



BILAN ENERGETIQUE DE LA CENTRALE OUAGA II

MEMOIRE POUR L'OBTENSION DU MASTER SPECIALISE EN GENIE *ELECTRIQUE
ENERGETIQUE ET ENERGIES RENOUVELABLES*

Présenté et soutenu publiquement le **14 Décembre 2010** par

Mahamoudou KANAZUE

Directeur de mémoire:

Mariam Sido PABYAM

Enseignante-chercheur au ZiE

Maître de stage :

Justin OUEDRAOGO, Chef de division
maintenance électrique OUAGA II

Jury d'évaluation du stage :

Président : Yézouma COULIBALY

Membres et correcteurs : - Mariam Sido PABYAM
- Justin OUEDRAOGO

Promotion [2009/2010]

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et le concours combien inestimable de plusieurs personnes, à qui nous tenons à exprimer très sincèrement toute notre reconnaissance :

A Mr Justin OUEDRAOGO, Chef de division maintenance électrique, mes remerciements pour m'avoir accueilli à la centrale de production thermique OUAGA II et accepter de diriger mes travaux de stage en entreprise.

Je remercie vivement Mme PABYAM Mariama Sido, enseignante-chercheur au 2ie, pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant de superviser mes travaux de recherche.

Mes remerciements à l'endroit de TAPSOBA Ousmane, SORE Amadou, ROAMBA Grégoire électriciens à la centrale, pour nous avoir prêté attention en répondant à nos préoccupations.

Mes remerciements à l'endroit du corps enseignant en GENIE ENERGETIQUE du 2ie.

Je n'oublie pas non plus de remercier l'ensemble des agents de la centrale de production thermique OUAGA II.

A toute ma famille et à mes amis qui m'ont soutenu par leurs encouragements pour la réussite de ce travail, je les remercie du fond du cœur.

DEDICACE

A

Ma mère,

Mon père et à

Mes frères et Sœurs

Qui m'ont soutenus et apportés de l'aide

A

Tous mes amis avec lesquels j'ai partagé les hauts et les bas.

RESUME

L'électricité est une source d'énergie secondaire incontournable pour le développement de toute nation. Sa production n'est pas toujours des plus aisée, surtout quand c'est par la voie thermique comme c'est le cas de la centrale de production OUAGA II. La consommation de combustible est très importante et coûteuse. Cette étude portant sur le bilan énergétique de la centrale vise donc à déterminer ses performances par l'évaluation de quantité d'énergie consommée et l'électricité produite. L'étude a permis de dégager les secteurs de grande consommation d'énergie. La consommation spécifique en combustible des groupes étant fixée à 240 g/kWh, les pertes ont été calculées en se référant à cette valeur. Des mesures d'économie énergétique ont été proposées en vue de garantir une utilisation optimale de l'énergie à la centrale et accroître ses revenus financiers. Il apparaît ainsi que l'éclairage et la climatisation sont les principaux secteurs de consommation électrique. Cette étude relève aussi que la réduction de la consommation électrique des auxiliaires rapporterait environ **7 331 737,5 FCFA** par an comme bénéfice supplémentaire à la SONABEL. Un appel a donc été lancé aux décideurs et intervenants pour la bonne marche et le suivi des mesures d'économie énergétique.

Mots clés :

- 1- Auxiliaires
- 2- Combustible
- 3- Consommation
- 4- Economie énergétique
- 5- Electricité

ABSTRACT

The electricity is a major secondary source of energy for the development of any nation. Its production is not still of the easiest, especially when it is by the way thermal as it's the case of the power plant of production OUAGA II. The consumption of fuel is very important and expensive. This study on the energy balance of the power plant thus aims at determining its performances by the evaluation of consummate energy and the produced electricity. The study allowed loosening the sectors of big energy consumption. The specific consumption in fuel of the groups being fixed to 240 g / kWh, the losses was calculated by referring to this value. A measure of energy economy was proposed to guarantee an optimal use of the energy to the power plant and increase its financial income. The lighting and the air conditioning are the main sectors of electric consumption question of which it was. Indeed, the reduction of the electric consumption of the auxiliaries would bring report approximately 7 331 737.5 FCFA a year as additional profit to the SONABEL. An appeal was thus launched to the decision-makers and the agents for the proper functioning and the follow-up of the measures of energy economy.

Key words:

- 1- Auxiliaries
- 2- Fuel
- 3- Consumption
- 4- Energy economy
- 5- electricity

LISTE DES ABREVIATIONS

AOF : Afrique Occidentale Française

BPN : Bobine du Point Neutre

BT : Basse Température

CRCO : Centre Régionale de Consommation de Ouagadougou

DDO : Distillate Diesel Oil

DPT : Département de la Production et du Transport

EP : Energie Produite

EPIC : Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial

FO : Fuel Oil

G : Groupe

GO : Gas Oil

HFO: Heavy Fuel Oil

HT : Haute Température

JB : Jeu de barre

ONEA : Office Nationale de l'Eau et de l'assainissement

SNE : Société Nationale des eaux

SONABEL : Société Nationale d'Electricité du Burkina

SONABHY : Société Nationale des Hydrocarbures du Burkina

SPTO : Service de Production thermique Ouaga Ouest

TGBT : Tableau général basse tension

TSA : Transformateur Service Auxiliaire

VOLTELEC : Société Voltaïque d'Electricité

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	5
I) PRESENTATION DE LA SONABEL	6
I.1) Historique de la SONABEL	6
I.2) Missions et Attributions.....	7
II) SERVICE PRODUCTION THERMIQUE OUAGA OUEST.....	8
II.1) Historique de la centrale thermique Ouaga II	8
II.2) organisation de la centrale thermique Ouaga II	9
II.3) Inventaire et principe de fonctionnement	10
II.3.1) Groupes de l'ancienne centrale	15
II.3.2) Groupes de la nouvelle centrale	15
II.4) Types de combustible utilisé pour l'alimentation des groupes	16
II.4.1) le Fuel (FO)	16
II.4.2) Le gasoil (DDO).....	17
II.5) Les auxiliaires	18
II.6) Les installations électriques	19
III) DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS, BILAN ENERGETIQUE.....	20
III.1) Présentation des locaux.....	20
III.2) Situation énergétique de la centrale	21
III.2.1) Analyse de la consommation DDO et FO.....	23
III.2.2) Coût de consommation en combustible	23
III.2.3) Bilan de la consommation d'huile moteur	26
III.2.4) Bilan de la consommation en eau	27
III.2.5) Bilan de consommation en électricité	28
III.2.6) Energie livrée	28
III.3) Analyse du rendement énergétique de la centrale.....	29
III.4) Evaluation des pertes	30
III.4.1) Pertes en combustible	30
III.4.2) Consommation des auxiliaires	33
IV) LES MESURES D'ECONOMIE ENERGETIQUE	35

IV.1) Diversification en équipements et sources d’approvisionnement	36
IV.2) Optimisation de la consommation électrique	38
IV.2.1) Réduction de la consommation des lampes	38
IV.2.2) Réduction de la consommation en climatisation	41
IV.2.3) Etude de Compensation des auxiliaires	41
IV.2.4) Solution au démarrage des moteurs	43
CONCLUSION	45
RECOMMANDATION	46
BIBLIOGRAPHIE	47
WEBOGARPHIE.....	47
ANNEXES	48

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1: Caractéristiques des groupes</i>	12
<i>Tableau 2: Puissance des groupes de l'ancienne centrale</i>	15
<i>Tableau 3: Puissance des groupes de la nouvelle centrale</i>	16
<i>Tableau 4: Caractéristiques des auxiliaires</i>	18
<i>Tableau 5: Coût de production partiel (janv. à Avril 2010).....</i>	25
<i>Tableau 6: Coût de production partiel (exercice 2009).....</i>	25
<i>Tableau 7: Coût de production partiel (exercice 2008).....</i>	25
<i>Tableau 8: Récapitulatif de la climatisation.....</i>	33
<i>Tableau 9: Récapitulatif de l'éclairage</i>	34
<i>Tableau 10: Consommation éclairage et climatisation</i>	35
<i>Tableau 11: Mesures d'économie en combustible.....</i>	37
<i>Tableau 12: Economie d'électricité en kWh.....</i>	38
<i>Tableau 13: Economie d'énergie sur les tubes fluorescents</i>	39
<i>Tableau 14: Coût et performance</i>	40
<i>Tableau 15: Devis estimatif en fourniture et pose des batteries de condensateur.....</i>	43

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1:</i> Organigramme de la SONABEL.....	8
<i>Figure 2:</i> Organigramme du Service Production Thermique Ouaga Ouest.....	9
<i>Figure 3:</i> Façade principale de la centrale abritant les groupes 1 à 6	11
<i>Figure 4:</i> Nouvelle centrale abritant les groupes 7 à 9.....	11
<i>Figure 5:</i> Schéma unifilaire Ouaga II	14
<i>Figure 6:</i> Circuit Fuel-oil	17
<i>Figure 7:</i> Circuit DDO	17
<i>Figure 8:</i> Climatiseur en salle des électriciens.....	20
<i>Figure 9:</i> Climatiseur en local batteries	20
<i>Figure 10:</i> Consommation en combustibles 2008.....	21
<i>Figure 11:</i> Consommation en combustibles 2009.....	22
<i>Figure 12:</i> Consommation en combustibles (1er semestre 2010).....	22
<i>Figure 13:</i> Evolution du coût de consommation (exercice 2008).....	24
<i>Figure 14:</i> Evolution du coût de consommation (exercice 2009).....	24
<i>Figure 15:</i> Répartition en pourcentage des coûts de consommation.....	27
<i>Figure 16:</i> Consommation spécifique d'eau.....	27
<i>Figure 17:</i> Evaluation du pourcentage de consommation des auxiliaires.....	28
<i>Figure 18:</i> Coût des pertes en combustible (Janvier à Avril 2010)	30
<i>Figure 19:</i> Evaluation des pertes par groupes (Mars 2010).....	31
<i>Figure 20:</i> Evaluation des pertes par groupe (Avril 2010)	31
<i>Figure 21:</i> dépôt d'huile et de combustibles au niveau du G6	32
<i>Figure 22:</i> Groupe 9 à la nouvelle centrale.....	33

INTRODUCTION

Dans le cadre de sa stratégie de lutte contre la pauvreté, le BURKINA FASO compte améliorer sa compétitivité dans le secteur de l'économie, par la réduction, entre autres des coûts des facteurs de production, qui sont élevés par rapport aux autres pays de la région. C'est le cas en particulier du secteur de l'énergie pour l'électricité. Le bilan énergétique est un outil essentiel pour les décideurs qui souhaitent cerner les grands enjeux de la politique locale, comparer et évaluer les performances de leur région, de leur entreprise et identifier les atouts pour l'application d'une efficacité énergétique. Le Burkina Faso ne disposant que de très peu de ressources en eau favorisant le développement de grandes centrales hydroélectriques, la production d'électricité est assurée en grande partie par des centrales thermiques dont celle de OUAGA II qui fera l'objet de notre étude. Sur le plan national, la production thermique assure 64% de la fourniture en électricité. L'hydraulique compte pour 18% et l'énergie importée grâce à l'interconnexion avec la Côte d'Ivoire est de 18%. La production thermique est coûteuse et nécessite d'énormes installations. Les réserves fossiles s'épuisent. Des études menées prédisent que l'après-pétrole se situe dans 30 à 40 ans, leur coût ne cesse de grimper. et ils ne sont pas toujours disponibles comme on le voudrait. L'approvisionnement du pays est totalement dépendant de l'extérieur. Au vu de tous ces faits et de la consommation énergétique galopante, la centrale thermique est-elle et pourra-t-elle rester économiquement performante ?

Notre étude consistera donc à faire l'inventaire des activités énergétiques de la centrale. Nous déterminerons la consommation d'énergie de la centrale aussi bien en combustibles qu'en électricité avant d'effectuer une analyse et une comparaison à l'énergie produite. Ainsi, dans un premier temps, nous ferons une description générale de la Société Nationale d'Electricité du Burkina (SONABEL) et le fonctionnement de la centrale OUAGA II. Nous donnerons dans un second temps un état des lieux de la consommation énergétique des deux dernières années (2008 – 2009) et du premier trimestre 2010. Une évaluation financière sera faite pour rendre plus pertinente des pertes possibles. Nous terminerons par des suggestions/propositions d'économie énergétique.

I) PRESENTATION DE LA SONABEL

Les sources d'énergie pour la production de l'électricité au Burkina sont principalement d'origine thermique et hydraulique. Nous n'aborderons que le cas de la source thermique. Dans cette première partie, nous donnerons une description de la SONABEL et un schéma détaillé du fonctionnement de la centrale thermique OUAGA II. Nous présenterons les groupes de production, et l'intérêt de faire un bilan énergétique.

I.1) Historique de la SONABEL

La société Nationale d'Electricité du Burkina (SONABEL) assure la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique au BURKINA FASO. C'est une société d'Etat depuis le 14 avril 1995. Son capital est de 46 milliards de francs CFA. Son siège social est sis à Ouagadougou, au 55, Avenue de la Nation.

La société a connu de nombreuses mutations, tant au niveau de son capital que sa dénomination, ainsi qu'il est indiqué ci-après :

1954 : l'Energie AOF, société privée française, débute l'activité de production et de distribution de l'énergie électrique à Ouagadougou et à Bobo-Dioulasso respectivement en février et octobre ;

1956 : extension de l'activité de distribution d'eau dans les deux villes ;

1960 : reprise de l'ensemble des activités par la Société d'Economie Mixte Multinationale-SAFELEC- au capital de 150 millions de Francs CFA ;

1968 : la société anonyme de droit voltaïque dénommée << Société Voltaïque d'Electricité >> (VOLTELEC) dotée d'un capital social de 1 million de francs CFA assure la relève au plan national ;

1970 : abandon de la distribution d'eau par la VOLTELEC au profit de la Société Nationale des Eaux (SNE), actuelle ONEA ;

1976 : la VOLTELEC prend la forme d'établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) (décret n°76/344/PRES/MTP/URB), avec un capital de 1 387 628 FCFA ;

1984 : suite au changement de nom du pays, la VOLTELEC devient Société Nationale d'Electricité du Burkina en abrégé SONABEL ;

1995 : la SONABEL devient Société d'Etat (décret n°95/160/PRES/MICM/TPHU du 14 Avril 1995) ;

1997 : les statuts de la SONABEL comme Société d'Etat sont approuvés (décret n°97-599/PRES/PM/MEM/MCIA du 31 Décembre 1997) ;

1998 : ouverture du sous secteur de l'électricité au privé ;

2001 : autorisation de privatisation de la SONABEL et Interconnexion BOBO-DIOULASSO (BF) – FERKESSEDOUGOU (CI) ;

2004 : En 50 ans, la SONABEL compte 55 centres électrifiés.

I.2) Missions et Attributions

La SONABEL est une société d'Etat qui a pour mission : la production, le transport, et la distribution de l'énergie électrique. Elle couvre tout le territoire national et œuvre à assurer une bonne qualité de son énergie fournie, veillant ainsi sur un équilibre entre la demande de la clientèle et son électricité fournie.

Pour ce faire, un dispatching surveille l'évolution de la demande en électricité et joue une sorte de régulateur entre la clientèle et les centrales de production tant hydroélectriques (Bagré, Kompienga, Tourni et Niofila) que thermiques (KOSSODO, OUAGA I, OUAGA II).

Cette société exerce également des activités d'ingénierie et d'appui. Le suivi de ces activités est assuré par diverses grandes directions qui sont : la Direction des études, de la planification et de l'équipement ; la Direction de la production et du transport ; la Direction des centres extérieurs ; la Direction des ressources humaines ; la Direction financière et comptable et la Direction de la distribution.

L'organigramme de la SONABEL, se présente comme suit :

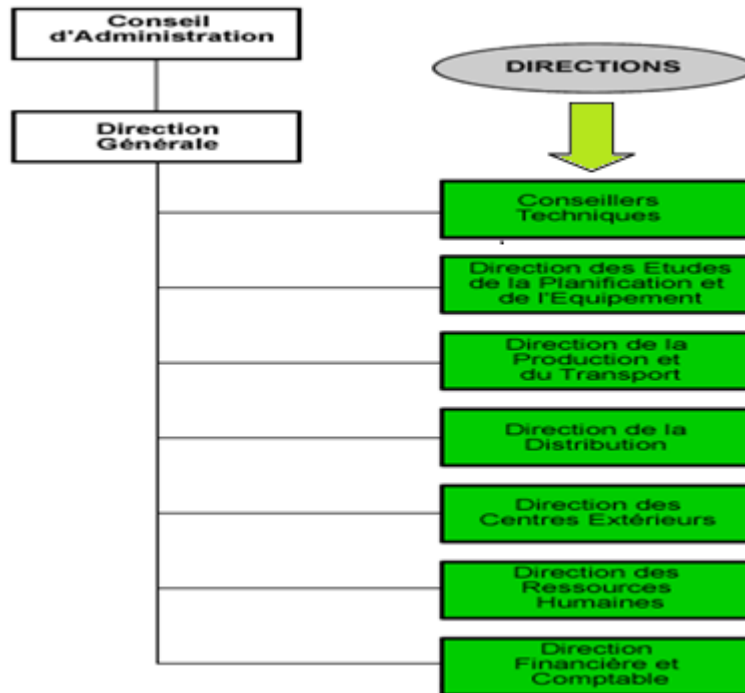


Figure 1: Organigramme de la SONABEL

II) SERVICE PRODUCTION THERMIQUE OUAGA OUEST

Le Service Production Thermique Ouaga Ouest (SPTO), est rattaché au Département Production Thermique qui est une subdivision de la Direction de la Production et du Transport (DPT).

Il est situé à Gounghin, à l'est du stade du 4 Août. Il contribue à satisfaire la demande en énergie électrique du Centre Régional de Consommation de Ouagadougou (CRCO) qui est constitué par un ensemble de villes (Ouagadougou, Koudougou, Kombissiri, Tenkodogo Zorgho, Koupèla, Ziniaré et tout récemment Kaya, Korsimoro, Boussouma) interconnectées.

II.1) Historique de la centrale thermique Ouaga II

Lors de la construction de la centrale Ouaga II, il était prévu d'installer huit groupes TWIN de 3MW chacun. Cependant vu l'évolution de la demande en énergie électrique de la ville de Ouagadougou les ingénieurs ont opté par la suite pour un type de groupe plus puissant: le PC 2.5 en complément aux groupes TWIN.

L'installation du groupe G1 (TWIN) d'une puissance de 1MW a débuté en **1974** pour s'achever le **25/06/1975**.

- En **1977** un groupe provisoire AGO de 1500KW a été installé à la place du G2 actuel dont le but était de faire face à la période de pointe, avant l'installation des groupes G3 et G4.
- Les travaux de génie civil ont été faits en **1977** et ceux du génie mécanique en **1978**. La mise en service est intervenue le **26/06/1978** pour le G3 et le **30/01/1979** pour le G4. Ils fournissent chacun une puissance de 4MW.
- En **1979** le groupe AGO a été envoyé à Bobo-Dioulasso, puis on a procédé à la pose du G2 actuel dont la mise en service a eu lieu le **18/03/1980**. Ce groupe a la même capacité de production que le G3 et G4.
- En **1982**, les quatre (04) groupes, n'étaient plus à même de satisfaire la demande en énergie électrique de la capitale, on a procédé à la pose d'un type de groupe plus puissant de la même marque que les PC.2.5: le G5 et le G6. Ils fournissent chacun 6MW.
- En **1999**, trois groupes de 2.5MW chacun furent installés en urgence dans le local qui servait de magasin d'huilerie (Ils sont équipés de moteurs V12).

II.2) organisation de la centrale thermique Ouaga II

Pour accomplir sa mission qui est la satisfaction de la demande des clients du CRCO, le service de Production Ouaga Ouest à l'organigramme suivant.

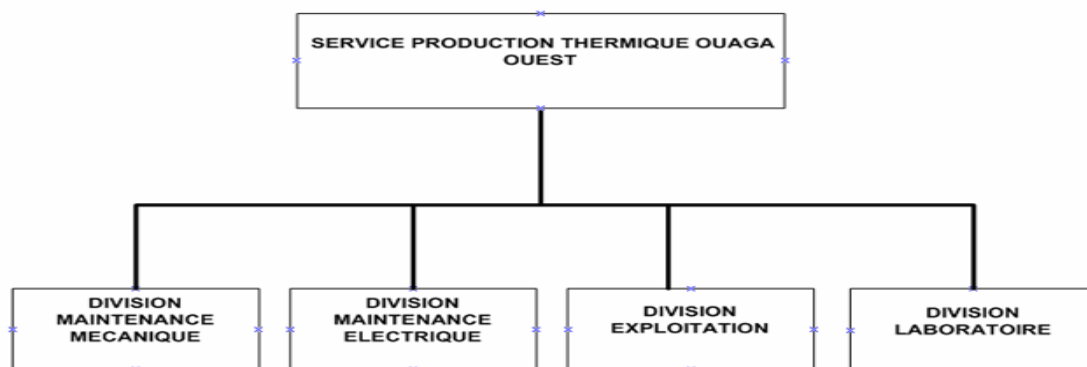


Figure 2: Organigramme du Service Production Thermique Ouaga Ouest

L'organigramme ci-dessus nous indique quatre divisions :

- **La Division Maintenance Mécanique.** Cette division s'occupe :
 - de la maintenance des équipements mécaniques de la centrale ;

- des interventions sur les équipements suite à des pannes d'origine mécanique ;
 - de l'élaboration du planning annuel d'entretien des équipements mécaniques ;
 - de la gestion des différents stocks de pièces de rechange.
- **La Division Maintenance des équipements électriques de la centrale.** Cette division s'occupe :
 - de la maintenance des équipements électriques de la centrale ;
 - des interventions sur les équipements suite à des pannes d'origine électriques ;
 - de l'élaboration du planning annuel d'entretien des équipements électriques.
 - **La Division Exploitation.** Cette division s'occupe de l'exploitation quotidienne des équipements de la centrale :
 - démarrage et arrêt des groupes de production ; mise en service des auxiliaires utiles ;
 - gestion des incidents qui surviennent sur les équipements au cours de leur fonctionnement ;
 - élaboration des consignes d'exploitation des équipements.
 - **La Division Laboratoire.** Cette division s'occupe de l'analyse physico-chimique des combustibles et lubrifiants consommés par les équipements de la centrale et du traitement de l'eau pour le refroidissement des groupes.

II.3) Inventaire et principe de fonctionnement

La centrale possède deux bâtiments abritant les groupes de production. Nous avons un grand bâtiment abritant six groupes et un bâtiment plus petit qu'on appelle nouvelle centrale avec trois groupes. Nous avons également d'autres locaux comme le laboratoire, les bureaux des agents. Nous présentons juste un aperçu des deux principaux bâtiments sur les images suivantes :



Figure 3: Façade principale de la centrale abritant les groupes 1 à 6



Figure 4: Nouvelle centrale abritant les groupes 7 à 9

Un groupe est constitué d'un ensemble moteur alternateur, plus des auxiliaires qui contribuent à le maintenir en service. Les caractéristiques des groupes sont décrites dans le tableau suivant.

Tableau 1: Caractéristiques des groupes

Groupes		G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9
M o t e u r	Référence (Marque, type)	SEMT PIELSTIC K PC2.5 V12 400			SEMT PIELSTIC.K PC2.5 V18 400		Deutz 12 PA G 280		
	Vitesse (trs/min)	500			500	500	1000	1000	1000
	Viscosité à l'entrée (centistoke)	11 à 12			11 à 12	11 à 12			
	Année de mise en service	Mars 1980	Octobre 1978	Janv. 1979	Mai 1982	Sept. 1982	Mars 1999	Mars 1999	Mars 1999
A i t e r n a t e u r	Référence	CEM WAPD 14986/12			Alsthom Atlantique RP 256-65		AVK DIG 1561/6		
	Tension/intensité (KV/A)	5,5 / 693			5,5 / 1049		15 / 167		
	Classe d'isolement	F			F		F		
	Indice de protection	IP 21			IP 23		IP 23		
	U/I excitation (V/A)	115 / 5,7			81 / 670		42 / 3,5		
	Puissance nominale (kVA)	6600			9990		4348		

Le démarrage ou l'arrêt d'un groupe est ordonné par le dispatching qui règle la production générale. Ainsi l'ordre est donné à la salle de commande qui à son tour ordonne à la salle machine ou à la petite salle de commande de la nouvelle centrale de démarrer ou d'arrêter le(s) groupe(s). Tout ceci est coordonné par les agents de conduite, il n'existe pas d'automatisme mise en place pour le démarrage des groupes. Dès que le groupe tourne l'énergie électrique est produite par l'alternateur. Un transformateur placé à l'extérieur de la centrale élève la tension de sortie de l'alternateur au niveau de la tension de ligne de transport de départ en ce qui concerne les groupes de l'Ancienne Centrale. Ces derniers délivrent une tension de sortie de 5,5 KV qui est élevée à 15KV pour la connexion sur le jeu de barres 15 KV. Par contre les groupes de la Nouvelle Centrale délivrent directement du 15 KV. Ils sont

connectés directement sur le jeu de barres de 15 KV. Du jeu de barres 15 KV nous avons huit (8) départs pour alimenter une partie de la ville de Ouagadougou :

- Départ 12 la zone industrielle de Gounghin
- Départ 13 : le centre ville (Samandin, Bilbalgo,...)
- Départ 14 : Nonssin, une partie de Tampouy et kilwin
- Départ 15 : la zone de Pissy, Zactouli, Gounghin secteur 9
- Départ 16 : une partie de Gounghin et Pissy
- Départ 17 : l'entreprise Diamond Ciment et une partie du secteur 11
- Départ 18 : la zone de Tampouy, Kilwin, Kamboinsé, Pabré...
- Départ 19 : Liaison inter centrales (vers le palais de justice).

Une boucle 33 KV interconnecte Ouaga II avec trois autres unités de production d'électricité à savoir :

- la centrale thermique de Kossodo
- la centrale thermique de Ouaga I
- le poste haute tension de la Patte D'oie (Bagré, Kompienga)

Pour l'interconnexion, Ouaga II possède deux transformateurs réversibles 15 KV / 33 KV ou 33 KV / 15 KV dans le but de fournir ou recevoir l'énergie électrique par le biais de l'interconnexion. Pour la consommation interne (l'alimentation des auxiliaires des groupes, l'alimentation des différents locaux de la centrale etc.), Ouaga II dispose de cinq (5) transformateurs qui abaissent la tension du jeu de barres 15 KV pour alimenter les jeux de barres 400 V (BT). Pour la compensation de la puissance réactive du réseau Ouaga II dispose d'un local batterie constitué de trois batteries d'une capacité totale de 6 MVAR. Nous décrivons ci-après le schéma unifilaire des grandes installations de la centrale.

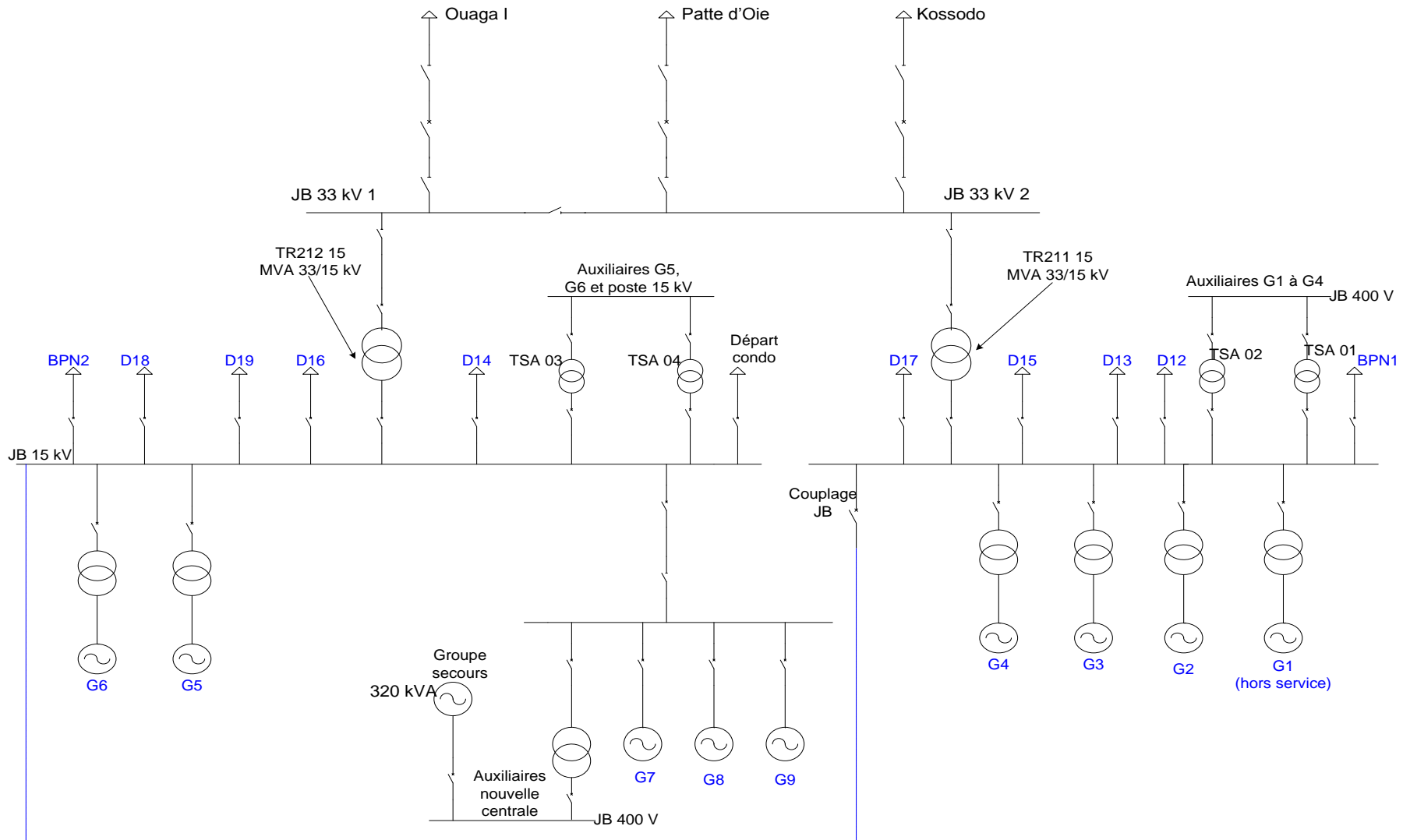


Figure 5: Schéma unifilaire Ouaga II

II.3.1) Groupes de l'ancienne centrale

L'ancienne centrale compte six (06) groupes électrogènes dont cinq (05) sont en service. Le groupe 1 (G1) est à l'arrêt définitif. Ces groupes fonctionnent avec deux types de combustibles : le DDO et le FO. Ils sont alimentés au DDO au démarrage et environ trente minutes (30 min) après on permute avec le fioul. De même trente minutes avant l'arrêt d'un groupe on repasse au DDO pour purger le circuit. Le principe utilisé est celui de la bicarburation où il s'agit de démarrer le groupe au gasoil, de façon à injecter le fioul dans le circuit lorsque le moteur est chaud (environ 119°C). La tension produite à la sortie de l'alternateur est de 5,5 kV. Ci-après le tableau donnant les puissances des groupes.

Tableau 2: Puissance des groupes de l'ancienne centrale

GROUPE	Puissance nominale (kW)	P_{max} d'utilisation (kW)	P_{min} d'utilisation (kW)
<i>G1</i>	1600	<i>Hors service</i>	
<i>G2</i>	5280	4000	3000
<i>G3</i>	5280	4000	3000
<i>G4</i>	5280	4000	3000
<i>G5</i>	8000	6000	5000
<i>G6</i>	8000	6000	5000

La puissance d'exploitation est comprise entre le maxi et le mini. La puissance maximale ne doit pas être maintenue en fonctionnement continue. Si un groupe débite une puissance inférieure à la puissance minimale d'utilisation, il est arrêté pour entretien. Il est à noter que des entretiens sont régulièrement effectués sur les groupes à savoir des entretiens de 1000 H, 2000 H, 9000 H, 12000 H et 24000 H pour la révision générale.

II.3.2) Groupes de la nouvelle centrale

La nouvelle centrale est équipée de trois (03) groupes identiques et de même puissance nominale. Le démarrage d'un groupe s'effectue dans la salle de commande contrairement à l'ancienne centrale où le démarrage par l'agent de conduite s'effectue directement sur le groupe après avoir mis en marche les auxiliaires. Ci-après les puissances pour les groupes de la nouvelle centrale.

Tableau 3: Puissance des groupes de la nouvelle centrale

GROUPE	Puissance nominale (kW)	P_{max} d'utilisation (kW)	P_{min} d'utilisation (kW)
G7	3250	2200	1800
G8	3250	2200	1800
G9	3250	2200	1800

A l'heure actuelle le groupe G7 est à l'arrêt pour une durée indéterminée. Précisons que ces groupes fonctionnent uniquement au DDO. Ces groupes produisent du 15 kV à la sortie de l'alternateur qui est amené sur le jeu de barre 15 kV.

II.4) Types de combustible utilisé pour l'alimentation des groupes

La centrale OUAGA II utilise essentiellement deux types de combustible pour alimenter ses groupes. Il s'agit du gasoil (DDO) et du fuel lourd. Les groupes peuvent également fonctionner aux huiles végétales mais cette option est à l'étude en ce moment. Un partenariat est en cours avec le 2iE pour analyser et tester cette perspective.

II.4.1) le Fuel (FO)

C'est un combustible très visqueux contenant des impuretés notamment de la boue. Il subit un traitement à l'aide d'une centrifugeuse. Il est chauffé pour faciliter sa circulation dans les canalisations. Le ravitaillement des groupes est possible grâce aux auxiliaires comme les électropompes et les centrifugeuses qui ont besoin de l'énergie électrique pour fonctionner. Le parcours du fioul pour parvenir à la cuve d'alimentation journalière est le suivant :

- ✓ De la cuve de stockage de 540 m³, deux électropompes aspirent le combustible pour alimenter une autre cuve de 10 m³ ;
- ✓ Il est ensuite aspiré par une autre électropompe pour être débarrassé de ses impuretés au niveau de la centrifugeuse ;
- ✓ Après le traitement par la centrifugeuse il est acheminé dans une cuve de 20 m³ ;
- ✓ De là il peut être aspiré pour la cuve journalière ;
- ✓ il est maintenu chaud à l'aide du circuit d'eau surchauffée durant tout son parcours (environ 119 °C).

Le groupe consomme en moyenne 16 m³ de FO en 24 heures, soit 0,66 m³ (660 Litres) par heure.

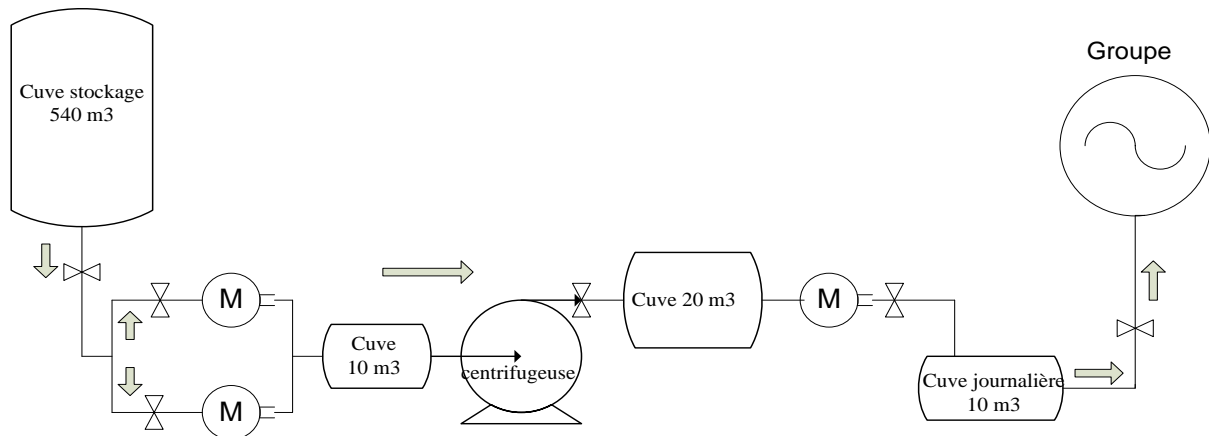


Figure 6: Circuit Fuel-oil

II.4.2) Le gasoil (DDO)

C'est un combustible léger et beaucoup plus propre que le fioul mais plus coûteux. Il est donc moins utilisé que ce dernier. Il ne nécessite pas un traitement important avant son utilisation. Il est utilisé principalement lors du démarrage et l'arrêt d'un groupe pour permettre d'y injecter le fioul quand le moteur est suffisamment chaud et de purger le circuit avant son arrêt. Il arrive souvent que par manque de fioul ou de problème sur le circuit de celui-ci, un groupe ne fonctionne qu'au DDO. Le groupe consomme en moyenne 12 m³ de DDO en 24 heures, soit 0,5 m³ (500 Litres) par heure. Il y a une légère différence entre le circuit FO et DDO.

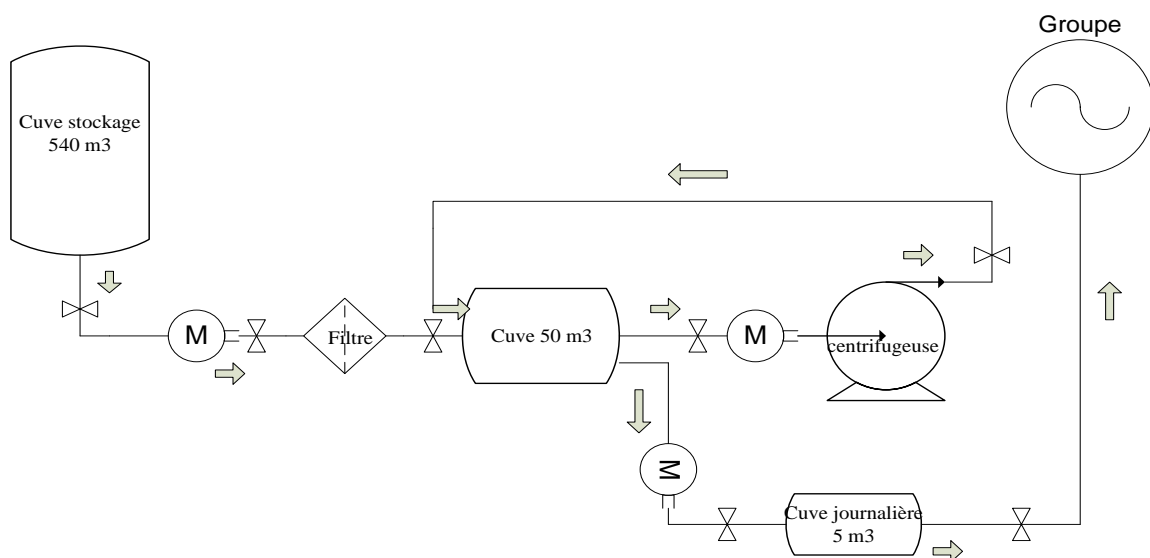


Figure 7: Circuit DDO

II.5) Les auxiliaires

Les auxiliaires représentent l'ensemble de toutes les installations permettant aux groupes de fonctionner dans de bonnes conditions. La consommation en énergie électrique de la centrale revient en grande partie à ces auxiliaires. Ce sont entre autre :

- Les **centrifugeuses** pour le traitement des combustibles ou **séparateurs** pour le recyclage de l'huile moteur ;
- Les **compresseurs** d'air au nombre de quatre (04) pour l'air de 30 bars servant au lancement des groupes et l'air de 7 bars comme sécurité ;
- Les modules **Booster** composé de 4 **électropompes** pour le traitement du combustible. Des **réchauffeurs électriques** élèvent la température du combustible (le Fuel) à environ 119 °C pour lui permettre d'avoir une bonne viscosité ;
- Les **électropompes** de dépotage au nombre de six (06), **électropompes** eau BT, eau douce moteur, eau HT, **électropompes suppresseur** d'incendie pour permettre d'injecter de l'eau sur forte pression, électropompe de pré-graissage ;
- Les **extracteurs** d'air pour l'évacuation de la chaleur de la salle des machines ;
- Les **électro-ventilateurs** des tours de réfrigération : ils refroidissent l'eau BT en provenance des échangeurs ;
- Les **ponts roulants** pour soulever les grandes charges à la salle des machines ;
- L'**incinérateur** de boue qui sert à brûler les résidus de combustible et d'huile non utilisables ;
- Le **vireur électrique** : il a pour rôle de faire tourner le moteur diesel à vide afin d'évacuer les gaz restants à l'intérieur du moteur ;
- Les **chargeurs CR48T160** qui redressent le courant alternatif en courant continu afin de recharger continuellement les batteries qui alimentent toutes les sources consommatrices de courant continu notamment en salle de commande, les TGBT des groupes, et le poste de commande 15 kV ;

Notons les caractéristiques de certains auxiliaires dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4: Caractéristiques des auxiliaires

<i>DESIGNATION</i>	<i>Tension U(v)</i>	<i>Courant nominal In(A)</i>	<i>Puissance (KW)</i>	<i>Cosφ</i>	<i>N (tr/mn)</i>
Pompe eau BT	400	81	45	0,85	1480

Pompe huile culbuteur	400	2,3	0,9	0,77	1425
Pompe eau HT injecteur	400	6,4	3	0,82	1420
Electro-ventilateur	400	67	37	0,86	1475
Moteur centrifugeuse	400	28,5	15	0,87	1460
Vireur moteur	380	1,5	12	0,8	1470
Pompe de pré-graissage	380	15	7,5	0,83	1450
Moteur du Booster	400	4,95	2,2	0,75	1420
Pompe combustible	380	1,48	0,55	0,78	1425
Aéro-réfrigérant	400	29,6	15	0,77	1460

II.6) Les installations électriques

Outre les auxiliaires des groupes, la centrale utilise une partie de l'énergie produite pour alimenter les villas I, II, III de quelques agents cadres de la société. On compte des compteurs au niveau de la salle de commande qui permettent de relever la consommation électrique de tous les auxiliaires. Le premier compteur installé concerne la consommation des auxiliaires des groupes G1 à G4, un second fournit la consommation des auxiliaires des groupes G5, G6 et le poste 15 kV. La consommation de l'éclairage, de la climatisation et de tout ce qui est comme installation électrique est partagé entre ces compteurs. Le plan de la centrale est donné en annexe (annexe 13). Les matériels pour l'éclairage et la climatisation sont répertoriés comme suit :

➤ L'éclairage

Les bureaux et locaux sont éclairés par des tubes fluorescents avec ballasts

- Réglettes 120 cm
- Réglettes avec réflecteur de 120 cm
- Des ampoules incandescentes (comme baladeuses)
- Des projecteurs dans la salle machine et le sous-sol
- Des luminaires et des candélabres

Toutes les lampes sont de marque PHILIPS

➤ La climatisation

La climatisation est réalisée par des systèmes individuels : des split system de marque ACON (local cellules), des climatiseurs de fenêtre pour les bureaux de marque LG comme illustrés sur les schémas ci-dessous. Ce sont des appareils grandes consommatrices d'énergie, surtout que ce sont pour la plupart d'anciens modèles avec un mauvais facteur de puissance (0,4 à 0,6).



Figure 8: Climatiseur en salle des électriciens



Figure 9: Climatiseur en local batteries

III) DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS, BILAN ENERGETIQUE

Dans cette partie, nous ferons l'état des lieux de la centrale en commençant par présenter sa situation énergétique que nous allons commenter. On déterminera dans le même temps les points essentiels pouvant faire l'objet de mesures d'économie énergétique.

III.1) Présentation des locaux

Les principaux bâtiments sont l'ancienne centrale abritant les groupes G1 à G6 avec un sous-sol où se trouvent la plupart des auxiliaires de ces groupes ; on compte dans le même bâtiment les deux magasins pour les pièces électriques et mécaniques de rechange. Accolés à ce bâtiment on y trouve la salle de commande, les bureaux des électriciens, du chef d'exploitation, des commis, du chef de section conduite. La nouvelle centrale avec les Groupes G7, G8 et G9 plus leurs auxiliaires et sa salle de commande. Il n'y a pas de sous-sol à ce niveau.

III.2) Situation énergétique de la centrale

La centrale utilisant de l'énergie fossile pour sa production, nous allons présenter tout d'abord l'évolution de la consommation en combustible sur deux années consécutives et la consommation du premier semestre de l'année en cours. On effectuera à la suite un bilan de consommation par groupe (G2 à G9) sur les quatre mois de l'année 2010 grâce aux données recueillies et disponibles en annexe. L'évolution des consommations en combustible pour l'année 2008 est traduite par les graphiques suivants :

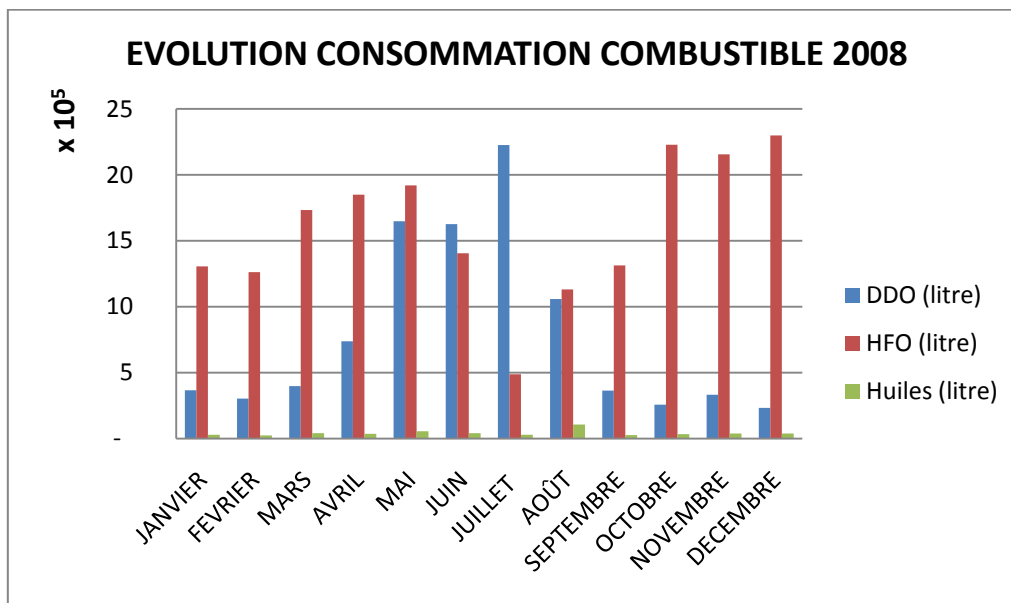


Figure 10: Consommation en combustibles 2008

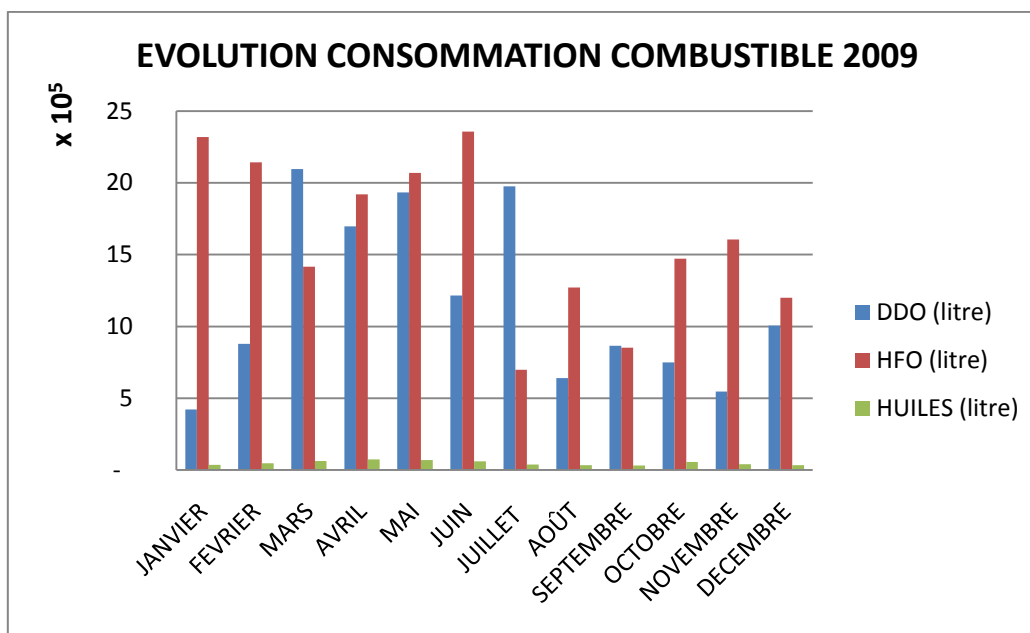


Figure 11: Consommation en combustibles 2009

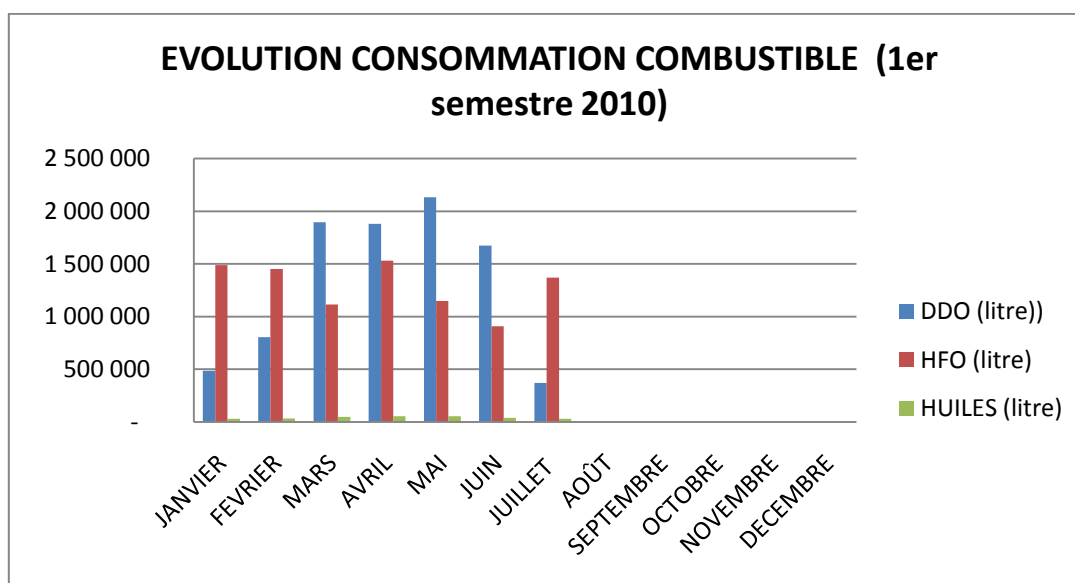


Figure 12: Consommation en combustibles (1er semestre 2010)

En analysant la consommation en combustible (figure 10 à 12), on remarque en générale que le DDO est moins consommé que le FO. Mais pour le moi de juillet en particulier pour les deux années (2008 et 2009), la consommation en DDO est beaucoup plus importante. La politique à la centrale étant de consommer moins de DDO que de FO, nous sommes bien dans les normes à une exception près. Cela s’explique par l’indisponibilité

d'alimenter continuellement les groupes au FO durant toute l'année. Par contre pour le premier semestre 2010, nous constatons déjà quatre dépassements de consommation du DDO (de Mars à Juin). Cette période coïncide avec la canicule où la demande en électricité est très forte. Tous les groupes tournent en continue, on n'a pas vraiment la possibilité de limiter la consommation au DDO quand le fioul arrive à épuisement.

III.2.1) Analyse de la consommation DDO et FO

Le DDO coûtant plus chère que le Fuel, on essaie toujours d'en consommer le moins possible. C'est le cas durant les deux premiers mois de l'année 2010 (Janvier et Février) visible sur la représentation de la consommation en DDO et FO. Cela s'explique par le fait que la demande en électricité est moins forte pendant cette période. Les consommations des combustibles sont donc plus aisées à contrôler. On voit nettement une plus grande consommation en FO. Mais pour les mois suivants on observe la tendance inverse. Ceci est dû soit un manque de ravitaillement en FO qui n'est pas disponible à tout moment, ou soit à un ennui technique sur le circuit de traitement du FO. Ceci entraîne des surcoûts de production. En effet en comparant les chiffres pour l'exercice 2008 et 2009 et le premier trimestre 2010, on constate que le coût du kWh est plus élevé pour les périodes où la quantité de DDO est beaucoup plus consommée.

III.2.2) Coût de consommation en combustible

Dans les tableaux présentés dans ce paragraphe, nous donnons une évaluation financière de la production en ne tenant compte que de la consommation en combustibles DDO, FO et huiles. On estime par la même occasion le coût du kWh pour les périodes étudiées.

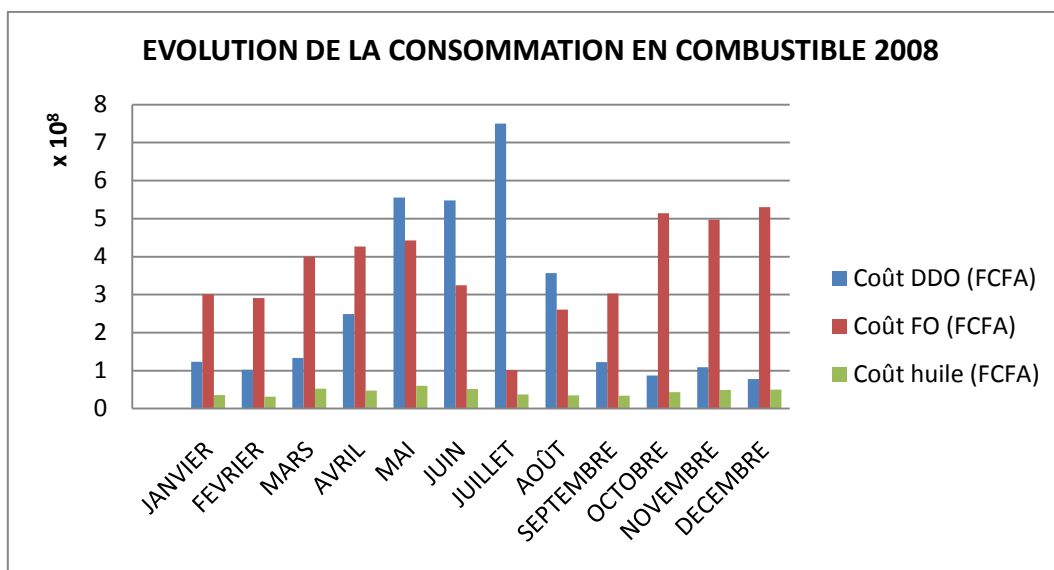


Figure 13: Evolution du coût de consommation (exercice 2008)

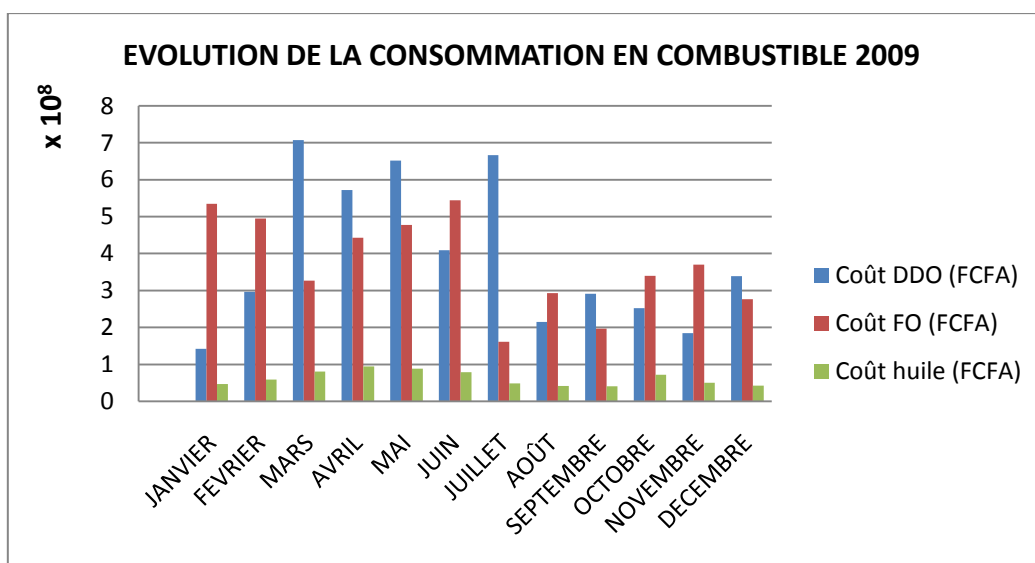


Figure 14: Evolution du coût de consommation (exercice 2009)

La consommation en huile est relativement constante et moins coûteuse que les consommations en DDO et FO. En effet les quantités d’huile utilisées sont bien moins importantes en comparaison aux quantités très importantes de combustible. On tient compte également du recyclage de l’huile. La répartition en pourcentage est donnée dans le paragraphe II.2.3. Nous obtenons tout d’abord les coûts partiels de productions du kWh en fonction de l’énergie produite.

Tableau 5: Coût de production partiel (janv. à Avril 2010)

PERIODE 2010	Coût total cons. en combust. (FCFA)	ENERGIE PRODUITE (kWh)	Coût du kWh
janv.-10	556 988 228	7 643 517	72,87
févr.-10	659 427 721	8 618 587	76,51
mars-10	973 138 685	11 116 414	87,54
avr-10	1 072 036 775	12 768 621	83,96

Tableau 6: Coût de production partiel (exercice 2009)

PERIODE 2009	Coût total cons. en FCFA	ENERGIE PRODUITE (kWh)	Coût partiel du kWh
JANVIER	724 361 880	6 480 548	111,77
FEVRIER	850 388 408	6 146 950	138,34
MARS	1 113 950 301	8 304 780	134,13
AVRIL	1 110 228 814	10 052 277	110,45
MAI	1 217 812 594	13 680 290	89,02
JUIN	1 032 516 613	11 505 920	89,74
1er SEMESTRE	6 049 258 610	56 170 765	107,69
JUILLET	876 042 231	9 864 103	88,81
AOÛT	550 786 187	8 282 968	66,50
SEPTEMBRE	529 540 064	6 480 179	81,72
OCTOBRE	663 859 949	9 788 330	67,82
NOVEMBRE	605 711 863	9 446 147	64,12
DECEMBRE	658 426 414	9 782 532	67,31
2è SEMESTRE	3 884 366 708	53 644 259	72,41
TOTAL	9 933 625 317	109 815 024	90,46

Tableau 7: Coût de production partiel (exercice 2008)

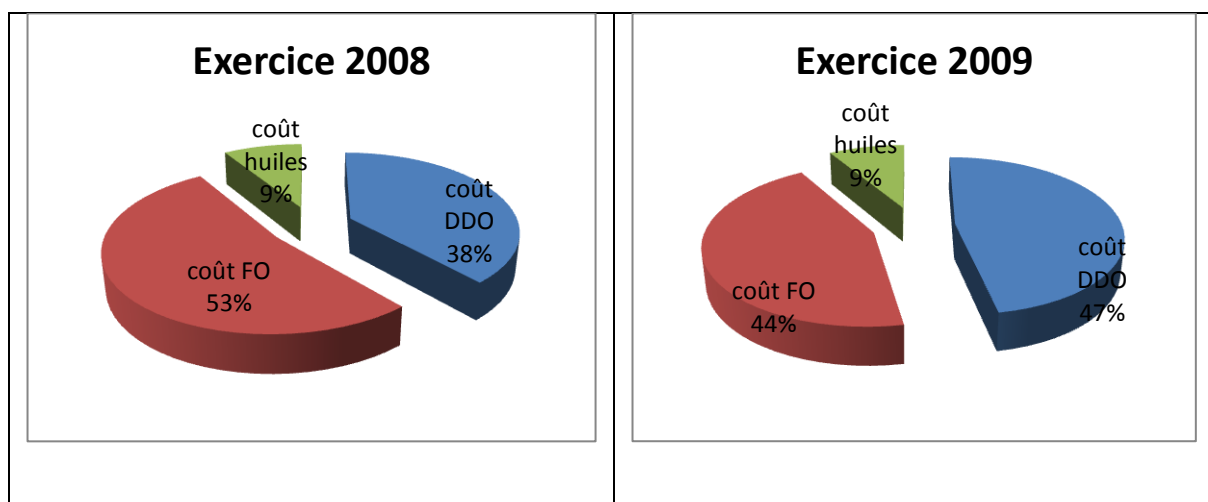
PERIODE 2008	Coût total cons. en FCFA	ENERGIE PRODUITE (kWh)	Coût partiel du kWh
JANVIER	460 156 970	6 480 548	71,01
FEVRIER	425 097 150	6 146 950	69,16
MARS	586 640 446	8 304 780	70,64
AVRIL	722 755 662	10 052 277	71,90
MAI	1 058 136 515	13 680 290	77,35
JUIN	923 728 587	11 505 920	80,28
1er SEMESTRE	4 176 515 331	56 170 765	74,35
JUILLET	888 047 442	9 864 103	90,03
AOÛT	652 481 645	8 282 968	78,77

SEPTEMBRE	459 695 010	6 480 179	70,94
OCTOBRE	644 704 611	9 788 330	65,86
NOVEMBRE	655 095 570	9 446 147	69,35
DECEMBRE	658 260 336	9 782 532	67,29
2 ^e SEMESTRE	3 958 284 613	53 644 259	73,79
TOTAL	8 134 799 944	109 815 024	74,08

En générale, le coût du kWh se situe en dessous de 90 FCFA sauf pour les quatre premiers mois de l'exercice 2009 où les valeurs dépassent les 100 FCFA/kWh. Les tarifs appliqués pour la vente du kWh allant de 75 frs à 165 frs/kWh selon les types d'abonnés, il est recommandé donc une politique d'efficacité énergétique pour rentabiliser la consommation du combustible et non produire à perte. Les pointes correspondent aux périodes de forte demande où les coûts de production croissent quand l'apport de l'extérieur n'est pas assuré (l'interconnexion). Il s'agit par exemple des moi de Mars, Avril, Mai et souvent un peu au delà.

III.2.3) Bilan de la consommation d'huile moteur

Les coûts d'exploitation en huiles sont pratiquement constants (8 à 9% en général du coût global). Le faible pourcentage de consommation d'huile est dû au traitement qu'il subit pendant son utilisation au niveau des centrifugeuses. Sa consommation spécifique tourne en moyenne autour de 5 g/kWh. Nous signalons à ce niveau qu'il n'y a pas de moyenne imposée comme pour les combustibles.



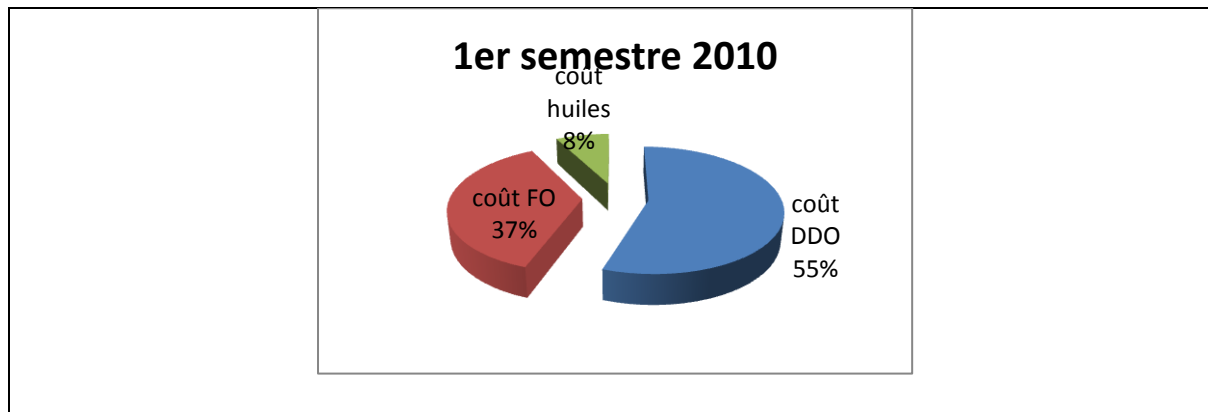


Figure 15: Répartition en pourcentage des coûts de consommation

III.2.4) Bilan de la consommation en eau

L'eau est utilisée en grande partie pour refroidir les groupes. On a l'eau HT qui refroidit l'intérieur du groupe (ensemble moteur) et l'eau BT qui refroidit l'huile et l'eau HT. Chaque groupe possède un circuit de refroidissement : les tours de refroidissement pour les groupes de l'ancienne centrale et les aéro-réfrigérants pour les groupes de la nouvelle centrale. La quantité d'eau utilisée mensuellement est en moyenne de 10 m³/10000 kWh comme consommation spécifique pour l'ensemble des groupes. Comme pour l'huile, il n'y a pas une imposition sur la consommation spécifique d'eau.

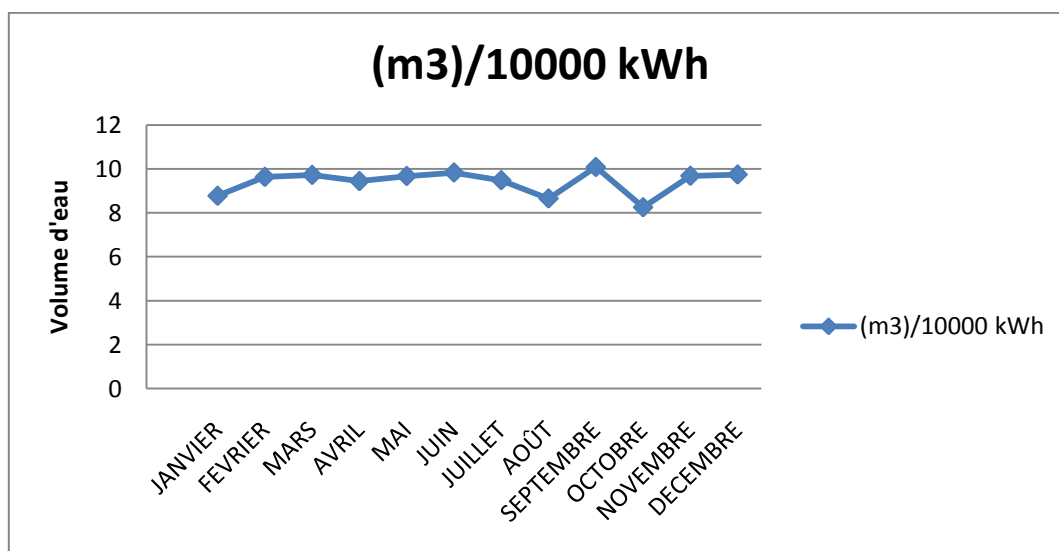


Figure 16: Consommation spécifique d'eau

III.2.5 Bilan de consommation en électricité

La part la plus importante de la consommation électrique est attribuée aux auxiliaires des groupes. L'autre part concerne la climatisation de certains locaux comme le local des cellules (départ pour la ville, arrivée des autres centrales), les bureaux des agents, les trois villas, etc. On a également l'éclairage de tous les locaux cités, l'installation de plusieurs prises triphasées et monophasées. Les compteurs sont tous situés en salle de commande. Les relevés de ces compteurs sont effectués quotidiennement. La consommation mensuelle résulte donc de la somme des consommations quotidiennes. Le pourcentage de la consommation en électricité de la centrale est de 2 à 4% de la production électrique soit un coût allant de 14,5 à 21 millions de FCFA

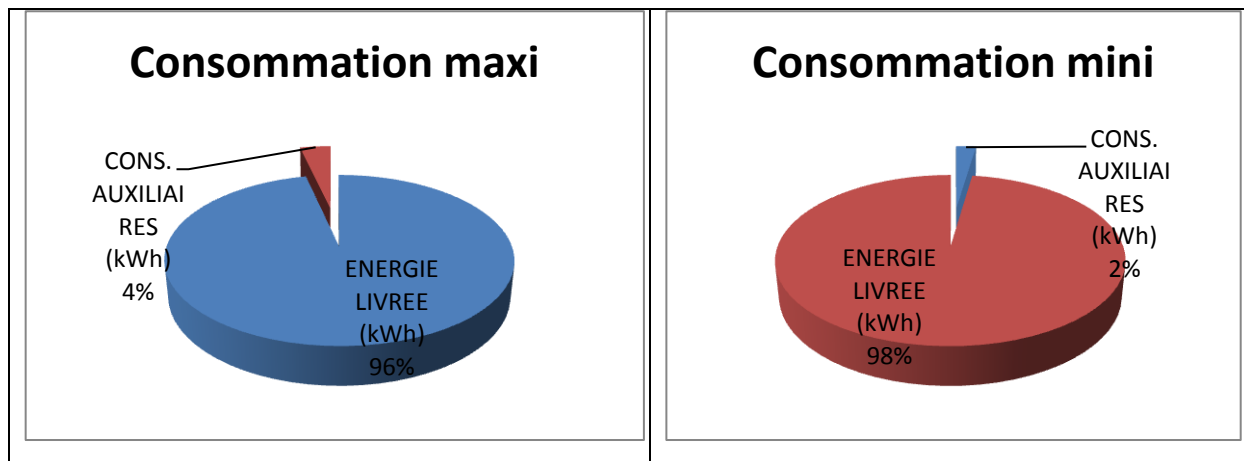


Figure 17: Evaluation du pourcentage de consommation des auxiliaires

Cette variation vient du fait que tous les auxiliaires ne sont pas toujours tous en fonctionnement. Quand un groupe est à l'arrêt, ses auxiliaires le sont également. Il arrive donc souvent que la consommation électrique augmente quand tous les groupes sont disponibles et réduite dans le cas contraire.

III.2.6 Energie livrée

C'est l'énergie mise à la disposition du réseau de distribution qui est chargé de livrer l'électricité aux consommateurs. Elle représente les recettes de la société. Plus cette énergie livrée est importante, plus la société en tire des bénéfices. Pour l'optimiser, on se doit de bien veiller à rationaliser la consommation interne afin de disposer du maximum pour la clientèle. Comme indiqué à la représentation ci-dessus (figure 13), l'énergie livrée représente 96 à 98% de la production. Ce chiffre traduit à priori un bon fonctionnement des installations. L'énergie

non livrée n'est pas facturé. La centrale fonctionnant 24 heures/24, plusieurs installations restent constamment sous tension.

III.3) Analyse du rendement énergétique de la centrale

Le rendement énergétique de la centrale est le rapport de l'énergie produite à l'aide du combustible par l'énergie consommée pour produire l'électricité. Les énergies n'étant pas exprimées dans les mêmes unités, nous avons procédé à la conversion de l'énergie calorifique des combustibles. Sur l'année 2008, nous avons une production totale de 109815024 kWh pour 30 416 780 kg de combustibles (DDO +FO) consommés. La quantité de combustible est d'abord convertie en kcal, puis en kWh par les équivalences suivantes :

$$1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJoules} = 860 \text{ kcal}$$

Un kilo de FO ou de DDO : 11 000 kcals

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ Joules}$$

Par application des équivalences nous pouvons obtenir la quantité suivante :

$$E (DDO + FO) = \frac{30416780 \times 11000}{860}$$

$$E (DDO + FO) = \mathbf{389\ 051\ 837\ kWh}$$

A cette valeur, on ajoute la consommation des auxiliaires pour obtenir la consommation totale:

$$E_{consommé} = 336\ 223\ 122 + 3\ 853\ 804 = \mathbf{392\ 905\ 641\ kWh}$$

Soit un rendement : $r = \frac{\text{Energie produite par les groupes (kWh)}}{\text{Energie consommée par les groupes (kWh)}}$

$$r = \frac{109\ 815\ 024 (kWh)}{392\ 905\ 641 (kWh)}$$

$$\mathbf{r = 27,95\%}$$

De même pour l'exercice 2009, on a également un rendement d'à peu près **28 %**. Dans les conditions idéales, le rendement de ces groupes se situe à environ 35%. En tenant compte de ces données on constate que Les groupes perdent environ 7% de l'énergie calorifique qu'ils consomment. C'est cette énergie perdue qui contribue à l'échauffement de la salle des machines et du sous-sol. Des mesures d'efficacité s'imposent à ce niveau.

III.4) Evaluation des pertes

Les pertes interviennent tant au niveau de la production (consommation combustible) que de la consommation interne (les auxiliaires). Nous allons tout d'abord évaluer les pertes de combustible sur la période de Janvier à Avril 2010. La consommation spécifique des groupes est fixée à une valeur maximale de 240 g/kWh. Au-delà de cette valeur, on estime que le groupe tourne à perte.

III.4.1) Pertes en combustible

Grâce aux relevés des compteurs des groupes (donnés en annexe), nous avons calculé les quantités de combustibles consommées en surplus en tenant compte de la consommation spécifique à ne pas dépasser (240 g/kWh) et déduit les pertes par groupe pendant les heures de marche. Les résultats sont traduits par les graphiques suivants.

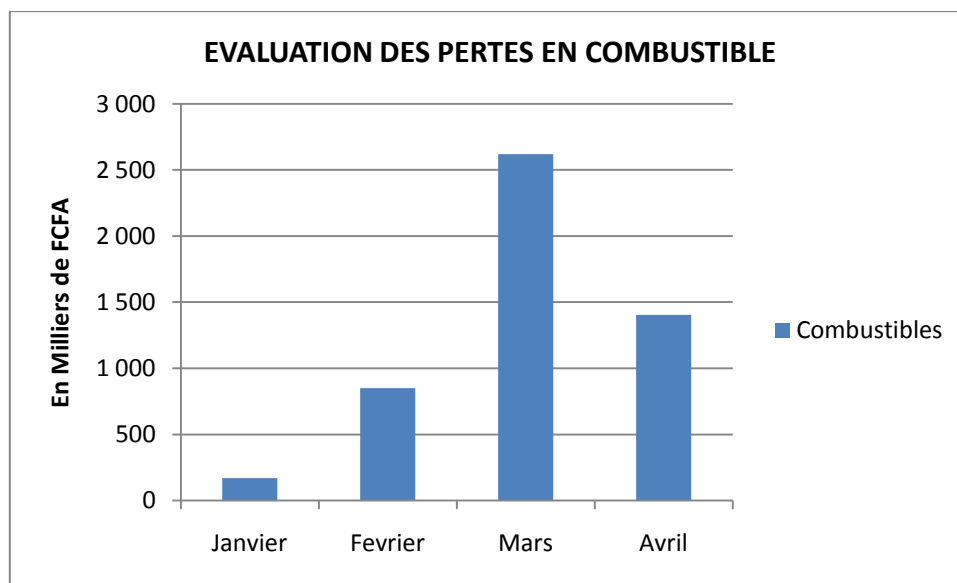


Figure 18: Coût des pertes en combustible (Janvier à Avril 2010)

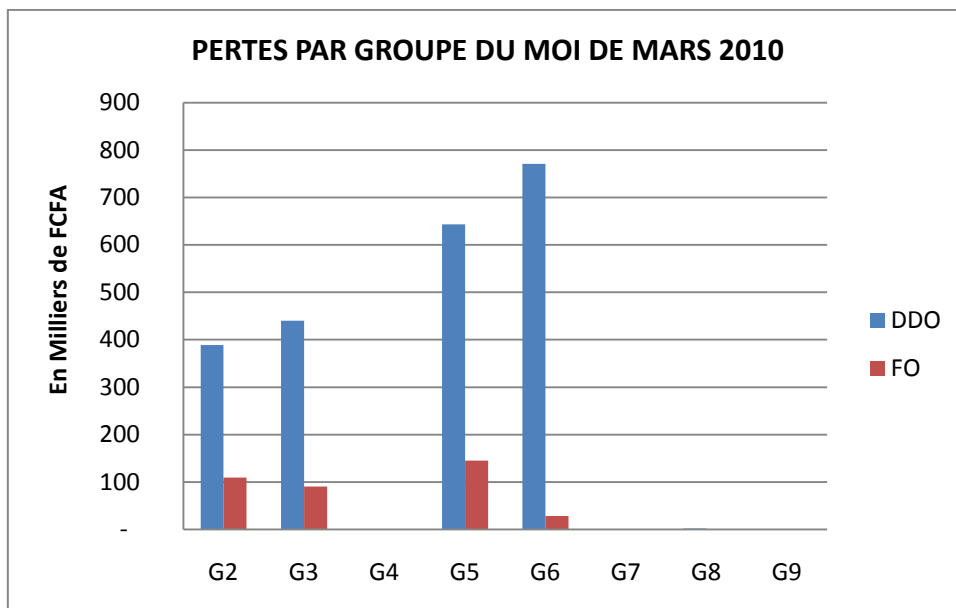


Figure 19: Evaluation des pertes par groupes (Mars 2010)

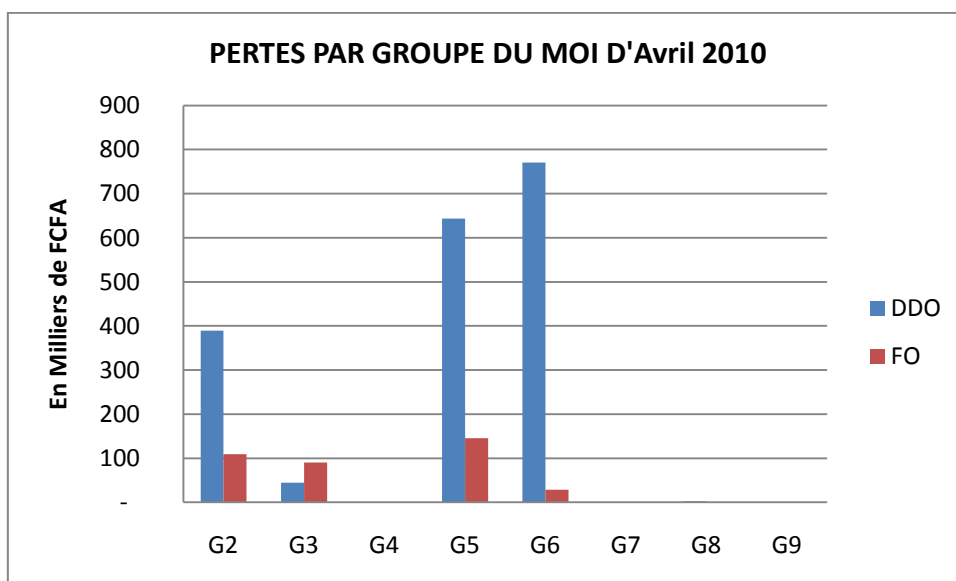


Figure 20: Evaluation des pertes par groupe (Avril 2010)

Les coûts des pertes peuvent évoluer très rapidement d'un mois à l'autre. De **169 640 FCFA** en janvier, nous constatons une perte de **851 278 FCFA** le mois suivant. On atteint ensuite un pic de **2 618 887 FCFA**. Les plus importantes pertes reviennent aux groupes de l'ancienne centrale (à titre d'exemple pour le seul mois d'Avril, on enregistre une perte de 1 279 417,39 FCFA de l'ancienne contre seulement 103 354,86 FCFA pour la nouvelle

centrale). On peut citer comme causes possibles, les fuites de combustibles au niveau des injecteurs et des raccordements des tuyauteries, la trop grande consommation de certains groupes de l'ancienne centrale. En effet les groupes G5 et G6 sont responsables des plus grandes pertes. Ce sont les deux groupes les plus puissants de la centrale. Les fuites d'huiles et de combustibles sont bien visibles à la base des groupes et dans le sous-sol de l'ancienne centrale. Des efforts de révision des installations des groupes sont plus que nécessaires. Cela permettra de réduire considérablement les pertes. Au niveau de la nouvelle centrale, les installations des groupes sont assez bien réalisées. Les fuites de combustible et d'huile sont moins importantes. Les illustrations de groupes sont faites sur les photos suivantes :



Figure 21: dépôt d'huile et de combustibles au niveau du G6



Figure 22: Groupe 9 à la nouvelle centrale

III.4.2) Consommation des auxiliaires

Nous avons classé les auxiliaires en deux groupes : d'un côté on a les moteurs qui permettent aux groupes de fonctionner et de l'autre, les installations des bureaux. Les compteurs sont installés en salle de commande ; les valeurs relevées correspondent à la consommation de l'ensemble. Nous allons donc faire une évaluation théorique de la consommation des bureaux et autres locaux. Il s'agit de la consommation de l'éclairage et de la climatisation.

Le récapitulatif des installations est données dans les tableaux ci-après :

Tableau 8: Récapitulatif de la climatisation

LOCAUX CLIMATISES	QUANTITE	HORAIRES D'UTILISATION
Ensemble des bureaux	15 climatiseurs de 1950 W	7H30-12H30 et 15H-18H
Salle de commande	1 split system de 4800 W	24H/24
Nouvelle centrale	1 (Sharp) de 2700 W	24H/24 (non fonctionnel)
Local cellule	3 climatiseurs (ACSON) de 2000 W	24H/24

Tableau 9: Récapitulatif de l'éclairage

LOCAUX DESSERVIS	QUANTITE ET TYPE D'ECLAIRAGE	HORAIRES D'UTILISATION
Bureaux (chef de service, chefs de division, de sections, les électriciens, commis), magasins, labo Atelier mécanique	162 tubes fluorescents de 36 W 24 tubes fluorescents de 36 W	7H30 - 12H30 et 15H - 18H
salle de commande, ensemble couloirs	48 tubes fluorescents de 36W	24H/24
Salle machine ancienne centrale	18 lampes de 400 W au plafond 3 lampes de 250 W 30 tubes fluorescents de 36 W	24H/24 24H/24 24H/24
Sous-sol ancienne centrale	4 projecteurs de 1000 W 40 tubes fluorescents de 36 W	24H/24 24H/24
Nouvelle centrale	6 lampes de 400W 3 lampes de 250 W 8 tubes fluorescents de 36 W	24H/24 24H/24 24H/24
Local de traitement fioul, dépotage	20 tubes fluorescents de 36 W 10 tubes fluorescents de 36 W	24H/24 18H30 – 6H
local des cellules	34 tubes fluorescents de 36 W	24H/24
Extérieur	10 lampes de 400 W 12 lampes de 250 W 20 tubes fluorescents	18H30 – 6H 18H30 – 6H 18H30 – 6H

NB : les lampes 400 W, 250 W et 1000 W sont des lampes à décharge (sodium haute pression, à vapeur de mercure haute pression). Elles ont une bonne efficacité lumineuse et une durée moyenne de vie assez élevée.

Les informations recueillies nous permettent d'évaluer une consommation théorique. Les facteurs d'utilisation et de simultanéité sont tous pris à 1. La consommation des ballasts représente 25% de celle des lampes.

Tableau 10: Consommation éclairage et climatisation

DESIGNATION	QUANTITE	Nbre d'heures /mois	Cons. Moi (kWh)	Cons. An (kWh)
Tubes fluo fonctionnant 24H/24	186	720	6 026	72 317
Tubes fluo fonctionnant de 7H30-12H30, de 15H-18H	162	240	1 750	20 995
Tubes fluo fonctionnant de 18H30-6H	34	345	528	6 334
Projecteurs 1000 W	4	720	3 600	43 200
Luminaire 400 W	34	720	12 240	146 880
Luminaire 250 W fonctionnant 24H/24	6	720	1 350	16 200
Luminaire 250 W fonctionnant 18H-6H	16	345	1 725	20 700
Climatiseurs fonctionnant 24H/24	4	720	9 720	116 640
Climatiseurs des bureaux 7H30-12H30 et de 15H-18H	15	240	1 170	14 040
TOTAL éclairage	442	3 810	27 219	326 626
TOTAL climatisation	19	960	10 890	130 680

On constate tout de même que la part de la consommation en éclairage et climatisation est faible en comparaison à la consommation de l'ensemble des auxiliaires des groupes qui représente plus de 80% de la consommation du kWh de la centrale. L'éclairage représente les 15% et la climatisation 5%. En dehors de ces trois secteurs, les consommations des autres appareils sont négligeables. On peut envisager des mesures d'économie d'énergie. En effet, moins les auxiliaires consomment, plus on disposera d'assez d'énergie livrée qui constitue une valeur ajoutée pour la société. Un programme de maintenance des appareils électriques est établi de façon hebdomadaire. Les pièces de rechange sont disponibles dans les deux magasins affectés au stockage des pièces de rechange mécanique et électrique. La centrale émet ses besoins et la direction générale de la société se charge de trouver tous les pièces indisponibles ou manquantes. Dans la partie qui va suivre, nous proposerons des mesures d'optimisation et d'économie énergétique.

IV) LES MESURES D'ECONOMIE ENERGETIQUE

Dans cette partie, nous allons proposer des solutions qui permettent de réduire le coût de la consommation énergétique de la centrale. L'objectif visé sera d'appliquer les mesures pour l'optimisation de la consommation en combustible et la consommation en électricité de

certaines auxiliaires tout en minimisant leur coût de maintenance. Ce qui permettra de disposer plus d'énergie pour le transport et la livraison.

IV.1) Diversification en équipements et sources d'approvisionnement

Comme constaté plus haut, les pertes de combustible ne sont pas négligeables (un peu plus de 2,6 millions FCFA pour le mois de Mars par exemple). Il est donc primordial de trouver des voies et moyens pour minimiser ces pertes. Les groupes de l'ancienne centrale sont vieillissantes mais toujours robustes. Nous proposons les solutions possibles dans un tableau détaillé :

Tableau 11: Mesures d'économie en combustible

<u>MESURES</u>	<u>ACTIONS A MENER</u>	<u>PERSONNES CONSERNEES</u>	<u>DETAILS</u>
Réduction des écoulements de combustibles et d'huiles à l'ancienne centrale (à court et long terme)	<ul style="list-style-type: none"> - Rendre plus étanche les liaisons entre les tuyauteries - Contrôle des injecteurs pour éviter toute fuite de combustibles 	Service de maintenance mécanique	Les groupes perdent du combustible, de l'huile, due au vieillissement des groupes. Les matériaux sont de moins en moins performants et il apparaît des zones non étanches sur le circuit des fluides.
Diversification des sources d'approvisionnement du fioul (à long terme)	<ul style="list-style-type: none"> - Trouver plusieurs sources d'approvisionnement du fioul - Disposer de plus de réserve pour stocker le fioul 	Responsables de la société	Actuellement c'est la SONABHY qui ravitaille la SONABEL en combustible. Etant donné qu'elle est la seule société distributrice d'hydrocarbure sur le plan national, une solution dans l'immédiat est difficilement envisageable. Etudier la possibilité à s'approvisionnement dans la sous-région
Ne plus s'équiper de groupes fonctionnant uniquement au DDO (à long terme)	<ul style="list-style-type: none"> - A l'acquisition d'un groupe, choisir ceux qui fonctionnent au fioul et au DDO - Choisir les groupes de plus grande puissance. 	Responsables de la société	A la nouvelle centrale, les trois groupes ne consomment que du DDO, ce qui est très coûteux à long terme. On bénéficierait à mettre à la place du G1 par exemple, un groupe plus puissant consommant également du fioul et DDO.

IV.2) Optimisation de la consommation électrique

La réduction de la consommation de certains auxiliaires équivaut à plus d'énergie vendue. La difficulté est de prévoir la consommation propre des auxiliaires des groupes étant donné que leur temps de fonctionnement ne peut être prévu. On note également que tout moteur qui fonctionne est utile pour le groupe et les dimensionnements des équipements respectent les normes. Nous envisageons donc la possibilité de réduire la consommation des auxiliaires autres que ceux des groupes, à savoir la climatisation et l'éclairage, points que nous détaillons dans la partie suivante.

IV.2.1) Réduction de la consommation des lampes

Après les auxiliaires des groupes, l'éclairage est la seconde source consommatrice d'électricité. Dans certains locaux, des lampes restent allumées permanemment. Nous prenons le cas du local « cellules » où les tubes fluorescents restent allumés même en l'absence d'agent (24H/24). Si ce n'est pour cause de travaux, les agents n'y restent pas plus d'une trentaine de minute par jour. On pourrait prévoir l'extinction des lampes une fois les locaux vides par l'installation de détecteur de présence qui commanderait les lampes. On pourrait avoir au moins une économie d'une dizaine d'heure par jour. Nous comptons 34 tubes fluorescents à l'intérieur du local, soit une consommation de $(34 \times 0,036 \times 1,25 \times 10H \times 365jr)$ l'année. Ce qui nous donnerait une économie de **5584,5 kWh** par an qui constituerait de l'énergie livrée. Nous pouvons également prendre le cas de la salle des machines où les projecteurs et tubes fluorescents restent allumés en pleine journée. En créant les conditions de pénétration de la lumière solaire sur les façades latérales des salles machines, on aura au moins 11 heures (7 H à 18 H) de non allumage des tubes et projecteurs. Nous préconisons l'installation de baies vitrés qui laisseraient pénétrer la lumière du jour. L'économie annuelle réalisée sera de **59321,63 kWh** répartie comme suit dans le tableau suivant :

Tableau 12: Economie d'électricité en kWh

ENERGIE ANNUELLE A ECONOMISER			
	Lampes 400W	Lampes 250W	Tubes fluo. 36W
Eco. Journalière (kWh)	132	21	10
Eco. Mensuelle (kWh)	3 960	619	297
Eco. Annuelle (kWh)	48 180	7 528	3 614
Totale annuelle (kWh)	59 322		

Les détails de calcul sont les suivant :

- Pour l'économie d'énergie journalière (E_j):

$$E_j = \text{nbre de lampe} \times \text{puissance} \times 1.25 \times \text{temps estimé de non fonctionnement par jour}$$

Où le coefficient 1,25 représente le facteur permettant de calculer la puissance (lampe+ballast)

- Pour l'économie d'énergie mensuelle (E_m):

$$E_m = E_j \times 30$$

- Pour l'économie d'énergie annuelle (E_a):

$$E_a = E_j \times 365$$

On obtient ainsi un total d'économie de **64 906,5 kWh** par an sur l'éclairage. Ce qui représente un minimum de **4 867 988 FCFA** comme bénéfice si le kWh est vendu à 75 FCFA seulement. C'est une somme non négligeable même pour une société comme la SONABEL ayant un chiffre d'affaire important. Par ailleurs, on pourrait envisager le remplacement des lampes classiques par des lampes à économie d'énergie. Nous prenons le cas des tubes fluorescents de 36 W installés. Ils peuvent être remplacés par des tubes fluorescents de puissance 28 W sans ballast (220 V – 50 Hz) de marque Benbon.

Tableau 13: Economie d'énergie sur les tubes fluorescents

	Tubes fluo de 36 W avec ballast	Tubes fluo de 28 W sans ballast	Energie à économisée (kWh)
consom. Mensuelle (kWh)	8 304	5 167	3 137
consom. Annuelle (kWh)	99 646	62 002	37 644

Nous aurons donc un surplus d'énergie livrée de **37 644 kWh/an** en remplaçant simplement les tubes de 36 W par ceux de 28 W sans ballast qui sont facilement installables. Ce qui est équivalent à un gain minimum de **2 823 309 FCFA/an**.

On peut également substituer aux lampes à incandescence classique de 60 W utilisées comme baladeuses par des lampes à économie d'énergie qui offrent une efficacité lumineuse jusqu'à 5 fois supérieur à celui de l'incandescence. Elles consomment de 4 à 5 fois moins et durent de 12 à 15 fois plus longtemps. Le nombre de lampes à incandescence utilisé ne pouvant être déterminé avec précision, nous ne pouvons donc pas chiffrer en temps réel l'économie d'énergie à réaliser. Nous pouvons néanmoins considérer en moyenne une sortie journalière de 5 lampes baladeuses d'après notre constatation durant notre stage. Nous avons donc fait

notre hypothèse de calcul en se basant sur une centaine de lampes présenté dans le tableau suivant :

Tableau 14: Coût et performance

	Lampes à incandescence classique	Lampes à économie d'énergie "professionnelle"	Lampes à économie d'énergie "grand public"
Nombre de lampes installées	100	100	100
Puissance consommée par lampe (W)	60	12	12
Nombre d'heures de fonctionnement par jour	8	8	8
Nombre de jours de fonctionnement annuel	365	365	365
Nombre d'heures de fonctionnement annuel (Nombre d'heures de fonctionnement par jour x Nombre de jours de fonctionnement annuel)	2920	2920	2920
Prix de l'électricité en FCFA /kWh	75	75	75
Durée de vie moyenne des lampes (heures)	1 000	15 000	5 000
Prix unitaire moyen d'une lampe pour l'utilisateur final (FCFA HT)	300	7000	2500
Coût de main-d'oeuvre pour changer une lampe (Electricien de la centrale)			
Coût d'investissement (FCFA HT) (prix lampe + coût de main-d'oeuvre/lampe) x nombre de lampes installées	30000	700000	250000
Nombre relatif de lampes changées tous les ans ((nombre de lampes installées x durée de fonctionnement annuel) / durée de vie moyenne des lampes)	292	19	58
Coût moyen annuel de remplacement des lampes (FCFA HT) (prix lampe + coût de main-d'oeuvre /lampe) x nombre de lampes changées par an)	87 600	136 267	146 000
Coût de la consommation électrique par an (FCFA HT) (puissance totale lampes x durée de fonctionnement annuel x coût kWh/1000)	1 314 000	262 800	262 800
Coût total 1re année (FCFA)	1 401 600	399 067	408 800
Coût cumulés sur 5 ans (FCFA)	7 008 000	1 995 333	2 044 000

Ce tableau comparatif nous montre clairement les intérêts qu'on tire en utilisant les lampes à économie d'énergie même si les investissements paraissent élevés au départ. La rentabilité devient importante à long terme et permet aux agents d'économiser le temps de remplacement des lampes.

IV.2.2) Réduction de la consommation en climatisation

Au niveau de la climatisation, le remplacement des climatiseurs de bureaux par des modèles plus modernes de type ACSON (2000 W) comme installé en local cellule moins énergétivores réduirait également la consommation des auxiliaires. En effet en tenant compte du facteur de puissance on constate que le climatiseur 1950 W consomme en réalité un minimum de 3250W et le type ACSON 2500 W au maximum. Sur la quinzaine de climatiseurs LG installés, on aurait un gain de 11,25 kW soit une consommation de 90 kWh disponible par jour ; donc une économie de **32 850 kWh** par an ajouté à la livraison.

En définitive, nous obtenons un gain totale de 97 756,5 kWh / an correspondant en une somme minimale de **7 331 737,5 FCFA / an** que gagnerait la société.

IV.2.3) Etude de Compensation des auxiliaires

L'utilisation de batterie de compensation est une solution pour réduire la consommation des auxiliaires. La plupart des auxiliaires (moteurs, lampes et climatiseurs) n'ont pas un bon facteur de puissance ; nous allons donc étudier la possibilité d'installer ces batteries de compensation. Nous proposons une compensation de l'énergie réactive qui relèverait le facteur de puissance à 0,95 par exemple. Soit Q_c l'énergie réactive à compenser.

La puissance réactive pour la compensation est donnée par l'expression :

$$Q_c = P_{\text{utilisation}}(tg\varphi_1 - tg\varphi_2)$$

- Pour une pompe eau BT (Puissance = 45 kW et $\text{Cos}\varphi = 0,85$)

$$Q_{c1} = 45 \times (tg(\text{arcos}0,85) - tg(\text{arcos}0,95)) = 13,10 \text{ kvar}$$

Nous avons autant de pompe eau BT que de groupes. On en compte donc au total sept (07) qui sont en service (les groupes G1 et G7 étant hors service).

- Pour un électro ventilateur (Puissance = 37 kW et $\text{Cos}\varphi = 0,87$)

$$Q_{c2} = 37 \times (tg(\text{arcos}0,87) - tg(\text{arcos}0,95)) = 8,81 \text{ kvar}$$

A l'ancienne centrale, chaque groupe possède sa tour de refroidissement. Nous comptons cinq (05) électro-ventilateurs sont en service.

- Pour la centrifugeuse (Puissance = 15 kW et $\text{Cos}\varphi = 0,87$)

$$Q_{c3} = 15 \times (tg(\text{arcos}0,87) - tg(\text{arcos}0,95)) = 3,57 \text{ kvar}$$

- Pour un moteur vireur (Puissance = 12 kW et $\text{Cos}\varphi = 0,80$)

$$Q_{c4} = 12 \times (tg(\arccos 0,80) - tg(\arccos 0,95)) = 5,06 \text{ kvar}$$

Nous comptons un total de sept (07) moteurs vireurs.

- Pour une pompe de pré graissage (Puissance = 7,5 kW et $\text{Cos}\varphi = 0,83$)

$$Q_{c5} = 7,5 \times (tg(\arccos 0,83) - tg(\arccos 0,95)) = 2,57 \text{ kvar}$$

Chaque groupe possédant sa pompe de pré-graissage, on en compte donc au total sept (07).

- Pour un aéro-réfrigérant (Puissance = 15 kW et $\text{Cos}\varphi = 0,77$)

$$Q_{c6} = 15 \times (tg(\arccos 0,77) - tg(\arccos 0,95)) = 7,50 \text{ kvar}$$

Un aéro-réfrigérant compte six (06) moteurs pour le refroidissement de l'eau, ceci pour chaque groupe de la nouvelle centrale. La puissance calculée correspond à l'ensemble des six moteurs.

- Pas de nécessité de compensation pour les autres moteurs car faible puissance (inférieur à 5kW)

Nous pouvons prévoir deux types de compensation : la compensation individuelle ou globale. Les auxiliaires étant susceptibles de fonctionner tous simultanément, une compensation globale par zone serait moins coûteuse. La compensation globale que nous proposons sera par secteur car les auxiliaires ne sont pas tous alimentés par le même transformateur. En ce référant au schéma unifilaire de la centrale, on constate que les transformateurs TSA01 et TSA02 se partagent l'alimentation des auxiliaires des groupes G2, G3 et G4. La compensation à ce niveau s'obtient comme suit :

$$Q_c = 3 \times (13,10 + 8,81 + 5,06 + 2,57) + 3,57$$

$$Q_c = 92,19 \text{ kvar}$$

On adoptera une compensation par zone avec un compensateur automatique. Nous utiliserons deux batteries de type Varplus M4 de puissance **50 kvar** chacune, à installées à proximité des TSA01 et TSA02. Les batteries sont de type standard 400V, de référence 52422. Nous aurons donc un $Q_{installé} = 100 \text{ kvar}$.

Les transformateurs TSA03 et TSA04 alimentent les auxiliaires des groupes G5 et G6 ; on obtient comme compensation :

$$Q_c' = 2 \times (13,10 + 8,81 + 5,06 + 2,57)$$

$$Q_c' = 59,08 \text{ kvar}$$

Nous avons une puissance d'environ 60 kvar à répartir sur deux transformateurs. Nous utiliserons pour chaque transformateur (TSA03 et TSA04) deux batteries de type Varplus M1 de puissance 15 kvar chacune. Soit une puissance installée de 30 kvar à proximité de chaque transformateur, ce qui correspond à quatre (04) batteries Varplus M1 de type standard de référence 52421.

Pour les auxiliaires de la nouvelle centrale, la compensation sera de :

$$Q_c'' = 2 \times (13,10 + 5,06 + 2,57 + 7,50)$$

$$Q_c'' = 56,46 \text{ kvar}$$

Nous utiliserons une batterie Varplus M4 de puissance 60 kvar de type standard, de référence 52423.

Les références pour les accessoires et informations complémentaires des types M1 et M2 sont à l'annexe 14.

Tableau 15: Devis estimatif en fourniture et pose des batteries de condensateur

Désignation	Puissance (kvar)	Quantité	Prix unitaire	Montant (FCFA)
Batterie de condensateur avec régulation automatique y compris protection et accessoire de montage et contrôle	60	1	5 400 000	5 400 000
	50	2	4 800 000	9 600 000
	15	4	1 300 000	5 200 000
TOTAL		7		20 200 000

IV.2.4) Solution au démarrage des moteurs

Lors du démarrage d'un moteur, le courant appelé sur le réseau d'alimentation représente en général 600% du courant normal à pleine charge. Ce courant élevé circule jusqu'à ce que le moteur ait presque atteint sa vitesse, puis il diminue jusqu'à atteindre sa normale. A côté du courant élevé de démarrage, le moteur génère également un couple de démarrage plus élevé que le couple à pleine charge. La centrale fonctionne énormément avec les moteurs, ils consomment près de 80% de l'électricité des auxiliaires. Les moteurs sont à

démarrage direct à l'exception des compresseurs qui sont à démarrage électromagnétique sous tension réduite (montage étoile-triangle), nous avons ainsi de forte consommation d'énergie électrique simplement pour le démarrage des pompes. La limitation du courant de ligne est une solution envisageable afin de réduire la consommation électrique des moteurs. Nous proposons l'installation de démarreurs électroniques. Ils sont principalement utilisés pour des démarrages progressifs ou sans à-coups, sous tension réduite des moteurs AC. Nous optons pour les démarreurs électroniques **LH4**. On peut non seulement sélectionner le mode du démarreur électronique, mais aussi régler:

- la durée de la rampe de démarrage progressif
- la valeur maximale de la limite de courant

Nous avons le démarreur progressif **LH4 N1** utilisé pour les moteurs monophasés et triphasés ; son utilisation est limitée aux moteurs de petite puissance. Les démarreurs-ralentisseurs progressifs **LH4 N2** sont utilisés pour pompes, compresseurs et toutes les machines à fortes inerties. Ils sont plus performants que les LH4 N1 et peuvent les substituer. Les démarreurs électroniques éliminent le point de transition de l'intensité, et le temps de passage à la pleine tension peut habituellement être ajusté de 2 à 30 secondes. Ceci évite les fortes pointes de courant lorsque le démarreur électronique est paramétré et correctement adapté à la charge. Ces démarreurs ont une fonction économie d'énergie. Plus de détails sur les caractéristiques de ces démarreurs sont à l'annexe 16 et 17. On trouvera dans les deux magasins quelques pièces pour la maintenance du matériel électrique.

CONCLUSION

Ce travail a permis de faire le bilan énergétique poste par poste puis générale de la centrale de Ouaga II.

Il ressort de cette étude qu'il y a de réelles possibilités d'amélioration du coût de production. Les pertes sont loin d'être négligeables. En effet l'évaluation du coût des pertes en combustibles des groupes de la centrale s'élève parfois à plus de deux millions de francs CFA par mois. Nous avons donc proposé des solutions à court et long terme pour réduire ces pertes. Nous avons mis en évidence les retombés économiques qu'on pourrait avoir si on réduisait la consommation électrique de certains auxiliaires comme les lampes en diminuant leur durée de fonctionnement, le renouvellement à long terme des équipements vétustes et moins performants. Dans l'ensemble, ces mesures peuvent être appliquées sans difficultés. Par ailleurs, un certain nombre de source de consommation électrique n'a pas été effectué, à savoir ceux concernant les trois villas alimentées par les transformateurs auxiliaires de la centrale. Nous nous sommes contentés uniquement de l'audit des bâtiments de la centrale car nous n'avons pas pu réaliser les inspections des lieux. Nous avons simplement estimé que la consommation d'un appartement domestique privé n'aurait pas un impact significatif sur la consommation globale.

Nous pensons que pour une société de l'envergure de la SONABEL, il ne serait pas superflu de prévoir la mise en place d'une équipe de gestion de l'énergie pour un suivi des applications de mesures d'économie énergétique. Vu le coût des pertes de combustible qui atteignent les deux millions/moi et la possibilité d'agir pour réduire la consommation de l'éclairage et la climatisation (économie de 64 906,5 kWh /an soit environ 4,8 Millions FCFA), ces applications demeurent plus que nécessaires dans l'immédiat.

Nous avons évalué la quantité d'énergie économisable à la centrale OUAGA II par le recensement des secteurs consommant inutilement de l'énergie. Ce qui nous a permis de faire les propositions de solution pouvant réduire les coûts de production, sachant les coûts élevés de la production thermique. Il en ressort tout de même quelques insuffisances notamment la non-évaluation de la consommation du groupe secours qui démarre en cas de black out. Nous espérons que notre étude soit un appui pour la SONABEL dans l'exploitation de ses centrales. Cela favoriserait la réduction du coût de l'électricité dans un pays en voie de développement comme le BURKINA FASO où les coûts élevés de l'énergie sont un réel obstacle à l'esprit de développement.

RECOMMANDATION

Cette étude montre l'importance que représente la production thermique pour un pays comme le Burkina Faso. La centrale Ouaga II en est l'exemple et on se doit de cerner toute la problématique et les aspects liés à la production et à la consommation. Nous recommandons à l'issu de notre étude, une évaluation de la consommation électrique des trois villas alimentées par la centrale afin d'avoir une idée sur l'impact que cela représente sur la consommation des auxiliaires qui représente 4% de la production. La réhabilitation du système de ventilation du sous sol est à prévoir pour permette aux agents d'avoir de bonnes conditions de travail et aux équipements de fonctionner dans des conditions idéales. Pour terminer, nous recommandons surtout un suivi des tâches à effectuer pour réduire les pertes en combustible et aussi minimiser la consommation des auxiliaires, soit à :

- Réduire le temps de fonctionnement des lampes dans certains locaux par l'installation de détecteur de présence commandant l'allumage et l'extinction ;
- Remplacer des lampes par celles à économie d'énergie ;
- Prévoir l'installation de démarreurs progressifs pour éviter les pointes de consommation au démarrage des moteurs ;
- Prévoir le remplacement des climatiseurs par split system modernes.

BIBLIOGRAPHIE

- Agence Régionale Energie Réunion (ARER), (27 Août 2007) ; Bilan énergétique de l'île de la REUNION 2006 ; Observatoire Energie Réunion
- BOCOUM Salif Elisée, (2003) ; Audit énergétique des installations frigorifiques et de la chaufferie de la Brakina ; mémoire de diplôme d'études supérieures spécialisées (DESS) ;
- Collectif Urgence Réchauffement Climatique – Ploufragan, Mars 2007 ; Le projet de la centrale électrique au Gaz-Fuel ;
- COULIBALY Yézouma, (2009/2010) ; cours sur les sources d'énergie « Sources d'énergie poly », Page 3 ;
- Ahmed O. BAGRE, (2009/2010) ; cours d'installations électrique ;
- GAMBONI François (2003) ; Audit énergétique de l'immeuble de la Bank of Africa agence de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), mémoire de fin d'étude ;
- NIKIEMA W. Narcisse Romaric, (2008) ; Réhabilitation de l'armoire électrique des groupes de la nouvelle centrale ; mémoire pour l'obtention de la licence professionnelle en Génie électrique/Système industriel ;
- SDMO Power Products, Groupe électrogène ; Gamme 2001 ;
- Schneider Electric, catalogue automatisme 2001 ;
- Rockwell Automation, Solution de démarrage : Démarreurs électroniques intelligents comparés aux systèmes électromécaniques de démarrage. Publication 150-2.6 FR, 1998 ;
- Recueil de documentations techniques, Génie électrotechnique, version 2007 ;
- ABB Entrelec, guide d'application : Solution de démarrage moteur ;
- Centrale OUAGA II, Manuel d'utilisation du groupe G2.

WEBOGARPHIE

- www.weg.net
- www.abb.com/lowvoltage
- www.wegfrance.fr
- www.ab.com/catalogs
- www.telemecanique.com
- www.philips.com

ANNEXES

SOMMAIRE DES ANNEXES

ANNEXE 1: Données mensuelles de production (année 2008)	II
ANNEXE 2: Données mensuelles de production (année 2009)	III
ANNEXE 3: Données mensuelles de production (année 2010)	IV
ANNEXE 4: Evolution de l'énergie produite et livrée	V
ANNEXE 5: Evolution de la consommation d'eau	VI
ANNEXE 6: Evaluation du coût du prix du kWh	VII
ANNEXE 7: Rapport mensuel (moi de janvier 2010)	VIII
ANNEXE 8: Etats statistiques.....	X
ANNEXE 9: Rapport du moi de janvier 2010 (détails par groupes)	XI
ANNEXE 10: Rapport du moi de Février 2010 (détails par groupe).....	XII
ANNEXE 11: Rapport du moi de mars 2010 (détails par groupe)	XIII
ANNEXE 12: Rapport du moi d'avril 2010 (détails par groupe)	XIV
ANNEXE 13: Equivalences de puissance entre lampes à incandescence et lampes fluorescentes compactes	XV
ANNEXE 14: Batteries de condensateur Varplus M	XVI
ANNEXE 15: Les types de démarrage	XVIII
ANNEXE 16: Démarreurs progressifs LH4.....	XIX
ANNEXE 17: Constituants à associer au démarreur	XX
ANNEXE 18: Photo du plan de la centrale	XXI
ANNEXE 19: Facturation de l'électricité	XXII

ANNEXE 1: Données mensuelles de production (année 2008)

MOIS	ENERGIE PRODUITE (kWh)			CONSO	COMBUSTIBLES (en litres)		CONSO	CONSOMMATION HUILES (en litres)			
	DDO	HFO	TOTAL	AUXILIAIRES	DDO	HFO	EAU	BP Energol ICF 304	Mobil 440	Argina T40	PDS 3154
JANVIER	1 335 903	5 144 645	6 480 548	288 114	366 871	1 304 560	5 740	14 856	-	11 077	1 456
FEVRIER	1 131 373	5 015 547	6 146 920	286 783	303 765	1 262 207	5 286	2 080		21 998	208
MARS	1 434 996	6 869 784	8 304 780	279 811	396 809	1 733 390	7 120	14 976	-	21 504	4 368
AVRIL	2 679 495	7 372 785	10 052 280	343 017	737 300	1 848 523	8 147	17 472	-	15 619	3 744
MAI	5 997 408	7 682 882	13 680 290	447 771	1 648 928	1 918 699	12 441	29 744	-	22 863	1 872
JUIN	5 920 337	5 585 583	11 505 920	356 403	1 626 187	1 405 011	11 742	10 816		27 880	1 040
JUILLET	8 140 045	1 724 058	9 864 103	307 950	2 224 731	488 421	8 809	10 816	-	16 600	1 248
AOÛT	3 825 864	4 457 104	8 282 968	264 119	1 058 983	1 130 338	8 049	91 052	-	15 914	-
SEPTEMBRE	1 307 585	5 172 594	6 480 179	270 022	363 718	1 313 628	8 087	12 272	-	11 260	2 704
OCTOBRE	940 485	8 847 845	9 788 330	319 686	257 445	2 228 354	12 700	13 312	-	19 200	1 248
NOVEMBRE	1 175 891	8 270 246	9 446 137	336 022	332 750	2 154 627	7 959	14 768	-	21 700	1 456
DECEMBRE	818 031	8 965 501	9 783 532	388 672	231 315	2 297 651		8 944	-	24 116	5 616
TOTAL	34 707 413	75 108 574	109 815 987	3 888 370	9 548 802	19 085 409	96 080	241 108	-	229 731	24 960

ANNEXE 2: Données mensuelles de production (année 2009)

CENTRALE OUAGA II

MOIS	ENERGIE PRODUITE (kWh)			CONSO	COMBUSTIBLES (en litres)		CONSO	CONSOMMATION HUILES (en litres)			
	DDO	HFO	TOTAL	AUXILIAIRES	DDO	HFO	EAU	BP Energol ICF 304	Mobil 440	Argina T40	PDS 3154
JANVIER	1 532 970	9 132 008	10 664 978	353 926	422 249	2 318 516	9 350	8 736	-	25 917	1 664
FEVRIER	3 263 663	8 496 246	11 759 909	331 687	879 359	2 143 020	11 321	14 352	-	28 887	2 704
MARS	7 633 825	5 629 109	13 262 934	239 702	2 096 822	1 415 662	12 894	15 808	-	44 555	1 872
AVRIL	6 146 407	7 671 512	13 817 919	264 130	1 697 834	1 920 195	13 038	53 236	-	18 174	1 872
MAI	6 942 619	8 156 498	15 099 117	277 759	1 932 501	2 069 302	14 608	39 476	-	27 170	2 080
JUIN	4 419 367	9 280 021	13 699 388	268 315	1 214 396	2 357 299	13 467	19 400	-	20 482	21 320
JUILLET	6 989 720	2 818 094	9 807 814	191 715	1 975 983	697 907	9 296	3 780	-	19 437	14 664
AOÛT	2 349 026	5 010 590	7 359 616	194 382	639 553	1 270 821	6 364	18 644	-	9 823	3 952
SEPTEMBRE	3 057 722	3 369 716	6 427 438	174 997	865 500	852 125	6 477	18 260	-	9 196	4 364
OCTOBRE	2 671 446	5 750 325	8 421 771	224 613	748 255	1 471 592	6 945	208	-	21 527	33 920
NOVEMBRE	1 989 742	6 284 058	8 273 800	212 344	547 248	1 605 250	8 011	11 012	-	20 691	7 556
DECEMBRE	3 532 308	4 741 567	8 273 875	183 404	1 004 955	1 199 972	8 062	15 324	-	16 503	1 248
TOTAL	50 528 815	76 339 744	126 868 559	2 916 974	14 024 655	19 321 661	119 833	218 236	-	262 362	97 216

ANNEXE 3: Données mensuelles de production (année 2010)

CENTRALE OUAGA II

MOIS	ENERGIE PRODUITE (kWh)			CONSO	COMBUSTIBLES (en litres)		CONSO	CONSOMMATION HUILES (en litres)			
	DDO	HFO	TOTAL	AUXILIAIRES	DDO	HFO	EAU	BP Energol ICF 304	Argina S 40	Argina T40	PDS 3154
JANVIER	1 753 394	5 890 123	7 643 517	191 862	486 027	1 490 092	7 907	12 272		17 953	624
FEVRIER	2 869 085	5 749 502	8 618 587	189 000	804 877	1 452 669	8 632	4 368		27 289	1 456
MARS	6 720 474	4 395 940	11 116 414	326 300	1 895 916	1 115 551	12 168	8 528		31 985	7 488
AVRIL	6 692 336	6 076 285	12 768 621	427 166	1 880 310	1 531 366	14 287	17 472		34 203	1 456
MAI	7 592 174	4 567 885	12 160 059	407 935	2 133 324	1 147 453	13 926	19 552	4 180	28 817	832
JUIN	6 005 125	3 543 813	9 548 938	335 370	1 673 903	906 728	10 888	20 176		17 138	1 248
JUILLET	1 282 146	5 371 203	6 653 349	301 990	369 831	1 371 554	8 172	13 760		16 720	416
AOÛT			-								
SEPTEMBRE			-								
OCTOBRE			-								
NOVEMBRE			-								
DECEMBRE			-								
TOTAL	32 914 734	35 594 751	68 509 485	2 179 623	9 244 188	9 015 413	75 980	96 128	4 180	174 105	13 520

ANNEXE 4: Evolution de l'énergie produite et livrée

SONABEL

DIRECTION PRODUCTION

TRANSPORT

DEPARTEMENT PRODUCTION THERMIQUE

SERVICE PRODUCTION THERMIQUE OUAGA

OUEST

CENTRES	PERIODE	EXERCICE ANTERIEUR		EXERCICE COURANT 2009			
		2008		ENERGIE		ENERGIE LIVREE	
		E. PRODUITE	E. LIVREE	PRODUITE			
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	V(%)	kWh	V (%)
	JANVIER	6 480 548	6 192 470	10 664 978		10 311 052	
	FEVRIER	6 146 950	5 860 167	11 759 909		11 428 222	
	MARS	8 304 780	8 024 969	13 262 934		13 023 232	
	AVRIL	10 052 277	9 709 260	13 817 919		13 553 789	
	MAI	13 680 290	13 274 749	15 099 117		14 821 358	
	JUIN	11 505 920	11 149 517	13 699 388		13 431 073	
OUAGA	1er						
II	SEMESTRE	56 170 765	54 211 132	78 304 245	39,40	76 568 726	41,24
	JUILLET	9 864 103	9 556 153	9 807 814		9 616 099	
	AOÛT	8 282 968	8 011 149	7 359 616		7 165 234	
	SEPTEMBRE	6 480 179	6 210 157	6 427 438		6 252 441	
	OCTOBRE	9 788 330	9 468 644	8 421 771		8 197 158	
	NOVEMBRE	9 446 147	9 110 125	8 273 800		8 061 456	
	DECEMBRE	9 782 532	9 393 860	8 273 875		8 090 471	
	2è						
	SEMESTRE	53 644 259	51 750 088	48 564 314	-9,47	47 382 859	-8,99
	TOTAL	109 815 024	105 961 220	126 868 559	15,53	123 951 585	16,98

ANNEXE 5: Evolution de la consommation d'eau

SONABEL

DIRECTION PRODUCTION

TRANSPORT

DEPARTEMENT PRODUCTION

THERMIQUE

SERVICE PRODUCTION THERMIQUE OUAGA

OUEST

CENTRES	PERIODE	EXERCICE ANTERIEUR		EXERCICE COURANT 2009		
		2008		m3	(m3)/10000 kWh	V (%)
		m3	(m3)/10000 kWh			
	JANVIER	5 740	9,64	9 350	8,77	
	FEVRIER	5 286	11,30	11 321	9,63	
	MARS	7 120	6,65	12 894	9,72	
	AVRIL	9 896	11,78	13 038	9,44	
	MAI	10 692	7,99	14 608	9,67	
	JUIN	11 742	7,89	13 467	9,83	
	1er SEMESTRE	50 476	9,00	74 678		5,95
	JUILLET	8 809	7,69	9 296	9,48	
	AOÛT	8 549	8,08	6 364	8,65	
	SEPTEMBRE	8 087	13,87	6 477	10,08	
	OCTOBRE	12 435	6,33	6 945	8,25	
	NOVEMBRE	7 959	8,76	8 011	9,68	
	DECEMBRE	10 411	9,08	8 062	9,74	
	2è SEMESTRE	56 250	8,69	45 155	9,30	7,00
	TOTAL	106 726	8,85	119 833	9,45	6,74

ANNEXE 6: Evaluation du coût du prix du kWh

SONABEL
DPT
DPT_h
SPTO

CENTRALES	CONSOMMATION HUILE														Coût FCFA	
	DS3-154		IC 304		MG 412		MG 430		MG440		ARGINA T40					
	Cons. (kg)	Frs (litre)	Cons. (kg)	Frs (litre)	Cons. (kg)	Frs (litre)	Cons. (kg)	Frs (litre)	Cons. (kg)	Frs (litre)	Cons. (kg)	Frs (litre)	Cons. (kg)	Frs (litre)		
															2	
OUAGA II	90605	1535,28	193302	1596,37								236 124	1 614	0	1 425	920909185
ENSEMBLE SPTO	90605		193302		0		0		0			236 124		0		

CENTRALES	CONSOMMATION COMBUSTIBLE				EVALUATION COÛT DU kWh			
	DDO		FO		Coût FCFA	TOTAL FCFA (1)+(2)	ENERGIE PRODUITE (kWh)	COÛT DU kWh FCFA/kWh
	Cons. (kg)	Frs (litre)	Cons. (kg)	Frs (litre)	1			
OUAGA II	12 061 203	337,00	18 355 577	230,75	9 211 541 104	10 132 450 288	126 868 559	79,87
ENSEMBLE SPTO	12 061 203		18 355 577		9 211 541 104	10 132 450 288	126 868 559	79,87

ANNEXE 7: Rapport mensuel (moi de janvier 2010)

DEPARTEMENT PRODUCTION THERMIQUE
CENTRALE:
OUAGA II

Etat périodique

121 N° 14
1 - 2 83

Energie produite	7 643 517	kWh
consom. Auxi	191 862	kWh
Energie livrée	7 451 655	kWh
Energie Reçue		kWh
Energie transmise		kWh

Heures de marche depuis	1		2	3	4	5	6	7	8	9
	SH	SIH								
le 1er du moi			678	581	191	679	1	0	217	216
Dernière vidange			12 319	8 988	21 593	10 295	5	3 945	559	4 973
Entretien 3000H			7 257	8 988	10 142	10 295	324	3 945	6 476	4 973
Entretien 6000H			7 257	8 988	10 142	10 295	324	3 945	6 476	4 973
Visite attelages			12 319	8 988	21 593	17 388	324	11 427	17 112	4 973
Révision générale			12 319	25 894	21 593	17 388	15 458	11 427	17 112	17 228
DIAF			26	32	65	27	743	744		
DIER						14				
Origine			149 874	139 495	146 939	139 767	120 210	25 709	32 000	29 323
Heures DDO			71	90	71	35	1	0	217	216

Stock et consommat.		FUEL	DDO	HUILES				TOTAL Combustibles		TOTAL Huiles	
				DS3-154	IC304	T,Arg,40	Mob,440				
Stock le 1er		202 257	968 097	17 264	26 624	14 847					
Entrée		1 644 936	493 936	0	0	20 900					
Consommation	L	1 490 092	486 027	624	12 272	17 953			1 976 119	30 849	
	kg	1 415 587	417 983	561	11 044	16 157					
Cons spécif.		240,33	238,39						239,89	3,63	
Cession									% DDO	22,8	
Stock le 1er suivant		357 101	976 006	16 640	14 352	17 794			% FO	77,2	
Production groupes	1		2	3	4	5	6	7	8	9	
	SH	SIH									
En. Prod.Active (kWh)			1 940 791	1 712 847	332 541	2 977 964	2 742	0	344 836	331 796	
En. Prod.Réct (kVarh)			1 153 394	991 392	208 830	1 481 268	1 348	0	0	0	
Puis nominale (kW)			5 260	5 260	5 260	8 000	8 000	3 200	3 200	3 200	
Coéf. De Ch.(%) KC			54,42	56,05	33,10	54,82	34,28		49,66	48,00	
Coef d'utilis.(%) KU			51,25	43,77	8,50	50,03	0,05	0	14,48	13,94	

Groupe secours heures de marche	
depuis le 1er du moi	323
Le 1er/012/10	327
Différence	4

ANNEXE 8: Etats statistiquesDEPARTEMENT PRODUCTION THERMIQUE
CENTRALE: OUAGA II

Etat périodique

1 - 2 83

MOI DE JANVIER 2010

RUBRIQUES		POUR LE MOIS		DEPUIS LE 1er JANVIER		
		Exercice courant	Exercice antérieur	Exercice courant	Exercice antérieur	
Energie produit active	kwh	7 643 517	10 664 978	7 643 517	10 664 978	
Consommation des auxiliaires	kwh	191 862	353 926	191 862	353 926	
	% E.P	2,51	3,32	2,51	3,32	
Energie livrée	kwh	7 451 655	10 311 052	7 451 655	10 311 052	
Production journalière maxi	kwh	301 875	403 973	301 875	403 973	
puissance maxi centrale	kw	18 000	23 100	18 000	23 100	
Energie produite réactive	kVar	3 836 232	4 868 214	3 836 232	4 868 214	
Cos moyen		0,89	0,87	0,89	0,87	
Energie active reçue	kwh	-	-	0	0	
Energie transmise	kwh	-	-	0	0	
Consommation FO	kg	1 415 587	2 202 590	1415587	2 202 590	
Consommation DDO	kg	417 983	363 134	417 983	363 134	
Consommation totale combustible	kg	1 833 570	2 565 724	1 833 570	2 565 724	
Consommation spécif. Combustibles	g/kwh	239,89	240,57	239,89	240,57	
Energie produite	FO	kwh	5 890 123	9 132 008	5 890 123	9 132 008
		C.specifi	240,33	241,19	240,33	241,19
	DDO	kwh	1 753 394	1 532 970	1 753 394	1 532 970
		C.specifi	238,39	236,88	238,39	236,88
Consommation totale huiles	kg	27 762	32 685	27 762	32 685	
Consommation spécif. Huiles	g/kwh	3,63	3,06	3,63	3,06	
Consommation d'eau	m3	7 907	9 350	7 907	9 350	
Consommation spécif. Eau	m3/10000kwh	10,34	8,77	10,34	8,77	
Durée indispo-Entretien-Révisions	heures	14	1 200	14	1 200	
Durée indispo-Accidentelles- Fiabilité	heures	1 637	248	1 637	248	
Nbre d'avaries repertoriées		19	16	19	16	
Nbre dijonctions générales		1	-	1	-	
Nbre dijonctions partielles		21	24	21	24	
Nbre d'accidents de travail		-	-	0	0	

Densités: FO= 0,95

DDO= 0,86

GO= 0,84

HUILES=
0,90

ANNEXE 9: Rapport du moi de janvier 2010 (détails par groupes)

GROUPES	ENERGIE PRODUITE			HEURES DE MARCHE		CONSOMMATION COMBUSTIBLES				CONSOMMATION HUILES		VIDANGE GROUPES (litres)
	E.P DDO (kWh)	E.P FO (kWh)	E.P. TOTALE (kWh)	DDO	FO	DDO (Litres)	C. SPECIF. (g/kWh)	FO (litres)	C. SPECIF. (g/kWh)	QUANTITE (litres)	C. SPECIF. (g/kWh)	
1												
2	291 409	1 649 382	1 940 791	71	607	80 358	237,15	416 697	240,01	8 736	4,05	
3	241 788	1 471 059	1 712 847	90	491	67 040	238,45	373 291	241,07	8 165	4,29	
4	121 594	210 947	332 541	71	120	34 076	241,01	53 405	240,51	3 536	9,57	
5	419 229	2 558 735	2 977 964	75	644	116 096	238,16	646 699	240,10	9 704	2,93	
6	2 742	-	2 742	-	-	765	239,93	-		84	27,57	
7			-									
8	344 836		344 836	250		95 486	238,14			208	0,54	
9	331 796		331 796	242		92 206	238,99			416	1,13	
PROD. TOTALE	1 753 394	5 890 123	7 643 517			486 027	238,39	1 490 092	240,33	30 849	3,63	

ANNEXE 10: Rapport du moi de Février 2010 (détails par groupe)

GROUPES	ENERGIE PRODUITE			HEURES DE MARCHE		CONSOMMATION COMBUSTIBLES				CONSOMMATION HUILES	
	E.P DDO (kWh)	E.P FO (kWh)	E.P. TOTALE (kWh)	DDO	FO	DDO (Litres)	C. SPECIF. (g/kWh)	FO (litres)	C. SPECIF. (g/kWh)	QUANTITE (litres)	C. SPECIF. (g/kWh)
1											
2	192 479	755 308	947 787	51	316	54 697	244,39	190 637	239,78	4 368	4,15
3	270 640	1 441 309	1 711 949	84	509	77 152	245,16	364 413	240,19	4 715	2,48
4	-	-	-	-	-	-		-		-	
5	386 534	2 175 417	2 561 951	78	520	110 039	244,83	549 337	239,89	11 497	4,04
6	1 132 268	1 377 468	2 509 736	223	264	318 680	242,05	348 282	240,20	11 077	3,97
7	-	-	-	-	-	-		-		-	
8	532 936	-	532 936	385	-	146 989	237,20	-		624	1,05
9	354 228	-	354 228	294	-	97 320	236,27	-		832	2,11
										-	
PROD. TOTALE	2 869 085	5 749 502	8 618 587			804 877	241,26	1 452 669	240,03	33 113	3,46

ANNEXE 11: Rapport du moi de mars 2010 (détails par groupe)

GROUPES	ENERGIE PRODUITE			HEURES DE MARCHE		CONSOMMATION COMBUSTIBLES				CONSOMMATION HUILES	
	E.P DDO (kWh)	E.P FO (kWh)	E.P. TOTALE (kWh)	DDO	FO	DDO (Litres)	C. SPECIF. (g/kWh)	FO (litres)	C. SPECIF. (g/kWh)	QUANTIT E (litres)	C. SPECIF. (g/kWh)
1											
2	1 120 840	776 814	1 897 654	382	248	316 371	242,75	197 712	241,79	8 320	3,95
3	944 298	833 627	1 777 925	347	343	267 599	243,71	211 810	241,38	9 548	4,83
4	38 589		38 589	17		10 634	236,99			6 448	150,38
5	1 543 667	1 408 762	2 952 429	367	281	436 732	243,31	357 840	241,31	10 680	3,26
6	1 923 884	1 376 737	3 300 621	342	262	544 002	243,18	348 189	240,26	11 757	3,21
7			-								
8	555 556		555 556	412		155 058	240,03			624	1,01
9	593 640		593 640	435		165 520	239,79			624	0,95
PROD. TOTALE	6 720 474	4 395 940	11 116 414			1 895 916	242,61	1 115 551	241,08	48 001	3,89

ANNEXE 12: Rapport du moi d'avril 2010 (détails par groupe)

GROUPE	ENERGIE PRODUITE			HEURES DE MARCHE		CONSOMMATION COMBUSTIBLES				CONSOMMATION HUILES		VIDANGE GROUPES (litres)
	E.P DDO (kWh)	E.P FO (kWh)	E.P. TOTALE (kWh)	DDO	FO	DDO (Litres)	C. SPECIF. (g/kWh)	FO (litres)	C. SPECIF. (g/kWh)	QUANTITE (litres)	C. SPECIF. (g/kWh)	
1												
2	1 284 738	800 814	2 085 552	333	343	359 461	240,62	202 606	240,35	11 856	5,12	
3	587 571	1 077 351	1 664 922	215	432	165 004	241,51	270 858	238,84	9 545	5,16	
4	863 181	1 467 993	2 331 174	266	427	242 720	241,83	369 121	238,87	5 616	2,17	
5	1 112 788	1 360 738	2 473 526	287	350	313 112	241,98	343 412	239,75	11 361	4,13	
6	1 941 482	1 369 389	3 310 871	362	282	547 215	242,39	345 369	239,60	13 297	3,61	
7			-				0		0		-	
8	201 216		201 216	148		56 120	239,86		0	832	3,72	
9	701 360		701 360	519		196 678	241,16		0	624	0,80	
							0					
PROD. TOTALE	6 692 336	6 076 285	12 768 621			1 880 310	242,63	1 531 366	239,42	53 131	3,74	

ANNEXE 13: Equivalences de puissance entre lampes à incandescence et lampes fluorescentes compactes

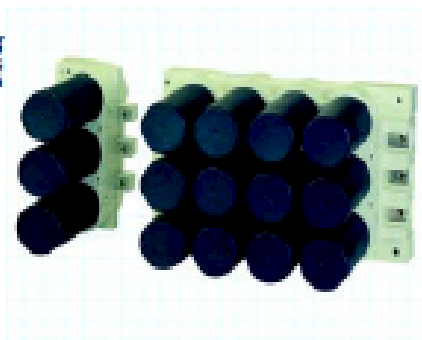
Lampes à incandescence (W)	Lampes à économie d'énergie (W)
25	5
40	7
2x25	9
60	11
75	15
100	20
2x60	23

Les lampes à économie d'énergie sont désormais toutes équipées d'un **ballast électronique intégré**, pour réaliser des économies de consommation supplémentaires (20 %) et allonger la durée de vie de la lampe. Certaines peuvent fonctionner en courant continu et d'autres sont prévues pour des milieux basse température

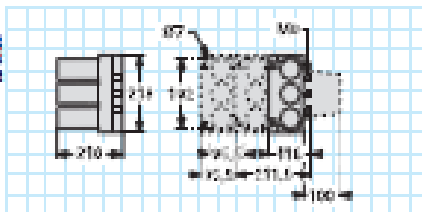
ANNEXE 14: Batteries de condensateur Varplus M

Gamme 400/415 V - 50 Hz

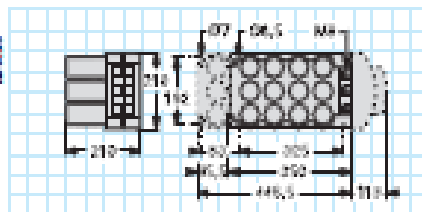
La gamme de condensateurs modulaires Varplus M est constituée des condensateurs Varplus M1 et Varplus M4 dont le jeu d'assemblage permet de couvrir des puissances de 5 à 100 kvar sous 400 V/50 Hz. La gamme se décline en différents types en fonction du niveau de pollution harmonique.



Varplus M1 et M4.



Masse du Varplus M1 : 2,5 kg.



Masse du Varplus M4 : 10 kg.

Type standard

Pour réseaux peu pollués ($Gh/3n \leq 16\%$)

Varplus M1		Varplus M4		
400/415 V (kvar)	Réf.	400 V (kvar)	415 V (kvar)	Réf.
5	52417	50	50	52422
7,5	52418	60	65	52423
10	52419			
12,5	52420			
15	52421			

Type H

Pour réseaux pollués ($16\% < Gh/3n \leq 25\%$)

Varplus M1			Varplus M4			
400 V (kvar)	470 V (kvar)	Réf.	400 V (kvar)	415 V (kvar)	470 V (kvar)	Réf.
4	8	52424	40	45	57,5	52428
5,5	8	52425	45	50	60	52430
7,5	10	52426				
10	14,5	52427				
11,5	16	52428				

Type SAH

Pour réseaux fortement pollués ($26\% < Gh/3n \leq 60\%$)

Type H + SAH : voir page 20.

Caractéristiques

- tension assignée :
 - type standard : 415 V, triphasé 50 Hz
 - type H : 470 V, triphasé 50 Hz
- puissances maximales d'assemblage :
 - plusieurs Varplus M1 : 60 kvar
 - Varplus M4 et plusieurs Varplus M1 : 100 kvar
- Nota : deux condensateurs Varplus M4 ne peuvent s'assembler.
- système de protection HQ intégré à chaque élément monophasé :
 - protection contre les défauts à courant fort par un fusible HPC
 - protection contre les défauts à courant faible par la combinaison d'un surpresseur et du fusible HPC
- tolérance sur valeur de capacité : -5, +10 %
- classe d'isolement :
 - tenue 50 Hz 1 mn : 6 kV
 - tenue à l'onde de choc 1,2/50 µs :
 - 25 kV si face arrière distante d'au moins 15 mm de toute masse métallique
 - 11 kV si face arrière est contre la masse métallique
- courant maximum admissible :
 - type standard : 1,3 In (400 V)
 - type H : 1,5 In (400 V)
- tension maximum admissible (8 h sur 24 h selon IEC 60831) :
 - type standard : 456 V
 - type H : 517 V
- résistances de décharge internes : 50 V 1 mn
- pertes (résistances de décharge incluses) : $\leq 0,55$ W/kvar
- catégorie de température (400 V) :
 - température de l'air ambiant (dans l'armoire)

Puissance (kvar)	Max. (°C)	Moyenne la plus élevée sur toute période de	
		24 h	1 an
Jusqu'à 65	55	45	35
De 67,5 à 90	50	40	30
De 92,5 à 100	45	35	25

Gamme 400/415 V - 50 Hz

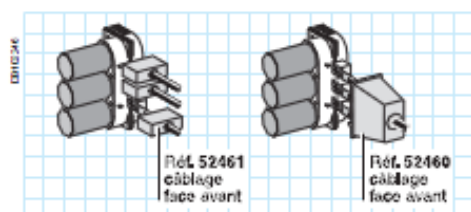
Caractéristiques (suite)

- durée de vie : 130 000 heures (catégorie de température D)
- couleur :
- socle et accessoires : RAL 9002
- pots : RAL 9005
- normes : IEC 60831 1/2, NF C 54-104, VDE 0560 Teil 41, CSA 22-2 No190, UL 810.

Installation

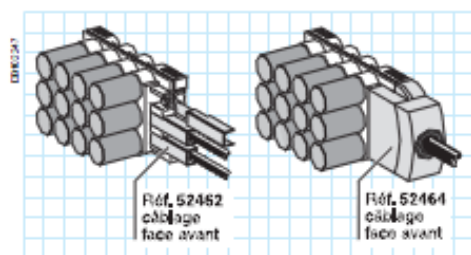
Montage sur support vertical (axe des pots à l'horizontal)
 Pour une tenue 25 kV en choc de foudre, respecter une distance de 15 mm entre la face arrière et toute partie métallique.

Accessoires



Accessoires pour Varplus M1.

Accessoires pour Varplus M1	Réf.
Boîte d'entrée de câble tripolaire (IP42)	52460
3 capots de protection contre les contacts directs	52461



Accessoires pour Varplus M4.

Accessoires pour Varplus M4	Réf.
Boîte d'entrée de câble tripolaire (IP42)	52464
3 capots de protection contre les contacts directs	52462

ANNEXE 15: Les types de démarrage**Démarrers électroniques intelligents comparés aux systèmes électromécaniques de démarrage****Tableau 2. Guide de sélection de démarrage de moteur**

	Pleine tension	Autotrans- formateur	Enroulement partiel	Etoile-triangle	Démarrers électroniques intelligents
Démarrage progressif	Couple max.	Paliers discrets	Paliers discrets	Paliers discrets	Sans paliers
Démarrage sous contrôle de couple	Aucun	Limité (1 palier)	Limité (1 palier)	Limité (1 palier)	Transition sans palier
Couple démarrage type Caractéristiques (% couple pleine charge)	180	Choix entre 115, 76, 45	81	60	0-180
Courant limite de démarrage	Aucun	Trois réglages	Un seul réglage	un seul réglage	Gamme étend
Intensité démarrage type (% courant à pleine charge)	600	Choix entre 480, 390, 300	390	198	0-600
Mode de démarrage					
Plaine tension	X				X
Tension réduite		X	X	X	
Démarrage progressif					X
Limite de courant					X
Diagnostique par LEDs	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	Oui
Technologie	Electroméc.	Electroméc.	Electroméc.	Electroméch.	Electronique
Chocs de vibrations	Standards électroméc.	Standards. électroméc.	Standards. électroméc.	Standards. électroméc	Standards. électroméc.
Fonction économie d'énergie	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Oui

Nota: Les caractéristiques indiquées dans ce guide sont disponibles sur quelques produits mais pas nécessairement sur tous.

ANNEXE 16: Démarreurs progressifs LH4



LH4 N125QN7



LH4 N225QN7



LH4 N244Q7



LH4 N285Q7

Démarreurs progressifs de 1,1 à 11 kW

puissances normalisées des moteurs 50/60 Hz (1)			courant assigné d'emploi A	référence de base à compléter (2)
triphasés	400 V	monophasé 230 V		
230 V	400 V	230 V		
kW	kW	kW		
1,1	3	0,75	6	LH4 N10G--7
2,2	5,5	1,5	12	LH4 N112--7
5,5	11	3	22	LH4 N125--7

Démarreurs-ralentisseurs progressifs de 1,1 à 11 kW

puissances normalisées des moteurs 50/60 Hz (1)			courant assigné d'emploi A	référence de base à compléter (2)
triphasés	400 V	230 V		
230 V	400 V	230 V		
kW	kW	kW		
1,1	3	0,75	6	LH4 N20G--7
2,2	5,5	1,5	12	LH4 N212--7
5,5	11	3	22	LH4 N225--7

Démarreurs-ralentisseurs progressifs de 15 à 75 kW

puissances normalisées des moteurs 50/60 Hz (1)			courant assigné d'emploi A	référence de base à compléter (2)
triphasés	400 V	690 V		
230 V	400 V	690 V		
kW	kW	kW		
7,5	15	30	32	LH4 N230Q7
11	22	37	44	LH4 N230LY7
15	37	55	44	LH4 N244Q7
22	45	75	44	LH4 N244LY7
	37		72	LH4 N272Q7
	45		72	LH4 N272LY7
	45		85	LH4 N285Q7
	45		85	LH4 N285LY7

(1) Four 360 secondes de démarrages et de ralentissements par heure.
 (2) Tensions d'alimentation puissance.

voits	200...240	380...416	440...480
repère	LU	QN	RT

Nota : Si les conditions de démarrage et de ralentissement sont sévères, ou s'il est nécessaire de bien contrôler le courant de démarrage, il est préférable d'utiliser l'Altistart 46.

Accessoires

- Une platine référence VY1 H4101 peut être fixée sur le LH4 N230 et N244 pour montage rapide sur r_{11} de 35 ou 70 mm.
- Sur les LH4 N2, à partir du calibre 32 A, il est possible de monter sur le contacteur de shuntage un contact auxiliaire LAD 8N-- donnant l'information moteur à pleine vitesse.

ANNEXE 17: Constituants à associer au démarreur

repères schémas	A1	Q1	KM1	KM2 KM3	fusible F3 (4)	
moteur (puissance) 400V kW	démarreur référence (2)	disjoncteur référence	contacteur de ligne référence (3)	contacteur-inverseur référence (3)	protection puissance référence	calibre
0,75	LH4 N.06QN7	GV2 M07	LC1 K0610...	LC2 K0610...	DF3 EF02001	20
1,1	LH4 N.06QN7	GV2 M08	LC1 K0610...	LC2 K0610...	DF3 EF02001	20
1,5	LH4 N.06QN7	GV2 M08	LC1 K0610...	LC2 K0610...	DF3 EF02001	20
2,2	LH4 N.06QN7	GV2 M10	LC1 K0610...	LC2 K0610...	DF3 EF02001	20
3	LH4 N.06QN7	GV2 M14	LC1 K0610...	LC2 K0610...	DF3 EF04001	40
4	LH4 N.12QN7	GV2 M14	LC1 K0910...	LC2 K0910...	DF3 EF04001	40
5,5	LH4 N.12QN7	GV2 M16	LC1 K0910...	LC2 K0910...	DF3 EF04001	40
7,5	LH4 N.25QN7	GV2 M20	LC1 D18...	LC2 D18...	DF3 FF05001	50
11	LH4 N.25QN7	GV2 M22	LC1 D25...	LC2 D25...	DF3 FF05001	50
15	LH4 N230Q7	GV2 M32	LC1 D32...	LC2 D32...	DF3 FF10001	100
18,5	LH4 N244Q7	GV3 M40	LC1 D40...	LC2 D40...	DF3 FF10001	100
22	LH4 N244Q7	GV3 M63	LC1 D50...	LC2 D50...	DF3 FF10001	100
30	LH4 N272Q7	GV3 M63	LC1 D65...	LC2 D65...	DF3 FA80	100
37	LH4 N272Q7	GV3 M80	LC1 D80...	LC2 D80...	DF3 FA100	100
45	LH4 N285Q7	GV7 RE100	LC1 D95...	LC2 D95...	DF3 FA100	100

repères schémas	A1	Q2	F4	fusibles F3 (4)	
moteur (puissance) 400V kW	démarreur référence (2)	sectionneur + 3 fusibles aM référence	relais thermique référence (3)	protection puissance référence	calibre
		A	A		
0,75	LH4 N.06QN7	LS1 D32 + GV AE11 + DF2 CA02	2	LRD 05	DF3 EF02001 20
1,1	LH4 N.06QN7	LS1 D32 + GV AE11 + DF2 CA04	4	LRD 08	DF3 EF02001 20
1,5	LH4 N.06QN7	LS1 D32 + GV AE11 + DF2 CA06	6	LRD 08	DF3 EF02001 20
2,2	LH4 N.06QN7	LS1 D32 + GV AE11 + DF2 CA08	8	LRD 10	DF3 EF02001 20
3	LH4 N.06QN7	LS1 D32 + GV AE11 + DF2 CA12	12	LRD 12	DF3 EF04001 40
4	LH4 N.12QN7	LS1 D32 + GV AE11 + DF2 CA12	12	LRD 14	DF3 EF04001 40
5,5	LH4 N.12QN7	LS1 D32 + GV AE11 + DF2 CA16	16	LRD 16	DF3 EF04001 40
7,5	LH4 N.25QN7	LS1 D32 + GV AE11 + DF2 CA20	20	LRD 21	DF3 FF05001 50
11	LH4 N.25QN7	LS1 D32 + GV AE11 + DF2 CA25	25	LRD 22	DF3 FF05001 50
15	LH4 N230Q7	GK1 EK + DF2 EA40	40	LRD 3353	DF3 FF10001 100
18,5	LH4 N244Q7	GK1 EK + DF2 EA40	40	LRD 3355	DF3 FF10001 100
22	LH4 N244Q7	GK1 F. + DF2 FA63	63	LRD 3357	DF3 FF10001 100
30	LH4 N272Q7	GK1 F. + DF2 FA63	63	LRD 3359	
37	LH4 N272Q7	GK1 F. + DF2 FA80	80	LRD 3363	
45	LH4 N285Q7	GK1 F. + DF2 FA100	100	LRD 3365	

(1) Le tableau ci-dessus est donné pour un service de 10 % avec des démarrages régulièrement espacés et pour une température ambiante maximale de 55 °C. Ces valeurs correspondent au service S1, celui-ci comportant différentes possibilités :

- 360 secondes de démarrage et de ralentissement par heure
- 15 démarrages de 24 secondes
- 360 démarrages de 1 seconde

■ 180 démarrages et ralentissements de 1 seconde.

Au-delà de ce service de démarrage, il est nécessaire de déclasser le démarreur d'une taille.

(2) Référence à compléter, voir page A442.


(3) Le relais de protection thermique a été défini pour une protection en classe 10. Si celle-ci ne permet pas de terminer le démarrage, il suffit de choisir le relais approprié dans la classe désirée comme pour un démarrage direct. Dans ce cas, la coordination n'est pas assurée.

(4) Pour coordination type 2, protection avec disjoncteur.


ANNEXE 18: Photo du plan de la centrale



ANNEXE 19: Facturation de l'électricité



SOCIETE NATIONALE D'ELECTRICITE DU BURKINA
 Société d'Etat au capital de 46.000.000.000 Francs CFA
 Siège social : 65, Avenue de la Nation
 01 B.P. 54 Ouagadougou 01
 Tél. : (226) 50 30 61 00 / 02 / 03 / 04 / Fax : (226) 50 31 03 40
 Site web : www.sonabel.bf



Arrêté n°...../MMCE/MCPEA/MFB du 26 juillet 2006.

TENSION	Catégories et tranches tarifaires	Tarifs du kWh (F CFA)			Redevance (F CFA)	PRIME FIXE (F CFA)	Avance sur Consommation (F CFA)	Frais ET3 polioe et de pose (F CFA)	Timbres (F CFA)	Lisces (F CFA)	TOTAL Abonnement (F CFA)	
B A S S E T E N S I O N B T	I) USAGE DOMESTIQUE PARTICULIERS ET ADMINISTRATION											
	MONOPHASE 2 FILS	Tarif type A (monophasé)	Tranche 1 0 à 50 kWh	Tranche 2 51 à 100 kWh	Tranche 3 plus de 100 kWh							
		1 à 8A	75	128	138	1 132	-	3 375	891	400	108	4 674
		Tarif type B (monophasé)	Tranche 1 0 à 50 kWh	Tranche 2 51 à 200 kWh	Tranche 3 plus de 200 kWh							
		6A	98	102	108	457	1 774	8 175	891	400	108	9 374
		10A	98	102	108	457	3 548	16 350	891	400	108	17 548
		15A	98	102	108	457	5 322	24 525	891	400	108	25 724
		20A	98	102	108	784	7 097	32 700	891	400	108	33 899
	25A	98	102	108	784	8 870	40 875	891	400	108	42 074	
	30A	98	102	108	784	10 644	48 050	891	400	108	50 248	
	TRIPHASE 4FILS	II) USAGE DOMESTIQUE ET FORCE MOTRICE PARTICULIERS ET ADMINISTRATION	Tranche 1 0 à 50 kWh	Tranche 2 51 à 200 kWh	Tranche 3 plus de 200 kWh							
		Tarif type C (triphasé)										
		10A	98	108	114	1 228	10 813	51 500	1 380	400	108	63 188
		15A	98	108	114	1 228	15 913	78 950	1 380	400	108	79 838
		20A	98	108	114	1 373	21 224	102 800	1 380	400	108	104 488
25A	98	108	114	1 373	26 631	128 250	1 380	400	108	130 138		
30A	98	108	114	1 373	31 837	163 900	1 380	400	108	155 788		
DOUBLE TARIF	III) B.T. / TARIFS HORAIRES PARTICULIERS ET ADMINISTRATION	Heures de pointe		Heures pleines								
	Tarif type D1 Non Industriel	196		88	8 638	34 682 par kW par an	P8 X 100 X 196	1 380	4 000	108		
	Tarif type D2 Industriel	140		75	7 115	28 818 par kW par an	P8 X 100 X 140	1 380	4 000	108		
MOYENNE TENSION (MT)	IV) M.T. / TARIFS HORAIRES PARTICULIERS ET ADMINISTRATION	Heures de pointe		Heures pleines								
	Tarif type E1 Non Industriel	138		64	8 638	70 828 par kW par an	P8 X 100 X 138	1 380	4 000	108		
	Tarif type E2 Industriel	118		54	7 115	64 387 par kW par an	P8 X 100 X 118	1 380	4 000	108		
ECLAIRAGE PUBLIC Tarif type F	TARIF UNIQUE	6A - 16A mono		381								
		20A et plus mono		837								
		10A - 16A triphasé		1 022								
		122		20A et plus triphasé	1 144							

- PD = Puissance Souscrite
 - Pour la BT double tarif et la MT : Pénalisation si Cos phi < 0,8 et Bonification si Cos phi > 0,9
 - Heures de pointe : de 10h à 14 h et de 16h à 19h
 - Heures pleines : de 0h à 10h, de 14h à 16h et de 19h à 0h
 - L'administration est dispensée du versement de l'avance sur consommation