de soufflage (m/s)

S = Surface de soufflage (m^2) et Ah = variation d'enthalpie entre l'air soufflé et l'air repris.

❖ Calcul du COP:

Le coefficient de performance du climatiseur (COP) est donné par :

$$COP \quad \frac{Q}{W} \quad \text{, avec W= puissance électrique}$$

$$\rightarrow W\ (kW) = \frac{Q}{COP}$$

IV.1.3.Méthode calcul de la puissance des condensateurs

Pour exploiter les bonifications que la SONABEL nous accorde, nous allons dimensionner la puissance des condensateurs en posant 1+m = 0.93 où m représente le coefficient de minoration. Cette équation vient du fait que la SONABEL réduit la facture électrique d'un coefficient de 0.92 (bonification maximale accordée) si l'abonné dispose d'un bon facteur de puissance.

$$\text{Or } m = \frac{P - 0{,}48}{6} = -0{,}07 \text{ alors } P = 0{,}06$$

$$\text{De plus } P = \frac{(\text{Consommation réactive + perte réactive}) - (\text{Energie réactive produite})}{(\text{Consommation active totale + perte active})}$$

Energie réactive produite = Pc*temps annuel de fonctionnement

P représente tangente φ et Pc représente la puissance des condensateurs à installer.

$$Pc = \frac{0{,}06 * (\text{Consommation active totale + perte active}) - (\text{Consommation réactive + perte réactive})}{\text{Temps annuel de fonctionnement}}$$

IV.1.4.Méthode calcul des économies d'énergie escomptées

Le calcul des économies d'énergie se fait en trois étapes :

- le calcul des consommations d'énergie avant les mesures d'économie d'énergie,
- le calcul des consommations d'énergie après la mise en œuvre des mesures d'économie d'énergie,
- le calcul des gains en énergie qui est la différence entre les consommations d'énergie avant la mise en place des mesures d'économie d'énergie et les consommations d'énergie après la mise en œuvre des mesures d'économie d'énergie.

IV.1.5.Méthode de calcul de l'économie financière

L'économie financière est obtenue en multipliant le total de kilowattheures économisé par le coût unitaire moyen du kilowattheure.

IV.1.6.Méthode de calcul de l'économie de CO_2

L'économie de CO_2 est calculée en multipliant l'énergie économisée par un ratio. Nous avons considéré un ratio de 0.8Kg de CO_2 / kWh d'énergie produite. Ce ratio nous a été fourni par le Service Environnement de la SONABEL.

IV.1.7.Méthode de calcul du temps de retour sur investissement sur un an.

Le TRI est calculé en divisant le coût de l'investissement par l'économie financière réalisée sur cette année.

$$TRI = \frac{\text{Coût investissement}}{\text{Economie financière}}$$

IV.2. CALCUL DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DES EQUIPEMENTS

Connaissant la puissance des divers appareils et leurs temps de fonctionnement, nous pouvons calculer la consommation énergétique annuelle des différents équipements par la relation : Consommation annuelle (kWh) = P*T, avec P= puissance des équipements en kW et T = temps de fonctionnement des équipements en heures par an.

IV.2.1. Calcul des consommations énergétiques de l'ACOTEL-KPL

Les consommations énergétiques des équipements de l'Agence Commerciale de Koupéla sont répertoriées dans le tableau ci-après.

Tableau N°7 : Bilan des consommations d'énergie de l'ACOTEL-KPL

Type d'équipement	Mode fonctionnement	Puissance (kW)	Nombre d'heure de fonctionnement	Energie consommée (kW)
Redresseurs	Floating	6, 3	8528	53726,4
	Boost	8,8	208	1830,4
Climatiseur de bureau	Puissance réduite	18,6/6=3,1	77,5+380=457,5	1418,25
	Pleine puissance	18,6	232,5+1140=1372,5	25528,5
Climatiseur salles techniques	Puissance réduite	27,25/6=4,54	2184	9919
	Pleine puissance	27,25	6552	178542
Eclairage intérieur de bureau	Pleine puissance	$\frac{64*0,036*1,25}{0,8*0,5} = 7,2$	2016	14515,2
Eclairage intérieur salles techniques	Pleine puissance	$\frac{44*0,036*1,25}{0,8*0,5} = 4,95$	2646	13097,7
Eclairage extérieur	Pleine puissance	$\frac{18*0,036*1,25}{0,8*0,5} = 2,025$	4368	8845,2
Ordinateur	Pleine puissance	4,9	2016	9878,4
Imprimantes	Puissance réduite	1,1/3 =0,37	1260	462
	Pleine puissance	1,1	756	831,6
Photocopieuse	Puissance réduite	0,58/4=0,15	1512	219,24
	Pleine puissance	0,58	504	292,32
Appareil fax	Puissance réduite	0,22/4=0,055	8008	440,44
	Pleine puissance	0,22	728	160,16
Réfrigérateur	Puissance réduite	1,2/3=0,4	2912	1164,8
	Pleine puissance	1,2	5824	6988,8
Téléviseur	Pleine puissance	0,11	504	55,44
TOTAL				**327 915,85**

La figure ci- dessous illustre la répartition de la consommation d'énergie par type d'équipement de l'ACOTEL-KPL.

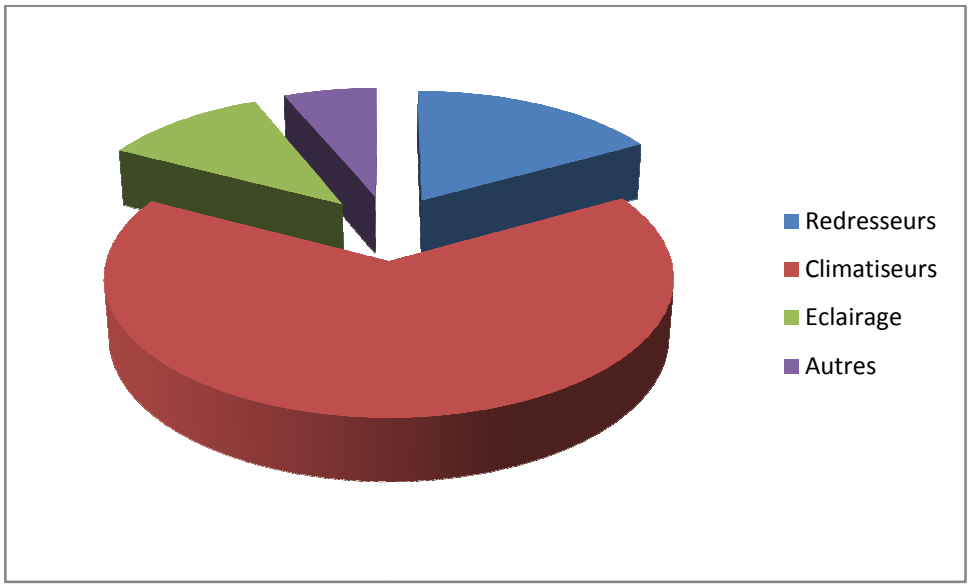


Figure N°1 : Répartition de la consommation d'énergie par type d'équipement

La répartition des consommations par type d'équipements est la suivante :

- Redresseurs = 17%
- Climatisation =66%
- Eclairage = 11%
- Autres équipements = 6%

IV.2.2. Calcul des consommations énergétiques de la DRE

Les consommations énergétiques des équipements de la Direction Régionale de l'Est sont répertoriées dans le tableau ci-après.

Tableau N°8 : Bilan des consommations d'énergie de la DRE

Type d'équipement	Mode fonctionnement	Puissance (kW)	Nombre d'heure de fonctionnement	Energie consommée
Redresseurs	Floating	4,2	8528	35817,6
	Boost	7,7	208	1601,6
Climatiseur de bureau	Puissance réduite	6,1	457,5	2790,75
	Pleine puissance	36,7	1372,5	50370,75
Climatiseur salles techniques	Puissance réduite	3,05	2184	6661,2
	Pleine puissance	18,3	6552	119901,6
Eclairage intérieur de bureau	Pleine puissance	$\frac{64*0,036*1,25}{0,8*0,5} = 7.2$	2016	14515,2
Eclairage intérieur salles techniques	Pleine puissance	$\frac{40*0.036*1,25}{0,8*0,5} = 4,5$	2646	11907
Eclairage extérieur	Pleine puissance	$\frac{25*0.036*1.25}{0,8*0,5} = 2,81$	4368	12285
Ordinateur	Pleine puissance	6,65	2016	13406,4
Imprimantes	Puissance réduite	0,55	1260	693
	Pleine puissance	1,66	756	1254,96
Photocopieuse	Puissance réduite	0,15	1512	226,8
	Pleine puissance	0,58	504	292,32
Appareil fax	Puissance réduite	0,055	8008	440,44
	Pleine puissance	0,22	728	160,16
Réfrigérateur	Puissance réduite	0,4	2912	1164,8
	Pleine puissance	1,2	5824	6988,8
Téléviseur	Pleine puissance	0,11	504	55,44
TOTAL				**280 533,82**

La figure ci- dessous illustre la répartition de la consommation par type d'équipement de la DRE.

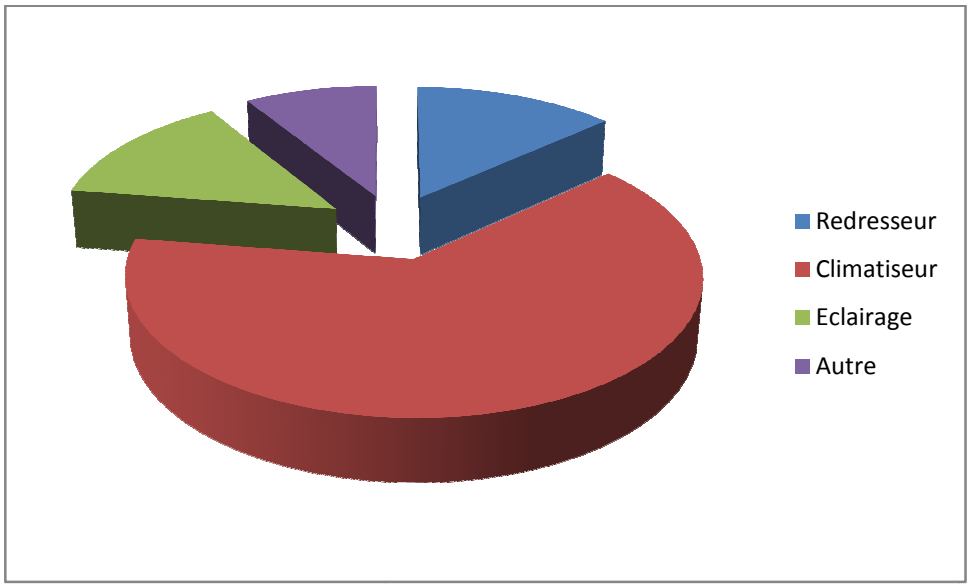


Figure N°2 : Répartition de la consommation d'énergie par type d'équipement

La répartition des consommations par type d'équipements est la suivante :

- Redresseurs = 13,5%
- Climatisation =64%
- Eclairage = 13,8%
- Autres équipements = 8,7%

IV.3. CALCUL DES RATIOS R ET DU COUT UNITAIRE MOYEN DU KILOWATTHEURE DE L'ACOTEL-KPL

La situation énergétique de l'ACOTEL-KOUPELA est résumée dans le tableau ci-après.

Tableau N°9 : Situation globale de la consommation énergétique de l'ACOTEL- KPL

Consommation annuelle en kWh	**Facture annuelle en FCFA**	**Surface totale au plancher en m^2**	**Surface totale climatisée en m^2**
296 692	38 497 222	540,16	460,32

- Le coût unitaire moyen du kilowattheure est de :

$$\frac{38\ 497\ 222}{296\ 692} = 130 \text{ FCFA}$$

- Le ratio R_0 de la consommation énergétique par unité de surface climatisée de l'ACOTEL-KPL est :

$$\frac{296692}{460,32} = 644,53 \text{ kWh/ m}^2\text{/an}$$

- Le ratio R_1 de la consommation énergétique par unité de surface habitable de l'ACOTEL-KPL est :

$$\frac{296692}{540,16} = 549 \text{ kWh/ m}^2\text{/an}$$

-Consommation annuelle en kWh = 296 692

-Surface totale au plancher en m^2 = 540,16

-Surface totale climatisée en m^2 = 460,32

IV.4 CALCUL DES RATIOS R ET DU COUT UNITAIRE MOYEN DU KILOWATTHEURE DE LA DRE

La situation énergétique de la DRE est résumée dans le tableau ci-après.

Tableau N°10 : situation globale de la consommation énergétique de la DRE

Consommation annuelle en kWh	Facture annuelle en FCFA	Prix unitaire moyen du kWh en FCFA	Surface totale au plancher en m^2	Surface totale climatisée en m^2
250 609	31 477 829	126	1132,4	822,4

- Le coût unitaire moyen du kilowattheure de la DRE est de :

$$\frac{31\ 477\ 829}{250609} = 126 \text{ FCFA}$$

Avec : consommation énergétique annuelle = 250 609 kWh et
facture annuelle = 31 477 829 FCFA.

- Le ratio R1 de la consommation énergétique par unité de surface habitable de la DRE est de :

$$\frac{250609}{1132,4} = 221 \text{ kWh/ } m^2/an$$

- Le ratio R_0 de la consommation énergétique par unité de surface climatisée de la DRE est de :

$$\frac{250609}{822,4} = 304 \text{ kWh/ } m^2/an$$

Avec : surface totale en m_2 = 1132,4m^2 ; surface totale climatisée = 822,4 m^2
et consommation annuelle d'énergie en kWh = 250 609.

Nous n'avons pas pu trouver un ratio de référence précis malgré nos multiples recherches, au regard de la spécificité de l'activité menée dans les bâtiments audités. (Bâtiments commerciaux et centres techniques cohabitant et alimentés par le même compteur).

IV.5. CALCUL DES ECONOMIES ESCOMPTEES ET DES TRI DE L'ACOTEL-KPL

Avant le calcul des économies escomptées et du TRI nous avons procédé à la détermination des mesures d'économies d'énergie et financière.

La détermination de ces mesures consiste à rechercher actions à mettre en œuvre afin de réduire, la consommation énergétique et/ ou la facture électrique. Ces mesures sont déterminées à partir de l'analyse, du fonctionnement des équipements consommateurs d'énergie, de l'état de ces équipements, de leurs modes de fonctionnement et de l'analyse de la facturation.

IV.5.1. Détermination des mesures d'économie d'énergie et financière de l'ACOTEL-KPL

La consommation énergétique du site est très importante. Cette consommation est accentuée par :

- l'utilisation de lampes énergétivores. En effet les lampes utilisées sont des tubes fluorescents de 1,20mètre long et 36W avec un flux lumineux de 1100 lumens et une durée de vie de 8000heures, alors qu'il existe des lampes moins consommatrices d'électricité avec une bonne efficacité lumineuse.
- l'existence d'une armoire de climatisation vétuste, énergétivore et qui manque de pièces de rechange.
- l'allumage injustifié des lampes des salles techniques en l'absence du personnel dans ces salles. Les enquêtes que nous avons menées nous ont permis de savoir que le personnel est présent dans ces salles pendant 2heures en moyenne par jour, alors que les lampes restent allumées pendant 10h30mn par jour, pendant les jours ouvrables.
- les pénalités dues au mauvais facteur de puissance de l'installation électrique.

Le facteur de puissance de l'installation avant optimisation est de 0,72. Le montant total des pénalités pour mauvais cosinus φ est de 1712 763 FCFA.

- les pénalités dues au dépassement constant de la puissance souscrite.

Le montant total des pénalités dues au dépassement de la puissance souscrite est de 2 535 360FCFA. (Voir annexe 6)

La puissance souscrite avant optimisation est de 10kW, alors que la moyenne des puissances souscrites est de 61kW. (Voir annexe 6)

Il faut noter que la règlementation autorise au client au plus 3 dépassements de la puissance souscrite par an. Au delà de ces 3 dépassements, la SONABEL procède à un réajustement systématique de la puissance souscrite à la plus grande puissance atteinte.

Au regard des résultats de cette analyse, nous recommandons les mesures d'économie d'énergie et financière suivantes :

- le remplacement des 126 tubes fluorescents de 36W de l'éclairage, par 164 lampes fluo compactes de 13W, dont 83 lampes pour l'éclairage de bureaux, 57 lampes pour l'éclairage de salles techniques et 24 lampes pour l'éclairage extérieur. Ces lampes ont un éclairement de 850 lumens, une durée de vie de 14000heures et sont équipées de ballasts électroniques. Le ballast d'un tube fluorescent consomme environ 25% de la puissance d'un tube fluorescent alors qu'un ballast électronique consomme 10% de la puissance d'une lampe fluo compacte. Pour les calculs, nous considérerons :

  -un rendement de 0,8 ; un facteur d'utilisation de 1 et un facteur de puissance de 0,5 pour les tubes fluorescents de 36W.

  -un rendement de 0.95 ; un facteur d'utilisation de 1 et un facteur de puissance de 1 pour les lampes fluo compactes de 13W.

- L'installation de détecteurs de présence pour contrôler l'éclairage des salles techniques.
- L'installation de condensateurs pour améliorer le cosinus φ de l'installation. Le facteur de puissance de l'installation avant optimisation est de 0,72.
- Le réajustement de la puissance souscrite à 65kW en tenant compte des paliers de puissance autorisés la SONABEL. La puissance à souscrire est la plus petite de quatre plus grandes puissances atteintes.
- Le remplacement de l'armoire de climatisation vétuste par une armoire plus efficace.

IV.5.2. Calcul des économies escomptées de l'ACOTEL-KPL

- Remplacement des 126 tubes fluorescents par 164 lampes fluo compactes à haute efficacité lumineuse de 13W.

La consommation énergétique annuelle des lampes avant les mesures d'économie est :

$$\frac{(64*0,036*1.25*2016) + (44*0,036*1,25*2646) + (18*0,036*1,25*4368)}{0,8*0,5} = 36458\text{kWh.}$$

La consommation annuelle des lampes après les mesures d'économie d'énergie est :

$$\frac{(83*0.013*1.1*2016)+ (57*0.013*1,1*2646) + (24*0.013*1,1*4368)}{0,95} = 6367\text{kWh}$$

L'économie d'énergie réalisable est de : 36458 kWh - 6367 kWh = 30091kWh.

- L'économie financière est de : 30091*130 = 3 911 830 FCFA.

Les lampes fluo compactes à haute efficacité lumineuse de 13W plus leur installation coûtent 10 000 F l'unité.

Le coût total de l'investissement requis est de :

164*10000 = 1 640 000 FCFA.

- Le temps de retour sur investissement (TRI) est :

$$\frac{1\ 640\ 000}{3\ 911\ 830} = 5\text{mois}$$

- Installation de détecteurs de présence pour contrôler l'éclairage des salles techniques

Le temps de fonctionnement des lampes des salles techniques en tenant compte des temps de présence du personnel dans ces salles et des 8 jours fériés de l'année sera alors de : (2*5*52)-(8*2) =504h.

Le temps de fonctionnement des lampes avant la mise en place de la mesure est de :

(10,5*5*52)- (8*10,5)= 2646 heures.

La consommation des lampes après le remplacement des tubes fluorescents de 36W et avant l'installation de détecteur est :

$$\frac{57*0,013*1,1*2646}{0,95} = 2270,27\text{kWh.}$$

La consommation des lampes après le remplacement des tubes fluorescents de 36W et après l'installation de détecteur est :

$$\frac{57*0,013*1,1*504}{0,95} = 432,44\text{kWh.}$$

- L'économie d'énergie réalisable est :
  2270,27kWh – 432,44kWh = 1837,83 kWh
- L'économie financière est de : 1837,83*130 = 238917FCFA

  La mise en place de cette mesure nécessite l'acquisition de 2 détecteurs de présence. Le coût de chaque détecteur de présence est de 100 000FCFA.

  L'investissement requis est de : 2*100000= 200 000FCFA.
- Le temps de retour sur investissement est de :

$$TRI = \frac{200\,000}{238\,917} = 9 \text{ mois}$$

- Installation de condensateurs afin d'améliorer le cos φ

Le facteur de puissance de l'installation avant optimisation est de 0,72. Cette valeur inférieure à 0,8 engendre des pénalités de 1712 763FCFA. Afin de pouvoir améliorer le facteur de puissance et réduire les pénalités, nous proposons l'installation de condensateurs.

La puissance Pc des condensateurs à installer est de :

$$P = \frac{(247051 + 31333) - Pc*8580}{(190387+98361+7944)} = 0,06$$

$$P = \frac{278384 - 8580*Pc}{296692} = 0,06 \rightarrow 278384-8580Pc=296692*0,06$$

$$\rightarrow \quad Pc = \frac{296692*0,06 -278384}{8580} = 30,37kVAr$$

Nous proposons alors l'installation d'une batterie de condensateurs de 30kVAr.

Nous avons utilisé une application de vérification et d'optimisation de la facturation pour simuler l'installation de la batterie de condensateurs.

Cette application a été développée par Monsieur Godefroy THIOMBIANO, consultant dans le domaine de l'énergie. Nous avons apporté une petite modification à cette application pour prendre en compte une nouvelle taxe (TSDAAE) introduite dans la facturation de la SONABEL à partir février 2010.

L'installation d'une batterie de condensateurs de 30kVAr donne les résultats suivants :

- suppression de la pénalité pour mauvais cos phi, soit une économie financière de 1 712 763FCFA,
- l'économie financière totale réalisable du fait de cette action est de 3 763 857FCFA,
- le cosinus φ de l'installation passe de 0,72 à 0,99
- le coût unitaire moyen du kilowattheure passe de 130CFA à 117FCFA.

(Voir annexe 7)

La mise en œuvre de cette mesure nécessite l'acquisition d'une batterie de condensateurs de 30kVAr qui coûte 2 400 000CFA.

- Calcul du temps de retour sur investissement.

$$TRI = \frac{2\ 400\ 000}{3\ 763\ 857} = 7\text{mois}$$

- Réajustement de la puissance souscrite à 65kW et installation d'une batterie de condensateurs de 30kVAr.

L'analyse des données de la facturation montre que la puissance souscrite qui est de 10kW est largement en deçà des puissances atteintes.

Il faut souligner que la réglementation de la SONABEL prévoit des pénalités pour dépassement de puissance souscrite. De plus un réajustement systématique de cette puissance souscrite à la plus grande puissance atteinte est opéré, lorsque plus de trois dépassements sont constatée au cours de l'année. La puissance à souscrire pour éviter les pénalités et le réajustement systématique est de 65 kW.

Nous avons utilisé l'application de vérification de la facturation pour simuler les conséquences d'un réajustement de la puissance souscrite à 65kW et celles d'un réajustement systématique que la SONABEL pourrait opérer.

Le réajustement de la puissance souscrite permet d'éviter le paiement de pénalités pour dépassement de puissance souscrite et le réajustement systématique que pourrait opérer la SONABEL suite 4 dépassements constatés.

La souscription à une puissance de 65kW, engendre un surcoût de 1 526 535FCFA sur le coût de la facturation. Le coût unitaire moyen du kilowattheure passe à 135FCFA. (Voir annexe 8)

Le réajustement systématique à 75 kW (valeur normalisée) engendre un surcoût de 2 289 881FCFA. Le coût unitaire moyen du kilowattheure passe à 137FCFA.

(Voir annexe 9).

La solution idéale consiste à procéder à l'installation de la batterie de condensateurs et à l'ajustement de la puissance souscrite à la fois.

Cette opération permet une économie financière de 2 783 167FCFA. (Voir annexe 10)

Le cosinus φ passe de 0,72 à 0,99 et le coût unitaire moyen du kilowattheure passe de 130FCFA à 120FCFA.

- Le temps de retour sur investissement est :

$$TRI = \frac{2\,400\,000}{2783167} = 9 \text{ mois}$$

- <u>Remplacement de l'armoire de climatisation vétuste par une armoire efficace</u>

Les paramètres du climatiseur vétuste que nous avons relevés sont :

-Vitesse de soufflage = 4,1m/s

-Section de soufflage =0,24m^2

-Soufflage: Ts =17°C et Hr =43% →H = 30 kJ / kg

-Reprise : Ts = 28° C et Hr = 40% →H = 46 kJ / kg

Q = 1,2 * 0,24 * 4,1 * 16 = 18,9 KW

La puissance électrique W relevée sur la plaque signalétique est de 9,45kW

- Calcul du COP:

Le coefficient de performance du climatiseur est donné par :

$$COP = \frac{Q}{W} \rightarrow COP = \frac{18,9}{9,45} = 2$$

Nous avons décidé de remplacer le climatiseur vétuste et sans pièces de rechange par un climatiseur de même puissance frigorifique mais ayant un COP = 4.

-Calcul de la puissance électrique du climatiseur de remplacement

$$W = \frac{18,9}{4} = 4,725\text{kW}$$

L'énergie consommée par le climatiseur vétuste est de : 9,45*8 736 = 82 555,2KWH,

L'énergie que consommera le nouveau climatiseur est de : 4,725*8736 = 41 277,6 kWh

- L'économie d'énergie réalisable est de : 82 555,2 - 41277,6 = 41 277,6kWh,
- L'économie d'argent réalisable est de 41 277,6*130 = 5 366 088FCFA
- L'investissement requis pour le remplacement du climatiseur y compris l'installation est de 3 850 000FCFA.

- Le temps de retour sur investissement est de :

$$TRI = \frac{3\,850\,000}{5\,366\,088} = 8 \text{ mois}$$

La synthèse des économies escomptées de l'ACOTEL Koupéla est consignée dans le tableau ci-après.

Tableau N°11 : Synthèse des économies escomptées et des TRI à l'ACOTEL-KPL

Mesures et actions	**Economie annuelle d'énergie en kWh**	**Economie Financière annuelle en FCFA**	**Investissement En FCFA**	**Temps de retour sur investissement**
Remplacement des tubes fluorescents de 36W par des lampes fluo compactes à haute efficacité lumineuse de 13W.	30091	3 911 830	1 640 000	5 mois
Installation de détecteur de présence pour les salles techniques	1837,83	238 917	200 000	9 mois
Installation d'une batterie de condensateur de 30kVAr et réajustement de la puissance souscrite à 65kW.	-	2 783 167	2 400 000	9 mois
Remplacement du climatiseur vétuste	4 1277,6	5 366 088	3 850 000	8 mois
TOTAL	**73 205,97**	**12 300 002**	**8 090 000**	

Calcul des économies de CO_2

L'économie de CO_2 correspondant à l'économie d'énergie est :

0,8*73 205,97 = 58 564,77Kg.

IV.6. CALCUL DES ECONOMIES ESCOMPTEES ET DES TRI DE LA DRE

Avant le calcul des économies escomptées et du TRI nous avons procédé à la détermination des mesures d'économies d'énergie et financière.

La détermination des mesures d'économies consiste à rechercher les mesures et actions à mettre en œuvre afin de réduire, la consommation énergétique et ou la facture électrique. Ces mesures sont déterminées à partir de l'analyse, du fonctionnement des équipements consommateurs d'énergie, de l'état de ces équipements, de leurs modes de fonctionnement et de l'analyse de la facturation.

IV.6.1. Détermination des mesures d'économie d'énergie et financière de la DRE

La consommation énergétique du site est importante. Cette situation est accentuée par :

- l'utilisation de lampes énergétivores. En effet les lampes utilisées sont des tubes fluorescents de 1,20mètre long et 36W avec un flux lumineux de 1100 lumens et une durée de vie de 8000heures, alors qu'il existe des lampes moins consommatrices d'électricité avec une bonne efficacité lumineuse.
- l'allumage injustifié des lampes des salles techniques en l'absence du personnel dans ces salles. Les enquêtes que nous avons menées nous ont permis de savoir que le personnel est présent dans ces salles pendant 2heures en moyenne par jour, alors que les lampes restent allumées pendant 10h30mn par jour pendant les jours ouvrables.
- La non- optimisation du facteur de puissance. Le facteur de puissance de l'installation avant optimisation est de 0,86. L'optimisation de ce facteur de puissance permettrait de gagner une bonification sur la facturation pour bon cosinus φ. (Voir annexe11)
- Les pénalités dues au dépassement constant de la puissance souscrite. Le montant total des pénalités dues au dépassement de la puissance souscrite est de 1 067 520 FCFA. La puissance souscrite avant optimisation est de 30kW, alors que la moyenne des puissances souscrites est de 51kW. (Voir annexe 11)

Il faut noter que la règlementation autorise au client au plus 3 dépassements de la puissance souscrite par an. Au delà de ces 3 dépassements, la SONABEL procède à un réajustement systématique de la puissance souscrite à la plus grande puissance atteinte.

Au regard des résultats de cette analyse, nous recommandons les mesures d'économie d'énergie et financières suivantes :

- le remplacement des 129 tubes fluorescents de 36W de l'éclairage, par 168 lampes fluo compactes de 13W, dont 83 lampes pour l'éclairage de bureaux, 52 lampes pour l'éclairage de salles techniques et 33 lampes pour l'éclairage extérieur. Ces lampes ont un éclairement de 850 lumens, une durée de vie de 14000heures et sont équipées de ballasts électroniques. Le ballast d'un tube fluorescent consomme environ 25% de la puissance d'un tube fluorescent alors qu'un ballast électronique consomme 10% de la puissance d'une lampe fluo compacte.

Pour les calculs, nous considérerons :

-un rendement de 0,8 ; un facteur d'utilisation de 1 et un facteur de puissance de 0,5 pour les tubes fluorescents de 36W.

-un rendement de 0.95 ; un facteur d'utilisation de 1 et un facteur de puissance de 1 pour les lampes fluo compactes de 13W.

- l'installation de détecteurs de présence pour contrôler l'éclairage des salles techniques.

- l'installation d'une batterie de condensateurs pour améliorer le cosinus φ de l'installation. Le facteur de puissance de l'installation avant optimisation est de 0,86.

- le réajustement de la puissance souscrite à 55kW en tenant compte des paliers de puissance autorisés la SONABEL. La puissance à souscrire est la plus petite de quatre plus grandes puissances atteintes.

IV.6.2. Calcul des économies escomptées de la DRE

- Remplacement des 129 tubes fluorescents de l'éclairage par 168 lampes fluo compactes à haute efficacité lumineuse de 13W.

La consommation énergétique annuelle des lampes avant les mesures d'économie est :

$$\frac{(64*0,036*1.25*2016) + (40*0,036*1,25*2646) + (25*0,036*1,25*4368)}{0,8*0,5} = 38\ 707,2\text{kWh.}$$

La consommation annuelle des lampes après les mesures d'économie d'énergie est :

$$\frac{(83*0.013*1.1*2016) + (52*0.013*1,1*2646) + (33*0.013*1,1*4368)}{0,95} = 6759,6\ \text{kWh}$$

L'économie d'énergie réalisable est de : 38707,2 kWh – 6759 ,6 kWh = 31947,6kWh.

- L'économie financière est de : 31947,6*130 = 4 153 188FCFA.

Les lampes fluo compactes à haute efficacité lumineuse de 13W plus leur installation coûtent 10 000 F l'unité. Le coût total de l'investissement requis est de :

168*10000 = 1 680 000 FCFA.

- Le temps de retour sur investissement

$$TRI = \frac{1\ 680\ 000}{4\ 153\ 188} = 5\text{mois}$$

- Installation de détecteurs de présence pour l'éclairage des salles techniques

Le temps de fonctionnement des lampes des salles techniques en tenant compte des temps de présence du personnel dans ces salles et des 8 jours fériés de l'année sera alors de : (2*5*52)-(8*2) =504h.

Le temps de fonctionnement des lampes avant la mise en place de la mesure est de :

(10,5*5*52)- (8*10,5)= 2646 heures.

La consommation des lampes après le remplacement des tubes fluorescents de 36W et avant l'installation de détecteur est :

$$\frac{52*0,013*1,1*2646}{0,95} = 2071,13\text{kWh.}$$

La consommation des lampes après le remplacement des tubes fluorescents de 36W et après l'installation de détecteur est :

$$\frac{52*0,013*1,1*504}{0,95} = 374,78\text{kWh.}$$

- L'économie d'énergie réalisable est :
  2071,13kWh – 374,78kWh = 1696,35 kWh
- L'économie financière est de : 1696,35*130 = 220 525FCFA

  La mise en place de cette mesure nécessite l'acquisition de 2 détecteurs de présence. Le coût de chaque détecteur de présence est de 100 000FCFA.

  L'investissement requis est de : 2*100000= 200 000FCFA.
- Le temps de retour sur investissement est de :

$$TRI = \frac{200\,000}{220\,525} = 10 \text{ mois}$$

➢ Installation de condensateurs afin d'améliorer le cosinus φ.

Le facteur de puissance de l'installation avant optimisation est de 0,86. Cette valeur supérieure à 0,8 n'engendre pas de pénalités. Afin d'améliorer le facteur de puissance φ, nous proposons l'installation de condensateurs.

- Dimensionnement des batteries de condensateurs

Pour exploiter les bonifications que la SONABEL nous accorde, nous allons dimensionner la batterie de condensateurs en posant 1+m = 0.93 où m représente le coefficient de minoration. Cette équation vient du fait que la SONABEL réduit la facture électrique d'un coefficient de 0.92 (bonification maximale accordée) si l'abonné dispose d'un bon facteur de puissance.

$$\text{Or } m = \frac{P - 0{,}48}{6} = -0{,}07 \text{ alors } P = 0{,}06$$

$$P = \frac{(129530 + 17641) - Pc*8592}{(158134+85482+6993)} = 0{,}06 \rightarrow$$

$$P = \frac{147171 - 8592*Pc}{250609} = 0{,}06 \rightarrow 1471716 - 8592Pc = 250609*0{,}06$$

$$\rightarrow \quad Pc = -\frac{250609*0{,}06 - 147171}{8592} = 15{,}37\text{kVAr}$$

Nous proposons alors l'installation d'une batterie de condensateurs de 15kVAr.

Nous avons utilisé l'application de vérification de la facturation pour simuler l'installation de la batterie de condensateurs à installer. L'installation d'une batterie de condensateurs de 15kVAr donne les résultats suivants :

-bonification sur la facturation d'un montant de 1 283 327 FCFA.
-Le cosinus φ après l'installation de la batterie de condensateur est de 0,99.
-Le coût unitaire moyen du kilowattheure passe de 126FCFAà 120FCFA.
(Voir annexe 12)

La mise en œuvre de cette mesure nécessite l'acquisition d'une batterie de condensateur de 15kVAR qui coute 1 200 000CFA.

- Le temps de retour sur investissement est :

$$\frac{1\,200\,000}{1\,283\,327} = 10 \text{ mois}$$

- Réajustement de la puissance souscrite à 55 kW et installation d'une batterie de condensateur de 15kVAr

L'analyse des données de la facturation montre que la puissance souscrite qui est de 30kW est largement en deçà des puissances atteintes. (Voir annexe11)

La puissance à souscrire pour éviter les pénalités et le réajustement systématique est de 55 kW.

Nous avons utilisé l'application de vérification de la facturation pour simuler les conséquences d'un réajustement de la puissance souscrite à 55kW

L'ajustement de la puissance souscrite permet d'éviter le paiement de pénalités pour dépassement de puissance souscrite et le réajustement systématique que pourrait opérer la SONABEL suite à 4 dépassements constatés.

La souscription à une puissance de 55kW, engendre un surcoût de 625 295 FCFA sur le coût de la facturation. Le coût unitaire moyen du kilowattheure passe de 126 FCFA à 128 FCFA. (Voir annexe 13)

Le réajustement systématique à 60 kW (valeur normalisée) qui engendrerait un surcoût de 88 4197 FCFA. Le coût unitaire moyen du kilowattheure passe de 126 FCFA à 129 FCFA. (Voir annexe 14)

La solution idéale consiste à procéder à l'installation des condensateurs de 15kVAr au réajustement de la puissance souscrite à 55kW à la fois.

Cette opération permet un gain financier de 750 835 FCFA à condition que l'installation de la batterie de compensation soit réalisée en même temps. (Voir annexe 15)

- Le temps de retour sur investissement est de :

$$TRI = \frac{1200\,000}{750\,835} = 18 \text{ mois}$$

- Synthèse des économies d'énergie, des économies d'argent et calcul du TRI**.**

La synthèse des mesures d'économie d'énergie, des économies d'argent, ainsi que les temps de retour sur investissement est consignée dans le tableau ci-après.

Tableau N°12 : Synthèse des économies escomptées et des TRI à la DRE

Mesures	**Economie annuelle d'énergie en kWh**	**Economie Financière annuelle en FCFA**	**Investissement En FCFA**	**Temps de retour sur investissement**
Remplacement des tubes fluorescents de 36W par des lampes fluo compactes à haute efficacité lumineuse de 13W	31947,6	4 153 188	1 680 000	5 mois
Installation de détecteur de présence pour les salles techniques	1696,35	220 525	200 000	10 mois
Réajustement de la puissance souscrite à 55kW et installation d'une batterie de condensateurs de 15kVAr	-	750 835	1 200 000	18 mois
TOTAL	33643,95	5 124 548	3 080 000	

- Evaluation des économies de CO_2

L'économie de CO_2 de serre correspondant à l'économie d'énergie est :

0,8*33 643,95= 26 915,16 Kg de CO_2.

Conclusion partielle : Au regard des résultats obtenus sur les deux sites, nous pouvons conclure que les ratios de consommation énergétique sont élevés.

V. ANALYSE DES RESULTATS, COMMENTAIRES ET SUGGESTIONS

L'analyse des résultats révèle un potentiel important d'économie d'énergie sur les deux sites.

Les économies dégagées ne prennent pas en compte celles qui pourraient être réalisées suite à des actions et mesures comme les campagnes de sensibilisation, la maintenance régulière des équipements, l'optimisation du fonctionnement des climatiseurs et lampes de bureaux.

En outre, les mesures proposées sont simples à mettre en œuvre, les investissements requis sont relativement peu élevés et les temps de retour sur investissement sont courts.

En guise de suggestions, l'ONATEL-SA réaliserait d'importantes économies d'énergie et d'argent en faisant des audits énergétiques sur l'ensemble des sites où existent d'importants gisements d'économie d'énergie.

De plus à travers une politique soutenue d'économie d'énergie, l'ONATEL-SA pourrait se construire une réputation d'entreprise verte, soucieuse de la protection de l'environnement. Ce label aura incontestablement un impact très positif sur son image de marque et constituera à coup sûr un tremplin pour le recrutement de nouveaux clients et partenaires.

VI. CONCLUSION

Au terme de notre étude, il ressort que les sites audités présentent des potentiels importants de gisement d'économie d'énergie. En effet le ratio R_0 de consommation d'énergie et le coût unitaire moyen du kilowattheure sont respectivement de 644,53 KWh/m^2/an et 130FCFA pour l'Agence Commerciale des Télécommunications de Koupéla.

En ce qui concerne la Direction Régionale des Télécommunications de l'Est le ratio R est de 304 KWh/m^2/an et le coût unitaire moyen du kilowattheure est de 126FCFA.

Les mesures d'économies d'énergie et financière que nous avons préconisées à l'Agence Commerciale des Télécommunications de Koupéla permettent à l'ONATEL –SA de réaliser sur une année, une économie d'énergie de 73 205,97kWh, une économie financière de 12 300 002 FCFA et une économie de gaz carbonique de 58 564,77Kg.
L'investissement total requis est de 8 090 000 FCFA.

La mise en place des mesures d'économie d'énergie et financière préconisées à la Direction Régionale des Télécommunications de l'Est, permettent à l'ONATEL-SA de réaliser une économie d'énergie de 33 643,95kWh, une économie financière de 5 124 548 FCFA et une économie de gaz carbonique de 26 915,16Kg.

L'investissement total requis est de 3 080 000FCFA.

Au regard de ces résultats, la mise en place des mesures d'économie d'énergie est amplement justifiée.

Notons pour terminer que le succès de la mise en application du présent projet et l'obtention de résultats probants, sont liés à un engagement constant et soutenu de la part des décideurs. Ce succès est aussi tributaire d'une prise de conscience individuelle et collective de l'ensemble du personnel de l'Agence Commerciale des Télécommunications de Koupéla et de la Direction Régionale des Télécommunications de l'Est, quant à l'impérieuse nécessité de réaliser les économies escomptées.

VII. BIBLIOGRAPHIE

❖ **Ouvrages et articles**

1- Mr Yezouma COULIBALY ; Economie d'énergie et énergie renouvelable ; Plateforme de la Formation Ouverte à Distance du 2IE.

2- IEPF ; Développer son expertise pour économiser l'énergie dans les bâtiments climatisés ; PRISME, séminaire du 14 au 29 novembre 2005 à Ouagadougou ; Bibliothèque de l'IEPF.

3- Mr François GAMBONI ; Audit énergétique de l'immeuble de la Bank Of Africa ; Agence de Bobo Dioulasso ; Mémoire de fin d'études au groupe des écoles EIER-ETSHER ; Année 2003 ; Bibliothèque du 2IE.

4- Mr Galo GUIE BI ; Economie d'énergie et éclairage public de la ville de Ouagadougou ; Mémoire de fin d'étude au 2iE ; Juin 2010 ; Bibliothèque du 2IE.

5- IEPF ; Efficacité énergétique de la climatisation en région tropicale Tome 1 ; Année 2000 ; Bibliothèque de l'IEPF.

6- IEPF ; Formation d'experts conseils en efficacité énergétique pour le secteur industriel ; Sénégal ; septembre 1998 ; brochure. ; Bibliothèque de l'IEPF.

7- Mrs P. Dal Zotto - J.M Larre - A. Merlet- L. Picau ; Memotech génie énergétique ; Editions Casteilla ; 1996 ; Bibliothèque du 2IE.

8- Mr Ouattara TIEMOKO ; Application des recommandations pour l'efficacité énergétique d'un bâtiment : cas de l'immeuble Postel ; Travaux de fin d'études à EIER Ouagadougou juin 200 ; Bibliothèque du 2IE.

9- Mr NGAYE YANKOISSET Privat P ; Audit énergétique de I'EIER ; Mémoire de fin d'études à l'EIER ; Année 1998 ; Bibliothèque du 2IE.

10- Mr G. David KODJO ; Audit énergétique des bâtiments de la CNSS à Ouagadougou ; Mémoire de fin d'étude au groupe des écoles EIER-ETSHER ; année 2004 ; Bibliothèque du 2IE.

❖ Sites internet

1- http:// www.fr.wikipedia.org- 3 juin 2011

2- http://www.economiedenergie.fr -9 août 2011

3- http://www.2ie-edu.org -29 août 2011

4- http://www.arret-stop.ca/**economie**/**electricite**-consommation.html- 30juillet 2011

5- http://www.iepf.org/ -30 juillet 2011.

VIII. SOMMAIRE DES ANNEXES

Annexe 1 : Organigramme de l'ONATEL-SA……48

Annexe 2 : Organigramme de la DRE ……49

Annexe 3 : Caractéristiques de l'abonnement électrique de l'ACOTEL-KPL ……50

Annexe 4 : Caractéristiques de l'abonnement électrique de la DRE…….....51

Annexe 5 : Niveaux d'éclairement requis en fonction du type de local…….....52

Annexe 6 : Facturation de l'ACOTEL-KPL avant optimisation……...……...53

Annexe 7: Résultat de la vérification de la facturation de l'ACOTEL-KPL après installation d'une batterie de condensateurs de 30kVAr…….54

Annexe 8 : Vérification de la facturation suite à un réajustement de la puissance souscrite à 65kW…….....55

Annexe 9 : Vérification de la facturation en cas de réajustement systématique de la puissance souscrite à 75kW par SONABEL.....56

Annexe 10 : Facturation de l'ACOTEL-KPL après réajustement de la puissance souscrite à 65kW et installation des condensateurs de 30kVAr……..57

Annexe 11 : Facturation de la DRE avant optimisation……...58

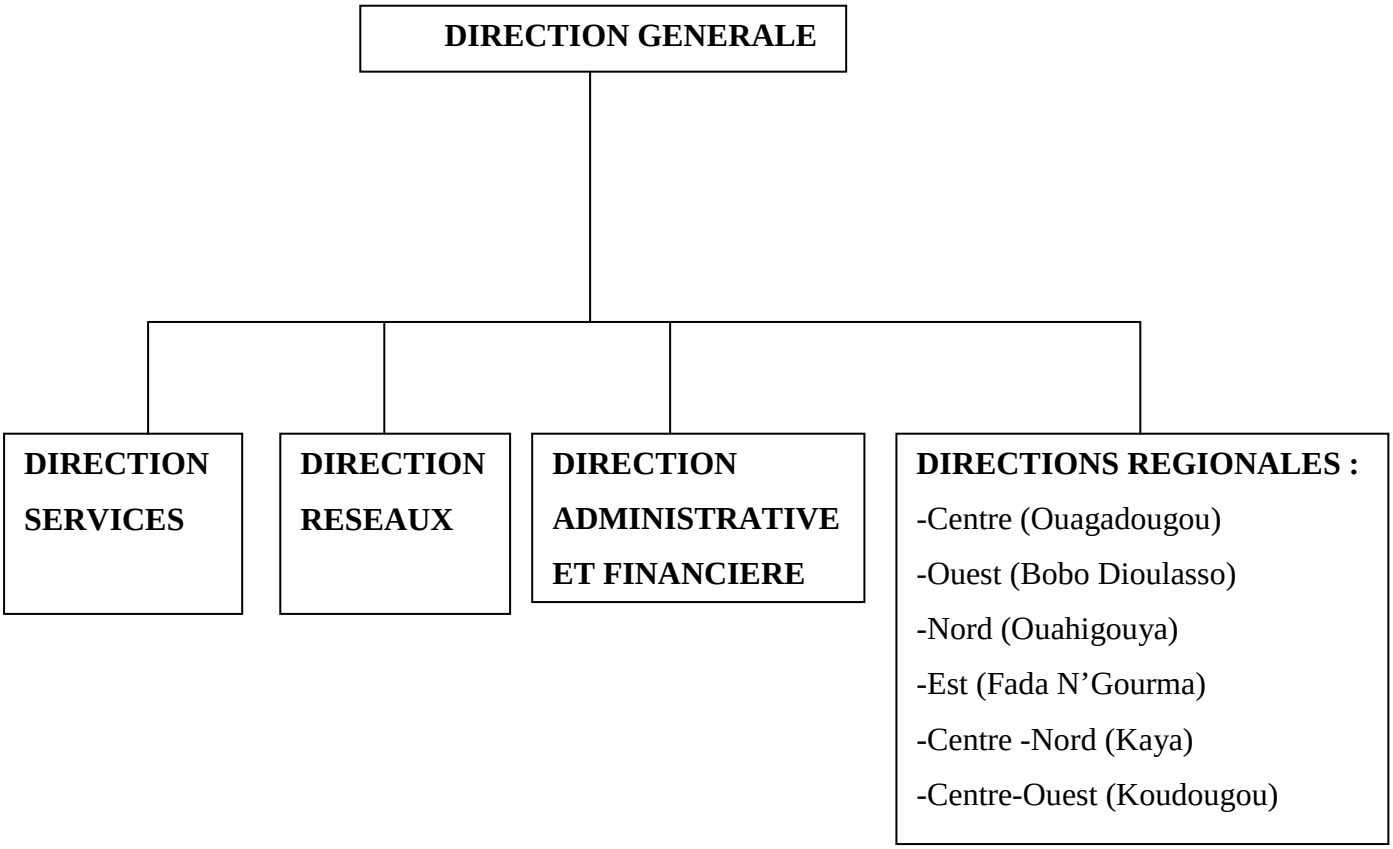
Annexe 12 : Vérification de la facturation de la DRE en prenant en compte la batterie de condensateurs de 15kVAr…….59

Annexe 13 : Facturation de la DRE avec réajustement de la puissance souscrite à 55kW…….....60

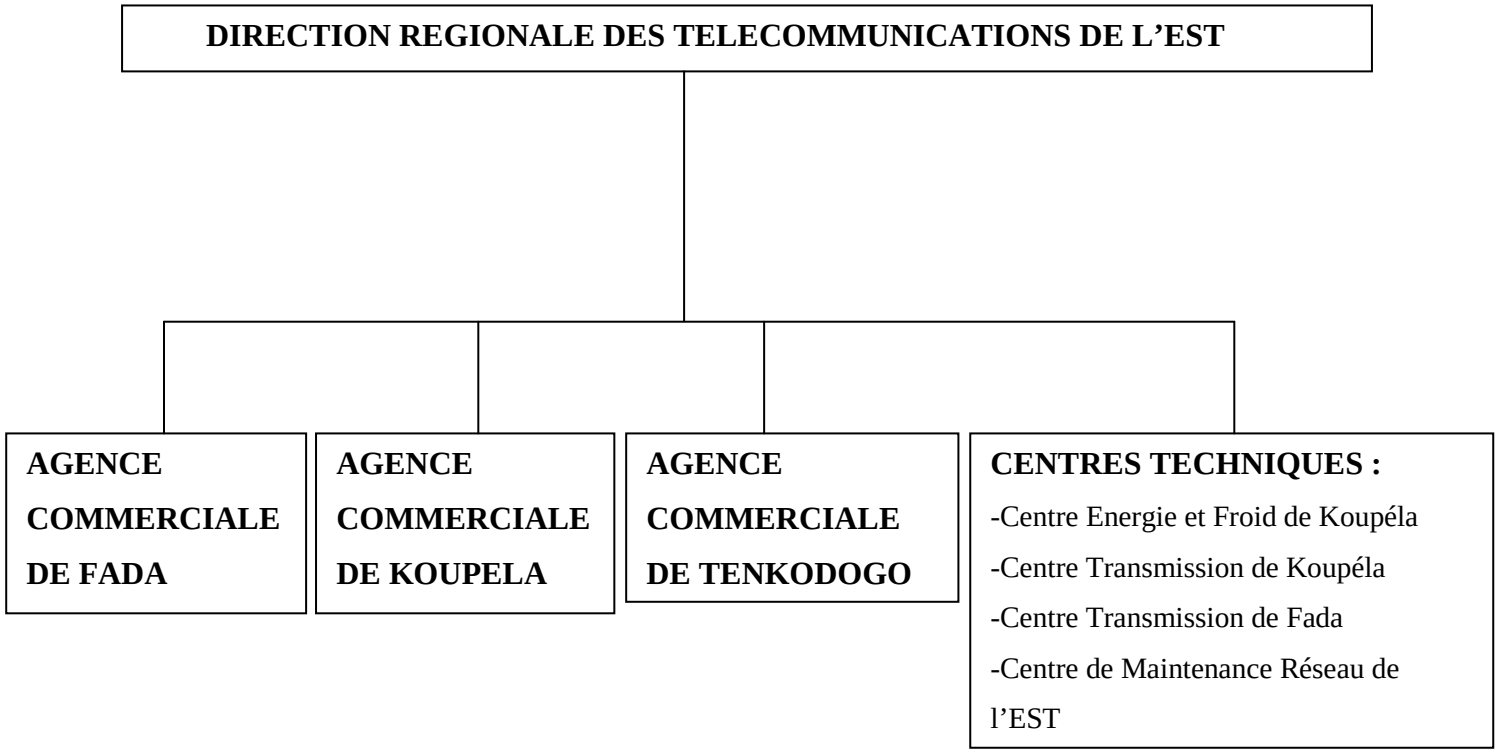
Annexe 14 : Facturation de la DRE avec réajustement systématique de la puissance souscrite à 60kW par la SONABEL……...61

Annexe 15 : Facturation de la DRE en prenant en compte la batterie de condensateurs de 15kVAr et le réajustement de la puissance souscrite à 55kW…….....62

ANNEXE 1 : Organigramme de l'ONATEL-SA



ANNEXE2 : Organigramme de la DRE



ANNEXE 3 : Caractéristiques de l'abonnement électrique de l'ACOTEL-KPL

Société d'électricité	: SONABEL
Référence d'abonnement	: 0209C
Puissance du transformateur	: 100kVA
Marque du transformateur	: TRANSFIX
Type du transformateur	: HTEP
Tension du transformateur	: 20500V/410V
Marque du transformateur de courant	: ENERDIS
Rapport de transformation	: 150/5
Marque du compteur	: Schlumberger
Type de compteur	: A12E
Puissance souscrite	: 10kW
Puissance atteinte moyenne	: 61kW
Coefficient de comptage	: 01
Batterie de compensation	: 0 kVAr
Cos φ moyen	: 0,72
Type de tarif	: E1 non industriel

ANNEXE 4 : Caractéristiques de l'abonnement électrique de la DRE

Société d'électricité	: SONABEL
Référence d'abonnement	: 794 N
Puissance du transformateur	: 100kVA
Marque du transformateur	: TRANSFIX
Type du transformateur	: HTEP
Tension du transformateur	: 20500V/410V
Marque du transformateur de courant	: ENERDIS
Rapport de transformation	: 150/5
Marque du compteur	: Schlumberger
Type de compteur	: A12E
Puissance souscrite	: 30kW
Puissance atteinte moyenne	: 51kW
Coefficient de comptage	: 01
Batterie de compensation	: 0kVAr
Cos φ moyen	: 0,86
Type de tarif	: E1 non industriel

ANNEXE N°5 : Niveaux d'éclairement requis en fonction du type de local

Nature de l'immeuble	**Type de local**	**Eclairement requis (lux)**
Habitation	Salle de bain	100
	Chambre à coucher	100
	Cuisine	200
	Salle de séjour	200
	Lecture intermittente	150
	Lecture prolongée	500
Bureaux	Travaux généraux	500
	Salle de dessin (général)	150
	Salle de dessin (tables)	1000
	Table de lecture	500
Atelier de montage	Très petites pièces	1500
	Petites pièces	1000
	Pièces moyennes	300
	Grosses pièces	200
Eclairage public	Rue éclairée	30
Cours de l'entreprise	Passage personnes et autres	50

ANNEXE 6: Facturation de l'ACOTEL-KPL avant optimisation

NOM DE L'ABONNE: ***ONATEL - KOUPELA***

NATURE DE L'ABONNEMENT **MT**
PUISSANCE DES TRANSFORMATEURS **100 kVA**
PUISSANCE SOUSCRITE **10 kW**
PUISSANCE CONDENSATEURS **0 kVAr**

PERIODE	ENER. ACTIVE HPL kWh	HPT kWh	ENER REAC. kVArh	HEURES H	PUIS. ATTEINTE kW	PROD. REAC. kVAr	CONDO MINI kVAr	CONDO MAX kVAr	PENAL. COS phi FCFA	PENAL. PUIS.S FCFA	PRIME FIXE FCFA	MONTANT ELEC HPL FCFA	HPT FCFA	TAXES TV&TVA FCFA	FACT. Calculée FCFA	FACT. SONABEL FCFA
janv-10	15 542	7 856	20 834	812	56	0	12	27	169 897	191 820	63 566	1 102 434	1 210 349	529 172	**3 097 341**	**3 097 341**
fev-10	14 140	7 175	18 796	686	56	0	12	29	147 104	191 820	63 330	998 491	1 100 407	485 530	**2 891 304**	**2 891 304**
mars-10	14 835	7 683	22 518	704	65	0	17	34	241 019	229 350	61 796	1 021 939	1 149 420	507 957	**3 025 094**	**3 025 094**
avr-10	17 862	9 499	20 839	649	66	0	10	32	69 811	233 520	60 615	1 204 071	1 390 700	596 302	**3 551 432**	**3 551 432**
mai-10	18 106	9 410	20 894	740	68	0	9	29	69 968	241 860	60 615	1 221 752	1 378 994	599 320	**3 569 206**	**3 569 206**
juin-10	17 875	9 492	21 249	657	71	0	10	33	85 328	254 370	60 969	1 212 097	1 397 963	602 892	**3 594 536**	**3 594 536**
juil-10	17 253	8 745	21 764	694	61	0	12	32	129 337	212 670	62 150	1 193 580	1 313 937	573 879	**3 419 200**	**3 419 200**
aout-10	15 614	7 668	20 045	771	61	0	11	28	146 276	212 670	62 976	1 096 774	1 169 745	524 182	**3 122 864**	**3 122 864**
sept-10	14 179	6 901	19 494	700	51	0	13	30	178 118	170 970	64 334	1 017 450	1 075 418	480 318	**2 859 662**	**2 859 662**
oct-10	13 913	7 071	19 219	778	56	0	12	27	172 980	191 820	64 157	996 840	1 100 259	484 630	**2 888 708**	**2 888 708**
nov-10	15 232	8 107	20 686	655	56	0	14	33	161 877	191 820	63 330	1 074 236	1 241 798	529 455	**3 157 206**	**3 157 206**
déc-10	15 836	8 754	20 713	734	61	0	12	30	141 048	212 670	62 563	1 103 960	1 325 323	556 520	**3 320 668**	**3 320 668**
TOTAL	**190 387**	**98 361**	**247 051**	**8 580**					**1 712 763**	**2 535 360**	**750 401**	**13 243 624**	**14 854 313**	**6 470 157**	**38 497 221**	**38 497 221**
MOY.	**15 866**	**8 197**	**20 588**	**715**	**61**	**0**	**12**	**30**	**142 730**	**211 280**	**62 533**	**1 103 635**	**1 237 859**	**539 180**	**3 208 102**	**3 208 102**

REPARTITION MONTANT FACTURE :	**4%**	**7%**	**2%**	**34%**	**39%**	**17%**
PENALITES DIVERSES	**4 248 123**	**FCFA**	**SOIT**	**11,0%**	**DE LA FACTURE**	
COÛT MOYEN DU KWh =	**130**	**FCFA**				
FACTEUR DE PUISSANCE MOYEN COS PHI=	**0,725**					
DIFFRENCE DE FACTURATION	***0***	**FCFA**				

ANNEXE 7 : Résultat de la vérification de la facturation de l'ACOTEL-KPL après installation des condensateurs de 30kVAr**.**

NOM DE L'ABONNE: ***ONATEL - KOUPELA***

NATURE DE L'ABONNEMENT **MT**
PUISSANCE DES TRANSFORMATEURS **100 kVA**
PUISSANCE SOUSCRITE **10 kW**
PUISSANCE CONDENSATEURS **30 kVAr**

PERIODE	ENER. ACTIVE HPL	ENER. ACTIVE HPT	ENER REAC.	HEURES	PUIS. ATTEINTE	PROD. REAC.	CONDO MINI	CONDO MAX	PENAL. COS phi	PENAL. PUIS.S	PRIME FIXE	MONTANT ELEC HPL	MONTANT ELEC HPT	TAXES TV&TVA	FACT. Calculée	FACT. SONABEL
	kWh	kWh	kVArh	H	kW	kVAr	kVAr	kVAr	FCFA	FCFA	FCFA	FCFA	FCFA	FCFA	FCFA	FCFA
janv-10	15 542	7 856	20 834	812	56	24 360	0	0	0	191 820	54 300	941 727	1 033 910	466 818	**2 688 575**	**3 097 341**
fev-10	14 140	7 175	18 796	686	56	20 580	0	0	0	191 820	54 595	860 768	948 626	431 847	**2 539 382**	**2 891 304**
mars-10	14 835	7 683	22 518	704	65	21 120	0	2	0	229 350	61 796	1 021 939	1 149 420	507 957	**3 025 094**	**3 025 094**
avr-10	17 862	9 499	20 839	649	66	19 470	0	0	0	233 520	55 657	1 105 588	1 276 952	557 208	**3 295 149**	**3 551 432**
mai-10	18 106	9 410	20 894	740	68	22 200	0	0	0	241 860	54 772	1 103 978	1 246 063	553 141	**3 266 479**	**3 569 206**
juin-10	17 875	9 492	21 249	657	71	19 710	0	0	0	254 370	55 657	1 106 494	1 276 166	561 004	**3 319 936**	**3 594 536**
juil-10	17 253	8 745	21 764	694	61	20 820	0	0	0	212 670	55 598	1 067 761	1 175 430	525 121	**3 099 564**	**3 419 200**
aout-10	15 614	7 668	20 045	771	61	23 130	0	0	0	212 670	54 300	945 672	1 008 590	466 414	**2 744 163**	**3 122 864**
sept-10	14 179	6 901	19 494	700	51	21 000	0	0	0	170 970	54 772	866 232	915 585	422 607	**2 481 338**	**2 859 662**
oct-10	13 913	7 071	19 219	778	56	23 340	0	0	0	191 820	54 300	843 692	931 222	424 863	**2 496 899**	**2 888 708**
nov-10	15 232	8 107	20 686	655	56	19 650	0	1	0	191 820	55 775	946 089	1 093 662	478 364	**2 822 277**	**3 157 206**
déc-10	15 836	8 754	20 713	734	61	22 020	0	0	0	212 670	54 772	966 486	1 160 283	500 665	**2 954 508**	**3 320 668**
TOTAL	**190 387**	**98 361**	**247 051**	**8 580**					**0**	**2 535 360**	**666 294**	**11 776 426**	**13 215 909**	**5 896 009**	**34 733 364**	**38 497 221**
MOY.	**15 866**	**8 197**	**20 588**	**715**	**61**	**21 450**	**0**	**0**	**0**	**211 280**	**55 525**	**981 369**	**1 101 326**	**491 334**	**2 894 447**	**3 208 102**

REPARTITION MONTANT FACTURE :			**0%**	**7%**	**2%**	**34%**	**38%**	**17%**
PENALITES DIVERSES			**2 535 360**	**FCFA**	**SOIT**	**7,3%**	**DE LA FACTURE**	
COÛT MOYEN DU KWh	=		**117**	**FCFA**				
FACTEUR DE PUISSANCE MOYEN	COS PHI=		**0,998**					
DIFFRENCE DE FACTURATION			***3 763 857***	**FCFA**				

ANNEXE8 : Vérification de la facturation suite à un réajustement de la puissance souscrite à 65kW.

NOM DE L'ABONNE: ***ONATEL - KOUPELA***

NATURE DE L'ABONNEMENT **MT**
PUISSANCE DES TRANSFORMATEURS **100 kVA**
PUISSANCE SOUSCRITE **65 kW**
PUISSANCE CONDENSATEURS **0 kVAr**

PERIODE	ENER. ACTIVE HPL kWh	ENER. ACTIVE HPT kWh	ENER REAC. kVArh	HEURES H	PUIS. ATTEINTE kW	PROD. REAC. kVAr	CONDO MINI kVAr	CONDO MAX kVAr	PENAL. COS phi FCFA	PENAL. PUIS.S FCFA	PRIME FIXE FCFA	MONTANT ELEC HPL FCFA	MONTANT ELEC HPT FCFA	TAXES TV&TVA FCFA	FACT. Calculée FCFA	FACT. SONABEL FCFA
janv-10	15 542	7 856	20 834	812	56	0	12	27	194 893	0	413 181	1 102 434	1 210 349	557 575	**3 283 539**	**3 097 341**
fev-10	14 140	7 175	18 796	686	56	0	12	29	170 801	0	411 647	998 491	1 100 407	513 699	**3 075 970**	**2 891 304**
mars-10	14 835	7 683	22 518	704	65	0	17	34	277 701	0	61 796	1 021 939	1 149 420	466 674	**2 754 461**	**3 025 094**
avr-10	17 862	9 499	20 839	649	66	0	10	32	78 575	4 170	393 999	1 204 071	1 390 700	615 028	**3 674 192**	**3 551 432**
mai-10	18 106	9 410	20 894	740	68	0	9	29	78 732	12 510	393 999	1 221 752	1 378 994	618 046	**3 691 966**	**3 569 206**
juin-10	17 875	9 492	21 249	657	71	0	10	33	96 041	25 020	396 301	1 212 097	1 397 963	621 969	**3 719 595**	**3 594 536**
juil-10	17 253	8 745	21 764	694	61	0	12	32	146 542	0	403 974	1 193 580	1 313 937	597 127	**3 571 602**	**3 419 200**
aout-10	15 614	7 668	20 045	771	61	0	11	28	168 025	0	409 345	1 096 774	1 169 745	548 248	**3 280 629**	**3 122 864**
sept-10	14 179	6 901	19 494	700	51	0	13	30	207 333	0	418 169	1 017 450	1 075 418	513 233	**3 075 442**	**2 859 662**
oct-10	13 913	7 071	19 219	778	56	0	12	27	201 222	0	417 018	996 840	1 100 259	513 618	**3 078 737**	**2 888 708**
nov-10	15 232	8 107	20 686	655	56	0	14	33	185 574	0	411 647	1 074 236	1 241 798	557 624	**3 341 872**	**3 157 206**
Déc-10	15 836	8 754	20 713	734	61	0	12	30	160 525	0	406 659	1 103 960	1 325 323	580 177	**3 475 751**	**3 320 668**
TOTAL	**190 387**	**98 361**	**247 051**	**8 580**					**1 965 964**	**41 700**	**4 537 735**	**13 243 624**	**14 854 313**	**6 703 018**	**40 023 756**	**38 497 221**
MOY.	**15 866**	**8 197**	**20 588**	**715**	**61**	**0**	**12**	**30**	**163 830**	**3 475**	**378 145**	**1 103 635**	**1 237 859**	**558 585**	**3 335 313**	**3 208 102**
REPARTITION MONTANT FACTURE :									**5%**	**0%**	**11%**	**33%**	**37%**	**17%**		
PENALITES DIVERSES									**2 007 664**	**FCFA**	**SOIT**	**5,0%**	**DE LA FACTURE**			
COÛT MOYEN DU KWh				=					**135**	**FCFA**						
FACTEUR DE PUISSANCE MOYEN				COS PHI=					**0,725**							
DIFFRENCE DE FACTURATION									***-1 526 535***	**FCFA**						

ANNEXE9: Vérification de la facturation en cas de réajustement systématique de la puissance souscrite à 75kW par SONABEL

NOM DE L'ABONNE: ***ONATEL - KOUPELA***

NATURE DE L'ABONNEMENT **MT**
PUISSANCE DES TRANSFORMATEURS **100 kVA**
PUISSANCE SOUSCRITE **75 kW**
PUISSANCE CONDENSATEURS **0 kVAr**
TARIFICATION

PERIODE	ENER. ACTIVE HPL kWh	ENER. ACTIVE HPT kWh	ENER REAC. kVArh	HEURES H	PUIS. ATTEINTE kW	PROD. REAC. kVAr	CONDO MINI kVAr	CONDO MAX kVAr	PENAL. COS phi FCFA	PENAL. PUIS.S FCFA	PRIME FIXE FCFA	MONTANT ELEC HPL FCFA	MONTANT ELEC HPT FCFA	TAXES TV&TVA FCFA	FACT. Calculée FCFA	FACT. SONABEL FCFA
janv-10	15 542	7 856	20 834	812	56	0	12	27	199 437	0	476 748	1 102 434	1 210 349	569 017	**3 358 548**	**3 097 341**
fev-10	14 140	7 175	18 796	686	56	0	12	29	175 110	0	474 977	998 491	1 100 407	525 099	**3 150 700**	**2 891 304**
mars-10	14 835	7 683	22 518	704	65	0	17	34	284 370	0	61 796	1 021 939	1 149 420	466 674	**2 754 461**	**3 025 094**
avr-10	17 862	9 499	20 839	649	66	0	10	32	80 169	0	454 614	1 204 071	1 390 700	625 188	**3 740 797**	**3 551 432**
mai-10	18 106	9 410	20 894	740	68	0	9	29	80 326	0	454 614	1 221 752	1 378 994	626 705	**3 748 730**	**3 569 206**
juin-10	17 875	9 492	21 249	657	71	0	10	33	97 988	0	457 270	1 212 097	1 397 963	628 439	**3 762 014**	**3 594 536**
juil-10	17 253	8 745	21 764	694	61	0	12	32	149 670	0	466 124	1 193 580	1 313 937	608 314	**3 644 939**	**3 419 200**
aout-10	15 614	7 668	20 045	771	61	0	11	28	171 980	0	472 321	1 096 774	1 169 745	559 583	**3 354 940**	**3 122 864**
sept-10	14 179	6 901	19 494	700	51	0	13	30	212 645	0	482 502	1 017 450	1 075 418	524 813	**3 151 355**	**2 859 662**
oct-10	13 913	7 071	19 219	778	56	0	12	27	206 357	0	481 174	996 840	1 100 259	525 166	**3 154 441**	**2 888 708**
nov-10	15 232	8 107	20 686	655	56	0	14	33	189 882	0	474 977	1 074 236	1 241 798	569 024	**3 416 602**	**3 157 206**
déc-10	15 836	8 754	20 713	734	61	0	12	30	164 066	0	469 222	1 103 960	1 325 323	591 438	**3 549 575**	**3 320 668**
TOTAL	**190 387**	**98 361**	**247 051**	**8 580**					**2 012 000**	**0**	**5 226 339**	**13 243 624**	**14 854 313**	**6 819 460**	**40 787 102**	**38 497 221**
MOY.	**15 866**	**8 197**	**20 588**	**715**	**61**	**0**	**12**	**30**	**167 667**	**0**	**435 528**	**1 103 635**	**1 237 859**	**568 288**	**3 398 925**	**3 208 102**
REPARTITION MONTANT FACTURE :									**5%**	**0%**	**13%**	**32%**	**36%**	**17%**		
PENALITES DIVERSES									**2 012 000**	**FCFA**	**SOIT**	**4,9%**	**DE LA FACTURE**			
COÛT MOYEN DU KWh				=					**137**	**FCFA**						
FACTEUR DE PUISSANCE MOYEN				COS PHI=					**0,725**							
DIFFRENCE DE FACTURATION									***-2 289 881***	**FCFA**						

ANNEXE 10 : Facturation de l'ACOTEL-KPL après réajustement de la puissance souscrite à 65kW et installation de condensateurs de 30kVAr.

NOM DE L'ABONNE: ***ONATEL - KOUPELA***

NATURE DE L'ABONNEMENT	**MT**	
PUISSANCE DES TRANSFORMATEURS	**100**	**kVA**
PUISSANCE SOUSCRITE	**65**	**kW**
PUISSANCE CONDENSATEURS	**30**	**kVAr**

PERIODE	ENER. ACTIVE HPL kWh	ENER. ACTIVE HPT kWh	ENER REAC. kVArh	HEURES H	PUIS. ATTEINTE kW	PROD. REAC. kVAr	CONDO MINI kVAr	CONDO MAX kVAr	PENAL. COS phi FCFA	PENAL. PUIS.S FCFA	PRIME FIXE FCFA	MONTANT ELEC HPL FCFA	MONTANT ELEC HPT FCFA	TAXES TV&TVA FCFA	FACT. Calculée FCFA	FACT. SONABEL FCFA
janv-10	15 542	7 856	20 834	812	56	24 360	0	0	0	0	352 950	941 727	1 033 910	486 047	**2 814 634**	**3 097 341**
fev-10	14 140	7 175	18 796	686	56	20 580	0	0	0	0	354 868	860 768	948 626	451 368	**2 667 356**	**2 891 304**
mars-10	14 835	7 683	22 518	704	65	21 120	0	2	0	0	61 796	1 021 939	1 149 420	466 674	**2 754 461**	**3 025 094**
avr-10	17 862	9 499	20 839	649	66	19 470	0	0	0	4 170	361 773	1 105 588	1 276 952	571 026	**3 385 733**	**3 551 432**
mai-10	18 106	9 410	20 894	740	68	22 200	0	0	0	12 510	356 019	1 103 978	1 246 063	566 083	**3 351 318**	**3 569 206**
juin-10	17 875	9 492	21 249	657	71	19 710	0	0	0	25 020	361 773	1 106 494	1 276 166	574 822	**3 410 520**	**3 594 536**
juil-10	17 253	8 745	21 764	694	61	20 820	0	0	0	0	361 390	1 067 761	1 175 430	541 883	**3 209 448**	**3 419 200**
aout-10	15 614	7 668	20 045	771	61	23 130	0	0	0	0	352 950	945 672	1 008 590	481 890	**2 845 619**	**3 122 864**
sept-10	14 179	6 901	19 494	700	51	21 000	0	0	0	0	356 019	866 232	915 585	446 057	**2 635 065**	**2 859 662**
oct-10	13 913	7 071	19 219	778	56	23 340	0	0	0	0	352 950	843 692	931 222	444 092	**2 622 958**	**2 888 708**
nov-10	15 232	8 107	20 686	655	56	19 650	0	1	0	0	362 541	946 089	1 093 662	499 054	**2 957 913**	**3 157 206**
dec-10	15 836	8 754	20 713	734	61	22 020	0	0	0	0	356 019	966 486	1 160 283	516 609	**3 059 029**	**3 320 668**
TOTAL	**190 387**	**98 361**	**247 051**	**8 580**					**0**	**41 700**	**3 991 048**	**11 776 426**	**13 215 909**	**6 045 605**	**35 714 054**	**38 497 221**
MOY.	**15 866**	**8 197**	**20 588**	**715**	**61**	**21 450**	**0**	**0**	**0**	**3 475**	**332 587**	**981 369**	**1 101 326**	**503 800**	**2 976 171**	**3 208 102**
REPARTITION MONTANT FACTURE :									**0%**	**0%**	**11%**	**33%**	**37%**	**17%**		
PENALITES DIVERSES									**41 700**	**FCFA**	**SOIT**	**0,1%**	**DE LA FACTURE**			
COÛT MOYEN DU KWh					=				**120**	**FCFA**						
FACTEUR DE PUISSANCE MOYEN					COS PHI=				**0,998**							
DIFFRENCE DE FACTURATION									***2 783 167***	**FCFA**						

ANNEXE 11 : Facturation de la DRE avant optimisation

NOM DE L'ABONNE: ***ONATEL - FADA***

NATURE DE L'ABONNEMENT **MT**
PUISSANCE DES TRANSFORMATEURS **100 kVA**
PUISSANCE SOUSCRITE **30 kW**
PUISSANCE CONDENSATEURS **0 kVAr**

PERIODE	ENER. ACTIVE HPL kWh	ENER. ACTIVE HPT kWh	ENER REAC. kVArh	HEURES H	PUIS. ATTEINTE kW	PROD. REAC. kVAr	CONDO MINI kVAr	CONDO MAX kVAr	PENAL. COS phi FCFA	PENAL. PUIS.S FCFA	PRIME FIXE FCFA	MONTANT ELEC HPL FCFA	MONTANT ELEC HPT FCFA	TAXES TV&TVA FCFA	FACT. Calculée FCFA	FACT. SONABEL FCFA
janv-10	13 557	7 248	11 841	844	46	0	0	13	0	66 720	177 065	893 440	1 037 357	452 058	**2 626 640**	**2 626 640**
fev-10	13 441	6 943	11 714	606	49	0	0	18	0	79 230	177 065	884 032	991 765	443 289	**2 624 818**	**2 624 818**
mars-10	12 877	6 762	11 136	838	53	0	0	13	0	95 910	61 796	1 021 939	1 149 420	477 049	**2 571 843**	**2 571 843**
avr-10	13 553	7 673	10 712	658	57	0	0	14	0	112 590	177 065	891 584	1 096 293	471 521	**2 800 544**	**2 800 544**
mai-10	14 341	7 936	10 979	675	59	0	0	14	0	120 930	177 065	943 296	1 133 684	491 603	**2 920 610**	**2 920 610**
juin-10	17 844	8 099	11 542	723	58	0	0	14	0	116 760	177 065	1 173 184	1 156 480	545 199	**2 980 868**	**2 980 868**
juil-10	13 428	7 542	11 445	818	54	0	0	13	0	100 080	177 065	884 672	1 079 196	464 403	**2 756 361**	**2 756 361**
aout-10	12 223	6 554	10 314	698	48	0	0	14	0	75 060	177 065	804 992	937 555	414 718	**2 454 992**	**2 454 992**
sept-10	11 784	6 404	10 116	608	46	0	0	15	0	66 720	177 065	775 552	915 454	402 479	**2 381 411**	**2 381 411**
oct-10	10 939	6 139	9 629	652	48	0	0	14	0	75 060	177 065	720 576	878 341	384 746	**2 277 273**	**2 277 273**
nov-10	12 226	7 114	10 442	838	48	0	0	12	0	75 060	177 065	806 144	1 018 731	430 958	**2 554 981**	**2 554 981**
dec-10	11 921	7 068	9 660	634	50	0	0	14	0	83 400	177 065	784 576	1 010 252	426 111	**2 527 488**	**2 527 488**
TOTAL	**158 134**	**85 482**	**129 530**	**8 592**					**0**	**1 067 520**	**2 009 511**	**10 583 987**	**12 404 528**	**5 404 134**	**31 477 829**	**31 477 829**
MOY.	**13 178**	**7 124**	**10 794**	**716**	**51**	**0**	**0**	**14**	**0**	**88 960**	**167 459**	**881 999**	**1 033 711**	**450 345**	**2 623 152**	**2 623 152**
REPARTITION MONTANT FACTURE :									**0%**	**3%**	**6%**	**34%**	**39%**	**17%**		
PENALITES DIVERSES									**1 067 520**	**FCFA**	**SOIT**	**3,4%**	**DE LA FACTURE**			
COÛT MOYEN DU KWh =									**126**	**FCFA**						
FACTEUR DE PUISSANCE MOYEN COS PHI=									**0,861**							
DIFFRENCE DE FACTURATION									***0***	**FCFA**						

ANNEXE 12 : Vérification de la facturation de la DRE en prenant en compte les condensateurs de 15kVAr

NOM DE L'ABONNE: ***ONATEL - FADA***

NATURE DE L'ABONNEMENT **MT**
PUISSANCE DES TRANSFORMATEURS **100 kVA**
PUISSANCE SOUSCRITE **30 kW**
PUISSANCE CONDENSATEURS **15 kVAr**
TARIFICATION

PERIODE	ENER. ACTIVE HPL kWh	ENER. ACTIVE HPT kWh	ENER REAC. kVArh	HEURES H	PUIS. ATTEINTE kW	PROD. REAC. kVAr	CONDO MINI kVAr	CONDO MAX kVAr	PENAL. COS phi FCFA	PENAL. PUIS.S FCFA	PRIME FIXE FCFA	MONTANT ELEC HPL FCFA	MONTANT ELEC HPT FCFA	TAXES TV&TVA FCFA	FACT. Calculée FCFA	FACT. SONABEL FCFA
janv-10	13 557	7 248	11 841	844	46	12 660	0	0	0	66 720	164 139	828 219	961 630	424 361	**2 445 069**	**2 626 640**
fev-10	13 441	6 943	11 714	606	49	9 090	0	2	0	79 230	168 566	841 598	944 160	425 552	**2 508 543**	**2 624 818**
mars-10	12 877	6 762	11 136	838	53	12 570	0	0	0	95 910	61 796	1 021 939	1 149 420	477 049	**2 571 843**	**2 571 843**
avr-10	13 553	7 673	10 712	658	57	9 870	0	0	0	112 590	165 910	835 414	1 027 227	446 971	**2 800 544**	**2 800 544**
mai-10	14 341	7 936	10 979	675	59	10 125	0	0	0	120 930	165 910	883 868	1 062 262	466 042	**2 753 044**	**2 920 610**
juin-10	17 844	8 099	11 542	723	58	10 845	0	0	0	116 760	165 202	1 094 581	1 078 996	514 968	**2 980 868**	**2 980 868**
juil-10	13 428	7 542	11 445	818	54	12 270	0	0	0	100 080	164 139	820 091	1 000 415	436 271	**2 571 941**	**2 756 361**
aout-10	12 223	6 554	10 314	698	48	10 470	0	0	0	75 060	165 025	750 253	873 801	391 222	**2 300 963**	**2 454 992**
sept-10	11 784	6 404	10 116	608	46	9 120	0	0	0	66 720	166 441	729 019	860 527	382 304	**2 249 152**	**2 381 411**
oct-10	10 939	6 139	9 629	652	48	9 780	0	0	0	75 060	165 025	671 577	818 614	363 009	**2 277 273**	**2 277 273**
nov-10	12 226	7 114	10 442	838	48	12 570	0	0	0	75 060	162 900	741 652	937 233	402 130	**2 365 998**	**2 554 981**
dec-10	11 921	7 068	9 660	634	50	9 510	0	0	0	83 400	165 025	731 225	941 555	401 975	**2 369 264**	**2 527 488**
TOTAL	**158 134**	**85 482**	**129 530**	**8 592**					**0**	**1 067 520**	**1 880 078**	**9 949 436**	**11 655 840**	**5 131 854**	**30 194 502**	**31 477 829**
MOY.	**13 178**	**7 124**	**10 794**	**716**	**51**	**10 740**	**0**	**0**	**0**	**88 960**	**156 673**	**829 120**	**971 320**	**427 655**	**2 516 209**	**2 623 152**

REPARTITION MONTANT FACTURE :			**0%**	**4%**	**6%**	**33%**	**39%**	**17%**
PENALITES DIVERSES			**1 067 520**	**FCFA**	**SOIT**	**3,5%**	**DE LA FACTURE**	
COÛT MOYEN DU KWh	=		**120**	**FCFA**				
FACTEUR DE PUISSANCE MOYEN	COS PHI=		**0,998**					
DIFFRENCE DE FACTURATION			***1 283 327***	**FCFA**				

ANNEXE13 : Facturation de la DRE avec réajustement de la puissance souscrite à 55kW

NOM DE L'ABONNE: ***ONATEL - FADA***

NATURE DE L'ABONNEMENT	**MT**	
PUISSANCE DES TRANSFORMATEURS	**100**	**kVA**
PUISSANCE SOUSCRITE	**55**	**kW**
PUISSANCE CONDENSATEURS	**0**	**kVAr**

PERIODE	ENER. ACTIVE HPL kWh	HPT kWh	ENER REAC. kVArh	HEURES H	PUIS. ATTEINTE kW	PROD. REAC. kVAr	CONDO MINI kVAr	CONDO MAX kVAr	PENAL. COS phi FCFA	PENAL. PUIS.S FCFA	PRIME FIXE FCFA	MONTANT ELEC HPL FCFA	HPT FCFA	TAXES TV&TVA FCFA	FACT. Calculée FCFA	FACT. SONABEL FCFA
janv-10	13 557	7 248	11 841	844	46	0	0	13	0	0	324 619	893 440	1 037 357	466 608	**2 722 024**	**2 626 640**
fev-10	13 441	6 943	11 714	606	49	0	0	18	0	0	324 619	884 032	991 765	455 587	**2 705 440**	**2 624 818**
mars-10	12 877	6 762	11 136	838	53	0	0	13	0	0	61 796	1 021 939	1 149 420	459 786	**2 571 843**	**2 571 843**
avr-10	13 553	7 673	10 712	658	57	0	0	14	0	8 340	324 619	891 584	1 096 293	479 316	**2 800 544**	**2 800 544**
mai-10	14 341	7 936	10 979	675	59	0	0	14	0	16 680	324 619	943 296	1 133 684	499 397	**2 971 708**	**2 920 610**
juin-10	17 844	8 099	11 542	723	58	0	0	14	0	12 510	324 619	1 173 184	1 156 480	552 994	**2 980 868**	**2 980 868**
juil-10	13 428	7 542	11 445	818	54	0	0	13	0	0	324 619	884 672	1 079 196	472 948	**2 812 380**	**2 756 361**
aout-10	12 223	6 554	10 314	698	48	0	0	14	0	0	324 619	804 992	937 555	427 767	**2 540 535**	**2 454 992**
sept-10	11 784	6 404	10 116	608	46	0	0	15	0	0	324 619	775 552	915 454	417 029	**2 476 795**	**2 381 411**
oct-10	10 939	6 139	9 629	652	48	0	0	14	0	0	324 619	720 576	878 341	397 795	**2 277 273**	**2 277 273**
nov-10	12 226	7 114	10 442	838	48	0	0	12	0	0	324 619	806 144	1 018 731	444 007	**2 640 524**	**2 554 981**
dec-10	11 921	7 068	9 660	634	50	0	0	14	0	0	324 619	784 576	1 010 252	437 659	**2 603 190**	**2 527 488**
TOTAL	**158 134**	**85 482**	**129 530**	**8 592**					**0**	**37 530**	**3 632 605**	**10 583 987**	**12 404 528**	**5 510 893**	**32 103 124**	**31 477 829**
MOY.	**13 178**	**7 124**	**10 794**	**716**	**51**	**0**	**0**	**14**	**0**	**3 128**	**302 717**	**881 999**	**1 033 711**	**459 241**	**2 675 260**	**2 623 152**
REPARTITION MONTANT FACTURE :									**0%**	**0%**	**11%**	**33%**	**39%**	**17%**		
PENALITES DIVERSES									**37 530**	**FCFA**	**SOIT**	**0,1%**	**DE LA FACTURE**			
COÛT MOYEN DU KWh				=					**128**	**FCFA**						
FACTEUR DE PUISSANCE MOYEN				COS PHI=					**0,861**							
DIFFRENCE DE FACTURATION									***-625 295***	**FCFA**						

ANNEXE14 : Facturation de la DRE avec réajustement systématique de la puissance souscrite à 60kW par la SONABEL

NOM DE L'ABONNE: ***ONATEL - FADA***

NATURE DE L'ABONNEMENT **MT**
PUISSANCE DES TRANSFORMATEURS **100 kVA**
PUISSANCE SOUSCRITE **60 kW**
PUISSANCE CONDENSATEURS **0 kVAr**
TARIFICATION

PERIODE	ENER. ACTIVE HPL kWh	HPT kWh	ENER REAC. kVArh	HEURES H	PUIS. ATTEINTE kW	PROD. REAC. kVAr	CONDO MINI kVAr	CONDO MAX kVAr	PENAL. COS phi FCFA	PENAL. PUIS.S FCFA	PRIME FIXE FCFA	MONTANT ELEC HPL FCFA	HPT FCFA	TAXES TV&TVA FCFA	FACT. Calculée FCFA	FACT. SONABEL FCFA
janv-10	13 557	7 248	11 841	844	46	0	0	13	0	0	354 130	893 440	1 037 357	471 920	**2 756 847**	**2 626 640**
fev-10	13 441	6 943	11 714	606	49	0	0	18	0	0	354 130	884 032	991 765	460 899	**2 740 263**	**2 624 818**
mars-10	12 877	6 762	11 136	838	53	0	0	13	0	0	61 796	1 021 939	1 149 420	459 786	**2 571 843**	**2 571 843**
avr-10	13 553	7 673	10 712	658	57	0	0	14	0	0	354 130	891 584	1 096 293	483 127	**2 800 544**	**2 800 544**
mai-10	14 341	7 936	10 979	675	59	0	0	14	0	0	354 130	943 296	1 133 684	501 707	**2 986 849**	**2 920 610**
juin-10	17 844	8 099	11 542	723	58	0	0	14	0	0	354 130	1 173 184	1 156 480	556 054	**2 980 868**	**2 980 868**
juil-10	13 428	7 542	11 445	818	54	0	0	13	0	0	354 130	884 672	1 079 196	478 260	**2 847 203**	**2 756 361**
aout-10	12 223	6 554	10 314	698	48	0	0	14	0	0	354 130	804 992	937 555	433 079	**2 575 358**	**2 454 992**
sept-10	11 784	6 404	10 116	608	46	0	0	15	0	0	354 130	775 552	915 454	422 341	**2 511 618**	**2 381 411**
oct-10	10 939	6 139	9 629	652	48	0	0	14	0	0	354 130	720 576	878 341	403 107	**2 277 273**	**2 277 273**
nov-10	12 226	7 114	10 442	838	48	0	0	12	0	0	354 130	806 144	1 018 731	449 319	**2 675 347**	**2 554 981**
dec-10	11 921	7 068	9 660	634	50	0	0	14	0	0	354 130	784 576	1 010 252	442 971	**2 638 013**	**2 527 488**
TOTAL	**158 134**	**85 482**	**129 530**	**8 592**					**0**	**0**	**3 957 226**	**10 583 987**	**12 404 528**	**5 562 570**	**32 362 026**	**31 477 829**
MOY.	**13 178**	**7 124**	**10 794**	**716**	**51**	**0**	**0**	**14**	**0**	**0**	**329 769**	**881 999**	**1 033 711**	**463 548**	**2 696 836**	**2 623 152**
REPARTITION MONTANT FACTURE :									**0%**	**0%**	**12%**	**33%**	**38%**	**17%**		
PENALITES DIVERSES									**0**	**FCFA**	**SOIT**	**0,0%**	**DE LA FACTURE**			
COÛT MOYEN DU KWh =									**129**	**FCFA**						
FACTEUR DE PUISSANCE MOYEN COS PHI=									**0,861**							
DIFFRENCE DE FACTURATION									***-884 197***	**FCFA**						

ANNEXE 15 : Facturation de la DRE en prenant en compte la batterie de condensateurs de 15kVAr et le réajustement de la puissance souscrite à 55kW.

NOM DE L'ABONNE: ***ONATEL - FADA***

NATURE DE L'ABONNEMENT **MT**
PUISSANCE DES TRANSFORMATEURS **100 kVA**
PUISSANCE SOUSCRITE **55 kW**
PUISSANCE CONDENSATEURS **15 kVAr**
TARIFICATION

PERIODE	ENER. ACTIVE HPL kWh	ENER. ACTIVE HPT kWh	ENER REAC. kVArh	HEURES H	PUIS. ATTEINTE kW	PROD. REAC. kVAr	CONDO MINI kVAr	CONDO MAX kVAr	PENAL. COS phi FCFA	PENAL. PUIS.S FCFA	PRIME FIXE FCFA	MONTANT ELEC HPL FCFA	MONTANT ELEC HPT FCFA	TAXES TV&TVA FCFA	FACT. Calculée FCFA	FACT. SONABEL FCFA	Rep.h.pl. kWh
janv-10	13 557	7 248	11 841	844	46	12 660	0	0	0	0	300 922	828 219	961 630	436 972	**2 527 743**	**2 626 640**	403
fev-10	13 441	6 943	11 714	606	49	9 090	0	2	0	0	309 037	841 598	944 160	436 575	**2 580 807**	**2 624 818**	372
mars-10	12 877	6 762	11 136	838	53	12 570	0	0	0	0	61 796	1 021 939	1 149 420	459 786	**2 571 843**	**2 571 843**	388
avr-10	13 553	7 673	10 712	658	57	9 870	0	0	0	8 340	304 168	835 414	1 027 227	453 092	**2 800 544**	**2 800 544**	378
mai-10	14 341	7 936	10 979	675	59	10 125	0	0	0	16 680	304 168	883 868	1 062 262	472 163	**2 793 173**	**2 920 610**	398
juin-10	17 844	8 099	11 542	723	58	10 845	0	0	0	12 510	302 870	1 094 581	1 078 996	520 983	**2 980 868**	**2 980 868**	487
juil-10	13 428	7 542	11 445	818	54	12 270	0	0	0	0	300 922	820 091	1 000 415	442 877	**2 615 250**	**2 756 361**	395
aout-10	12 223	6 554	10 314	698	48	10 470	0	0	0	0	302 545	750 253	873 801	402 465	**2 374 666**	**2 454 992**	355
sept-10	11 784	6 404	10 116	608	46	9 120	0	0	0	0	305 142	729 019	860 527	395 260	**2 334 089**	**2 381 411**	334
oct-10	10 939	6 139	9 629	652	48	9 780	0	0	0	0	302 545	671 577	818 614	374 251	**2 277 273**	**2 277 273**	320
nov-10	12 226	7 114	10 442	838	48	12 570	0	0	0	0	298 650	741 652	937 233	413 054	**2 437 612**	**2 554 981**	370
dec-10	11 921	7 068	9 660	634	50	9 510	0	0	0	0	302 545	731 225	941 555	411 717	**2 433 126**	**2 527 488**	338
TOTAL	**158 134**	**85 482**	**129 530**	**8 592**					**0**	**37 530**	**3 395 310**	**9 949 436**	**11 655 840**	**5 219 195**	**30 726 994**	**31 477 829**	**4 538**
MOY.	**13 178**	**7 124**	**10 794**	**716**	**51**	**10 740**	**0**	**0**	**0**	**3 128**	**282 943**	**829 120**	**971 320**	**434 933**	**2 560 583**	**2 623 152**	**378**

REPARTITION MONTANT FACTURE :				**0%**	**0%**	**11%**	**32%**	**38%**	**17%**
PENALITES DIVERSES				**37 530**	**FCFA**	**SOIT**	**0,1%**	**DE LA FACTURE**	
COÛT MOYEN DU KWh	=			**123**	**FCFA**				
FACTEUR DE PUISSANCE MOYEN	COS PHI=			**0,998**					
DIFFRENCE DE FACTURATION				***750 835***	**FCFA**				