



ZIE
Fondation ZIE

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

**AUDIT ENERGETIQUE DES INSTALLATIONS
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA
VILLE DE MATADI EN R.D CONGO**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté et soutenu publiquement le 17 septembre 2010 par :

NKUNA KABENGELE Jacques

Pour l'obtention du diplôme de
**MASTER SPECIALISE EN GENIE ENERGETIQUE
ET ENERGIES RENOUVELABLES**

Directeur de mémoire :

Professeur Yezouma COULIBALY

Jury d'évaluation :

Président : **Ahmed BAGRE**

Membres : **Yezouma COULIBALY**

Francis SEMPORE

Année Académique: 2009-2010

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont à l'endroit de :

L'Union Européenne, pour le financement de la formation,

Burkina Faso, pour l'accueil et l'initiation à l'intégration,

La Régie de Distribution d'eau de la RD Congo, pour son engagement à assurer la formation de ces cadres en vue du perfectionnement du métier de l'eau et nos encadreurs pendant le stage

Mes formateurs du 2iE,

Mon épouse, mes enfants, mes parents, mes frères et mes amis

RESUME

Cette étude de fin de formation en Master Spécialisé Génie Energétique consiste à évaluer l'efficacité énergétique du Système de Pompage d'eau Potable de la ville de MATADI en RD Congo. Il a été question d'établir un diagnostic énergétique et d'apporter une contribution dans l'objectif de réduire le coût de la consommation énergétique, par la mise en œuvre de solutions d'économie d'énergie, en maintenant un fonctionnement optimal des équipements et dans la mesure du possible le bien être des exploitants. C'est dans ce cadre que des campagnes de visite et mesures sur les sites ont contribué aux différents audits dans les installations d'AEP dont l'audit de la facture électrique de Juin 2008 à Mai 2010 ; l'audit du Système du Electrique et Hydraulique en vue de cerner le potentiel d'économie réalisable.

Il ressort de cette étude que les niveaux de consommation d'électricité sont très élevées en faisant référence aux ratios d'énergies actives consommées par mètre cube d'eau pompée dans les différentes stations de pompage. Ainsi, le ratio maximum atteint au Captage MPOZO était de 2,066 kWh/m³ et le minimum à l'usine FLEUVE de 0,689 kWh /m³ durant la période juin 2009 à mai 2010. Les mesures d'économies prises parviendront à réduire ces ratios car le renouvellement d'équipements devra permettre de restaurer la production initiale et réduire les consommations d'énergie.

La REGIDESO MATADI ne maîtrise pas les pénalités pour mauvais facteur de puissance dans toutes les stations étudiées et le dépassement de puissance souscrite surtout au Captage FLEUVE et à l'Usine SOYO. Ces dernières sont souvent cause de pertes financières, ainsi, il serait intéressant de réviser le niveau de la puissance souscrite à l'usine SOYO et au Captage Fleuve et installer des batteries de condensateurs dans toutes les stations, car d'importantes pénalités sont enregistrées au Captage FLEUVE, soit 8,79%, à l'Usine SOYO, soit 15,75% et à la station de repompage R7, soit 16,46% durant la période juin 2009 à mai 2010.

L'audit des différents postes de consommation a montré que le pompage est le seul grand poste de dépense énergétique représentant plus 95% des consommations. La vétusté des machines est la principale cause de ces excès de consommations car des dérives importantes par rapport aux conditions optimales de plus de 10% des paramètres hydrauliques (débit, hauteur de la pompe, rendement) ont été constatées. Il ressort toutefois que les mesures d'efficacité proposées en remplaçant tous les groupes électropompes vétustes par ceux de moteurs à haut rendement EFF1 et à rendement augmenté EFF2 révèlent que d'énormes gisements d'économie d'énergie peuvent être réalisés.

Les économies d'énergie annuelles portant sur la révision de la puissance souscrite, la compensation d'énergie réactive et le remplacement des moteurs standards de groupes électropompes par ceux à haut rendement, rapportent **1.609.483 kWh** d'économie sur la consommation actuelle, soit **10,8%** et **244.208 \$US** de gain financier, soit **12,01%**.

MOTS CLES : Audit énergétique, Efficacité énergétique, Gain d'énergie, Maintenance et Performance, Pompage d'eau.

ABSTRACT

This study of end of formation in Master Specialized of Energy Genius consists in evaluating the energy efficiency of the System of drinking water pumping of the town of MATADI in RD Congo. There was some discussion establishing an energy diagnosis and about contributing a share in the objective to reduce the cost of energy consumption, by the implementation of solutions of energy saving, by maintaining an operation optimal of the equipment and as far as possible the good being of the owners. It is within this framework that visit campaigns and measurements on the sites contributed to the various audits in the installations of AEP of which the audit of the electric invoice from June 2008 to May 2010; the audit of the System of Electric and Hydraulics in order to determine the realizable potential of economy.

It comes out from this study that the levels of consumption of electricity are very high by referring to the ratios of active energies consumed per cubic meter of water pumped in the various pumping stations. Thus, the maximum ratio reached with Collecting MPOZO was of 2,066 kWh/m³ and the minimum with the factory FLEUVE of to 0,689 kWh /m³ during the period June 2009 at May 2010. Measurements of economies taken will manage to reduce these ratios because the renewal of equipment will have to make it possible to restore the initial production and to reduce consumption of energy.

REGIDESO MATADI does not control the penalties for bad power-factor in all the studied stations and the going beyond of contractual demand especially to Collecting FLEUVE and Factory SOYO. These last are often causes financial losses, thus, it would be interesting to revise the level of the contractual demand to factory SOYO and Collecting FLEUVE and to install capacitor batteries in all the stations, because of important penalties are recorded with Collecting FLEUVE, either 8,79%, with Factory SOYO, or 15,75% and at the station of repompage R7, or 16,46% during the period June 2009 at May 2010.

The audit of the various stations of consumption showed that pumping is the only large station of energy expenditure accounting for more 95% of consumption. The outdatedness of the machines is the leading cause of these excesses of consumption but of the important drifts compared to the optimal conditions of more than 10% of the hydraulic parameters (flow, height of the pump, output) were noted. It arises however that the measures of effectiveness suggested by replacing all the decayed electric pumps groups by those of high-efficiency engines EFF1 and to efficiency increased EFF2 reveal that enormous layers of economy energy saving can be realized.

The annual economy of energy saving relating to the revision of the contractual demand, the compensation of reactive energy and the replacement of the standard engines of electric pumps groups by those high-output, brings back **1.609.483 kWh** of economy on current consumption, either **10,8%** and **244.208 \$US** of financial profit, or **12,01%**.

KEY WORDS: Audit of energy, Energy efficiency, Profit of energy, Maintenance and Performance, Pumping of water.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	iii
RESUME	iv
ABSTRACT.....	v
SOMMAIRE.....	vi
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES ILLUSTRATIONS	ix
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES ABREVIATIONS	xi
INTRODUCTION GENERALE	1
I. PREMIERE PARTIE : GENERALITES	3
1.1. PRESENTATION DU MEMOIRE.....	3
1.1.1. Objectif de l'étude.....	3
1.1.2. Méthodologie de travail	3
1.1.3. Résultats attendus	4
1.1.4. Contraintes de l'étude.....	4
1.2. DESCRIPTION DU SITE DE L'ETUDE	4
1.2.1. La ville et son environnement	4
1.2.2. Présentation de la structure d'accueil du stage.....	5
1.2.3. Description générale du fonctionnement du système d'AEP.....	6
1.2.4. SOUS-SYSTEME DE PRODUCTION FLEUVE.....	8
1.2.5. SOUS-SYSTEME DE PRODUCTION SOYO	10
1.2.6. SOUS-SYSTEME DE DISTRIBUTION.....	12
1.3. INVENTAIRE DES DONNEES COLLECTEES.....	12
1.3.1. Factures de consommations d'énergie électrique	12
1.3.2. Equipements électromécaniques et électriques	16
1.3.3. Données sur les quantités d'eau produite ou pompées	17
1.3.4. Consommation du gazole du groupe électrogène.....	17
1.3.5. Plans des installations et autres informations	18
II. DEUXIEMEN PARTIE : LES AUDITS REALISES	19
2.1. ANALYSE DE LA FACTURATION ELECTRIQUE.....	19
2.1.1. Objectif de l'audit la facturation électrique	19

2.1.2.	Profils des consommations d'énergie électriques.....	22
2.1.3.	Contrôle de la conformité des factures d'énergie électrique.....	23
2.1.4.	Répartition des montants des factures avant l'optimisation.....	23
2.1.5.	Calculs des Facteur de charge (FC) et Facteur d'Utilisation (FU)...	27
2.1.6.	Critique de la facturation électrique avant Optimisation	28
2.1.7.	Optimisation de la facturation électrique moyenne tension	32
2.2.	ANALYSE COMPARATIVE DES ENERGIES SPECIFIQUES.....	36
2.3.	AUDIT DU SYSTEME ELECTRIQUE ET HYDRAULIQUE	40
2.3.1.	Description du Système Electrique.....	40
2.3.2.	Configuration des Procèdes de Traitement	42
2.3.3.	Calculs des Puissances Absorbées par le procédé de traitement	42
2.3.4.	Calculs des énergies consommées par le procédé de traitement.....	43
2.3.5.	Calculs des caractéristiques hydrauliques des groupes.....	47
2.3.6.	Analyse et critique des résultats obtenus	47
III.	TROISIEME PARTIE : ECONOMIES D'ENERGIE	51
3.1.	RAPPEL DES IDEES D'ECONOMIE D'ENERGIE.....	51
3.1.1.	Précaution sur l'alimentation électrique	51
3.1.2.	Recherche du meilleur rendement	51
3.1.3.	Bilan d'énergie	53
3.1.4.	Calcul des économies d'énergie électrique	54
3.2.	MESURES D'ECONOMIES D'ENERGIE	55
3.2.1.	Optimisation de la facture d'énergie électrique	55
3.2.2.	Groupes motopompes avec moteurs à haut rendement :.....	56
3.2.3.	Calculs Economiques :	60
	CONCLUSION GENERALE	63
	RECOMMANDATIONS	63
	BIBLIOGRAPHIE.....	65
	ANNEXES	66
	ANNEXE 1 : DONNEES SUR LA FACTURATION ELECTRIQUE	67
	ANNEXE 2 : CARACTERISTIQUES DES EQUIPEMENTS.....	74
	ANNEXE 3 : PUISSANCE ET ENERGIES ABSORBEES	79
	ANNEXE 4 : GAIN POTENTIEL D'ECONOMIE D'ENERGIE	82

ANNEXE 5 : MONTANT DES INVESTISSEMENTS	87
ANNEXE 6 : SCHEMAS DE DISTRIBUTION ET PLANS.....	90
ANNEXE 7 : ORGANIGRAMME DE LA REGIDESO.....	94

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: LOCALISATION DE LA VILLE DE MATADI.....	5
FIGURE 2: DIAGRAMME DE FILIERE DE TRAITEMENT DES EAUX DE SURFACE.....	7
FIGURE 3: SCHEMA HYDRAULIQUE DU SYSTEME D'AEP DE MATADI.....	8
FIGURE 4: PROFILS DES CONSOMMATIONS D'ENERGIES DE MATADI (JUN 2007 – MAI 2008)	22
FIGURE 5: PROFILS DES CONSOMMATIONS D'ENERGIES DE MATADI (JUN 2007 – MAI 2008).....	22
FIGURE 6: PROFILS DES CONSOMMATIONS D'ENERGIES DE MATADI (JUN 2007 – MAI 2008).....	23
FIGURE 7: REPARTION DU MONTANT TOTAL FACTURE DE MATADI (JUN 2009 – MAI 2010).....	24
FIGURE 8: REPARTION DU MONTANT FACTURE CAPTAGE FLEUVE (JUN 2009 – MAI 2010).....	25
FIGURE 9: REPARTION DU MONTANT FACTURE USINE FLEUVE (JUN 2009 – MAI 2010)	25
FIGURE 10: REPARTION DU MONTANT FACTURE CAPTAGE MPONZO (JUN 2009 – MAI 2010).....	25
FIGURE 11: REPARTION DU MONTANT FACTURE USINE SOYO (JUN 2009 – MAI 2010).....	26
FIGURE 12: REPARTION DU MONTANT FACTURE STATION R7 (JUN 2009 – MAI 2010)	26
FIGURE 13: REPARTION DU MONTANT FACTURE STATION R4 (JUN 2009 – MAI 2010)	26
FIGURE 14: EVOLUTION DES PUISSANCES MAXIMALES ATTEINTES AU CAPTAGE FLEUVE (JUN 2008 - MAI 2009).....	30
FIGURE 15: EVOLUTION DES PUISSANCES MAXIMALES ATTEINTES AU CAPTAGE FLEUVE (JUN 2009 - MAI 2010).....	30
FIGURE 16 : EVOLUTION DES PUISSANCES MAXIMALES ATTEINTES AU CAPTAGE MPONZO (JUN 2009 - MAI 2010)	30
FIGURE 17 : EVOLUTION DES PUISSANCES MAXIMALES ATTEINTES A L'USINE FLEUVE (JUN 2009 - MAI 2010).....	31
FIGURE 18 : EVOLUTION DES PUISSANCES MAXIMALES ATTEINTES A L'USINE SOYO (JUN 2008 - MAI 2009)	31
FIGURE 19 : EVOLUTION DES PUISSANCES MAXIMALES ATTEINTES A L'USINE SOYO (JUN 2009 - MAI 2010).....	31
FIGURE 20 : EVOLUTION DES PUISSANCES MAXIMALES ATTEINTES A LA STATION R7 (JUN 2009 - MAI 2010)	32
FIGURE 21 : EVOLUTION DES PUISSANCES MAXIMALES ATTEINTES A LA STATION R4 (JUN 2009 - MAI 2010)	32
FIGURE 22: REPARTION DU MONTANT TOTALE FACTURE MATADI APRES OPTIMISATION	36
FIGURE 23: PUISSANCE ABSORBEE PAR LE PROCEDE DE TRAITEMENT A L'USINE FLEUVE.....	46
FIGURE 24: PUISSANCE ABSORBEE PAR LE PROCEDE DE TRAITEMENT A L'USINE SOYO.....	46
FIGURE 25: CONSOMMATION D'ENERGIE PAR LE PROCEDE DE TRAITEMENT A L'USINE FLEUVE	46
FIGURE 26: CONSOMMATION D'ENERGIE PAR LE PROCEDE DE TRAITEMENT A L'USINE SOYO	46
FIGURE 27 : DEPLACEMENT DU POINT DE FONCTIONNEMENT DE LA POMPE.....	49
FIGURE 28 : MOTEURS A HAUT RENDEMENT EFF1	57
FIGURE 29 : COURBES DES MOTEURS STANDARDS ET A HAUT RENDEMENT	58

FIGURE 30 : SCHEMA UNIFILAIRE SIMPLIFIE DE L'USINE FLEUVE	90
FIGURE 31 : SCHEMA UNIFILAIRE SIMPLIFIE DE L'USINE SOYO	90
FIGURE 32 : SCHEMA UNIFILAIRE SIMPLIFIE DU CAPTAGE FLEUVE	91
FIGURE 33 : SCHEMA UNIFILAIRE SIMPLIFIE DU CAPTAGE MPOZO	91
FIGURE 34 : SCHEMA UNIFILAIRE SIMPLIFIE DE LA STATION R7	92
FIGURE 35 : SCHEMA UNIFILAIRE SIMPLIFIE DE LA STATION R4	92
FIGURE 36 : SCHEMA UNIFILAIRE SIMPLIFIE DE LA STATION R2	92

LISTE DES ILLUSTRATIONS

ILLUSTRATION 1: PASSERELLE DE POMPAGE EAU BRUTE AU CAPTAGE FLEUVE	8
ILLUSTRATION 2: SALLE DE POMPAGE EAU BRUTE AU CAPTAGE FLEUVE (GMP DE SURFACE)	9
ILLUSTRATION 3: SALLE DE POMPAGE ANCIEN REFOULEMENT DE L'USINE FLEUVE	9
ILLUSTRATION 4: PASSERELLE DE LA PRISE D'EAU BRUTE SUR LA RIVIERE MPOZO	10
ILLUSTRATION 5: DEBOURBEUR ASSURANT LA PRE-DECANTATION DES EAUX BRUTES A MPONZO	10
ILLUSTRATION 6: SALLE DE POMPAGE EAU BRUTE DU CAPTAGE MPOZO	11
ILLUSTRATION 7: SALLE DE POMPAGE EAU TRAITEE DE L'USINE SOYO	11
ILLUSTRATION 8: GROUPE ELECTROGENE DE 220 KVA A LA STATION DE REPOMPAGE R2	17
ILLUSTRATION 9 : TRANSFORMATEURS DE 2 X 800 KVA DE L'USINE FLEUVE	40
ILLUSTRATION 10 : SYSTEME DE COMPTAGE MT AU CAPTAGE FLEUVE	41
ILLUSTRATION 11 : POMPES ET SURPRESSEURS DE LAVAGE DE L'USINE FLEUVE	44
ILLUSTRATION 12 : FACTURE D'ENERGIE MT DE L'USINE FLEUVE APPROUVEE (DEC. 2008)	72
ILLUSTRATION 13 : FACTURE D'ENERGIE MT DU CAPTAGE FLEUVE NON APPROUVEE (NOV. 2009)	72
ILLUSTRATION 14 : TARIF MT DU SECTEUR HYDRAULIQUE DU MOIS DE MAI 2010	73
ILLUSTRATION 15 : COURBES D'ESSAI A L'USINE DES GMP HP DE L'USINE FLEUVE	78
ILLUSTRATION 16 : COURBES D'ESSAI A L'USINE DES GMP BP DE L'USINE FLEUVE	78
ILLUSTRATION 17 : PLAN D'ENSEMBLE DU RESEAU D'AEP DE MATADI	93

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : CONSOMMATIONS D'ENERGIE ELECTRIQUE DES POMPAGES DE MATADI	13
TABLEAU 2 : DONNEES SUR LA PRODUCTION ET LIVRAISON DE LA VILLE DE MATADI	17
TABLEAU 3: SYNTHESE DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE ELECTRIQUES DE LA VILLE MATADI	21
TABLEAU 4: CONTROLE DE LA CONFORMITE DES MONTANTS DES FACTURES	23
TABLEAU 5 : RESUME DE LA SITUATION ACTUELLE DES CONSOMMATIONS DE JUIN 2008 – MAI 2009	28

TABLEAU 6: RESUME DE LA SITUATION ACTUELLE DES CONSOMMATIONS DE JUIN 2009 – MAI 2010	29
TABLEAU 7: RESULTAT DE SIMULATION POUR CHOIX DE PUISSANCE SOUSCRITE A L'USINE SOYO	33
TABLEAU 8: RESULTAT DE SIMULATION POUR CHOIX DE PUISSANCE SOUSCRITE CAPTAGE FLEUVE	33
TABLEAU 9: SITUATION DE LA FACTURATION APRES OPTIMISATION	35
TABLEAU 10: CALCUL DES RATIOS DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE DE POMPAGE DE MATADI	38
TABLEAU 11 CALCULS DES CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DES POMPES	50
TABLEAU 12: RECAPITULATIF DES ECONOMIES REALISABLES (HORS INVESTISSEMENT)	61
TABLEAU 13: CALCUL DU TEMPS DE RETOUR SUR LE CAPITAL	62
TABLEAU 14: CONSOMMATIONS D'ENERGIE ELECTRIQUE DU CAPTAGE FLEUVE	67
TABLEAU 15: CONSOMMATIONS D'ENERGIE ELECTRIQUE DU CAPTAGE MPOZO	67
TABLEAU 16: CONSOMMATIONS D'ENERGIE ELECTRIQUE DE L'USINE FLEUVE	68
TABLEAU 17: CONSOMMATIONS D'ENERGIE ELECTRIQUE DE L'USINE SOYO	68
TABLEAU 18 : CONSOMMATIONS D'ENERGIE ELECTRIQUE DE LA STATION DE POMPAGE R7	69
TABLEAU 19 : CONSOMMATIONS D'ENERGIE ELECTRIQUE DE LA STATION DE POMPAGE R4	69
TABLEAU 20 : COEFFICIENT DES PENALITES POUR MAUVAIS COS PHI	70
TABLEAU 21: REPARTITION DU MONTANT DE LA FACTURE D'ENERGIE AVANT OPTIMISATION	71
TABLEAU 22: CARACTERISTIQUES NOMINALES DES GMP DU CAPTAGE FLEUVE	74
TABLEAU 23: CARACTERISTIQUES NOMINALES DES GMP DU CAPTAGE MPOZO	74
TABLEAU 24: CARACTERISTIQUES NOMINALES DES GMP DES STATIONS R7, R4 ET R2	75
TABLEAU 25: TABLEAU CARACTERISTIQUES NOMINALES DES GMP DE L'USINE FLEUVE	76
TABLEAU 26: CARACTERISTIQUES NOMINALES DES GMP DE L'USINE SOYO	77
TABLEAU 27: CALCULS DES PUISSANCES ET ENERGIES ABSORBEES AU CAPTAGE FLEUVE	79
TABLEAU 28: CALCULS DES PUISSANCES ET ENERGIES ABSORBEES AU CAPTAGE MPONZO	79
TABLEAU 29: CALCULS DES PUISSANCES ET ENERGIES ABSORBEES A L'USINE FLEUVE	79
TABLEAU 30: CALCULS DES PUISSANCES ET ENERGIES ABSORBEES A L'USINE SOYO	80
TABLEAU 31: CALCULS DES PUISSANCES ET ENERGIES ABSORBEES A LA STATION R7	80
TABLEAU 32: CALCULS DES PUISSANCES ET ENERGIES ABSORBEES A LA STATION R4	80
TABLEAU 33: CALCULS DES PUISSANCES ET ENERGIES ABSORBEES A LA STATION R2	81
TABLEAU 34: GAIN POTENTIEL USINE FLEUVE AVEC MOTEURS EFF1	82
TABLEAU 35 : GAIN POTENTIEL USINE SOYO AVEC MOTEURS EFF1	83
TABLEAU 36: GAIN POTENTIEL STATION R4 AVEC MOTEURS EFF1	84
TABLEAU 37: GAIN POTENTIEL CAPTAGE FLEUVE AVEC MOTEURS EFF2	84
TABLEAU 38: GAIN POTENTIEL CAPTAGE MPONZO AVEC MOTEURS EFF2	85
TABLEAU 39: GAIN POTENTIEL USINE FLEUVE AVEC MOTEURS EFF2	85
TABLEAU 40: GAIN POTENTIEL USINE SOYO AVEC MOTEURS EFF2	86

TABLEAU 41: GAIN POTENTIEL STATION R7 AVEC MOTEURS EFF2	86
TABLEAU 42: GAIN POTENTIEL STATION R2 AVEC MOTEURS EFF2	86
TABLEAU 43: MONTANT DES INVESTISSEMENTS GMP MOTEURS EFF1	87
TABLEAU 44: MONTANT DES INVESTISSEMENTS GMP MOTEURS EFF2	88
TABLEAU 45: INVESTISSEMENT DES BATTERIES DES CONDENSATEURS	89

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE : Institut International de l'Ingénierie de l'eau et de l'Environnement

AEP : Alimentation en Eau Potable

BP : Basse Pression

BT : Basse Tension

DPS : Dépassement de Puissance Souscrite

FP : Facteur de puissance (cos phi)

FU : Facteur d'utilisation

GMP : Groupe motopompe

HT : Haute Tension

HP : Haute Pression

ICA : Impôt sur les chiffres d'affaires

MEEE : Mesure d'Economie d'Energie Electrique

MT : Moyenne Tension

PS : Puissance Souscrite

PP : Puissance de Pointe ou Puissance maximale atteinte

REGIDESO : Régie de Distribution d'eau de la RD Congo

SNEL : Société National d'électricité de la RD Congo

TGBT : Tableau Général Basse Tension

TDBT : Tableau Divisionnaire Basse Tension

INTRODUCTION GENERALE

L'Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement 2iE prévoit dans son programme de formation en Master Spécialisé Génie Energétique, un stage en entreprise de quatre à six mois afin de permettre au stagiaire de mieux appréhender non seulement les cours suivis pendant la phase théorique, mais aussi de se familiariser à la réalité du terrain dans les entreprises (industrie, bureau d'études, etc.).

C'est dans ce cadre que nous avons été acceptés pour effectuer notre stage à la Régie de Distribution d'Eau de la RD Congo dont le thème porte sur « **l'Audit Energétique des installations d'AEP de la ville de Matadi** ».

Le choix de ce sujet cadre d'une part avec la volonté exprimée par l'entreprise d'arriver à maîtriser et réduire ses consommations d'énergie et d'autre part avec l'objectif de formation dispenser par le 2iE qui est de former des cadres aptes à concevoir des systèmes et des procédés énergétiques, puis à les gérer de façon à maîtriser les consommations d'énergie des entreprises ainsi que leurs impacts environnementaux. Cette formation vise à donner des compétences dans les domaines de l'utilisation rationnelle de l'énergie et la gestion de projets sur les aspects technologiques, humains et financiers.

Le système d'AEP de la ville de Matadi est compté parmi les gros consommateurs d'énergie. La ville possède deux stations de captage d'eau brute, deux usines de traitement d'eau potable ayant chacune une station de pompage d'eau traitée. Cette ville étant construite sur des collines de forte dénivellation imposant ainsi trois stations de repompage pour assurer la distribution d'eau potable à travers sept réservoirs installés au réseau à une population estimée à plus ou moins 320.000 habitants.

Par ailleurs, les groupes motopompes des stations de pompage sont opérationnels depuis près de 20 ans, ce qui traduit ainsi leur niveau de vétusté très avancée. Les rapports d'exploitation renseignent qu'ils ont subi plusieurs réparations et proviennent parfois d'autres installations.

Le besoin en eau de la ville exige une production et un fonctionnement continue de 24 heures par jour afin d'assurer une bonne desserte mais cette situation génère des coûts d'exploitation élevés entre autre les consommations excessives d'énergie électrique.

Cependant, dans le cadre d'atteindre l'Efficacité Energétique dans ces installations, il est indispensable qu'un audit énergétique du système d'AEP soit effectué afin de définir les améliorations permettant de réduire les consommations énergétiques et dans la mesure du possible les émissions de gaz à effet de serre.

Le stage professionnel effectué est traduit dans le présent mémoire faisant l'objet d'un rapport d'audit énergétique dont l'étendu concerne le Système d'AEP de la ville de Matadi de la Régie de Distribution d'Eau de la RD Congo que nous avons détaillé dans le paragraphe 1.2 relatif à la description du site de l'étude.

La maîtrise des ressources énergétiques est généralement le moyen le plus simple de réduire les dépenses énergétiques et émissions de gaz carbonique. Les audits

énergétiques réalisés sur la facturation électrique, le système électrique et hydraulique des stations de pompage ont permis d'identifier les sources de gaspillage et de définir les solutions adaptées pour parvenir à une meilleure efficacité énergétique. En ce qui concerne le remplacement des groupes électropompes, le choix a été porté sur les groupes constitués des moteurs à rendement élevés, car ses derniers ont faits preuves depuis une décennie de gain potentiel d'énergie de 10 à 40% dans les industries. Un autre gain potentiel est obtenu suite à l'analyse de la facturation en procédant à la révision des contrats d'abonnement des certaines stations et installation des batteries de condensateurs dans toutes les stations et les usines de traitement d'eau potable.

Le stage s'est déroulé pendant trois mois et demi de mi-mai à août 2010 au sein des installations de la Régie de Distribution d'eau Potable de la Direction Provinciale de Matadi et au siège de la Direction Générale à Kinshasa en RD Congo.

I. PREMIERE PARTIE : GENERALITES

1.1. PRESENTATION DU MEMOIRE

1.1.1. Objectif de l'étude

L'objectif général de l'étude est de préconiser des mesures propices à des économies importantes d'énergie dans les installations d'AEP tout en préservant les conditions de fonctionnement et d'utilisation des équipements à un niveau optimal.

De façon spécifique, les audits énergétiques réalisés ont permis d'identifier les postes, les appareils et le processus de gaspillage d'énergie du système d'AEP et défini les solutions adaptées pour parvenir à une meilleure efficacité énergétique. L'audit a compris aussi l'analyse de la facturation électrique et celle des caractéristiques réseau-pompe pour en connaître les points de fonctionnement et leurs adaptations.

Afin d'atteindre l'efficacité énergétique, l'audit énergétique a visé les buts suivants:

- La visite des installations et la collecte des données afin d'établir un état des lieux des installations en matière de consommation et de performance énergétique ainsi qu'estimer la répartition de la consommation d'électricité en fonction des usages ;
- Les calculs effectués et analyses des résultats obtenus ;
- Les propositions de solutions d'économie d'énergie.

1.1.2. Méthodologie de travail

- La visite du site pour évaluer l'état général des réparations, de la tenue des lieux et des pratiques opérationnelles qui ont une incidence sur l'efficacité énergétique, et relever, au fur et à mesure que progresse l'audit, les aspects qui méritent une évaluation plus poussée ;
- La définition du système consommateur d'énergie faisant l'objet de l'audit ;
- La collecte, l'organisation, le résumé et l'analyse les factures d'énergie antérieures et les tarifs facturés ;
- La détermination des indices de la consommation d'énergie et les comparer à l'interne d'une période à une autre, d'une installation à une autre installation similaire de l'organisation, d'un système à un autre système semblable, et les comparer à l'externe avec les pratiques exemplaires au sein d'autres industries ;
- La préparation d'une liste de toutes les charges consommatrices d'énergie dans l'aire où l'audit est mené et la détermination de leurs caractéristiques de consommation et de puissance appelée.
- L'identification des possibilités de gestion de l'énergie afin d'inclure les mesures opérationnelles et technologiques visant à réduire le gaspillage de l'énergie.
- Les propositions des mesurer les économies potentielles d'énergie et de coûts, de même que tout avantage supplémentaire.

1.1.3. Résultats attendus

- Etablir les profils des consommations d'énergie électrique des installations d'AEP et calcul des ratios ;
- Proposer les mesures d'économie d'énergie applicables immédiatement, à court et long terme (mesures avec ou sans investissement) ;
- Chiffrer les économies d'énergie possible des installations d'AEP ;
- Proposer la mise en œuvre d'un processus pour assurer un meilleur suivi de la consommation énergétique.

1.1.4. Contraintes de l'étude

Les difficultés majeures rencontrées lors de cette étude peuvent se résumer comme suit :

- Le manque d'un enregistreur de puissance car celui-ci permet de recueillir un grand nombre des données et devrait nous permettre de cerner les habitudes des consommations des stations sur les mesures qui auraient dû être prises. Néanmoins une pince ampèrétique nous a permis toute fois des mesures les paramètres électriques courant-tension ;
- La vaste étendue du système n'a pas permis de pousser l'audit jusqu'au niveau de réseau de distribution (évaluation des fuites, analyse comparative du système pompage direct et pompage-distribution, etc) ; néanmoins nous nous sommes consacrés seulement à proposer des mesures d'économies d'énergie électriques (MEEE)
- L'absence de compteur de débit au refoulement des stations de captage et de repompage ne n'a pas permis de faire l'analyse comparative des paramètres hydrauliques des groupes abritant ces stations ;
- L'absence de compteur d'énergie réactive et du relevé des puissances maximales atteintes à la station de repompage R4 n'a pas permis de procéder à l'optimisation de la facture de cette station

1.2. DESCRIPTION DU SITE DE L'ETUDE

1.2.1. La ville et son environnement

La ville de Matadi est située au sud-ouest de la RD Congo dans la province du Bas-Congo à environ 365 km de la ville de Kinshasa. Elle a une superficie de 110 km², la ville de Matadi, dont l'altitude varie entre 50 au niveau du fleuve et 500 m au sommet des collines, est située sur un site rocailleux constitué essentiellement de quartz et de croûtes latéritiques et de calcaires. Ses coordonnées géographiques sont :

- Latitude Sud : 5° 48' 39''
- Longitude Est : 13° 29' 12''

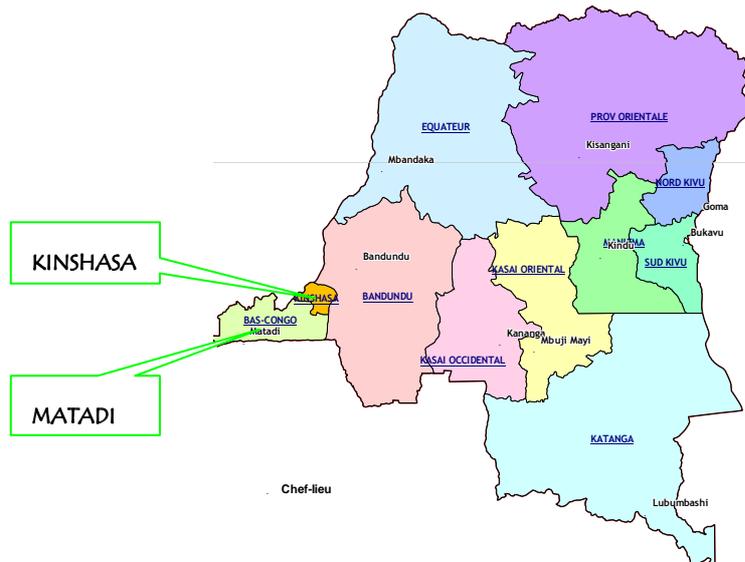


Figure 1: localisation de la ville de MATADI

Le réseau hydrographique de Matadi est composé du Fleuve Congo et de la Rivière Mpozo. Il règne un climat tropical humide avec trois à quatre mois de saison sèche de juin à septembre et 8 mois de saison pluvieuse d'octobre à mai. La température maximale est estimée à 35 C° et la température moyenne varie entre 24 C° et 26 C°.

La ville de Matadi est essentiellement une ville économique car elle constitue la " porte d'entrée et de sortie" de la RD Congo, du fait qu'elle :

- est un Port Maritime International
- constitue le point d'aboutissement du chemin de fer Matadi – Kinshasa ;
- abrite le "Pont Maréchal".

La ville comprend trois Communes Matadi, Nzanza et Mvuzi, et a une population de estimée à 320.000 habitants.

1.2.2. Présentation de la structure d'accueil du stage

La Direction Provinciale de la REGIDESO MATADI jouit d'une autonomie financière à l'instar des autres centres d'exploitation de la RDC. Mais, sa trésorerie fait l'objet d'un encadrement de la part de la Direction Générale basée à Kinshasa. Elle dispose d'un effectif de 189 agents, dont 56 agents d'exécution, 81 agents de maîtrise, 47 agents de cadre de collaboration et 5 cadres de direction.

Du point de vue fonctionnel, le siège de Matadi est dirigé par le Directeur Provincial secondé par trois Chefs de Division à savoir la Division Administrative et Financière, la Division Commerciale ainsi que la Division Technique où nous avons affecté pour effectuer notre stage.

La Division Administrative et Financière est subdivisée en deux services, le Service des Ressources Humaines et le Service Comptable et Financier et comprend aussi le Centre Médical.

La Division Commerciale compte également deux services, le Service de Recouvrement et le Service des Ventes et dispose aussi des trois Agences.

La Division Technique supervise le Réseau, les Usines, les Stations de repompage, les Achats Locaux, les Magasins, les Services Généraux, la Section Exploitation et la Section Transit et Douane.

Le Centre Informatique, le Service du Contrôle de Gestion, le Conseiller Juridique et les Centres d'exploitation relèvent de l'autorité directe du Directeur Provincial

L'organigramme de la Direction Provinciale de la REGIDESO MATADI est exposé en annexe 7 du présent mémoire.

1.2.3. Description générale du fonctionnement du système d'AEP

La production d'eau potable de la ville de Matadi est assurée par la REGIDESO à travers deux usines de traitement, la première appelée Usine FLEUVE est la plus importante avec une capacité installée de 39500 m³/jour, traite l'eau brute captée du fleuve Congo et desservant plus de 75% de la population de la ville de Matadi et la deuxième dénommée Usine SOYO avec une capacité installée de 8500 m³/jour, et capte l'eau brute de la rivière MPOZO et du ruisseau SOYO à travers un barrage.

Les deux usines présentent une capacité totale installée de 48000 m³/jour et la production actuelle est estimée à 28000 m³/jour, soit environ 58% de la capacité de production des deux usines. Cette baisse de production est due à la vétusté et défectuosité des ouvrages et équipements de production et du réseau de distribution occasionnant ainsi beaucoup de pertes.

L'eau brute captée du fleuve et de la rivière MPOZO suit les étapes de traitement suivantes afin qu'elle devienne propre à la consommation humaine: Mélange rapide (coagulation), Flocculation, Décantation, Filtration, Désinfection et Pompage :

La figure ci-dessous montre de façon sommaire la chaîne de traitement de l'eau potable. Les paramètres de qualité de l'eau suivis le plus couramment sont la turbidité, l'acidité, les matières en suspension, la couleur, le goût, l'odeur, la dureté, la présence de bactéries, les concentrations de fer et de manganèse, les teneurs en déchets industriels, etc.

L'eau traitée est refoulée au réseau depuis les stations de pompage des deux usines de traitement. Suite à la configuration du terrain ayant une topologie collinaire, trois stations de repompage ont été installées (à savoir R7, R4 et R2, toutes alimentées par l'usine Fleuve) sur le réseau pour permettre la desserte des zones de haute altitude.

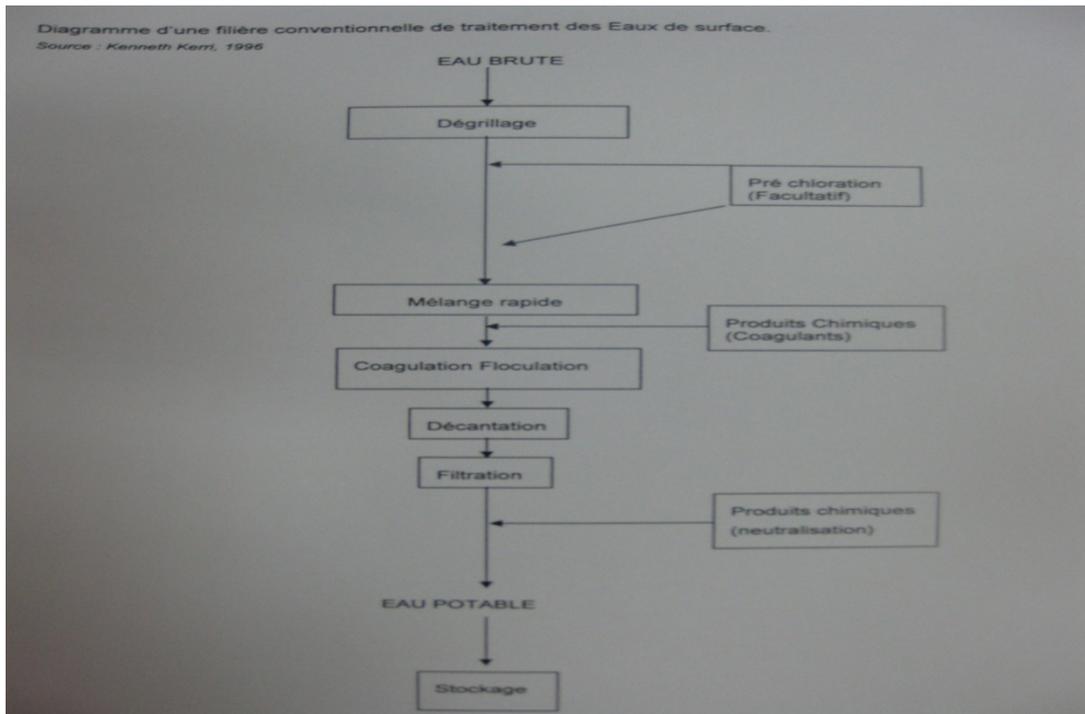


Figure 2: Diagramme de filière de traitement des eaux de surface

Il faudra signaler que le système de pompage est le refoulement-distribution tel que la haute pression de la station de l'usine FLEUVE pompe l'eau avec distribution en route à travers une conduite de diamètre Ø 600 mm répartissant l'eau en deux directions, vers le réservoir de la station R7 (1700 m³) et réservoir R2 (1500 m³), et la basse pression par refoulement-distribution à travers une conduite de diamètre Ø 200 mm envoie l'eau au réservoir R1 (420 m³) qui dessert la basse ville par gravité. Un départ gravité partant de la station de l'usine FLEUVE dessert de façon gravitaire le port de l'ONATRA à travers une conduite de diamètre Ø 200 mm.

De la même manière par refoulement-distribution, l'usine SOYO pompe suivant trois directions constituées par des réservoirs R8 (10 m³) à travers une conduite de diamètre Ø 100 mm, R6 (800 m³) à travers une conduite de diamètre Ø 300 mm et R4 (1300 m³) à travers une conduite de diamètre Ø 200 mm

La station de repompage R7, reçoit l'eau de l'usine FLEUVE et par refoulement-distribution pompe l'eau à la station R4 qui à son tour refoule en direction du réservoir R5 (1000 m³) pour desservir les quartiers situés au point haut de la ville.

Le réseau de distribution comprend :

- Le réseau primaire (Ø 250 à Ø 600 mm) estimé à 17589 m ;
- Le réseau secondaire (Ø 100 à Ø 225 mm) estimé à 44525 m ;
- Le réseau tertiaire (Ø ½'' à Ø 90 mm) estimé à 222886 m ;

Ainsi pour bien mener notre étude, nous avons subdivisé notre système en deux grands sous-systèmes à savoir:

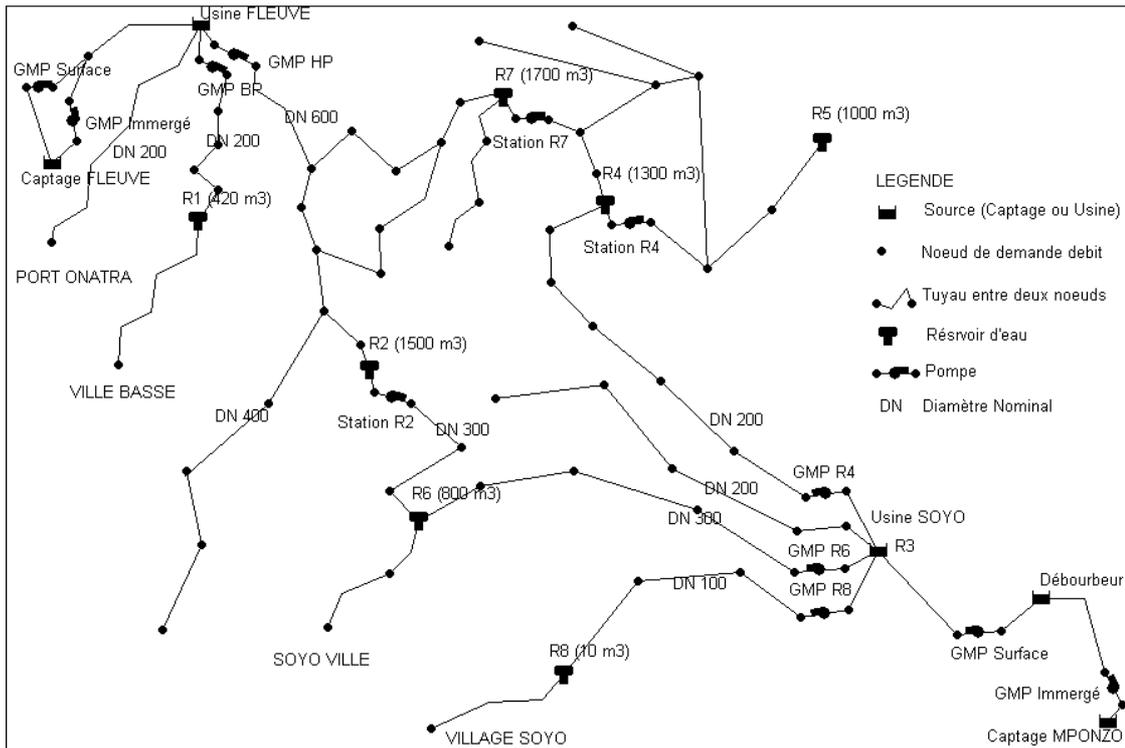


Figure 3: Schéma hydraulique du système d'AEP de Matadi

- Les sous-systèmes de production constituée par deux usines à savoir, l'Usine FLEUVE et l'Usine SOYO.
- Les sous-systèmes de DISTRIBUTION comprenant trois stations de repompage R7, R4 et R2 ainsi que des réservoirs de stockage d'eau.

1.2.4. SOUS-SYSTEME DE PRODUCTION FLEUVE

SOUS-SYSTEME 1 : CAPTAGE FLEUVE

- **Le Captage d'eau brute Fleuve : elle est dotée d'équipements suivants en service :**
 - Deux GMP immergés de 468 m³/h x 64 m x 120 kW ;



Illustration 1: Passerelle de Pompage eau brute au Captage FLEUVE

- Deux GMP de surface de 500 m³/h x 80 m x 160 kW;



Illustration 2: Salle de Pompage eau brute au Captage FLEUVE (GMP de surface)

- **Le Poste de transformation Captage Fleuve :**
 - Deux transformateurs 500 kVA/15 kV/400 V en parallèles

SOUS-SYSTEME 2 : USINE FLEUVE

- **La chaîne de traitement d'eau comprend :**
 - Une chambre de mélange de réactifs ;
 - Trois flocculateurs en série ;
 - Huit décanteurs ;
 - Neuf filtres ;
 - Un rotamètre de sulfate et un doseur de chlore.
- **La réserve d'eau :**
 - Un réservoir de 900 mètre cube d'eau traitée ;
 - Un réservoir de 500 mètre cube d'eau traitée
- **Le pompage d'eau traitée de l'usine Fleuve :**
 - Salle de Pompage Ancien Refoulement :
 - Deux GMP HP de 414 m³/h x 160 m x 280 kW ;
 - Trois GMP BP de 72 m³/h x 38,50 m x 15 kW ;



Illustration 3: Salle de Pompage Ancien Refoulement de l'Usine FLEUVE

- Salle de Pompage Nouveau Refoulement :
- Trois GMP HP de 414 m³/h x 160m x 280 kW dont deux groupes en pannes ;
- Un départ gravitaire d'un débit de 50 m³/h sur DN 200 en direction du port ONATRA ;
- **Le Poste de transformation Usine Fleuve :**
- Deux transformateurs de 800 kVA/15 kV/400 V non en parallèles

1.2.5. SOUS-SYSTEME DE PRODUCTION SOYO

SOUS-SYSTEME 3 : CAPTAGE MPOZO

- **La prise d'eau brute de la rivière Mpozo : elle est située à environ quatre kilomètre de l'usine SOYO, est dotée de :**
- Trois GMP immergés de 185 m³/h x 27 m x 27 kW dont un groupe en panne ;



Illustration 4: Passerelle de la prise d'eau brute sur la rivière MPOZO

- Un déboureur assurant une pré-décantation des eaux brutes de la rivière Mpozo à travers des décanteurs lamellaires ;



Illustration 5: Déboureur assurant la pré-décantation des eaux brutes à MPOZO

- Trois GMP de refoulement de 350 m³/h x 160 m x 250 kW dont un groupe en panne. Deux GMP sont posés en série pour élever la hauteur à 320 m assurant le refoulement vers l'Usine SOYO ;
- **Le Poste de transformation du Captage Mpozo :**
- Un transformateur de 800 kVA/15 kV/400 V.
- **Le barrage d'eau du ruisseau SOYO** dont le débit est d'environ 180 m³/h mais en arrêt suite à l'ensablement.



Illustration 6: Salle de Pompage eau brute du Captage MPOZO

SOUS-SYSTEME 4 : USINE SOYO

- **La chaîne de traitement d'eau : le dispositif de traitement d'eau de l'usine SOYO est composé de :**
 - Une colonne de mélange de réactifs ;
 - Quatre flocculateurs en parallèle ;
 - Quatre décanteurs lamellaires ;
 - Quatre filtres ;
 - Un doseur de sulfate et un doseur de chlore.
- **La réserve d'eau :**
 - Un réservoir de 2 x 300 mètre cube d'eau traitée ;
- **La Station de pompage d'eau traitée de l'usine du SOYO refoule l'eau sur trois axes et comprend :**
 - Trois GMP BP de 150 m³/h x 100 m x 75 kW sur l'axe R6 pour SOYO ville dont deux groupes en panne ;
 - Trois GMP HP de 15 m³/h x 240 m x 22 kW sur l'axe R8 pour SOYO village ;
 - Un GMP de 133 m³/h x 165 m x 110 kW sur l'axe Mikondo et Mvuadu ;



Illustration 7: Salle de Pompage eau traitée de l'Usine SOYO

- **Le Poste de transformation de l'Usine Soyo :**
 - Un transformateur de 630 kVA/15 kV/400 V.

1.2.6. SOUS-SYSTEME DE DISTRIBUTION

SOUS-SYSTEME 5 : STATION DE REPOMPAGE R7 :

- **Salle de pompage R7: la Station de repompage R7** alimente notamment la station R4 à travers la conduite de 250 mm de diamètre sur une distance de 2000 m et est dotée de :
 - Deux GMP de 324 m³/h x 90 m x 132 kW;
- **Le Poste de transformation R7 :**
 - Un transformateur de 400 kVA/15 kV/400 V.
- **La réserve d'eau :**
 - Un réservoir de 1000 mètre cube d'eau traitée ;
 - Un réservoir de 700 mètre cube d'eau traitée

SOUS-SYSTEME 6 : STATION DE REPOMPAGE R4 :

- **Salle de pompage : la Station de repompage R4 est équipée de :**
 - Deux GMP de 126 m³/h x 50 m x 75 kW;
- **Le Poste de transformation R4 :**
 - Un transformateur de 500 kVA/15 kV/400 V.
- **La réserve d'eau :**
 - Un réservoir de 500 mètre cube d'eau traitée ;
 - Un réservoir de 2x650 mètre cube d'eau traitée

SOUS-SYSTEME 7 : STATION DE REPOMPAGE R2 :

La Station de repompage R2 n'est pas encore raccordée au réseau d'électricité publique suite à l'insuffisance de l'énergie électrique. Elle est équipée de :

- **Salle de pompage : la Station de repompage R4 est équipée de :**
 - Un GMP de 133 m³/h x 165 m x 110 kW ;
- **La source d'énergie thermique :**
 - Un groupe électrogène de 220 kVA/400 V.
- **La réserve d'eau :**
 - Un réservoir de 1000 mètre cube d'eau traitée ;
 - Un réservoir de 2 x 350 mètre cube d'eau traitée

1.3. INVENTAIRE DES DONNEES COLLECTEES

1.3.1. Factures de consommations d'énergie électrique

L'information contenue dans les factures d'énergie et la grille tarifaire peut servir à cerner des possibilités de gestion de l'énergie, en particulier lorsqu'elle est analysée avec les principaux facteurs ayant une incidence sur la consommation d'énergie, notamment la production. L'analyse de la consommation d'énergie et des coûts a lieu avant la comparaison du rendement énergétique avec des données de référence internes et externes. La mise en tableau des données antérieures sur la consommation d'énergie permet d'obtenir rapidement un aperçu de la consommation d'énergie.

Les possibilités de gestion de l'énergie qui seront relevées à la présente étape peuvent viser la réduction de la consommation d'énergie et la réduction des coûts, lesquelles sont deux résultats importants.

Les données des consommations d'énergie électrique tirées des factures d'énergie électrique durant les trois dernières années sont exposées dans le tableau 1 ci-dessous.

Par ailleurs les informations détaillées recueillies sur les factures d'énergie sont reprises dans les tableaux 14 à 19 en annexe 1 du présent mémoire

Dans la présente section, nous expliquons les termes de base utilisés sur les factures d'énergie et la façon de mettre en tableau les données tirées des factures en vue de quantifier les niveaux de consommation antérieurs et de cerner les habitudes de consommation.

Tableau 1 : Consommations d'énergie électrique des pompages de MATADI

CONSOUMMATIONS D'ENERGIE ELECTRIQUE DES INSTALLATIONS DE LA VILLE DE MATADI								
PERIO DE 2007								
NOM DU SITE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	P.S KW	P.P Maxi KW	HEURE	CosPHI Moyen	MONTANT FACTURE A PAYER	
							(FC)	(\$US)
CAPTAGE FLEUVE	2 049 662	1 535 433	600	350	3 416	0,82	139 368 179,78	266 381,54
USINE FLEUVE	4 918 200	3 205 260	855	825	5 752	0,86	286 411 987,51	549 756,30
CAPTAGE MPOZO	3 305 599	0	584	341	5 660	0,90	195 040 656,89	374 750,97
USINE SOYO	157 266	661 930	285	428	552	0,49	47 505 838,79	90 557,78
POMPAGER7	931 685	877 472	396	204	2 353	0,73	76 831 719,42	148 434,97
POMPAGER4	151 882	0	170	120	893	0,00	15 993 397,60	30 850,74
TOTAL	11 514 293	6 280 095			18 627		761 151 779,98	1 460 732,30
PERIO DE 2008								
NOM DU SITE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	P.S KW	P.P Maxi KW	HEURE	CosPHI Moyen	MONTANT FACTURE A PAYER	
							(FC)	(\$US)
CAPTAGE FLEUVE	3 430 152	2 428 984	600	954	5 220	0,81	227 923 797,83	400 095,23
USINE FLEUVE	5 263 050	3 037 050	855	840	6 156	0,87	333 111 399,97	589 689,23
CAPTAGE MPOZO	2 566 315	0	584	511	4 394	0,88	171 317 667,31	304 572,71
USINE SOYO	485 152	1 021 777	285	424	1 702	0,32	85 010 024,13	149 451,78
POMPAGER7	1 057 995	1 030 727	396	221	2 672	0,72	94 071 211,79	166 595,06
POMPAGER4	130 541	0	170	120	768	0,00	16 318 529,68	28 952,67
TOTAL	12 933 205	7 518 538			20 912		927 752 630,70	1 639 356,67
PERIO DE 2009								
NOM DU SITE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	P.S KW	P.P Maxi KW	HEURE	CosPHI Moyen	MONTANT FACTURE A PAYER	
							(FC)	(\$US)
CAPTAGE FLEUVE	5 590 097	3 933 970	600	954	8 492	0,82	490 248 780,53	596 731,82
USINE FLEUVE	5 281 500	2 955 285	855	900	6 177	0,87	462 364 940,81	562 459,18
CAPTAGE MPOZO	3 344 288	0	584	392	5 727	0,87	304 546 570,54	366 275,54
USINE SOYO	2 174 610	1 141 013	285	450	7 423	0,89	205 400 859,76	248 706,25
POMPAGER7	949 977	673 064	396	207	2 399	0,81	118 419 884,13	143 014,83
POMPAGER4	201 136	0	170	30	1 183	0,00	29 685 630,90	35 183,38
TOTAL	17 541 608	8 703 332			31 400		1 610 666 666,68	1 952 370,99

• **ELÉMENTS DE LA FACTURE D'ÉNERGIE MT :**

La facture d'électricité renferme les informations suivantes :

- Les consommations exprimées en (kWh) et (kVarh) qui sont les énergies consommées depuis les derniers relevés des compteurs actifs, réactifs, monophasés 1 et 2, décomptes 1 et 2 ;
- La consommation moyenne à facturer en (kWh) est la consommation réelle retranchée des consommations des compteurs de décomptes ;
- La puissance de pointe (PP) ou demande mesurée en (kW) qui est la valeur de la demande maximale réelle mesurée au cours de la période de facturation ;

- La puissance à facturer (PF) ou demande facturée (kW), est la valeur de la demande utilisée pour calculer la facture. Elle est aussi la demande mesurée ou quelque valeur calculée à l'aide de la demande mesurée, en fonction des tarifs du service public ;
- Le facteur de puissance (FP), est le rapport entre les valeurs maximales enregistrées de kW et de kVA (cette valeur est habituellement exprimée par un nombre décimal ou un pourcentage) ;
- Les heures d'utilisations (HU) qui représentent une valeur fictive du rapport entre la moyenne à facturer et la puissance souscrite ;

• **MESURE DE LA PUISSANCE ATTEINTE ET LA CONSOMMATION:**

Les puissances et consommations sont mesurées par les appareils comprenant notamment:

- Un compteur triphasé actif avec maxigraphe (dit quart horaire) ;
- Deux compteurs monophasés actifs vérifiant le compteur actif triphasé ;
- Un compteur triphasé réactif

Ces appareils ainsi que les transformateurs d'intensité et les transformateurs de tension nécessaires sont fournis en location par la Société Nationale d'Electricité (SNEL) au tarif en vigueur. Dans le cas exceptionnel d'un comptage en basse tension (cas de transformateur d'intensité aux bornes du secondaire du transformateur), la puissance et la consommation sont mesurées par un compteur triphasé actif avec maxigraphe. La consommation mesurée sur cet appareil est majorée de quart pour cent (4%) pour tenir compte des pertes joules et de pertes fer (ou à vide) du transformateur MT/BT installé dans la cabine.

• **FORMULES DE CALCUL DU MONTANT DE LA FACTURE:**

La tarification est calculée suivant le binôme ci-après:

$$MF = TA * PS + TB * C \quad (1.1)$$

Où,

- MF : représente le montant de la facture en francs congolais ;
- TA : représente la redevance par kW de puissance souscrite en Francs Congolais ;
- PS: représente la puissance souscrite kW ;
- TB : représente la redevance par kWh d'énergie électrique en Francs Congolais ;
- C: représente la consommation mensuelle en kWh

Nous présentons en annexe les tarifs moyenne tension du secteur hydraulique pour la facturation du mois de mai 2010 :

• **PÉNALITÉ POUR DÉPASSEMENT DE LA PUISSANCE SOUSCRITE:**

Si dans le courant du mois, la puissance mensuelle atteinte a été supérieure à la puissance souscrite, le terme P de la formule sera majoré d'une quantité égale à une fois et demie la différence entre la puissance souscrite et la puissance atteinte

- **FACTEUR DE PUISSANCE MOYEN DU MOIS (Cos phi) :**

Il est défini par la formule suivante :

$$\text{Cos phi} = \frac{C}{\sqrt{C^2 + R^2}} \quad (1.2)$$

Il est arrondi au centième le plus voisin où C est la consommation mensuelle d'énergie active en (kWH) et R est la quantité mensuelle d'énergie réactive consommée en (kVArH).

- **PÉNALITÉ POUR MAUVAIS Cos phi:**

La facture mensuelle est majorée d'une pénalité de un pour cent (1%) par centième de cos phi inférieur à 0,90 pour les dix premiers centièmes et de deux pour cent (2%) par centième inférieur à 0,70. Le coefficient des pénalités est évalué suivant les relations ci-dessous et les valeurs calculées sont indiquées dans le tableau 20 en annexe 1:

- $0,90 > \text{cos phi} \geq 0,88$; $p = 0,50 * (0,90 - \text{cos phi})$;
- $0,88 > \text{cos phi} \geq 0,70$; $p = 0,01 + 1,00 * (0,88 - \text{cos phi})$;
- $0,70 > \text{cos phi} \geq 0,60$; $p = 0,19 + 1,50 * (0,70 - \text{cos phi})$;
- $0,60 > \text{cos phi} \geq 0,50$; $p = 0,34 + 2,00 * (0,60 - \text{cos phi})$;
- $\text{cos phi} < 0,50$; $p = 0,54 + 3,00 * (0,50 - \text{cos phi})$;

La facturation de l'énergie électrique fournie est mensuelle, les relevés d'index devant s'effectuer en fin de mois. La facture s'étend hors taxes, c'est-à-dire que toute taxe ou imposition spécifique à la production, le transport et la distribution d'énergie électrique, sera supportée par le client en supplément à la facturation proprement dite de l'énergie fournie.

- **LES FRAIS DE LOCATION COMPTAGE MT**

Certains équipements de fourniture et de comptage peuvent être mis à la disposition de l'abonné par le distributeur. Dans ce cas, des frais de location et d'entretien sont facturés à ce dernier. Il peut s'agir des frais de location de transformateur de puissance et de courant, des frais de location de compteur électrique, de lignes etc....

- **LES TAXES DIVERSES**

Les taxes appliquées à la facturation sont l'ICA, la réactualisation caution, les pénalités pour refus d'accès et indemnisation de vos installations

Tous ces éléments nous permettront de mieux appréhender les opérations effectuées lors de l'établissement de la facture.

- **PARAMÈTRES DE LA FACTURATION:**

Les valeurs des termes TA et TB sont fixés par arrêté. A titre indicatif, une copie de la tarification du mois de mai 2010 est jointe à l'annexe

– **PUISSANCE A FACTURER (PF):**

- Cas où la Puissance de Pointe (PP) est inférieure à la Puissance Souscrite (PS), on a la Puissance à facturer est égale à la Puissance Souscrite :

$$PF = PS \quad (1.3)$$

- Cas où la Puissance de Pointe (PP) est supérieure à la Puissance Souscrite (PS), on a la Puissance à facturer comme suit :

$$PF = PS + 1,5 * (PP - PS) \quad (1.4)$$

– **HEURE D'UTILISATION (HU):**

$$HU = \frac{C}{PS} \quad (1.5)$$

– **NOMBRE D'HEURE THEORIQUE (NHT):**

$$NHT = 24 \text{ Heures} * \text{Nombre de jour du mois} \quad (1.6)$$

Soit 720 Heures/mois ou 744 Heures/mois selon que le mois a 30 ou 31 jours

Si $HU > NHT$, alors prendre :

$$HU = NHT = 24 \text{ Heures} * \text{Nombre de jour du mois} \quad (1.7)$$

– **MONTANT DE LA FACTURE (MF) :**

$$MF = PF * TA + HU * PS * TB \quad (1.8)$$

1.3.2. Equipements électromécaniques et électriques

La collecte des données effectuée sur les équipements consommateurs d'énergie électrique nous a permis de dresser un état des lieux des équipements électromécaniques.

Signalons que seules les caractéristiques des équipements destinés au pompage ont été inventoriés tels que les groupes électropompes, surpresseurs et compresseurs ainsi que les équipements électromécaniques servant au dosage des réactifs, à la filtration, floculation. Les charges électriques relatives à la climatisation et à l'éclairage n'ont pas été prises en compte car elles représentent une part négligeable des consommations d'énergie électrique dans les stations de pompage inspectées.

Les groupes motopompes sont vétustes opérationnels depuis près de 20 ans, ce qui traduit ainsi leur niveau de vétusté très avancée et nécessite absolument un renouvellement. Les rapports d'exploitation renseignent qu'ils ont subi plusieurs réparations et proviennent parfois d'autres installations.

Dans les deux usines de traitement des eaux de la ville, la plupart des moteurs d'entraînement, dans les salles de préparation des réactifs, sont obsolètes ou en panne.

Dans toutes les installations, les tableaux de commande des moteurs sont en bon état et récupérables moyennant quelques entretiens et remplacement de quelques composantes défectueuses.

L'éclairage intérieur et extérieur des installations n'est pas entretenu d'où un grand nombre de points lumineux éteints.

Les tableaux 22 à 26 indiqués en annexe 2, résumés les informations recueillies sur l'état des équipements ainsi que les actions proposées pour remédier aux défaillances constatées.

1.3.3. Données sur les quantités d'eau produite ou pompées

Les données la production et livraison au réseau de la ville de Matadi pour la période de janvier 2009 à mai 2010 se présente dans le tableau 2 comme suit :

Tableau 2 : Données sur la production et livraison de la ville de MATADI

PRODUCTION ET LIVRAISON DES SOUS-SYSTEMES DE POMPAGE DE MATADI						
PERIODE	Captage FLEUVE Production (m3)	Usine FLEUVE Production (m3)	Livraison (m3)	Captage MPOZO Production (m3)	Usine SOYO Production (m3)	Livraison (m3)
janv-09	649 170	649 170	599 179	146 785	146 785	139 446
févr-09	603 780	603 780	561 791	149 678	149 678	142 194
mars-09	632 734	632 734	585 375	231 649	231 649	220 067
avr-09	583 515	583 515	554 339	177 403	177 403	168 533
mai-09	553 953	553 953	526 264	204 185	204 185	193 976
juin-09	621 940	621 940	528 649	233 813	233 813	198 744
juil-09	637 413	637 413	541 801	223 908	223 908	190 322
août-09	544 986	544 986	476 364	217 598	217 598	192 363
sept-09	478 620	478 620	442 835	205 956	205 956	192 843
oct-09	535 926	535 926	450 444	227 888	227 888	198 798
nov-09	549 500	549 500	463 662	198 699	198 699	172 307
déc-09	604 352	604 352	513 699	173 742	173 742	147 681
janv-10	543 711	543 711	516 525	161 997	161 997	153 897
févr-10	520 792	520 792	494 752	155 168	155 168	147 410
mars-10	465 497	465 497	442 223	232 749	232 749	221 111
avr-10	560 525	560 525	473 456	158 676	158 676	139 865
mai-10	527 151	527 151	448 078	194 179	194 179	165 052

1.3.4. Consommation du gazole du groupe électrogène

Le groupe électrogène servant de source d'énergie à la station de repompage R2 présente les caractéristiques suivantes : Marque DENYO, Puissance 220 kVA, Cos phi 0,8, Tension 200/400 V, Courant 563/281 A, Phase 3, Fréquence 50 Hz, Vitesse 1500 tr/min et une consommation de gasoil de 30 litres par heure

Sa consommation spécifique est de 0,17 litre/kWh



Illustration 8: Groupe électrogène de 220 kVA à la station de repompage R2

1.3.5. Plans des installations et autres informations

Le plan d'ensemble du réseau est exposé en annexe ainsi que les schémas de distribution électriques des différentes stations.

II. DEUXIEMEN PARTIE : LES AUDITS REALISES

L'Optimisation de la Facturation électrique quoiqu'une opération plus financière qu'énergétique est la clé de succès des projets d'Economie d'Énergie. Ainsi, nous commencerons par faire l'analyse de la facturation électrique dans les stations de pompage des captages d'eau brute, des deux usines de traitement et des trois stations de repompage. Enfin cherchant les causes des consommations électriques, source ou gisement potentiel d'économie, nous procéderons à l'inventaire des toutes les charges électriques notamment partant de la prise d'eau brute, suivi de la chaîne de traitement d'eau ainsi que du pompage d'eau traitée.

2.1. ANALYSE DE LA FACTURATION ELECTRIQUE

2.1.1. Objectif de l'audit la facturation électrique

La maîtrise de la consommation d'énergie commence par une bonne connaissance de la facturation du fournisseur. En effet, sans faire d'investigations coûteuses, l'analyse de la facturation permet de dégager des informations utiles à l'organisation et à l'orientation d'un audit énergétique.

L'objectif de l'étude de la facturation électrique est de procéder à la vérification et à l'optimisation de ces dernières. Ceci revient :

- d'une part à comparer sur les factures émises par la SNEL la Puissance Maximale Appelée à la Puissance Souscrite car la réduction de la puissance souscrite entraînerait une réduction du montant de la prime fixe ou l'augmentation de la puissance souscrite éviterait des pénalités dues au dépassement de puissance souscrite;
- d'autre part, les installations doivent avoir un facteur de puissance moyen supérieur à 0,90 afin d'éviter des pénalités dues au mauvais cos phi ; ceci revient à installer des batteries de condensateurs pour réduire la consommation d'énergie réactive ce qui entraînerait la suppression du montant dû aux pénalités pour un mauvais cos phi.

Cette opération d'optimisation consiste à analyser les factures d'électricité sur une période de 24 mois – deux années consécutives au mieux- afin d'en sortir les possibilités de réduction du montant de la facture pour les mois à venir à partir d'une période prise comme référence. Les deux périodes considérées s'étalent de juin 2008 à mai 2010 telles exposées dans le tableau 3 ci-dessous.

Nous avons procédé à la vérification de la conformité et de normalité de la facture par le contrôle de continuité des relevés ; le contrôle d'admissibilité des valeurs relevées ou calculées ; le contrôle croisé entre relevés de différents compteurs ; le contrôle de fréquence d'apparition des données ; le contrôle d'émission des factures ; la vérification du montant total de la facture ; et le contrôle de l'adaptation du contrat de fourniture avec les besoins actuels de l'entreprise ou encore avec le système électrique.

Ainsi, ces contrôles font place à l'optimisation de l'abonnement ou à des investissements dont le calcul du retour sur investissement et leurs capacités de gain en énergie est capital.

Ces opérations préalables permettent:

- La vérification des montants des factures d'électricités fournies par la SNEL ; Il s'agit d'établir la cohérence et la véracité des factures établies par la SNEL.
- La vérification de la nécessité d'ajustement de la puissance souscrite à la puissance appelée : Cela permet de moduler la puissance souscrite afin d'une part de réduire les coûts des pénalités de dépassement de puissance par élévation de la souscription et mieux exploiter les heures de consommations; et d'autre part d'assouplir le montant de la prime fixe par abaissement de la puissance souscrite tout en respectant les contraintes de dépassement imposé par le fournisseur.
- L'amélioration du facteur de puissance $\cos \phi$ ou $\text{tg } \phi$: l'atténuation voire la suppression de la pénalité due à un mauvais FP se fait par compensation de l'énergie réactive en installant des batteries de condensateurs.

L'optimisation de la facture consiste donc à agencer toutes les pénalités afin d'obtenir la facture la moins coûteuse tout en respectant le contrat d'abonnement. Pour réaliser toutes ces opérations, nous avons confectionné un fichier Microsoft Excel sur la base du modèle existant utilisé au 2iE¹, ce qui nous a permis d'effectuer les différentes tâches ci-haut citées.

La situation de la station R2 n'est pas reprise dans ce tableau car fonctionnant avec un groupe électrogène dont la consommation spécifique est de **0,17 litres par kWh**. Sachant que le litre du gas-oil coûte **970 FC**, soit **1,078 \$US**, le prix moyen d'énergie est estimé à **0,183 \$US/kWh**. Il serait souhaitable de raccorder cette station au réseau électrique fourni par la SNEL en vue de minimiser les dépenses dues à l'achat du gas-oil, lubrifiant et coût d'entretien du groupe électrogène.

¹ BOUHAN Gueï Rodrigue Hermann Fidel, Contribution à l'amélioration de l'efficacité Énergétique à l'Institut International de l'Eau et de l'Environnement (2iE), Mémoire de fin d'études en Master Spécialisé Énergétique, 2008-2009

Tableau 3: SYNTHESE DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE ELECTRIQUES DE LA VILLE MATADI

SITUATION SYNTHESE DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE ELECTRIQUE DES INSTALLATIONS DE LA VILLE DE MATADI													
PERIODE 1: JUIN 2007 à MAI 2008													
NOM DU SITE	PUISSANCE TRANSFO kVA	PUISSANCE SOUSCRITE kW	ENERGIE ACTIVE kWh	ENERGIE REACTIVE kVarh	P.POINTE MAXI kW	HEURE	P.FACT MAXI kW	Tang phi MOYEN	Cos PHI MOYEN	MONTANT FACTURE A PAYER		PRIX MOYEN DU kWh	
										(FC)	(\$US)	(FC)	(\$US)
CAPTAGE FLEUVE	2x500	600	1 985 637	1 522 889	0	3 309	600	0,722	0,81	137 339 386,25	262 665,39	69,17	0,132
USINE FLEUVE	2x800	855	5 224 800	3 362 445	825	6 111	855	0,581	0,86	304 077 157,73	581 740,79	58,20	0,111
CAPTAGE MPOZO	800	584	3 411 442	0	511	5 842	584	0,555	0,87	201 663 719,60	387 047,72	59,11	0,113
USINE SOYO	630	285	170 224	809 528	400	597	458	3,728	0,38	53 654 396,26	101 727,92	315,20	0,598
POMPAGER7	400	396	1 111 086	1 067 532	204	2 806	396	0,970	0,72	89 391 300,69	171 216,25	80,45	0,154
POMPAGER4	500	170	178 589	0	120	1 051	170	0,000	0,00	17 606 045,02	33 766,43	98,58	0,189
TOTAL			12 081 778	6 762 394		19 715				803 732 005,54	1 538 164,51	66,52	0,127
PERIODE 2: JUIN 2008 à MAI 2009													
NOM DU SITE	PUISSANCE TRANSFO kVA	PUISSANCE SOUSCRITE kW	ENERGIE ACTIVE kWh	ENERGIE REACTIVE kVarh	P.POINTE MAXI kW	HEURE	P.FACT MAXI kW	Tang phi MOYEN	Cos PHI MOYEN	MONTANT FACTURE A PAYER		PRIX MOYEN DU kWh	
										(FC)	(\$US)	(FC)	(\$US)
CAPTAGE FLEUVE	2x500	600	4 944 894	3 422 112	954	7 286	1 131	0,696	0,82	360 105 229,01	539 040,95	72,82	0,109
USINE FLEUVE	2x800	855	5 299 350	3 018 510	900	6 198	923	0,571	0,87	385 954 639,53	587 405,87	72,83	0,111
CAPTAGE MPOZO	800	584	2 440 871	0	426	4 180	584	0,544	0,88	194 625 909,27	288 758,10	79,74	0,118
USINE SOYO	630	285	1 197 434	1 028 961	450	4 202	533	2,324	0,60	130 718 705,30	193 877,80	109,17	0,162
POMPAGER7	400	396	970 122	623 135	221	2 450	396	0,605	0,83	94 541 003,59	146 923,05	97,45	0,151
POMPAGER4	500	170	109 325	0	120	643	170	0,000	0,00	17 458 841,47	26 636,16	159,70	0,244
TOTAL			14 961 996	8 092 718		24 958				1 183 404 328,17	1 782 641,92	79,09	0,119
PERIODE 3: JUIN 2009 à MAI 2010													
NOM DU SITE	PUISSANCE TRANSFO kVA	PUISSANCE SOUSCRITE kW	ENERGIE ACTIVE kWh	ENERGIE REACTIVE kVarh	P.POINTE MAXI kW	HEURE	P.FACT MAXI kW	Tang phi MOYEN	Cos PHI MOYEN	MONTANT FACTURE A PAYER		PRIX MOYEN DU kWh	
										(FC)	(\$US)	(FC)	(\$US)
CAPTAGE FLEUVE	2x500	600	5 897 726	4 086 546	954	7 926	1 131	0,695	0,82	518 157 965,88	587 459,46	87,86	0,100
USINE FLEUVE	2x800	855	5 506 950	3 070 110	870	6 441	878	0,557	0,87	506 315 388,50	572 065,30	91,94	0,104
CAPTAGE MPOZO	800	584	3 766 042	0	392	6 449	584	0,562	0,87	355 069 185,04	401 656,55	94,28	0,107
USINE SOYO	630	285	2 168 070	1 156 451	4 785	7 400	7 035	0,482	0,90	246 417 988,13	278 359,69	113,66	0,128
POMPAGER7	400	396	1 027 123	1 138 031	207	2 594	396	1,107	0,67	142 440 207,56	161 054,81	138,68	0,157
POMPAGER4	500	170	186 420	0	30	1 097	170	0,000	0,00	29 494 519,71	33 206,87	158,22	0,178
TOTAL			18 552 331	9 451 138		31 906				1 797 895 254,82	2 033 802,69	96,91	0,110

2.1.2. Profils des consommations d'énergie électriques

Les profils de demande d'une installation peuvent être obtenus au moyen de diverses méthodes telles que les relevés périodiques d'un compteur électrique; les mesures au moyen de pinces ampèremètres enregistreuses ; le wattmètre enregistreur ordinaire et multivoies; le système de gestion de l'énergie de l'installation et le système de contrôle spécialisé.

Ne disposant pas d'un analyseur de puissance, nous avons utilisé les données des factures émises par la SNEL pour tracer le profil des consommations. Bien que la lecture périodique des compteurs de service public soit la méthode la moins coûteuse et le plus simple à mettre en œuvre elle ne permet de recueillir qu'un nombre limité des données. Le profil des consommations énergétiques pour les trois dernières périodes se présentent comme suit :

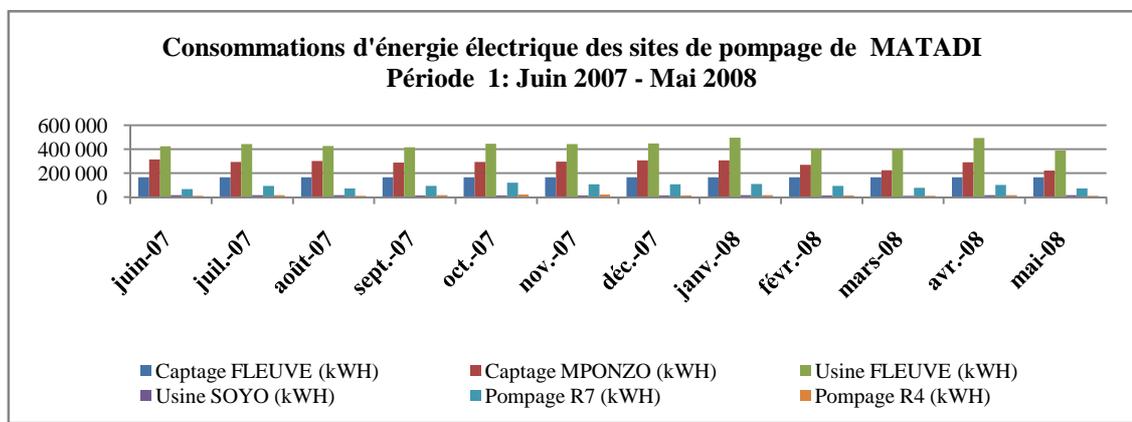


Figure 4: Profils des consommations d'énergies de MATADI (juin 2007 – mai 2008)

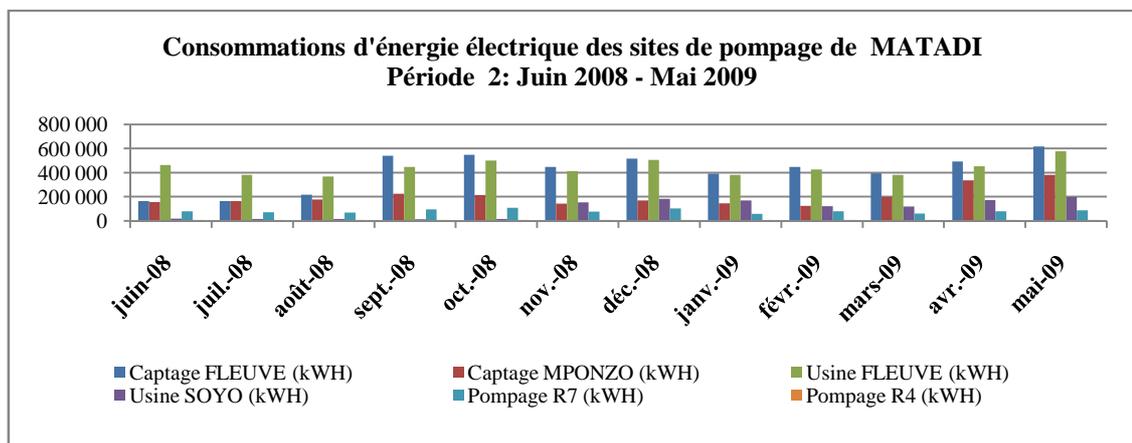


Figure 5: Profils des consommations d'énergies de MATADI (juin 2007 – mai 2008)

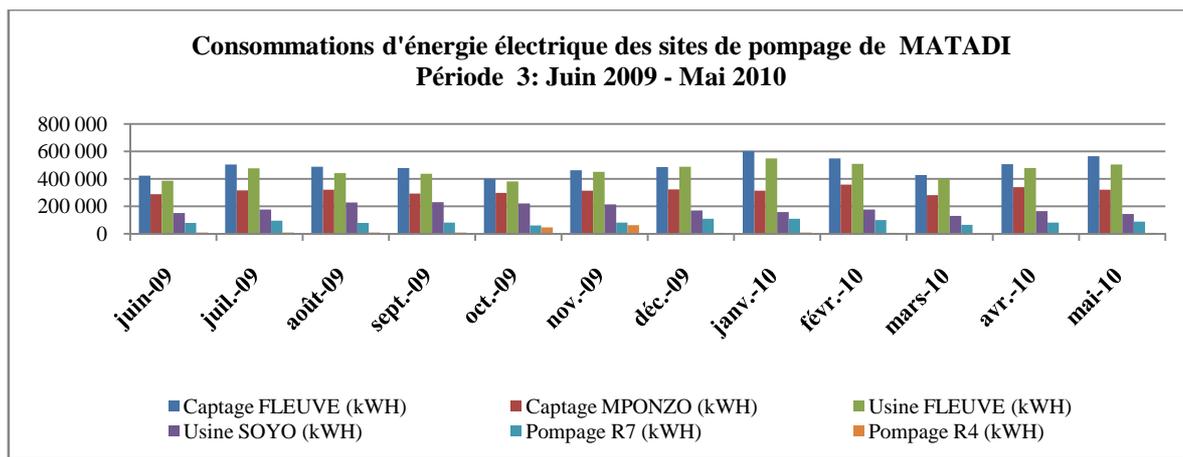


Figure 6: Profils des consommations d'énergies de MATADI (juin 2007 – mai 2008)

2.1.3. Contrôle de la conformité des factures d'énergie électrique

Il s'agit d'établir la cohérence et la véracité des factures émises par la Société Nationale d'Electricité (SNEL).

L'application du fichier Excel que nous avons confectionné, nous a permis de relever quelques erreurs dues aux mauvais calculs des termes A (partie puissance) et termes B (partie consommation) ainsi que les montants des factures vérifiées sont exposés dans le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4: Contrôle de la conformité des montants des factures

CONTRÔLE DE LA CONFORMITÉ DES MONTANTS DES FACTURES						
PÉRIODE : JUIN 2008 à MAI 2009						
NOM DU SITE	MONTANT FACTURE A PAYER		MONTANT FACTURE VÉRIFIÉE		DIFFÉRENCE MONTANT	
	(FC)	(\$US)	(FC)	(\$US)	(FC)	(\$US)
CAPTAGE FLEUVE	360 105 229,01	539 040,95	358 641 361,74	536 650,21	1 463 867,27	2 390,74
USINE FLEUVE	385 954 639,53	587 405,87	386 329 201,51	587 849,62	-374 561,98	-443,75
CAPTAGE MPOZO	194 625 909,27	288 758,10	194 861 756,96	289 018,93	-235 847,69	-260,83
USINE SOYO	130 718 705,30	193 877,80	130 986 766,11	194 195,15	-268 060,81	-317,35
POMPAGE R7	94 541 003,59	146 923,05	94 688 373,51	147 163,52	-147 369,92	-240,48
POMPAGE R4	17 458 841,47	26 636,16	17 481 476,25	26 671,19	-22 634,78	-35,02
TOTAL	1 183 404 328,17	1 782 641,92	1 182 988 936,08	1 781 548,61	415 392,09	1 093,31

PÉRIODE : JUIN 2009 à MAI 2010						
NOM DU SITE	MONTANT FACTURE A PAYER		MONTANT FACTURE VÉRIFIÉE		DIFFÉRENCE MONTANT	
	(FC)	(\$US)	(FC)	(\$US)	(FC)	(\$US)
CAPTAGE FLEUVE	518 157 965,88	587 459,46	515 521 382,52	584 621,96	2 636 583,36	2 837,51
USINE FLEUVE	506 315 388,50	572 065,30	506 163 546,12	571 901,25	151 842,38	164,05
CAPTAGE MPOZO	355 069 185,04	401 656,55	355 099 774,79	401 671,58	-30 589,75	-15,03
USINE SOYO	246 417 988,13	278 359,69	247 179 595,47	279 202,51	-761 607,34	-842,82
POMPAGE R7	142 440 207,56	161 054,81	142 188 981,81	160 776,46	251 225,75	278,35
POMPAGE R4	29 494 519,71	33 206,87	30 234 319,26	34 007,39	-739 799,55	-800,52
TOTAL	1 797 895 254,82	2 033 802,69	1 796 387 599,97	2 032 181,14	1 507 654,85	1 621,54

2.1.4. Répartition des montants des factures avant l'optimisation

Les répartitions des montants des factures pour les deux dernières périodes par site pris individuellement et de l'ensemble de la ville de Matadi sont indiquées dans les figures ci-dessous.

S'agissant de la période allant de juin 2009 à mai 2010, on constate dans l'ensemble que la part de l'énergie consommée constitue plus de 70 % des montants des factures. Le terme A correspondant à la prime fixe représente 10 % des factures quand les taxes valent 15% en moyenne des charges d'électricité. Par contre, les parts dues aux pénalités sont de 3,07 % pour de dépassement de puissance et 3,64 % pour mauvais cos phi.

Le tableau 21 en annexe 1 et les figures 7 à 13 ci-dessous indiquent clairement que des gains énormes d'énergie peuvent bien être obtenus au Captage FLEUVE, à l'Usine SOYO et à la station de repompage R7, car ces sites représentent respectivement des pénalités de leur montant des factures de 8,71% pour le captage FLEUVE, 16,04% pour l'usine SOYO et 16,49% pour la Station de repompage R7.

On peut toutefois remarquer que les pénalités dans l'ensemble représentent près de 126.152 USD, soit près de 7% du montant global de la ville de Matadi.

Quel compromis faire entre la prime fixe payée (terme A) et le coût des pénalités pour dépassements de puissance et mauvais cos phi afin de réduire la facture électrique de MATADI? Et quelles sont les causes engendrant le paiement des pénalités ?

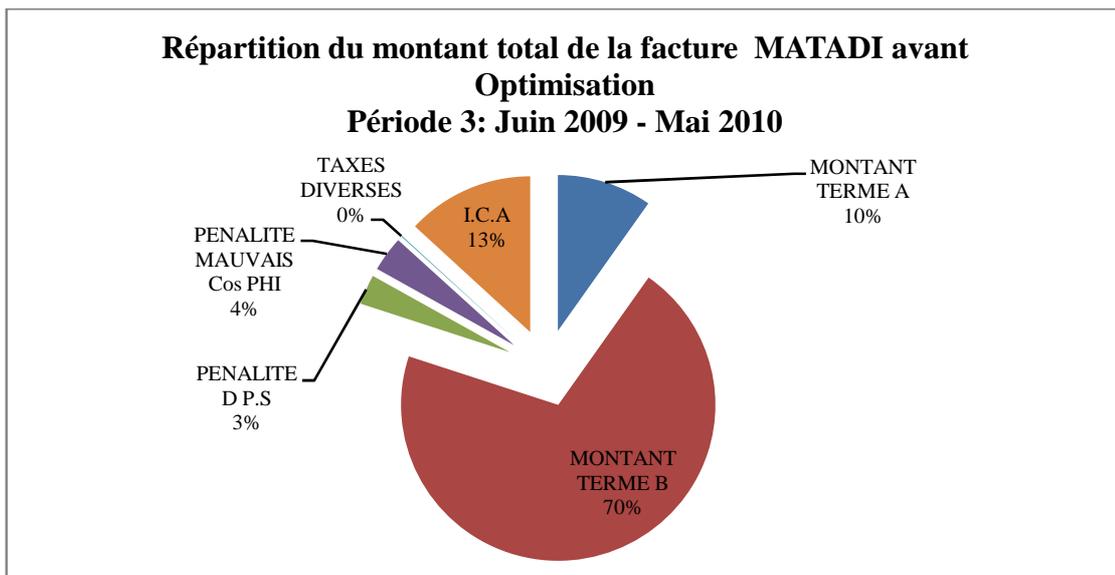


Figure 7: Répartition du montant total facture de MATADI (juin 2009 – mai 2010)

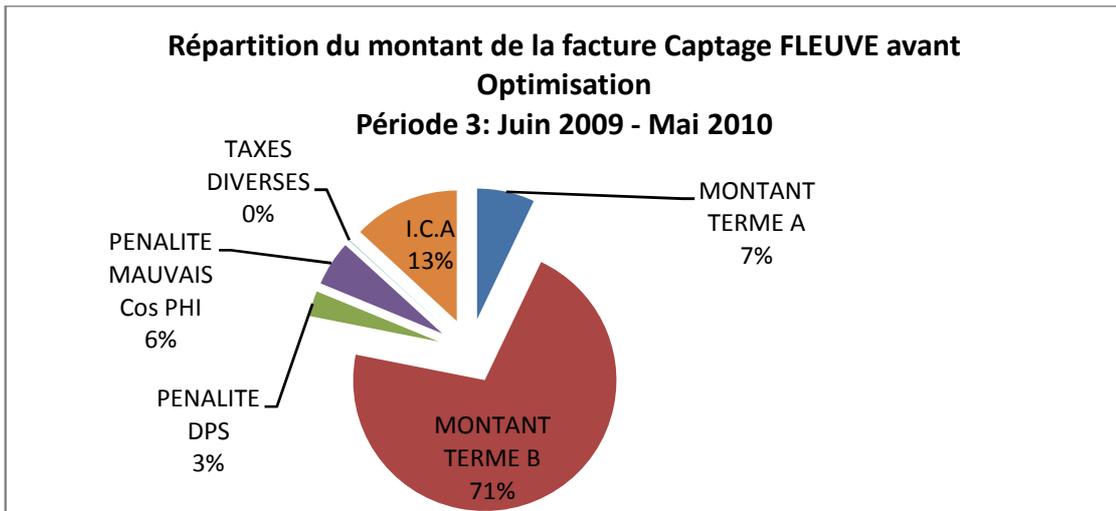


Figure 8: Répartition du montant facture Captage FLEUVE (juin 2009 – mai 2010)

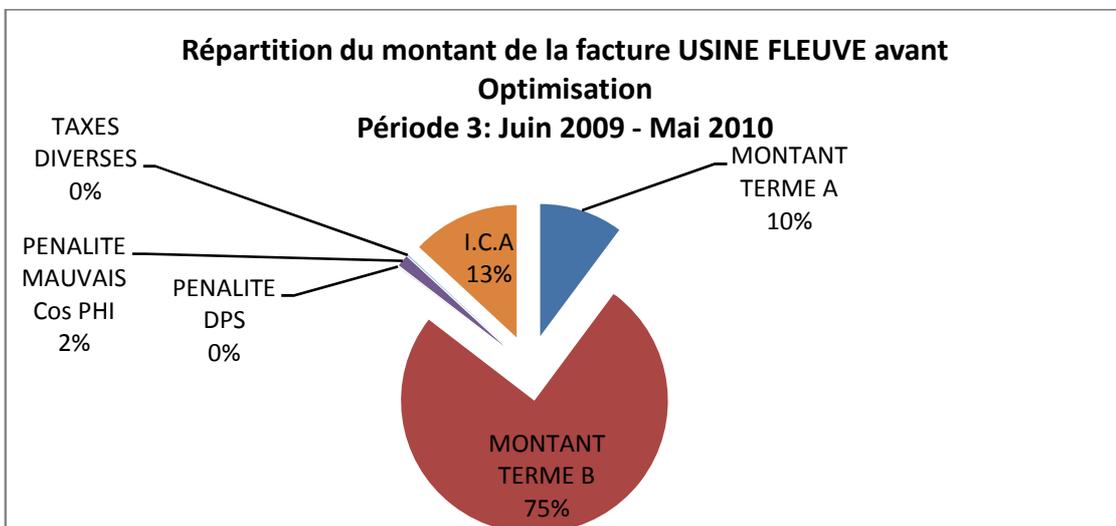


Figure 9: Répartition du montant facture USINE FLEUVE (juin 2009 – mai 2010)

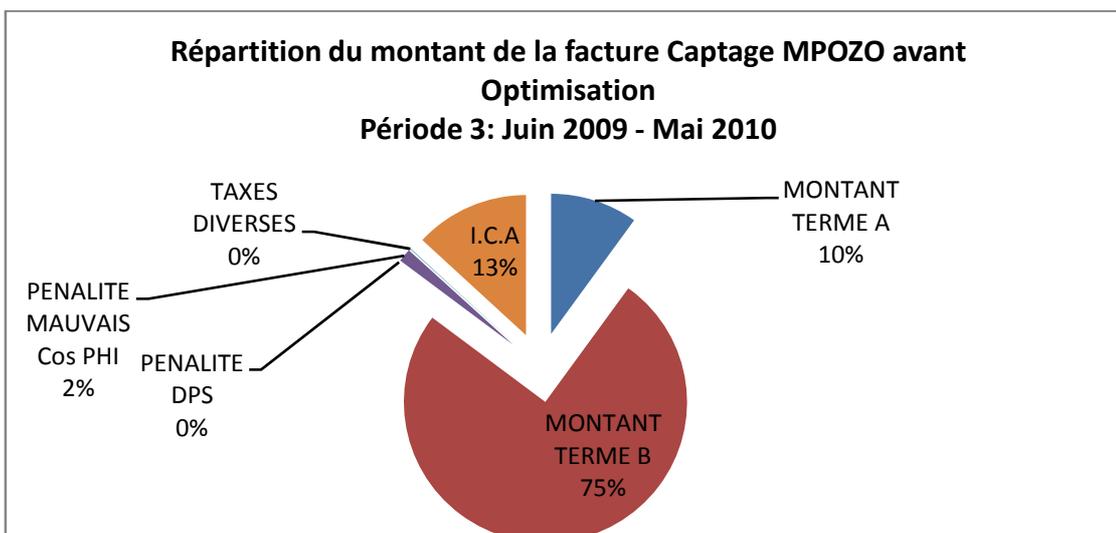


Figure 10: Répartition du montant facture Captage MPONZO (juin 2009 – mai 2010)

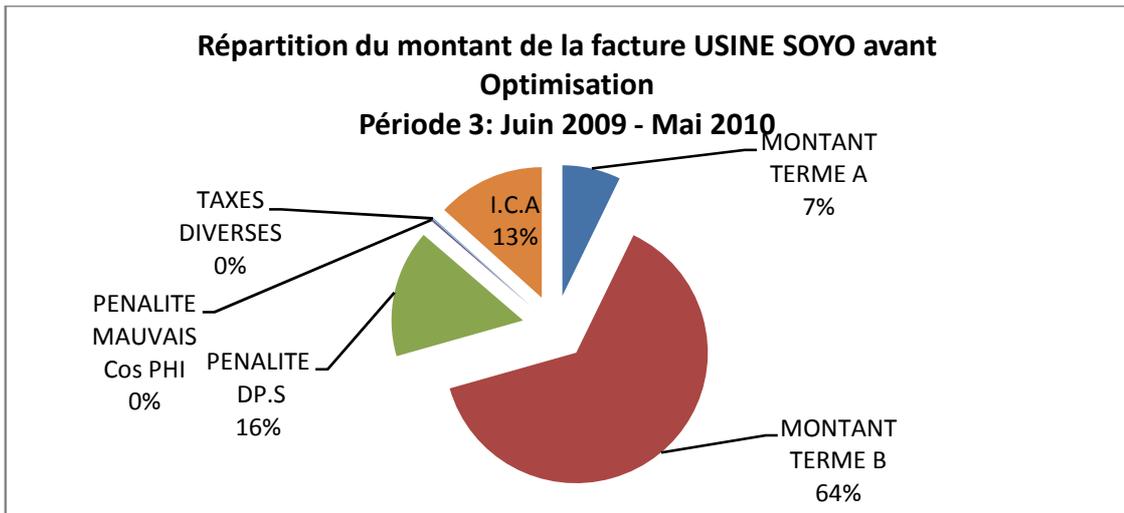


Figure 11: Répartition du montant facture USINE SOYO (juin 2009 – mai 2010)

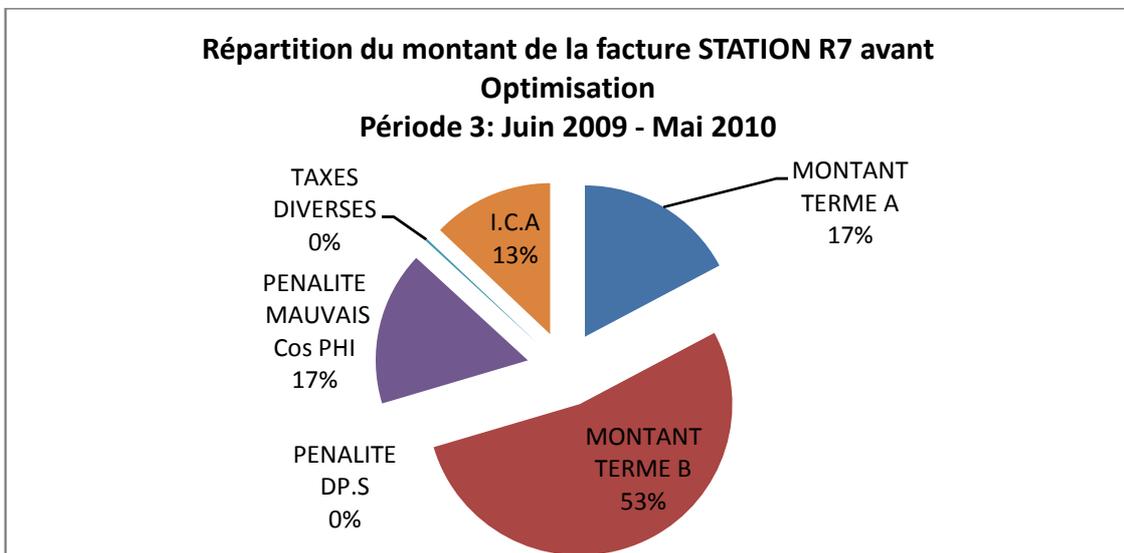


Figure 12: Répartition du montant facture STATION R7 (juin 2009 – mai 2010)

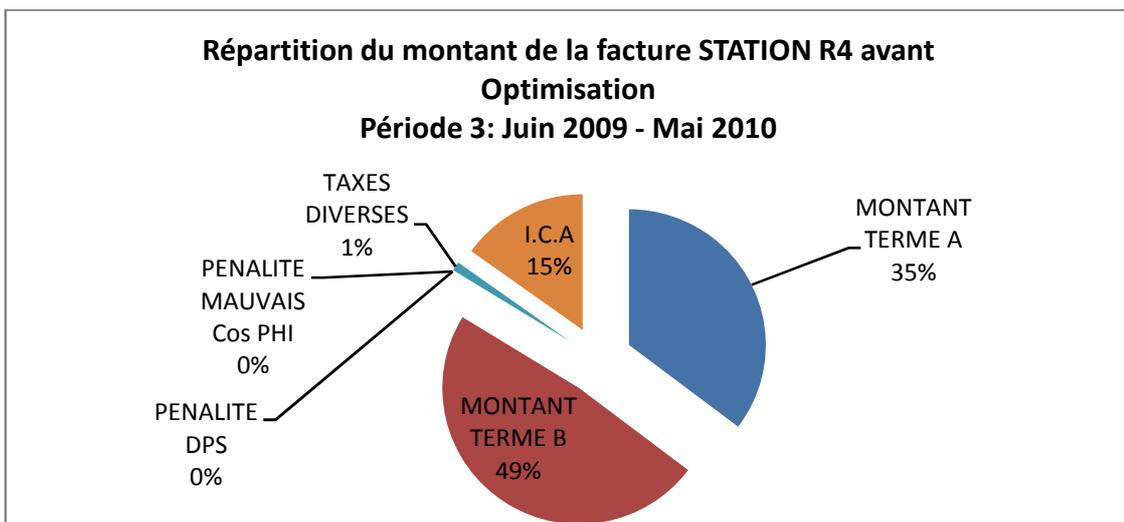


Figure 13: Répartition du montant facture STATION R4 (juin 2009 – mai 2010)

2.1.5. Calculs des Facteur de charge (FC) et Facteur d'Utilisation (FU)

Les calculs des FC et FU peuvent être effectués à l'aide des données de base provenant de factures antérieures et la connaissance des activités des installations. Ces calculs peuvent aussi être effectués sans évaluer les profils de demande. Nous avons effectué quelques-uns des principaux calculs.

Les kWh/jour sont plus utiles pour cerner les habitudes de consommation que les kWh facturés par mois.

$$\text{Energie (kWh par jour)} = \frac{\text{Energie (kWh) utilisés pendant le mois}}{\text{Nombre jour du mois}} \quad (2.1)$$

Le Facteur de charge (FC) de l'électricité est le rapport entre l'énergie consommée et la quantité maximale d'énergie qui aurait pu être consommée si la demande maximale (kW) avait été maintenue tout au long de la période de facturation. Le FC est une indication du pourcentage du temps de la demande de crête de l'usine ou de la station de pompage². Toute l'information requise pour calculer le FC se trouve habituellement sur les factures d'électricité. Le FC se calcule de la manière suivante :

$$\text{FC (\%)} = \frac{\text{Energie en kWh utilisés pendant le mois} * 100}{\text{kW de pointe} * 24\text{h par jour} * \text{Nbre jour du mois}} \quad (2.2)$$

Une demande de crête élevée et de courte durée diminuera le FC, tandis qu'un taux de consommation d'énergie plus constant entraînera une hausse du FC.

Le FC peut nous servir de baromètre pour la consommation d'électricité d'une installation en révélant une demande excessive d'énergie.

Le Facteur de Charge par rapport au Facteur d'Utilisation : un indicateur de potentiel

Le facteur d'utilisation (FU) est le pourcentage d'utilisation (occupation, production, etc.) d'une installation. Le FU se calcule par :

$$\text{FU (\%)} = \frac{\text{HU}}{\text{HT}} = \frac{\text{Heure d'utilisation réelle}}{\text{Heures théorique}} \quad (2.3)$$

$$\text{FU (\%)} = \frac{\text{Heure d'utilisation pendant le mois} * 100}{24\text{Heures par jour} * \text{Nombre jour du mois}} \quad (2.4)$$

Or HU est calculée suivant la relation (1.5)

En effet, nous constatons des valeurs nettement supérieures au nombre d'heure théorique comme indiquées dans les tableaux 14 à 19 en annexe 1

Aux fins de comparaison, la valeur de FU doit être calculée au cours de la même période de temps que celle du FC électrique (24 heures, une semaine, un mois, etc.). Ce calcul est la première étape pour déterminer l'utilisation actuelle de l'électricité et un bon début pour cerner les possibilités d'économie. Si on constate une forte

² Outils pour Economiser l'Energie – Guide et Outil de vérification énergétique, Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC) et Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada.

différence entre le FU et le FC, il est probable qu'un examen plus poussé s'impose. Ce qui est le cas pour notre étude où nous poussons plus des détails au Captage FLEUVE, au Captage MPOZO, à l'Usine SOYO, et Station R7.

2.1.6. Critique de la facturation électrique avant Optimisation

Comme nous l'avons dit au début de ce chapitre pour mieux cerner notre analyse sur la facturation des consommations d'énergie, nous considérons deux périodes allant de juin 2008 à mai 2010 réparties chacune en 12 mois.

Nous présentons ci-dessous un résumé de la situation actuelle des consommations énergétiques :

Tableau 5 : Résumé de la situation actuelle des consommations de juin 2008 – mai 2009

SITUATION AVANT OPTIMISATION de PERIODE : JUIN 2008 à MAI 2009							
	Unité	Captage FLEUVE	Usine FLEUVE	Captage MPOZO	Usine SOYO	Pompage R7	Pompage R4
Puissance de Transformateur Str	kVA	2x500	2x800	800	630	400	500
Puissance Souscrite PS	kW	600	855	584	285	396	170
Puissance batteries des condensateurs Qco	kVar	0	0	0	0	0	0
Puissance de Pointe moyenne PP moyen	kW	720	834	363	384	203	20
Puissance de Pointe maximale PP max	kW	954	900	426	450	221	120
Consommation d'Energie Active Ea	kWh	4 944 894	5 299 350	2 440 871	1 197 434	970 122	109 325
Consommation d'Energie Réactive Er	kVarh	3 422 112	3 018 510	0	1 028 961	623 135	0
Puissance Apparente moyenne Sapp	kVA						
Consommation d'Energie Apparente Eapp	kVAh						
Facteur de Puissance moyen (FPmoyen)		0,82	0,87	0,88	0,60	0,83	0,00
Montant Terme A (partie puissance)	\$US	43 622,94	61 407,13	42 507,07	21 252,88	29 385,03	12 827,68
	FC						
	%	8,13%	10,45%	14,71%	10,94%	19,97%	48,10%
Montant Terme B (partie consommation)	\$US	371 279,71	439 780,38	206 227,93	105 869,58	85 759,62	10 025,19
	FC						
	%	69,18%	74,81%	71,35%	54,52%	58,28%	37,59%
Montant des Pénalités dépassement P.S	\$US	22 830,15	396,45	0,00	10 698,54	0,00	0,00
	FC						
	%	4,25%	0,07%	0,00%	5,51%	0,00%	0,00%
Montant des Pénalités mauvais cos phi	\$US	29 618,14	9 906,82	2 880,48	31 029,63	12 622,28	0,00
	FC						
	%	5,52%	1,69%	1,00%	15,98%	8,58%	0,00%
Montant des Pénalités totales	\$US	52 448,29	10 303,26	2 880,48	41 728,17	12 622,28	0,00
	FC						
	%	9,77%	1,75%	1,00%	21,49%	8,58%	0,00%
Montant des diverses taxes	\$US	69 299,26	76 358,85	37 403,43	25 344,51	19 396,59	3 818,32
	FC						
	%	12,91%	12,99%	12,94%	13,05%	13,18%	14,32%
Montant de la Facture avant Optimisation	\$US	536 650,21	587 849,62	289 018,93	194 195,15	147 163,52	26 671,19
	FC						
Prix moyen de KWH avant Optimisation	\$US/kWh	0,109	0,111	0,118	0,162	0,152	0,244
	FC						

Tableau 6: Résumé de la situation actuelle des consommations de juin 2009 – mai 2010

SITUATION AVANT OPTIMISATION de PERIODE : JUIN 2009 à MAI 2010							
	Unité	Captage FLEUVE	Usine FLEUVE	Captage MPOZO	Usine SOYO	Pompage R7	Pompage R4
Puissance de Transformateur Str	kVA	2x500	2x800	800	630	400	500
Puissance Souscrite PS	kW	600	855	584	285	396	170
Puissance batteries des condensateurs Qco	kVar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Puissance de Pointe moyenne PP moyen	kW	687	829	382	761	205	3
Puissance de Pointe maximale PP max	kW	954	870	392	4785	207	30
Consommation d'Energie Active Ea	kWh	5 897 726	5 506 950	3 766 042	2 168 070	1 027 123	186 420
Consommation d'Energie Réactive Er	kVarh	4 086 546	3 070 110	0	1 156 451	1 138 031	0
Puissance Apparente moyenne Sapp	kVA	0	0	0	0	0	0
Consommation d'Energie Apparente Eapp	kVAh						
Facteur de Puissance moyen (FPmoyen)		0,82	0,87	0,87	0,90	0,67	0,00
Montant Terme A (partie puissance)	\$US	41 097,73	57 857,75	40 046,12	20 021,41	27 679,90	12 086,94
	FC						
	%	7,03%	10,12%	9,97%	7,17%	17,22%	35,54%
Montant Terme B (partie consommation)	\$US	415 321,61	430 934,76	302 454,63	177 837,15	85 553,27	16 425,30
	FC						
	%	71,04%	75,35%	75,30%	63,69%	53,21%	48,30%
Montant des Pénalités dépassement P.S	\$US	18 440,91	122,40	0,00	43 184,75	0,00	0,00
	FC						
	%	3,15%	0,02%	0,00%	15,47%	0,00%	0,00%
Montant des Pénalités mauvais cos phi	\$US	32 940,92	8 019,92	6 192,20	787,36	26 462,98	0,00
	FC						
	%	5,63%	1,40%	1,54%	0,28%	16,46%	0,00%
Montant des Pénalités totales	\$US	51 381,83	8 142,32	6 192,20	43 972,11	26 462,98	0,00
	FC						
	%	8,79%	1,42%	1,54%	15,75%	16,46%	0,00%
Montant des diverses taxes	\$US	76 820,79	74 966,42	52 978,62	37 371,83	21 080,31	5 495,14
	FC						
	%	13,14%	13,11%	13,19%	13,39%	13,11%	16,16%
Montant de la Facture avant Optimisation	\$US	584 621,96	571 901,25	401 671,58	279 202,51	160 776,46	34 007,39
	FC						
Prix moyen de KWH avant Optimisation	\$US /kWh	0,099	0,104	0,107	0,129	0,157	0,182
	FC						

Il est constaté que dans toutes les deux périodes des consommations d'énergie considérées, une optimisation de la facture d'énergie s'impose.

Les dépassements de puissance souscrite sont fréquents surtout au Captage FLEUVE et à l'Usine SOYO où les parts des pénalités pour dépassement de puissance souscrite de juin 2008 à mai 2009 sont respectivement de 22.830,15 \$US, soit 4,25% du montant de la facture et de 10.658,54 \$US, soit 5,51% du montant de la facture. De juin 2009 à mai 2010, les parts des pénalités de dépassement de puissance au Captage FLEUVE sont de 18.440,91 \$US, soit 3,15% du montant de la facture et à l'usine SOYO de 43.184,75 \$US, soit 15,47% du montant de la facture.

Par ailleurs, les pénalités pour mauvais cos phi sont facturées dans toutes les stations dont les plus élevées sont observées à la Station R7 représentant de juin 2008 à mai 2010 un montant de 12.622,28 \$US, soit 8,24% du montant de la facture et de juin 2009 à mai 2010 un montant de 26.462,98 \$US, soit 16,22% du montant de la facture.

Les figures ci-dessous illustrent les évolutions des puissances maximales atteintes dans les différentes stations. Il ressort également de cette analyse que plus les stations de pompage sont énergivores, moins est le prix de revient de KWH.

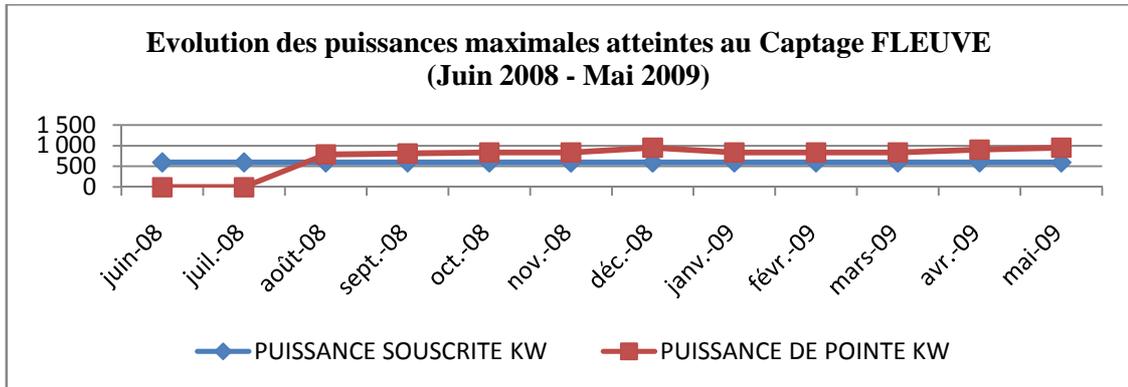


Figure 14: Evolution des puissances maximales atteintes au Captage FLEUVE (Juin 2008 - Mai 2009)

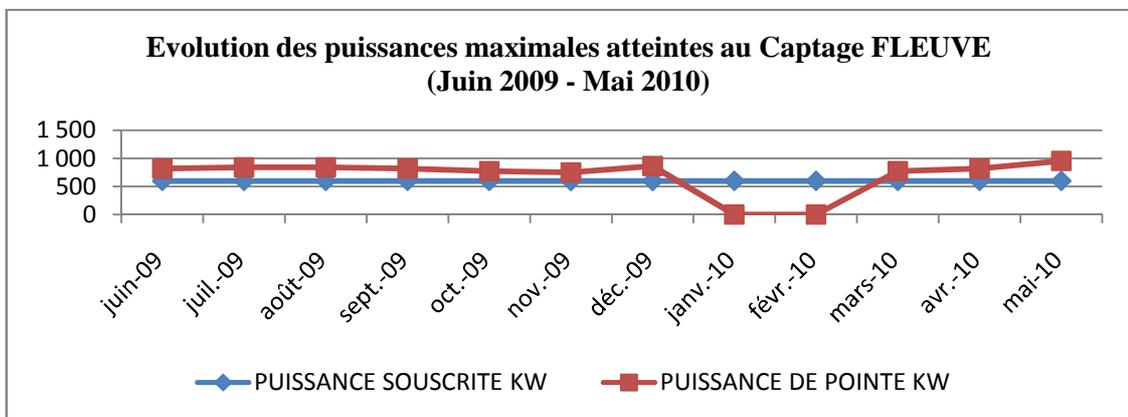


Figure 15: Evolution des puissances maximales atteintes au Captage FLEUVE (Juin 2009 - Mai 2010)

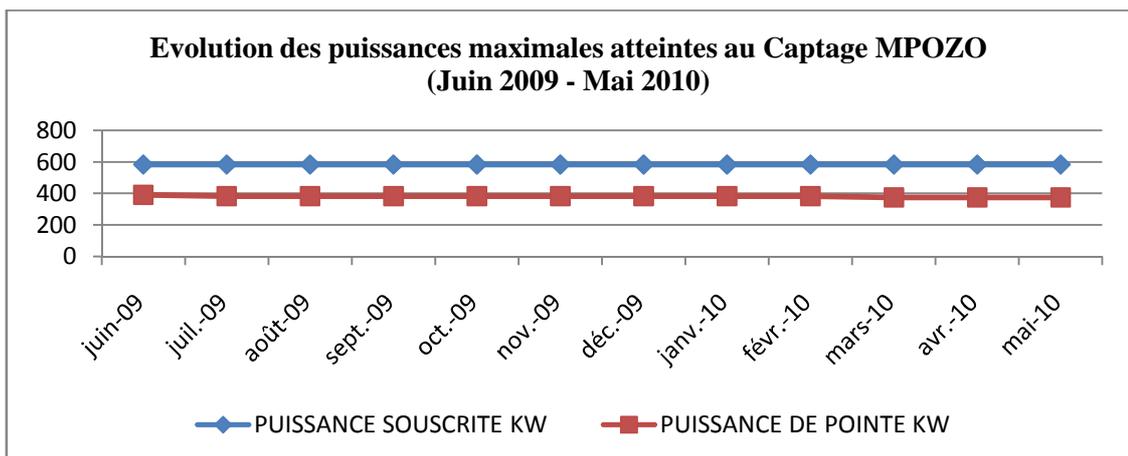


Figure 16 : Evolution des puissances maximales atteintes au Captage MPOZO (Juin 2009 - Mai 2010)

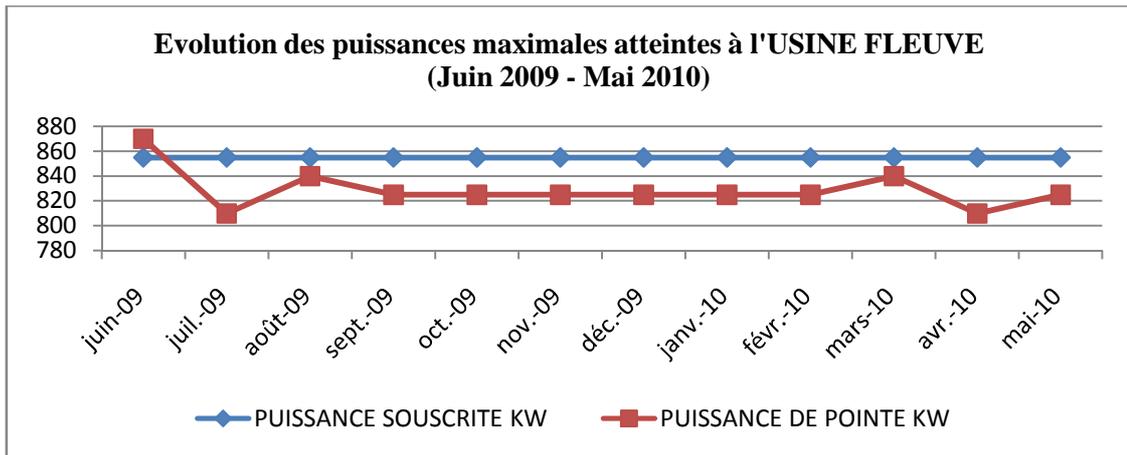


Figure 17 : Evolution des puissances maximales atteintes à l'USINE FLEUVE (Juin 2009 - Mai 2010)

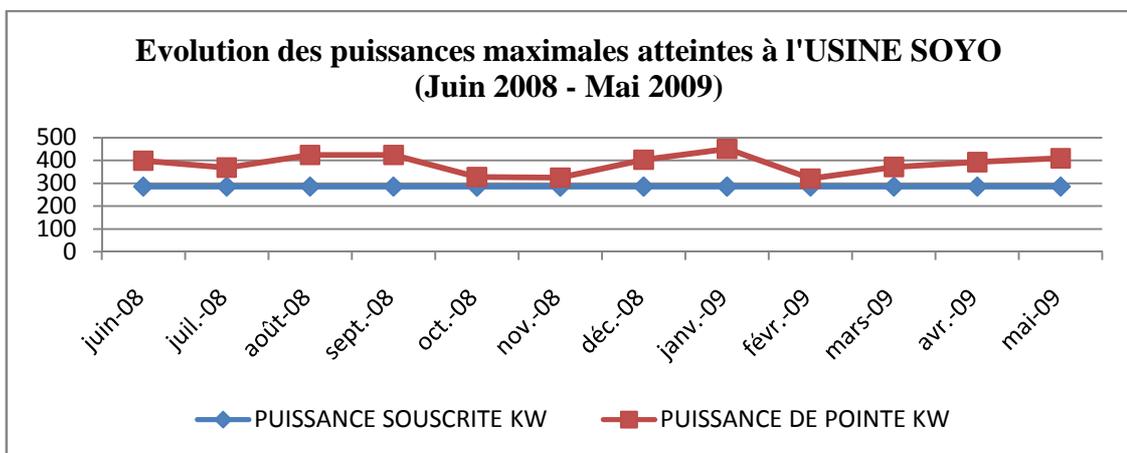


Figure 18 : Evolution des puissances maximales atteintes à l'USINE SOYO (Juin 2008 - Mai 2009)

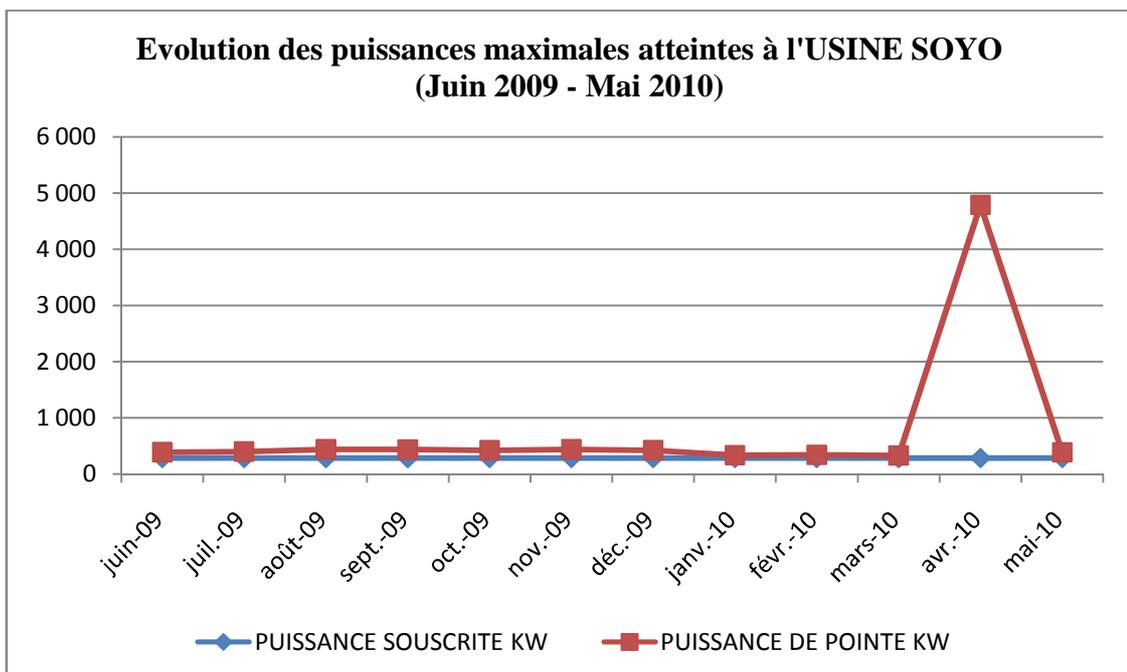


Figure 19 : Evolution des puissances maximales atteintes à l'USINE SOYO (Juin 2009 - Mai 2010)

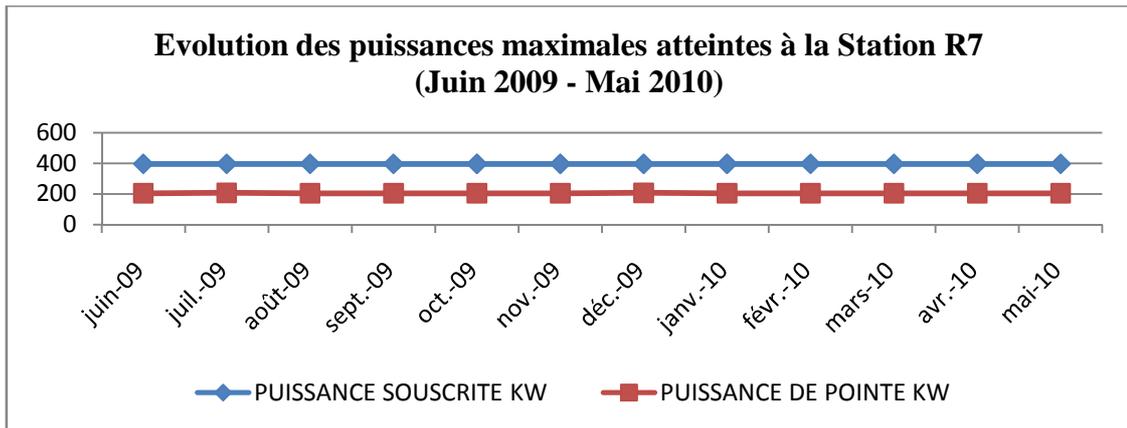


Figure 20 : Evolution des puissances maximales atteintes à la Station R7 (Juin 2009 - Mai 2010)

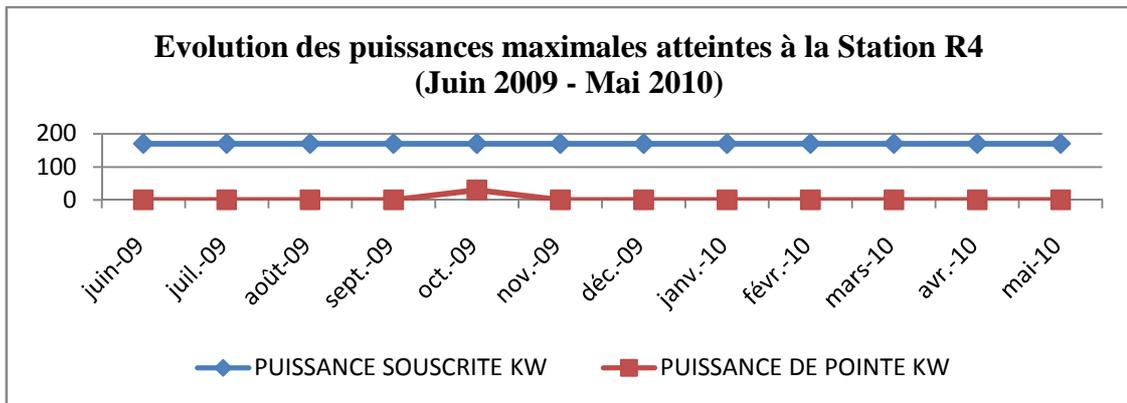


Figure 21 : Evolution des puissances maximales atteintes à la Station R4 (Juin 2009 - Mai 2010)

L'interprétation des profils des puissances atteintes ci-dessus montrent clairement une pointe exagérée de 4785 KW enregistrée à l'usine SOYO au mois d'avril 2010 et des dépassements permanents au captage FLEUVE et à SOYO qui peuvent s'expliquer par un mauvais étalonnage des compteurs ou une erreur de prise de relevé d'index.

Il faudra noter que les factures de ces deux stations sont contestées par la REGIDESO MATADI depuis presque une année en appuyant sa thèse sur le mauvais étalonnage des compteurs. Cet argument est rejeté par la SNEL, et suivant le contrat de fourniture d'énergie, la demande d'étalonner les compteurs faite par le client est conditionnée moyennant le paiement d'un montant que la REGIDESO n'arrive pas à déboursier jusqu'à présent.

2.1.7. Optimisation de la facturation électrique moyenne tension

• **Dépassement de la puissance souscrite (DPS) :**

Les courbes des puissances maximales ci-dessus illustrent que les dépassements fréquents des puissances souscrites sont constatés surtout au Captage FLEUVE et à l'Usine SOYO causant ainsi des pénalités dans la facturation de ces stations. Une révision des contrats de fourniture d'énergie de ces deux stations s'impose.

Le meilleur compromis serait de rechercher de combien augmenter ou diminuer la puissance souscrite afin de réduire les pénalités de dépassement de puissance et en

même temps réduire le montant total de la facture pour produire des économies. Les tableaux 7 et 8 ci-dessous reprennent les résultats de différentes simulations effectuées pour le choix de la puissance à souscrire. Ces simulations sont faites à l'aide du fichier Excel que nous avons confectionné sur la base du modèle utilisé au 2iE.

Les données de référence considérées, sont celles de juin 2008 à mai 2009. Ces résultats sont obtenus sans correction de facteur de puissance des stations.

Tableau 7: Résultat de simulation pour choix de Puissance Souscrite à l'Usine SOYO

PS (kW)	Montant total (USD)	Coût (USD/kWh)	Terme A (USD)	Terme B (USD)	DPS (USD)	Gain (USD)
285	246.433,26	0,121	21.252,88	181.506,07	10.698,54	0,000
350	243.143,78	0,12	26.014,95	180.222,21	4361,96	3.289,47
390	242.561,11	0,119	28.945,46	179.644,86	1.500,67	3.872,15
420	242.384,25	0,119	31.069,40	178.529,62	334,78	4.049,01
450	242.950,17	0,119	33.161,66	177.261,32	0,000	3.483,09

Tableau 8: Résultat de simulation pour choix de Puissance Souscrite Captage FLEUVE

PS (kW)	Montant total (USD)	Coût (USD/kWh)	Terme A (USD)	Terme B (USD)	DPS (USD)	Gain (USD)
600	539.040,95	0,109	43.622,94	371.279,71	22.830,15	0,000
560	519.007,83	0,105	40.833,27	356.155,49	26.309,91	20.033,13
650	556.710,90	0,113	47.110,04	388.566,25	18.480,46	- 17.669,95

Nous constatons que l'usine SOYO gagnerait à relever sa souscription à **420 kW** par une révision de son contrat d'abonnement, car il se dégage un gain d'économie de **4.049,01 \$US**, représentant 2% de sa facture actuelle.

Le captage FLEUVE aussi à son tour nécessite une révision à la baisse de sa puissance souscrite, car les résultats des simulations du tableau 9 montrent clairement qu'une souscription de **560 kW** suffit pour réaliser des gains d'économie de **20.033,13 \$US**.

- **Compensation d'énergie réactive :**

Toute installation électrique comprenant de nombreux récepteurs tels que (transformateurs, moteurs, climatiseurs, ballasts de tubes fluorescents...) consomme deux catégories d'énergie:

- Une énergie active transformée en énergie mécanique, lumineuse ou calorifique exprimée en kWh.
- Une énergie réactive nécessaire à l'excitation des récepteurs (moteurs, transformateurs) exprimée en kVarh (kilovolt ampère réactif-heur).

En représentation vectorielle, le courant est déphasé par rapport à la tension d'un angle Φ tel que la puissance s'exprime comme: $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \Phi$

Où $\cos \Phi$ est le facteur de puissance (FP)

Les inconvénients d'un mauvais facteur de puissance sont bien connus:

- accroissement des pertes joules;
- mauvaise utilisation des câbles et des transformateurs;
- diminution de la puissance disponible pour l'installation;
- pénalisation tarifaire si l'énergie réactive consommée dépasse 48,4% de l'énergie active ($\cos \Phi < 0,90$)

La compensation de l'énergie réactive ou la correction du facteur de puissance permet de faire des économies. Compenser celle-ci, c'est fournir l'énergie réactive à la place du réseau de distribution par l'installation des batteries de condensateurs, source d'énergie réactive.

La compensation d'énergie réactive apporte les avantages suivants³ :

- Une économie sur les équipements électriques, par une diminution de la puissance appelée ;
- Une augmentation de la puissance disponible au secondaire des transformateurs ;
- Une diminution des chutes de tension et des pertes Joule dans les câbles ;
- Une économie sur les factures d'électricité, en supprimant les consommations excessives d'énergie réactive.

Le calcul de la puissance des condensateurs Q_{co} à installer se fera de la façon suivante:

$$Q_{co} = P. (\tan \Phi_1 - \tan \Phi_2) \quad (2.5)$$

Où ; $\tan \Phi_1$ et $\tan \Phi_2$ respectivement tangente phi avant et après compensation ;

La situation des consommations d'énergie après optimisation est reprise dans le tableau 9 ci-dessous avec les économies générées par correction des facteurs de puissance suite à l'installation des batteries de condensateurs.

Nous n'avons pas effectué l'optimisation à la station R4 pour la simple raison que les données relevées sur les factures de cette station ne comprennent pas les consommations réactives, les facteurs de puissance ainsi que les puissances maximales atteintes car le système de comptage étant défectueux.

Il ressort de cette analyse que les économies générées par la révision des puissances souscrites et correction des énergies réactives des différentes stations sont de **86.478,93 \$US**, soit **55.741.581,24 FC**

³BAGRE Ahmed, Cours d'Installations Electriques Basses Tensions, Master Spécialisé Génie Energétique, 2009-2010 ;

Tableau 9: Situation de la facturation après optimisation

2°) SITUATION DE LA FACTURATION APRES OPTIMISATION						
	Unité	Captage FLEUVE	Usine FLEUVE	Captage MPOZO	Usine SOYO	Pompage R7
Puissance de Transformateur Str	kVA	2x500	2x800	800	630	400
Puissance à Souscrire PS	kW	560	855	584	420	396
Puissance batteries des condensateurs Qco	kVar	210	150	75	50	280
Facteur de Puissance moyen Attendu (FP)		0,94	0,93	0,92	0,93	0,97
Consommation d'Energie Active Ea	kWh	4 944 894	5 299 350	2 440 871	2 033 210	970 122
Consommation d'Energie Réactive Er	kVarh	1 819 716	2 095 105	1 015 177	792 928	253 527
Puissance Apparente moyenne Sapp	kVA	708	919	632	451	409
Gain en Puissance Apparente GSapp	kVA					
Consommation d'Energie Apparente Eapp	kVAh	5 269 093	5 698 471	2 643 565	2 182 356	1 002 703
Gain en Energie Apparente GEapp	kVAh					
Montant Terme A (partie puissance)	\$US	40 833,27	61 407,13	42 507,07	31 069,40	29 385,03
	FC	26 757 589,90	40 239 414,10	27 854 416,27	20 359 436,04	19 255 688,40
	%	8,40%	10,65%	14,88%	12,90%	22,13%
Montant Terme B (partie consommation)	\$US	356 155,49	439 780,38	206 227,93	178 529,62	85 759,62
	FC	238 350 368,51	289 163 523,65	139 774 402,49	115 898 325,30	55 692 044,49
	%	73,26%	76,28%	72,18%	74,11%	64,58%
Montant des Pénalités dépassement P.S	\$US	26 309,91	396,45	0,00	334,78	0,00
	FC	17 949 684,88	272 829,94	0,00	221 657,52	0,00
	%	5,41%	0,07%	0,00%	0,14%	0,00%
Montant des Pénalités mauvais cos phi	\$US	0,00	0,00	0,00	0,00	76,15
	FC	0,00	0,00	0,00	0,00	52 403,94
	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,06%
Montant des Pénalités totales	\$US	26 309,91	396,45	0,00	334,78	76,15
	FC	17 949 684,88	272 829,94	0,00	221 657,52	52 403,94
	%	5,41%	0,07%	0,00%	0,14%	0,06%
Montant des diverses taxes	\$US	62 858,23	74 912,80	36 985,44	30 978,20	17 575,40
	FC	42 140 422,85	49 311 314,21	25 002 027,54	20 224 203,82	11 455 215,49
	%	12,93%	12,99%	12,94%	12,86%	13,23%
Montant de la Facture après Optimisation	\$US	486 156,90	576 496,75	285 720,45	240 911,99	132 796,20
	FC	325 198 066,14	378 987 081,91	192 630 846,30	156 703 622,68	86 455 352,32
Gain sur le montant de la facture après optimisation	\$US	52 884,05	10 909,12	3 037,65	5 521,27	14 126,85
	FC	34 907 162,87	6 967 557,62	1 995 062,97	3 786 146,50	8 085 651,27
Prix moyen de KWH après Optimisation	\$US/kWh	0,098	0,109	0,117	0,118	0,137
	FC	65,764	71,516	78,919	77,072	89,118
GAIN TOTAL SUR LA FACTURE APRES OPTIMISATION		\$US 86 478,93	SOIT	FC 55 741 581		

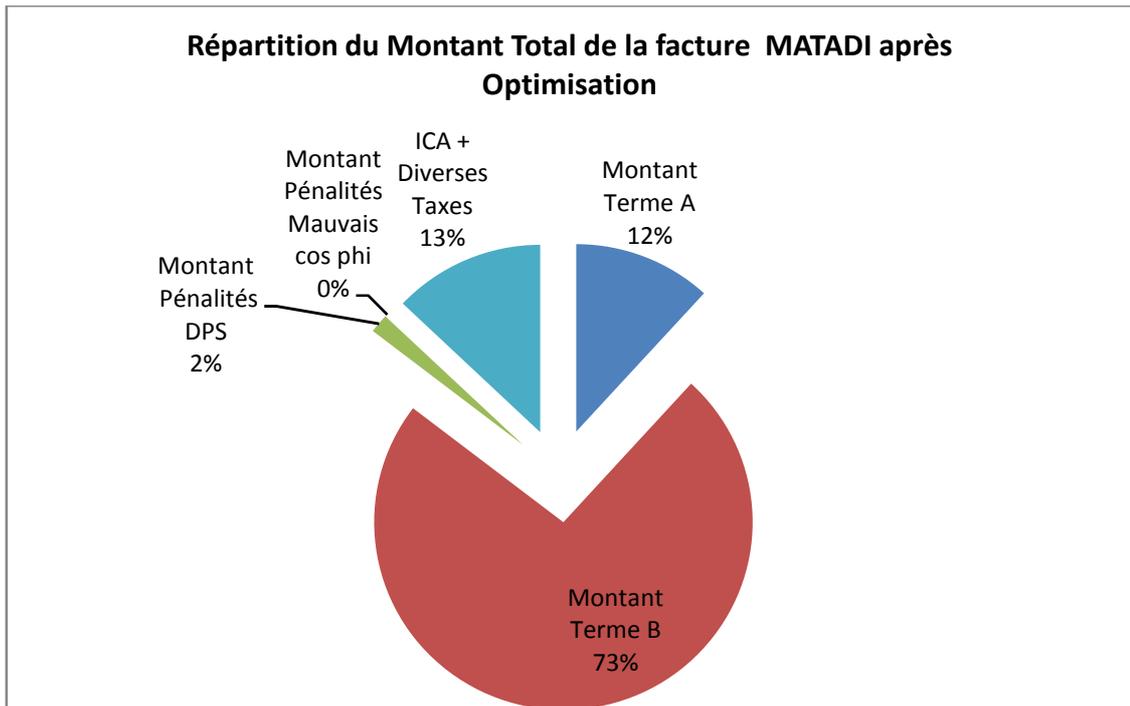


Figure 22: Répartition du montant totale facture MATADI après Optimisation

2.2. ANALYSE COMPARATIVE DES ENERGIES SPECIFIQUES

L'analyse des données antérieures sur la consommation d'énergie et les coûts sert à classer les renseignements tirés des factures et à jeter les bases pour une analyse plus détaillée du rendement énergétique. Elle procure notamment les données requises pour comparer le rendement:

- à l'interne : d'une période à l'autre, entre les installations ou les unités de production;
- à l'externe : par rapport aux normes de rendement établies dans les sous-secteurs industriels pertinents.

La mise en tableau des renseignements tirés des factures d'énergie au fil du temps et des données sur les principaux «facteurs» ainsi que le fait de procéder à de simples calculs présentent certains avantages permettant entre autre de⁴ :

- établir un lien initial entre les données sur la consommation d'énergie et la demande et les activités d'exploitation de l'usine ;
- établir des objectifs ou buts en matière d'économies ;
- relever et signaler toute hausse non prévue de la demande ou de la consommation. Les éléments responsables de cette hausse peuvent être trouvés plus tard et, au besoin, être corrigés, ce qui peut représenter une possibilité de gestion de l'énergie ;

⁴ Outils pour Economiser l'Énergie – Guide et Outil de vérification énergétique, Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC) et Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada.

- évaluer et comparer la consommation et la demande d'énergie d'une industrie à une autre ou à des normes (données de référence) en fonction de la production ou de la densité énergétique

Les données sur la consommation et la production, comme celles montrées dans le tableau ci-dessous, nous ont servi à calculer un paramètre important: la consommation d'énergie spécifique (CES). La consommation d'énergie spécifique d'une période donnée consiste simplement en la consommation d'énergie pertinente divisée par la production. Ses unités varient selon les circonstances, et l'unité de production est fonction de l'usine et du procédé.

Le tableau 10 ci-dessous nous renseignent que les consommations d'énergies spécifiques sont excessives pour l'usine SOYO avec un maximum du mois de 1,225 kWh/m³, un minimum du mois de 0,853 kWh/m³ et une moyenne de l'année de 1,075 kWh/m³. Il en est de même pour le captage MPOZO où l'on enregistre un maximum de 2,066 kWh/m³ et une moyenne annuelle de 1,647 kWh/m³ qui s'explique au procédé utilisé à MPOZO, car il y a double pompage, l'eau brute captée du fleuve est pompée d'abord dans le déboureur pour assurer une pré-décantation, ensuite refoulée à l'usine SOYO pour son traitement.

Ces données apparemment élevées, permettent d'effectuer des comparaisons avec des données de référence de l'extérieur. Si nous considérons par exemple, les données ci-dessous de l'industrie canadienne⁵, renseignant que la consommation énergétique moyenne ou l'efficacité énergétique hydraulique moyen est égale à 0,30 kWh/m³ ; celui-ci varie entre un minimum de 0,10 et un maximum de 0,83 kWh/m³, dépendamment des procédés utilisés, de la pression et du débit de pompage tout en sachant que la majorité des usines opèrent entre 50 et 80% de leur capacité maximale. Un résumé de ces analyses est illustré ci-dessous.

En comparant ces valeurs et celles obtenues pour nos installations, nous pouvons tirer la conclusion simple qu'en moyenne la consommation d'énergie pourrait être réduite avec la mise œuvre des mesures d'économies d'énergie prévues dans la troisième partie de ce mémoire.

⁵ Efficacité Énergétique dans le secteur de l'eau potable, Volume2, Hydro Québec, <http://ete.inrs.ca/pub/rapports/R000405v2.pdf> ;

Tableau 10: CALCUL DES RATIOS DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE DE POMPAGE DE MATADI

CALCUL DES RATIOS DES CONSOMMATIONS DES SOUS-SYSTEMES DE POMPAGE DE MATADI														
PERIO DE 3: JUIN 2009 à MAI 2010														
PERIO DE	Captage FLEUVE			Usine FLEUVE			Captage MPONZO			Usine SOYO			Pompage R7	Pompage R4
	Production (m3)	Consommation (kWh)	C.Spéc (kWh/m3)	Production (m3)	Consommation (kWh)	C.Spéc (kWh/m3)	Production (m3)	Consommation (kWh)	C.Spéc (kWh/m3)	Production (m3)	Consommation (kWh)	C.Spéc (kWh/m3)	Consommation (kWh)	Consommation (kWh)
juin-09	621940	537173	0,864	621940	489450	0,787	233813	342051	1,463	233813	231370	0,990	101626	33942
juil-09	637413	526617	0,826	637413	439200	0,689	223908	319065	1,425	223908	230440	1,029	94367	8973
août-09	544986	499317	0,916	544986	455550	0,836	217598	317815	1,461	217598	244570	1,124	91647	32580
sept-09	478620	407960	0,852	478620	385500	0,805	205956	281546	1,367	205956	217480	1,056	54332	38774
oct-09	535926	444600	0,830	535926	460239	0,859	227888	335859	1,474	227888	239360	1,050	75310	27952
nov-09	549500	445994	0,812	549500	442350	0,805	198699	302070	1,520	198699	205140	1,032	75378	27124
déc-09	604352	548068	0,907	604352	529250	0,876	173742	330906	1,905	173742	195480	1,125	117385	62235
janv-10	543711	557117	1,025	543711	505350	0,929	161997	303516	1,874	161997	197680	1,220	97665	32685
févr-10	520792	464260	0,891	520792	434700	0,835	155168	304899	1,965	155168	187160	1,206	71927	23217
mars-10	465497	512849	1,102	465497	480650	1,033	232749	327531	1,407	232749	198480	0,853	75803	24772
avr-10	560525	523650	0,934	560525	479700	0,856	158676	327750	2,066	158676	194440	1,225	76636	27786
mai-10	527151	605215	1,148	527151	526350	0,998	194179	356061	1,834	194179	191600	0,987	106726	42685
MINI	465497	407960	0,812	465497	385500	0,689	155168	281546	1,367	155168	187160	0,853	54332	8973
MOYENNE	549201	506068	0,926	549201	469024	0,859	198698	320756	1,647	198698	211100	1,075	86567	31894
MAXI	637413	605215	1,148	637413	529250	1,033	232749	356061	2,066	232749	244570	1,225	117385	62235
TOTAL	6590413	6072820	0,921	6590413	5628289	0,854	2384373	3849069	1,614	2384373	2533200	1,062	1038802	382725

Efficacité énergétique hydraulique et coût unitaire de l'énergie électrique			
Statistiques	kWh/m ³	¢/kWh	¢/m ³
Moyenne	0,30	5,6	1,66
Erreur standard	0,03	0,1	0,13
Médian	0,26	5,7	1,53
Déviatoin standard	0,16	0,7	0,80
Variance	0,03	0,0	0,00
Intervalle	0,81	3,1	3,23
Minimum	0,10	0,4	0,33
Maximum	0,83	6,8	3,57
Somme	10,25	197	56,4
Échantillon	35	35	35

Efficacité énergétique hydraulique et coût unitaire de l'énergie en fonction de la capacité de traitement de l'usine			
	kWh/m ³ (¢/m ³)		
	100 % capacité	80 % capacité	50 % capacité
Moyenne	0,30 (1,66)	0,58 (1,99)	0,36 (2,49)
Minimum	0,08 (0,33)	0,16 (0,40)	0,10 (0,50)
Maximum	0,79 (3,57)	1,58 (4,28)	0,99 (5,36)

Ces résultats sont basés sur un échantillon de 35 municipalités, dont 50 % ont une capacité inférieure à 4 000 m³/d et 90 % inférieure à 20 000 m³/d, ce qui correspond assez bien à la situation globale du parc d'usines de traitement d'eau potable du Québec.

Nous faisons toutefois ce genre de comparaison avec prudence, car nous ne connaissons pas les pratiques courantes de ces industries, il est possible que nos installations n'atteignent jamais les normes en pratiques exemplaires, mais cette analyse comparative procure toutefois un point de départ. Ces comparaisons à l'externe, montrent clairement qu'il existe des possibilités d'amélioration.

2.3. AUDIT DU SYSTEME ELECTRIQUE ET HYDRAULIQUE

2.3.1. Description du Système Electrique

• Les installations électriques

Les six sites de pompage de Matadi à savoir le captage FLEUVE, l'Usine FLEUVE, le captage MPOZO, l'Usine SOYO, la Station de repompage R7 et la Station de repompage R4 disposent chacun d'un poste de transformation 15 kVA/400 V alimenté par le réseau public SNEL et disposent d'un comptage MT. Seule la station de repompage R2 dispose d'une source thermique alimentée par un groupe électrogène dont les caractéristiques sont exposées au paragraphe 1.3.4 de la première partie de cette étude.

Ces installations disposent chacune de :

- une Cabine électrique avec poste de transformation 15kVA/400V ;
- un Tableau Général Basse Tension (TGBT) ;
- Tableaux Divisionnaires ou armoires de commandes ;
- coffrets de commande ;
- Etc.,...

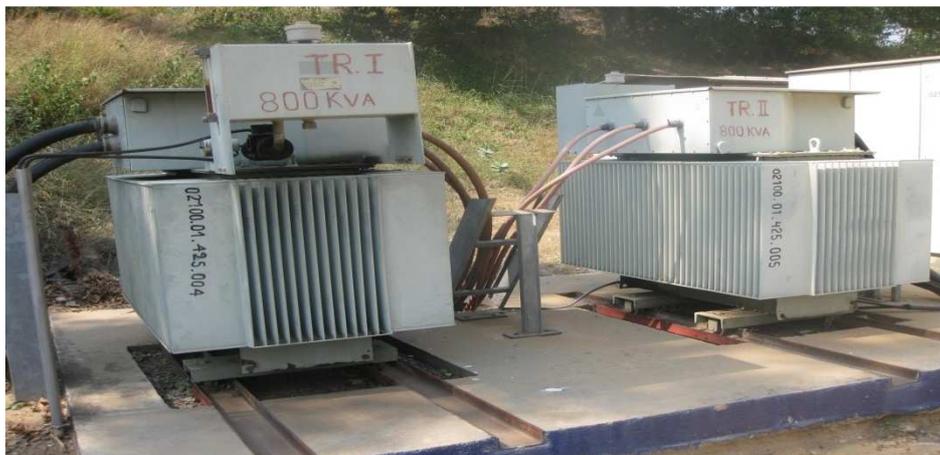


Illustration 9 : Transformateurs de 2 x 800 kVA de l'Usine FLEUVE

Le système de comptage moyenne tension est composé généralement de :

- Un compteur triphasé actif avec maxi graphe (dit quart horaire) ;
- Deux compteurs monophasés actifs vérifiant le compteur actif triphasé ;
- Un compteur triphasé réactif ;
- Deux compteurs de décompte

Il faudra signaler que certaines stations n'ont pas des compteurs réactifs telles que la station R4 et le captage MPOZO, mais ce dernier possède deux compteurs monophasés qui permettent d'évaluer la consommation d'énergie réactive.



Illustration 10 : Système de comptage MT au Captage FLEUVE

Notons que les six stations ne disposent pas des groupes électrogènes de secours, ce qui peut poser beaucoup de problème de production en cas de coupure d'énergie électrique.

Les schémas de distribution unifilaire des différentes stations sont reprises en annexe 3 du présent mémoire.

• **Les charges électriques et/ ou équipements électromécaniques**

Les équipements consommateurs d'énergie dans les différents sites audités peuvent être classés dans les catégories suivantes :

- Le pompage d'eau brute et d'eau traitée (groupes motopompes) ;
- Le dosage des réactifs (Agitateurs + Doseurs) ;
- La décantation (moteurs pour actionner le pont racleur) ;
- La filtration (groupes motopompes pour l'eau de lavage, groupes moto-compresseurs pour actionner les vannes et groupes moto-surpresseurs pour l'air de lavage) ;
- L'éclairage (lampes) ;
- La climatisation (split, climatiseurs fenêtres, ventilateurs) ;
- La bureautique (ordinateur, imprimante, photocopieuse, scanner...) ;
- Les autres équipements (équipement laboratoire d'analyse, frigo, chauffe eau électrique, cafetière ; ...)

Nous avons approfondi notre audit sur le procédé de traitement d'eau plus précisément au niveau de pompage d'eau pour la simple raison qu'elles représentent une part très importante (plus de 96%) de la consommation énergétique dans les usines. Le pompage d'eau dans les différents sites demeure un lieu de gisement d'énergie important.

Les audits⁶ effectués dans les stations de pompage d'eau au Canada font ressortir que la part de la consommation électrique due à au pompage d'eau représente plus de 70%

⁶Efficacité Energétique dans le secteur de l'eau potable, Volume2, Hydro Québec ; <http://ete.inrs.ca/pub/rapports/R000405v2.pdf>

de la consommation électrique totale des industries, ce qui place ce poste au centre des actions d'économie d'énergie. Cela se justifie encore à MATADI.

2.3.2. Configuration des Procèdes de Traitement

Dans le traitement de l'eau potable, l'électricité sert au transport de l'eau, au dosage et mélange des produits chimiques avec l'eau, au lavage des filtres et au transport et déshydratation des boues. Une partie de l'énergie électrique est dédiée à l'éclairage et à la climatisation des locaux pour le bien être de personnel.

L'énergie électrique consommée au fin du transport de l'eau sert au pompage de l'eau brute vers l'usine de traitement, et de l'usine de traitement vers les consommateurs. Celle-ci représente la plus grande fraction de la consommation totale en électricité, soit un minimum de 95% pour notre étude. Les figures 23 à 26 ci-dessous font état de la consommation électrique quotidienne associée à chaque étape de traitement, pour l'usine FLEUVE et SOYO.

Les besoins en électricité pour le mélange ne constituent pas une fraction importante de la consommation globale de l'usine. Le mélange se fait au niveau des bassins d'agitation rapide, lesquels nécessitent des gradients de vitesses élevées, afin de permettre une agitation efficace des coagulants. Les bassins de floculation à leur tour requièrent moins d'énergie car l'agitation doit être faible pour permettre la formation des floes.

La quantité d'électricité utilisée pour le lavage des filtres est consommée par les pompes de lavage et par les compresseurs des soufflantes d'air. Elle est consommée en intermittence, donc selon les besoins inhérents au lavage des filtres.

Le transport et la déshydratation des boues s'effectuent respectivement à l'aide des ponts racleurs à l'usine FLEUVE. Il faut toutefois noter que les ponts racleurs sont en panne et ces opérations ne sont pas pratiquées à Matadi, de ce fait les deux usines déchargent par gravité leurs effluents de lavage et des boues de décantation dans les milieux récepteurs environnants, lesquels sont des cours d'eau naturels.

2.3.3. Calculs des Puissances Absorbées par le procédé de traitement

Dans cette partie, nous avons recensés tous les équipements consommateurs d'énergie relatifs au pompage et traitement d'eau. Ne disposant pas d'un enregistreur des puissances, nous avons effectué les mesures de différentes intensités phase par phase à l'aide d'une pince amperométrique. Les mesures des intensités ont été effectuées par phase de chaque départ des disjoncteurs des TGBT des armoires principales et des TDBT dans les différents sites et nous avons calculé par la suite les puissances consommées par les différents équipements de différents départs du TGBT.

Les écarts des courants mesurés s'expliquent par les déséquilibres occasionnés par les fonctionnements aléatoires des équipements de différents départs (charges monophasées et triphasées des installations) ainsi que certaines imperfections suite aux rebobinages des moteurs.

Pour effectuer les calculs, nous considérons que la puissance active appelée par la ligne triphasée est la somme des puissances actives appelées par chaque ligne monophasée, ainsi nous appliquons la formule de la puissance en monophasé $P_{1\phi}$ comme suit :

$$P_{1\phi} = V . I . \cos \Phi \quad (2.6)$$

Par ailleurs, au niveau des circuits terminaux des groupes motopompes, les mesures des courants et des tensions des récepteurs sont lues directement sur les armoires de commandes des machines néanmoins, nous avons effectué des mesures des intensités et des tensions des ces groupes motopompes pour nous assurer de la fiabilité des valeurs affichées par ces armoires de commande, ainsi les écarts des intensités enregistrés sont négligeables et dans ce cas précis nous appliquons la formule de la puissance absorbée en triphasé $P_{3\phi}$ comme suit :

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} . U . I . \cos \Phi \quad (2.7)$$

Les mesures des intensités et des tensions au départ des disjoncteurs nous ont permis ensuite d'estimer les puissances d'utilisation des différents sites audités. Les résultats des puissances absorbées par les charges électriques sont repris dans les tableaux 24 à 26 en annexe 3.

2.3.4. Calculs des énergies consommées par le procédé de traitement

La consommation d'énergie est obtenue en multipliant la puissance électrique absorbée par le nombre d'heures d'utilisation (HU) exprimé en heure par année :

$$E = P_a * HU = \sqrt{3} . U . I . \cos \Phi * HU \quad (2.8)$$

•DOSAGE DES REACTIFS, FLOCCULATION ET CHLORATION :

La consommation électrique nécessaire au traitement de l'eau est celle requise pour la préparation de sulfate, le dosage de sulfate, la préparation de la chaux, le dosage de la chaux, la floculation, la décantation ainsi que la chloration est estimée à 0,24%, soit 40,57 kWh/j pour l'usine Fleuve et 2,02%, soit 80 kWh/j pour l'usine SOYO.

•FILTRATION :

La consommation électrique nécessaire pour la filtration de l'eau est celle requise pour le nettoyage des filtres. Le lavage des filtres s'effectue chaque jour pour une moyenne des quatre filtres dans les deux usines. Le temps de lavage dure environ 22 minutes à l'usine SOYO et 45 minutes à l'usine Fleuve

L'analyse de la consommation énergétique associée à la filtration de l'eau a été examinée pour l'usine de fleuve traitant un débit moyen de 24500 m³/jour ainsi que pour l'usine SOYO.

S'agissant de l'usine Fleuve, la quantité d'eau utilisée pour le lavage des filtres représente en moyenne 8% de l'eau totale filtrée, une somme de 9 filtres sert à la

filtration, dont quatre en moyenne sont lavés quotidiennement. Les données reliées au lavage sont les suivantes :

La période totale de lavage est de 45 minutes par filtres, soit un total 180 minutes de pour les quatre filtres à nettoyer par jour, réparti comme suit :

- 5 minutes, pour le lavage de la surface avec deux surpresseurs d'une puissance de 22 kW ;
- 5 minutes, pour le lavage de la surface avec une pompe de lavage et deux surpresseurs d'une puissance de 22 kW ;
- 35 minutes, pour le lavage avec pompe de lavage seule



Illustration 11 : Pompes et surpresseurs de lavage de l'Usine FLEUVE

S'agissant de l'usine SOYO, les données reliées au lavage sont les suivantes :

La période totale de lavage est de 22 minutes, soit un total de 88 minutes pour les quatre filtres, réparti comme suit :

- 5 minutes, pour le lavage de la surface avec un surpresseur d'une puissance de 18 kW ;
- 2 minutes, pour le lavage de la surface avec deux pompes de lavage de 15 kW et un surpresseur ;
- 15 minutes, pour le lavage avec deux pompes de lavage seules

Les tableaux 24 à 26 en annexe 3, représente le bilan énergétique quotidien, mensuel et annuel pour la filtration dans les deux usines. Nous constatons que le lavage des filtres constitue 1% de la consommation énergétique totale à l'usine Fleuve et 2% reliée à la filtration de l'eau de consommation à l'usine SOYO.

• **POMPAGE** :

- **Puissance hydraulique de la pompe P_H** : est la puissance transmise à l'eau par le pompage, c'est une grandeur accessible, parce que calculable à partir des paramètres hydrauliques, elle est donnée par la relation suivante:

$$P_H = \frac{Q * H_p}{367} \quad (2.7)$$

Où,

P_H : Puissance Hydraulique de la pompe exprimée en kW

Q : Débit de la pompe exprimé en m³/h

H_p : Hauteur manométrique totale de la pompe exprimée en mètre (m)

- **Puissance absorbée par la pompe P_p** : est la puissance sur l'arbre, donc est celle que fournit le moteur, égale à celle que consomme la pompe pour fournir P_H , c'est une valeur que l'on ne peut pas mesurer directement par les moyens classiques. L'équation de base suivante sert à évaluer la puissance requise à l'arbre de la pompe

$$P_p = \frac{P_H}{\eta_p} = \frac{Q * H_p}{367. \eta_p} \quad (2.9)$$

Où :

P_p : Puissance absorbée par la pompe exprimée en kW

η_p : Rendement ou Efficacité de la pompe

- **Puissance absorbée par le moteur P_a** : est celle que consomme le moteur pour fournir P_p , elle est mesurable au niveau de l'alimentation électrique du moteur à l'aide d'un analyseur de puissance ou calculée par la formule (2.10) ci-dessous après avoir mesuré la tension et le courant en supposant que le facteur de puissance reste constant.

Par la suite, la puissance requise du moteur est évaluée à l'aide de l'équation suivante :

$$P_a = \frac{P_H}{\eta_g} = \frac{Q * H_p}{367. \eta_g} \quad (2.10)$$

Or la puissance absorbée par le moteur est :

$$P_a = \sqrt{3} . U . I . \cos \Phi \quad (2.11)$$

Où,

P_a : Puissance électrique absorbée par le moteur en kW

η_g : Rendement global ou Efficacité du groupe motopompe

Où $\eta_g = \eta_p . \eta_m \quad (2.12)$

η_p : Rendement ou Efficacité de la pompe

η_m : Rendement ou Efficacité du moteur

Lorsqu'on veut connaître le rendement du moteur ou celui de la pompe, il faut pouvoir estimer l'autre. Le plus souvent on souhaite améliorer le rendement hydraulique, il sera donc nécessaire de fixer la valeur du rendement moteur. Par conséquent, on arrive à mesurer la Hauteur H_p , le débit Q , la Puissance absorbée P_a et à calculer le η_g . Ce sont les valeurs auxquelles nous pouvons accéder avec les moyens classiques.

La part des puissances absorbées par le procédé de traitement d'eau se présente comme illustrée dans les figures 23 et 24 ci-dessous

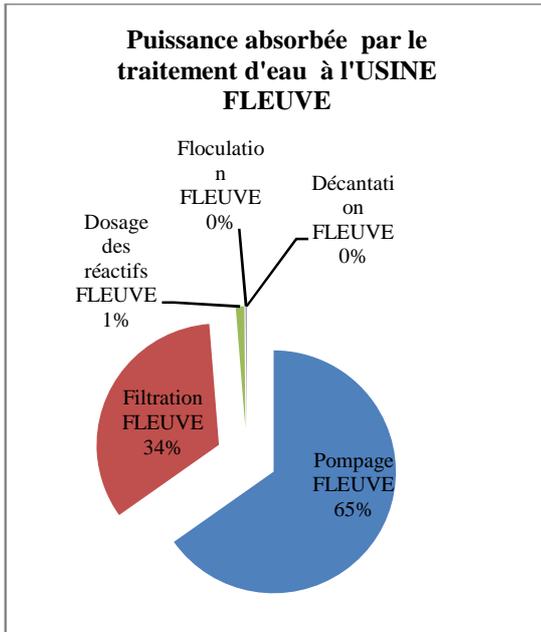


Figure 23: Puissance absorbée par le procédé de traitement à l'USINE FLEUVE

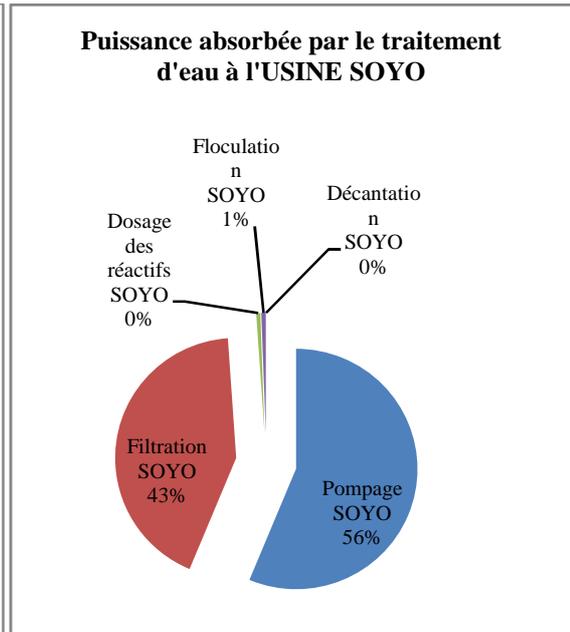


Figure 24: Puissance absorbée par le procédé de traitement à l'USINE SOYO

- **Energie électrique consommée par le groupe :** la consommation d'énergie est obtenue en multipliant la puissance électrique absorbée par le nombre d'heures d'utilisation (HU) exprimé en heure par année :

$$E = P_a * HU = \frac{Q * H_p}{367. \eta_g} * HU = \sqrt{3} . U . I . \cos \Phi * HU \quad (2.13)$$

La part des consommations d'énergie absorbées par le procédé de traitement d'eau se présente comme illustrée dans les figures 25 et 26 ci-dessous :

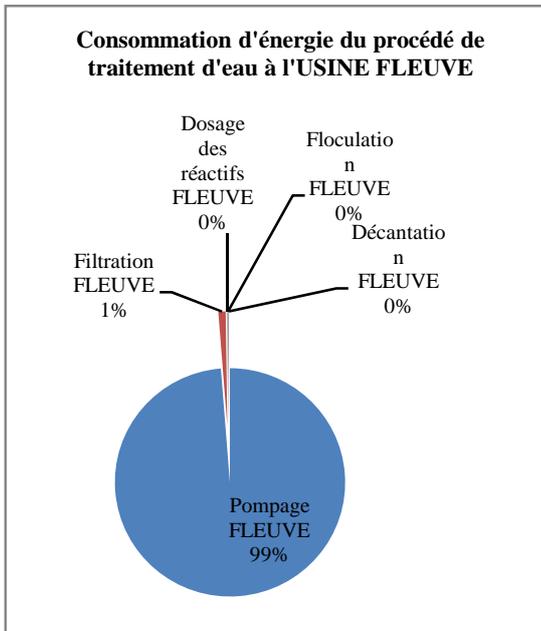


Figure 25: Consommation d'énergie par le procédé de traitement à l'USINE FLEUVE

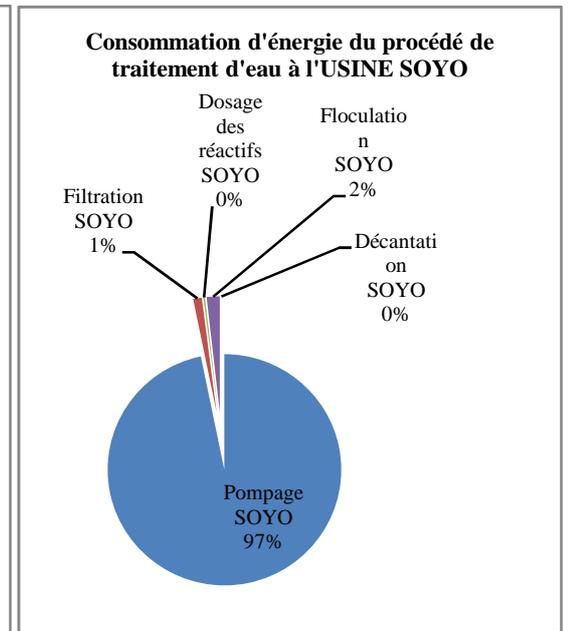


Figure 26: Consommation d'énergie par le procédé de traitement à l'USINE SOYO

Les résultats des toutes les mesures effectuées sont exposés aux tableaux 23 à 26 en annexe 3.

2.3.5. Calculs des caractéristiques hydrauliques des groupes

Il s'agit dans cette partie de faire les mesures, calculs des paramètres hydrauliques et analyser le rendement global des pompes ou de toute l'installation de pompage.

En effet, les mesures des volumes d'eau pompés et pressions ont été facilitées respectivement par la présence des compteurs des débits et manomètres placés au refoulement des stations de pompage à l'usine FLEUVE et SOYO. Les mesures de débits au captage Fleuve, captage MPOZO et les stations de repompage n'ont pas été faites faute des compteurs au départ de refoulement.

Nous avons obtenu les informations suivantes :

- Les valeurs réelles de la courbe caractéristique de chaque pompe, en termes d'Hauteur H_p , débit fourni et puissance électrique absorbée à une vitesse de rotation donnée. Ils sont obtenus par des mesures tels que (les grandeurs électriques et hydrauliques mesurées sont la tension U , l'intensité I , le débit Q , la pression au refoulement et à l'aspiration de la pompe) ou calculs (les grandeurs électriques et hydrauliques calculées sont la puissance électrique absorbée par le groupe électropompe P_a , la Hauteur de la pompe H_p , la puissance hydraulique de la pompe P_H et le rendement du groupe électropompe η_g) ;
- L'Histogramme de fonctionnement de chaque groupe de pompage ainsi que de l'ensemble de station. Ces paramètres sont obtenus par des enregistrements sur une période de 24 heures et consignées dans les rapports d'exploitation de la station. Ces paramètres mesurés concernent l'usine FLEUVE et SOYO et sont exposés dans le tableau 11 ci-dessous.

2.3.6. Analyse et critique des résultats obtenus

Du point de vue électrique, les bilans d'énergie journalier, mensuel et annuel du procédé de traitement d'eau nous permettent d'affirmer que le pompage d'eau traitée prend environ plus de 96% de la consommation énergétique dans les deux usines. C'est donc aux différents groupes motopompes de pompage que devraient être axés les mesures pour obtenir le maximum d'économie d'énergie.

Les principales causes de la consommation excessive des équipements de pompage d'eau sont :

- la vétusté des groupes électropompes caractérisés par une baisse de production d'eau et une forte consommation d'énergie électrique d'où baisse de rendement énergétique ;
- Le choix de système de pompage par refoulement-distribution au réseau qui ne permet pas aux machines de se reposer et qui par conséquent les heures de fonctionnement élevées et gonflent les montants des factures. Ceci dans un seul souci de satisfaire tant soit peu au besoin en eau de la ville même si la production est insuffisante d'où la restauration des capacités initiales des usines s'impose ;

- Lorsqu'un grand nombre de moteurs démarrent fréquemment, car ceux-ci provoquant une augmentation de la puissance appelée d'environ 2 à 3 fois car ils sont couplage étoile-triangle; etc.

S'agissant des paramètres hydrauliques de fonctionnement, chaque pompe en principe doit fonctionner le plus longtemps possible dans une zone proche du meilleur rendement. Ce qui n'est pas le cas dans la plupart de pompes des stations de pompage inspectées dans le cadre de notre étude car certains de ces pompes fonctionnent en dehors de la plage H-Q optimale, il y a dégradation évidente des caractéristiques hydrauliques. La vétusté de ces pompes comme évoquée ci-haut est principalement à la cause du déplacement du point de fonctionnement optimal.

Les rendements des pompes ont été calculé sur base d'un rendement moteur de 85% et la conséquence principale des faibles rendements est une augmentation des coûts de pompage, à travers deux termes, la consommation énergétique et les surcoûts de maintenance liés aux mauvaises conditions de fonctionnement des installations, les données disponibles renseignent directement sur la consommation énergétique, le second terme est, dans un premier temps, difficile à évaluer. Dans cette analyse, nous comparons les points de fonctionnement observés avec les courbes d'essai en usine à l'état neuf ou de constructeur et constatons des écarts de débit ($\Delta Q/Q$) et hauteur ($\Delta H_p/H_p$) dépassant 5 à 10% témoignant ainsi une usure avancée de l'équipement hydraulique.

Le rendement du groupe est ainsi calculé à partir de la relation (2.10) comme suit :

$$\eta_g = \frac{P_H}{P_a} = \frac{Q * H_p}{367. P_a} \quad (2.14)$$

En fixant le rendement moteur à 85%, nous calculons le rendement de la pompe à partir de la relation (2.12) comme suit :

$$\eta_p = \frac{\eta_g}{\eta_m} \quad (2.15)$$

En évaluant les pertes au niveau du groupe de pompage, nous affirmons que les pertes de rendement apparues suite à la dégradation de la pompe ou du moteur. Nous avons cherché en ce qui concerne le rendement hydraulique, surtout à positionner le point de meilleur rendement (BEP= Best Efficiency Point) en cours par rapport au BEP d'origine. Le déplacement du point de fonctionnement par rapport au BEP fait que la pompe n'arrive plus à fournir le débit, la pression en sortie baisse et le rendement hydraulique chute fortement. Plus on s'éloigne du BEP, plus le rendement hydraulique baisse, on atteint une perte de plus de 10%.

Par ailleurs, il y a aussi des pertes engendrées par le réseau de pompage, il s'agit des pertes qui peuvent être détectables au niveau du groupe de pompage et dont les causes

sont extérieures à cet ensemble. L'effet est le déplacement du point de fonctionnement vers des zones de plus faible rendement par⁷ :

- Modification de la structure ou de l'équipement de réseau, extension du réseau, ajout ou suppression de matériel hydraulique ayant comme conséquence l'augmentation ou la réduction de la Hauteur Hp;
- Mise en marche en parallèle avec d'autres groupes de pompage, ayant des caractéristiques identiques. Le point de fonctionnement se déplace à gauche ;
- Dégradation des équipements annexes du pompage (clapet, vannes,);
- Sur ou sous-estimation des pertes de charge au stade du projet

Dans tous ces cas, la conséquence est la modification ou le déplacement du point de fonctionnement de la pompe, comme le montre la figure ci-dessous.

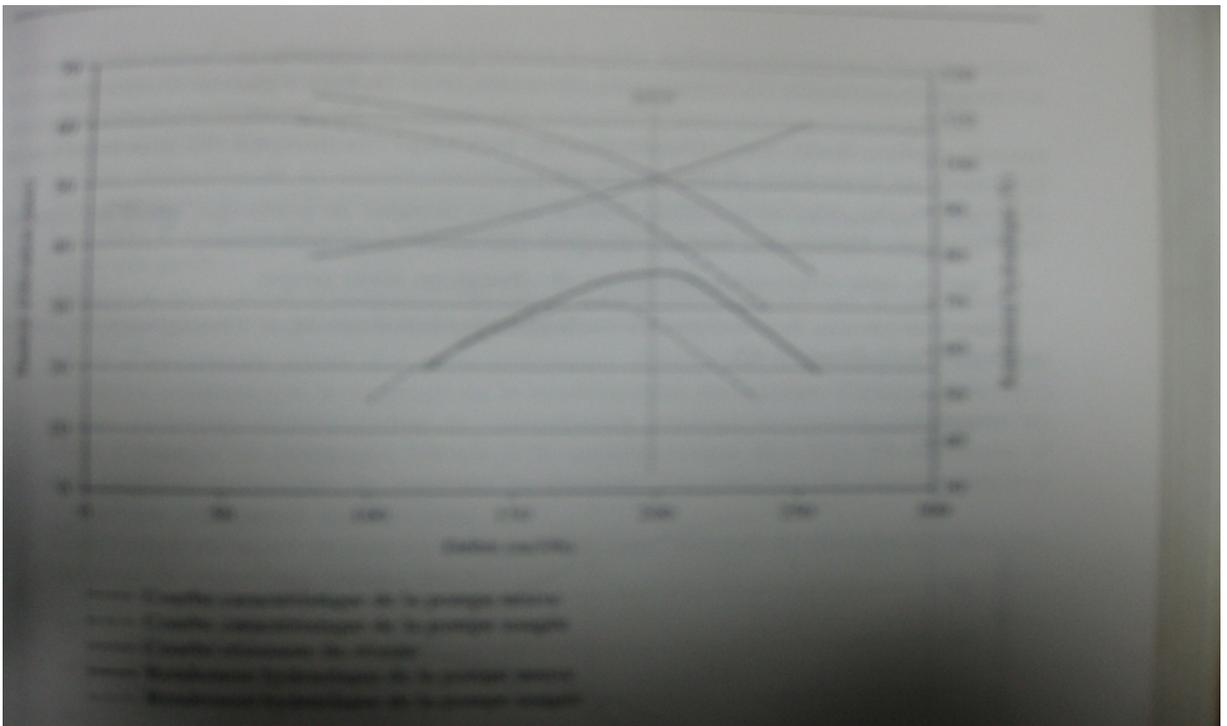


Figure 27 : Déplacement du point de fonctionnement de la pompe

⁷ Les Stations de Pompage d'Eau, 6ème édition revue et corrigée, Travaux de la Commission Distribution de l'eau de l'ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement), 2005 ;

Tableau 11 CALCULS DES CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DES POMPES

OUVRAGES/EQUIPEMENTS	Etat	Débit Nominal Q (m3/h)	Hauteur Nominale Hp (m)	PUISSANCES ABSORBEES PAR LES CHARGES							MESURES ET CALCULS DES PARAMETRES HYDRAULIQUES									
				Intensités mesurés			Intensité lue IA (A)	Tension Mesurée U (V)	Tension lue U (V)	Cosφ	Puissance Active Absorbée (kW)	Débit Q (m3/h)	Pression Δp (bar)	Hauteur de la pompe Hp=Δp/ρ.g.ρ (m)	Puissance Hydraulique PH (kW)	Rendement global ηg (%)	Rendement moteur ηm (%)	rendement pompe ηp (%)	ΔQ/Q (%)	ΔHp/Hp (%)
				I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)														
USINE DU FLEUVE																				
Station de Pompage Eau traitée Fleuve																				
Nouveau Pompage eau traitée																				
GMP 1 HP (414 m3/h x 160 m x 280 kW)	en fonction	414	160	430	486	452	410	380	350	0,80	240	350			-	-	0,0%			15,5%
GMP 2 HP (414 m3/h x 160 m x 280 kW)	en panne	414	160							0,80	0									
GMP 3 HP (414 m3/h x 160 m x 280 kW)	en panne	414	160							0,80	0									
Ancien Pompage eau traitée																				
GMP 4 HP (414 m3/h x 160 m x 280 kW)	en fonction	414	160	482	472	450	425	380	380	0,80	246	400	16	163	178	41,8%	85,0%	49%	3,4%	-1,9%
GMP 5 HP (414 m3/h x 160 m x 280 kW)	en fonction	414	160	450	430	417	430	380	380	0,80	228	350	13	133	126	29,4%	85,0%	35%	15,5%	17,2%
GMP 6 BP (72 m3/h x 38,5 m x 15 kW)	en panne	72	38,5							0,84	0									
GMP 7 BP (72 m3/h x 38,5 m x 15 kW)	en fonction	72	38,5	25	24	26	21	380		0,84	13,8	21,2	5,6	57	3,3	15,7%	85,0%	18%	70,6%	-48,3%
GMP 8 BP (72 m3/h x 38,5 m x 15 kW)	en fonction	72	38,5	24	23	24	19	380		0,84	13,1	21,2	4,0	41	2,4	12,4%	85,0%	15%	70,6%	-5,9%
USINE DESOYO																				
Station Pompage Eau traitée SOYO																				
Pompage en direction de R6																				
GMP 1 BP (150 m3/h x 100 m x 75 kW)	en fonction	150	100	121	124	121	118	380		0,85	68,3	97	10	102	27	22,8%	85,0%	27%	35,3%	-1,9%
GMP 2 BP (150 m3/h x 100 m x 75 kW)	en fonction	150	100	114	115	114	110	380		0,85	64,0	110	7	71	21	19,4%	85,0%	23%	26,7%	28,6%
GMP 3 BP (150 m3/h x 100 m x 75 kW)	en fonction	150	100	135	137	136	133	380		0,85	76,1	130	6	61	22	16,3%	85,0%	19%	13,3%	38,8%
Pompage en direction de R4																				
GMP 4 HP (133 m3/h, 165 m x 110 kW)	en fonction	133	165	148	157	155	140	380		0,87	87,8	117	14	143	45	32,5%	85,0%	38%	12,0%	13,5%
Pompage en direction de R8																				
GMP 5 HP (15 m3/h x 240 m x 22 kW)	en fonction	15	240	37	38	40	38	380		0,91	23,0	14	22	224	9	22,5%	85,0%	26%	6,7%	6,6%
GMP 6 HP (15 m3/h x 240 m x 22 kW)	en panne	15	240							0,91	0,0									

III. TROISIEME PARTIE : ECONOMIES D'ENERGIE

3.1. RAPPEL DES IDEES D'ECONOMIE D'ENERGIE

Il nous semble nécessaire de rappeler tout d'abord quelques règles ou idées maîtresses pour la recherche des économies d'énergie⁸, certes élémentaires et de bon sens, mais dont malheureusement le non respect entraîne inéluctablement des gaspillages d'énergie.

3.1.1. Précaution sur l'alimentation électrique

Les câbles d'alimentation électrique doivent être dimensionnés conformément aux règles de l'art bien sûr, mais aussi pour limiter les pertes par effet joule en tenant compte de la puissance appelée, du cycle de fonctionnement et de la température ambiante.

Pour les transformateurs, il faut éviter les marches à vide ou à faible puissance. Cela conduit à fractionner les appareils et à arrêter les transformateurs non utilisés durant une partie du cycle de fonctionnement.

Le $\cos \Phi$ doit être maintenu à la valeur de référence supérieure à 0,90 quelles que soient les phases du processus. Des batteries de condensateurs permettent d'aboutir à ce résultat mais la non compensation d'énergie réactive dans les installations que nous avons inspectées a pour conséquence des pénalités dues au mauvais facteur de puissance d'où la surfacturation électrique.

3.1.2. Recherche du meilleur rendement

S'agissant de la pompe, la puissance absorbée par la pompe P_p est : $P_p = \frac{P_H}{\eta_p} = \frac{Q \cdot H_p}{367 \cdot \eta_p}$,

où P_H est la puissance hydraulique et vaut : $P_H = \frac{Q \cdot H_p}{367}$, avec H_p la hauteur totale de la pompe et Q est le débit de fluide déplacé (m³/h).

Pour économiser l'énergie au niveau de la pompe, il faut réduire H_p et Q

La hauteur manométrique totale (H_p) ou pression totale à vaincre est la résultante de :

- L'énergie cinétique donnée au fluide : $H_{cin} = \frac{1}{2} V^2/g$
- L'énergie potentielle donnée au fluide : $H_{pot} = \Delta h$
- La perte de charge totale $\Delta H_{tot} = \Delta H_{lin} + \Delta H_{loc}$

Les économies d'énergie d'une pompe consisteront le plus souvent à minimiser H_p .

Les pertes de charge ou dégradation de l'énergie dans une conduite :

Elles sont données par les équations :

- Pertes de charge linéaires :

$$\Delta H_{lin}/L = (\lambda/D) V^2/2g \quad (\text{proportionnelles à la longueur la conduite})$$

⁸ Les Stations de Pompage d'Eau, 6ème édition revue et corrigée, Travaux de la Commission Distribution de l'eau de l'ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement), 2005, page 288

- Pertes de charge singulières ou locales:

$$\Delta H_{loc} = \xi V^2/2g$$

Ces pertes de charge sont toutes proportionnelle à V^2

$\Delta H_{tot} = \Delta H_{lin} + n \Delta H_{loc}$, elle est la somme des pertes de charge linéaires et de toutes les pertes de charge singulières

$$\text{Hauteur totale } H_p = \frac{1}{2} V^2/g + \Delta h + \Delta H_{tot}$$

Donc les mesures d'économies d'énergie à ce niveau consisteront à la réduction des pertes de charge linéaires en faisant le bon choix des diamètres et des gaines de transport du fluide. Un diamètre trop petit occasionne une augmentation des pertes de charge linéaires. Pour réduire les pertes de charge singulières il faut réduire le nombre d'obstacles placés sur le circuit aéraulique ou réduire leurs effets sur les pertes de charge. Ce sont les coudes, embranchements, ...

La réduction du débit suppose la connaissance précise des besoins et la limitation du débit de fluide à ces besoins.

Les pertes de charge sont proportionnels au carré de la vitesse et donc du débit du fluide. Diminuer le débit de moitié diminue la puissance électrique consommée de quatre.

Or les pompes des stations étudiées présentent actuellement de faibles débits à cause de leur vétusté, et l'objectif principal recherché par la Direction de la société est de restaurer les capacités des usines à leurs capacités initiales, d'où augmentation de la production par le renouvellement des équipements.

Du fait que le nombre et les puissances des groupes sont si élevés qu'ils constituent la part la plus importante de la consommation électrique des stations.

Le rendement d'une pompe passe par un maximum qui se définit donc pour une HMT bien précise. Chaque pompe doit fonctionner le plus longtemps possible dans une zone proche du meilleur rendement. Ce qui n'est pas le cas dans la plus part des stations de pompage inspectées dans le cadre de notre étude. La vétusté des pompes est à la cause du déplacement du point de fonctionnement optimal, car ses équipements sont en fonctionnement il y a plus ou moins 20 ans.

Pour réaliser des économies d'énergie, la pompe doit être choisie de façon à s'adapter à une plage de fonctionnement moyenne définie comme sur la figure en annexe, hors de cette plage il y a gaspillage d'énergie.

La relation traduisant la puissance hydraulique déployée par la pompe montre clairement qu'un débit ou une pression trop faible ou trop forte réduisent la puissance hydraulique absorbée pour une même puissance électrique appelée.

Donc les pompes doivent être bien choisies en respectant :

- Une réduction des pertes de charge au strict minimum
- Une connaissance de la caractéristique du réseau hydraulique ou aéraulique

- L'adaptation de la pompe à ce réseau (point de fonctionnement à l'optimum de la caractéristique pression-débit)

Par ailleurs, les moteurs d'entrainements doivent être correctement dimensionnés pour la puissance demandée, puissance qui peut varier au cours du cycle de fonctionnement. Un léger surdimensionnement serait un gage de sécurité et de longévité pour le matériel, mais au-delà d'une dizaine de pourcents il y a lieu d'examiner le problème, néanmoins une simple vérification des puissances des stations de pompage témoignent à suffisance que ces moteurs ont été bien dimensionnés à la conception.

Il est rappelé à ce sujet que les moteurs asynchrones à cage les plus usités, ont leur meilleur rendement vers les $\frac{3}{4}$ de la charge nominale. Les récents moteurs à économie d'énergie ont d'une part un meilleur rendement absolu et d'autre part ce rendement se maintient quasi-constant dans une large plage pouvant aller de la demi-charge à la pleine charge.

Il faut toutefois signaler que certains constructeurs ont mis sur le marché dans les années 2000, des moteurs à rendement amélioré EFF1⁹. Suivant la puissance, les rendements sont augmentés d'environ 30 à 50% dans la gamme de 0,55 à 90 kW, essentiellement par une fabrication plus soignée. A partir de 90 kW, les écarts de rendement par rapport à un moteur standard d'estompent. Ce produit, portant le label EFF1, sont actuellement en nette progression.

3.1.3. Bilan d'énergie

Le bilan d'énergie établi nous a permis de réfléchir aux actions à entreprendre. Il a consisté essentiellement à mesurer pour chaque station de pompage et pour chaque groupe électropompe, un certain nombre de valeurs permettant d'établir des ratios (kWh/m³, \$US/kWh), soit les mesures ci-après pour calculer le rendement global de des groupes électropompes ou de l'installation :

- Volume pompé ;
- Hauteur d'élévation ;
- Energie consommée ;
- Heure d'utilisation ;

L'examen minutieux de ce bilan nous a permis de déceler les points sur lesquels des gains importants peuvent être faits, que ce soit une machine dont le rendement peut être sensiblement amélioré en la remplaçant par une machine moderne ou une restructuration de tout ou partie de l'installation. C'est ainsi que l'équation (2.13) établie au paragraphe 2.3.4, nous permet de déduire que la réduction de la consommation d'énergie électrique d'une pompe est réalisable en proposant une ou plusieurs des modifications suivantes:

- réduire le débit requis (Q);

⁹ Les Stations de Pompage d'Eau, 6ème édition revue et corrigée, Travaux de la Commission Distribution de l'eau de l'ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement), 2005, page 238

- réduire la hauteur manométrique totale requise (H_p);
- réduire le temps de fonctionnement (H_U);
- augmenter l'efficacité de la pompe (η_p);
- augmenter l'efficacité du moteur (η_m);

Cependant, plusieurs de ces paramètres sont directement reliés au système, tel le débit (Q), la hauteur manométrique totale (H_p) et le temps de fonctionnement ou d'utilisation (H_U). C'est pourquoi les possibilités d'économie d'énergie électrique sont réalisables en examinant non seulement la pompe, mais également le système dans son ensemble, car il faut retenir que les paramètres ont un effet les uns par rapport aux autres. Par exemple, une modification du débit influencera habituellement la valeur des autres paramètres, comme l'efficacité et la hauteur manométrique totale requises (H_p)

3.1.4. Calcul des économies d'énergie électrique

Le calcul des économies d'énergie électrique réalisables dans un système de pompage doit être effectué en évaluant la consommation d'énergie avant et après l'implantation d'une mesure d'économie d'énergie électrique (MEEE).

Il se fait en trois étapes :

- Calcul de la consommation avant les MEEE ou calcul habituel d'énergie de tous les appareils :

$$E_{a1} = \sum P_{a1} \cdot H_U \quad (3.1)$$

- Calcul de la consommation après les MEEE ou calcul après réduction des pertes et gaspillages :

$$E_{a2} = \sum P_{a2} \cdot H_U \quad (3.2)$$

- Calcul d'économie ou gain d'énergie G_E en KWH/an :

$$G_E = E_{a1} - E_{a2} = P_{a1} \cdot H_U - P_{a2} \cdot H_U = (P_{a1} - P_{a2}) \cdot H_U \quad (3.3)$$

Où,

P_{a1} : Puissance absorbée avant les MEEE en kW

E_{a1} : Energie consommée avant les MEEE en kWh/an

P_{a2} : Puissance absorbée après les MEEE en kW

E_{a2} : Energie consommée après les MEEE en kWh/an

H_U : Nombre d'heure d'utilisation dans une année

Évaluation des économies de devises :

Pour calculer le gain financier G_F en \$US/an d'opérations en électricité, il suffit d'appliquer la formule suivante:

$$G_F \left(\frac{\$US}{\text{an}} \right) = G_E \left(\frac{\text{kWh}}{\text{an}} \right) * C_E \left(\frac{\$US}{\text{kWh}} \right) \quad (3.4)$$

où, G_F : Gain financier d'opération électrique en \$US/an

G_E : Gain de consommation d'énergie électrique en kWh/an

C_E : Coût moyen d'énergie électrique en \$US/kWh

3.2. MESURES D'ECONOMIES D'ENERGIE

3.2.1. Optimisation de la facture d'énergie électrique

- **Révision de la puissance souscrite**

L'optimisation de la facturation a permis de déceler un gisement important d'économie d'énergie en procédant à la une révision des contrats de fournitures d'énergie de l'Usine SOYO et du Captage FLEUVE pour une augmentation de la puissance souscrite à **420 kW** à l'Usine SOYO et une réduction de la puissance souscrite au Captage FLEUVE à **560 kW**. Ce qui entraîne comme conséquence la réduction dues aux pénalités de dépassement de la puissance souscrite, d'où réduction du montant total de la facture. Le gain financier réalisé est estimé à **24.082,14 \$US**.

- **Compensation d'énergie réactive**

BESOIN

La compensation d'énergie réactive apporte les avantages suivants :

- suppression de la facturation d'énergie réactive, $\cos \phi > 0,90$;
- diminution des pertes d'énergie par effet Joule par la diminution de l'intensité véhiculée dans les câbles ;
- réduction des chutes de tension en bout de ligne ;
- augmentation de la puissance active disponible avec la même installation.

L'amélioration du facteur de puissance des installations consiste à mettre en place des batteries de condensateurs, source d'énergie réactive. Les batteries de condensateurs de puissance diminuent la quantité d'énergie réactive fournie par la source. Ce qui entraîne comme conséquence la suppression des pénalités dues au mauvais $\cos \phi$.

GAIN POTENTIEL

- Le gain financier global par correction des facteurs de puissance sans modifier la puissance souscrite est de **65.904,35 \$US**, soit **42.111.898 ,75 FC**
- le délai de retour sur investissement d'un équipement de compensation de réactif est généralement de 12 à 18 mois¹⁰,
- la réduction des pertes en ligne peut représenter jusqu'à 3 %,
- le remplacement d'un poste qui serait arrivé en limite d'évolution de puissance, peut être évité.

¹⁰ Guide de bonnes pratiques - Mener à bien un projet d'efficacité énergétique Industrie, GIMELEC, www.gimelec.fr;

CONDITIONS DE RÉUSSITE¹¹

L'emplacement d'un équipement d'énergie réactive dépend généralement de trois critères :

- la taille de l'installation : dispersion géographique,
- le principe de distribution : nombre de tableaux divisionnaires,
- la présence de fortes charges consommatrices d'énergie réactive et leurs localisations.

Chaque solution présente des avantages et inconvénients :

1. Équipement au niveau TGBT :

- +solution très économique,
- +augmentation de la puissance disponible au secondaire du transformateur,
- -pas de réduction des pertes en lignes,
- -pas d'économies de dimensionnement des équipements électriques.

2. Équipements au niveau des tableaux divisionnaires :

- +solution parfaitement adaptée à des réseaux de distribution étendus,
- +solution économique,
- -augmentation de la puissance disponible au niveau du transformateur selon le niveau d'équipement des départs divisionnaires.

3. Équipement au niveau de la charge :

- +pas de chute de tension,
 - +économie sur le dimensionnement des équipements électriques,
 - -solution pouvant être plus onéreuse lors de l'investissement.
- **Optimisation :**

La combinaison de la révision de la puissance souscrite et la compensation des énergies réactive portent les gains d'énergie à **86.478, 93 \$US**, soit **55.741.581,24 FC**.

Le tableau 43 en annexe 5 reprend le montant à investir pour compenser les énergies réactives est estimé à **22.950 \$US** si le prix moyen d'une batterie de condensateur est **30 \$US/kVar**.

3.2.2. Groupes motopompes avec moteurs à haut rendement :

Le rendement des moteurs électriques :

- Le rendement d'un moteur électrique varie de 80 à 96 % en moyenne
- Les vieux moteurs ont un rendement médiocre : 80 à 90 %

¹¹ Guide de bonnes pratiques - Mener à bien un projet d'efficacité énergétique Industrie, GIMELEC, www.gimelec.fr

- Les nouveaux moteurs ont de bons rendements : 90 à 96 %.

Comme évoqué dans la première partie relatif à la collecte des données électromécaniques, les moteurs électriques des stations étudiées sont très vétustes, ayant une durée de vie de plus ou moins 20 ans et subi plusieurs fois le rebobinage. Dans le cas du rebobinage en particulier, le chauffage des enroulements provoque une perte progressive des caractéristiques du circuit magnétique. On estime à 1 à 2 % la perte de rendement pour un travail bien fait et jusqu'à 5 % et plus dans certains cas¹².

Les pertes de rendement se cumulent lorsque plusieurs rebobinages sont effectués. Les moteurs des stations étudiées étant en fin de vie, nous devons savoir faire le bon choix : réparer ou remplacer ?

C'est ainsi nous optons de remplacer tous ces vieux moteurs (standards) par des moteurs électriques à haut rendement car ils ont un impact significatif sur la consommation et constituent une solution simple pour réaliser des économies d'énergie. Ces moteurs seront implantés sur les équipements ayant un fort taux d'utilisation, cas des groupes de pompage.

Le prix d'achat d'un moteur et son coût de maintenance sont en général négligeables sur la durée de vie (plus ou moins 10 ans). En effet, c'est la consommation électrique qui représente en moyenne plus de 95 % du coût global ! Il est donc important de choisir les moteurs les moins "gourmands" en énergie.

Donc les mesures d'économies d'énergie lié aux moteurs électriques va consister à :

- Remplacer les vieux moteurs
- Rechercher des moteurs à haute efficacité
- Faire fonctionner le moteur à sa charge maximale (75 à 100 % de la charge)
- Comparer durée de vie, investissements et économies pour déterminer la rentabilité des remplacements de moteur



Figure 28 : Moteurs à haut rendement EFF1

PRÉSENTATION ET MISE EN OEUVRE DE LA SOLUTION

Partant du principe que pour une même puissance disponible à l'arbre d'un moteur, la puissance absorbée varie en fonction du rendement du moteur.

¹² Cours d'Economie d'Énergie en Master spécialisé Energies Renouvelables, 2009 - 2010

Il y a 3 classes de rendement qui sont définies entre le CEMEP¹³ et la Commission européenne : les classes EFF3 (moteurs standards ou ordinaires), EFF2 (moteurs à rendement augmenté) et EFF1 (moteurs à haut rendement).

Cette classification est accompagnée d'un label sur la plaque signalétique des moteurs et d'informations détaillées dans les catalogues des constructeurs. Elle concerne les moteurs asynchrones 2 et 4 pôles de 1,1 à 90 kW.

Qu'il s'agisse d'un moteur de faible ou forte puissance, les moteurs EFF1 et EFF2 sont des solutions intéressantes pour réaliser des économies d'énergie.

En effet, généralement, plus la puissance du moteur est faible, plus l'écart de rendement entre le moteur EFF1 et le moteur standard augmente telle reprise à la figure 19 ci-dessous.

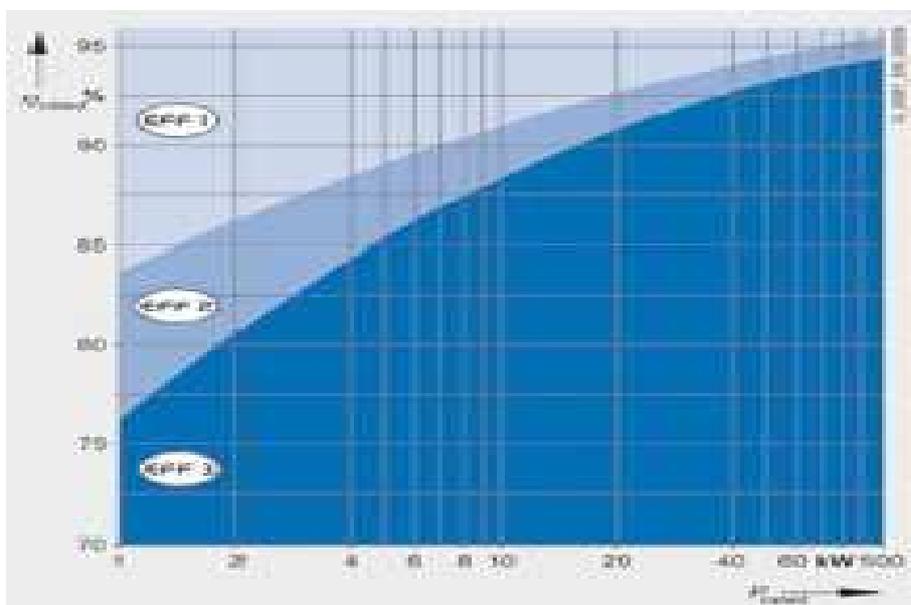


Figure 29 : courbes des moteurs standards et à haut rendement

GAIN POTENTIEL

Les économies réalisables grâce au remplacement de moteurs standards par des moteurs à haut rendement est fonction des conditions d'utilisation (nombre d'heures de fonctionnement, charge du moteur...) et du coût du kWh sont exposées dans les tableaux 34 à 42 en annexe 4 du présent mémoire.

- **Remplacement des vieux moteurs de puissances inférieures à 90 kW par les moteurs à haut rendement EFF1¹⁴:**

Du fait que la gamme de puissance des moteurs EFF1 est limitée à 90 kW, le remplacement va concerner les groupes électropompes de 15 kW de la station d'eau

¹³ CEMEP : Comité Européen de Constructeurs de Machines Electriques et d'Electronique de Puissance

¹⁴ <http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/motorchallenge/pdf/francese.pdf> (Moteurs électriques à haut rendement EFF1, EFF2, EFF3, EURODEEM)

traitée de l'Usine FLEUVE, les groupes de 75 et 22 kW de l'usine SOYO ainsi que les groupes de 75 kW de la station de repompage R4

Ces résultats permettent toutefois de prendre conscience de l'intérêt économique et "environnemental" de l'opération. Celle-ci se traduit par une économie annuelle totale de **131.424 kWh/an**, soit **12.880 \$US/an** si le prix du kWh est de 0.098 \$US.

Ce gain d'énergie dans les trois sites est réparti comme suit :

- Usine FLEUVE (GMP BP): **12.775 kWh/an**, soit **1.252 \$US/an**;
- Usine SOYO: **73.284 kWh/an**, soit **7.182 \$US/an**;
- Station de repompage R4: **45.365 kWh/an**, soit **4.446 \$US/an**;

Dans la majorité des cas, le retour sur investissement est très rapide de 6 à 24 mois si on agit seulement sur le rendement du moteur et sera plus si l'on remplace tout l'équipement c.à.d. groupe moteur-pompe car l'investissement pour le groupe est élevé du fait que la pompe coûte plus cher que son moteur d'entraînement.

- **Remplacement des vieux moteurs de puissances supérieures à 90 kW par les moteurs à rendement augmenté EFF2¹⁵:**

Il est question de remplacer les groupes électropompes haute pression de 280 kW de la station d'eau traitée de l'Usine FLEUVE, les groupes de 120 et 160 kW du Captage FLEUVE, les groupes de 250 kW du Captage MPOZO, les groupes de 132 kW de la station de repompage R7 et les groupes de 110 kW de la station de repompage R2.

Ce remplacement se traduit par une économie annuelle totale de **1.478.058 kWh/an**, soit **144.850 \$US/an** si le prix du kWh est de **0.098 \$US**.

Ce gain d'énergie dans les trois sites est réparti comme suit :

- Usine FLEUVE (GMP HP): **250.087 kWh/an**, soit **24.509 \$US/an**;
- Captage FLEUVE: **402.063 kWh/an**, soit **39.402 \$US/an**;
- Captage MPOZO: **741.263 kWh/an**, soit **72.644 \$US/an**;
- Station de Pompage R7: **94.136 kWh/an**, soit **9.225 \$US/an**;
- Station de Pompage R2: **5.460 kWh/an**, soit **535 \$US/an**;

- **Renouvellement des pompes :**

Comme nous l'avons exposé dans l'analyse critique des paramètres hydrauliques, les pompes sont vétustes et opérationnelles depuis près de 20 ans et ont perdu leurs caractéristiques d'origine car présentant de faibles débits pompés. Il est absolument nécessaire de les renouveler en vue de restaurer la capacité initiale de production du système d'AEP de la ville, ainsi sera résolu le manque d'eau au réseau et voir augmenter le nombre d'abonnés entraînant ainsi une incidence financière sur les recettes, ce qui constitue un bénéfice pour l'entreprise.

¹⁵ http://www.motralec.com/telecharger/Leroy_Somer_FLS.pdf (Le moteur LEROY SOMER)

GAIN LIES A L'AMELIORATION DU RENDEMENT¹⁶

Caractéristiques du moteur	Incidence sur le moteur	Bénéfice du Client
Augmentation du rendement et du facteur de puissance	Augmentation de la puissance massique	Coût d'exploitation plus faible ; Durée de vie augmentée (fois 2 ou 3) ; Retour sur l'investissement réduit
Diminution du bruit		Amélioration des conditions de travail
Diminution des vibrations		Tranquillité de fonctionnement et augmentation de la durée de la vie des organes entraînés
Diminution de l'échauffement	Augmentation de la durée de vie des composants fragiles (composants des systèmes d'isolation, graisse des roulements)	Réduction des incidents d'exploitation et diminution des coûts de maintenance
	Augmentation de la capacité de surcharges instantanées ou prolongées	Champ d'applications élargi (tensions, altitude, température ambiante,...)

3.2.3. Calculs Economiques :

Le calcul économique dans cette étude permet de déterminer la rentabilité du projet sur toute la durée de vie des équipements estimée à 10 ans. Le montant investi doit inclure le coût du financement du capital ainsi que la valeur actualisée des coûts d'exploitation, d'entretien et de remplacement sur la durée de vie prévue.

Pour déterminer la rentabilité du projet, nous calculons le temps de retour sur l'investissement (TRI) en considérant les paramètres :

- Les coûts d'achat des équipements ;
- La durée de vie des équipements ;
- Les frais annuels d'entretien et de maintenance estimé à 3% des coûts des équipements ;
- Les annuités qui constituent les frais de remboursement du prêt faisant l'objet de l'investissement ;
- Les frais de renouvellement des équipements à la fin de la période
- Le taux d'actualisation ou d'intérêt ;
- Les gains d'énergie

Les coûts d'achat des équipements sont exposés dans les tableaux 41 à 43 en annexe 5 de ce mémoire et sont repris dans le tableau 13 ci-dessous où sont déterminés le temps de retour sur l'investissement pour différents taux d'actualisation limité à 7% dans le cas de la REGIDESO.

¹⁶ Catalogue Technique, Moteurs asynchrones triphasés fermés Carter Fonte – 0,55 à 750 KW, LEROY SOMER, http://www.motralec.com/telecharger/Leroy_Somer_FLS.pdf.

En tenant compte d'un taux d'actualisation de 7% pour un montant total investi de **1.374.462,69 \$US**, le temps de retour sur le capital est de **9 ans** sur une durée de vie de **10 ans**.

Le tableau 13 ci-dessous reprend les différents temps de retour sur l'investissement suivant les différents taux d'intérêt considéré.

	DUREE DE VIE (an)	COUT D'ACHAT DES EQUIPEMENTS (\$US)	FRAIS D'ENTRETIEN (\$US)	GAIN D'ENERGIE (\$US)
OPTIMISATION	5	45900,00	1377,00	86478,93
GMP EFF1	10	382338,56	11470,16	12879,57
GMP EFF2	10	946224,13	28386,72	144849,73
TOTAL	10	1374462,69	41233,88	244208,23

**Tableau 12: RECAPITULATIF DES ECONOMIES REALISABLES
(HORS INVESTISSEMENT)**

SYNTHESE DES MESURES D'ECONOMIES D'ENERGIE		GAIN D'ENERGIE (kWH/an)	GAIN D'ENERGIE (\$US/an)
1.	OPTIMISATION DE LA FACTURE		
	CAPTAGE FLEUVE		52 884,05
	CAPTAGE MPOZO		3 037,65
	USINE FLEUVE		10 909,12
	USINE SOYO		5 521,27
	STATION POMPAGE R7		14 126,85
	TOTALE OPTIMISATION DE LA FACTURE	0,00	86 478,94
2.	INSTALLATION DES MOTEURS A HAUT RENDEMENT EFF1		
	CAPTAGE FLEUVE	0,00	0,00
	CAPTAGE MPOZO	0,00	0,00
	USINE FLEUVE	12 775,00	1 252,00
	USINE SOYO	73 284,00	7 182,00
	STATION POMPAGE R7	0,00	0,00
	STATION POMPAGE R4	45 365,00	4 446,00
	STATION POMPAGE R2	0,00	0,00
	TOTALE INSTALLATION DES MOTEURS A HAUT RENDEMENT EFF1	131 424,00	12 880,00
3.	INSTALLATION DES MOTEURS A RENDEMENT AUGMENTE EFF2		
	CAPTAGE FLEUVE	402 063,00	39 402,00
	CAPTAGE MPOZO	741 263,00	72 644,00
	USINE FLEUVE	250 087,00	24 509,00
	USINE SOYO	-14 950,00	-1 465,00
	STATION POMPAGE R7	94 136,00	9 225,00
	STATION POMPAGE R4	0,00	0,00
	STATION POMPAGE R2	5 460,00	535,00
	TOTALE INSTALLATION DES MOTEURS A RENDEMENT AUGMENTE EFF2	1 478 059,00	144 850,00
	TOTAL ECONOMIE D'ENERGIE	1 609 483,00	244 208,94

Tableau 13: CALCUL DU TEMPS DE RETOUR SUR LE CAPITAL¹⁷

TAUX D'INTERET	DUREE DE VIE	COUT D'ACHAT DES EQUIPEMENTS	FRAIS D'ENTRETIEN	ANNUITE	DEPENSE ANNUELLE	GAIN D'ENERGIE	BENEFICE	TEMPS DE RETOUR SUR LE CAPITAL
%	(an)	(\$US)	(\$US)	(\$US)	(\$US)	(\$US)	(\$US)	(AN)
1%	10	1374462,69	41233,88	145118,62	186352,51	244208,23	57855,72	7
2%	10	1374462,69	41233,88	153014,16	194248,04	244208,23	49960,19	7
3%	10	1374462,69	41233,88	161128,96	202362,84	244208,23	41845,39	8
4%	10	1374462,69	41233,88	169458,80	210692,68	244208,23	33515,54	8
5%	10	1374462,69	41233,88	177999,21	219233,09	244208,23	24975,14	8
6%	10	1374462,69	41233,88	186745,44	227979,32	244208,23	16228,91	9
7%	10	1374462,69	41233,88	195692,57	236926,45	244208,23	7281,78	9

¹⁷ Cours de Gestion Financière des Projets, Master Spécialisé Génie Energétique au 2iE, 2009-2010

CONCLUSION GENERALE

L'audit énergétique du système d'AEP de la ville de Matadi a révélé que le poste de pompage constitue la part importante des consommations d'énergie, soit plus de 96% des consommations d'énergie sont absorbées par le fonctionnement des groupes motopompes de refoulement. C'est ainsi que nous avons axés les mesures d'économies d'énergie au niveau de pompage.

Cette étude permet d'envisagé un gisement d'économie d'énergie énorme et des possibilités de maîtrise des consommations électriques évidentes par révision de la puissance souscrite, compensation d'énergie réactive et remplacement des vieux moteurs par ceux à haut rendement EFF1 et à rendement augmenté EFF2, ainsi que le renouvellement des pompes centrifuges entraînées par ces moteurs. Cependant les gains d'énergie sont évalués à **244.208 \$US**, soit 12,01% des recettes qui correspondant à **1.609.483 kWh**, soit 10,8% peuvent être évités par an et les économies sont réalisées.

Il faudra préciser que le renouvellement des groupes électropompes permettra aussi de restaurer la capacité initiale de production du système d'AEP de la ville, ainsi sera résolu le manque d'eau au réseau et voir augmenter le nombre d'abonnés entraînant ainsi une incidence financière à l'avantage de l'entreprise.

Ce projet est économiquement rentable car le montant du capital à mobiliser pour investir est estimé à **1.374.462,69 \$US** remboursable au bout de **9 ans** avec un taux d'intérêt de **7%** pour une durée de projet de **10 ans**.

Ce mémoire ne peut nullement prétendre avoir déterminé de façon très exhaustive la liste de tous les équipements et appareillages électriques qui pourraient améliorer la consommation d'énergie dans les deux usines et stations de pompage. Il appartient à la Direction de la REGIDESO Matadi par une expertise interne d'en déceler d'autres postes au niveau de l'éclairage, bureautique ou climatisation pour obtenir des résultats satisfaisants.

Nous saurions terminer sans insister sur la nécessité de sensibiliser, de former et mieux entretenir les installations, car il s'agit là d'un préalable indispensable pour l'atteinte de l'efficacité énergétique. Nous espérons dans le cadre de ce mémoire pouvoir apporter un appui à la mise en application des mesures pour plus d'efficacité d'économie d'énergie.

RECOMMANDATIONS

S'agissant de la facturation électrique : il faudra qu'une analyse de la facture électrique soit faite par le Service Maintenance avant son approbation pour paiement. Généralement l'équipe chargée d'approuver les factures se limite à regarder le dépassement et le cos phi sans la moindre opération financière afin d'estimer les parts dues aux pénalités. Il est possible actuellement à l'aide du fichier Excel que nous

avons utilisé dans le cadre de notre étude de procéder facilement à cette analyse quoique ce fichier demande encore quelques améliorations.

Il faudra associé aux opérations d'entretien et de maintenance (journalier, mensuel, trimestriel, semestriel et annuel) des stations de pompage, la sensibilisation et la formation du personnel exploitant aux notions d'économies d'énergie pour une gestion rationnelle et efficace de l'énergie, car nous pensons que une bonne maîtrise de gestion et de l'exploitation des installations doivent inclure les notions d'économies d'énergie.

Des gains énormes d'économies d'énergie peuvent être obtenus au Captage MPOZO en supprimant la station de pompage d'eau brute des groupes motopompes de surface et en déplaçant le procédé de pré décantation avec le débourbeur au niveau de l'Usine SOYO. Cette situation permettra de réduire presque de moitié les consommations d'énergie au niveau de Captage MPOZO mais cela mérite d'être examiner minutieusement par une étude technico-financière à l'interne car il faudra installer trois groupes immergés de 185 m³/h x 350 m x 250 kW pour élever l'eau brute jusqu'à l'Usine SOYO.

Cette étude d'audit énergétique de l'AEP Matadi constitue une contribution à l'amélioration de l'efficacité énergétique de ce centre qui bénéficie d'un financement de la Banque Mondiale dans le cadre du Projet Eau en Milieu Urbain (PEMU) en vue de la réhabilitation de son système d'AEP. Etant donné qu'il est prévu dans les prochains jours le lancement des études d'avant-projet détaillé (APD) et Dossiers d'appel d'offres, nous recommandons à la REGIDESO ce qui suit :

- La prise en compte des équipements électromécaniques à économie d'énergie tels que proposés dans les mesures d'économies ci-dessous lors de l'acquisition de ces équipements, malgré que la réhabilitation se fera à l'identique. Ces groupes à rendement élevé contribueront à la réduction des consommations énergétiques des installations ;
- La fourniture et l'installation des batteries de condensateurs dans toutes les stations ;
- Assurer la sécurité des équipements par la réhabilitation de tous les armoires de commande des machines ;
- Etc ;

BIBLIOGRAPHIE

1. Les Stations de Pompage d'Eau, 6ème édition revue et corrigée, Travaux de la Commission Distribution de l'eau de l'ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement), 2005 ;
2. Outils pour Economiser l'Energie – Guide et Outil de vérification énergétique, Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC) et Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada.
3. Efficacité Energétique dans le secteur de l'eau potable, Volume2, Hydro Québec, <http://ete.inrs.ca/pub/rapports/R000405v2.pdf>
4. Les Economies d'énergie électrique dans les systèmes de pompage, Hydro Québec, http://www.hydroquebec.com/affaires/appui_pmi/telechargement/guide_technique_syst_pompage2.pdf;
5. Guide de bonnes pratiques - Mener à bien un projet d'efficacité énergétique Industrie, GIMELEC, 11-17 rue de l'Amiral Hamelin – 75783 Paris Cedex 16, gimelec@gimelec.fr – www.gimelec.fr;
6. Catalogue Technique, Moteurs asynchrones triphasés fermés Carter Fonte – 0,55 à 750 KW, LEROY SOMER, http://www.motrlec.com/telecharger/Leroy_Somer_FLS.pdf,
7. Etudes préparatoires pour l'amélioration de la desserte en eau potable dans la ville de Matadi en RD Congo, Rapport d'Avant-projet Sommaire, CIMA International, janvier 2010 ;
8. Etudes préparatoires pour l'amélioration de la desserte en eau potable dans la ville de Matadi en RD Congo, Rapport d'Identification, CIMA International, juin 2009 ;
9. Moteurs électriques à haut rendement EFF1, EFF2, EFF3, EURODEEM <http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/motorchallenge/pdf/franese.pdf>,
10. BOUHAN Gueï Rodrigue Hermann Fidel, Contribution à l'amélioration de l'efficacité Énergétique à l'Institut International de l'Eau et de l'Environnement (2iE), Mémoire de fin d'études en Master Spécialisé Energétique au 2iE Ouagadougou, 2008-2009
11. M.DJALDI TABDI Ngamsou, Audit Energétique des Installations des Boissons et Glacières du Tchad, Mémoire d'Etudes Supérieures Spécialisées (DESS) en Génie Energétique et Froid Industriel (GEFI) au 2iE Ouagadougou, 2003
12. COULIBALY Yezouma, Cours d'économie d'énergie, Master Spécialisé Génie Energétique au 2iE Ouagadougou, 2009-2010 ;
13. BAGRE Ahmed, Cours d'Installations Electriques Basses Tensions, Master Spécialisé Génie Energétique au 2iE Ouagadougou, 2009-2010 ;
14. BAYALA Bapio, Cours de Technologie Electrique, Master Spécialisé Génie Energétique au 2iE Ouagadougou, 2009-2010 ;
15. Cours de Gestion Financière des Projets, Master Spécialisé Génie Energétique au 2iE Ouagadougou, 2009-2010

ANNEXES

ANNEXE 1 : DONNEES SUR LA FACTURATION ELECTRIQUE

Tableau 14: Consommations d'énergie électrique du captage FLEUVE

CONSOMMATION D'ENERGIE ELECTRIQUE DU CAPTAGE FLEUVE													
PUISSANCE TRANSFORMATEUR													
PUISSANCE SOUS CRITE													
2x500 KVA													
600 KW													
PERIODE 1: JUIN 2007 à MAI 2008													
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	Tang phi	Cos PHI	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (SUS)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %
juin-07	165 470	119 397	0	276	600	0,722	0,81	10 985 839,95	501,89	21 888,94	30	#DIV/0!	38,30%
juil-07	165 470	119 397	0	276	600	0,722	0,81	10 947 762,15	500,15	21 888,96	31	#DIV/0!	37,07%
août-07	165 470	119 397	0	276	600	0,722	0,81	10 947 762,20	500,15	21 888,96	31	#DIV/0!	38,30%
sept-07	165 470	119 397	0	276	600	0,722	0,81	10 966 756,93	501,02	21 888,86	31	#DIV/0!	37,07%
oct-07	165 470	119 397	0	276	600	0,722	0,81	10 972 038,38	501,26	21 888,92	31	#DIV/0!	38,30%
nov-07	165 470	119 397	0	276	600	0,722	0,81	10 999 951,96	502,30	21 899,17	31	#DIV/0!	37,07%
dec-07	165 470	119 397	0	276	600	0,722	0,81	11 567 945,51	528,49	21 888,67	31	#DIV/0!	37,07%
janv-08	165 470	119 397	0	276	600	0,722	0,81	12 113 004,74	553,38	21 889,13	28	#DIV/0!	41,04%
fev-08	165 470	119 397	0	276	600	0,722	0,81	12 321 790,74	562,92	21 889,06	31	#DIV/0!	37,07%
mars-08	165 470	119 397	0	276	600	0,722	0,81	12 312 006,88	562,79	21 876,73	30	#DIV/0!	38,30%
avr-08	165 470	119 397	0	276	600	0,722	0,81	12 256 764,66	559,95	21 880,03	31	#DIV/0!	37,07%
mai-08	165 470	119 397	0	276	600	0,722	0,81	11 444 948,85	519,82	21 888,78	31	#DIV/0!	37,07%
MOYENNE	165 470	119 397	0	276	600	0,722	0,81	11 444 948,85	519,82	21 888,78	31	#DIV/0!	37,07%
TOTAL	1 985 637	1 522 889	0	3 309	600			137 339 866,25		263 665,39			37,81%
MAX			0		600							#DIV/0!	41,04%
PERIODE 2: JUIN 2008 à MAI 2009													
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	Tang phi	Cos PHI	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (SUS)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %
juin-08	165 470	119 397	0	276	600	0,722	0,81	12 300 993,39	561,98	21 888,67	30	#DIV/0!	38,30%
juil-08	165 470	119 397	0	276	600	0,722	0,81	13 071 118,56	562,01	23 257,80	31	#DIV/0!	37,07%
août-08	216 862	155 575	795	361	893	0,717	0,81	16 872 100,16	564,20	29 904,47	31	36,66%	48,58%
sept-08	541 508	382 053	818	720	927	0,706	0,82	29 457 877,40	564,40	52 193,26	30	91,94%	100,00%
oct-08	548 802	382 416	841	744	962	0,697	0,82	31 279 262,98	570,60	54 375,90	31	87,21%	100,00%
nov-08	447 788	313 241	841	720	962	0,700	0,82	30 892 762,50	584,00	52 898,57	30	73,85%	100,00%
dec-08	516 903	359 919	954	744	1 131	0,696	0,82	33 478 170,26	601,65	55 643,93	31	72,83%	100,00%
janv-09	391 738	265 973	841	653	962	0,679	0,83	33 269 062,77	688,19	48 342,85	31	62,61%	87,75%
fev-09	416 852	326 106	841	672	962	0,673	0,83	37 331 404,66	853,24	58 638,40	28	79,03%	100,00%
mars-09	393 897	273 745	841	656	962	0,695	0,82	39 199 464,37	802,20	48 864,95	31	62,95%	88,24%
avr-09	492 888	332 330	909	720	1 064	0,674	0,83	41 998 452,43	853,34	49 216,53	30	75,61%	100,00%
mai-09	616 916	417 958	954	744	1 131	0,677	0,83	40 954 559,47	802,09	51 059,81	31	86,92%	100,00%
MOYENNE	412 075	285 176	601	720	929	0,696	0,82	36 005 229,01		43 936,68		#DIV/0!	83,33%
TOTAL	4 944 894	3 422 112	954	7 286	1131			560 105 229,01		539 040,95		#DIV/0!	100,00%
MAX			954		1131							#DIV/0!	100,00%
PERIODE 3: JUIN 2009 à MAI 2010													
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	Tang phi	Cos PHI	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (SUS)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %
juin-09	423 092	299 651	818	707	927	0,730	0,81	37 841 336,35	781,26	48 436,29	30	72,01%	98,17%
juil-09	505 679	362 327	841	744	962	0,717	0,81	39 843 988,27	783,09	50 880,47	31	80,82%	100,00%
août-09	487 821	351 874	841	744	962	0,721	0,81	41 888 997,15	823,28	50 880,62	31	77,96%	100,00%
sept-09	480 095	353 828	818	720	927	0,737	0,80	42 561 103,73	856,80	49 674,49	30	81,50%	100,00%
oct-09	490 531	329 106	841	672	962	0,731	0,81	40 401 197,06	853,24	50 638,40	28	89,23%	100,00%
nov-09	463 715	331 421	750	720	825	0,715	0,81	48 167 776,43	922,54	52 212,13	30	85,87%	100,00%
dec-09	486 163	342 102	863	744	995	0,704	0,82	46 791 437,85	924,17	50 630,77	31	75,72%	100,00%
janv-10	601 603	396 960	0	744	600	0,660	0,83	44 941 686,86	918,60	48 934,11	31	#DIV/0!	100,00%
fev-10	549 869	360 699	0	672	600	0,655	0,84	41 710 049,94	939,69	44 727,87	28	#DIV/0!	100,00%
mars-10	426 772	276 563	772	0	858	0,648	0,84	43 485 936,26	927,27	46 896,74	31	74,30%	0,00%
avr-10	506 883	326 013	818	720	927	0,643	0,84	43 712 012,08	913,47	47 852,71	30	86,06%	100,00%
mai-10	564 592	374 144	744	744	1 131	0,679	0,83	40 602 591,64	916,82	49 638,58	31	79,55%	100,00%
MOYENNE	491 477	340 545	687	661	881	0,695	0,82	43 179 830,49		48 924,96		#DIV/0!	90,66%
TOTAL	5 897 726	4 086 546		7 926	1131			518 157 965,88		587 459,46		#DIV/0!	100,00%
MAX			954		1131							#DIV/0!	100,00%

Tableau 15: Consommations d'énergie électrique du captage MPOZO

CONSOMMATION D'ENERGIE ELECTRIQUE DU CAPTAGE MPOZO													
PUISSANCE TRANSFORMATEUR													
PUISSANCE SOUS CRITE													
800 KVA													
584 KW													
PERIODE 1: JUIN 2007 à MAI 2008													
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	Tang phi	Cos PHI	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (SUS)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %
juin-07	314 036	0	341	538	584	0,570	0,87	17 747 969,67	501,89	35 362,37	30	127,91%	74,69%
juil-07	294 606	0	341	504	584	0,568	0,87	16 720 918,39	500,15	33 451,81	31	116,12%	67,82%
août-07	300 912	0	341	515	584	0,561	0,87	17 034 346,13	500,15	34 058,47	31	118,64%	69,26%
sept-07	288 725	0	341	494	584	0,564	0,87	16 428 676,03	500,15	32 847,50	30	117,60%	68,67%
oct-07	293 157	0	341	502	584	0,559	0,87	16 677 833,49	501,02	33 287,76	31	115,55%	67,27%
nov-07	296 395	0	341	508	584	0,563	0,88	16 682 391,64	501,26	33 280,72	30	120,72%	70,49%
dec-07	307 815	0	341	527	584	0,544	0,88	17 289 210,12	502,30	34 420,09	31	121,33%	70,84%
janv-08	307 729	0	426	527	584	0,536	0,88	18 177 402,16	528,49	34 394,98	31	97,09%	70,82%
fev-08	269 380	0	511	461	584	0,546	0,88	16 946 212,36	553,38	30 623,10	28	78,55%	68,64%
mars-08	225 236	0	426	386	584	0,552	0,88	14 793 480,82	562,92	26 279,90	31	71,02%	58,84%
avr-08	291 793	0	358	500	584	0,558	0,87	18 647 186,23	562,79	33 133,47	30	113,20%	69,40%
mai-08	221 657	0	469	380	584	0,550	0,88	14 518 192,53	559,95	25 927,66	31	63,52%	51,01%
MOYENNE	284 287	0	381	487	584	0,555	0,87	16 805 309,97		32 253,98		105,10%	66,74%
TOTAL	3 411 442	0	511	5 842				201 668 719,60		387 947,72		127,91%	74,69%
MAX													
PERIODE 2: JUIN 2008 à MAI 2009													
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	Tang phi	Cos PHI	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (SUS)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %
juin-08	156 634	0	426	268	584	0,546	0,88	10 975 564,14	561,98	19 530,17	30	51,07%	37,25%
juil-08	165 497	0	366	283	584	0,554	0,87	11 579 714,99	562,01	20 604,11	31	60,78%	38,09%
août-08	176 740	0	358	303	584	0,540	0,88	12 350 160,93	564,20	21 889,06	31	66,36%	40,68%
sept-08	224 469	0	383	384	584	0,539	0,88	15 023 353,31	564,40	26 614,69	31	83,40%	53,88%
oct-08	213 987	0	366	366	584	0,536	0,88	14 724 153,82	570,00	25 831,88	31	78,58%	49,25%
nov-08	143 255	0	349	245	584	0,543	0,88	10 825 240,11	584,00	18 336,37	30	57,01%	34,07%
dec-08	169 929	0	358	291	584	0,535	0,88	12 759 025,68	601,65	21 206,72	31	63,80%	39,14%
janv-09	146 578	0	256	251	584	0,539	0,88	13 090 196,74	688,19	19 021,26	31	76,90%	37,03%
fev-09	125 529	0	349	215	584	0,577	0,87	12 416 289,94	733,51	16 927,23	28	53,52%	31,99%
mars-09	199 585	0	383	342	584	0,547	0,88	19 394 432,92	802,20	24 176,56	31	70,04%	45,93%
avr-09	336 534	0	383	576	584	0,528	0,88	29 948 432,01	853,34	35 095,54	30	122,40%	80,04%
mai-09	382 156	0	383	654	584	0,546	0,88	31 541 564,44	802,09	39 327,94	31	134,10%	87,95%
MOYENNE	203 406	0	363	348	584	0,544	0,88	18 118 825,77		24 063,17		76,31%	47,62%
TOTAL	2 440 871	0	426	4 180				194 625 909,27		288 758,10		134,10%	87,95%
MAX													
PERIODE 3: JUIN 2009 à MAI 2010													
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	Tang phi							

Tableau 16: Consommations d'énergie électrique de l'USINE FLEUVE

CONSOMMATION D'ENERGIE ELECTRIQUE DE L'USINE FLEUVE															
PUISSANCE TRANSFORMATEUR													2800 KVA		
PUISSANCE SOUS CRITE													855 KW		
PERIODE 1: JUIN 2007 à MAI 2008															
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	lang phi	Cos PH	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (\$US)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %		
juin-07	423 600	248 685	810	495	855	0,587	0,86	23 855 323,99	501,89	47 391,13	30	72,63%	68,81%		
juil-07	442 050	242 050	825	517	855	0,580	0,87	24 655 419,18	500,15	49 296,03	31	72,02%	69,49%		
août-07	426 300	292 400	825	499	855	0,583	0,86	23 884 883,37	500,15	47 755,44	31	69,45%	67,02%		
sept-07	415 650	241 845	825	486	855	0,582	0,86	23 363 063,16	500,15	46 713,31	30	69,29%	67,52%		
oct-07	445 950	256 530	825	522	855	0,575	0,87	24 647 820,98	501,02	49 195,28	31	72,65%	70,10%		
nov-07	441 450	254 640	825	516	855	0,577	0,87	24 441 301,90	501,26	48 759,73	30	74,32%	71,74%		
déc-07	447 150	258 765	795	523	855	0,570	0,87	24 780 697,26	502,30	49 334,46	31	75,60%	70,29%		
janv-08	495 900	283 440	825	580	855	0,574	0,87	28 556 149,74	528,49	54 033,47	31	80,75%	72,66%		
fév-08	402 150	233 920	825	470	855	0,587	0,86	25 119 601,50	533,38	45 393,04	28	72,54%	69,99%		
mars-08	402 300	235 185	825	471	855	0,585	0,86	25 561 042,71	562,92	45 407,93	31	65,54%	63,24%		
avr-08	493 200	287 140	810	577	855	0,582	0,85	30 528 199,38	562,79	55 244,97	31	84,57%	80,12%		
mai-08	389 100	225 825	825	455	855	0,580	0,87	24 703 054,35	539,95	44 116,34	31	72,79%	69,79%		
MOYENNE	435 400	280 204	820	509	855	0,581	0,86	25 339 763,14	48 478,40						
TOTAL	5 224 800	3 362 445		6 111				304 077 157,73		581 740,79		84,57%	80,12%		
MAX			825												
PERIODE 2: JUIN 2008 à MAI 2009															
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	lang phi	Cos PH	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (\$US)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %		
juin-08	463 050	267 765	825	542	855	0,578	0,87	28 577 431,63	561,98	50 851,33	30	77,95%	75,22%		
juil-08	381 450	224 100	825	446	855	0,587	0,86	24 372 950,20	562,01	43 367,47	31	62,15%	59,97%		
août-08	368 400	213 330	840	431	855	0,579	0,87	23 933 052,97	564,20	42 420,51	31	58,95%	57,23%		
sept-08	447 900	256 920	840	524	855	0,574	0,87	28 861 763,89	564,40	51 137,07	30	74,06%	72,76%		
oct-08	499 650	284 295	840	584	855	0,569	0,87	31 818 051,74	570,00	53 821,14	31	79,95%	78,55%		
nov-08	414 900	252 990	810	484	855	0,562	0,87	27 398 901,12	584,00	46 915,93	30	70,99%	62,25%		
déc-08	505 590	290 540	825	529	855	0,574	0,87	33 680 600,34	601,25	53 980,32	31	82,43%	78,53%		
janv-09	380 250	219 105	900	445	923	0,576	0,87	30 425 793,66	688,19	44 211,33	31	56,79%	59,78%		
fév-09	426 150	245 205	825	498	855	0,575	0,87	35 291 659,16	733,51	48 113,40	28	76,87%	74,17%		
mars-09	383 900	245 445	825	447	855	0,574	0,87	33 409 189,32	823,28	45 439,21	31	70,23%	69,28%		
avr-09	452 850	252 030	825	530	855	0,557	0,87	40 104 940,46	853,34	46 997,61	30	62,32%	60,13%		
mai-09	577 200	313 230	825	675	855	0,543	0,88	46 344 102,61	802,09	57 779,18	31	94,04%	90,74%		
MOYENNE	441 613	251 543	834	517	861	0,571	0,87	32 162 886,63	48 950,49			72,73%	70,80%		
TOTAL	5 299 350	3 018 510		900				385 954 639,53		587 405,87		94,04%	90,74%		
MAX			900												
PERIODE 3: JUIN 2009 à MAI 2010															
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	lang phi	Cos PH	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (\$US)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %		
juin-09	385 950	218 385	870	451	878	0,566	0,87	32 060 026,59	781,26	41 036,31	30	61,61%	62,69%		
juil-09	440 700	242 535	840	515	855	0,550	0,88	37 409 189,32	823,28	45 439,21	31	70,23%	69,28%		
août-09	438 300	245 535	825	513	855	0,560	0,87	39 129 459,80	856,80	45 669,30	30	73,79%	71,20%		
sept-09	380 250	210 285	825	445	855	0,553	0,88	35 386 908,69	885,24	39 974,37	31	61,95%	59,78%		
oct-09	452 100	249 510	825	529	855	0,574	0,88	33 680 600,34	601,25	53 980,32	31	76,13%	73,43%		
déc-09	487 800	274 590	825	571	855	0,563	0,87	46 383 218,38	924,17	50 189,03	31	79,27%	76,68%		
janv-10	549 600	310 785	825	643	855	0,565	0,87	51 286 175,09	918,60	58 830,80	31	89,54%	86,40%		
fév-10	510 560	288 135	825	597	855	0,568	0,87	49 110 547,54	939,99	52 345,87	28	92,05%	89,05%		
mars-10	401 100	220 185	840	469	855	0,549	0,88	38 814 391,36	927,27	41 858,78	31	64,18%	63,65%		
avr-10	479 700	267 240	810	561	855	0,557	0,87	45 169 941,88	913,47	49 448,74	30	82,25%	77,92%		
mai-10	503 700	277 410	825	589	855	0,551	0,88	46 880 679,26	916,82	51 134,01	31	82,06%	79,18%		
MOYENNE	458 813	258 843	829	537	857	0,557	0,87	33 682 840,04	47 670,14			76,06%	73,63%		
TOTAL	5 506 950	3 070 110		6 441				506 315 388,50		572 065,30		92,05%	88,82%		
MAX			870												

CONSOMMATION D'ENERGIE ELECTRIQUE DE L'USINE SOYO															
PUISSANCE TRANSFORMATEUR													630 KVA		
PUISSANCE SOUS CRITE													285 KW		
PERIODE 1: JUIN 2007 à MAI 2008															
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	lang phi	Cos PH	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (\$US)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %		
juin-07	15 320	71 787	397	54	453	0,670	0,26	5 369 404,97	501,89	10 698,37	30	5,36%	7,47%		
juil-07	18 972	19 372	356	53	392	0,520	0,89	2 166 594,97	500,15	4 331,89	31	5,65%	7,06%		
août-07	15 364	15 012	400	54	458	0,520	0,89	2 418 642,51	500,15	4 835,83	31	5,16%	7,25%		
sept-07	12 642	119 454	424	44	385	0,574	0,89	1 682 660,34	500,15	3 304,31	30	6,04%	6,16%		
oct-07	14 056	101 999	310	49	323	0,504	0,19	4 879 841,83	501,02	9 140,04	31	6,09%	6,33%		
nov-07	14 496	92 033	320	51	338	0,492	0,20	4 752 726,05	501,26	9 481,56	30	6,29%	7,06%		
déc-07	13 786	83 522	320	48	338	0,490	0,20	4 675 987,31	502,30	9 309,15	31	5,79%	6,50%		
janv-08	15 088	97 924	323	53	342	0,490	0,20	5 145 776,35	528,49	9 736,75	31	6,28%	7,12%		
fév-08	12 992	85 307	312	46	326	0,570	0,19	4 967 189,94	553,38	8 976,09	28	6,20%	6,78%		
mars-08	130 248	62 033	338	596	465	0,045	0,21	13 029 973,90	562,92	18 919,49	31	4,08%	4,83%		
avr-08	16 212	88 252	390	57	443	0,480	0,20	6 534 771,92	562,79	11 611,39	30	5,77%	7,20%		
mai-08	15 048	82 034	390	53	443	0,490	0,20	6 340 362,14	559,95	11 323,09	31	5,19%	7,10%		
MOYENNE	14 185	67 461	335	50	375	0,528	0,38	4 471 199,69	8 477,33			6,08%	6,82%		
TOTAL	170 224	809 528		597				53 654 396,26		101 727,92		11,04%	7,90%		
MAX			400												
PERIODE 2: JUIN 2008 à MAI 2009															
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	lang phi	Cos PH	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (\$US)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %		
juin-08	17 896	93 469	398	63	455	0,480	0,20	6 868 907,61	561,98	12 222,69	30	6,25%	8,23%		
juil-08	15 620	82 161	368	55	410	0,460	0,21	6 093 967,50	562,01	10 843,17	31	5,71%	7,37%		
août-08	16 304	78 938	424	57	494	0,480	0,20	7 152 745,61	564,20	12 677,68	31	5,17%	7,69%		
sept-08	14 372	97 348	424	50	494	0,510	0,19	6 965 434,29	564,40	12 341,31	30	4,71%	7,00%		
oct-08	15 152	96 299	327	53	348	0,480	0,20	5 717 469,38	570,00	10 030,65	31	6,23%	7,15%		
nov-08	153 890	72 920	324	540	344	0,470	0,91	10 803 769,73	584,00	18 499,61	30	65,97%	75,00%		
déc-08	182 330	85 091	403	640	462	0,460	0,91	13 398 691,76	601,65	22 269,91	31	60,81%	85,99%		
janv-09	168 970	77 377	450	593	533	0,458	0,91	14 804 640,20	688,19	21 512,43	31	50,47%	79,69%		
fév-09	121 085	66 221	320	425	338	0,547	0,88	11 148 709,26	733,51	15 199,12	28	56,31%	63,22%		
mars-09	120 485	67 057	371	423	414	0,557	0,87	12 574 916,65	802,20	15 675,54	31	43,65%	58,62%		
avr-09	171 885	97 481	392	603	446	0,567	0,87	16 914 423,96	853,34	19 821,44	30	60,90%	83,76%		
mai-09	199 445	114 598	409	700	471	0,570	0,87	18 275 029,37	802,09	22 784,26	31	65,54%	94,06%		
MOYENNE	99 786	85 747	384	350	434	0,524	0,60	10 893 225,44	16 158,48			35,98%	48,04%		
TOTAL	1 197 434	1 028 961		4 202				130 718 705,30		193 877,80		65,97%	94,06%		
MAX			450												
PERIODE 3: JUIN 2009 à MAI 2010															
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	lang phi	Cos PH	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (\$US)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %		
juin-09	151 845	89 009	389	533	441	0,580	0,87	13 999 754,01	781,26	17 919,46	30	54,21%	74,00%		
juil-09	176 485	101													

Tableau 18 : Consommations d'énergie électrique de la Station de POMPAGE R7

CONSOMMATION D'ENERGIE ELECTRIQUE DE LA STATION DE POMPAGE R7													
PUISSANCE TRANSFORMATEUR													
PUISSANCE SOUS CRITE													
PERIODE 1: JUIN 2007 à MAI 2008													
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	ling ph	Cos PH	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (US\$)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %
juin-07	67 099	85 280	204	169	396	0.973	0.72	8 658 701.13	501.89	14 234.93	30	45.68%	23.52%
juil-07	92 021	92 021	204	232	396	0.964	0.72	7 092 169.74	500.15	14 180.09	31	60.63%	31.23%
août-07	71 876	59 007	204	182	396	0.996	0.71	5 951 932.69	500.15	11 900.30	31	47.36%	24.40%
sept-07	92 973	90 440	204	235	396	0.973	0.72	7 148 337.87	500.15	14 292.39	30	63.30%	32.63%
oct-07	119 408	114 410	204	302	396	0.958	0.72	8 725 854.47	501.02	17 416.18	31	78.62%	40.53%
nov-07	107 151	104 482	187	271	396	0.973	0.72	8 003 886.17	501.26	15 967.53	30	79.55%	37.55%
déc-07	107 338	106 233	204	271	396	0.990	0.71	8 104 063.22	502.30	16 133.91	31	70.72%	36.43%
janv-08	108 800	104 312	204	275	396	0.959	0.72	8 541 709.89	528.49	16 162.48	31	71.68%	36.93%
fév-08	92 514	89 726	204	234	396	0.970	0.72	7 879 140.82	553.38	14 238.21	28	67.49%	34.72%
mars-08	77 656	76 296	204	196	396	0.982	0.71	7 086 540.26	562.92	12 388.80	31	51.16%	26.36%
avr-08	101 864	97 223	204	257	396	0.954	0.72	8 634 737.32	562.79	15 342.73	30	69.53%	35.73%
mai-08	72 386	68 102	204	183	396	0.941	0.73	6 584 227.09	559.95	11 758.60	31	47.69%	24.57%
MOYENNE	92 591	88 961	203	234	396	0.970	0.72	7 449 275.06		14 268.02		62.78%	32.06%
TOTAL	1 111 086	1 067 532		2 806				89 391 300.69		171 216.25		79.58%	40.53%
MAX			204										
PERIODE 2: JUIN 2008 à MAI 2009													
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	ling ph	Cos PH	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (US\$)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %
juin-08	79 305	74 834	187	200	396	0.944	0.73	7 063 717.32	561.98	12 869.34	30	58.90%	27.81%
juil-08	71 468	69 530	204	180	396	0.973	0.72	6 604 167.20	562.01	11 750.98	31	47.09%	24.26%
août-08	69 076	67 215	204	175	396	0.973	0.72	6 587 101.33	564.20	11 875.12	31	42.03%	23.46%
sept-08	95 030	93 347	204	240	396	0.982	0.71	8 405 672.14	564.40	14 893.11	30	64.70%	33.33%
oct-08	108 953	109 837	192	275	396	1.008	0.70	9 625 625.03	570.00	16 887.06	31	76.27%	36.98%
nov-08	77 571	77 877	204	196	396	1.004	0.71	7 476 061.71	584.00	12 801.48	30	52.81%	27.21%
déc-08	103 343	102 425	204	261	396	0.991	0.71	9 582 511.68	601.65	15 927.05	31	68.09%	35.08%
janv-09	87 511	10 013	204	145	396	0.174	0.99	6 153 212.59	688.19	8 941.13	31	37.89%	19.52%
fév-09	78 931	10 013	204	199	396	0.000	1.00	8 063 933.87	733.51	10 993.62	28	57.58%	29.66%
mars-09	61 404	0	204	155	396	0.000	1.00	7 374 005.65	802.20	9 192.23	31	40.46%	20.84%
avr-09	79 934	0	204	202	396	0.000	1.00	8 774 393.33	853.34	10 283.41	30	54.42%	28.04%
mai-09	87 567	18 054	204	221	396	0.206	0.98	8 830 601.75	802.09	11 009.49	31	57.69%	29.72%
MOYENNE	80 844	51 928	203	204	396	0.605	0.83	7 878 416.97		12 243.59		54.83%	27.99%
TOTAL	970 122	623 135		2 450				94 541 003.59		146 923.05		76.27%	36.98%
MAX			221										
PERIODE 3: JUIN 2009 à MAI 2010													
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	ling ph	Cos PH	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (US\$)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %
juin-09	79 424	84 150	204	201	396	1.060	0.69	9 668 800.28	781.26	12 373.91	30	54.07%	27.86%
juil-09	95 268	103 003	207	241	396	1.081	0.68	11 212 689.59	783.09	14 318.52	31	61.86%	31.23%
août-09	78 387	84 371	204	198	396	1.076	0.68	10 173 654.40	823.28	12 357.47	31	51.65%	26.61%
sept-09	82 484	93 738	204	208	396	1.136	0.66	11 265 309.28	856.80	13 147.80	30	56.16%	28.93%
oct-09	59 874	67 303	204	151	396	1.124	0.66	9 256 872.46	885.24	10 456.91	31	39.45%	20.32%
nov-09	80 784	90 644	204	204	396	1.124	0.67	12 643 976.04	925.84	13 705.61	31	55.00%	29.33%
déc-09	108 409	121 788	207	274	396	1.123	0.67	15 002 704.90	924.17	16 233.71	31	70.39%	36.80%
janv-10	108 681	121 788	204	274	396	1.121	0.67	14 703 502.43	918.60	16 006.43	31	71.63%	36.89%
fév-10	99 620	111 943	204	252	396	1.124	0.66	14 779 811.67	939.99	15 191.45	28	72.62%	37.44%
mars-10	63 484	72 148	204	165	396	1.102	0.67	10 130 739.98	927.97	10 946.00	31	43.15%	22.23%
avr-10	81 311	90 270	204	205	396	1.110	0.67	11 693 035.96	913.47	12 800.68	30	55.36%	28.52%
mai-10	87 397	96 883	204	221	396	1.109	0.67	12 389 390.57	916.82	13 513.44	31	57.58%	29.66%
MOYENNE	85 594	94 836	205	216	396	1.107	0.67	11 870 017.30		13 421.23		57.41%	29.66%
TOTAL	1 027 123	1 138 931		2 594				142 440 207.56		161 054.81		72.67%	37.44%
MAX			207										

Tableau 19 : Consommations d'énergie électrique de la Station de POMPAGE R4

CONSOMMATION D'ENERGIE ELECTRIQUE DE LA STATION DE POMPAGE R4													
PUISSANCE TRANSFORMATEUR													
PUISSANCE SOUS CRITE													
PERIODE 1: JUIN 2007 à MAI 2008													
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	ling ph	Cos PH	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (US\$)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %
juin-07	10 588	0	119	64	170	0.000	0.00	1 200 689.99	501.89	2 392.34	30	12.67%	8.87%
juil-07	16 723	0	120	98	170	0.000	0.00	1 503 691.79	500.15	3 006.48	31	18.73%	13.22%
août-07	10 608	0	108	62	170	0.000	0.00	1 183 442.41	500.15	2 366.17	31	13.20%	8.39%
sept-07	15 690	0	108	92	170	0.000	0.00	1 444 841.40	500.15	2 888.82	30	20.06%	12.75%
oct-07	23 464	0	132	132	170	0.000	0.00	2 643 976.04	501.02	5 287.53	31	55.00%	17.20%
nov-07	21 466	0	120	126	170	0.000	0.00	1 875 975.83	501.26	3 803.12	30	24.84%	17.54%
déc-07	14 102	0	120	83	170	0.000	0.00	1 373 005.55	502.30	2 734.44	31	15.80%	11.15%
janv-08	13 350	0	115	90	170	0.000	0.00	1 512 954.18	528.49	2 862.79	31	12.94%	12.14%
fév-08	14 227	0	114	84	170	0.000	0.00	1 519 127.14	553.38	2 745.18	28	19.57%	12.45%
mars-08	10 483	0	116	62	170	0.000	0.00	1 324 657.64	562.92	2 353.19	31	12.15%	8.29%
avr-08	16 099	0	120	95	170	0.000	0.00	1 655 233.57	562.79	2 941.12	30	18.63%	13.15%
mai-08	10 608	0	120	62	170	0.000	0.00	1 324 943.06	559.95	2 366.18	31	11.88%	8.39%
MOYENNE	14 882	0	117	88	170	0.000	0.00	1 467 470.42		2 813.87		17.51%	12.01%
TOTAL	178 589	0	1 051					17 606 045.02		33 766.43		25.59%	17.66%
MAX			120										
PERIODE 2: JUIN 2008 à MAI 2009													
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	ling ph	Cos PH	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (US\$)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %
juin-08	9 110	0	120	54	170	0.000	0.00	1 241 591.68	561.98	2 209.32	30	10.54%	7.44%
juil-08	9 110	0	120	54	170	0.000	0.00	1 241 664.26	562.01	2 209.33	31	10.54%	7.20%
août-08	9 110	0	54	54	170	0.000	0.00	1 268 562.23	564.20	2 248.43	31	#DIV/0!	7.20%
sept-08	9 110	0	54	54	170	0.000	0.00	1 271 667.22	564.40	2 253.13	30	#DIV/0!	7.44%
oct-08	9 110	0	54	54	170	0.000	0.00	1 292 277.95	570.00	2 267.15	31	#DIV/0!	7.20%
nov-08	9 110	0	54	54	170	0.000	0.00	1 315 085.67	584.00	2 248.43	30	#DIV/0!	7.20%
déc-08	9 110	0	54	54	170	0.000	0.00	1 352 765.08	601.65	2 248.43	31	#DIV/0!	7.20%
janv-09	9 110	0	54	54	170	0.000	0.00	1 371 863.34	688.19	2 284.05	31	#DIV/0!	7.20%
fév-09	9 110	0	54	54	170	0.000	0.00	1 649 238.10	733.51	2 248.42	28	#DIV/0!	7.97%
mars-09	9 110	0	54	54	170	0.000	0.00	1 803 688.61	802.20	2 248.43	31	#DIV/0!	7.20%
avr-09	9 110	0	54	54	170	0.000	0.00	1 779 653.07	853.34	2 085.51	30	#DIV/0!	7.44%
mai-09	9 110	0	54	54	170	0.000	0.00	1 672 784.24	802.09	2 085.53	31	#DIV/0!	7.20%
MOYENNE	9 110	0	20	54	170	0.000	0.00	1 454 903.46		2 219.68		#DIV/0!	7.35%
TOTAL	109 325	0	120	643				17 458 841.47		26 636.16		#DIV/0!	7.97%
MAX			120										
PERIODE 3: JUIN 2009 à MAI 2010													
PERIODE	ENERGIE ACTIVE KWH	ENERGIE REACTIVE KVarH	PUISSANCE DE POINTE KW	HEURE	PUISSANCE FACTUREE KW	ling ph	Cos PH	MONTANT A PAYER (FC)	TAUX	MONTANT A PAYER (US\$)	NOMBRE JOUR DU MOIS	FACTEUR DE CHARGE %	FACTEUR D'UTILISATION %
juin-09	9 110	0	54	54	170	0.000	0.00	1 629 329.09	781.26	2 085.51	30	#DIV/0!	7.44%
juil-09	9 110	0	54	54	170	0.000	0.00	1 633 153.59	783.09	2 085.52	31	#DIV/0!	7.20%
août-09	9 110	0	54	54	170	0.000	0.00	1 716 975.21	823.28	2 085.53	31	#DIV/0!	7.20%
sept-09</													

Tableau 20 : Coefficient des pénalités pour mauvais cos phi

COEFFICIENT DE PENALITE POUR MAUVAIS Cos phi			COEFFICIENT DE PENALITE POUR MAUVAIS Cos		
Cos phi	Tan phi	Coefficient de PENALITE	Cos phi	Tan phi	Coefficient de PENALITE
1,00	0,000	0,0%	0,49	1,779	57,0%
0,99	0,142	0,0%	0,48	1,828	60,0%
0,98	0,203	0,0%	0,47	1,878	63,0%
0,97	0,251	0,0%	0,46	1,930	66,0%
0,96	0,292	0,0%	0,45	1,985	69,0%
0,95	0,329	0,0%	0,44	2,041	72,0%
0,94	0,363	0,0%	0,43	2,100	75,0%
0,93	0,395	0,0%	0,42	2,161	78,0%
0,92	0,426	0,0%	0,41	2,225	81,0%
0,91	0,456	0,0%	0,40	2,291	84,0%
0,90	0,484	0,0%	0,39	2,361	87,0%
0,89	0,512	0,5%	0,38	2,434	90,0%
0,88	0,540	1,0%	0,37	2,511	93,0%
0,87	0,567	2,0%	0,36	2,592	96,0%
0,86	0,593	3,0%	0,35	2,676	99,0%
0,85	0,620	4,0%	0,34	2,766	102,0%
0,84	0,646	5,0%	0,33	2,861	105,0%
0,83	0,672	6,0%	0,32	2,961	108,0%
0,82	0,698	7,0%	0,31	3,067	111,0%
0,81	0,724	8,0%	0,30	3,180	114,0%
0,80	0,750	9,0%	0,29	3,300	117,0%
0,79	0,776	10,0%	0,28	3,429	120,0%
0,78	0,802	11,0%	0,27	3,566	123,0%
0,77	0,829	12,0%	0,26	3,714	126,0%
0,76	0,855	13,0%	0,25	3,873	129,0%
0,75	0,882	14,0%	0,24	4,045	132,0%
0,74	0,909	15,0%	0,23	4,231	135,0%
0,73	0,936	16,0%	0,22	4,434	138,0%
0,72	0,964	17,0%	0,21	4,656	141,0%
0,71	0,992	18,0%	0,20	4,899	144,0%
0,70	1,020	19,0%	0,19	5,167	147,0%
0,69	1,049	20,5%	0,18	5,465	150,0%
0,68	1,078	22,0%	0,17	5,797	153,0%
0,67	1,108	23,5%	0,16	6,169	156,0%
0,66	1,138	25,0%	0,15	6,591	159,0%
0,65	1,169	26,5%	0,14	7,073	162,0%
0,64	1,201	28,0%	0,13	7,627	165,0%
0,63	1,233	29,5%	0,12	8,273	168,0%
0,62	1,265	31,0%	0,11	9,036	171,0%
0,61	1,299	32,5%	0,10	9,950	174,0%
0,60	1,333	34,0%	0,09	11,066	177,0%
0,59	1,368	36,0%	0,08	12,460	180,0%
0,58	1,405	38,0%	0,07	14,251	183,0%
0,57	1,441	40,0%	0,06	16,637	186,0%
0,56	1,479	42,0%	0,05	19,975	189,0%
0,55	1,518	44,0%	0,04	24,980	192,0%
0,54	1,559	46,0%	0,03	33,318	195,0%
0,53	1,600	48,0%	0,02	49,990	198,0%
0,52	1,643	50,0%	0,01	99,995	201,0%
0,51	1,687	52,0%	0,00		204,0%
0,50	1,732	54,0%			

Tableau 21: REPARTITION DU MONTANT DE LA FACTURE D'ENERGIE AVANT OPTIMISATION

REPARTITION DU MONTANT DES FACTURES D'ENERGIE ELECTRIQUE DES INSTALLATIONS DE LA VILLE DE MATADI																		
PERIODE 2: JUN 2008 à MAI 2009																		
NOM DU SITE	MONTANT TERME A			MONTANT TERME B			PENALITE DEPASSEMENT P.S			PENALITE MAUVAIS Cos PHI			TAXES DIVERSES			I.C.A		
	(FC)	(\$US)	%	(FC)	(\$US)	%	(FC)	(\$US)	%	(FC)	(\$US)	%	(FC)	(\$US)	%	(FC)	(\$US)	%
	CAPTAGE FLEUVE	28 585 633,86	43 622,94	7,97%	248 457 674,48	371 279,71	69,28%	15 603 690,92	22 830,15	4,35%	19 573 505,82	29 618,14	5,46%	473 562,06	778,43	0,13%	45 947 294,62	68 520,83
USINE FLEUVE	40 239 414,10	61 407,13	10,42%	289 163 523,65	439 780,38	74,85%	272 829,94	396,45	0,07%	6 403 986,14	9 906,82	1,66%	673 594,48	1 132,85	0,17%	49 575 853,20	75 226,00	12,83%
CAPTAGE MPOZO	27 854 416,27	42 507,07	14,29%	139 774 402,49	206 227,93	71,73%	0,00	0,00	0,00%	1 946 811,12	2 880,48	1,00%	447 165,54	731,67	0,23%	24 838 961,54	36 671,77	12,75%
USINE SOYO	13 926 779,71	21 252,88	10,63%	75 126 861,03	105 869,58	57,35%	7 021 930,26	10 698,54	5,36%	17 782 596,97	31 029,63	13,58%	350 072,66	559,64	0,27%	16 778 525,48	24 784,87	12,81%
POMPAGER7	19 255 688,40	29 385,03	20,34%	55 692 044,49	85 759,62	58,82%	0,00	0,00	0,00%	7 241 230,52	12 622,28	7,65%	359 102,74	575,64	0,38%	12 140 307,35	18 820,95	12,82%
POMPAGER4	8 405 838,27	12 827,68	48,08%	6 569 471,95	10 025,19	37,58%	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	264 191,19	407,47	1,51%	2 241 974,84	3 410,85	12,82%
TOTAL	138 267 770,60	211 002,74		814 783 978,09	1 218 942,42		22 898 451,12	33 925,14		52 948 130,57	86 057,35		2 567 688,67	4 185,70		151 522 917,02	227 435,26	
	11,69%			68,88%			1,94%			4,48%			0,22%			12,81%		
PERIODE 3: JUN 2009 à MAI 2010																		
NOM DU SITE	MONTANT TERME A			MONTANT TERME B			PENALITE DEPASSEMENT P.S			PENALITE MAUVAIS Cos PHI			TAXES DIVERSES			I.C.A		
	(FC)	(\$US)	%	(FC)	(\$US)	%	(FC)	(\$US)	%	(FC)	(\$US)	%	(FC)	(\$US)	%	(FC)	(\$US)	%
	CAPTAGE FLEUVE	36 287 939,11	41 097,73	7,04%	366 557 504,34	415 321,61	71,10%	16 099 878,72	18 440,91	3,12%	28 826 566,23	32 940,92	5,59%	327 232,83	370,61	0,06%	67 422 261,29	76 450,18
USINE FLEUVE	51 086 693,62	57 857,75	10,09%	381 547 953,92	430 934,76	75,38%	95 629,45	122,40	0,02%	7 084 704,20	8 019,92	1,40%	327 232,83	370,61	0,06%	66 021 332,10	74 595,82	13,04%
CAPTAGE MPOZO	35 359 389,81	40 046,12	9,96%	267 428 323,49	302 454,63	75,31%	0,00	0,00	0,00%	5 467 782,44	6 192,20	1,54%	327 232,83	370,61	0,09%	46 517 046,22	52 608,01	13,10%
USINE SOYO	17 678 202,42	20 021,41	7,15%	156 742 850,11	177 837,15	63,41%	39 031 776,92	43 184,75	15,79%	619 459,81	787,36	0,25%	327 232,83	370,61	0,13%	32 780 073,38	37 001,22	13,26%
POMPAGER7	24 440 279,66	27 679,90	17,19%	75 665 368,91	85 553,27	53,21%	0,00	0,00	0,00%	23 451 053,54	26 462,98	16,49%	327 232,83	370,61	0,23%	18 305 046,88	20 709,70	12,87%
POMPAGER4	10 672 446,71	12 086,94	0,35	14 654 475,10	16 425,30	48,47%	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	327 232,83	370,61	1,08%	4 580 164,62	5 124,53	15,15%
TOTAL	175 524 951,33	198 789,86		1 262 596 475,86	1 428 526,72		55 227 285,08	61 748,07		65 449 566,21	74 403,39		1 963 396,98	2 223,65		235 625 924,49	266 489,46	
	9,77%			70,29%			3,07%			3,64%			0,11%			13,12%		

FACTURE D'ENERGIE MOYENNE TENSION

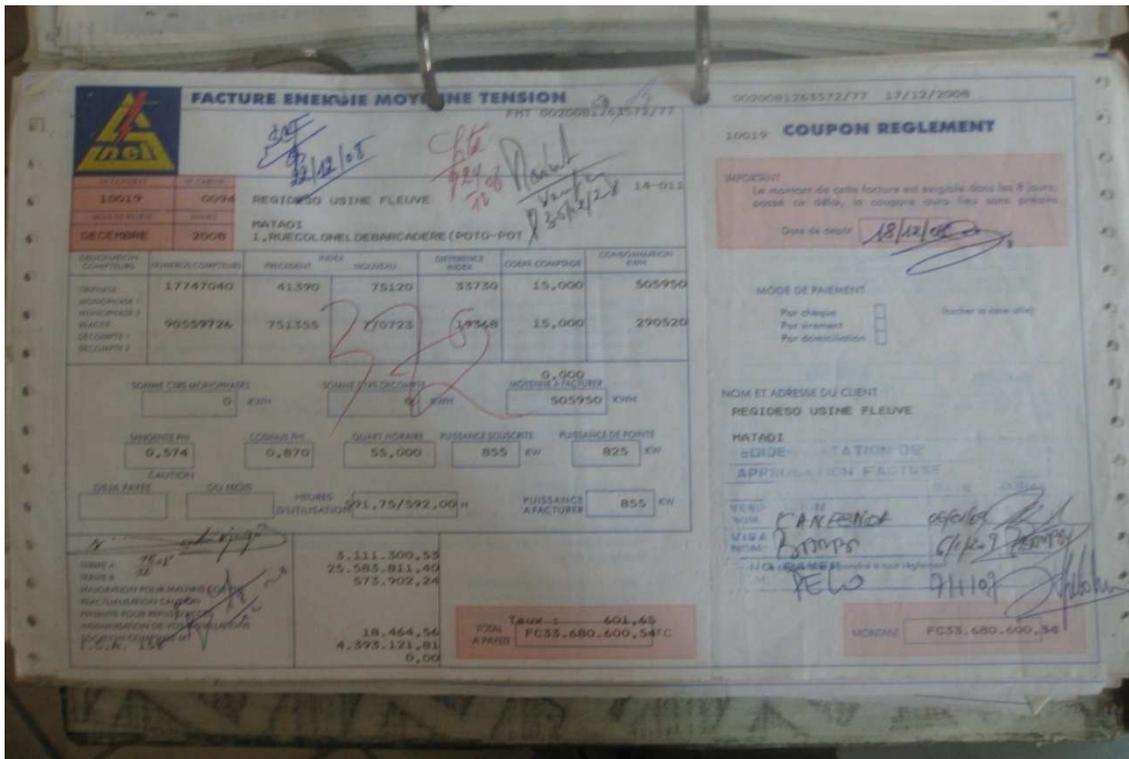


Illustration 12 : Facture d'énergie MT de l'Usine FLEUVE approuvée (déc. 2008)

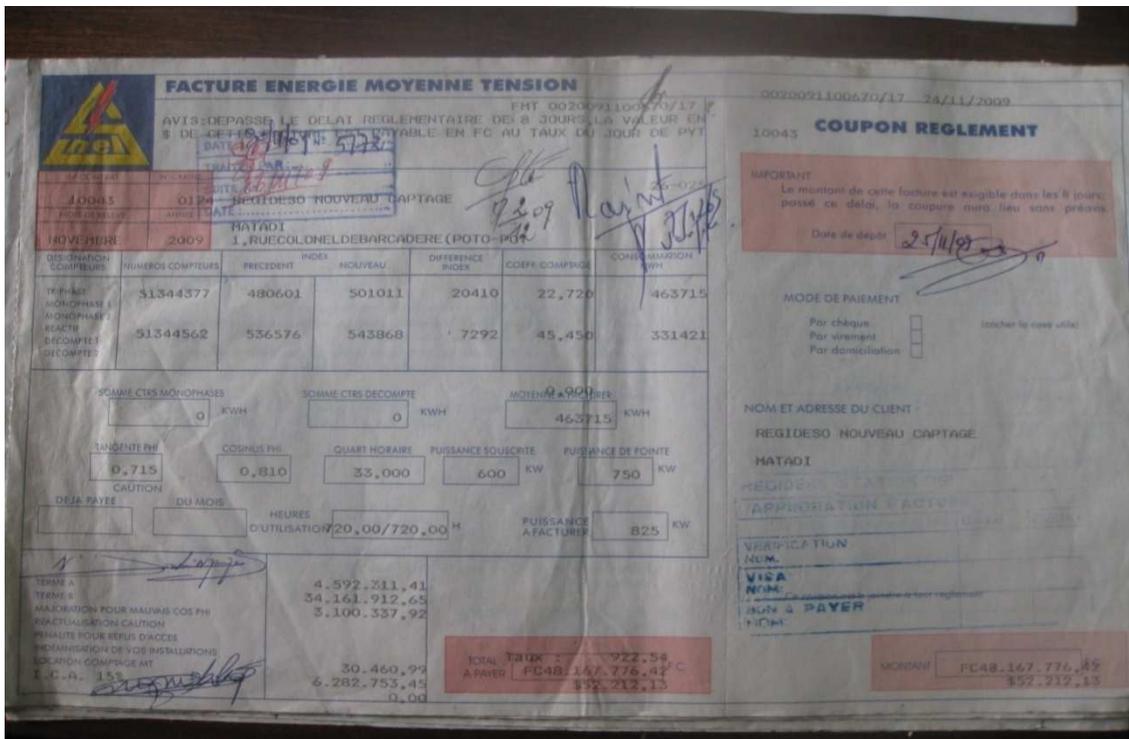


Illustration 13 : Facture d'énergie MT du Captage FLEUVE non approuvée (nov. 2009)

TARIFS MOYENNE TENSION SECTEUR HYDRAULIQUE

TARIFS MOYENNE TENSION SECTEUR HYDRAULIQUE POUR LA FACTURATION DU MOIS DE MAI 2010		
M.T. FORCE MOTRICE (FONDERIE ET LAMINOIR), OFFICE ET BUREAU		
PUISSANCE SOUSCRITE	TERME A (FC/KW)	TERME B (FC/KWH)
1-99	5908,9940	82,2388
100-399	5239,4487	73,8041
400-1599	4987,9896	67,3983
1600-3999	4512,5930	62,1605
4000-PLUS	4191,7056	57,9431
LOCATION COMPTEUR	28 137,24 FC/MOIS	
M.T. RESIDENTIELLE ET ECLAIRAGE PUBLIC		
PUISSANCE SOUSCRITE	TERME A (FC/KW)	TERME B (FC/KWH)
1-99	4 077,5814	80,8769
100-399	3 827,8778	64,8425
400-1599	3 690,2045	49,8751
1600-3999	3 339,5205	46,0244
4000-PLUS	3 102,9807	42,9672
LOCATION COMPTEUR	28 137,24 FC/MOIS	
M.T. CHAUFFAGE POUR CUISSON ET POUR TRANSFORMATION DES MATIERES PREMIERES (HORMIS LES METAUX)		
TRANCHES HEURES/MOIS	TERME A (FC/KW)	TERME B (FC/KWH)
1-99	5 452,7012	81,3225
100-399	5 185,9880	73,0708
400-1599	4 936,8080	66,7446
1600-3999	4 486,5055	61,5167
4000-PLUS	4 145,9818	57,3013
LOCATION COMPTEUR	28 137,24 FC/MOIS	
M.T. VAPEUR		
TRANCHES HEURES/MOIS		FC/KWH
1-200		80,0518
201-350		59,4100
351-480		58,8599
481-800		58,2181
801-720		57,0630
LOCATION COMPTEUR	10 470,10 FC/MOIS	
MAT BUIDINS, CONFESSIONS RELIGIEUSES ET ASBL		
TRANCHES HEURES/MOIS		FC/KWH
1-100		59,9010
101-200		58,3098
201-350		57,7597
351-400		57,2096
401-500		56,5079
501+		56,0178
LOCATION COMPTEUR	10 470,10 FC/MOIS	

Illustration 14 : Tarif MT du Secteur Hydraulique du mois de mai 2010

ANNEXE 2 : CARACTERISTIQUES DES EQUIPEMENTS

Tableau 22: Caractéristiques nominales des GMP du Captage FLEUVE

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES CHARGES						Diagnostic	Solution préconisée
		Etat	Puissance Nominale Pn (kW)	Tension Un (V)	Courant In (A)	Cosphi	Vitesse (tr/min)		
1	Station de Pompage Captage FLEUVE								
	Poste de transformation 2x500kVA/15kV/400V							les tableaux 15 KV et BT sont vétustes;	Réhabiliter les tableaux 15KV et BT;
	Eclairage							Eclairage insuffisant	Réhabiliter l'éclairage extérieur du site (4 points lumineux 125 W) et intérieur (3 points lumineux 2X40 W)
1.1	Pompage Eau Brute GMP Immergés								
	GMP 2 immergé (468 m3/h x 64 m x 120 kW)	en fonction	120	380	240	0,80	1485	En fonction mais vétuste	A remplacer
	GMP 4 immergé (468 m3/h x 64 m x 120 kW)	en fonction	120	380	240	0,80	1485	En fonction mais vétuste	A remplacer
1.2	Pompage Eau Brute GMP de Surface								
	GMP 1 de surface (500 m3/h x 80 m x 160 kW)	en fonction	160	380	303	0,85	1485	En fonction mais vétuste	A remplacer
	GMP 3 de surface (500 m3/h x 80 m x 160 kW)	en fonction	160	380	307	0,85	1485	En fonction mais vétuste	A remplacer
	GM Compresseur (Anti-bélier)	en fonction							

Tableau 23: Caractéristiques nominales des GMP du Captage MPOZO

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES CHARGES						Diagnostic	Solution préconisée
		Etat	Puissance Nominale Pn (kW)	Tension Un (V)	Courant In (A)	Cosphi	Vitesse (tr/min)		
2	Station de Pompage Captage MPOZO								
	Poste de transformation 800kVA/15KV/400V								
	Eclairage							Insuffisant	Réhabiliter en remplaçant les dix luminaires 125 W sur poteau
	Palan							Inexistant	Prévoir si possible un palan électrique de 3,5 tonnes
2.1	Pompage Eau Brute GMP Immergés								
	GMP 1 immergé (185 m3/h x 27 m x 27 kW)	en fonction	27	380	55	0,81	1485	En bon état mais garniture en carbone pose problème	Remplacer les garnitures en acier INOX
	GMP 2 immergé (185 m3/h x 27 m x 27 kW)	en fonction	27	380	55	0,81	1485	En bon état mais garniture en carbone pose problème	Remplacer les garnitures en acier INOX
	GMP 3 immergé (185 m3/h x 27 m x 27 kW)	en panne	27	380	55	0,81	1485	En panne mais garniture en carbone pose problème	Remplacer les garnitures en acier INOX
2.2	Pompage Eau Brute GMP de surface								
	GMP 4 de surface (350 m3/h, 160 m x 250 kW)	en fonction	250	380	425	0,93	2975	En fonction mais vétuste	A remplacer
	GMP 5 de surface (350 m3/h, 160 m x 250 kW)	en fonction	250	380	425	0,93	2975	En fonction mais vétuste	A remplacer
	GMP 6 de surface (350 m3/h, 160 m x 250 kW)	en panne	250	380	425	0,93	2975	En panne et vétuste	A remplacer
	GM Compresseur (Anti-bélier)	en panne	1,1	380	2	0,80	1284	en panne	A réparer

Tableau 24: Caractéristiques nominales des GMP des Stations R7, R4 et R2

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES CHARGES					Diagnostic	Solution préconisée	
		Etat	Puissance Nominale Pn (kW)	Tension Un (V)	Courant In (A)	Cosphi			Vitesse (tr/min)
5	Station de Pompage R7								
	Poste de transformation 400kVA/15KV/400V								
	Eclairage Intérieur						Insuffisant	Réhabiliter les 14 points lumineux 2X40 W	
	Eclairage Extérieur						Eteint	Réhabiliter les 2 points lumineux 1X125 W	
	GMP 1 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en fonction	132	400	225	0,80	1485	En fonction mais vétuste	A remplacer
	GMP 2 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en fonction	132	400	225	0,80	1485	En fonction mais vétuste	A remplacer
	GMP 3 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en panne	132	400	225	0,80	1485	En panne et vétuste	A remplacer
6	Station de Pompage R4								
	Poste de transformation 500kVA/15KV/400V								
	Eclairage						Insuffisant	A réhabiliter les 7 points lumineux 2X40 W	
	GMP 1 (126 m3/hx 102 m x 75 kW)	en fonction	75	400	139	0,84	1480	En fonction mais vétuste	A remplacer
	GMP 2 (126 m3/hx 102 m x 75 kW)	en fonction	75	400	139	0,84	1480	En fonction mais vétuste	A remplacer
GMP 3 (126 m3/hx 102 m x 75 kW)	en panne	75	400	139	0,84	1480	En panne et vétuste	A remplacer	
7	Station de Pompage R2								
	Poste de transformation Thermique avec un groupe électrogène 220kVA/400V						Station non raccorder au réseau public de distribution et le transfo de puissance absent. Un groupe électrogène de 220 KVA assure l'énergie électrique de la station	Fournir un Transfo de puissance 400 KVA/15 KV/400V et raccorder le poste de transformation	
	Tableau des auxiliaires des GMP						Plusieurs appareillages sont démontés	Réhabiliter complètement les armoires relatives aux GMP	
	Eclairage Intérieur						En panne	Remplacer les 4 points lumineux 2X40 W	
	Eclairage Extérieur						Délabré	Remplacer les 8 points lumineux 2X65 W	
	Eclairage Magasin						Insuffisant	Réhabiliter les 12 points lumineux 2X65 W	
	Eclairage Chambre des vannes						Eteint	Réhabiliter les points lumineux 2X65 W	
	GMP 1 (133 m3/hx 165 m x 110 kW)	en fonction	110	400	197	0,87	2970	En fonction mais vétuste	A remplacer
GMP 2 (133 m3/hx 165 m x 110 kW)	en panne	110	400	197	0,87	2970	GMP déplacé	A remplacer	
GMP 3 (133 m3/hx 165 m x 110 kW)	en panne	110	400	197	0,87	2970	GMP déplacé	A remplacer	

Tableau 25: Tableau Caractéristiques nominales des GMP de l'Usine FLEUVE

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES CHARGES					Diagnostic	Solution préconisée	
		Etat	Puissance Nominale Pn (kW)	Tension Un (V)	Courant In (A)	Cosphi			Vitesse (tr/min)
3	USINE DU FLEUVE								
	Poste de transformation 1: 800kVA/15kV/400V							Transfo 1 de 800 KVA connaît la surchauffe pendant la journée et doit à chaque fois être retiré du réseau et réduisant ainsi la puissance disponible pour alimenter la charge installée	
3.1	Station de Pompage Eau traitée Fleuve								
	Nouveau Pompage eau traitée								
	GMP 1 HP (414 m ³ /h x 160 m x 280 kW)	en fonction	280	400	490	0,80	1480	En fonction mais vétuste	Fournir un GMP neuf
	GMP 2 HP (414 m ³ /h x 160 m x 280 kW)	en panne	280	400	490	0,80	1480	En panne et vétuste	Fournir un GMP neuf
	GMP 3 HP (414 m ³ /h x 160 m x 280 kW)	en panne	280	400	490	0,80	1480	En panne et vétuste	Fournir un GMP neuf
	Poste de transformation 2: 800kVA/15kV/400V								
	Ancien Pompage eau traitée								
	GMP 4 HP (414 m ³ /h x 160 m x 280 kW)	en fonction	280	400	490	0,80	1480	En fonction mais vétuste	Fournir un GMP neuf
	GMP 5 HP (414 m ³ /h x 160 m x 280 kW)	en fonction	280	400	490	0,80	1480	En fonction mais vétuste	Fournir un GMP neuf
	GMP 6 BP (72 m ³ /h x 38,5 m x 15 kW)	en panne	15	400	29	0,84	1480	En panne et vétuste	Fournir un GMP neuf
	GMP 7 BP (72 m ³ /h x 38,5 m x 15 kW)	en fonction	15	400	29	0,84	1480	En fonction mais vétuste	Fournir un GMP neuf
	GMP 8 BP (72 m ³ /h x 38,5 m x 15 kW)	en fonction	15	400	29	0,84	1480	En fonction mais vétuste	Fournir un GMP neuf
3.2	Filtration FLEUVE								
	Eclairage							vétustes et six points éteints	Réhabiliter les dix points lumineux
	GMP 1 Eau de lavage	en fonction	55	380	106	0,80	1470	En fonction mais vieux	A fournir
	GMP 2 Eau de lavage	en réserve	55	380	106	0,80	1470	En fonction mais vieux	A fournir
	GM Surpresseur 1	en fonction	22	380	42	0,88	1455	En fonction mais vieux	A fournir
	GM Surpresseur 2	en fonction	22	380	42	0,88	1455	En fonction mais vieux	A fournir
	GM Surpresseur 3	en réserve	22	380	42	0,88	1455	En fonction mais vieux	A fournir
	GM Compresseur 1	en fonction	1,5	380	3	0,80	1284	En fonction mais vieux	A fournir
	GM Compresseur 2	en réserve	1,5	380	3	0,80	1284	En fonction mais vieux	A fournir
3.3	Dosage des réactifs FLEUVE								
	Eclairage							Insuffisant	A remplacer
	Electro-mélangeur 1 de sulfate	en fonction	2,2			0,80	1400	En fonction mais vétuste	A remplacer
	Electro-mélangeur 2 de sulfate	en réserve	2,2			0,80	1400	En fonction mais vétuste	A remplacer
	Electro-mélangeur 1 de chaux	en fonction		380	1,13	0,80	1400	En fonction mais vétuste	A remplacer
	Electro-mélangeur 2 de chaux	en réserve		380	1,13	0,80	1400	En fonction mais vétuste	A remplacer
	Electro-mélangeur 3 de chaux	en réserve		380	1,13	0,80	1400	En fonction mais vétuste	A remplacer
	GMP 1 de Dosage de la chaux	en fonction	5,5			0,80	1435	En fonction mais vétuste	A remplacer
	GMP 2 de Dosage de la chaux	en réserve	5,5			0,80	1435	En fonction mais vétuste	A remplacer
	Electro-mélangeur 1 du chlore	en fonction	3			0,80			
	Electro-mélangeur 2 du chlore	en réserve	3			0,80			
	GMP 1 de chloration	en fonction	0,18	380	0,59	0,80		Vetuste	A remplacer
	GMP 2 de chloration	en réserve	0,18	380	0,59	0,80		Vetuste	A remplacer
3.4	Floculation FLEUVE								
	Electro-mélangeur 1 rapide	en fonction	0,7	380	2,2	0,82	1400	Vetuste	A remplacer
	Electro-mélangeur 2 rapide	en panne	0,7	380	2,2	0,82	1400	Vetuste	A remplacer
	Electro-mélangeur 3 rapide	en panne	0,7	380	2,2	0,82	1400	Vetuste	A remplacer
3.5	Décantation FLEUVE								
	Purge							En panne	A moderniser par l'installations GMP submersibles
	Moteur des Ponts racleurs	en panne				0,80		Difficiles à manoeuvrer, le deuxième est en panne de roulement de moteur de racleur	A moderniser et réhabiliter le coffret de commande de chaque module de décanteur
3.6	Atelier Mécanique					0,8		Equipements vétustes	Renouveler tous les équipements

Tableau 26: Caractéristiques nominales des GMP de l'USINE SOYO

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES CHARGES						Diagnostic	Solution préconisée
		Etat	Puissance Nominale Pn (kW)	Tension Un (V)	Courant In (A)	Cosphi	Vitesse (tr/min)		
4	USINE DE SOYO								
	Poste de transformation 630kVA/15KV/400V								
	Tableau électrique BT						2 disjoncteurs "arrivée" 1000 A démontés	A fournir	
4.1	Station Pompage Eau traitée SOYO								
	Pompage en direction de R6								
	GMP 1 BP (150 m ³ /h x 100 m x 75 kW)	en fonction	75	380	145	0,85	1480	En fonction mais vétuste	A fournir
	GMP 2 BP (150 m ³ /h x 100 m x 75 kW)	en fonction	75	380	145	0,85	1480	En fonction mais vétuste	A fournir
	GMP 3 BP (150 m ³ /h x 100 m x 75 kW)	en fonction	75	380	145	0,85	1480	En fonction mais vétuste	A fournir
	Pompage en direction de R4								
	GMP 4 HP (133 m ³ /h, 165 m x 110 kW)	en fonction	110	380	197	0,87	2940	En fonction mais vétuste	A fournir
	Pompage en direction de R8								
	GMP 5 HP (15 m ³ /h x 240 m x 22 kW)	en fonction	22	380	41	0,91	2940	En fonction mais vétuste	A fournir
	GMP 6 HP (15 m ³ /h x 240 m x 22 kW)	en panne	22	380	41	0,91	2940	En panne et vétuste	A fournir
	GMP 7 HP (15 m ³ /h x 240 m x 22 kW)	en panne	22	380	41	0,91	2940	En panne et vétuste	A fournir
4.2	Filtration SOYO								
	TGBT							Vétuste	A réhabiliter
	Demarreur à bain d'huile BBC							Vétuste	A moderniser
	Eclairage							Insuffisant	A remplacer
	GMP 1 Eau de lavage	en fonction	15	380	29,8	0,86	1445	En fonction mais vieux	A fournir
	GMP 2 Eau de lavage	en fonction	15	380	29,8	0,86	1445	En fonction mais vieux	A fournir
	GM Surpresseur	en fonction	18	380	55,8	0,89	2940	En fonction mais vieux	A fournir
4.3	Dosage des réactifs SOYO								
	Agitateur 1 de sulfate	en fonction	1,1			0,80	1500	Vétuste	A fournir
	Agitateur 2 de sulfate	en réserve	1,1			0,80	1500	Vétuste	A fournir
	GMP 1 Doseur de sulfate	en fonction	0,25			0,80	112	Vétuste	Fournir le GMP neuf
	Agitateur 1 de chaux	en fonction	0,55			0,80	1500	Vétuste	A fournir
	Agitateur 2 de chaux	en panne	0,55			0,80	1500	Vétuste	A fournir
	GMP 1 Transfert de chaux	en fonction	0,25			0,80	1400	En fonction mais vétuste	Fournir le GMP neuf
	Agitateur 1 de chlore	en fonction	0,55			0,80	1500	Vétuste	A fournir
	Agitateur 2 de chlore	en panne	0,55			0,80	1500	Vétuste	A fournir
4.4	Floculation SOYO								
	Electro-mélangeur 1 rapide	en fonction	0,7			0,80		vétuste	A fournir
	Electro-mélangeur 2 rapide	en fonction	0,7			0,80		vétuste	A fournir
	Electro-mélangeur 1 lent	en fonction	0,7			0,80		vétuste	A fournir
	Electro-mélangeur 2 lent	en fonction	0,7			0,80		vétuste	A fournir
	Electro-mélangeur 3 lent	en panne	0,8			0,80		Defectueux	A fournir
	Electro-mélangeur 4 lent	en panne	0,8			0,80		Defectueux	A fournir
4.5	Décantation SOYO								
	Décantation Système lamellaire								

COURBES D'ESSAI DE RECEPTION A L'USINE DES GMP

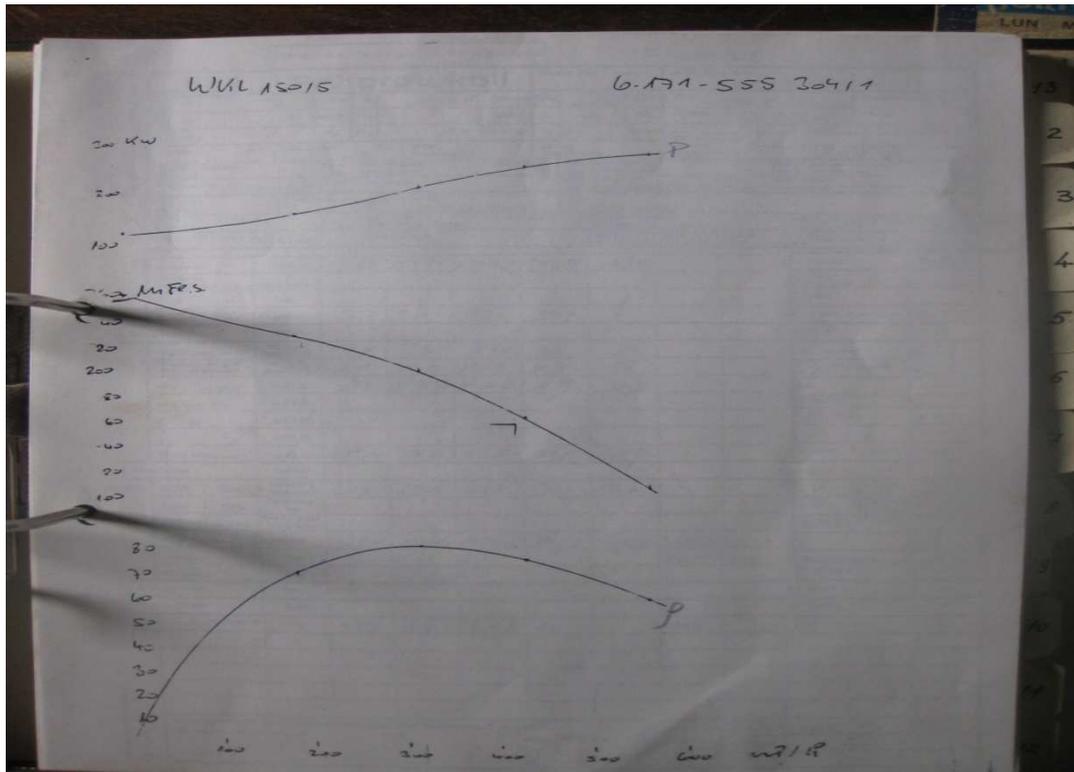


Illustration 15 : Courbes d'essai à l'usine des GMP HP de l'Usine FLEUVE

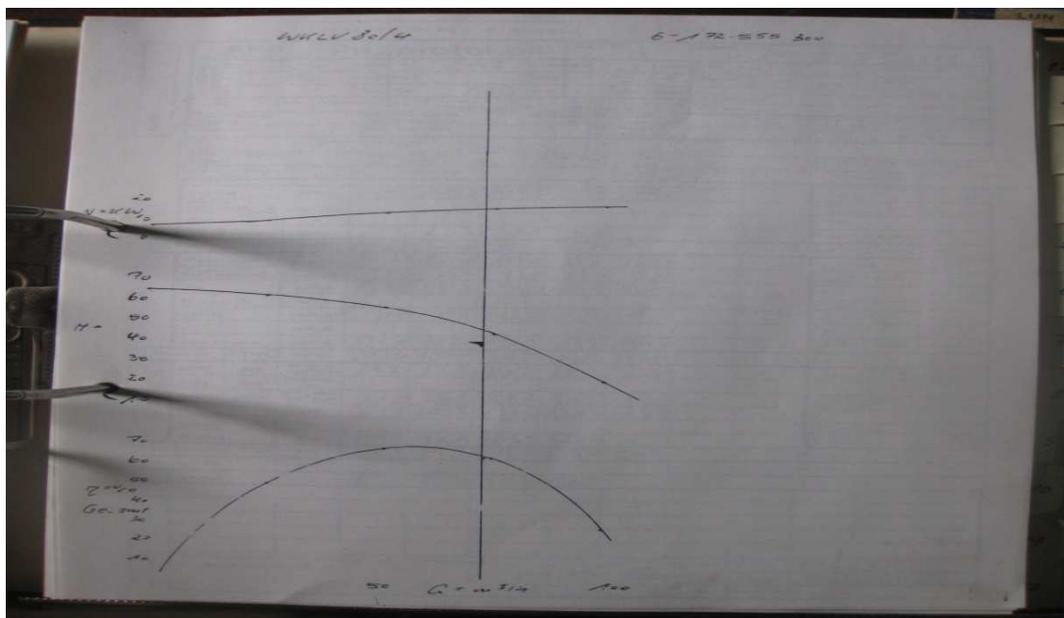


Illustration 16 : Courbes d'essai à l'usine des GMP BP de l'Usine FLEUVE

Tableau 30: Calculs des puissances et énergies absorbées à l'Usine SOYO

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES		PUISSANCES ABSORBEES PAR LES CHARGES								ENERGIES ABSORBEES PAR LES CHARGES					
		Etat	Puiss (kW)	Intensités mesurées			Intensité I (A)	Tension Mesurée U (V)	Tension Iue U (V)	Cosφ	Puissance Active Absorbée (kW)	Puissance réactive (kVar)	Puiss Appar (kVA)	Heure par jour (Hj)	Energie consommée (kWh/Hj)	Energie consommée par (kWh/mois)	Energie consommée par an (kWh/an)
				I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)											
4	USINE DE SOYO																
4.1	Poste de transformation 690kVA/15kV/400V																
	Station Pompage Eau traitée SOYO																
	Pompage en direction de B6																
	GMP 1 BP (150 m3/h x 100 m x 75 kW)	en fonction	75	121	124	121	118	380	0,85	68,25	42,30	80,30	20	1365	40952	491423	
	GMP 2 BP (150 m3/h x 100 m x 75 kW)	en fonction	75	114	115	114	110	380	0,85	63,96	39,64	75,25	18	1151	34541	414487	
	GMP 3 BP (150 m3/h x 100 m x 75 kW)	en fonction	75	135	137	136	133	380	0,85	76,09	47,15	89,51	6	457	13695	164345	
	S/Total Pompage en direction de B6									208,30	129,09	245,06	2973	89188	1070255		
	Pompage en direction de B4																
	GMP 4 BP (133 m3/h, 165 m x 110 kW)	en fonction	110	148	157	155	140	380	0,87	87,80	49,76	100,92	10	878	26340	316084	
	S/Total Pompage en direction de B4									87,80	49,76	100,92	10	878	26340	316084	
	Pompage en direction de B8																
	GMP 5 BP (15 m3/h x 240 m x 22 kW)	en fonction	22	37	38	40	38	380	0,91	22,96	10,46	25,23	2	46	1378	16531	
	GMP 6 BP (15 m3/h x 240 m x 22 kW)	en panne	22						0,91	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	
	GMP 7 BP (15 m3/h x 240 m x 22 kW)	en panne	22						0,91	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	
	S/Total Pompage en direction de B8									22,96	10,46	25,23	46	1378	16531		
	S/Total Pompage eau traitée SOYO									319,06	56,20%	189,31	371,21	3897	116906	1402870	
4.2	Filtration SOYO																
	GMP 1 Eau de lavage	en fonction	15	26	26	26	26	380	0,86	14,72	8,73	17,41	0,28	4,17	125	1501	
	GMP 2 Eau de lavage	en fonction	15	27	27	27	27	380	0,86	15,28	9,07	17,77	0,28	4,33	130	1559	
	GM Suppresseur	en fonction	18	49	50	50	60	380	0,89	29,09	14,91	32,69	0,12	3,59	102	1222	
	S/Total Filtration SOYO par filtre									59,09		32,71		12	357	4282	
	Nombre de filtres nettoyés = 4																
	S/Total Filtration SOYO									236	42,08%			48	1427	17128	
4.3	Dosage des réactifs SOYO																
	Agitateur 1 de sulfate	en fonction	1,1						0,80	1,25	0,94	1,56	1,5	1,88	56	675	
	Agitateur 2 de sulfate	en panne	1,1						0,80	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	
	GMP 1 Dosage de sulfate	en fonction	0,25						0,80	0,28	0,21	0,36	22	6,25	188	2250	
	Agitateur 1 de chaux	en fonction	0,55						0,80	0,63	0,47	0,78	0,5	0,31	9	113	
	Agitateur 2 de chaux	en panne	0,55						0,80	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	
	GMP 1 Transfert de chaux	en fonction	0,25						0,80	0,28	0,21	0,36	0,5	0,14	4	51	
	Agitateur 1 de chlorure	en fonction	0,55						0,80	0,63	0,47	0,78	1,5	0,94	28	338	
	Agitateur 2 de chlorure	en panne	0,55						0,80	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	
	S/Total Dosage des réactifs SOYO									3,07	0,55%	2,30	3,84	10	286	3426	
4.4	Flocculation SOYO																
	Electro-mélangeur 1 rapide	en fonction	0,7						0,80	0,80	0,60	0,99	22	17,50	525	6300	
	Electro-mélangeur 2 rapide	en fonction	0,7						0,80	0,80	0,60	0,99	22	17,50	525	6300	
	Electro-mélangeur 1 lent	en fonction	0,7						0,80	0,80	0,60	0,99	22	17,50	525	6300	
	Electro-mélangeur 2 lent	en fonction	0,7						0,80	0,80	0,60	0,99	22	17,50	525	6300	
	Electro-mélangeur 3 lent	en panne	0,8						0,80	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	
	Electro-mélangeur 4 lent	en panne	0,8						0,80	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	
	S/Total Flocculation SOYO									3,18	0,57%	2,39	3,98	70	2100	25200	
4.5	Décantation SOYO																
	Décantation Système lamellaire																
	S/Total Décantation SOYO										0%						
	Total USINE SOYO									562	100%		4024	120719	1448624		

Tableau 31: Calculs des puissances et énergies absorbées à la Station R7

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES		PUISSANCES ABSORBEES PAR LES CHARGES								ENERGIES ABSORBEES PAR LES CHARGES					
		Etat	Puiss (kW)	Intensités mesurées			Intensité I (A)	Tension Mesurée U (V)	Tension Iue U (V)	Cosφ	Puissance Active (kW)	Puissance réactive (kVar)	Puiss Appar (kVA)	Heure par jour (Hj)	Energie consommée (kWh/Hj)	Energie consommée par (kWh/mois)	Energie consommée par an (kWh/an)
				I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)											
5	Station de Pompage R7																
	Poste de transformation 400kVA/15kV/400V																
	GMP 1 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en fonction	132	220	220	220	400	0,80	121,94	91,45	152,42	12	1463,24	43897	526765		
	GMP 2 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en fonction	132	220	220	220	400	0,80	121,94	91,45	152,42	12	1463,24	43897	526765		
	GMP 3 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en panne	132					0,80	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-		
	Total Station de Pompage R7								243,87	182,90	304,84		2926	87794	1053530		

Tableau 32: Calculs des puissances et énergies absorbées à la Station R4

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES		PUISSANCES ABSORBEES PAR LES CHARGES								ENERGIES ABSORBEES PAR LES CHARGES					
		Etat	Puiss (kW)	Intensités mesurées			Intensité I (A)	Tension Mesurée U (V)	Tension Iue U (V)	Cosφ	Puissance Active (kW)	Puissance réactive (kVar)	Puiss Appar (kVA)	Heure par jour (Hj)	Energie consommée (kWh/Hj)	Energie consommée par (kWh/mois)	Energie consommée par an (kWh/an)
				I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)											
6	Station de Pompage R4																
	Poste de transformation 500kVA/15kV/400V																
	GMP 1 (126 m3/h x 102 m x 75 kW)	en fonction	75	132	131	132	390	0,84	74,71	48,26	88,94	6	448,26	13448	161374		
	GMP 2 (126 m3/h x 102 m x 75 kW)	en fonction	75	130	129	127	390	0,84	73,01	47,16	86,91	6	438,05	13141	157697		
	GMP 3 (126 m3/h x 102 m x 75 kW)	en panne	75					0,84	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-		
	Total Station de Pompage R4								147,72	95,42	175,86		886	26589	319072		

Tableau 33: Calculs des puissances et énergies absorbées à la Station R2

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES		PUISSANCES ABSORBÉES PAR LES CHARGES							ENERGIES ABSORBÉES PAR LES CHARGES						
		Etat	Puiss (kW)	Intensités mesurés (A)			Intensité (A)	Tension Mesurée (V)	Tension lue (V)	Cosφ	Puissance Active Absorbée (kW)	Puissance réactive absorbée (kVar)	Puiss Appar (kVA)	Heure par jour (Hj)	Energie consommée par jour (kWh/j)	Energie consommée par mois (kWh/mois)	Energie consommée par an (kWh/an)
7	Station de Pompage R2																
	Poste de transformation Thermique																
	Groupe électrogène 220kVA/400V																
	GMP 1 (133 m ³ /hx 165 m x 110 kW)	en fonction	110	165	165	165		380		0,87	94,48	53,55	108,60	6	566,89	17 007	204 080
	GMP 2 (133 m ³ /hx 165 m x 110 kW)	en panne	110							0,87	0,00	0,00	0,00		-	-	-
	GMP 3 (133 m ³ /hx 165 m x 110 kW)	en panne	110							0,87	0,00	0,00	0,00		-	-	-
	Total Station de Pompage R2										94,48	53,55	108,60		567	17 007	204 080

ANNEXE 4 : GAIN POTENTIEL D'ECONOMIE D'ENERGIE

Tableau 34: GAIN POTENTIEL USINE FLEUVE AVEC MOTEURS EFF1

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES CHARGES			PUISS ABSORBE	HEURES D'UTILISATION			ENERGIES ABSORBEES PAR LES CHARGES			
		Etat	Puiss (kW)	Rende ment (%)		Vitesse (tr/min)	Puissance Active Absorbée (kW)	Heur e par jour (H/j)	Heure par mois (H/mois)	Heure par an (H/an)	Energie consommé e par jour (kWH/j)	Energie consommée par mois (kWH/mois)
	USINE DU FLEUVE											
	Poste de transformation 1-800kV/15kV/400V											
	Station de Pompage Eau traitée Fleuve											
	Pompage Eau Traitée BP											
	GMP 6 BP (72 m3/h x 38,5 m x 15 kW)	en panne	15	89,4	0,00					-	-	-
	GMP 7 BP (72 m3/h x 38,5 m x 15 kW)	en fonction	15	89,4	13,82	19	570	6840	263	7878	94541	
	GMP 8 BP (72 m3/h x 38,5 m x 15 kW)	en fonction	15	89,4	13,08	12	360	4320	157	4710	56525	
	S/T Pompage Eau Traitée BP avant MEEE				26,91				420	12589	151066	
	GMP 6 BP EFF1 (72 m3/h x 38,5 m x 15 kW)	en réserve	15	91,8	0,00							
	GMP 7 BP EFF1 (72 m3/h x 38,5 m x 15 kW)	en fonction	15	91,8	13,07	19	570	6840	248	7451	89412	
	GMP 8 BP EFF1 (72 m3/h x 38,5 m x 15 kW)	en fonction	15	91,8	13,07	12	360	4320	157	4706	56471	
	S/T Pompage Eau Traitée BP après MEEE				26,14				405	12157	145882	
	Economie Pompage Eau Traitée BP				0,76				14	432	5184	
	Filtration FLEUVE											
	Pompage Eau de lavage											
	GMP 1 Eau de lavage	en fonction	55	93,0	54,34	0,67	20	240	36	1087	13043	
	GMP 2 Eau de lavage	en réserve	55	93,0	0,00				-	-	-	
	S/T Pompage Eau de lavage avant MEEE				54,34				36	1087	13043	
	GMP 1 EFF1 Eau de lavage	en fonction	55	94,2	46,71	0,67	20	240	31	934	11210	
	GMP 2 EFF1 Eau de lavage	en réserve	55	94,2	0,00							
	S/T Pompage Eau de lavage après MEEE				46,71				31,14	934,18	11210,19	
	Economie Pompage Eau de lavage				7,64				5	153	1833	
	Soufflage air de lavage											
	GMSurpresseur 1	en fonction	22	90,5	19,55	0,17	5	60	3,26	97,75	1173	
	GMSurpresseur 2	en fonction	22	90,5	19,55	0,17	5	60	3,26	97,75	1173	
	GMSurpresseur 3	en réserve	22	90,5	0,00							
	S/T Soufflage air de lavage avant MEEE				39,10				6,52	196	2346	
	GMSurpresseur 1 EFF1	en fonction	22	92,6	19,01	0,17	5	60	3,17	95,03	1140	
	GMSurpresseur 2 EFF1	en fonction	22	92,6	19,01	0,17	5	60	3,17	95,03	1140	
	GMSurpresseur 3 EFF1	en réserve	22	92,6	0,00							
	S/T Soufflage air de lavage après MEEE				38,01				6,34	190	2281	
	Economie Soufflage air de lavage				1,09				0,2	5	65	
	Actionneur des vannes											
	GMPCompresseur 1	en fonction	1,5	78,5	1,23	0,75	22,5	270	0,92	27,69	332	
	GMPCompresseur 2	en réserve	1,5	78,5	0,00				-	-	-	
	S/T Actionneur des vannes avant MEEE				1,23				0,92	28	332	
	GMPCompresseur 1 EFF1	en fonction	1,5	85,0	1,41	0,75	22,5	270	1,06	31,76	381	
	GMPCompresseur 2 EFF1	en réserve	1,5	85,0	0,00							
	S/T Actionneur des vannes après MEEE				1,41				1,06	32	381	
	Economie Actionneur des vannes				-0,18				-0,14	-4,08	-48,96	
	S/T Filtration Fleuve par filtre avant MEEE				93				43	1282	15389	
	S/T Filtration Fleuve par filtre après MEEE				85				37	1124	13491	
	Nombre de filtres nettoyés = 4											
	S/Total Filtration FLEUVE avant MEEE				374				171	5130	61555	
	S/Total Filtration FLEUVE après MEEE				339				150	4497	53964	
	Economie Filtration USINE FLEUVE				35				21	633	7591	
	ECONOMIE D'ENERGIE USINE FLEUVE				36				35	1065	12775	
	ECONOMIE D'ENERGIE EN REMPLACANT LES MOTEURS STANDARDS PAR LES MOTEURS A HAUT RENDEMENT EFF1								\$US/jour	\$US/mois	\$US/an	
									3,5	104,3	1252,0	

Tableau 35 : GAIN POTENTIEL USINE SOYO AVEC MOTEURS EFF1

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES CHARGES			PUISS ABSORBE Puissance Active Absorbée (kW)	HEURES D'UTILISATION			ENERGIES ABSORBÉES PAR LES CHARGES		
		Etat	Puiss (kW)	Rendement (%)		Vitesse (tr/min)	Heure par jour (H/j)	Heure par mois (H/mois)	Heure par an (H/an)	Energie consommée par jour (kWH/j)	Energie consommée par mois (kWH/mois)
USINE DE SOYO											
Poste de transformation 630kVA/15KV/400V											
Station Pompage Eau traitée SOYO											
Pompage R6											
	GMP 1 BP (150 m3/h x 100 m x 75 kW)	en fonction	75	93,6	68,25	20	600	7200	1365	40952	491423
	GMP 2 BP (150 m3/h x 100 m x 75 kW)	en fonction	75	93,6	63,96	18	540	6480	1151	34541	414487
	GMP 3 BP (150 m3/h x 100 m x 75 kW)	en fonction	75	93,6	76,09	6	180	2160	457	13695	164345
	S/T Pompage R6 avant MEEE				208,30				2973	89188	1070255
	GMP 1 BP EFF1 (150 m3/h x 100 m x 75 kW)	en fonction	75	94,7	63,36	20	600	7200	1267	38015	456177
	GMP 2 BP EFF1 (150 m3/h x 100 m x 75 kW)	en fonction	75	94,7	63,36	18	540	6480	1140	34213	410560
	GMP 3 BP EFF1 (150 m3/h x 100 m x 75 kW)	en fonction	75	94,7	63,36	6	180	2160	380	11404	136853
	S/T Pompage R6 après MEEE				190,07				2788	83633	1003590
	Economie Pompage R6				18,23				185	5555	66665
Pompage R8											
	GMP 5 HP (15 m3/h x 240 m x 22 kW)	en fonction	22	90,5	22,96	2	60	720	46	1378	16531
	GMP 6 HP (15 m3/h x 240 m x 22 kW)	en panne	22	90,5	0,00				0	0	0
	GMP 7 HP (15 m3/h x 240 m x 22 kW)	en panne	22	90,5	0,00				0	0	0
	S/T Pompage R8 avant MEEE				22,96				46	1378	16531
	GMP 5 HP EFF1 (15 m3/h x 240 m x 22 kW)	en fonction	22	92,6	19,01	2	60	720	38	1140	13685
	GMP 6 HP EFF1 (15 m3/h x 240 m x 22 kW)	en réserve	22	92,6	0,00				0	0	0
	GMP 7 HP EFF1 (15 m3/h x 240 m x 22 kW)	en réserve	22	92,6	0,00				0	0	0
	S/T Pompage R8 après MEEE				19,01				38	1140	13685
	Economie Pompage R8				3,95				8	237	2846
	ECONOMIE TOTALE POMPAGE SOYO				22,18				193	5793	69511
Filtration SOYO											
Pompage Eau de lavage											
	GMP 1 Eau de lavage	en fonction	15	89,4	14,72	0,28	8,5	102	4,2	125,1	1501,1
	GMP 2 Eau de lavage	en fonction	15	89,4	15,28	0,28	8,5	102	4,3	129,9	1558,9
	S/T Pompage Eau de lavage avant MEEE				30,00				8,5	255	3060
	GMP 1 EFF1 Eau de lavage	en fonction	15	91,8	13,07	0,28	8,5	102	3,7	111,1	1333,3
	GMP 2 EFF1 Eau de lavage	en fonction	15	91,8	13,07	0,28	8,5	102	3,7	111,1	1333,3
	S/T Pompage Eau de lavage après MEEE				26,14				7,4	222	2667
	Economie Pompage Eau de lavage				3,86				1,1	33	393
Soufflage air de lavage											
	GMSupprimeur	en fonction	18,5	90,0	29,09	0,12	3,5	42	3,4	102	1222
	GMSupprimeur EFF1	en fonction	18,5	92,5	16,00	0,12	3,5	42	1,9	56	672
	Economie Soufflage air de lavage				13,09				1,5	46	550
	S/T Filtration Fleuve par filtre avant MEEE				59,09				11,9	357	4282
	S/T Filtration Fleuve par filtre après MEEE				42,14				9,3	278	3339
	Nombre de filtres nettoyés = 4				0,00						
	S/Total Filtration FLEUVE avant MEEE				236,37				47,6	1427	17128
	S/Total Filtration FLEUVE après MEEE				168,58				37,1	1113	13355
	Economie Filtration USINE SOYO				67,80				10,5	314	3773
	ECONOMIE TOTALE SOYO				90,0				204	6107	73284
ECONOMIE D'ENERGIE EN REMPLACANT LES MOTEURS STANDARS PAR LES MOTEURS A HAUT RENDEMENT EFF1											
PRIX MOYEN DU KWH									\$US/jour	\$US/mois	\$US/an
0,098 \$US PAR KWH									19,9	598	7182

Tableau 36: GAIN POTENTIEL STATION R4 AVEC MOTEURS EFF1

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES CHARGES				PUISS ABSORBEE Puissance Active Absorbée (kW)	HEURES D'UTILISATION			ENERGIES ABSORBÉES PAR LES CHARGES		
		Etat	Puiss (kW)	Rendement (%)	Vitesse (tr/min)		Heure par jour (H/j)	Heure par mois (H/mois)	Heure par an (H/an)	Energie consommée par jour (kWH/j)	Energie consommée par mois (kWH/mois)	Energie consommée par an (kWH/an)
	Station de Pompage R4											
	Poste de transformation 500kVA/15KV/400V											
	Station de Pompage R4											
	GMP 1 (126 m3/hx 102 m x 75 kW)	en fonction	75	93,6		75	6	180	2160	448,3	13448	161374
	GMP 2 (126 m3/hx 102 m x 75 kW)	en fonction	75	93,6		73	6	180	2160	438,0	13141	157697
	GMP 3 (126 m3/hx 102 m x 75 kW)	en panne	75	93,6		0				-	-	-
	S/T Station de Pompage R4 avant MEEE					148				886	26589	319072
	GMP 1 EFF1 (126 m3/hx 102 m x 75 kW)	en fonction	75	94,7		63	6	180	2160	380,1	11404	136853
	GMP 2 EFF1 (126 m3/hx 102 m x 75 kW)	en fonction	75	94,7		63	6	180	2160	380,1	11404	136853
	GMP 3 EFF1 (126 m3/hx 102 m x 75 kW)	en réserve	75	94,7		0						
	S/T Station de Pompage R4 après MEEE					127				760	22809	273706
	ECONOMIE D'ENERGIE POMPAGE R4					21				126	3780	45365
	ECONOMIE D'ENERGIE EN REMPLACANT LES MOTEURS STANDARS PAR LES MOTEURS A HAUT RENDEMENT EFF1									\$US/jour	\$US/mois	\$US/an
						0,098 \$US PAR KWH				12,3	370	4446

Tableau 37: GAIN POTENTIEL CAPTAGE FLEUVE AVEC MOTEURS EFF2

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES CHARGES				PUISS ABSORBE Puissance Active Absorbée (kW)	HEURES D'UTILISATION			ENERGIES ABSORBÉES PAR LES CHARGES		
		Etat	Puiss (kW)	Rendement (%)	Vitesse (tr/min)		Heure par jour (H/j)	Heure par mois (H/mois)	Heure par an (H/an)	Energie consommée par jour (kWH/j)	Energie consommée par mois (kWH/mois)	Energie consommée par an (kWH/an)
	Station de Pompage Captage FLEUVE											
	Poste de transformation 2x500kVA/15kV/400V											
	1.1 Pompage Eau Brute GMP Immergés											
	GMP 2 immergé (468 m3/h x 64 m x 120 kW)	en fonction	120		1485	101	24	720	8640	2422	72663	871956
	GMP 4 immergé (468 m3/h x 64 m x 120 kW)	en fonction	120		1485	82	24	720	8640	1976	59268	711213
	S/T Pompage Eau Brute GMP Immergé avant MEEE					183				4398	131931	1583169
	GMP 2 EFF2 immergé (468 m3/h x 64 m x 120 kW)	en fonction	120				24	720	8640	0	0	0
	GMP 4 EFF2 immergé (468 m3/h x 64 m x 120 kW)	en fonction	120				24	720	8640	0	0	0
	S/T Pompage Eau Brute GMP Immergé après MEEE					0,0				0	0	0
	Economie Pompage Eau Brute GMP Immergé											
	1.2 Pompage Eau Brute GMP de Surface											
	GMP 1 de surface (500 m3/h x 80 m x 160 kW)	en fonction	160		1485	156	24	720	8640	3746	112383	1348594
	GMP 3 de surface (500 m3/h x 80 m x 160 kW)	en fonction	160		1485	157	24	720	8640	3777	113323	1359872
	S/T Pompage Eau Brute GMP de surface avant MEEE					313				7524	225705	2708466
	GMP 1 EFF2 de surface (500 m3/h x 80 m x 160 kW)	en fonction	160	95,9	1485	133	24	720	8640	3203	96100	1153201
	GMP 3 EFF2 de surface (500 m3/h x 80 m x 160 kW)	en fonction	160	95,9	1485	133	24	720	8640	3203	96100	1153201
	S/T Pompage Eau Brute GMP de surface après MEEE					267				6407	192200	2306403
	Economie Pompage Eau Brute GMP de surface					46,5				1117	33505	402063
	ECONOMIE D'ENERGIE Captage FLEUVE					46,5				1117	33505	402063
	ECONOMIE D'ENERGIE EN REMPLACANT LES MOTEURS STANDARS PAR LES MOTEURS A HAUT RENDEMENT EFF2									\$US/jour	\$US/mois	\$US/an
						0,098 \$US PAR KWH				109	3284	39402

Tableau 38: GAIN POTENTIEL CAPTAGE MPONZO AVEC MOTEURS EFF2

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES CHARGES				PUISS ABSORBE	HEURES D'UTILISATION			ENERGIES ABSORBEES PAR LES CHARGES		
		Etat	Puiss (kW)	Rend emen %	Vitesse (tr/min)		Puissance Active (kW)	Heure par (H/j)	Heure par mois (H/mois)	Heure par an (H/an)	Energie consommé (kWH/j)	Energie consommée (kWH/mois)
2	Station de Pompage Captage MPOZO											
	Poste de transformation 800kVA/15KV/400V											
2.1	Pompage Eau Brute GMP Immergés											
	GMP 1 immergé (185 m3/h x 27 m x 27 kW)	en fonction	27		1485	23,8	22	660	7920	524	15724	188687
	GMP 2 immergé (185 m3/h x 27 m x 27 kW)	en fonction	27		1485	24,2	22	660	7920	532	15970	191636
	GMP 3 immergé (185 m3/h x 27 m x 27 kW)	en panne	27		1485	0,0				0	0	0
	S/T Pompage Eau Brute GMP Immergé avant MEEE					48,0				1056	31694	380323
	GMP 1 EFF2 immergé (185 m3/h x 27 m x 27 kW)	en fonction	27				22	660	7920	0	0	0
	GMP 2 EFF2 immergé (185 m3/h x 27 m x 27 kW)	en fonction	27				22	660	7920	0	0	0
	GMP 3 EFF2 immergé (185 m3/h x 27 m x 27 kW)	en réserve	27							0	0	0
	S/T Pompage Eau Brute GMP Immergé après MEEE					0,0				0	0	0
	Economie Pompage Eau Brute GMP Immergé											
2.2	Pompage Eau Brute GMP de surface											
	GMP 4 de surface (350 m3/h, 160 m x 250 kW)	en fonction	250		2975	263	22	660	7920	5783	173482	2081784
	GMP 5 de surface (350 m3/h, 160 m x 250 kW)	en fonction	250		2975	250	22	660	7920	5501	165019	1980234
	GMP 6 de surface (350 m3/h, 160 m x 250 kW)	en panne	250		2975	0				0	0	0
	S/T Pompage Eau Brute GMP de surface avant MEEE					513				11283	338501	4062018
	GMP 4 EFF2 de surface (350 m3/h, 160 m x 250 kW)	en fonction	250	95,4	2974	210	22	660	7920	4612	138365	1660377
	GMP 5 EFF2 de surface (350 m3/h, 160 m x 250 kW)	en fonction	250	95,4	2974	210	22	660	7920	4612	138365	1660377
	GMP 6 EFF2 de surface (350 m3/h, 160 m x 250 kW)	en réserve	250		2974					0	0	0
	S/T Pompage Eau Brute GMP de surface après MEEE					419				9224	276730	3320755
	Economie Pompage Eau Brute GMP de surface					93,6				2059	61772	741263
	ECONOMIE D'ENERGIE Captage MPONZO					93,6				2059	61772	741263
	ECONOMIE D'ENERGIE EN REMPLACANT LES MOTEURS STANDARS PAR LES MOTEURS A HAUT RENDEMENT EFF2									\$US/jour	\$US/mois	\$US/an
										202	6054	72644

Tableau 39: GAIN POTENTIEL USINE FLEUVE AVEC MOTEURS EFF2

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES CHARGES				PUISS ABSORBEE	HEURES D'UTILISATION			ENERGIES ABSORBEES PAR LES CHARGES		
		Etat	Puiss (kW)	Rend emen %	Vitesse (tr/min)		Puissance Active (kW)	Heure par (H/j)	Heure par mois (H/mois)	Heure par an (H/an)	Energie consommé (kWH/j)	Energie consommée (kWH/mois)
3	USINE DU FLEUVE											
	Poste de transformation 1:800kVA/15kV/400V											
3.1	Station de Pompage Eau traitée Fleuve											
	Nouveau Pompage eau traitée											
	GMP 1 HP (414 m3/h x 160 m x 280 kW)	en fonction	280		1480	240	24	720	8640	5762	172875	2074497
	GMP 2 HP (414 m3/h x 160 m x 280 kW)	en panne	280		1480	0				0	0	0
	GMP 3 HP (414 m3/h x 160 m x 280 kW)	en panne	280		1480	0				0	0	0
	S/Total Nouveau Pompage HP avant MEEE					240				5762	172875	2074497
	GMP 1 HP EFF2 (414 m3/h x 160 m x 275 kW)	en fonction	275	96,3	2973	228	24	720	8640	5483	164486	1973832
	GMP 2 HP EFF2 (414 m3/h x 160 m x 275 kW)	en réserve	275	96,3	2973					0	0	0
	GMP 3 HP EFF2 (414 m3/h x 160 m x 275 kW)	en réserve	275	96,3	2973					0	0	0
	S/Total Nouveau Pompage HP après MEEE					228				5483	164486	1973832
	Economie Nouveau Pompage HP					11,7				280	8389	100665
	Poste de transformation 2:800kVA/15kV/400V											
	Ancien Pompage eau traitée											
	GMP 4 HP (414 m3/h x 160 m x 280 kW)	en fonction	280		1480	246	24	720	8640	5914	177424	2129089
	GMP 5 HP (414 m3/h x 160 m x 280 kW)	en fonction	280		1480	228	20	600	7200	4553	136585	1639024
	S/Total Ancien Pompage HP avant MEEE					474				10467	314009	3768113
	GMP 4 HP EFF2 (414 m3/h x 160 m x 275 kW)	en fonction	275	96,3	2973	228	24	720	8640	5483	164486	1973832
	GMP 5 HP EFF2 (414 m3/h x 160 m x 275 kW)	en fonction	275	96,3	2973	228	20	600	7200	4569	137072	1644860
	S/Total Ancien Pompage HP après MEEE					457				10052	301558	3618692
	Economie Ancien Pompage HP					17,2				415	12452	149422
	ECONOMIE POMPAGE HP USINE FLEUVE					28,8				695	20841	250087
	ECONOMIE D'ENERGIE EN REMPLACANT LES MOTEURS STANDARS PAR LES MOTEURS A HAUT RENDEMENT EFF2									\$US/jour	\$US/mois	\$US/an
										68	2042	24509

Tableau 40: GAIN POTENTIEL USINE SOYO AVEC MOTEURS EFF2

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES CHARGES				PUISS ABSORBE (kW)	HEURES D'UTILISATION			ENERGIES ABSORBEES PAR LES CHARGES		
		Etat	Puiss (kW)	Rendemen (%)	Vitesse (tr/min)		Heure par (H/j)	Heure par mois (H/mois)	Heure par an (H/an)	Energie consom (kWH/j)	Energie consommée (kWH/mois)	Energie consommé (kWH/an)
4	USINE DE SOYO											
	Poste de transformation 630kVA/15KV/400V											
	Pompage en direction de R4											
	GMP 4 HP (133 m3/h x 165 m x 110 kW) avant MEEE	en fonction	110		2940	88	10	300	3600	878	26340	316084
	GMP 4 HP EFF2 (133 m3/h x 165 m x 110 kW) après	en fonction	110	95,7	2971	92	10	300	3600	920	27586	331034
	ECONOMIE POMPAGE SOYO VERS R4					-4,2				-42	-1246	-14950
	ECONOMIE D'ENERGIE EN REMPLACANT LES MOTEURS STANDARS PAR LES MOTEURS A HAUT RENDEMENT EFF2	PRIX MOYEN DU KWH							\$US/jour	\$US/mois	\$US/an	
		0,098 \$US PAR KWH							-4	-122	-1465	

Tableau 41: GAIN POTENTIEL STATION R7 AVEC MOTEURS EFF2

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES CHARGES				PUISS ABSORBE (kW)	HEURES D'UTILISATION			ENERGIES ABSORBEES PAR LES CHARGES		
		Etat	Puiss (kW)	Rendemen (%)	Vitesse (tr/min)		Heure par (H/j)	Heure par mois (H/mois)	Heure par an (H/an)	Energie consom (kWH/j)	Energie consommée (kWH/mois)	Energie consommé (kWH/an)
5	Station de Pompage R7											
	Poste de transformation 400kVA/15KV/400V											
	GMP 1 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en fonction	132		1485	122	12	360	4320	1463	43897	526765
	GMP 2 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en fonction	132		1485	122	12	360	4320	1463	43897	526765
	GMP 3 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en panne	132		1485	0				0	0	0
	S/T Station de Pompage R7 avant MEEE					244				2926	87794	1053530
	GMP 1 EFF2 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en fonction	132	95,10	1487	111	12	360	4320	1332	39975	479697
	GMP 2 EFF2 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en fonction	132	95,10	1487	111	12	360	4320	1332	39975	479697
	GMP 3 EFF2 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en réserve	132	95,10	1487							
	S/T Station de Pompage R7 après MEEE					222				2665	79950	959394
	ECONOMIE D'ENERGIE POMPAGE R7					21,8				261	7845	94136
	ECONOMIE D'ENERGIE EN REMPLACANT LES MOTEURS STANDARS PAR LES MOTEURS A HAUT RENDEMENT EFF2	PRIX MOYEN DU KWH							\$US/jour	\$US/mois	\$US/an	
		0,098 \$US PAR KWH							26	769	9225	

Tableau 42: GAIN POTENTIEL STATION R2 AVEC MOTEURS EFF2

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES CHARGES				PUISS ABSORBE (kW)	HEURES D'UTILISATION			ENERGIES ABSORBEES PAR LES CHARGES		
		Etat	Puiss (kW)	Rendemen (%)	Vitesse (tr/min)		Heure par (H/j)	Heure par mois (H/mois)	Heure par an (H/an)	Energie consom (kWH/j)	Energie consommée (kWH/mois)	Energie consommé (kWH/an)
7	Station de Pompage R2											
	Poste de transformation Thermique											
	Groupe électrogène 220kVA/400V											
	GMP 1 (133 m3/hx 165 m x 110 kW)	en fonction	110		2970	94	6	180	2160	567	17007	204080
	GMP 2 (133 m3/hx 165 m x 110 kW)	en panne	110		2970	0				0	0	0
	GMP 3 (133 m3/hx 165 m x 110 kW)	en panne	110		2970	0				0	0	0
	S/T Station de Pompage R2 avant MEEE					94				567	17007	204080
	GMP 1 EFF2 (133 m3/hx 165 m x 110 kW)	en fonction	110	95,7	2971	92	6	180	2160	552	16552	198621
	GMP 2 EFF2 (133 m3/hx 165 m x 110 kW)	en réserve	110	95,7	2971					0	0	0
	GMP 3 EFF2 (133 m3/hx 165 m x 110 kW)	en réserve	110	95,7	2971					0	0	0
	S/T Station de Pompage R2 après MEEE					92				552	16552	198621
	ECONOMIE D'ENERGIE POMPAGE R2					2,5				15	455	5460
	ECONOMIE D'ENERGIE EN REMPLACANT LES MOTEURS STANDARS PAR LES MOTEURS A HAUT RENDEMENT EFF2	PRIX MOYEN DU KWH							\$US/jour	\$US/mois	\$US/an	
		0,098 \$US PAR KWH							1	45	535	

ANNEXE 5 : MONTANT DES INVESTISSEMENTS

Tableau 43: MONTANT DES INVESTISSEMENTS GMP MOTEURS EFF1

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES CHARGES				PRIX MOTEUR ET GMP EFF1			
		Etat	Puiss	Rendement	Vitesse	Prix Unit Moteur EFF1 Depart Belgique	Prix Unit Moteur EFF1 Rendu Matadi	Prix Unit GMP EFF1 Depart Belgique	Prix Unit GMP EFF1 Rendu Matadi
			(kW)	%	(tr/min)	€	\$US	€	\$US
	USINE DU FLEUVE								
	Poste de transformation								
	Station de Pompage Eau traitée Fleuve								
	Pompage Eau Traitée BP								
	GMP 6 BP (72 m3/h x 38,5 m x 15 kW)	en panne	15	89,4	1480				
	GMP 7 BP (72 m3/h x 38,5 m x 15 kW)	en fonction	15	89,4	1480				
	GMP 8 BP (72 m3/h x 38,5 m x 15 kW)	en fonction	15	89,4	1480				
	S/T Pompage Eau Traitée BP avant								
	GMP 6 BP EFF1 (72 m3/h x 38,5 m x 15)	en réserve	15	91,8	1460	444,00	2 273,28	5 328,00	13 639,68
	GMP 7 BP EFF1 (72 m3/h x 38,5 m x 15)	en fonction	15	91,8	1460	444,00	2 273,28	5 328,00	13 639,68
	GMP 8 BP EFF1 (72 m3/h x 38,5 m x 15)	en fonction	15	91,8	1460	444,00	2 273,28	5 328,00	13 639,68
	S/T Pompage Eau Traitée BP après						6 819,84		40 919,04
	Filtration FLEUVE								
	Pompage Eau de lavage								
	GMP 1 Eau de lavage	en fonction	55	93,0	1470				
	GMP 2 Eau de lavage	en réserve	55	93,0	1470				
	S/T Pompage Eau de lavage avant								
	GMP 1 EFF1 Eau de lavage	en fonction	55	94,2	1470	1 243,00	6 364,16	9 944,00	25 456,64
	GMP 2 EFF1 Eau de lavage	en réserve	55	94,2	1470	1 243,00	6 364,16	9 944,00	25 456,64
	S/T Pompage Eau de lavage après						12 728,32		50 913,28
	Soufflage air de lavage								
	GMSurpresseur 1	en fonction	22	90,5	1455				
	GMSurpresseur 2	en fonction	22	90,5	1455				
	GMSurpresseur 3	en réserve	22	90,5	1455				
	S/T Soufflage air de lavage avant MEEE								
	GMSurpresseur 1 EFF1	en fonction	22	92,6		592,00	3 031,04		3 031,04
	GMSurpresseur 2 EFF1	en fonction	22	92,6		592,00	3 031,04		3 031,04
	GMSurpresseur 3 EFF1	en réserve	22	92,6		592,00	3 031,04		3 031,04
	S/T Soufflage air de lavage après MEEE						9 093,12		9 093,12
	Actionneur des vannes								
	GMCompresseur 1	en fonction	1,5	78,5	1284				
	GMCompresseur 2	en réserve	1,5	78,5	1284				
	S/T Actionneur des vannes avant MEEE								
	GMCompresseur 1 EFF1	en fonction	1,5	85,0		158,00	808,96		808,96
	GMCompresseur 2 EFF1	en réserve	1,5	85,0		158,00	808,96		808,96
	S/T Actionneur des vannes après MEEE						1 617,92		1 617,92
	USINE DE SOYO								
	Poste de transformation								
	Station Pompage Eau traitée SOYO								
	Pompage R6								
	GMP 1 BP (150 m3/h x 100 m x 75 kW)	en fonction	75	93,6	1480				
	GMP 2 BP (150 m3/h x 100 m x 75 kW)	en fonction	75	93,6	1480				
	GMP 3 BP (150 m3/h x 100 m x 75 kW)	en fonction	75	93,6	1480				
	S/T Pompage R6 avant MEEE								
	GMP 1 BP EFF1 (150 m3/h x 100 m x 75)	en fonction	75	94,7		1 643,00	8 412,16	14 787,00	37 854,72
	GMP 2 BP EFF1 (150 m3/h x 100 m x 75)	en fonction	75	94,7		1 643,00	8 412,16	14 787,00	37 854,72
	GMP 3 BP EFF1 (150 m3/h x 100 m x 75)	en fonction	75	94,7		1 643,00	8 412,16	14 787,00	37 854,72
	S/T Pompage R6 après MEEE						25 236,48		113 564,16
	Pompage R8								
	GMP 5 HP (15 m3/h x 240 m x 22 kW)	en fonction	22	90,5	2940				
	GMP 6 HP (15 m3/h x 240 m x 22 kW)	en panne	22	90,5	2940				
	GMP 7 HP (15 m3/h x 240 m x 22 kW)	en panne	22	90,5	2940				
	S/T Pompage R8 avant MEEE								
	GMP 5 HP EFF1 (15 m3/h x 240 m x 22)	en fonction	22	92,6		579,00	2 964,48	5 790,00	14 822,40
	GMP 6 HP EFF1 (15 m3/h x 240 m x 22)	en réserve	22	92,6		579,00	2 964,48	5 790,00	14 822,40
	GMP 7 HP EFF1 (15 m3/h x 240 m x 22)	en réserve	22	92,6		579,00	2 964,48	5 790,00	14 822,40
	S/T Pompage R8 après MEEE						8 893,44		44 467,20
	Filtration SOYO								
	Pompage Eau de lavage								
	GMP 1 Eau de lavage	en fonction	15	89,4	1445				
	GMP 2 Eau de lavage	en fonction	15	89,4	1445				
	S/T Pompage Eau de lavage avant								
	GMP 1 EFF1 Eau de lavage	en fonction	15	91,8		444,00	2 273,28	3 552,00	9 093,12
	GMP 2 EFF1 Eau de lavage	en fonction	15	91,8		444,00	2 273,28	3 552,00	9 093,12
	S/T Pompage Eau de lavage après						4 546,56		18 186,24
	Soufflage air de lavage								
	GMSurpresseur	en fonction	18,5	90,0	2940				
	GMSurpresseur EFF1	en fonction	18,5	92,5		514,00	2 631,68		2 631,68
	Station de Pompage R4								
	Poste de transformation								
	Station de Pompage R4								
	GMP 1 (126 m3/hx 102 m x 75 kW)	en fonction	75	93,6	1480				
	GMP 2 (126 m3/hx 102 m x 75 kW)	en fonction	75	93,6	1480				
	GMP 3 (126 m3/hx 102 m x 75 kW)	en panne	75	93,6	1480				
	S/T Station de Pompage R4 avant MEEE								
	GMP 1 EFF1 (126 m3/hx 102 m x 75 kW)	en fonction	75	94,7		1 643,00	8 412,16	13 144,00	33 648,64
	GMP 2 EFF1 (126 m3/hx 102 m x 75 kW)	en fonction	75	94,7		1 643,00	8 412,16	13 144,00	33 648,64
	GMP 3 EFF1 (126 m3/hx 102 m x 75 kW)	en réserve	75	94,7		1 643,00	8 412,16	13 144,00	33 648,64
	S/T Station de Pompage R4 après MEEE						25 236,48		100 945,92
	TOTAL INVESTISSEMENT						96 803,84		382 338,56

Tableau 44: MONTANT DES INVESTISSEMENTS GMP MOTEURS EFF2

N°	OUVRAGES/EQUIPEMENTS	CARACTERISTIQUES NOMINALES DES CHARGES				PRIX MOTEUR ET GMP EFF2			
		Etat	Puiss (kW)	Rendement (%)	Vitesse (tr/min)	Prix Unit	Prix Unit	Prix Unit	Prix Unit
						Moteur EFF2 De part Belgique €	Moteur EFF2 Rendu Matadi \$US	GMP EFF2 De part Belgique €	GMP EFF2 Rendu Matadi \$US
1	Station de Pompage Captage FLEUVE								
	Poste de transformation								
1.1	Pompage Eau Brute GMP Immergés								
	GMP 2 immergé (468 m3/h x 64 m x 120	en fonction	120		1485				
	GMP 4 immergé (468 m3/h x 64 m x 120	en fonction	120		1485				
	S/T Pompage Eau Brute GMP Immergé								
	GMP 2 EFF2 immergé (468 m3/h x 64 m x	en fonction	120						
	GMP 4 EFF2 immergé (468 m3/h x 64 m x	en fonction	120						
	S/T Pompage Eau Brute GMP Immergé								
1.2	Pompage Eau Brute GMP de Surface								
	GMP 1 de surface (500 m3/h x 80 m x 160	en fonction	160		1485				
	GMP 3 de surface (500 m3/h x 80 m x 160	en fonction	160		1485				
	S/T Pompage Eau Brute GMP de surface								
	GMP 1 EFF2 de surface (500 m3/h x 80 m x	en fonction	160	95,9	1485	3416	13 117,44	15 030,40	38 477,82
	GMP 3 EFF2 de surface (500 m3/h x 80 m x	en fonction	160	95,9	1485	3416	13 117,44	15 030,40	38 477,82
	S/T Pompage Eau Brute GMP de surface						26 234,88		76 955,65
2	Station de Pompage Captage MPOZO								
	Poste de transformation								
2.1	Pompage Eau Brute GMP Immergés								
	GMP 1 immergé (185 m3/h x 27 m x 27 kW)	en fonction	27		1485				
	GMP 2 immergé (185 m3/h x 27 m x 27 kW)	en fonction	27		1485				
	GMP 3 immergé (185 m3/h x 27 m x 27 kW)	en panne	27		1485				
	S/T Pompage Eau Brute GMP Immergé								
	GMP 1 EFF2 immergé (185 m3/h x 27 m x	en fonction	27						
	GMP 2 EFF2 immergé (185 m3/h x 27 m x	en fonction	27						
	GMP 3 EFF2 immergé (185 m3/h x 27 m x	en réserve	27						
	S/T Pompage Eau Brute GMP Immergé								
2.2	Pompage Eau Brute GMP de surface								
	GMP 4 de surface (350 m3/h, 160 m x 250	en fonction	250		2975				
	GMP 5 de surface (350 m3/h, 160 m x 250	en fonction	250		2975				
	GMP 6 de surface (350 m3/h, 160 m x 250	en panne	250		2975				
	S/T Pompage Eau Brute GMP de surface								
	GMP 4 EFF2 de surface (350 m3/h, 160 m x	en fonction	250	95,4	2974	5797	14 840,32	23 188,00	44 520,96
	GMP 5 EFF2 de surface (350 m3/h, 160 m x	en fonction	250	95,4	2974	5797	14 840,32	23 188,00	44 520,96
	GMP 6 EFF2 de surface (350 m3/h, 160 m x	en réserve	250		2974	5797	14 840,32	23 188,00	44 520,96
	S/T Pompage Eau Brute GMP de surface						44 520,96		133 562,88
3	USINE DU FLEUVE								
	Poste de transformation 1:								
3.1	Station de Pompage Eau traitée Fleuve								
	Nouveau Pompage eau traitée								
	GMP 1 HP (414 m3/h x 160 m x 280 kW)	en fonction	280		1480				
	GMP 2 HP (414 m3/h x 160 m x 280 kW)	en panne	280		1480				
	GMP 3 HP (414 m3/h x 160 m x 280 kW)	en panne	280		1480				
	S/Total Nouveau Pompage HP avant								
	GMP 1 HP EFF2 (414 m3/h x 160 m x 275	en fonction	275	96,3	2973	6114	15 651,84	36 684,00	93 911,04
	GMP 2 HP EFF2 (414 m3/h x 160 m x 275	en réserve	275	96,3	2973	6114	15 651,84	36 684,00	93 911,04
	GMP 3 HP EFF2 (414 m3/h x 160 m x 275	en réserve	275	96,3	2973	6114	15 651,84	36 684,00	93 911,04
	S/Total Nouveau Pompage HP après						46 955,52		281 733,12
	Poste de transformation 2:								
	Ancien Pompage eau traitée								
	GMP 4 HP (414 m3/h x 160 m x 280 kW)	en fonction	280		1480				
	GMP 5 HP (414 m3/h x 160 m x 280 kW)	en fonction	280		1480				
	S/Total Ancien Pompage HP avant								
	GMP 4 HP EFF2 (414 m3/h x 160 m x 275	en fonction	275	96,3	2973	6114	15 651,84	36 684,00	93 911,04
	GMP 5 HP EFF2 (414 m3/h x 160 m x 275	en fonction	275	96,3	2973	6114	15 651,84	36 684,00	93 911,04
	S/Total Ancien Pompage HP après						31 303,68		187 822,08
4	USINE DE SOYO								
	Poste de transformation								
	Pompage en direction de R4								
	GMP 4 HP (133 m3/h x 165 m x 110 kW)	en fonction	110		2940				
	GMP 4 HP EFF2 (133 m3/h x 165 m x 110	en fonction	110	95,7	2971	2988	15 298,56	14 940,00	38 246,40
	S/Total Pompage en direction de R4						15 298,56		38 246,40
5	Station de Pompage R7								
	Poste de transformation								
	GMP 1 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en fonction	132		1485				
	GMP 2 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en fonction	132		1485				
	GMP 3 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en panne	132		1485				
	S/T Station de Pompage R7 avant MEEE								
	GMP 1 EFF2 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en fonction	132	95,10	1487	2946	15 083,52	14 730,00	37 708,80
	GMP 2 EFF2 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en fonction	132	95,10	1487	2946	15 083,52	14 730,00	37 708,80
	GMP 3 EFF2 (324 m3/h x 90 m x 132 kW)	en réserve	132	95,10	1487	2946	15 083,52	14 730,00	37 708,80
	S/T Station de Pompage R7 après MEEE						45 250,56		113 126,40
7	Station de Pompage R2								
	Poste de transformation Thermique								
	Groupe électrogène 220kVA/400V								
	GMP 1 (133 m3/hx 165 m x 110 kW)	en fonction	110		2970				
	GMP 2 (133 m3/hx 165 m x 110 kW)	en panne	110		2970				
	GMP 3 (133 m3/hx 165 m x 110 kW)	en panne	110		2970				
	S/T Station de Pompage R2 avant MEEE								
	GMP 1 EFF2 (133 m3/hx 165 m x 110 kW)	en fonction	110	95,7	2971	2988	15 298,56	14 940,00	38 246,40
	GMP 2 EFF2 (133 m3/hx 165 m x 110 kW)	en réserve	110	95,7	2971	2988	15 303,68	14 945,00	38 259,20
	GMP 3 EFF2 (133 m3/hx 165 m x 110 kW)	en réserve	110	95,7	2971	2990	15 308,80	14 950,00	38 272,00
	S/T Station de Pompage R2 après MEEE						45 911,04		114 777,60
	TOTAL INVESTISSEMENT						255 475,20		946 224,13

Tableau 45: INVESTISSEMENT DES BATTERIES DES CONDENSATEURS

	PUISSANCE BATTERIE CONDENSATEUR (kVar)	PRIX UNITAIRE (\$US) (\$US/kVar)	PRIX TOTAL (\$US)	GAIN D'ENERGIE (\$US/an)
OPTIMISATION				
CAPTAGE FLEUVE	210	30,00	6 300,00	52 884,05
CAPTAGE MPOZO	75	30,00	2 250,00	3 037,65
USINE FLEUVE	150	30,00	4 500,00	10 909,12
USINE SOYO	50	30,00	1 500,00	5 521,27
STATION R7	280	30,00	8 400,00	14 126,85
TOTAL INVESTIS			22 950,00	86 478,94

ANNEXE 6 : SCHEMAS DE DISTRIBUTION ET PLANS

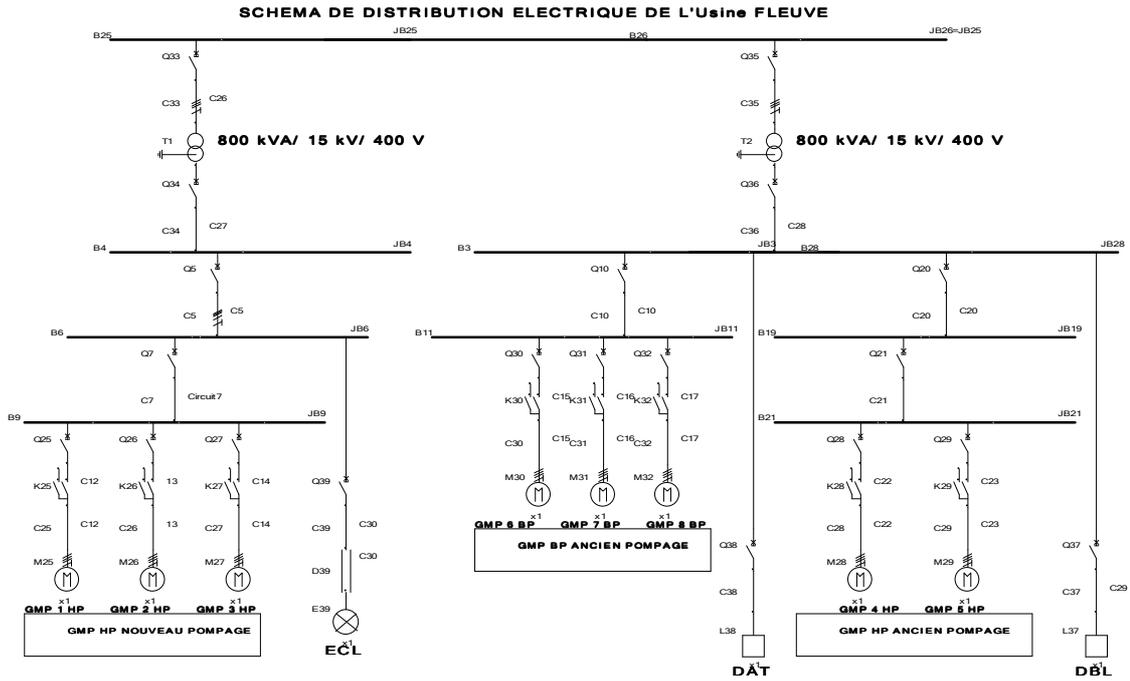


Figure 30 : Schéma unifilaire simplifié de l'Usine FLEUVE

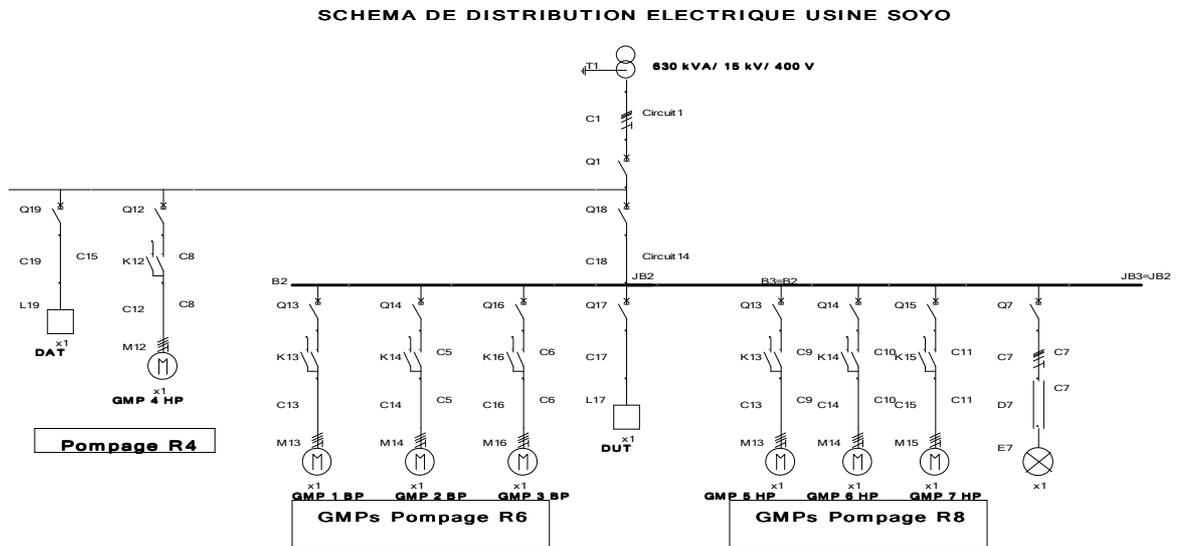


Figure 31 : Schéma unifilaire simplifié de l'Usine SOYO

SCHEMA DE DISTRIBUTION CAPTAGE FLEUVE

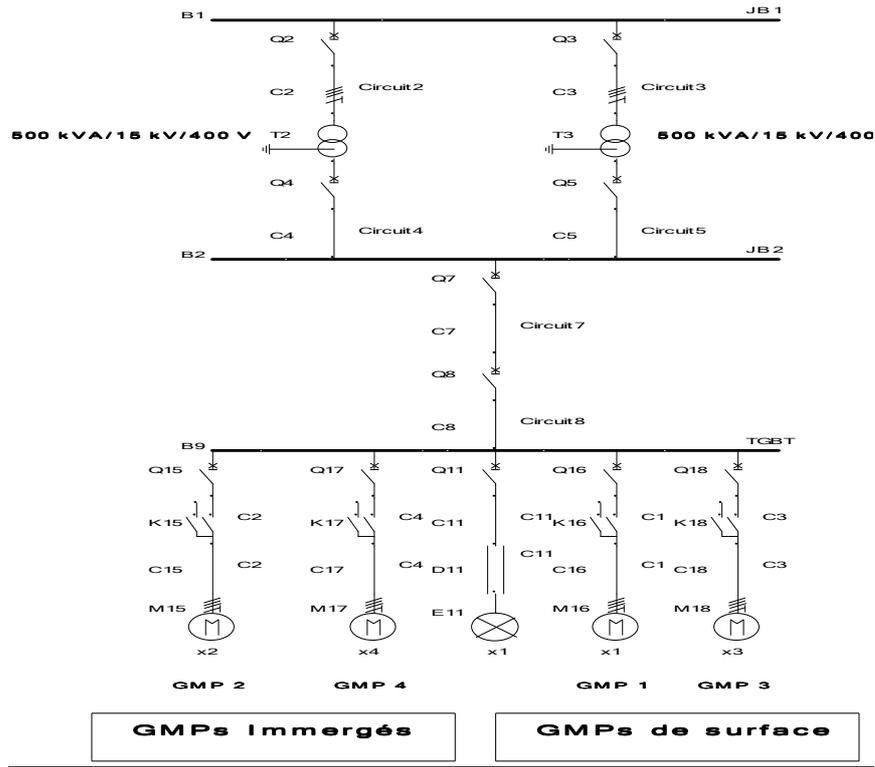


Figure 32 : Schéma unifilaire simplifié du Captage FLEUVE

SCHEMA DE DISTRIBUTION ELECTRIQUE CAPTAGE MPOZO

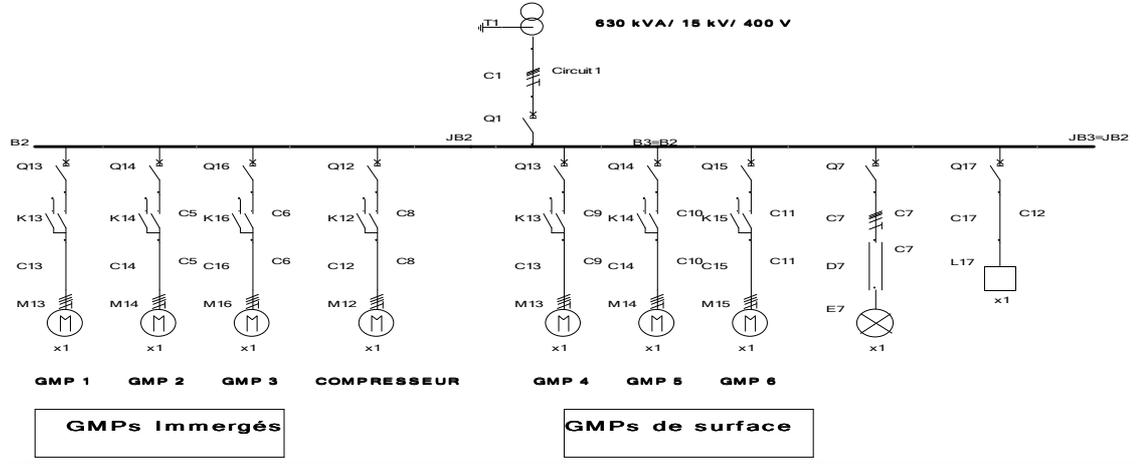


Figure 33 : Schéma unifilaire simplifié du Captage MPOZO

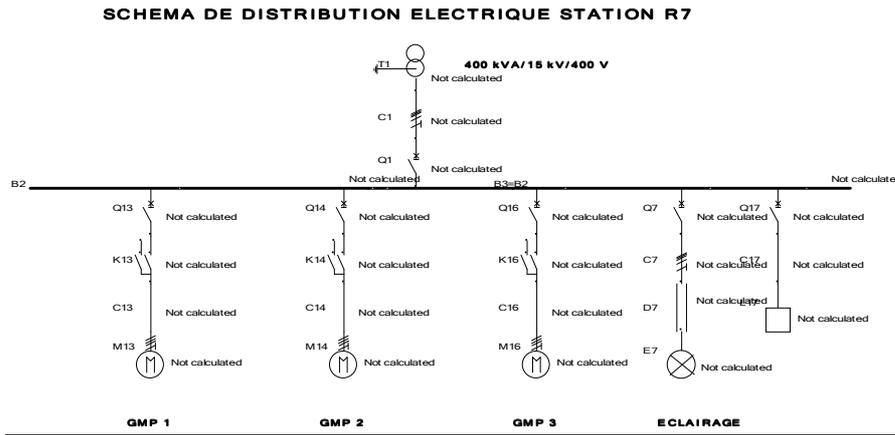


Figure 34 : Schéma unifilaire simplifié de la STATION R7

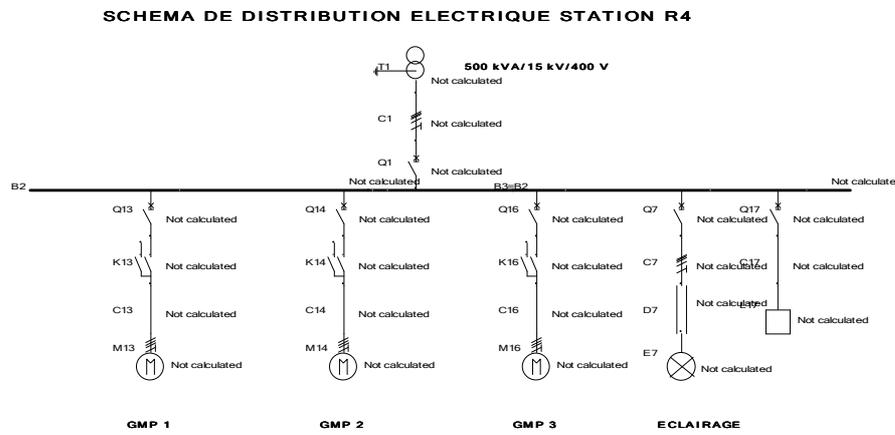


Figure 35 : Schéma unifilaire simplifié de la STATION R4

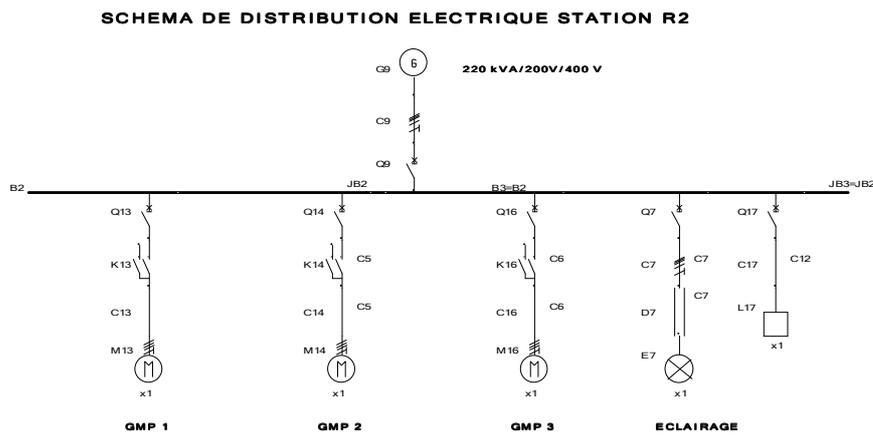


Figure 36 : Schéma unifilaire simplifié de la STATION R2



Illustration 17 : Plan d'ensemble du Réseau d'AEP de Matadi

ANNEXE 7 : ORGANIGRAMME DE LA REGIDESO

