

AUDIT ENERGETIQUE DE LA SOCIETE DES MINES DU LIPTAKO (SML)

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT OPTION : MASTER SPECIALISE EN GENIE ENERGETIQUE ET ENERGIES RENOUVELABLES



Présenté et soutenu publiquement le 17 septembre 2010 par

Nassourou BELLO

Travaux dirigés par : Yézouma COULIBALY, Professeur, Enseignant, Chercheur

UTER

Jury d'évaluation du stage :

Président : Yézouma COULIBALY

Membres et correcteurs : Bagré AHMED

Justin BASSOLE

Promotion [2009/2010]

CITATIONS

Il n'est jamais trop tard pour bien faire.

Le savoir, il faut aller le chercher partout où il se trouve.

Le savoir n'a pas de prix

REMERCIEMENTS/ DEDICACES

Je dédie, ce mémoire à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué d'une manière ou d'une autre à sa réalisation. Je citerai sans être exhaustif :

- Professeur Yézouma Coulibaly qui a assuré l'encadrement du travail ;
- Docteur Yao Azoumah, Enseignant- chercheur au 2^{ie}, en génie énergétique, Responsable du laboratoire énergie solaire et économie d'énergie (LESEE)
- A la Direction du 2^{ie} et à tout son personnel;
- A Mr Diafara Moussa, chef service électricité à la SML, qui a assuré l'encadrement pratique;
- A l'ensemble des agents du service électricité de la SML.
- A tout le personnel de la SML.
- A l'ensemble des agents du Ministère des Mines et de l'Energie.
- A Mr Amadou Tchambou et sa famille, cadre de l'UEMOA à Ouagadougou
- A la promotion 2009/2010, de Master Spécialisé Energétique et Energies Renouvelables
- A toutes mes connaissances et amis
- Sans oublier ma famille

RESUME

Après une analyse approfondie des données énergétiques portant sur la gestion de la production et de la consommation énergétique de la SML au cours de ces trois dernières années, l'audit de son système énergétique fait ressortir des niches d'économie d'énergie par ordre d'importance au niveau des secteurs suivants:

- L'exploitation des groupes électrogènes : En 2009, si les groupes de production d'énergie électrique étaient exploités de manière optimale (taux de charge au moins égal à 75%), il en résulterait une économie en gasoil de 724667 litres correspondant à une somme de 299526661 F CFA. En outre, un groupe électrogène allait être toujours au repos. Ceci suppose une bonne politique de maintenance et d'exploitation.
- La consommation énergétique des moteurs : Il existe une insuffisance dans l'optimisation du fonctionnement de la plupart des moteurs entraînant les pompes et ventilateurs. En utilisant de manière appropriée les variateurs de vitesse, près de 1456780 kWh pourraient être économisés en 2009, correspondant à un montant de 79496506 F.
- La climatisation et l'éclairage : Les économies d'énergie dans ce secteur dépendent du comportement et des habitudes des travailleurs. Le gaspillage d'énergie provient tout simplement du manque de réflexes et de comportement favorables des travailleurs à l'observation des mesures d'économies d'énergie. Plus de 100263 kWh pourraient être économisés par an soit 5471352F. L'investissement à réaliser est presque nul. Il est indispensable à ce niveau que la direction utilise une politique de sensibilisation pour éveiller en ses travailleurs des comportements favorables à l'adoption des mesures d'économie d'énergie.

Mots Clés :

1 – Audit d'un système énergétique

2 – Economie d'énergie

3 - Optimisation

4 – Variateurs de vitesse

5 – Mesures d'économie d'énergie

ABSTRACT

After a thorough analysis during the past three years of the SML energy production and consumption data management, the audit of SML energy system showed the existence of energy savings niches in order of importance from the following sectors:

- Management of the generator for energy production: During year 2009, if the generators set producing energy is operating at optimum conditions (i.e. average load rate of 75%), up to 724,667 liters of gasoil will be saved, corresponding to an amount of 299,526,661 F CFA. Furthermore, one generator will remains at standby. This requires a good maintenance and management policies.
- Motors energy consumption: During year 2009, there is a lack of optimization in the operation of most of the motors driving pumps and fans used in the industrial process. Proper used of variable speed drive devices would save yearly up to 1,456,780.4 kWh corresponding to 79,496,506 F.
- Air condition and lighting: The energy saving in this sector depends on the behavior and habit of the workers. Waste of energy arises simply because of lack of reflexes and favorable behavior of workers in implementing energy saving policies. More than 100,263 kWh yearly can be saved corresponding to 5471352F. There is almost no investment to carry out. It is essential at this level that management body uses to arouse awareness policies in its workforce attitudes that favor the adoption of energy saving measures.

Key words:

1 –Audit of energetic system

2 – Energy saving

3 - Optimization

4 - Variable speed drive devices

5 – Energy saving policies

LISTE DES ABRÉVIATIONS

A: Ampère

AGMDC : Africain GeoMin Mining development

AGT : Agitateur

AU : Or

CIL : carbon In Leach

Cos: Cosinus

E: énergie

F: franc

f: fréquence

G1 : Groupe électrogène N°1 ainsi de suite jusqu'à G6.

GES/ Gaz à Effet de Serre

h : heure

HT : haute tension

Hz: hertz

I: Courant électrique

IACM: Interrupteur Aérien à Commande Manuelle

In : Courant nominal

Kv: kilovolt

Kvah : Energie apparente

Kvarh : Energie réactive

KvarhL: Energie réactive inductive

KvarhC : Energie réactive capacitive.

kW : kilowatt

Kwh : kilowattheure

(l) : litre

MCC : Moteur command Cell

MCCVV : motor command cell avec variateur de vitesse.

MT : moyenne tension

mn : minute

MW : Mégawatt

η : rendement

NaOH : soude caustique

NaCN : cyanure de sodium

NIGELEC : La Société Nigérienne d'Electricité

OHADA: Organisation pour l'Harmonisation du Droit des Affaires

P: puissance active

Pn : Puissance nominale

01PMP01 : C'est un code désignant la pompe N°1 située dans le secteur 1.

PMP : Signifie pompe

%: Pourcentage

SML: Société des Mines du Liptako

t : tonne

TGBT: Tableau Général Basse Tension

TVA : taxe sur la valeur ajoutée

U: tension électrique

Un : Tension nominale

V: volt

W: watt

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Evolution annuelle des consommations d'électricité.....	page 25
Tableau 2 : Evolution annuelle de la consommation en gasoil pour la production d'électricité.....	page 26
Tableau 3 : Evolution annuelle de la consommation d'huile pour la production d'électricité	page 27
Tableau 4 : Evolution annuelle de la consommation d'oxygène et d'acétylène.....	page 28
Tableau 5 : Consommation d'eau et d'air comprimé.....	page 29
Tableau 6 : Résumé de l'inventaire des principaux équipements consommateurs d'énergie électrique dans l'usine.....	page 30
Tableau 7 : Relevés facture Samira I 2008.....	page 33
Tableau 8 : Relevés facture Samira II, 2008.....	page 33
Tableau 9 : Relevés facture Samira I 2009.....	page 34
Tableau 10 : Relevés facture Samira II, 2009.....	page 34
Tableau 11 : données des économies d'énergie et financières	page 35
Tableau 12 : Relevés journaliers de la production d'énergie et de la consommation d'énergie du broyeur.....	page 37
Tableau 13 : Relevés des paramètres de fonctionnement du broyeur.....	page 38
Tableau 14 : Résumé des relevés des paramètres de fonctionnement des unités ou blocs de distribution d'énergie électrique	page 39
Tableau 15 : Résumé des relevés des paramètres de fonctionnement des unités ou blocs de distribution d'énergie électrique	page 40 (suite)
Tableau 16 : mesures des paramètres de fonctionnement d'équipements individuels.....	page 40
Tableau 17 : taux de charge, puissances et consommations spécifiques des groupes année 2009.....	page 43

Tableau 18 : Comparaison des relevés des puissances et taux de charge des groupes pour la journée du 20 juillet aux valeurs de l'année 2009.....page 44

Tableau 19 : Présentation des ratios de production 2009.....page 44 et 45

Tableau 20 : Données des investissements.....page 48

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de localisation du site aurifère.....	page 17
Figure 2 : Plan de masse	page 17
Figure 3 : Blocs diagrammes du procédé industriel.....	page 18
Figure 4 : Schéma unifilaire simplifié du réseau électrique SML.....	page 20
Figure 5 : Evolution annuelle de la consommation d'électricité	page 25
Figure 6 : Evolution annuelle de la consommation de gasoil pour la production d'électricité.....	page 26
Figure 7 : Evolution de la livraison de gasoil année 2009.....	page 27
Figure 8 : Evolution annuelle de la consommation d'huile pour la production d'électricité	page 28
Figure 9 : Evolution annuelle de la consommation d'oxygène et d'acétylène.....	page 28
Figure 10 : Blocs diagrammes du flux de l'énergie électrique	page 36
Figure 11 : Evolution journalière de la production d'énergie par rapport à la consommation du broyeur	page 37
Figure 12 : 1 ^{er} Niveau de consommation.....	page 42
Figure 13 : Répartition consommation forces motrices dans l'usine.....	page 42

LISTE DES PHOTOS :

- Photo 1 : Concasseur.....page 19
- Photo 2 : intérieur du Broyeur.....page 19
- Photo 3 : Extérieur du broyeur.....page 19

CITATIONS.....	2
Remerciements/ Dédicaces.....	3
liste des abréviations.....	6
I- INTRODUCTION.....	15
1.1 Contexte	15
1.2 Présentation de la Société des Mines du Liptako.....	16
1.2.1 Organisation administrative.....	16
1.2.2 Localisation et plan de masse	16
1.2.3 Description du procédé industriel d'exploitation de l'or	18
1.2.4 Approvisionnement en énergie électrique	19
1.2.5 Présentation du réseau électrique de la SML.....	19
II- OBJECTIFS DU TRAVAIL.....	20
III- MATERIEL ET METHODE.....	21
3.1 Matériels.....	22
3.2 Méthode	22
3.2.1 Planification du travail.....	22
3.2.2 Explication des procédures.....	22
IV- RESULTATS.....	25
4.1 Consommation énergétique.....	25
4.1.1 Electricité.....	25
4.1.2 Consommation de gasoil pour la production de l'électricité de 2007 à 2009.....	26
4.1.3 Situation du gasoil livré par usage en 2009	26
4.1.4 Consommation en huile pour la production de l'électricité de 2007 à 2009	27
4.1.5 Consommation en oxygène et en acétylène.....	28
4.1.6 Consommation d'eau et d'air comprimé	29
4.2 Inventaire des principaux équipements consommateurs d'énergie.....	29
4.2.1 Equipements consommateurs d'énergie électrique	29
4.2.2 Equipements consommateurs de gasoil	31
4.3 Facturation	32
4.3.1 Facturation de la SML	32
4.3.2 Présentation des fiches des factures d'électricité.....	32
4.4 Détermination des économies d'énergie et financière	35
V- DISCUSSION ET ANALYSES	36
5.1. Representation schematisée flux énergétique.....	36

5.1.2	Relevés journaliers de la production totale d'énergie et de la consommation du broyeur	37
5.1.3	Relevés des paramètres de fonctionnement du broyeur.....	38
5.1.4	Relevés et mesures des consommations d'énergie au niveau des postes ou unités de distribution et de consommation.....	38
5.1.5	Mesures des paramètres de fonctionnement d'équipements individuels.....	40
5.1.6	Illustration des niveaux de consommation: consommation du mois de juin 2010	42
5.2	Appréciation de la qualité des relevés des données de production et de consommation d'énergie électrique.....	42
5.3	Analyse des performances des groupes de production d'énergie électrique.....	43
5.3.1	Année 2009.....	43
5.3.2	Journée du 20 juillet	44
5.4	Analyse des ratios de production	44
5.5	Facture d'électricité.....	46
5.6	Enquêtes et questionnaires.....	47
5.7	Mesures d'économies financières	47
5.7.1	A coûts nuls.....	47
5.7.2	Mesures à coûts réduits.....	48
5.7.3	Investissements	48
VI-	CONCLUSION.....	49
VII-	RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	49
VIII-	BIBLIOGRAPHIE	50
IX-	ANNEXES.....	52

I- INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

La maîtrise et le développement de l'énergie sont à la base du développement socio-économique et de l'amélioration de la qualité de vie. Pour ce faire, au cours de ces dernières décennies, la recherche du mieux être, a entraîné une hausse exponentielle de la consommation et des prix des produits énergétiques. Cette situation accélère ainsi l'épuisement des ressources d'énergies fossiles. Il est apparu par ailleurs que le développement des activités énergétiques constitue la source fondamentale de production des gaz à effet de serre (GES), principales causes des problèmes environnementaux et des changements climatiques. Consciente des dangers que court l'humanité à moyen et long termes, la communauté internationale s'est mobilisée à travers plusieurs sommets internationaux (Stockholm en 1972, Rio de Janeiro en 1992, Johannesburg en 2002 et Copenhague en 2009), pour trouver un accord permettant de réduire la production des GES. C'est dans ce cadre que le concept de développement durable est né à partir du sommet de Rio avec pour objectif la promotion d'un développement équilibré entre la génération actuelle et celles à venir. Cela se traduit, au niveau du secteur de l'énergie, par un appel à une consommation durable des ressources fossiles à travers leur utilisation rationnelle (économies d'énergie) et l'utilisation croissante des énergies de substitution.

Dans cet esprit cette étude centrée sur l'audit énergétique de la Société des Mines du Liptako (SML), grande consommatrice d'énergie, a pour objectif principal de contribuer à la rationalisation de cette consommation et à la réduction de sa facture énergétique. En 2009, la production et la consommation d'énergie de la SML restent dominées par le gasoil qui est une énergie fossile. Les dépenses consacrées par la SML à l'achat des produits énergétiques pour couvrir les besoins de son usine d'or de Samira s'élevèrent à deux milliards six cent quatre vingt dix sept mille huit cent quinze mille soixante dix huit (2 697 815 078) F CFA, selon nos calculs. Plus de 87,45% de ce montant a été affecté à la couverture des besoins en énergie électrique. La quantité d'énergie électrique correspondante est de 26 453 729 kWh répartie entre la centrale de la SML (62,13%) et la Société Nigérienne d'Electricité NIGELEC (37,87%). En comparaison, en 2007, la part de la centrale de la SML n'était que de 14,05% de la consommation totale de la société.

Les principaux fournisseurs de la SML en produits énergétiques sont la NIGELEC et TOTAL Niger. Au cours de l'année 2009, le coût moyen de revient du kWh NIGELEC, cédé à la SML est de 71 F alors que le coût de production de la SML est de 99 F/kWh sans les frais des pièces de rechange, de la main d'œuvre ainsi que la TVA.

Il existe une situation de hausse constante et significative de la facture énergétique qui s'explique principalement par le fait que la NIGELEC qui constitue la source d'approvisionnement la moins chère est confrontée de plus en plus à une indisponibilité d'énergie. La disponibilité permanente de l'énergie en quantité suffisante pour faire tourner ses installations de production d'or en tout temps est une impérieuse nécessité pour la SML.

Aussi, les responsables de la société ont-ils pris l'initiative d'orienter leurs efforts vers une gestion et utilisation rationnelle de l'énergie. Le thème de ce mémoire « Audit énergétique des installations de l'usine de production d'or de la SML », s'inscrit dans cette optique.

Les principales composantes de ce mémoire sont : La méthodologie qui décrit l'approche et les procédures adoptées pour la mise en œuvre du travail. Le chapitre résultats présente l'ensemble des données collectées et parfois calculées. Le chapitre analyse et discussion aborde de façon critique les données collectées et qui sont interprétées et comparées par rapport à des valeurs de référence. Il traite également des économies d'énergie et financières. Le chapitre recommandations et perspectives annonce les mesures à mettre en œuvre pour atteindre l'objectif final qui est la réduction de la facture énergétique.

1.2 PRESENTATION DE LA SOCIETE DES MINES DU LIPTAKO

La Société des Mines du Liptako (SML) a été créée en Avril 2000 en qualité de société d'exploitation, conformément aux dispositions du code minier du Niger et des textes de l'OHADA. La SML est une société privée de droit Nigérien détenue à 80% par Africain GeoMin Mining development (AGMDC) et à 20% par l'Etat du Niger.

1.2.1 Organisation administrative

La SML compte un effectif direct de 225 agents et un effectif indirect émanant de la sous-traitance de 557 agents. Elle est dirigée par un Directeur d'exploitation, secondé par un Directeur délégué.

1.2.2 Localisation et plan de masse

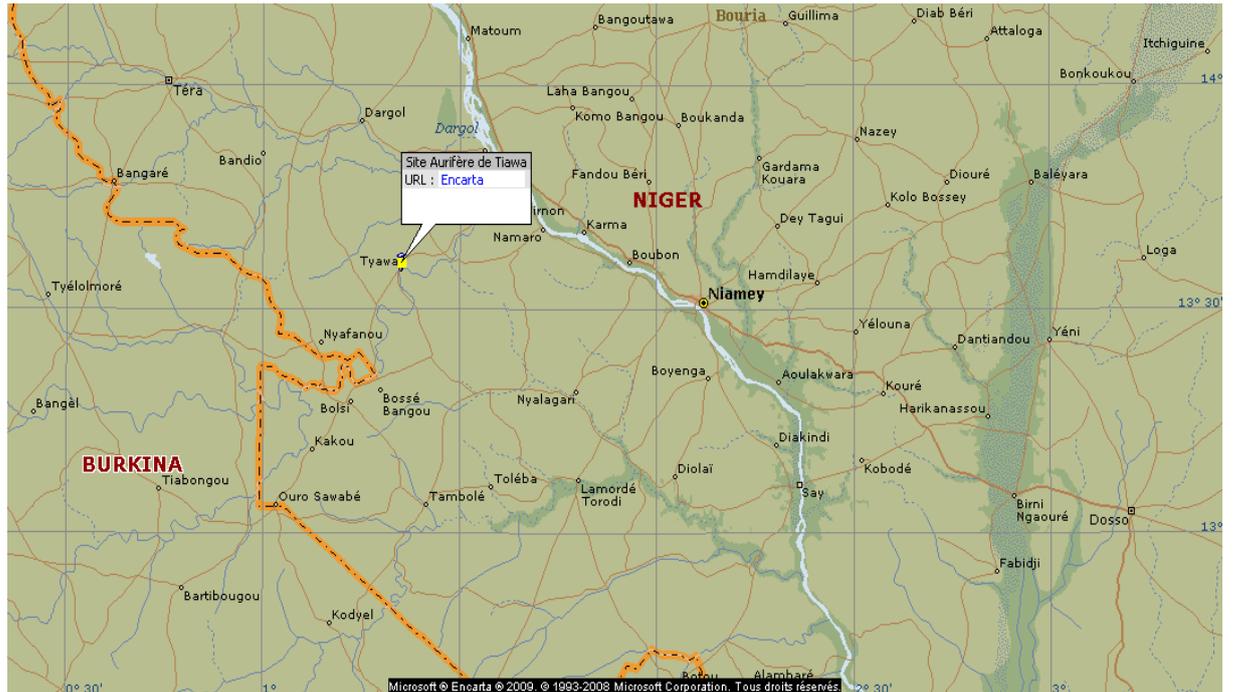
- Localisation

Le site de la mine d'or de la SML, connu sous le nom de la mine d'or de Samira, se situe à environ 100 km à l'Ouest de la ville de Niamey, capitale du Niger. Il couvre une superficie de 14,58 km². Du point de vue administratif, le périmètre d'exploitation se trouve dans les départements de Téra et de Say, tous deux relevant de la région de Tillabéry.

Coordonnées géographiques : Latitude : 13°35' N ; Longitude : 1°20' E

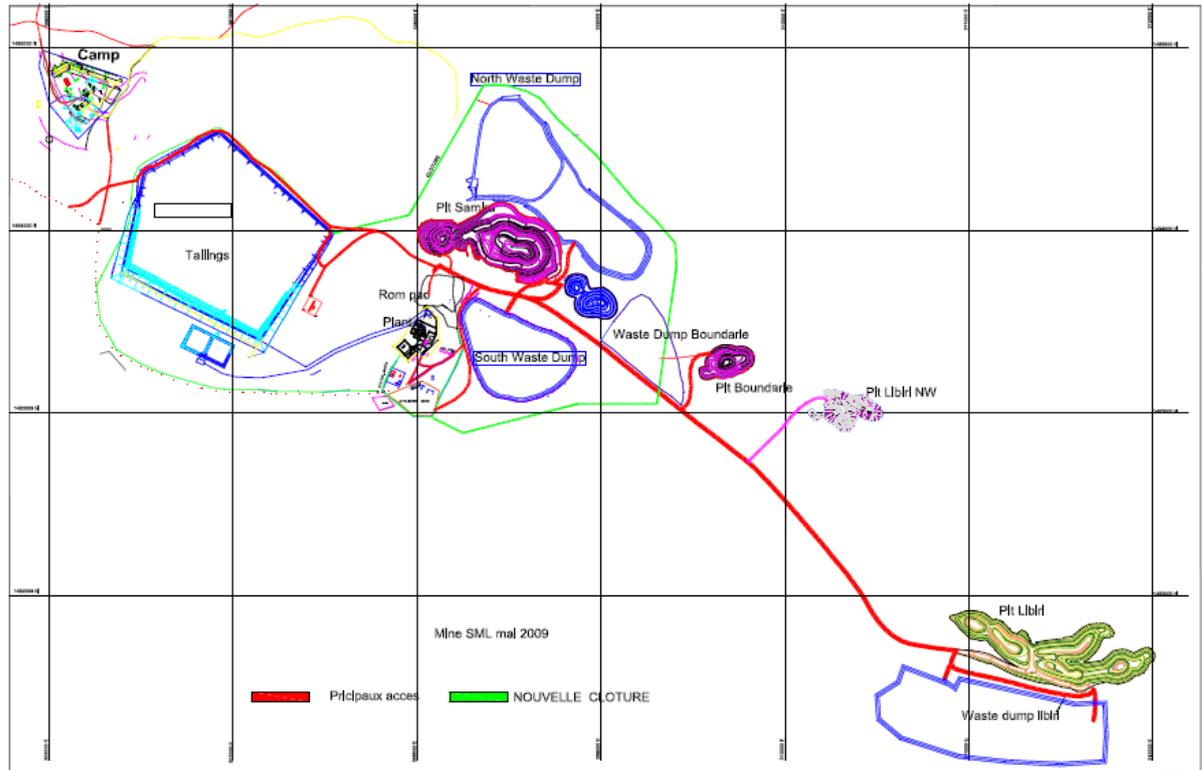
Distance (vol d'oiseau) de Niamey : 84 km. Distance (vol d'oiseau) frontière Burkina : 35 Km

Figure 1 : Carte de localisation du site de la mine d'or de la SML



- Plan de masse

Figure 2 : Plan de masse



La mine d'or de Samira est constituée de quatre (4) permis dont les trois (3) sont en exploitation.

1.2.3 Description du procédé industriel d'exploitation de l'or

L'ensemble industriel de la SML comprend une mine à ciel ouvert et une usine. Les réserves exploitables sont estimées à 600000 onces. L'usine de traitement, d'une capacité de 6000t/jour, a été construite sur une superficie de 10 hectares. L'usine a pour mission de transformer le minerai tout venant en lingots d'or titrant 94 à 96% AU, selon le processus suivant. Le tout venant a une dimension pouvant atteindre 750 mm. Une fragmentation à l'aide d'un concasseur à mâchoires (voir photo1) permet de réduire la dimension des blocs à environ moins de 150 mm. Une unité de broyage à boulets (voir photos 2 et 3) par voie humide récupère le minerai concassé par l'intermédiaire de deux bandes transporteuses disposées en série. La pulpe qui sort du broyeur passe par un hydro cyclone au niveau duquel elle est classifiée. La sous verse constituant la charge circulante, retourne dans le broyeur. La sur verse dont 80% est inférieur à 75µm, avec 40% de solide en moyenne, alimente l'atelier Carbon In Leach (CIL) où l'or est simultanément mis en solution (par du cyanure en présence de peroxyde et à PH compris entre 10,2 et 10,3) et adsorbé sur du charbon actif. Le charbon riche en or (charbon chargé) est envoyé à l'élution où il est d'abord lavé à l'acide chlorhydrique, ensuite débarrassé de son or dans un mélange de solutions de soude caustique (NaOH) et de cyanure de sodium (NaCN). Le charbon pauvre (débarrassé de son or) est régénéré et réutilisé au CIL. L'éluât aurifère passe par l'électrolyse, la calcination et la fusion pour donner un lingot titrant en moyenne 94 à 96% AU.

- Figure 3 : Blocs diagrammes du procédé industriel d'exploitation de l'or (voir annexe 1)

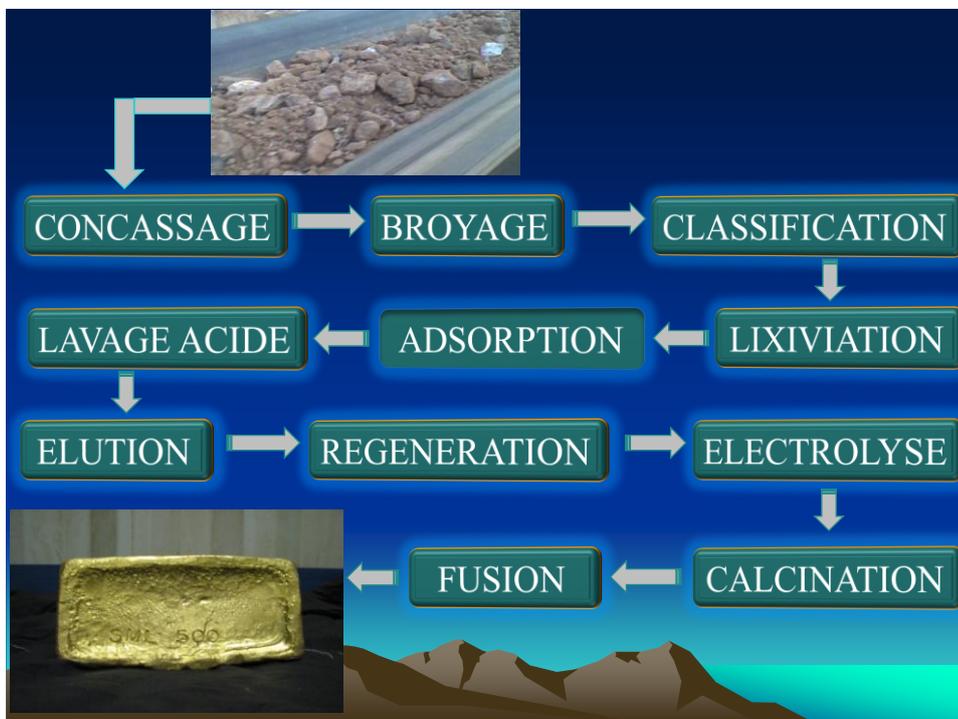


Photo 1 : Concasseur

Photo 2 : Intérieur du broyeur

Photo 3 : Extérieur broyeur

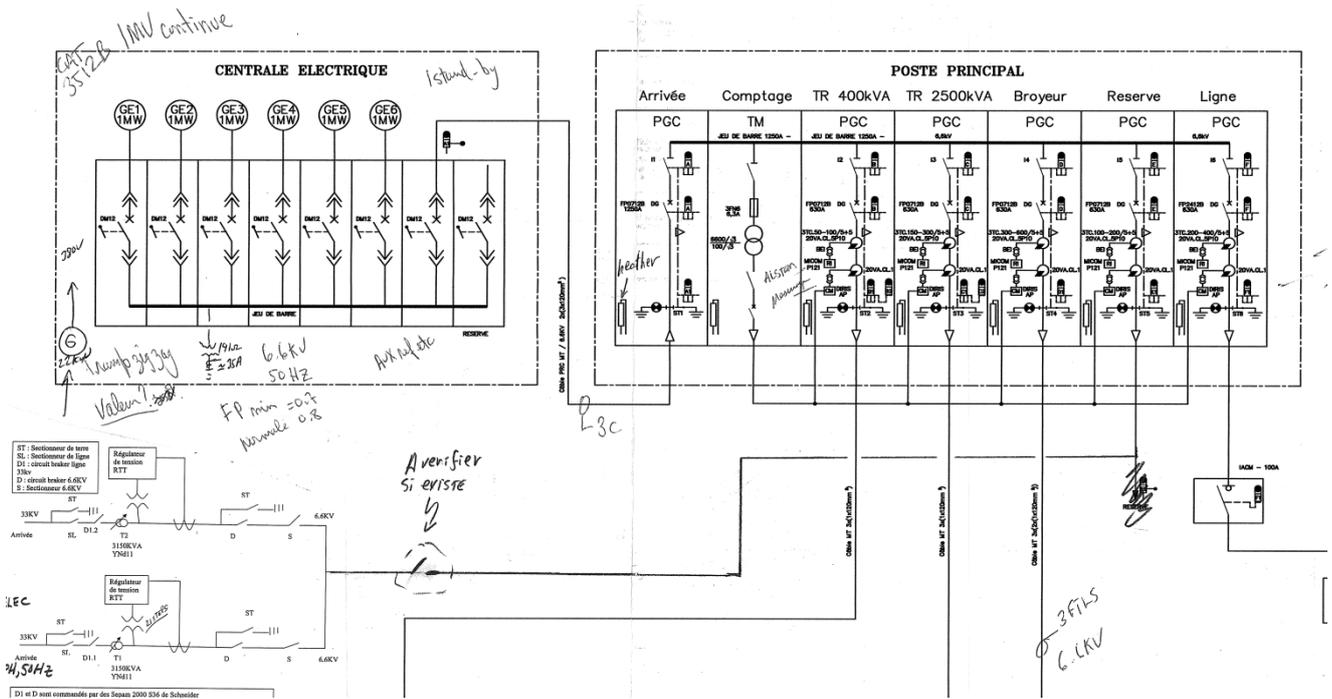


1.2.4 Approvisionnement en énergie électrique

- ❖ Energie électrique : Le site de la mine d'or de Samira, dispose de deux sources d'alimentation :
 - La Société Nigérienne d'Electricité (NIGELEC), société étatique est la principale fournisseuse d'électricité. Cette fourniture se fait à partir du réseau interconnecté à travers deux lignes de 3,15 MW chacune sous une tension de 33 KV.
 - Sa propre centrale constituée de six (6) groupes diesel d'une puissance totale de 6 MW fournissant une tension de 6.6kV
- ❖ Hydrocarbures :
 - Le gasoil et les lubrifiants pour l'alimentation de la centrale électrique, des fours, du parc automobile et des engins de manutention sont fournis par la société TOTAL.
 - L'oxygène et l'acétylène utilisés pour la soudure sont fournis par l'Etablissement Mustakbal.

1.2.5 Présentation du réseau électrique de la SML

- Figure 4 : Schéma unifilaire simplifié du réseau électrique de la SML (voir annexe 2)



Le schéma ci-dessus, constitué de trois blocs, nous montre comment les deux sources d'alimentation en énergie électrique (NIGELEC et Centrale SML) sont interconnectées entre elles.

Dans le premier bloc situé en haut à gauche, il y a six (6) groupes de production qui constituent la centrale de la SML. Les sorties des six (6) groupes sont reliées à un jeu de barre qui à son tour est acheminé sur le jeu de barre du poste principale (bloc situé en haut à droite). En dessous du premier bloc, se trouve l'arrivée des deux lignes de la NIGELEC. Elles sont également reliées entre-elles avant d'être à leur tour acheminées sur le jeu de barre du bloc appelé poste principal. Le couplage des deux réseaux est donc réalisé au niveau du poste principal dont la tension jeu de barre est 6,6 KV. A partir du bloc poste principal, il y a quatre (4) sorties qui constituent les départs qui alimentent les principaux secteurs du réseau SML. Pour des informations détaillées sur l'ensemble du réseau voir en annexe 2. Pour l'alimentation des installations de la SML, le dispositif actuel du couplage permet de choisir l'une des options suivantes:

- La prise en charge complète des installations de la SML par la NIGELEC.
- La prise en charge complète des installations de la SML par sa propre centrale de production.
- La prise en charge partielle des installations (les trois départs) par la centrale de production SML et le quatrième départ par la NIGELEC.

II- OBJECTIFS DU TRAVAIL

L'audit énergétique des installations de l'usine de la SML a pour objet, le diagnostic de la production et de la consommation d'énergie au sein de l'établissement à travers la réalisation de recherches, d'études et de contrôle visant à évaluer le niveau de performance énergétique de la société, à analyser les causes des insuffisances et à proposer les actions correctives. Plus spécifiquement, il s'agit de :

- Contribuer à augmenter les performances des procédés étudiés et à réduire la facture énergétique de la SML. Il s'agira alors à ce niveau d'apprécier et d'analyser les performances du système de production et d'exploitation d'énergie, d'évaluer les coûts de production et de jeter un regard rétrospectif critique sur le système de facturation de l'énergie.
- Qualifier et quantifier l'utilisation de l'énergie dans le système industriel de la SML. Il s'agira à ce niveau de compiler et d'analyser les données relatives à la consommation et à la production de l'énergie, d'établir le flux énergétique, de déterminer les grands postes ou blocs de consommation, de relever les habitudes et les comportements des travailleurs dans l'usage de l'énergie.
- Evaluer les performances du ou des procédés afin de pouvoir comparer ces performances avec d'autres procédés concurrents. Il s'agira d'adopter une approche comparative entre les résultats obtenus lors des campagnes des mesures et des relevés par rapport aux valeurs de référence ou aux données recueillies.
- Calculer les performances des équipements ou unités afin de pouvoir identifier les sources d'inefficacité. Les relevés et mesures effectuées sur les équipements et parfois les données de fonctionnement déjà recueillies permettent d'évaluer le niveau d'efficacité des équipements.
- Identifier les pistes d'amélioration de l'utilisation de l'énergie à travers la mise en œuvre des mesures d'économies d'énergies, des recommandations et propositions.

L'étude s'est appesantie surtout sur les installations électriques dans le secteur de l'usine néanmoins une attention particulière est portée à l'utilisation de l'énergie dans la cité. Au niveau de la cité et dans les bureaux, il s'agira de déterminer les habitudes d'utilisation de l'énergie électrique par les travailleurs de la SML. A cet effet, des questionnaires et enquêtes réalisées concerneront principalement le secteur de l'éclairage et de la climatisation.

III- MATERIEL ET METHODE

3.1 MATERIELS

- Moyens humains : Pour la mise en œuvre de ce travail, nous avons bénéficié de la collaboration de l'ensemble des travailleurs de la SML mais plus particulièrement des agents du service d'électricité et du service de mécanique qui ont été exemplaires dans la fourniture des données et dans l'encadrement.
- Supports et documentation : Il s'agit à ce niveau des supports relatifs aux relevés des consommations et production d'énergie, des factures et des notices d'utilisation du matériel technique et des schémas techniques.
- Matériels physiques et didactiques : Le service internet est disponible à l'usine et à la cité. Pour relever les mesures et indications des différents paramètres de fonctionnement du réseau électrique ou équipements électriques, nous avons utilisé :
 - ✓ Les DERIS et CIRCUITOR qui sont des compteurs à affichages numériques déjà incorporés dans le système.
 - ✓ Un multimètre numérique de marque FLUKE 345 PQ CLAMP METER 200A 600V CAT IV.
 Nous avons utilisé également un appareil photo numérique.

3.2 METHODE

3.2.1 Planification du travail

- Entretien avec le responsable du service électricité.
- Définition des objectifs du travail à entreprendre.
- Visite préliminaire des installations.
- Collecte des données:
- Elaboration et l'administration des questionnaires et des enquêtes sur les habitudes et comportement des travailleurs de la SML dans l'usage de l'électricité.
- Echanges avec certains responsables ou chefs de service.
- Analyse et le traitement des données collectées
- Campagnes des mesures et des relevés
- Evaluation des économies d'énergies.
- Détermination des actions à entreprendre
- Détermination des coûts des investissements
- Recommandations et propositions

3.2.2 Explication des procédures

- Analyse des performances des groupes de production d'énergie

Nous allons considérer la production mensuelle d'énergie électrique à partir des groupes pour l'année 2009. Connaissant par groupe et par mois, la quantité de la production d'énergie, le nombre d'heures de fonctionnement et la quantité de gasoil consommé, nous pouvons déterminer mensuellement, les puissances individuelles, le taux de charge et la consommation spécifique par groupe.

$$\text{Puissance mensuelle par groupe (kw)} = \frac{\text{quantité d'énergie mensuelle par groupe}}{\text{nombre d'heure de fonctionnement du groupe dans le mois}} \quad (1)$$

$$\text{Taux de charge} = \frac{\text{puissance du groupe calculée au 1}}{\text{Puissance nominale du groupe}} \quad (2)$$

Caractéristiques nominales des groupes (Annexe 3)

$$\text{Consommation spécifique} \left(\frac{\text{litre}}{\text{kwh}} \right) = \frac{\text{consommation mensuelle en gasoil du groupe}}{\text{quantité d'énergie mensuelle du groupe}} \quad (3)$$

- Relevés horaires de certaines caractéristiques des groupes de production

Cette opération s'est déroulée dans la journée du 20 juillet 2010. Elle a commencé à 8 h du matin pour se terminer à 00 h, soit au total 17 relevés. Par la suite, connaissant les puissances horaires et la puissance utile nominale de chaque groupe, on peut déduire le taux de charge horaire.

$$\text{La formule appliquée est donc : Taux de charge horaire} = \frac{\text{puissance horaire du groupe}}{\text{Puissance nominale du groupe}} \quad (4)$$

- Relevés journaliers de la production d'énergie et de la consommation du moteur du broyeur

Chaque jour à la même heure, nous relevons la production totale de l'énergie et la consommation correspondante du broyeur. Nous considérons également une journée sans broyeur.

- Relevés et mesures des paramètres de fonctionnement des blocs ou unités de distribution et de consommation

Toutes les unités sont munies de compteur à affichage digital (DERIS ou CIRCUITOR) où nous pouvons relever l'énergie consommée, les puissances, le cosinus etc. Ainsi, chaque jour à la même heure nous relevons ces paramètres. Les valeurs finales à retenir sont les valeurs moyennes de l'ensemble des jours où l'opération s'est déroulée. Par ailleurs, à partir de l'inventaire des équipements de l'usine, nous connaissons les puissances installées par bloc ou unité en question. Une fois les relevés obtenus nous pouvons faire la comparaison entre puissances relevées et puissances installées et apprécier le régime de fonctionnement de l'unité.

- Mesures des paramètres de fonctionnement d'équipements individuels

Procédure : Nous avons utilisé un multimètre numérique. Cet appareil permet de mesurer les puissances active, réactive, apparente, la tension, le courant et le cosinus phi. C'est une opération très délicate car il ne s'agit pas d'un fonctionnement à régime constant pour la simple raison que les régimes de fonctionnement des équipements sont dictés par le procédé industriel.

- Procédure pour la détermination des économies d'énergie
- ✓ Secteur de l'éclairage et de la climatisation

Une première opération s'est déroulée au cours des journées du 25, du 29 et du 30 juin. La première journée a consisté à recenser les équipements consommateurs d'énergie (climatiseurs, les lampes projecteurs et les lampes extérieures de sécurité). Le recensement s'est déroulé entre 16 h et 18 h, période à laquelle très peu de travailleurs sont dans les chambres. Pourquoi cette période ? Parce que nous voudrions constater et relever le nombre de climatiseurs et de lampes extérieures qui sont allumés alors que les chambres sont vides. La journée du 29 juin a été consacrée à l'inventaire des équipements dans le domaine de l'éclairage et de la climatisation dans l'usine et au niveau des locaux administratifs. La seconde opération est l'administration des questionnaires aux employés de la SML. Ainsi, quatre (4) types de questionnaires ont été élaborés et adressés respectivement au personnel de l'administration et de l'usine, aux habitants de la cité, aux cuisiniers et au personnel de ménage. Les questionnaires concernant le personnel de l'administration, les responsables de l'usine et les habitants de la cité, ont été envoyés par messagerie interne. Il y a également l'option qui a consisté à photocopier les questionnaires et les distribuer aux travailleurs qui le désirent. La dernière option c'est l'entretien direct avec le travailleur. Après dépouillement des questionnaires (Annexe 4) la procédure pour calculer le nombre d'heures qui aurait été économisé dans chaque cas est la suivante :

Le nombre d'heures à économiser est obtenu en considérant pour chaque bureau ou chambre le temps de présence de l'occupant retranché du nombre total d'heures que fonctionne le climatiseur ou les lampes au cours d'une journée.

Dans le secteur de l'éclairage public ou de sécurité : C'est les observations pertinentes qui ont été utilisées pour déterminer le nombre d'heures.

- ✓ Secteur exploitation des groupes électrogène : année 2009

Pour l'année 2009, nous avons déjà déterminé plus haut, le taux de charge moyen des six (6) groupes électrogènes qui est de 0,632 ainsi que la production totale d'énergie des groupes (16436710 kWh) correspondant à une consommation totale en gasoil de 4348000 litres. Nous allons considérer que nous sommes dans un système d'exploitation optimisée où les groupes fonctionnent à un taux de charge de 75%. Ainsi, au cours de 2009 six(6) groupes ont été utilisés mais à un taux de charge de 63,2%. En utilisant cinq (5) groupes à un taux de charge de 75%, nous produirons la même quantité d'énergie que les six (6) groupes.

- ✓ Secteur de la force motrice

Procédure : Partant du principe que les variateurs de vitesse permettent d'économiser en pompage 20 à 30% de la consommation énergétique et en ventilation 30 à 50% des consommations, nous appliquons alors ce principe aux secteurs du CIL, du Concassage, au Compresseur et à la Sirba qui utilisent des moteurs qui répondent à ce critère. Dans notre cas, nous avons considéré juste pour chaque cas une économie d'énergie de 20%. Nous avons considéré les données de consommation du mois de juin 2010.

- Calcul des gains financiers

La quantité d'énergie économisée par le secteur de la climatisation, de l'éclairage et la force motrice est connue à partir des paragraphes précédents. Connaissant le prix du kwh NIGELEC, nous calculons le coût correspondant dans le cas de l'énergie électrique. En ce qui concerne le secteur de l'exploitation des groupes, nous considérons la quantité de gasoil qui aurait été économisé si les groupes fonctionnaient en 2009 à un taux de charge de 75%. A ce niveau aussi, connaissant la quantité de gasoil qui aurait été économisé et le prix du litre du gasoil en 2009, nous pouvons calculer le montant correspondant en F CFA.

IV-RESULTATS

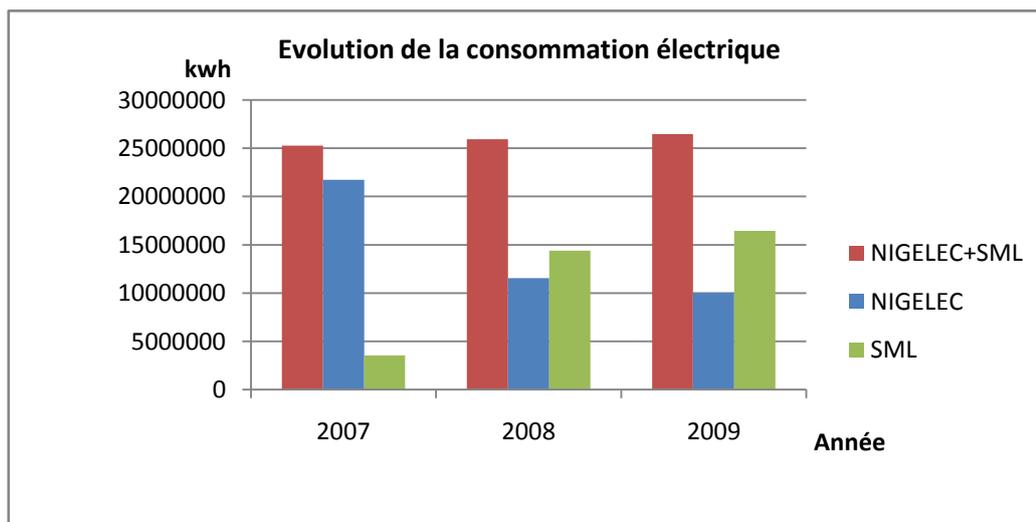
4.1 CONSOMMATION ENERGETIQUE

4.1.1 Electricité

Tableau 1: Evolution annuelle de la consommation en électricité de 2007 à 2009.

Année	NIGELEC+SML (kWh)	NIGELEC (kWh)	SML (kWh)
2007	25280943	21727802	3553141
2008	25919990	11530597	14389393
2009	26453729	10017019	16436710
Total	77654662	43275418	34379244

Figure 5 : Evolution annuelle de la consommation en énergie électrique



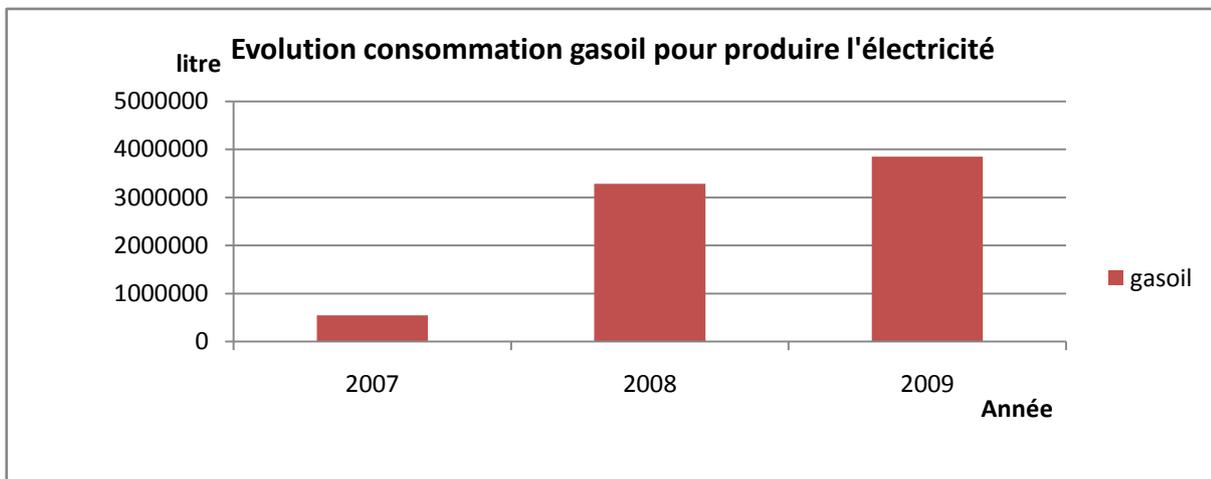
Nous constatons que la consommation d'énergie croît légèrement d'une année à une autre. La production de la SML pour les deux dernières années dépasse celle de la NIGELEC.

4.1.2 Consommation de gasoil pour la production de l'électricité de 2007 à 2009

Tableau 2 : Evolution annuelle de la consommation en gasoil

Année	Gasoil (l)
2007	545557
2008	3285738
2009	3849275
TOTAL	7680570

Figure 6 : Evolution annuelle de la consommation en gasoil pour la production d'électricité

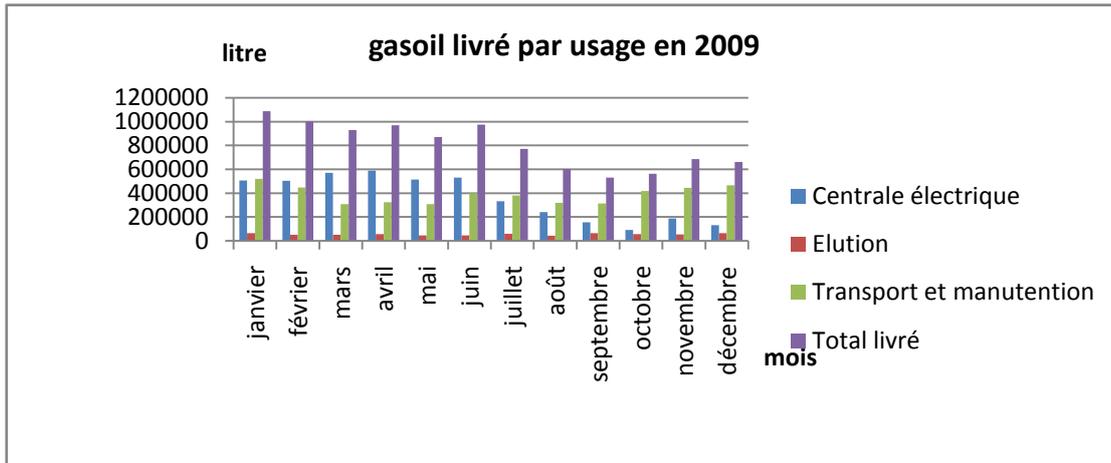


En faisant une lecture croisée des deux figures ci-dessus, nous constatons que la consommation de gasoil augmente au fur et à mesure que la quantité d'énergie électrique fournie par la NIGELEC baisse. Ainsi, la consommation en gasoil pour produire de l'électricité est passée de l'ordre de 500000 litres en 2007 à plus de 3000000 litres en 2008 et près de 4000000 litres en 2009. Cette tendance à la hausse se confirme pour l'année 2010 car déjà pour les six premiers mois, la centrale SML a consommé 1927623 litres de gasoil ; ce qui dépasse déjà la moitié de la consommation de 2009.

4.1.3 Situation du gasoil livré par usage en 2009

Les principaux usages du gasoil sont : La production de l'électricité, le transport du personnel, les déplacements des engins de manutention et la production de l'énergie calorifique dans les fours.

Figure 7 : Evolution de la livraison de gasoil par usage (Annexe 5).



Nous constatons que l'énergie électrique représente la plus grande part des livraisons en gasoil. Les mois de grande consommation en gasoil correspondent aux mois d'indisponibilité complète ou partielle de la NIGELEC.

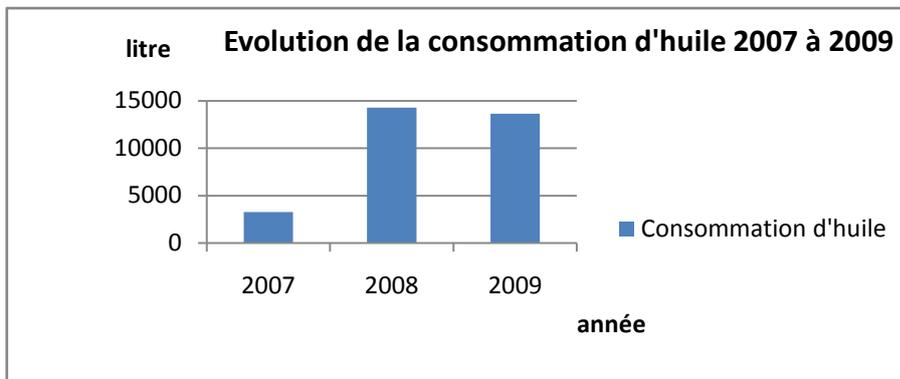
Le secteur de l'éluotion utilise du gasoil pour produire de l'énergie calorifique dans les fours de régénération du charbon, de calcination et de fusion de l'or.

4.1.4 Consommation en huile pour la production de l'électricité de 2007 à 2009

Tableau 3 : Evolution annuelle de la consommation d'huile pour la production d'électricité

Année	huile (l)
2007	3280
2008	14280
2009	13653
Total	31213

Figure 8: Evolution annuelle de la consommation d'huile pour la production de l'électricité de 2007 à 2009



Les années de grandes consommations d'huile correspondent aux années de baisse de la fourniture d'électricité à la SM L par la NIGELEC.

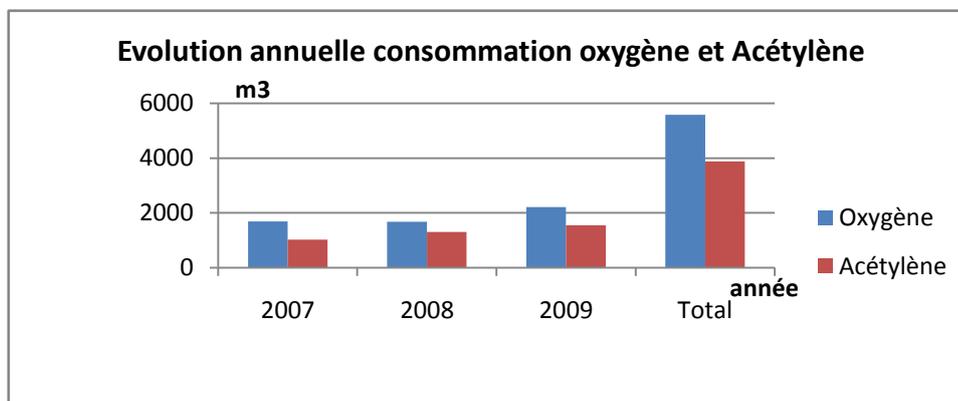
4.1.5 Consommation en oxygène et en acétylène

L'oxygène et l'acétylène sont utilisés pour la soudure et pour couper des pièces métalliques ou plastiques. La réaction de combustion de l'acétylène avec de l'oxygène permet d'avoir de hautes températures nécessaires à la soudure entre deux pièces métalliques ou plastiques. La flamme peut également être utilisée pour couper une pièce métallique.

Tableau 4 : Evolution annuelle de la consommation d'oxygène et d'acétylène de 2007 à 2009

Désignation	2007	2008	2009	Total
Oxygène (m ³)	1693,5	1678	2208,5	5580
Acétylène (m ³)	1023	1306	1547	3876

Figure 9 : Evolution annuelle de la consommation d'acétylène et d'oxygène de 2007 à 2009



4.1.6 Consommation d'eau et d'air comprimé

- L'eau utilisée dans le procédé industriel est pompée d'une rivière située à environ 14 km de l'usine par des groupes motopompes. Elle est directement stockée dans un barrage en terre située à 7 km de l'usine. C'est à partir de ce barrage que celle-ci est pompée dans un bassin située juste à proximité de l'usine. L'eau est finalement récupérée du bassin par pompage pour être injectée dans le procédé industriel de traitement du minerai d'or.

- Air comprimé : il est produit à partir d'un compresseur mono étage à vis. Il est utilisé :
 - ✓ Comme réactif (oxygène) dans les cuves contenant la pulpe d'or. Il réduit l'utilisation de la quantité de peroxyde qui est un produit importé.
 - ✓ Dans des vérins pneumatiques, des débitmètres, des systèmes de graissage ;
 - ✓ Dans la fermeture et l'ouverture des fours
 - ✓ Dans des pistolets de soufflage du concasseur;
 - ✓ Dans la vulcanisation
 - ✓ Des clefs à choc pour visser et dévisser les éléments du broyeur. Dans des répartiteurs
 - ✓ Pour le colmatage du broyeur en vue de pousser ou dégager le minerai.
 - ✓ Pour le dépoussiérage.

Tableau 5 : Consommation d'eau et d'air comprimé en 2009

Produits	Quantité (m3)
Air	1707654
Eau	3858117

4.2 INVENTAIRE DES PRINCIPAUX EQUIPEMENTS CONSOMMATEURS D'ENERGIE

4.2.1 Equipements consommateurs d'énergie électrique

A l'usine, les charges de la SML sont constituées essentiellement de moteurs asynchrones entraînant le plus souvent des pompes et des ventilateurs. Il y a aussi, des lampes projecteurs et fluorescentes, des climatiseurs et des machines pour faire la soudure.

Au niveau de la cité, les charges sont constituées principalement de climatiseurs, de lampes projecteurs et fluorescentes et des chauffe-eau électriques.

Tableau 6 : résumé de l'inventaire des principaux équipements consommateurs d'énergie électrique (annexe 6)

Secteurs	désignation	Nomb re	Puissance unitaire (kW)	Puissance totale (kW)	U (V)	I (A)
Concassage	Concasseur primaire à mâchoire	1	160	160		290
	Convoyeur	3	22	66		42,5
Total concassage				226		
Broyage	Moteur principal	1	2500	2500	6600	
	Moteur entrainement pas-à pas)	1	30	30		
	Moteur pompe alimentation hydrocyclone	2	250	500		435
	Moteur pompe des CIL	2	75	150		
Total broyage				3180		
Carbon in leach (CIL)	Moteur agitateur	6	55	330		94,5
	Moteur pompe de transfert	6	11	66		21
	Moteur tamis interstage	6	11	66		21
	Moteur pompe du stérile	4	90	360		158
Total (CIL)				822		
Réactif	Compresseur SULLAIR	1	223	223		
	Compresseur M55	1	55	55		
Total réactif				278		
Elution	Puissance installée		110	110		
Total Elution				110		

Eau process	Moteur digue petit bassin	2	37	74		
	Moteur d'eau des procédés	2	55	110		
	Moteur pompe d'eau brute	2	30	60		
	Moteur pompe d'eau des procédés	2	55	110		
Total Eau process				354		
Sirba	Moteur pompe rivière	3	315	945		
Total Sirba				945		
Barrage	Moteur pompe de transfert	2	110	220		
Total barrage				220		
Cité	Puissance installée		400	400		
Total Cité	Puissance installée		400	400		
Divers	puissance installée		400	400		
Grand Total				6935		

Pour la cité, il n'est pas possible d'obtenir exactement la puissance totale de l'ensemble des équipements consommateurs d'énergie. Nous avons néanmoins effectué un inventaire physique des climatiseurs (111 split et 38 climatiseurs fenêtres) et des lampes projecteurs (46 lampes). C'est pour cela, que dans le tableau ci-dessus, nous avons considéré la puissance installée de la cité. Il en est de même pour les équipements se trouvant dans le secteur de l'élution.

Les résultats de ce tableau montrent que la puissance installée théorique obtenue (6935 kW) est supérieure à la capacité de production actuelle de la SML. En effet, actuellement au niveau de la centrale de production de la SML, seuls 5 groupes sont disponibles cumulant une puissance totale installée de 5600 kW.

4.2.2 Equipements consommateurs de gasoil

Il s'agit des fours utilisés à deux niveaux :

- Au laboratoire de métallurgie et de mécanique : Il existe deux (2) vieux fours à gasoil, utilisés dans le processus de traitement des échantillons de minerai pour la détermination des teneurs en or.
- A l'élution : C'est le secteur où se fait la régénération du charbon, la calcination et la fusion de l'or. Ce secteur ne m'a pas été accessible durant mon séjour.

L'ensemble des fours situés à ces deux niveaux est alimenté par un fût unique de gasoil à travers trois conduites différentes.

4.3 FACTURATION

4.3.1 Facturation de la SML

La SML est abonnée en moyenne tension. Elle dispose de deux points de livraison désignés par Samira I et Samira II. La tarification appliquée à la SML est le K220 c'est-à-dire « MT Longues Utilisations » qui est à tarif unique. (Annexe 7) au Niger. Elle bénéficie d'une exonération en matière de TVA.

Pour déterminer le montant de la facture d'électricité de la SML, les points suivants sont pris en compte :

- Montant des consommations en heures pleines
- Prime de puissance
- Redevance fixe
- Redevance réactive
- Pénalisation (dépassement de puissance)
- Taxe/KWh pour l'extension du réseau

4.3.2 Présentation des fiches des factures d'électricité

Nous allons considérer les années 2008 et 2009.

Fiche de données énergétiques : année 2008

Nom : SML SAMIRA I	Coef. Comptage consommation:	1
N° Abonné : OGT00002	Coef. Comptage horaire :	1
Police d'abonnement :	Coef. Pertes actives consommation :	0
	Coef. Pertes actives horaires :	0
Puissance souscrite : 2000	Coef. Réactives consommation :	0

Puissance condensateur : XX

Coef. Pertes réactives horaires : 0

Prime fixe : 15000 F/KW

Tarif : 49,42 F (de décembre à février) et 57,15 (de mars à novembre)

Tableau 7 : Relevés facturation : Samira I de Période janvier 2008 à décembre 2008

Mois	Energie active (kwh)	Energie réactive (kvar)	Heure (h)	Puissance enregistré (kw)	Cos Phi	Facture du mois (F CFA)	TVA (F CFA)
jan	571853	170367	462	1751	0,9583	36419681	5369585
fév	673069	189254	525	1562	0,9627	41624207	6319983
mar	648577	152525	521	1746	0,9734	45378329	7042573
avr	699127	195495	546	1627	0,9629	48368362	7591471
mai	578804	144539	565	1679	0,9701	41251256	6284943
jui	417086	127203	521	2000	0,9565	31685636	4528928
jui	471938	152935	556	2000	0,9524	34930132	5124539
aoû	902133	281611	683	2000	0,9546	60376166	9795811
sep	709022	215045	553	2000	0,9578	48953651	7698915
oct	0	0	0	0	0	7015000	0
nov	0	0	0	0	0	7015000	0
déc	0	0	0	0	0	7015000	0
Moyenne	630179	180997	548	1818		34169368	4979729
TOTAL	5671609	1628974	4932			410032420	6639639

Tableau 8 : Relevés facture Samira 2: Période janvier 2008 à décembre 2008,

Puissance souscrite : 1500 kW

Mois	Energie active	Energie réactive	heure	Puissance enregistré	Cos Phi	Facture du mois	TVA
jan	567374	160861	463	1500	0,9629	34439371	5327528
fév	684961	192402	532	1500	0,9627	40485694	6431647
mar	666939	160379	532	1500	0,9723	44714441	7241957
avr	723339	220904	575	1500	0,9564	48050501	7854376
mai	544767	150859	538	1500	0,9637	37487968	5915352

jui	418098	134767	479	1500	0,9518	29995496	4539917
jui	481641	169488	459	1500	0,9438	33754065	5229899
août	907679	290015	678	1500	0,9524	58954212	9856032
sep	713616	221690	547	1500	0,9548	47475386	7748799
oct	0	0	0	0	0	5265000	0
nov	32163	17833	76	299	0,8762	6918821	302004
déc	118411	60398	600	1020	0,8908	11353693	1111855
MOYENNE	532635	161781	498	1347			5596306
TOTAL	5858988	1779596	5479	14819		398894648	61559366

Tableau 9 : Relevés facture Samira 1 Période janvier 2009 à décembre 2009,

Mois	Energie active (kw)	Energie réactive (kvar)	Heure (h)	Puissance enregistré (kw)	Cos Phi	Facture du mois (F CFA)	TVA (F CFA)
jan	0	0	0	0	0	7015000	
fév	0	0	0	0	0	7015000	
mar	0	0	0	0	0	7015000	
avr	0	0	0	0	0	7015000	
mai	5310	6214	16	1406	0,6497	7382708	57659
jui	37556	16033	69	2000	0,9196	9236437	407802
jui	605322	253356	409	2000	0,9223	42819796	6572889
août	709777	266722	526	2000	0,936	48998309	7707113
sep	740763	280300	533	2000	0,9354	50831131	8043575
oct	958473	373256	683	2000	0,9319	63708677	10407579
nov	715320	277990	505	1500	0,9319	43796754	6716712
déc	833007	336523	625	2000	0,9271	49848219	7821769
Moyenne							
TOTAL	4605528	1810394	3366	14906		344682031	47735098

Tableau 10 : Relevés facture : Samira 2 - Période janvier 2009 à décembre 2009

Mois	Energie	Energie	Heure	Puissance	Cos	Facture du	TVA (F
------	---------	---------	-------	-----------	-----	------------	--------

	active (kwh)	réactive (kvar)	(h)	enregistré (kw)	Phi	mois (F CFA)	CFA)
jan	115990	75892	586	1500	0,8369	11229200	1089128
fév	45573	24210	224	1500	0,8832	7608363	427921
mar	91440	47691	413	1500	0,8864	10673676	992901
avr	19983	10117	85	1500	0,8922	6446994	216985
mai	180489	79940	426	687	0,9143	15940924	1959840
jui	299665	170856	554	1500	0,8687	22990184	3253912
jui	603671	152515	450	1500	0,9694	40972139	6554961
août	700083	199793	531	1500	0,9617	46674909	7601851
sep	754279	186719	598	1500	0,9705	49880602	8190338
oct	972508	258725	709	1500	0,9663	62788848	10559978
nov	771827	215795	567	1500	0,9629	44952344	7247301
déc	855983	273402	652	1500	0,9527	49279645	8037509
Moyenne	450958					30786486	4677719
TOTAL	5411491	1695655	5228	17187		369437828	56132625

Les fiches de facturation laissent apparaître que c'est une seule fois que la SML a payé une pénalité pour mauvais cosinus. Ainsi, sur les 72 relevés, les 71 ont des cosinus supérieurs à 0,8.

4.4 DETERMINATION DES ECONOMIES D'ENERGIE ET FINANCIERE

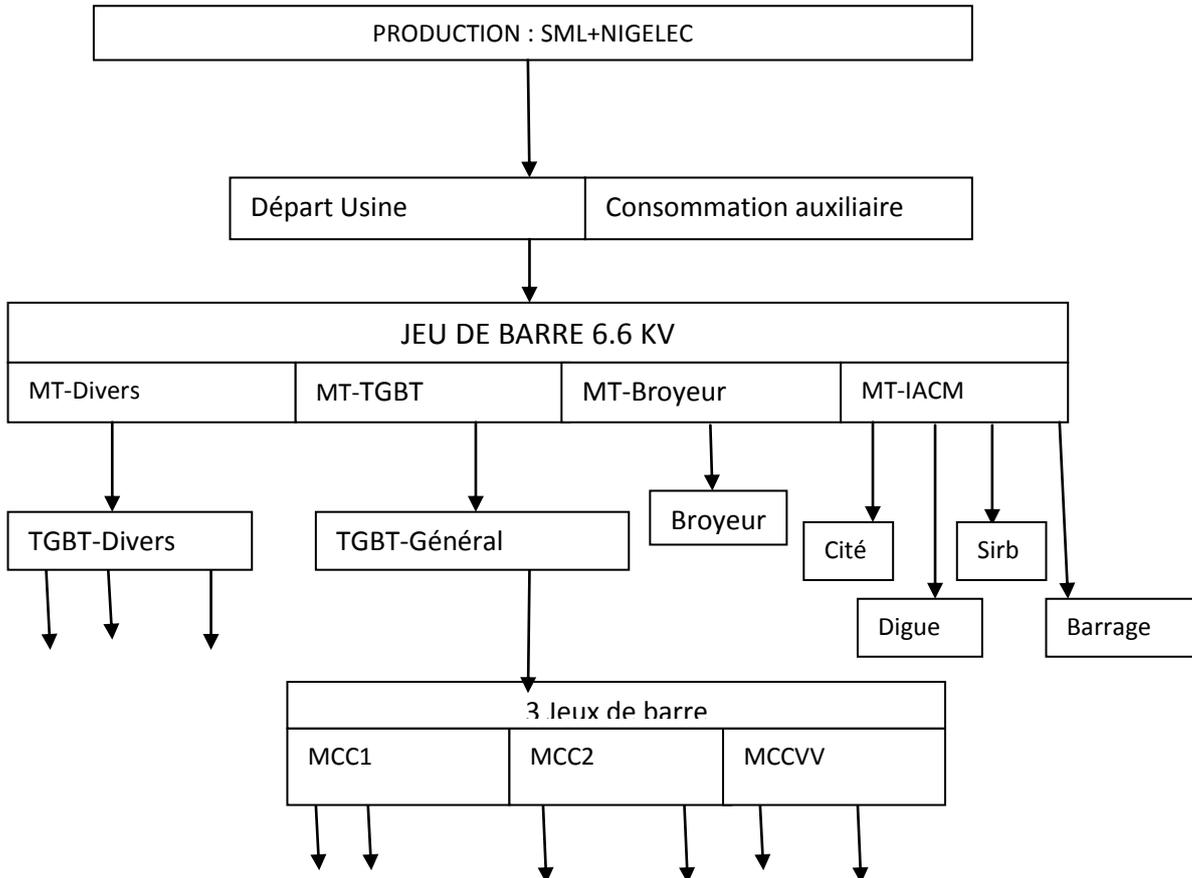
Tableau 11 : Données des économies d'énergie et financières

Secteur	Quantité d'énergie	Coût unitaire (fcfa)	Total (fcfa)
Eclairage	22925 kwh	54,57	1251017,25
Climatisation	77338 kwh	54,57	4220334,7
Force motrice	1456780,4 kwh	54,57	79496506,4
Exploitation des groupes	724667 litres	413,33	299526611
Total (f CFA)			384494469

V- DISCUSSION ET ANALYSES

5.1. REPRESENTATION SCHEMATISEE DU FLUX ENERGETIQUE

Figure 10 : Blocs diagrammes du flux de l'énergie électrique



La figure 10, ci-dessus, illustre le circuit de l'énergie de la production à la consommation. Les deux sources de production sont la SML et la NIGELEC. Le premier niveau de consommation (MT) se trouve sur le jeu de barre 6.6 Kv et ne concerne que le moteur du broyeur. Les trois autres blocs situés au même niveau sont des départs qui alimentent des postes de transformation. Au niveau 2, il y a d'abord, TGBT-DIVERS qui constitue un poste de distribution qui alimente directement les utilités de l'usine et les circuits de commande. Ensuite, vient le départ TGBT-GENERAL qui alimente trois jeux de barre en parallèle notamment les postes de distribution MCC1, MCC2 et MCCVV alimentant les principaux moteurs dans l'usine. Les quatre (4) autres départs situés sur le MT-IACM, alimentent quatre postes de consommation situés hors zone usine.

Ainsi, en résumé, nous pouvons dire que les neuf (9) grands postes de consommation et de distribution sont: le broyeur, MCC1, MCC2, MCCVV, TGBT-DIVERS, la Cité, la Digue, le Barrage et la Sirba.

Relevés de la production journalière d'énergie

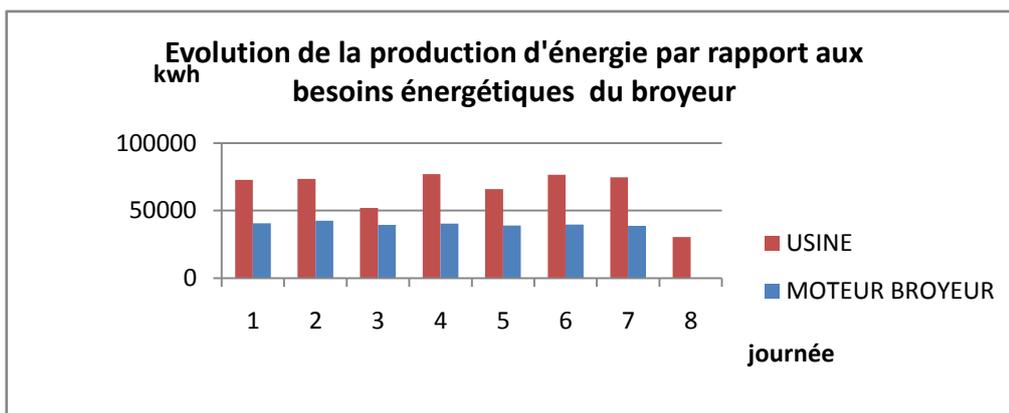
5.1.2 Relevés journaliers de la production totale d'énergie et de la consommation du broyeur

Cette opération a pour but de comparer la consommation du broyeur par rapport à la charge totale de l'usine.

Tableau 12 : relevés journaliers de la production d'énergie et de la consommation du moteur du broyeur

Production des groupes (kwh)	73345	74355	53492	68225	62175	68293	65852	489
Production Nigelec (kwh)	2548	2974	1949	11194	6220	10304	11598	29958
Consommation totale usine (kwh)	72758	73449	52014	77013	66063	76515	74748	30447
Consommation Broyeur (kwh)	40756	42508	39552	40514	38919	39793	38775	0

Figure : 11 Evolution journalière de la production d'énergie par rapport à la consommation du moteur du broyeur



Il ressort de ces relevés journaliers que le moteur du broyeur à lui seul consomme quotidiennement plus de la moitié de l'énergie générée. Ainsi, au rythme des taux de charge habituels des groupes de la centrale, il apparaît clairement qu'il faut mettre en marche chaque fois au moins trois (3) groupes pour couvrir les besoins énergétiques du broyeur. La dernière colonne de la figure, ci-dessus, illustre une journée sans broyeur. Il apparaît clairement que l'énergie totale consommée pour une

journée sans broyeur est très inférieure à la consommation journalière du broyeur. Dans ce dernier cas, la disponibilité de la NIGELEC parvient à couvrir l'ensemble des besoins énergétiques électriques du site, mettant ainsi en repos l'ensemble des groupes.

5.1.3 Relevés des paramètres de fonctionnement du broyeur

Tableau 13 : Relevés des paramètres de fonctionnement du moteur du broyeur

jour	E (kWh)	I (A)	Cos phi	Heure de marche	P (kw)	Taux de charge
1	40640	149	0,981	23	1767	0,7068
2	39884	150,3	0,981	23	1734	0,6936
3	33110	151	0,986	19	1742	0,6968
4	40152	151	0,986	24	1673	0,6692
5	38344	146,2	0,984	22	1743	0,6972
6	39450	144,5	0,986	23	1715	0,686
7	36341	142,9	0,986	22	1652	0,6608
8	33551	140,8	0,983	20	1678	0,6712
Total	301472			176	13704	
moyenne	37684		0,98	22	1713	0,69

Le moteur du broyeur a un taux de charge moyen proche de 70% ; ce qui est supérieur au taux de charge moyen des groupes de production d'énergie électrique. Le moteur du broyeur a un très bon cosinus phi (toujours supérieur à 98%). Il y a lieu de souligner qu'il bénéficie d'une compensation en énergie réactive. Le broyeur offre peut de marge de manœuvre, l'optimisation de sa consommation étant principalement liée à des considérations du procédé industriel, nous ne pouvons appeler qu'à une utilisation au meilleure de sa capacité. Elle a une capacité nominale journalière de 6000 tonnes/jour.

5.1.4 Relevés et mesures des consommations d'énergie au niveau des postes ou unités de distribution et de consommation

Le but recherché est d'obtenir la puissance journalière appelée au niveau de chaque unité ou bloc, puis faire une comparaison par rapport aux puissances théoriques installées. Par la suite, il s'agira d'apprécier la qualité du fonctionnement de l'unité ou de la portion de réseau concernée.

Tableau 14 : Résumé des relevés (voir annexe 9 pour les détails sur d'autres paramètres)

Bloc ou unité	Energie (kwh)	Puissance relevée (kw)	Puissance installée (kw)	Cosinus phi
TGBT-GENERAL	36357 kwh	1515 kw	2651	0,94
MCC1	8530 kwh	355 kw	968	0,96
MCC2	12934 kwh	539 kw	836	0,99
MCCVV	8460 kwh	353 kw	847	0,83
TGBT-DIVERS	6224 kwh	259 kw	400 kva	0,88
CITE	3259 kwh	135,79 kw	400 kVA	0,93

MCC1 : Cette unité ou bloc a un bon facteur de puissance. Il bénéficie d'une compensation en énergie réactive. La puissance relevée ne représente que 36,7% de sa puissance installée.

MCC2 : Ce bloc a non seulement le taux de charge le plus élevé (64%) mais également le meilleur facteur de puissance. Il est également compensé en énergie réactive.

MCCVV : C'est à ce niveau que sont alimentés les moteurs pilotés par des variateurs de vitesse. Son facteur de puissance est faible par rapport aux précédents il n'est pas compensé. Nous pourrions penser à ce niveau à réaliser une compensation en énergie réactive.

TGBT-GENERAL : C'est la source d'alimentation en énergie électrique des trois blocs cités ci-dessus. Il bénéficie d'un facteur de puissance intéressant. Elle est chargée à 57% par rapport à sa puissance installée.

TGBT-DIVERS : C'est elle qui alimente l'appareillage de commande et les utilités de l'usine. Son cosinus Phi est faible car elle ne dispose pas de compensation mais reste quand même au-delà du cosinus de la pénalisation.

CITE : C'est l'unité de distribution de la cité. Elle dispose d'un bon facteur de puissance.

Il ressort des relevés effectués que seuls les blocs TGBT-DIVERS et MCCVV pourraient éventuellement faire l'objet d'une compensation en énergie réactive.

Dans chaque cas la puissance mesurée reste très inférieure à la puissance installée.

Tableau 15: Résumé des relevés (voir annexe 9 pour les détails sur d'autres paramètres)

Bloc ou unité	Energie (kwh)	Puissance relevée (kw)	Cosinus phi
Elution	301,5	12,548	0,683
Eau	218,25	9,1	0,7168
Labo	690,5	28,75	0,887
Four de régénération	4,33	0,18	0,521
Station TOTAL	328	13,69	0,768

Nous constatons que l'ensemble des éléments contenus dans ce tableau possède, à une exception près, un facteur de puissance inférieur à 80%. Les relevés montrent que les puissances en jeu sont faibles par conséquent, il n'est pas nécessaire d'effectuer une compensation en énergie réactive.

5.1.5 Mesures des paramètres de fonctionnement d'équipements individuels.

But : Il s'agit à ce niveau, d'apprécier principalement le régime de fonctionnement de l'équipement par rapport à ses caractéristiques nominales. Il est important de rappeler, qu'il s'agit des charges qui dépendent largement du comportement du procédé industriel; donc il n'est pas possible de prédire leur mode de fonctionnement. Ainsi, les paramètres de fonctionnement des équipements sont très instables et variables. Exemple le concasseur qui a une puissance nominale de 160 kW, fonctionne régulièrement dans une plage de puissances variant de 10 à 30 kw.

Tableau 16 : Relevés des mesures

	P (Kw)	I (A)	U (V)	COS	F(hz)	Valeurs nominales
Compresseur	195	326	398	0,864		Pn=224 kw; Un= 400V; In=383 A; η = 96,2%
	217	369	394	0,87		
	207	355	398	0,847		
	176	307	392	0,840		
	224	386	392			
Concasseur	17	92	393	0,28		Pn= 160kw; Un= 400V; In=290; cos =0,88
	25	94	390	0,403		
	11	88	389	0,191		
	24	94	394	0,374		
01PMP01	107		308	0,82	40,8	Pn= 250; Un=400V; In=435A; cos= 0,89
	116	250	327	0,814	41	
	100	232	301	0,824	39	
	55	101	393	0,86		Pn=90kw; Un=400V; In=158A; Cos=0,9

02PMP07	15	40	398	0,55		
	74	123	393	0,878		
	74	123	393	0,878		
02PMP08	55	104	383	0,81		Pn=90kw; Un=400V; In=158A; Cos=0,9
	23	62	390	0,542		
	65	120	381	0,830		
	33	294	393	0,206		
02AGT04	30	56	392	0,788		Pn=55Kw; Un=400V; In=94,5A; Cos=0,91
	31	57	392	0,797		
02AGT05	35	64	390	0,815		Pn=55Kw; Un=400V; In=94,5A; Cos=
	31	58	392,5	0,792		
02AGT06	33	61	391	0,804		Pn=55Kw; Un=400V; In=94,5A; Cos=
	34	63	392	0,809		

Il ressort de ce tableau que seul le compresseur fonctionne près de sa puissance nominale. Le concasseur est l'équipement dont le régime de fonctionnement est le plus faible. Cela se justifie par la nature du minerai à concasser. Nous pourrions penser à le compenser par énergie réactive ou à le transférer sur les blocs disposant de compensation. L'élément 01PMP01 fonctionne en deçà de la moitié de sa puissance nominale mais comme il est piloté par un variateur, sa consommation est optimisée et se constate par sa fréquence de fonctionnement qui est inférieure à 50 hz. Les plages de variation des puissances sont significatives pour les autres équipements, nous pourrions penser à l'utilisation de variateurs de vitesse comme solution.

5.1.6 Illustration des niveaux de consommation: consommation du mois de juin 2010

Figure 12 : 1er Niveau de consommation

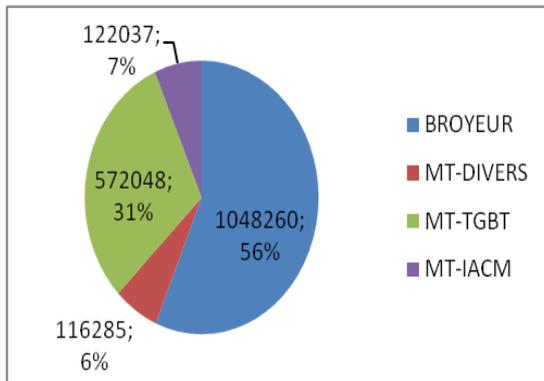
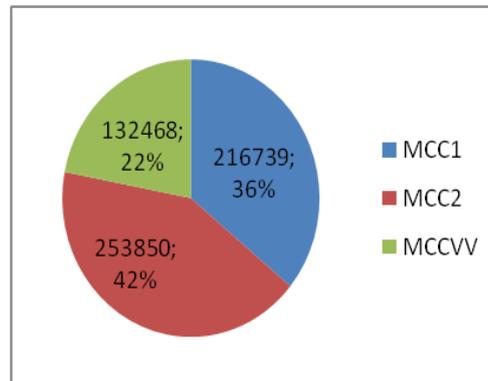


Figure 13 : Consommation forces motrices dans l'usine.



Nous constatons que 53% de l'énergie consommée au cours du mois de juin est occasionnée par le broyeur. Ce pourcentage passe parfois au-delà de 60. Après vient le bloc TGBT-Général par lequel tous les moteurs principaux de l'usine sont alimentés. Ces deux blocs à eux seuls représentent 87% de la consommation totale. A priori, nous pourrions se dire que c'est surtout au niveau de ces deux unités qu'il faut orienter les recherches pour prospecter des économies d'énergie.

5.2 APPRECIATION DE LA QUALITE DES RELEVES DES DONNEES DE PRODUCTION ET DE CONSOMMATION D'ENERGIE ELECTRIQUE

La collecte des données relatives à la consommation et à la production de l'énergie électrique est effectuée quotidiennement par deux agents du service électricité. En plus de cela, à chaque fin de mois, un relevé systématique au niveau de chaque point de comptage est effectué. Dans l'optique d'obtenir des relevés précis, il s'est avéré que deux agents ne suffisent pas pour accomplir une telle mission. En effet, il existe un décalage temporaire significatif pour passer d'un point de relevé à un autre. Ainsi, en analysant les fiches des relevés mensuels ou quotidiens, nous nous retrouvons régulièrement dans des situations aberrantes où la quantité d'énergie consommée à un poste aval est plus élevée que celle située au poste amont l'alimentant.

Maintenant, essayons de regarder l'usage qu'en fait le service électricité de ces données. Le traitement mensuel des relevés de consommation lui permet d'avoir un zoom sur la part des consommations individuelles par poste ou de situer les grands secteurs ou équipements énergivores. Les relevés sont utilisés pour déterminer certains ratios de production. Par contre, Il n'existe pas d'exploitation particulière de ces relevés en matière d'optimisation ou d'économie d'énergie.

5.3 ANALYSE DES PERFORMANCES DES GROUPES DE PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

5.3.1 Année 2009

Le but de cette opération est d'apprécier la qualité des taux de charge, de la consommation spécifique et de la puissance moyenne au cours de l'année 2009 et les comparer aux valeurs du fabricant.

Tableau 17 : Taux de charge, puissances et consommations spécifiques des groupes au cours de l'année 2009

Groupes	Taux de charge (%)	Consommation spécifique (g/kwh)	Puissance (kw)	Consommation /minute (g/mn)
G1	67,1	201,45	765	2596
G2	60,6	225,25	689	2687
G3	66,3	191,25	756	2439
G4	66,3	187,85	756	2411
G5	67	204,85	801	2812
G6	53	170,85	658	2227
Valeurs fabricant	50	203,6	669,7	2280
	75	196,9	1003,9	3303

Au cours de l'année 2009, le meilleur taux de charge moyen est 67,1% et est réalisé par le groupe G1 ; suivi par le groupe G5 avec un taux de charge de 67%. Les groupes G3 et G4 ont le même taux de charge qui est 66,3%. Le groupe G6, avec 50%, a le plus faible taux de charge. Les moyennes annuelles des taux de charge varient entre 67% et 53%. Aucun des groupes, n'a atteint un taux de charge moyen annuel de 70%. Ainsi, pour l'année 2009, nous pouvons dire que le taux de charge des groupes n'est pas satisfaisant. La conséquence est que plusieurs groupes fonctionnaient à la fois alors que ce nombre aurait pu être réduit. Cette situation accentue l'usure des machines et augmente parallèlement le coût de la production. En principe, si les groupes étaient régulièrement bien entretenus, ils doivent pouvoir supporter au moins un taux de charge de 75%. Les taux de charge sont proportionnels aux puissances fournies. En comparant les valeurs du fabricant à celles des groupes pour l'année 2009, il ressort que les groupes de production de la centrale électrique de la SML, sont nettement moins performants. Certes, ce sont des groupes qui datent de 2003 et qu'en principe au bout de six (6) ans, doivent faire l'objet d'un démontage complet pour révision générale mais jusqu'ici, cela ne s'est pas fait.

Notons que, jusqu'ici, les types de maintenances effectuées restent des maintenances curatives et de routine.

5.3.2 Journée du 20 juillet

But : Déterminer les valeurs moyennes des puissances et taux de charge au cours de la journée et les comparer aux valeurs de l'année 2009, en vue d'apprécier le régime de fonctionnement des groupes.

Tableau 18 : comparaison des relevés des puissances et taux de charge des groupes pour la journée du 20 juillet 2010 et de l'année 2009.

Groupes	Journée du 20 juillet		Année 2009	
	Puissance moyenne (kw)	Taux de charge moyen (%)	Puissance moyenne (kw)	Taux de charge moyen (%)
G1	561	49,2	765	67,1
G2	649	56,9	689	60,6
G3	744	65,3	756	66,3
G5	677	56,4	801	67
G6	825	72,3	658	53

Nous retiendrons de cette opération les observations suivantes :

- La puissance moyenne maximale obtenue est 825 kW correspondant à un taux de charge de 72,3% et est délivrée par le groupe 6 au cours de la journée du 20 juillet alors qu'au cours de l'année 2009, la puissance moyenne maximale est 801 kW correspondant à un taux de charge de 67% et est délivrée par le groupe 5.
- La puissance moyenne minimale obtenue est 561 kW correspondant à un taux de charge de 49,2% et est délivrée par le groupe 1 au cours de la journée du 20 juillet contre 689 kW correspondant à un taux de charge de 60,6% et est délivrée par le groupe 2.

5.4 ANALYSE DES RATIOS DE PRODUCTION

Tableau 19 : Présentation des ratios de production année 2009

mois	Tonnage minerais traité (t)	Ratio kwh/tonne minerais	Ratio kwh/or lixivié (kwh/once)	Ratio eau/or lixivié (m ³ /once)	Ration eau/minerais (m ³ /once)
janvier	118361	17,53	499,12	66,67	2,16

février	90965	22,37	476,17	44,59	1,96
mars	124798	19,63	512,16	48,24	1,72
avril	128588	18,56	500,07	51,70	1,80
mai	147122	14,74	391,85	45,54	1,63
juin	161137	16,01	441,41	48,15	1,62
juillet	170435	15,17	450,51	53,61	1,68
Août	141725	18	533,24	54,68	1,69
septembre	122673	18,59	633,78	62,75	1,69
Octobre	158358	15,93	418,61	48,98	1,71
novembre	141370	16,22	415,01	52,12	1,88
décembre	114490	19,95	416,91	41,93	1,92

La lixiviation est le procédé par lequel l'or est mis en solution par le cyanure de sodium en présence de l'oxygène et de l'eau. Le cyanure joue le rôle de solvant. La vitesse de la réaction de mise en solution de l'or augmente linéairement avec la concentration en oxygène dissout [O₂] jusqu'à une valeur limite au delà de laquelle elle devient presque constante donc indépendante du O₂.

Quatre (4) ratios sont déterminés :

- Le ratio kWh/tonne de minerai représente la quantité d'énergie consommée par l'usine par tonne de minerai traité. La demande en énergie varie en fonction de la nature du minerai. Exemple un minerai tendre ou très fragmenté requiert moins d'énergie.
- Le ratio kWh/or lixivié dépend aussi de la nature du minerai et des réactions chimiques pour mettre en solution l'or. Exemple un minerai graphiteux produirait moins d'or en solution car le cyanure utilisé pour attaquer le minerai aura très peu d'effet sur le graphite. Pour qu'il y ait une bonne lixiviation, il faut un milieu alcalin.
- Le ratio eau/or lixivié : Il dépend de la concentration de la pulpe (minerai en solution).
- Le ratio eau/minerai dépend de la nature du minerai. Un minerai tendre nécessite moins d'eau. Il existe un dosage de la quantité d'eau en fonction de la granulométrie du minerai.

L'aspect le plus important à prendre en compte dans l'établissement et la variation des ratios est la composition physico-chimique du minerai qui influe sur tous les paramètres qui permettent de calculer les ratios.

5.5 FACTURE D'ELECTRICITE

L'analyse de la facturation prend en compte, la puissance souscrite, la qualité du facteur de puissance, et l'énergie réactive produite car ce sont ces trois paramètres qui sont source de pénalité.

- Puissances enregistrées

Les puissances souscrites sont: Samira I = 2000 kW et Samira II = 1500 kW. En 2008, nous constatons que sur les neuf (9) mois d'opérationnalité de Samira I, la puissance enregistrée est égale à la puissance souscrite quatre (4) fois et elle est inférieure à cette dernière cinq (5) fois. Quant à Samira II, sur les onze (11) mois de fonctionnement, la puissance enregistrée a atteint la puissance souscrite neuf (9) fois contre deux (2) fois où elle est inférieure. En 2009, sur les huit (8) mois de fonctionnement de Samira I, c'est seulement deux (2) fois que la puissance enregistrée est inférieure à la puissance souscrite contre six (6) fois où la puissance enregistrée est égale à la puissance souscrite. Quant à Samira II, sur les douze (12) mois d'opérationnalité, il y a onze (11) mois où la puissance enregistrée est égale à la puissance souscrite contre une (1) fois où la puissance enregistrée est inférieure à la puissance souscrite. C'est d'ailleurs la seule et unique fois, que la SML a encouru une pénalité pour consommation d'énergie réactive. Cette situation d'atteinte quasi permanente de la puissance souscrite par poste d'abonnement dans les deux cas, nous apparut curieuse et a conduit à échanger avec le responsable du service électricité. Il est ressorti de nos échanges les explications suivantes:

- Lors de la réalisation de la ligne d'interconnexion alimentant la SML, celle-ci voulait une seule ligne de puissance 66 KV au lieu de deux lignes jumelles de 33 KV. Mais la NIGELEC leur a fait comprendre que dans le cadre de sa politique d'électrification des zones rurales, elle voulait alimenter au passage, en énergie électrique tous les villages traversés par le réseau. Et, elle a avancé que cela ne pourrait se faire que par un niveau de tension de transport égale à 33 KV.
- Concernant la pénalité sur les dépassements de puissance, il a été convenu que la NIGELEC n'y tiendra pas compte. Par ailleurs, c'est la puissance souscrite résultante qui tient lieu de référence. En terme clair, cela signifie qu'il y a compensation entre les deux puissances souscrites.

- Le Cosinus Phi

Sur les deux années, c'est uniquement une seule fois que le cos phi est en dessous de 0,8 notamment pour Samira I en mai 2009. En fait, c'était le premier mois de redémarrage de l'opérationnalité de la ligne de Samira I, après avoir connue, sept (7) mois d'indisponibilité. La durée totale de fonctionnement au cours de ce mois de mai n'était que de seize (16) heures. Nous pouvons conclure que d'une manière générale, les charges électriques de la SML se sont bien comportées par rapport au réseau NIGELEC au cours de ces deux années considérées. Néanmoins, à ce niveau, nous devons relever une remarque de taille. En effet, il n'existe pas de batterie de condensateurs ni en amont ni en aval des deux postes de transformation alors que la réglementation le conseille. En soulevant cette question aux responsables du service de l'électricité, il est ressorti que la NIGELEC a prévu l'installation de la batterie de condensateurs.

En conclusion à cette partie, l'analyse des factures ne présage pas d'économie d'énergie dans ce secteur.

5.6 ENQUETES ET QUESTIONNAIRES

D'une manière générale, il ressort des résultats des enquêtes et questionnaires réalisés que les travailleurs de la SML n'ont pas développé des réflexes et comportements favorables à l'application des mesures d'économie d'énergie. Des échanges directs avec certains travailleurs, laissent croire même qu'il serait difficile aux travailleurs de la SML d'adopter des attitudes nouvelles. Il est apparu clairement que la gratuité de l'électricité conforte le comportement actuel des travailleurs de la SML vis-à-vis des mesures d'économie d'énergie. Cette situation semble paradoxale car près de 98% des cadres ont répondu avoir entendu parler des économies d'énergie. Les travailleurs avec lesquels nous avons échangé, reconnaissent néanmoins qu'il ne pourrait y avoir changement de comportement favorable à l'adoption des mesures d'économie d'énergie que si l'initiative vient de la hiérarchie de la direction de la SML. C'est pourquoi il est important que les dirigeants de la SML s'approprient des résultats de ce mémoire, (voir annexe 4 pour les questionnaires).

5.7 MESURES D'ECONOMIES FINANCIERES

5.7.1 A coûts nuls

- Sensibiliser les travailleurs à l'application des mesures d'économie d'énergie (exemple : éteindre les lampes et les climatiseurs dans les chambres ou locaux vides, refermer la porte d'une salle climatisée etc.).

- Au niveau de la cité, responsabiliser une personne d'appui qui sera chargée d'éteindre lampes et climatiseurs lorsque les chambres sont vides. La même logique peut-être appliquée au niveau de l'usine et de l'administration après la descente du travail en fin de journée.
- Au niveau de la cité, veiller au réglage de l'horloge horaire en fonction du temps qu'il fait.
- Au niveau de l'usine notamment au magasin, responsabiliser le dernier agent à quitter les lieux, à éteindre les lampes et climatiseurs.
- Surveiller le fonctionnement des pompes puisards qui fonctionnent parfois à vide.

5.7.2 Mesures à coûts réduits

- Remplacer les lampes fluorescentes simples qui assurent la sécurité au niveau du camp militaire et à l'entrée de l'usine par des lampes fluorescentes étanches.
- Mettre un système d'indicateur de niveau qui permet d'arrêter automatiquement le remplissage de la cuve eau barrage afin d'éviter les débordements d'eaux nécessitant la mise en marche des pompes puisards et l'utilisation de l'énergie humaine.
- Réparer le dispositif de contrôle de niveau de la bêche 3 et la pompe y relative, pour éviter les débordements fréquents de la pulpe en vue d'éviter de faire appel à l'utilisation de la force motrice.
- Remplacer les climatiseurs fenêtre qui sont très vieilles, bruyants et inefficients par des split.

5.7.3 Investissements

Les investissements concernent principalement le secteur de la force motrice. Il s'agit à ce niveau de réduire principalement la consommation en énergie électrique par l'usage des variateurs de vitesse au niveau des secteurs favorables à l'usage d'un tel dispositif.

Il est également nécessaire que les climatiseurs fenêtres utilisés dans les chambres au niveau de la cité soient changés au profit des climatiseurs split.

Tableau 20 : Données des investissements (voir annexe 8 pour les détails)

Secteur	Nombre d'unité	Coût (F CFA)
Climatisation (split)	16	5042016
Force motrice (variateurs)	26	79379313
Total (f CFA)		84421329

Le coût total des investissements s'élève à 84421329 F contre des économies financières de 384494469 F CFA. C'est donc à priori un investissement qui pourrait se faire entièrement dès la première année.

VI-CONCLUSION

Au terme de ce travail, nous avons pu mettre en exergue la somme importante de deux milliard six cent quatre vingt dix sept millions huit cent quinze mille soixante dix huit (2 697 815 078) F CFA que la SML a dépensé en 2009, pour couvrir uniquement les besoins énergétiques de l'usine. Ce montant qui exclut la TVA pour cause d'exonération ne prend pas en compte le carburant utilisé dans le secteur du transport et des engins de manutention, etc. La NIGELEC qui constitue son principal fournisseur et surtout la plus rentable traverse des difficultés en matière de disponibilité d'énergie électrique. Il est donc important que la SML oriente ses efforts vers une optimisation de la gestion de l'exploitation de son parc de production électrique et de sa consommation. A ce titre, un accent particulier doit être accordé à la formation du personnel d'exploitation et surtout mettre en place une politique de maintenance permettant le suivi à la lettre du calendrier de maintenance des groupes.

Pour mieux consommer la totalité de l'énergie fournit par la NIGELEC, en tout temps, il est impératif que le schéma unifilaire actuel soit modifié afin que le maximum de la disponibilité d'énergie de la NIGELEC soit consommée (voir annexe 2).

Il est aussi important que la SML asseye une politique de comptabilité énergétique pour rendre transparent et fiable les données énergétiques et ressortir le poids de l'énergie dans son chiffre d'affaire.

Il est indispensable que la SML à travers le service électricité asseye une bonne politique énergétique basée sur l'optimisation de l'exploitation des groupes et de sa consommation énergétique, la sensibilisation et être au point en matière de veille technologique en vue de réduire sa facture énergétique.

VII- RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

- Pour se conformer aux conseils édictés par la réglementation en vigueur en matière de fourniture d'énergie électrique en moyenne tension, des batteries de condensateurs doivent être placées en amont ou des deux côtés des transformateurs.
- Pour une meilleure précision dans sa comptabilité énergétique, il est impératif que le service électricité, à défaut d'automatiser le système des relevés, qu'il mette en place une équipe de

releveurs capable d'effectuer les opérations sans décalage dans le temps. Cela permettra d'asseoir une base de données fiable et d'avoir plus de précision dans l'établissement des ratios de production.

- Pour renforcer les compétences techniques des agents des services d'électricité et de mécanique, nous proposons que ceux-ci bénéficient d'une formation adéquate en matière de comptabilité énergétique, d'exploitation, de maintenance et d'entretien des groupes.
- Mettre en place un système de surveillance des pompes puisards afin d'éviter que celles-ci opèrent à vide.
- Respecter le cahier des charges du fabricant en matière de maintenance et d'entretien des groupes en vue d'assurer une exploitation optimisée de la production d'énergie.
- Pour avoir la précision dans la détermination du tonnage du minerai traité, il est important d'insérer un dispositif de pesée qui permet de compter le minerai issu du stockpile (c'est-à-dire le minerai situé en aval de la balance).
- Parmi les trois cellules qui alimentent les moteurs dans l'usine, seule la cellule MCCVV a un faible cosinus phi (0,83). Il est souhaitable que cette cellule bénéficie aussi d'une compensation en énergie réactive.
- En général les nuits, la demande d'énergie au niveau national baisse. Comme l'usine de la SML tourne sans interruption, nous proposons à la SML de trouver un arrangement avec la NIGELEC pour qu'au cours de cette période, cette dernière prenne en charge complètement ses installations.
- Placer des compteurs de gasoil à chacune des arrivées respectives du laboratoire, de l'élution et de la régénération.
- Intégrer des thèmes relatifs aux mesures d'économie d'énergie au cours des journées de sécurité et environnementale.
- Intégrer un système de mesure des GES au niveau de la centrale électrique de la SML.

VIII- BIBLIOGRAPHIE

- André Morneau : Les procédés physico-chimiques de l'usine de Samira : Support de formation.
- Belghiti MY LEKBIR : Suivi et amélioration de la consommation d'énergie électrique d'une unité de traitement de minerais aurifère, réalisé par, 2004-2005.
- Bouhan Gueï Rodrigue Hermann Fidèle : Mémoire de fin d'étude : Contribution à l'amélioration de l'efficacité énergétique au 2ie, 2008/2009.
- Gbadjé Hypolite, Diagnostic énergétique des pavillons d'étudiant de l'ETSHER, juin 2005.

- Koumi Ngoh Simon : Audit énergétique des bâtiments du Groupe EIER/ETSHER : cas de la station d'expérimentation et de démonstration des techniques et matériaux d'irrigation de l'ETSHER et de l'amphithéâtre de l'EIER, juin 2005
- Kottin Henri : Notes de cours sur la facturation électrique, MGE/2009/2010.
- Timothé Brou, Armel Florent Djeunang, Erik Houngninou et Dieudonné Dabilgou : projet intégrateur : contribution à la mise en œuvre d'une politique d'efficacité énergétique au 2^{ie}, site de Kamboinsé 2009/2010.
- Yézouma Coulibaly, Professeur: Notes de cours en économie d'énergie, MGE/2009/2010.
- Yézouma Coulibaly, Professeur: Notes de cours énergie et environnement,, MGE/2009/2010.

Site internet :

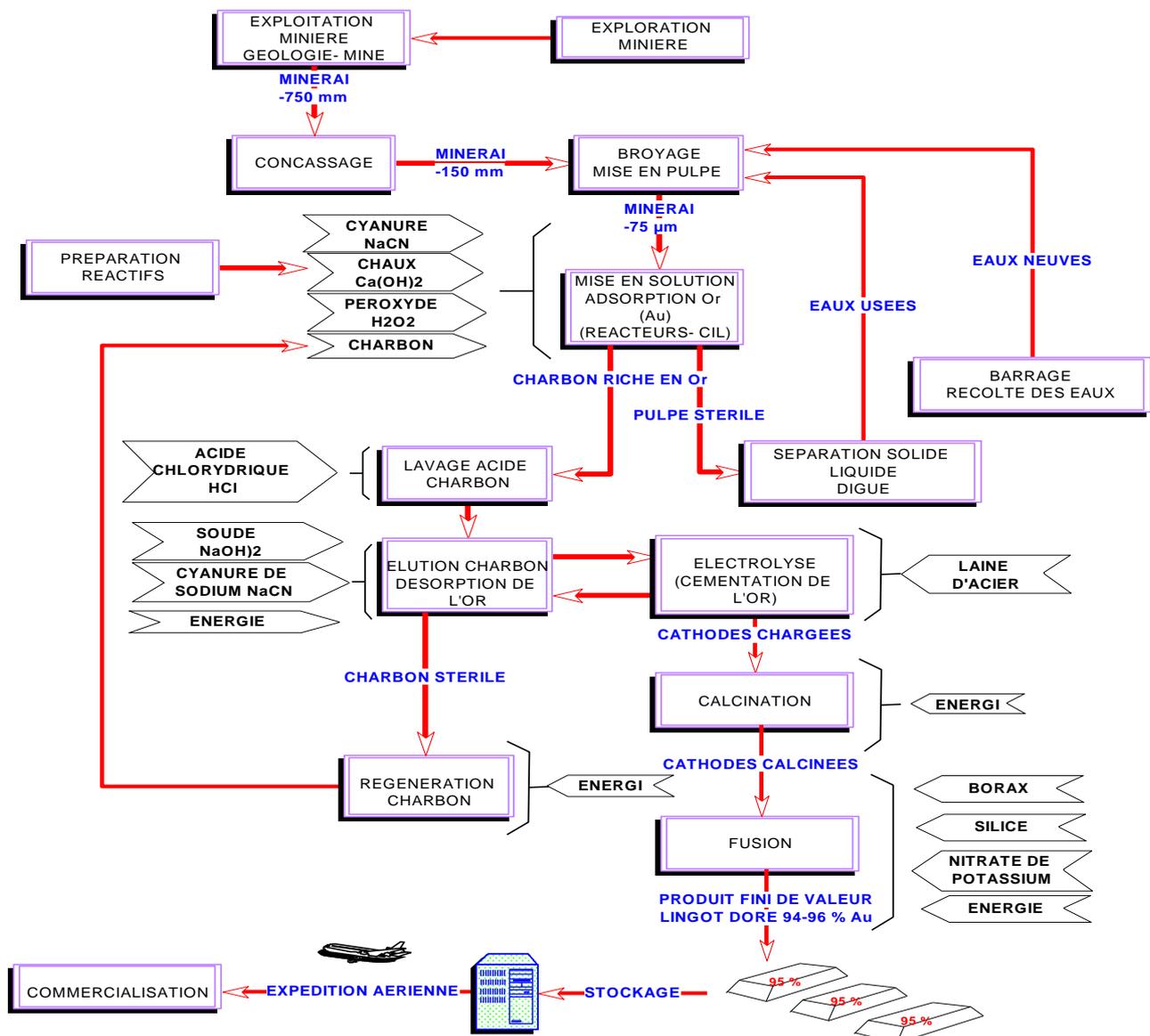
- www.schneider-electric.fr: compresseur à air, variateur de vitesse, pompes et ventilateurs, consulté le 20/05/2010
- www.mesures.com: Solution motorisation électrique : la rentabilité énergétique les entraînements, consulté le 22/05/2010.

Documents tirés de l'internet :

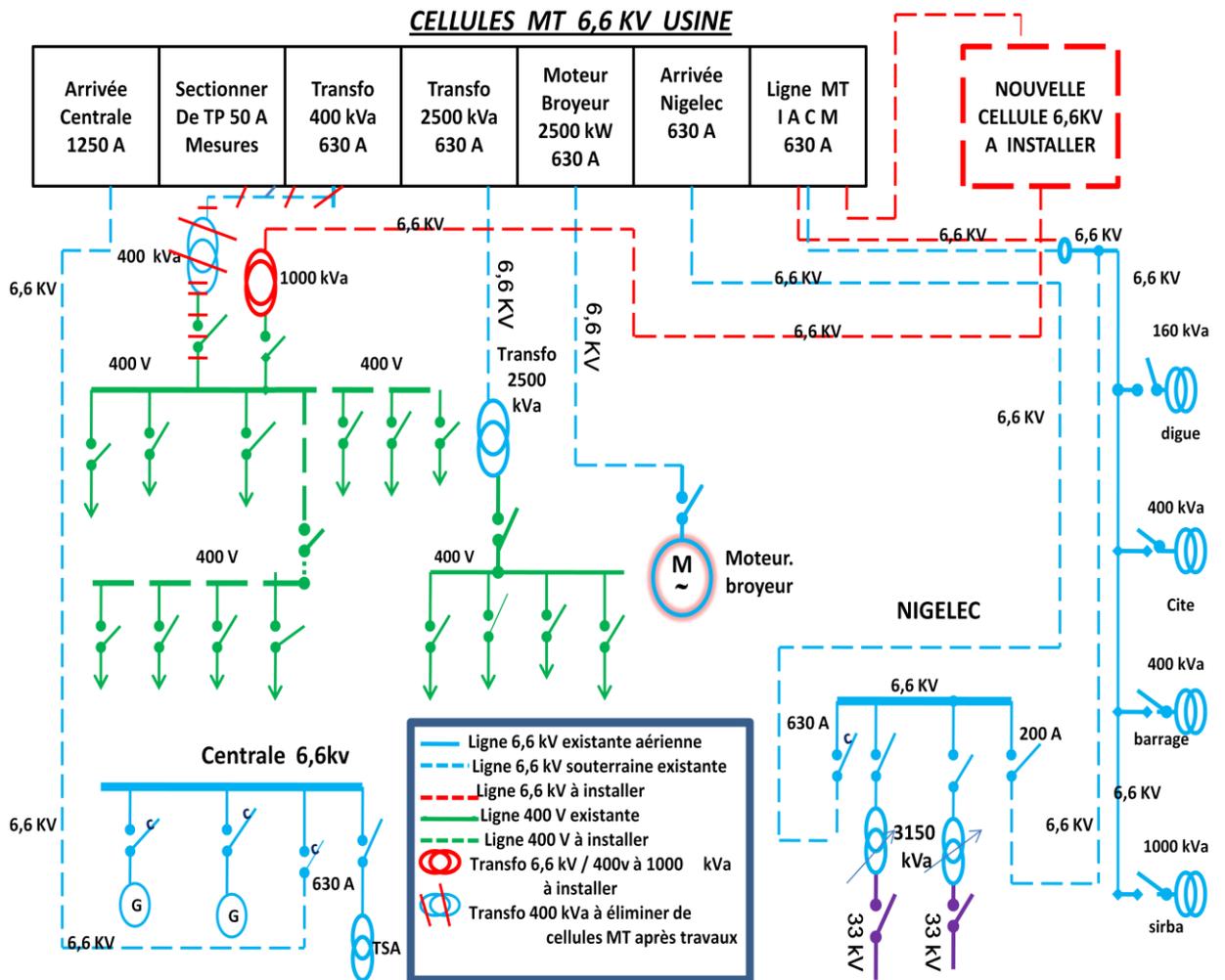
- Guide pratique de l'audit énergétique obligatoire et périodique de la république de Tunisie, consulté le 12/05/2010
- Cahier des charges détaillés de l'audit énergétique dans les bâtiments par ADEME, consulté le 12/05/2010.
- L'audit énergétique : analyse méthodologique d'un cas pratique : support de formation présenté par Mr Mohamed Ait Hassou, 23 novembre 2007.
- L'audit énergétique dans l'industrie de Jean Marie Seynhaeve, consulté le 20/05/2010.
- Guide de référence sur l'efficacité énergétique de l'air comprimé, consulté le 26/06/2010.

IX-ANNEXES

ANNEXE I : Schéma simplifié du procédé de traitement d'or de la SML.

SCHEMA SIMPLIFIE DE TRAITEMENT DE MINERAI AURIFERE DE SAMIRA HILLI
SOCIETE DES MINES DE LIPTAKO
REPUBLIQUE DE NIGER

ANNEXE 2 : Schéma unifilaire des installations électriques de la SML



ANNEXE 3 : Caractéristique nominales des groupes

- Les groupes 1, 2, 3, 4 et 6 ont les mêmes caractéristiques

- En saison froide:
- Autres période :

10. Utilisez-vous en chambre un ou plusieurs des équipements suivants (cochez les réponses appropriées) ?

Réfrigérateur.	Chauffe-eau ;	Plaque chauffante ;	Télévision ;
Poste Radio	Micro-ordinateur ;	fer à repasser ;	autres

11 Vous arrive t-il souvent, d'oublier d'éteindre certains appareils électriques en sortant de votre chambre?

12 Combien d'heures par jour utilisez-vous votre climatiseur?

- En saison chaude :
- En saison froide:
- Autres période :

13 Vous arrive-t-il, d'utilisez en même temps le climatiseur et le ventilateur?

Toujours souvent jamais

14 En période de grande chaleur, vous arrive-t-il, de laisser le climatiseur en marche en allant au service ?

Toujours souvent jamais

15 Avez-vous le réflexe, d'éteindre un climatiseur en marche dans un local vide?

Toujours Souvent Jamais

16 Avez-vous le réflexe, de refermer la porte en entrant ou en sortant d'une chambre / salle climatisée?

Toujours Souvent Jamais

17 Pour une longue absence de votre chambre, avez-vous le réflexe d'éteindre votre climatiseur ?

Toujours souvent jamais

18 Avez-vous une fois entendu parler d'économie d'énergie ?

Oui non

19 Si oui par quel canal ?

Télévision radio lecture quelqu'un autre

MERCI

Personnel de l'administration et responsable à l'usine

1. Combien de temps restez-vous dans votre bureau par jour ?

2. Combien d'heures, utilisez-vous le climatiseur par jour ?

24h aux heures de services Du matin au soir Autres.

3. Combien de temps les lampes restent allumées par jour?

24h aux heures de services du matin au soir autres

4. Eteignez-vous les lampes quand ce n'est pas nécessaire (exemple quand le bureau est vide) ?

Toujours souvent jamais

5. A la descente du travail (midi et le soir), éteignez-vous le climatiseur en sortant du bureau?

Toujours souvent jamais

6. A la descente (midi et soir), éteignez-vous les lampes en sortant du bureau?

Toujours souvent jamais

7. Pour une longue absence de votre bureau, avez-vous le réflexe d'éteindre le climatiseur ?

Toujours souvent jamais

8. Pour une longue absence de votre bureau, avez-vous le réflexe d'éteindre les lampes ?
Toujours souvent jamais
9. Pour une longue absence de votre bureau, avez-vous le réflexe d'éteindre le micro-ordinateur ?
Toujours souvent jamais
10. Vous arrive-t-il, de mettre en veille votre micro-ordinateur ?
Toujours souvent jamais.
11. Vous arrive-t-il d'oublier le climatiseur en marche à la descente du travail ?
Oui souvent jamais.
12. Vous arrive-t-il, de laisser votre bureau ouvert pendant que la climatisation est en marche ?
Toujours souvent jamais
13. Avez-vous, le réflexe de (re)fermer votre bureau pendant que la climatisation est en marche ?
Toujours souvent non
14. Vous arrive-t-il, d'éteindre les lampes extérieures, quand ce n'est pas nécessaire ?
Toujours souvent jamais.
15. Avez-vous déjà entendu parler d'économie d'énergie ?
Oui non
Si oui par quel canal ?
Télévision radio quelqu'un formation autres

Personnel des restaurants de la cité.

1. A quelle heure s'ouvre le restaurant pour le service du petit déjeuner ?
2. A quelle heure prend fin le service du petit déjeuner ?
3. A quelle s'ouvre le restaurant pour le déjeuner ?
4. A quelle heure prend fin le service du déjeuner ?
5. A quelle heure commence le service du dîner ?
6. A quelle heure prend fin le service du dîner ?
7. Combien d'heures travaillez-vous par jour ?
8. Combien d'heures fonctionnent les climatiseurs des salles à manger par jour ?
24h/24h aux heures de service autres
9. Combien d'heures fonctionnent les lampes des salles à manger par jour ?
24h/24h aux heures de service autres
10. Combien d'heures fonctionnent vos frigidaires par jour ?
24h/24h aux heures de service autres
11. Eteignez-vous les lampes quand ce n'est pas nécessaire ?
Toujours souvent jamais
12. Eteignez-vous, les climatiseurs (des salles à manger) quand ce n'est pas nécessaire ?
Toujours souvent jamais
13. Après le service, vous arrive-t-il souvent, de laisser les lampes allumées ?
Toujours souvent jamais.
14. Après le service, vous arrive-t-il souvent, de laisser les climatiseurs allumés ?
Toujours souvent jamais.
15. Vous arrive-t-il souvent d'oublier les lampes extérieures allumées ?
Toujours Souvent jamais.
16. Avez-vous le réflexe d'éteindre une lampe extérieure allumée le jour ?

Toujours souvent jamais

17. Avez-vous l'habitude de voir les lampes projecteurs allumées pendant qu'il fait jour ?

Toujours souvent jamais

Personnel de soutien à la cité

1. Combien de fois nettoyez-vous les chambres par semaine ?
2, 3, 4 5 (fois) Autres
 2. Combien de temps mettez –vous, pour nettoyer une chambre ?
15 min ; 30min ; 45min ; 1h ;
 3. Vous arrive-t-il souvent de trouver des lampes allumées dans les chambres ?
Oui Non
 4. Vous arrive-t-il souvent de trouver des ventilateurs allumés dans les chambres ?
Oui Non
 5. Vous arrive-t-il souvent de trouver des lampes extérieures ou des couloirs, allumées le jour ? Oui
Non
 6. Vous arrive-t-il souvent de trouver des climatiseurs allumés dans les chambres ?
Oui Non
 7. Allumez-vous les lampes quand vous faites l'entretien dans les chambres ?
Oui Non
 8. Allumez-vous les ventilateurs quand vous faites l'entretien dans les chambres ?
Oui Non
 9. Eteignez-vous les lampes et ventilateurs après chaque nettoyage ?
Oui Non
 10. Eteignez-vous, les climatiseurs après chaque nettoyage ?
Oui Non
 11. Vous arrive-t-il, d'oublier des lampes et ventilateurs allumés à la fin du nettoyage ?
Oui Non
 12. Aviez-vous été sensibilisés sur les notions d'économie d'énergies ?
Oui Non
 13. Vous arrive-t-il, d'éteindre les lampes extérieures des blocs dans la cité ?
Oui non
 14. Avez-vous l'habitude, de trouvez les lampes des toilettes allumées le jour ?
Oui Non.
- Avez-vous l'habitude de voir des lampes projecteurs allumées après l'apparition de la lumière du jour.
- Oui souvent jamais

ANNEXE 5 : Tableau Livraison de gasoil pour différents usages en 2009

mois	Centrale électrique (litres) production de l'électricité	Elution (litre) production de chaleur	Transport, (litre) manutention, groupes mobiles	Total livré (litre)
janvier	505000	64500	519132	1088632
février	504000	51300	446799	1002099
mars	570000	50400	308686	929086
avril	590000	55600	323933	969533
mai	515000	45700	308505	869205
juin	530000	45300	398681	973981
juillet	333000	58000	380748	771748
août	240200	43300	319519	603019
septembre	155000	63100	312071	530171
octobre	90000	55300	418066	563366
novembre	187000	54200	444930	686130
décembre	130000	65500	464849	660349
Total	4349200	652200	3743919	8745319

ANNEXE 6 : Inventaire des équipements de l'Usine

MCC1

EQUIPEMENTS		PUISSANCE	COURANT Nominal
ITEM	DESCRIPTION	KW	A
01-CRU-01	PRIMARY CRUSHER	160	290
01-HST-01	Maintenance Hoist côté concassage	3,95	
01-HST-02	Maintenance Hoist côté Broyeur	3,95	4.5
01-CVR-01	Conveyor 1	2,2	42.5
01-CVR-02	Conveyor 2	22	42.5
01-CVR-03	Conveyor 3	22	42.8
01-CVR-04	Conveyor 4	22	42.9
01-LSC-01	Trash Screen	6,2	11.4
01-LSC-02	Trash Screen	6,2	11.4
01-PMP-05	Mill Spillage Pump1	15	28.5
01-PMP-06	Mill Spillage Pump2	15	28.5
01-PMP-11	Agitateur N Cuve	5,5	
01-DSP-01	Dust Suppression HS	11	
01-SMP-01	CIL Primary Sampler HS	0,75	
01-SMP-02	CIL Primary Sampler	0,37	
03-AGT-01	Cyanide Agitator	2,2	4.41
03-PMP-01	Cyanide Pump	2,2	4.41
03-PMP-02	Cyanide Pump	2,2	4.41
03-AGT-02	Lime Mixing Agitator	4	7.62
03-PMP-03	Lime Transfer Pump	7,5	15.2
03-AGT-03	Lime Storage Agitator	11	21.1
03-PMP-04	Lime pumpp1	7,5	15.2
03-PMP-05	Lime pumpp2	7,5	15.3
03-AGT-04	Caustic Agitator	2,2	4.61

03-PMP-06	Caustic Pump	1,5	
03-PMP-07	Acid Pump	2,2	
03-PMP-08	Acid Drum Pump	0,2	
03-CMP-02	Standby Instr.compressor	22	
03-CMP-01	compresseur	55	
	sécheur	2,2	
03-PMP-09	Acid Spillage Pump	4	
03-PMP-10	Reagent Spillage Pump	2,2	4.61
03-PMP-11	Diesel Pump	1,5	
05-PMP-01A		37	
05-PMP-02A	Process Water Pump	30	56
05-PMP-02B	Process Water Pump	30	56
05-PMP-03A	Raw water Supply Pump	7,5	15.2
05-PMP-03B	Raw water Supply Pump	7,5	
05-PMP-04	Raw Water Pump	30	56
05-PMP-05	Raw Water Pump s/by	30	56
05-PMP-06	Gland Water Pump	4	7.18
05-PMP-07	Gland Water Pump s/by	4	7.18
05-PMP-08	Gland Water Pump s/by	11	
04-PMP-02		2,2	
04-PMP-03	Tansfer Water Pump	1.5	3.14
04-RGK-01	Carbon Regeneration Kiln	3	
04-SCR-01	Loaded Carbon	0,5	
04-SCR-02	Loaded Carbon	0,5	1.34
04-AGT-01		0,75	
	Coffret elution (Como engineers)	90	
01-CRU-01	Concasseur	160	
RES10	Moteur vis sans fin	7	
res09	Pompe Puisard Acide	3	
Q02	compresseur 55		
RES6	Pompe Eau de Pluie	15	29

MCC2

EQUIPEMENTS		PUISSANCE	COURANT
ITEM	DESCRIPTION	KW	Nominal A
02-AGT-01	CIL Agitator 1	55	94,5
02-PMP-01	Carbon Transfer Pump1	11	21
02-ISC-01	Interstage Screen 1	11	21
02-AGT-02	CIL Agitator 2	55	94,5
02-PMP-02	Carbon Transfer Pump2	11	21
02-ISC-02	Interstage Screen2	11	21
02-AGT-03	CIL Agitator 3	55	94,5
02-PMP-03	Carbon Transfer Pump3	11	21
02-ISC-03	Interstage Screen 3	11	21
02-AGT-04	CIL Agitator 4	55	94,5
02-PMP-04	Carbon Transfer Pump4	11	21
02-ISC-04	Interstage Screen 4	11	21
02-AGT-05	CIL Agitator 5	55	94,5
02-PMP-05	Carbon Transfer Pump5	11	21
02-ISC-05	Interstage Screen5	11	21
02-AGT-06	CIL Agitator 6	55	94,5
02-PMP-06	Carbon Transfer Pump6	11	21

02-ISC-06	Interstage Screen 6	11	21
02-SCR-01a/B	Carbon Screen Calibrating	6,2	11.4
02-LSC-01 a/b	Tailing Screen	6,2	11.4
02-PMP-09	Tailing Pump 2/1	90	158
02-PMP-07	Tailing Pump 2/2	90	158
02-SPT-02	Splitter		
02-PMP-11A	CIL Spillage Pump	15	11.4
02-PMP-11B	CIL Spillage Pump	11	
02-HST-01	Tower Crane	45	
02SSH-01	Safety Shower		
02-SPM-01	Tails Primary Sampler	0,75	
02-SMP-02	Tails Secondary Sampler	0,37	
02-RES02	Pompe Doseuse		
05-PMP-09	Raw Water sur reserve 09	55	94,5
05-PMP-10	Raw Water sur reserve 10	55	94,5

MCC-VARIATEUR

EQUIPEMENTS		PUISSANCE	COURANT nominal
ITEM	DESCRIPTION	KW	A
01-PMP-01	Mill Pump 1	250	435
01-VE-01	Vent Ref Moteur	1,1	2.56
01-PMP-02	Mill Pump 2	250	435
01-VE-02	Vent Ref Moteur	1,1	2.56
01-PMP-03	CIL Feed Pump1	75	132
01-PMP-04	CIL Feed Pump2	75	132
02-PMP-10	Tailing Pump 1/1	90	158
02-PMP-08	Tailing Pump 1/2	90	158
APF	Coffret		
01-APF-01	Apron Feeder 1	11	22
01-VBF-01/2	Vibrating Feeders	4	9

ANNEXE 7 : Tarification de l'Electricité Haute tension (HT) et Moyenne Tension (MT) au Niger

**TARIFICATION DE L'ELECTRICITE
HAUTE TENSION (HT) ET MOYENNE TENSION (MT)
AU NIGER**

TARIF	REDEVENCE FIXE F/MOIS	PRIME DE PUISSANCE F/MOIS/KW	CENTRES INTERCONNECTES			CENTRES ISOLES	PRIX ENERGIE REACTIVE F/KVARH
			POSTE HORAIRE	MARS A OCTOBRE	NOVEMBRE A FEVRIER		
K-11 :HT GENERAL	150 000	1 500	F/KWH			94,46 62,65 53,63	24,035
			H pointe	131,83	39,95		
			H. pleines	46,94	39,95		
K-12 :HT LONGUES UTILISATIONS	150 000	5 000	F/KWH			54,29	24,035
			Tarif unique	51,79	44,91		
K-13 :HT INTERRUPTIBLE	150 000	5 000	F/KWH			47,59	24,035
K-21 :MT GENERAL	15 000	1 500	F/KWH			98,35 67,59 56,37	24,035
			H pointe	136,2	47,26		
			H. pleines	55,35	47,26		
K-22 :MT LONGUES UTILISATIONS	15 000	3 500	F/KWH			57,53	24,035
			Tarif unique	57,15	49,42		
K-23 :MT INTERRUPTIBLE	15 000	500	F/KWH			38,56	24,035
K-31 :BT HORAIRE	5 000	500	F/KWH			116,58 94,95 60,60	
			H pointe	140,33	85,28		
			H. pleines	94,99	85,28		
K-32 :BT LONGUES UTILISATIONS	1 500	1 000	F/KWH			70,71	
K-33 :courtes UTILISATIONS		250	F/KWH			79,25	
K-34:ECLAIRAGE PUBLIC		12 850 33 000	F/KWH			51,35	

**TARIFICATION DE L'ELECTRICITE BASSE TENSION
(BT) AU NIGER**

Le prix du raccordement :

Compteur	3 Kw	6 Kw	12 Kw	18 Kw	30 Kw
Police d'abonnement en FCFA	9.408	16.540	31.540	45.845	74.375

Le prix du raccordement se calcule en additionnant :

ANNEXE 8 : Coût des investissements

Secteur ou éléments	Moteurs	Nombre de variateurs	Puissance unitaire (kw)	Coût unitaire (Fcfa)	Coût total (F cfa)
CIL	agitateur	6	55	3230043	19380258
	Tamis interstage	12	11	969637	11635644
	Transfert charbon	2	90	5258525	10517050
Concassage	concasseur	1	160	5910567	5910567
	Convoyeur	2	22	1739274	3478548
Compresseur	Compresseur sullair	1	225	7988786	7988786
Sirba	Moteur rivière	2	315	10234230	20468460
Total					79379313

ANNEXE 9 : Relevés des paramètres de fonctionnement des blocs/ unités de distribution et de consommation.

Tableau : Relevés des paramètres de fonctionnement des blocs /unités

Bloc ou unité	Energie	Puissance	Cosinus phi	P installée (kw)
MCC1	8530 kwh	355 kw	0,96	968
	1673 kvarhL	70 kvarL		
	1 kvarhC	0 kvarC		
MCC2	12934 kwh	539 kw	0,99	836
	772 kvarhL	32 kvarL		
	1 kvarhC	0 kvarC		
MCCVV	8460 kwh	353 kw	0,83	847
	1750 kvarhL	73 kvarL		
	0 kvarhC	0 kvarC		
TGBT-	36357 kwh	1515 kw	0,94	2651

GENERAL	4475 kvarhL	186 kvarL		
	0 kvarhC	0 kvarC		
TGBT-DIVERS	6224 kwh	259 kw	0,88	400 KVA
	1507 kvarhL	63 kvarL		
	0 kvarhC	0 kvarC		
CITE	3259 kwh	135,79 kw	0,93	400 kVA
	1231,5 kvarhL	51,31 kvarL		
	0 kvarhC	0 kvarC		

Bloc ou unité	Energies	Puissances	Cosinus phi
Elution	301,5 kwh	12,548 kw	0,683
	303,75 kvarh	12,642 kvar	
	429 kvah	17,855 kva	
Eau	218,25 kwh	9,1 kw	0,7168
	217,0 kvarh	9,0 kvar	
	308,0 kvah	12,8 kva	
Labo	690,5 kwh	28,75 kw	0,887
	107,5 kvarh	4,48 kvar	
	712 kvah	29,65 kva	
Four de régénération	4,33 kwh	0,18kw	0,521
	6,67 kvarh	0,28kvar	
	9,00 kvah	0,38kva	

Station TOTAL	328 kwh	13,69kw	0,768
	248 kvarh	10,35kvar	
	404 kvah	16,86kva	