

ABREVIATIONS

RCTP	Rapport de Courant du Transformateur de Potentielle ;
RCCTR	Rapport de Courant du Compteur ;
TC	Transformateur du Courant ;
TI	Transformateur d'Intensité ;
ADEMA	Aéroport De Madagascar ;
PFOI	Pêche et Froid de l'Océan Indien ;
JIRAMA	Jiro sy Rano Malagasy ;
HT	Haute Tension ;
MT	Moyenne Tension ;
ABC	Anglo – Belgiam – Corp ;
D	Disjoncteur ;
MAN	Maschinenfabrik Augsburg Nurnberg ;
UNM	Université Nord de Madagascar ;
EDM	Energie De Madagascar ;
WA	Energie Active ;
WR	Energie Réactive ;
H	Horaire ;
P _{hp}	Puissance Hors Point ;
L	Lecture ;
WAAFM	Energie Active Affichée Fin du Mois;
WAADM	Energie Active Affichée Début du Mois.
WRAFM	Energie Réactive Affichée Fin du Mois ;
WRADM	Energie Réactive Affichée Début du Mois ;
T	Puissance du Transformateur (en kVA) ;
WC	Energie Consommée ;
WCJ	Energie Consommée Jour ;
WCP	Energie Consommée Pointe ;
WCN	Energie Consommée Nuit ;
PWAJ	Pourcentage d'Energie Active Jour ;
PWAP	Pourcentage d'Energie Active Pointe ;
PWAN	Pourcentage d'Energie Active Nuit ;
WANJ	Energie Active Net Jour ;
WANP	Energie Active Net Pointe ;
WANN	Energie Active Net Nuit.
LWAJ	Lecture d'Energie Active Jour ;
LWAP	Lecture d'Energie Active Pointe ;
LWAN	Lecture d'Energie Active Nuit ;
NAI	Nombre d'appareil Installée ;
C	Coefficient de correction ;
CCM	Coefficient de Correction du Malus (si $\cos \varphi < 0,90$) ;

CCB	Coefficient de Correction du Bonus (si $\cos \varphi > 0,90$);
HAFM	Horaire Affichée Fin du Mois;
HADM	Horaire Affichée Début du Mois ;
k	Coefficient ;
W'	Energie active à facturer ;
P _{app}	Puissance apparente ;
P _{hp} :	Puissance hors pointe.
DUPS	Délai d'Utilisation de la Puissance Souscrite (en heures) ;
PS	Puissance Souscrite ;
TP	Travaux Pratique ;
CTR	Compteur ;
MPF	Montant Prime Fixe ;
MB	Montant Brut ;
MC	Montant Consommation ;
PU	Prix Unitaire ;
WAAFM J	Energie Active Affichée Fin du Mois Jour;
WAADMJ	Energie Active Affichée Début du Mois Jour ;
WAAFMP	Energie Active Affichée Fin du Mois Point;
WAADMP	Energie Active Affichée Début du Mois Point ;
WAAFMN	Energie Active Affichée Fin du Mois Nuit;
WAADMN	Energie Active Affichée Début du Mois Nuit.
P	Puissance active ;
S ₁ et S ₂	Puissances apparentes;
Q _c	Puissance réactive du condensateur ;
Q ₁	Puissance réactive sans condensateur ;
Q ₂	Puissance réactive avec condensateur.

INTRODUCTION

Depuis des années, l'énergie électrique occupe une place importante dans les activités humaines : on peut dire qu'elle est parmi les facteurs de développement d'une région, d'un pays et du monde entier.

De ce fait, on constate que le nombre des consommateurs d'énergie ne cesse d'augmenter. Ainsi, la société JI.RA.MA. a le devoir de satisfaire ses clients par la qualité de ses services, et aussi celle de la qualité de ses produits. Mais ce devoir n'a pas été accomplir pendant quelques temps, dans l'année] 2005 – Août 2007] à cause de problème technique et de l'approvisionnement du carburant.

En effet, le délestage se manifeste très fréquent et la production électrique peine à satisfaire la demande de la population de Diego-Suarez (coupure, service limité à certaines plages horaires) ; seulement environ 65% des abonnés ont eu accès à l'électricité, ce qui a entraîné une grande baisse de rentabilité au sein de ces différents abonnés.

Ce travail de mémoire consiste alors à élaborer en détail l'impact social et économique du délestage au niveau de la population; tout en sachant que le délestage est l'un des facteurs qui ralentit le développement .Cette étude est alors, divisé en cinq parties :

- La première partie consiste à définir la monographie de la ville de Diego-Suarez afin de pouvoir bien distinguer la compatibilité de l'énergie renouvelable nécessaire ;
- Dans la deuxième partie, il s'agit de faire des études du système de production et de distribution de l'énergie électrique de la JI.RA.MA. à Diego-Suarez ;
- La troisième partie va analyser la production de l'énergie électrique avant le délestage et actuellement puis analyser les répercussions de délestage sur la population et sur les industries locales;
- La quatrième partie évaluera l'impact du délestage ;
- Et enfin, la cinquième partie c'est l'implication pédagogique qui est composée de l'étude d'une facturation de l'énergie électrique.

PARTIE I

BREF MONOGRAPHIE DE LA VILLE DE DIEGO-SUAREZ

I-1- HISTORIQUE :

La ville de Diego a tenu un rôle très important sur l'histoire régionale et nationale. Au début, des douzaines de pêcheurs vivaient sur les bordures de la ville.

En 1500, elle a été découverte par le portugais Diego Diaz, l'un des célèbres voyageurs réputés d'avoir été les premiers à découvrir Madagascar. Six ans plus tard, l'Amiral Fernando Suarez suivit le même chemin. Le prénom du premier et le nom du second furent alors donnés à la baie.

Les français y firent escale un siècle plus tard. A la fin du 18^e siècle, le pirate Français Misson installe sa base à Diego Suarez. Vers l'année 1885, la ville a été reconnue à l'occupation française. Devenue « Point d'appui de la flotte en 1898, plusieurs personnes du gouvernement française ont gouverné la ville, mais le plus célèbre d'entre eux est sans doute le Général Joffre qui a su organiser la ville en 1901.

Par la suite, la région est devenue une circonscription Autonome en 1946 et devient commune de plein exercice en 1956. En 1975, avec la création des collectivités décentralisées, la ville de Diego est devenue le chef lieu du farintany et du Fivondronana.

I-2- SITUATION GEOGRAPHIQUE :

Située à l'extrême Nord de Madagascar, la ville de Diego - Suarez qui constitue la commune urbaine est le chef lieu de la Province d'Antsiranana. Elle se localise à 12°16'984" de latitude Sud et 49°17'384" de longitude Est et fait partie des plus belles villes de la grande île.

Dans sa délimitation administrative, elle s'étend sur une superficie de 47 Km². Elle est délimitée par plusieurs communes :

- Au Nord, elle est limitée par la commune rurale de Bobaomby ;
- Au Sud, la commune d'Antanamitarana lui sert de limite avec Joffre – ville ;
- La commune de Ramena constitue sa limite dans sa partie Est.

La ville de Diego - Suarez constitue une exception sur le plan géographique. Dans sa délimitation géographique, le tissu urbain est entouré :

- Au Nord, par la baie de Diego – Suarez ;
- Au Sud, elle est limitée par le plateau d'Andranomanitra ;
- A l'Est, par la baie et la montagne des Français ;
- Et à l'Ouest par la vaste plaine d'Anamakia.

Ainsi, elle se voit condamner sur ses deux extrémités au Nord et à l'Est par la mer. Ces contraintes géographiques limitent déjà les possibilités d'extension de la ville.

I-3 ORGANISATION TERRITORIALE :

La commune urbaine de Diego-Suarez est actuellement subdivisée en 3 arrondissements ou Firaiana et comporte 23 quartiers ou Fokontany.

Tableau 1 : Répartition des Fokontany au sein des Firaiana.

Firaiana	Nom des Fokontany
Firaiana Est 9 Fokontany	1. Cap – Diego
	2. Place Kabary
	3. Lazaret Sud
	4. Lazaret Nord
	5. Cité ouvrière
	6. Morafeno
	7. SCAMA
	8. Avenir
	9. Ambalakazaha
Firaiana centre 5 Fokontany	10. Tanambao Nord
	11. Tanambao Sud
	12. Tanambao tsena
	13. Soafeno
	14. Ambohimitsinjo
Firaiana Ouest 9 Fokontany	15. Tsaramandroso
	16. Bazarikely
	17. Tanambao 3
	18. Tanambao 4
	19. Tanambao 5
	20. Grand – pavois
	21. Mahatsara
	22. Ambalavola
	23. Anamakia
Total :	23 Fokontany

I- 4 LES FONCTIONS URBAINES :

Les fonctions de la ville de Diego - Suarez sont de loin ou de près liées au port et à la baie. C'est une ville orientée en premier lieu vers les activités industrielles dominées par la Construction navale (SECREN), l'agro - industrie (PFOI, la compagnie salinière, la STAR, SCIM et TIKO). Mais la ville de Diego est avant tout une ville touristique orientée également vers le secteur tertiaire : administrative, industrielle et commerciale.

Cependant, en tant que chef lieu de la Province autonome d'Antsiranana, elle tient d'abord un rôle politico – administratif :

- **Les fonctions administratives** : comme la plupart des chefs lieux de province, la commune urbaine de Diego - Suarez assure les différents services administratifs de la commune et de la province autonome. Elle abrite les différentes entités et services administratifs déconcentrés et décentralisés de la province autonome d'Antsiranana.

- **Les fonctions de transmission** : les différents équipements possèdent tous les niveaux d'éducation : générale, technique et commerciale, ainsi que des formations spécialisées. Elle joue dans ce cas un rôle prometteur dans le domaine de l'information, de l'éducation et de la communication.
- **Les fonctions portuaires et industrielles** : la ville de Diego possède l'une des plus grandes industries de Madagascar, à savoir la SECREN ; la PFOI.
- **Les fonctions touristiques** : la ville est l'une des plus privilégiées des zones touristiques de Madagascar. Classée sous le nom de côte des Emeraudes avec sa verdure et ses plus belles plages, elle offre un éventail large de paysage susceptible d'attirer les touristes. Mais l'enclavement de la région limite le développement de ce domaine.

I-5 LA SITUATION DEMOGRAPHIQUE :

Tableau 2 : Répartition de la population dans chaque Firaïsana en 2003

Firaïsana	Population (2003)	Superficie (Ha)	Densité (à l'Ha)
Firaïsana Est	22 941	1 920	12 Habitants / l'Ha
Firaïsana Centre	14 557	80	182 Habitants / l'Ha
Firaïsana Ouest	40 321	2 715	15 Habitants / l'Ha
Total : 3 Firaïsana	77 819 Habitants	4 700 = 47 K m²	17 Habitants / l'Ha

- ❖ Carte de la Commune Urbaine de Diego - Suarez

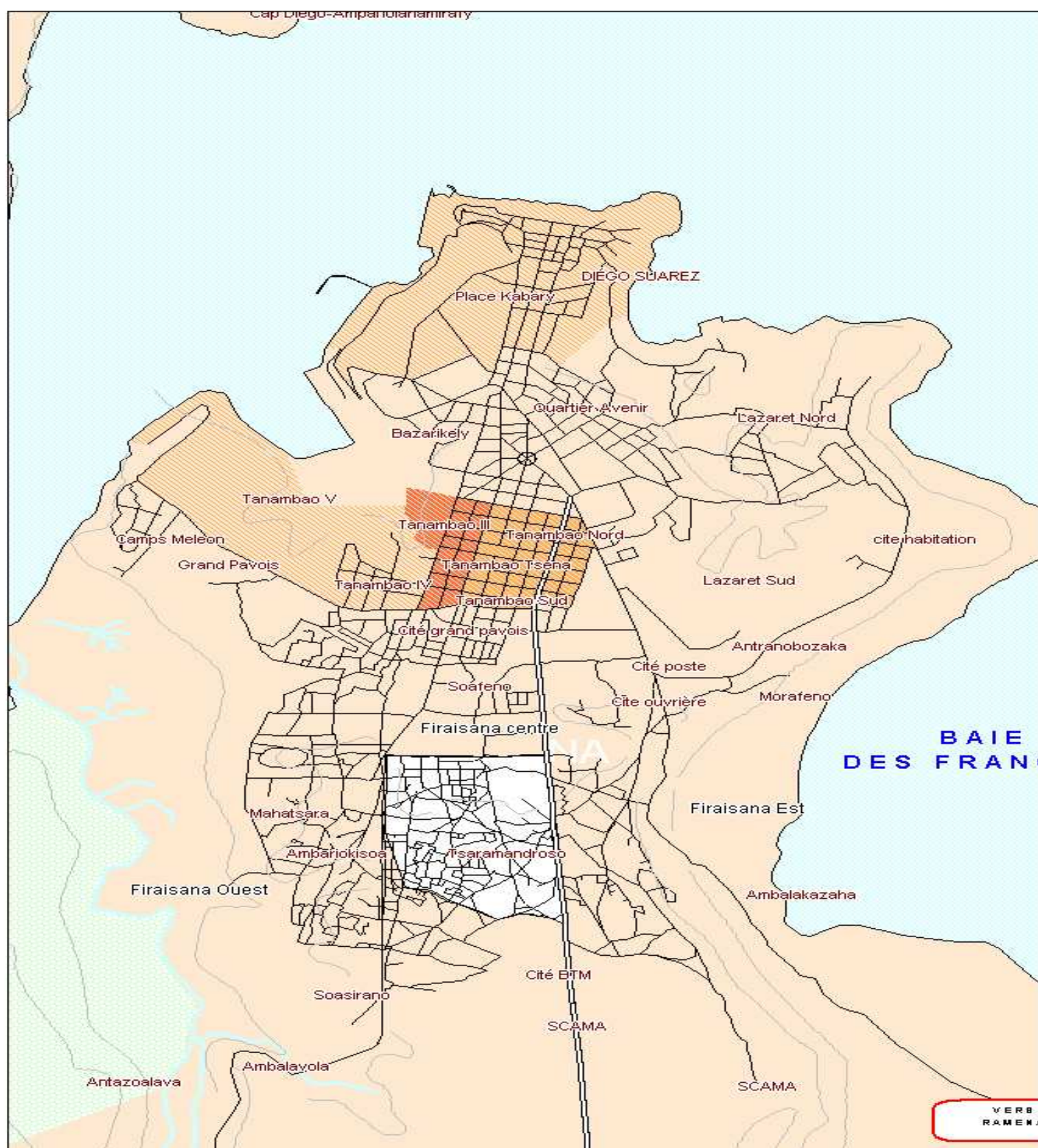


Figure 1 : Carte de la commune Urbaine de Diego-Suarez.

PARTIE II

SYSTEME DE PRODUCTION ET DE DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE A DIEGO – SUAREZ

II-1 SYSTEME DE PRODUCTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE :

II-1-1 Généralité :

La production d'électricité est tout simplement une conversion, une transformation d'énergie mécanique (liée au mouvement) en énergie électrique.

Dans ces centrales, l'énergie mécanique est convertie en énergie électrique à plus grande échelle. On peut convertir également de l'énergie thermique, hydraulique ou encore éolienne en énergie électrique.

« L'électricité, du producteur au consommateur ». Schématiser dans le cas d'une centrale thermique à gazole suivant :

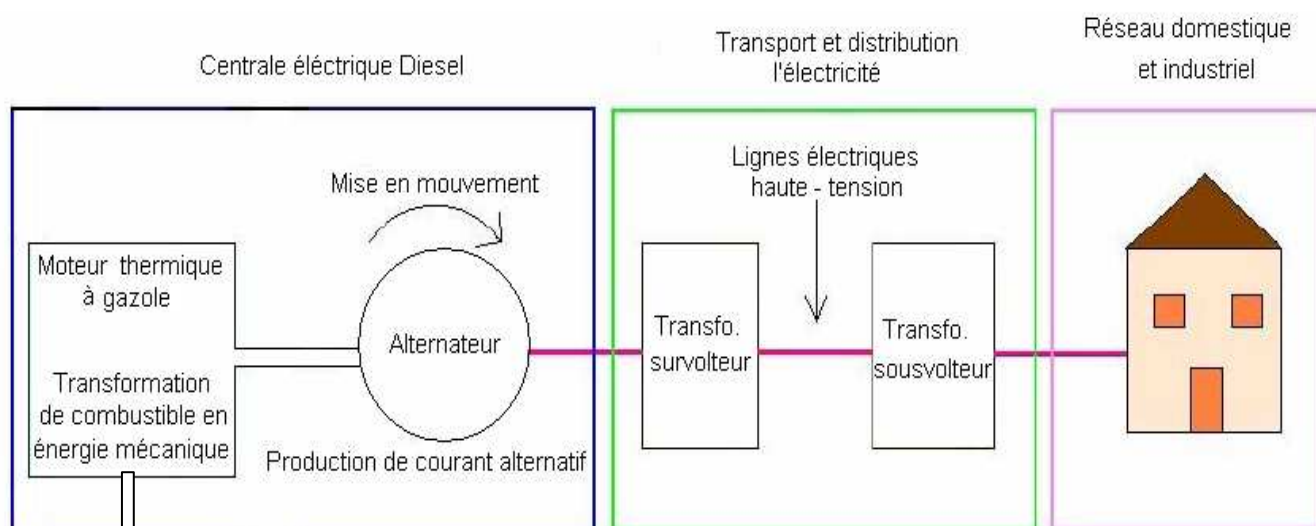


Figure 2: Schéma du système de production et de distribution de l'énergie électrique.

Carburant : gazole (Hydrocarbure);

Comburant : Air \longrightarrow 1l d'air : $\left| \begin{array}{l} \frac{1}{5} \text{ d'oxygène (O}_2\text{)} ; \\ \frac{4}{5} \text{ d'azote (N) et gaz rare.} \end{array} \right.$

1^{ère} - **Energie chimique** : aspiration comburant ;

2^{ème} - **Energie calorifique** : injection par pression du carburant ;

3^{ème} - **Energie mécanique** : tourner le vilebrequin.

II-1-2 Types de centrales électriques installées à Diégo - Suarez :

L'électricité est très indispensable parce qu'elle rend beaucoup de service dans notre vie quotidienne. Sans elle, rien ne fonctionne ! L'électricité est utilisée pour chasser l'obscurité, elle est notre sécurité. Ainsi, on l'utilise pour s'éclairer grâce à elle, nous pouvons nous réchauffer, regarder la télé, cuisiner, s'user de machine à laver. Bref, l'électricité est partout, elle est vitale et capitale. A l'ère contemporaine, l'électricité est un signe de progrès, d'où sa nécessité.

Dans notre société industrielle, l'électricité est la forme d'énergie la plus utilisée ; la facilité de son transport et sa transformation particulièrement aisée a largement contribué au développement de ses applications.

C'est pour cela que le Gouvernement Malgache a décidé d'installer une centrale thermique diesel à Diégo-Suarez qui produit de l'électricité à base du gazole. Elle est installée en 1955 et fonctionne encore jusqu'à maintenant mais la production de l'énergie électrique nécessaire par la population et les industries locales se dégrade.

II-1-3 Les éléments indispensables à la production de l'énergie électrique dans une centrale thermique :

Il existe deux types des éléments fondamentaux requis pour la production de l'énergie électrique :

- ❖ Les éléments principaux ;
- ❖ Les éléments auxiliaires.

II-1-3-1 Les éléments principaux :

Pour produire l'énergie électrique dans une centrale thermique comme ici à Diégo-Suarez, il faut utiliser les différentes sortes des éléments suivants :

a- Combustion :

Dans ces centrales, l'énergie thermique nécessaire est produit par l'utilisation de combustible ou bien carburant ou hydrocarbure qui proviennent de la distillation du pétrole brut (essence, gazole, huile, etc.....).

a-1 Rôle de la combustion :

Le rôle de la combustion est de transformer l'énergie chimique potentielle contenue dans le carburant en énergie thermique ou calorifique. L'élévation de température qu'accompagne la combustion provoque une montée en pression de gaz contenu dans la chambre de combustion.

La force mécanique communiquer au piston sera proportionnelle à cette pression ou à la section intérieure du cylindre.

$$F = P \times S \quad (1)$$

F = force mécanique [en N];

P= pression de gaz contenu dans la chambre de combustion après l'inflammation du carburant [en Pascal] ;

S = section intérieure du cylindre [mm²] :

Avec :

$$S = 2 \times \pi \times r \times h$$

r = rayon du cylindre ;
 h = hauteur du cylindre.

L'énergie mécanique fournie par le moteur est proportionnelle à l'énergie contenue dans le carburant c'est-à-dire la quantité de chaleur (W) dégager par la combustion de l'unité de masse (en J/kg) et à la qualité de la combustion.

a- 2 Le gaz d'échappement :

On trouve parfois dans le gaz d'échappement le gaz carbonique ou les dioxydes de carbone (CO_2) et la vapeur d'eau (H_2O) ; des gaz hydrocarbures imbrûlés (HC) ; les oxydes d'azote (NO ; NO_2).

Inconvénients :

Les dégagements de ces gaz sont les responsables de l'effet de serre ; surtout les oxydes d'azote (NO ; NO_2) et le gaz carbonique ou dioxyde de carbone (CO_2). Ils peuvent également attaquer la couche d'ozone située entre 20 et 50 km au – dessus de la surface de la terre mais la couche d'ozone protège la vie sur la Terre en ne laissant parvenir qu'une partie des rayons ultraviolets du soleil, responsables de cancers et ils ont aussi les principales sources d'acidité dans l'atmosphère (changement climatique).

Solutions proposées :

Les solutions proposées pour réduire la production de polluants passent par :

- un système d'injection performant ;
- la mise en œuvre d'un catalyseur d'oxydation ;
- un système de recyclage des gaz d'échappement ;
- un filtre à particules ;
- évolution des carburants :
 - la diminution de 0,2 % à 0,05 % de la teneur en soufre ;
 - l'augmentation de l'indice de cétane.









b - Moteur thermique Diesel :

On appelle moteur thermique, une machine qui reçoit une énergie sous forme de chaleur et qui restitue cette énergie sous forme de travail mécanique. C'est un moteur thermique à combustion interne puisque la transformation s'effectue à l'intérieur même du Moteur. Pour tous les moteurs thermique même le Diesel, le cycle 4 temps se fait en deux tours du vilebrequin, c'est-à-dire :

- l'admission se fait en demi-tours ;
- compression se fait en demi-tours ;
- combustion détente se fait demi-tours ;
- échappement se fait demi-tours.

En totalité 2 tours du vilebrequin doivent 720°:

Tableau 3 : Principe du cycle 4 temps.

CYCLE	LA PRINCIPE DE LA PRESENTATION D'UN CYCLE	SOUPAPE		POSITION PISTON
		adm.	echapp.	
1 ^{ère} TEMPS : Admission	Oxygène de l'air comburant (air à la pression atmosphérique environ 1 kgf/cm ²)			PMH ↓ PMB
2 ^{ème} TEMPS : Compression	On comprime fortement l'air pur dans la chambre de combustion (pour élever la température jusqu'à environ 600 °C) et la pression atteinte environ 35 kg/cm ² à la fin de la compression.			PMH ↑ PMB
3 ^{ème} TEMPS : Combustion Détente	A la fin de compression ; l'injecteur introduit le gazole sous la forme d'un brouillard formé de fine gouttelette. Au contact de l'air chaud ,le carburant s'inflamme spontanément et il engendre une très fort pression qui chasse le piston vers le PMB.			PMH ↓ PMB
4 ^{ème} TEMPS : Echappement	Evacuation de gaz brûlé hors du cylindre (gaz d'échappement)			PMH ↑ PMB



= SOUPAPE FERMEE



= SOUPAPE S'OUVRE

b -1 Rendement du moteur thermique Diesel:

Pour améliorer le rendement du moteur, il faut modifier :

- ❖ le moment d'ouverture et de fermeture des soupapes d'admission et d'échappement ;
- ❖ le début d'injection du pompe à injection (en ligne ; en rotatif ou individuelle).

Depuis la naissance de la centrale thermique, tous les moteurs installés sont en injection directe parce qu'ils ont de l'avantage suivant :

- ❖ rendement supérieur à ceux des moteurs à injection indirecte ;
- ❖ la durée de combustion assez faible (voir la figure ci-dessous) :

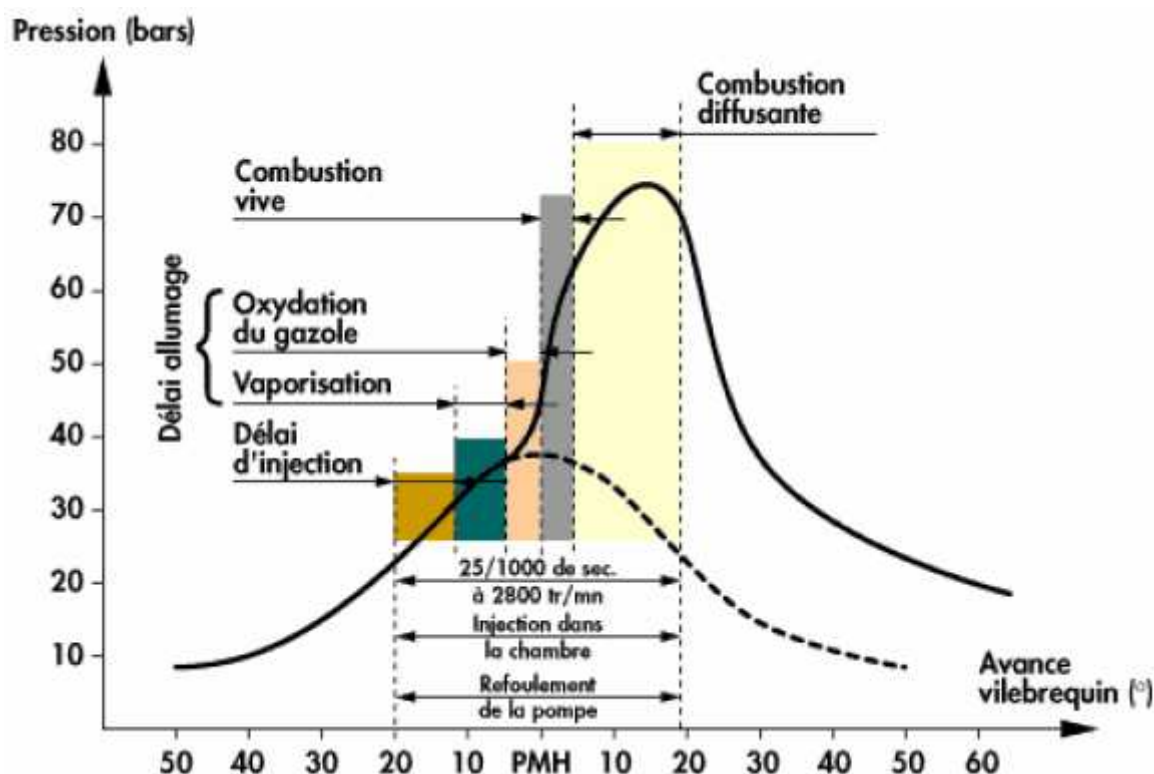


Figure 3: Courbe de la durée de combustion.

❖ bon départ froid.

Inconvénient :

Moteur bruyant au ralentie et à faible régime.

b-2 Démarrage :

La société JIRAMA utilise un démarreur qui fonctionne à l'air comprimée.

b -3 Caractéristique du moteur Diesel installé à la centrale thermique de la société JIRAMA :

Tableau 4 : Caractéristique de tous les moteurs Diesel à la centrale thermique de la JIRAMA.

NOMBRE DU MOTEUR DIESEL	NOMBRE ET POSITION DU CYLINDRE	CYCLE (Temps)	ALESAGE DU CYLINDRE (mm)	VITESSE DE ROTATION MAXI (tr /mn)	CYLINDREE TOTALE (l)	POIDS MOTEUR SEC APPROX. (kg)	PUISSANCE NOMINALE (ch.)	TYPE DU POMPE À INJECTION	TYPE DU MOTEUR
4 MAN	2 en V à 60° (16 cylindres)	4	300	428	508,8	–	2174	individuelle	V ₁₆ 36/45
	2 en ligne (8 cylindres)	4	–	375	–	–	679	individuelle	G8V 28, 5/42
2 AGO (ENELEC)	en V à 60° (16 cylindres)	4	–	1000	–	–	–	en ligne	V 12 C RUR
MGO (ENELEC)	en V à 60° (16 cylindres)	4	175	1500	72	5950	1200	en ligne	V 12 BZ SHR
AGO (J.I.RA.MA.)	en V à 60° (16 cylindres)	4	–	–	–	–	2174	individuelle	G 16 VS DL 240
ABC	en ligne (8 cylindres)	4	310	1000	127,648	13905	2174	individuelle	8DZC 166
DEUTZ	en V à 60° (8 cylindres)	4	240	1000	101,28	11500	–	en ligne	–
3 CUMMINS (EDM)	en V à 60° (16 cylindres)	4	159	1500	50	9066		individuelle	KTA 50 G3
MGO (BANA)	en V à 60° (16 cylindres)	4	–	1000	–	–	679	en ligne	175 V 16 AS HR /SIH

c- Les alternateurs :

Les alternateurs ont pour rôle de transformer de la puissance mécanique venant du moteur thermique en puissance électrique. Ils sont dans les centrales de production, le maillon entre le système de production d'énergie mécanique comme hydraulique, thermique, nucléaire, etc.....et le réseau de transport d'électricité. Il existe donc, dans un alternateur deux parties fondamentales :

- une reliée à la source de puissance mécanique ;
- l'autre reliée au réseau électrique.

Schématisation :

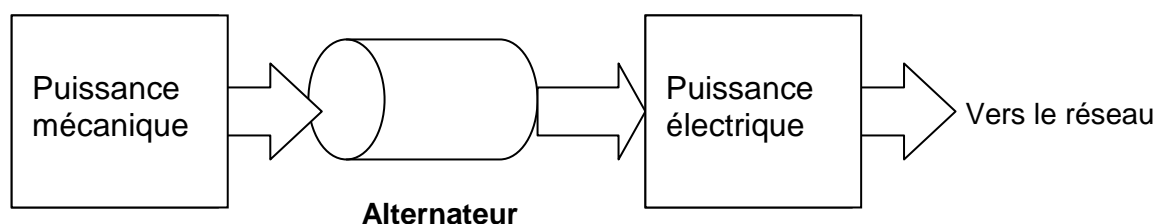


Figure 4 : Schéma de la transformation de puissance mécanique en puissance électrique.

Remarque :

La puissance mécanique est transformée en puissance électrique avec une très légère déperdition, qui correspond aux pertes mécaniques (frottement, etc.....) et électrique (échauffements dans les conducteurs et dans les parties magnétiques de l'alternateur).

c-1 Structure :

Comme dans toutes les machines tournantes, on distingue la partie fixe appelée stator et de la partie tournante appelée rotor à part l'excitatrice. Le stator permet de créer un champ tournant au moyen de courants alternatifs alors que le rotor va créer un champ continu qui va tourner lors de la rotation de la machine. Le couplage entre les deux champs nous permettra d'expliquer le fonctionnement du système.

c -1-1 Le rotor :

Le rotor est un électro-aimant dont l'enroulement est alimenté en un courant continu venant de l'excitatrice qui va permettre de créer un moment magnétique M . Dans ce cas, le rotor comprend un circuit magnétique (matériau doux) qui permet de canaliser le flux, afin d'avoir un meilleur couplage possible entre rotor et stator.

Remarque : Nous pouvons constater que lorsque la machine fonctionne, le rotor tourne à la même vitesse et le sens de rotation que le champ tournant ($n_1 = n_2$) créé le stator. Lorsque le rotor tourne à une vitesse n_2 , le flux d'excitation qui vient de se produire embrasse l'enroulement statorique et celui de l'induit par une force électromotrice (f.é.m.) de fréquence :

$$f = \frac{p \times n_2}{60} \quad (2)$$

Néanmoins, la correspondance entre le nombre p de paire de pôles du champ tournant et sa vitesse en tours par minutes est donnée par le tableau ci-dessous (Fréquence $f = 50$ Hz) :

Tableau 4 : Correspondance entre p et n

P (paires de pôles)	1	2	3	4	5	6	10	11	36
n (tours/mn)	3000	1500	1000	750	600	500	300	272	83

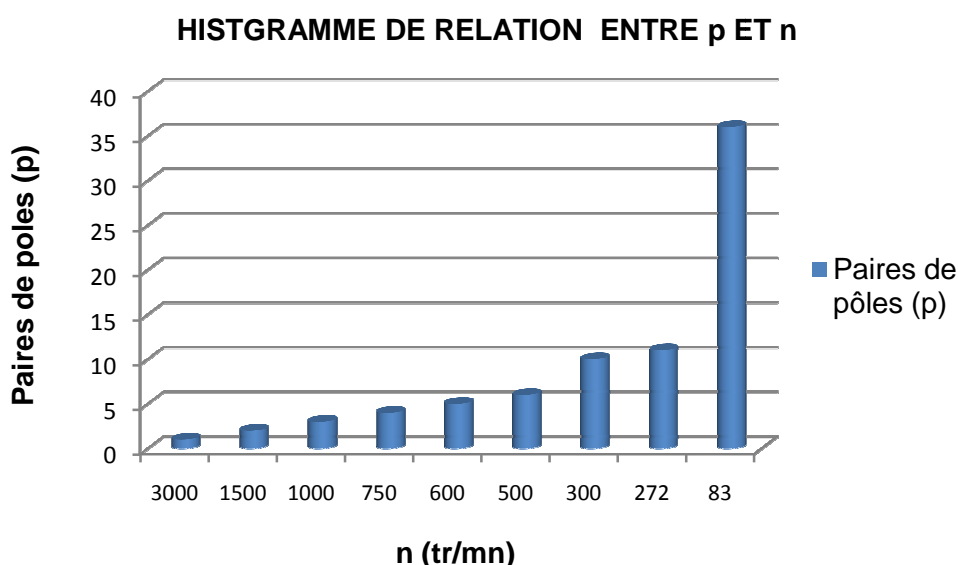


Figure 5 : La relation entre n et p .

Les flux créés par l'enroulement inducteur à travers la spire de l'induit dépendent de :

- ✓ la position du rotor par rapport au stator ;
- ✓ courant d'excitation (I_{ex}).

Il n'y a donc pas de phénomènes inductifs à prendre en compte dans la partie massive du rotor, qui n'a pas besoin d'être feuilleté (fabriqué à partir de tôles isolées), ce qui augmente la solidité de l'ensemble. Il y a deux types de rotor :

- ❖ le rotor à pôles lisses (induit tournant, inducteur fixe) ;
- ❖ le rotor à pôles saillants (induit fixe, inducteur tournant).

La centrale thermique ici à Diego-Suarez utilise l'alternateur de rotor à pôles saillants parce qu'il est employé dans les machines à vitesse réduite de l'ordre de 1000 à 1500 tr/mn.

C'est à dire tous les moteurs installés sont en vitesse ≤ 1500 tr/mn (voir le tableau). Pour les machines tournant aux grandes vitesses de 1500 tr/mn à 3000 tr/mn, il est impossible de réaliser les rotors à pôles saillants à cause des difficultés que présente une fixation sûre des pôles soumises à des grandes forces centrifuges. C'est pour cette raison que les machines à vitesse ont des rotors lisses réalisés sous forme d'un cylindre sans pôles saillants.

c -1-2 Le stator :

Le stator est un cylindre creux qui est constitué comme le noyau d'un transfo, de tôles d'acier magnétique empilées et serrées dans une carcasse. Dans la partie interne du stator, on peut trouver les encoches dans lesquelles les enroulements triphasés sont logés. Lorsque ces enroulements sont traversés par le champ magnétique tournant (principe d'induction magnétique) du rotor, des f.é.m. prennent naissance ; et si on branche des charges à leurs bornes, des courants alternatifs circulent à travers ces charges.

Remarque:

- ❖ contrairement au rotor, le stator est siège de variations temporelles de flux magnétique. Pour éviter les courants de Foucault, il va devoir être feuilleté ;
- ❖ la partie séparant rotor et stator est appelé l'entrefer ;
- ❖ on évite de créer des champs tournants harmoniques qui sont préjudiciables au bon fonctionnement des machines (pertes supplémentaires occasionnées au rotor...) ;
- ❖ si l'enroulement statorique est fermé sur une charge ; le courant qui le traversera créer un champ tournant de vitesse :

$$n_1 = \frac{60 \times f_1}{p} \quad (3)$$

c-1-3 L'excitatrice :

Cet organe produit du courant alternatif qui est redressé par un pont de diode, devient un courant continu pour pouvoir alimenter la roue polaire (rotor ou inducteur). Il y a deux types de fonctionnement de l'alternateur :

- Alternateur auto-excité (sans balais) ;
- Alternateur à excitation séparé (avec balais).

La société JI.RA.MA.utilise l'excitation séparé parce que l'excitatrice est une source indépendant de l'alternateur (un générateur courant continu) et la transmission du courant est assurée par un contacte glissant bague-balais.

Caractéristique de l'excitatrice :

Tableau 5 : Caractéristique de l'excitatrice (document disponible).

Nom du moteur	Tension (V)	Intensité (A)	Marque	Type	Vitesse (tr/mn)
2 MAN V_{16}	160	140	J-F	CF 200	428
MAN 8 en L	108	97,5	JEUMONT	CN 76	375
AGO JI.RA.MA. V_{16}	145	66	UNELEC	BP 200 B 4	1000
MGO BANA V_{16}	40/110	45	A.O	D 160 A_4	1000
3 CUMMINS	73	57	LEROY SOMMER	—	1500

Schéma du branchement :

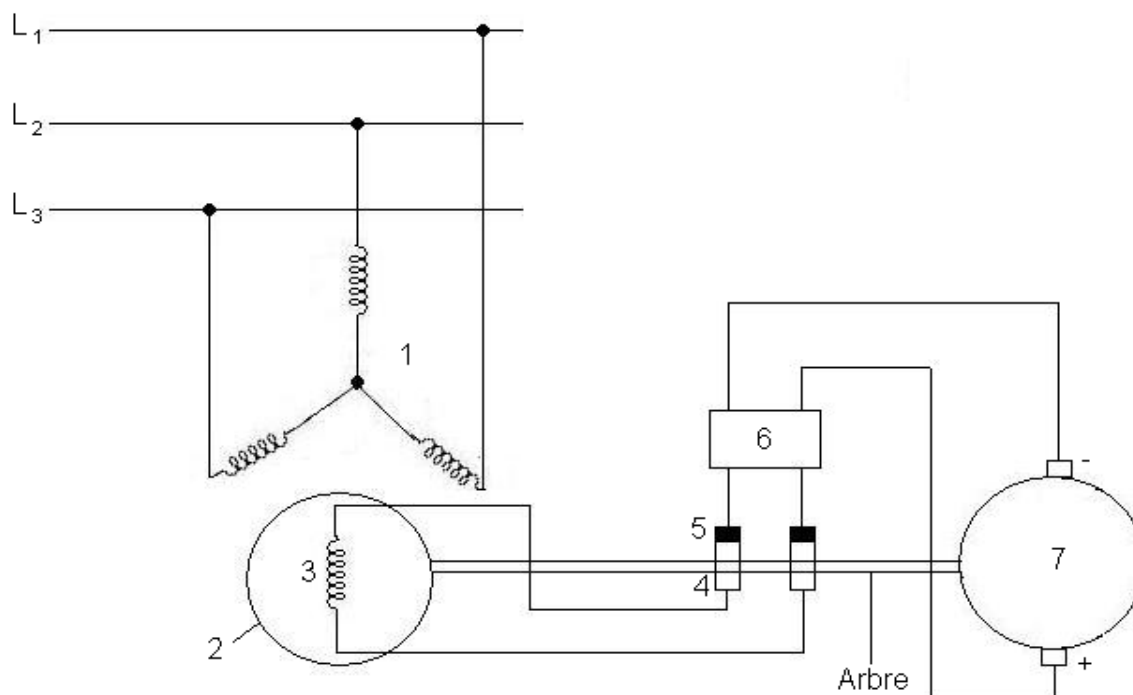


Figure 6 : Schéma de l'alternateur avec l'excitation indépendante.

- 1- Enroulement d'induit ;
- 2- Rotor ;
- 3- Enroulement de l'inducteur ;
- 4- Bagues ;
- 5- Balais ;
- 6- Régulateur de tension ;

- 7- Génératrice d'excitation (à courant continu).

Remarque : la puissance nécessaire à l'excitation est de l'ordre de 0,3 à 2% de la puissance de l'alternateur.

c - 1- 4 Le couplage de l'enroulement statorique de l'alternateur du JIRAMA :

En principe, il existe deux types de couplages :

- couplage en étoile ;
- couplage en triangle.

c-1- 4-1 Couplage en étoile :

c-1- 4-1-1 Montage :

Ici la valeur de Z est identique comme le couplage en triangle, pour avoir le système triphasé équilibré, on a donc :

$$\underline{Z}_1 = \underline{Z}_2 = \underline{Z}_3 = \underline{Z} \quad (4)$$

De plus, la charge et le réseau sont équilibrés aussi ; donc $\underline{i}_1 = \underline{i}_2 = \underline{i}_3 = \underline{i} \quad (5)$

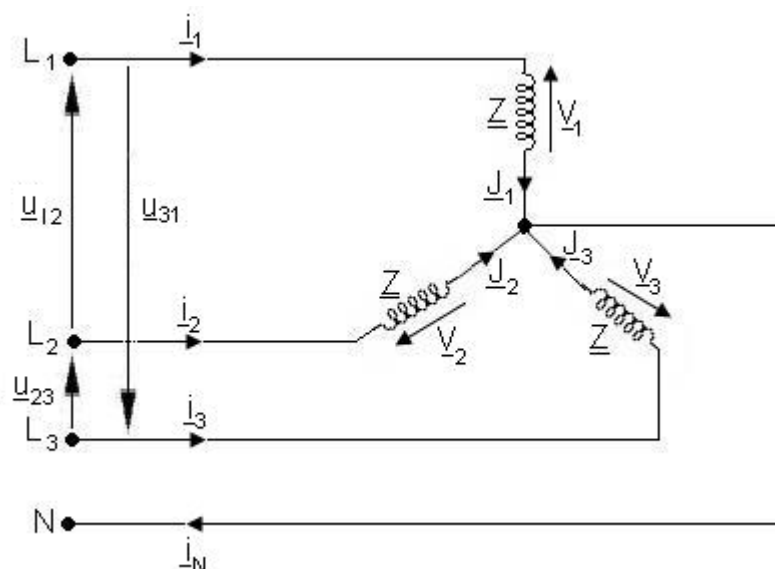


Figure 7 : Couplage en étoile.

\underline{i} = courant de ligne (I) ; \underline{u} = tension composée ou de ligne (U) ;
 \underline{J} = courant de phase (J) ; \underline{V} = tension de phase ou tension simple (V) ;
 \underline{Z} = impédance de l'enroulement d'induit ;

N = neutre ; $\underline{i}_N = 0$.

$\underline{i}, \underline{J}, \underline{u}, \underline{V}$ = Valeur complexe ;

I, J, U, V = Valeur efficace.

Symbole :



Comme il s'agit des mêmes impédances (Z) de ce fait $\underline{i}_1 + \underline{i}_2 + \underline{i}_3 = 0$ (6) donc $\underline{i}_N = 0$. Le courant dans le fil neutre est nul (le fil neutre n'a pas des courant).

c -1- 4 -1 -2 Relation entre le courant, la tension de ligne et phase :

On constate sur la figure 5 que les courants en ligne sont égaux aux courants par phase :

$$\underline{J}_1 = \underline{J}_2 = \underline{J}_3 = \underline{J} \quad (7)$$

Or :

$$\underline{i}_1 = \underline{J}_1 ; \underline{i}_2 = \underline{J}_2 ; \underline{i}_3 = \underline{J}_3 \quad (8)$$

D'après (3), (6), (7) on a :

$$I = J \quad (9)$$

Et la tension entre les deux sont différents, c'est-à-dire :

$$\underline{u}_{12} = \underline{v}_1 - \underline{v}_2 \implies U_{12} = V_1 - V_2 \quad (10)$$

$$\underline{u}_{23} = \underline{v}_2 - \underline{v}_3 \implies U_{23} = V_2 - V_3 \quad (11)$$

$$\underline{u}_{31} = \underline{v}_3 - \underline{v}_1 \implies U_{31} = V_3 - V_1 \quad (12)$$

Donc on a :

$$U = \sqrt{3} V \quad (1-13)$$

c -1- 4 -1 -3 Puissances :

Puissance active : $P = \sqrt{3} UI \cos \varphi$ (en kW) (14)

Puissance réactive : $Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi$ (en kVAr) (15)

Puissance apparente : $S = \sqrt{3} UI$ (en kVAr) (16)

$\cos \varphi$ = facteur de puissance

c -1- 4 -1- 4 Perte par effet Joule :

$$P = \frac{3}{2} \times R \times I^2 \quad (\text{en W}) \quad (17)$$

c-1- 4 -2 Couplage en triangle :

c -1- 4 -2-1 Montage :

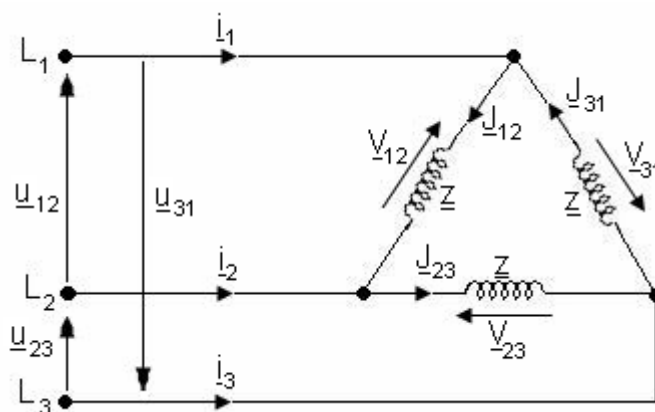



Figure 8 : Couplage en triangle.

\underline{i} = courant de ligne (I) ; \underline{u} = tension composée ou de ligne (U) ;

\underline{j} = courant de phase (J) ; \underline{v} = tension de phase ou tension simple (V) ;

\underline{Z} = impédance de l'enroulement d'induit.

Symbole : 

Comme il s'agit des mêmes impédances, $\underline{i}_1 + \underline{i}_2 + \underline{i}_3 = 0$ (1-18) et $\underline{J}_{12} + \underline{J}_{23} + \underline{J}_{31} = 0$ (1-19). Ici en aucun cas le fil neutre n'est nécessaire.

c -1- 4 -2-2 Relation entre le courant, la tension de ligne et phase :

On constate sur la figure 6 que le courant en ligne est différent au courant par phase ; c'est-à-dire :

$$\underline{i}_1 = \underline{J}_{12} - \underline{J}_{31} \implies I_1 = J_{12} - J_{31} \quad (20)$$

$$\underline{i}_2 = \underline{J}_{23} - \underline{J}_{12} \implies I_2 = J_{23} - J_{12} \quad (21)$$

$$\underline{i}_3 = \underline{J}_{31} - \underline{J}_{23} \implies I_3 = J_{31} - J_{23} \quad (22)$$

D'où :

$$I = \sqrt{3} J \quad (23)$$

Mais la tension entre les deux sont le même, c'est-à-dire :

$$U = V \quad (24)$$

Notation : la formule pour calculer la puissance entre les deux couplages sont la même (puissance active, puissance réactive, puissance apparente) et aussi la perte par effet joule, le facteur de puissance.

c-1-4 -2-3 Les différents avantages entre le couplage en étoile et le couplage en triangle :

On prend tout de suite un exemple plus concret, pour démontrer la différence entre les deux couplages. Donc, on va choisir l'alternateur du moteur MAN de la société JIRAMA qui a de caractéristique suivante :

- Tension nominale (U_n) = 5500 V ;
- Puissance active nominale (P_n) = 1600 KW ;
- Puissance apparente nominale (S_n) = 2000 KVA ;
- Intensité nominale (I_n) = 210 A ;
- Vitesse de rotation nominale (n_n) = 428 tr/mn ;
- Courant d'excitation nominale (I_{exe_n}) = 140 A ;
- Tension d'excitation nominale (U_{exe_n}) = 160 V.

Tableau 6 : La comparaison entre le couplage en étoile et en triangle.

Couplage en étoile	Couplage en triangle
<p>D'après la formule (1-8) : $I = J = I_n = 210 \text{ A}$ Ici l'intensité nominale vue sur la plaque signalétique est égale à l'intensité de ligne parce que le constructeur désigne le couplage en étoile sur la plaque</p> <p>D'où :</p> $I = J = 210 \text{ A}$ <p>Ensuite, la tension nominale est égale aussi à la tension de ligne c'est-à-dire :</p> $U = U_n = 5500 \text{ V} \longrightarrow U = 5500 \text{ V}$ <p>Mais si $U = \sqrt{3} \times V \longrightarrow V = \frac{U}{\sqrt{3}}$ donc on a :</p> $V = \frac{5500}{\sqrt{3}} \longrightarrow V \approx 3173 \text{ V}$	<p>En effet, si on prend la formule (1-22) et (23) ; et si la valeur de :</p> $V = 3173 \text{ V} ; J = 210 \text{ A}$ <p>on a :</p> $I = \sqrt{3} \times J \longrightarrow I = \sqrt{3} \times 210$ $I \approx 363 \text{ A}$ <p>Et si $U = V$ donc :</p> $U \approx 3173 \text{ V}$

Suivant ce tableau, nous observons :

- En étoile : tension de ligne › tension de phase et le courant entre les deux sont le même ;
- En triangle : intensité de ligne › intensité de phase et la tension entre les deux sont le même.

Bref, c'est la raison pour laquelle la société JIRAMA s'est décidée d'utiliser le couplage en étoile ; la distribution de l'énergie électrique à haute puissance a besoin de valeur de tension très fort pour assurer l'énergie électrique nécessaire arrivée aux consommateurs.

c -1- 4 -2- 4 Avantages et inconvénients :

L'inconvénient principal de l'alternateur est que son démarrage n'est pas autonome. Elle est également plus coûteuse à réaliser que la plupart des machines asynchrones.

Ses principaux avantages sont les capacités de tourner à vitesse constante et de pouvoir fournir des tensions triphasées équilibrées de fréquence stable. De plus, elle peut fournir du réactif (comme une capacité).

c -2 Les caractéristiques de l'alternateur de la société JIRAMA :

Tableau c-2-1 : Caractéristique des alternateurs du JI.RA.MA.

Alternateur du moteur	Type	Marque	Couplage des bornes	Courant nominale (A)	Tension nominale (V)	$\cos \varphi$	Fréquence (Hz)	Puissance active (KW)	Puissance apparente (KVA)
2 MAN V_{16}	SAT 155	Jeumont	En étoile	210	5500	0,8	50	1600	2000
ABC	LSA54 M 7	Leroy Sommer	En étoile	209	5500	0,8	50	1600	2000
2 MAN 8 en L	AT203	Jeumont	En étoile	68 ,5	5500	0,8	50	500	650
AGO (JI.RA.MA.)	PS 125 G 85 /55	UNELEC	En étoile	231	5500	0,8	50	1600	2000
MGO V_{16} (BANA)	PA 10063 /46	AO	En étoile	79	5250	0,8	50	500	650
CATERPILLAR	DIG 140 H /6	AVK	En étoile	227	5500	0,8	50	998,8	2160
3 CUMMINS (EDM)	L8A50	Leroy Sommer	En étoile	1826	400	0,8	50	1012	1265

d- Les transformateurs triphasés:

Le transformateur est une machine électrique ou convertisseur statique (pas de pièces en mouvement) qui l'a induction électromagnétique destinée à transformer une tension et un courant sinusoïdal en une autre tension et courant sinusoïdal de valeur efficace différente mais de même fréquence tout en conservant pratiquement le bilan des puissances actives et apparentes.

A la JIRAMA, tous les transformateurs sont triphasés ; ils peuvent être constitués de 3 unités monophasées et ils forment ainsi une barre triphasée dans le cas de très grande puissance. Elle les utilise comme liaison de barre 20 KV et 5,5 kV (réversibles c'est-à-dire une fois élévateur l'autre fois abaisseur), élévateur (non réversible).

Symbole :

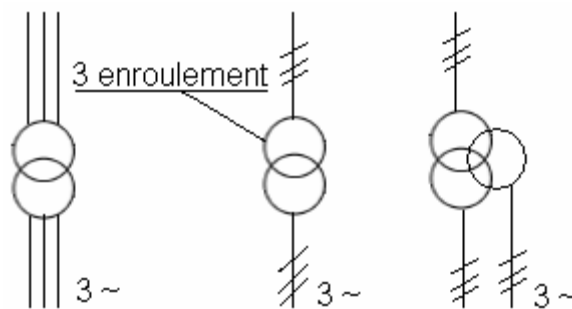


Figure 9 : transformateur triphasés.

d -1 Le principe de fonctionnement à la transformation de l'énergie :

La bobine primaire comportant N_1 spires parcourues par un courant d'intensité instantanée $i_1(t)$, est responsable de l'apparition d'une force magnétomotrice appliquée au circuit magnétique de réluctance R_m où s'établit le flux magnétique :

$$\Phi = \frac{N_1 \times i_1}{R_m} \quad (25) \quad \text{avec :} \quad R_m = \frac{l}{\mu \times S} \quad (26)$$

(Où l , μ et S sont les longueurs, perméabilité et section droite de chaque portion circuit)

D'où le flux total embrassé par les N_1 spires de la bobine primaire :

$$\Phi_{t1} = \frac{1}{R_m} \times (N_1)^2 \times i_1 \quad (27)$$

Tous les éléments ci-dessous est le siège d'une force électromotrice (f.é.m.) e_1 :

$$e_1 = - \frac{d\Phi}{dt} \quad \text{et} \quad u_1 = -e_1 \quad u_1 \text{ est sinusoïdal}$$

$$\text{Posons :} \quad u_1 = U_1 \times \sqrt{2} \times \cos \omega t$$

D'où :

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{U_1 \times \sqrt{2}}{N_1} \cos \omega t \longrightarrow \Phi = \frac{U_1 \times \sqrt{2}}{N_1 \times \omega} \times \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

Et $\Phi_{\max} = \frac{U_1 \times \sqrt{2}}{N_1 \times \omega}$ (la valeur maximum de flux magnétique Φ)

Comme $\omega = 2 \times \pi \times f$ et $\Phi_{\max} = B \times S$, nous obtenons l'expression de la valeur efficace :

$$U_1 = \frac{B \times S \times N_1 \times \omega}{\sqrt{2}} \longrightarrow U_1 = 4,44 \times N_1 \times f \times S \times B \quad (28)$$

En réalité ; $\Phi_{\max} = \Phi_2$, $f_1 = f_2 =$ constante donc la bobine secondaire formée de N_2 spires, est traversée par le flux d'induction Φ_{\max} créée par le primaire qui sert formée le force électromotrice e_2 :

$$e_2 = -N_2 \times \frac{d\Phi}{dt} \quad \text{et} \quad u_2 = e_2 \quad u_2 \text{ sinusoïdal}$$

Finalement, on a :

$$U_2 = 4,44 \times N_2 \times f \times S \times B \quad (29)$$

Remarque : ce phénomène est pour juste une seule phase et quel que soit le transformateur, il n'y a aucun contact électrique entre le circuit primaire et le circuit secondaire mais il y a des contacts magnétiques.

Schématisation :

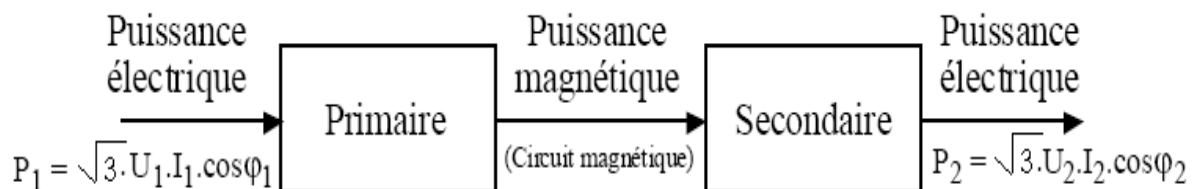


Figure 10: Schéma de la transformation.

d-2 Groupe de couplage :

Le groupe de couplage est déterminé par 3 symboles respectivement dans l'ordre couplage primaire, couplage secondaire, indice horaire :

Tableau 7 : Indice du couplage

Couplage	Primaire (enroulement HT)	Secondaire (enroulement BT ou MT)	Indice horaire
Etoile	Y	y	0 - 11
Triangle	D	d	0 - 11
Zig-zag	Z	z	0 - 11

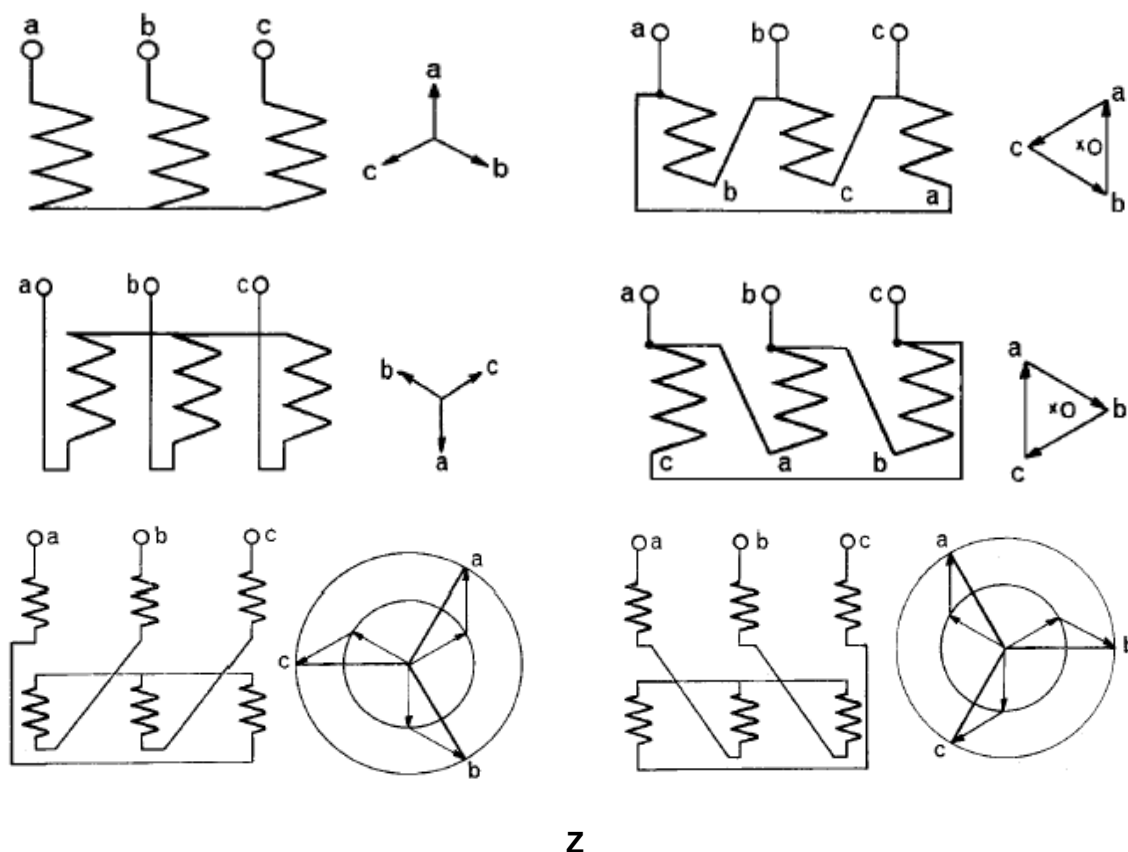


Figure 11 : Schéma de couplage existant.

Les enroulements à haute tension d'un transformateur peuvent être reliés en étoile (symbole Y) ou en triangle (D) et les enroulements à basse tension peuvent être montés en étoile (symbole y), en triangle (d) ou en Zig-zag (z).

L'association d'un mode de connexion de la haute tension avec un mode de connexion de la basse tension caractérise un couplage du transformateur (Yz par exemple).

Pour un même flux et même nombre de spires, on a les tensions suivantes pour les différents couplages :

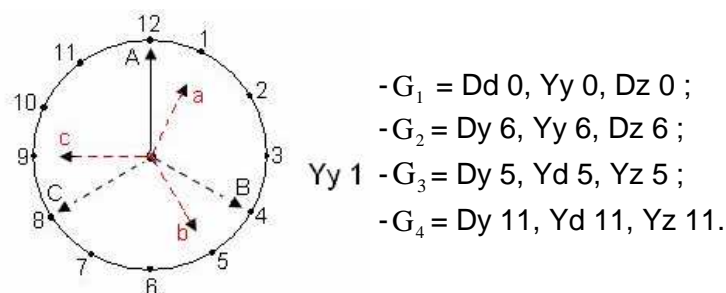
Tableau 8 : Tension de phase et de ligne

Couplage	Etoile	Triangle	Zig -zag
U_{ph}	1	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
U_L	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$

Indice horaire :

L'indice horaire qui caractérise le groupe de couplage correspond à la position occupée sur un cadran analogue de celui d'une montre par le vecteur représentant la tension simple à la borne à basse tension lorsque le vecteur correspondant à la tension simple et la borne à haute tension A est sur la position 12 ou 0.

Les couplages des enroulements primaire et secondaire ainsi que l'indice horaire sont portés par la plaque signalétique des transformateurs. Les groupes de couplage le plus courants sont les suivants :

**Figure 12** : Cadran analogue.**d-3 Rôle de transformateur dans le transport de l'énergie électrique :**

Les transformations jouent deux rôles fondamentaux dans la pratique, dans le domaine de courant fort ; il permet le transfert de l'énergie à grande distance de façon économique par haute tension aux niveaux de l'utilisateur et ils assurent l'adaptation de la tension à celle de la charge, en effet pour une puissance apparente (P_s) à transporter dans une ligne de résistance (R) on a :

$$P_L = R_t \times \frac{P^2}{U^2} \quad (30)$$

P_L = perte en ligne (en kW) ;

U = Tension au départ de la ligne (en kV) ;

P = puissance délivrée au réseau (puissance apparente (en kVA)) ;

R_t = résistance de la ligne (varie selon la section et la caractéristique des conducteurs) (en Ω/km).

Remarque : Les pertes sont donc d'autant plus faibles que la tension est élevée.

d- 4 Les caractéristiques du transformateur :

Tableau d-4 : Caractéristique du transformateur de la JIRAMA.

Repère sur la figure 13	Type	Norme	Produit	Puissance nominale (KVA)	Couplage	Courant de défaut (A)	Fréquence nominale (Hz)	Masse total (Kg)	Tensions nominale (V)
BPN 5,5 KV	Extérieur Triphasé	NFC 52 -112-1	Bobine de Point neutre	–	ZN	MT 300	50	390	5500
T ₆	Elévateur Extérieur Triphasé	NFC 52 -112-1	Transfo immergé de distribution cabine	2000	YNd 11	MT 57,74	50	4740	20000
						BT 209,9			5500
Liaison de barre T ₁ et T ₂	Réversible Extérieur triphasé	NFC 52 -112-1	Transfo immergé de distribution cabine	2500	YNd 11	MT 72,17	50	5310	20000
						BT 262,4			5500
BPN 20 KV	Extérieur Triphasé	NFC 52 -112-1	Bobine de Point neutre	–	ZN	MT 300	50	640	20000
T ₇	Elévateur Extérieur Triphasé	P7 4555 A	Transfo immergé de distribution cabine	1250	Dyn 11	MT 34,4	50	2591	400
						BT 1804			21000
T A ₁ et T A ₂	THA			20 KVA	Yyn 0	MT 20,1	50	1230	5750
						BT 304			380

Notation : - Diélectrique : Huile ;
 - Mode de refroidissement : ONAN ;
 - Année : 1999.

d- 4-1 Les éléments auxiliaires :

Pour assurer le bon fonctionnement des éléments principaux, la centrale thermique de la commune Urbaine de Diego-Suarez exige l'utilisation des éléments auxiliaires comme les suivants :

d- 4-1-2 Compresseur d'air (nombre 4):

Il comprime l'air de 20 à 300 bars et a pour rôle de commander le dispositif de démarrage du moteur thermique.

d -4 -1-3 Pompe à eau :

Il existe deux types de pompe à eau pour la faire circuler dans le circuit de refroidissement :

- ❖ pompe à eau basse température (nombre 7) : la valeur de pression d'eau est environ 2,4 bar ;
- ❖ pompe à eau haute température (nombre 2 par groupe) : les deux pompes ne fonctionnent pas en même temps, il y a de changement chaque 24 h, sa pression est environ 1,6 bar et son fonctionnement dépend toujours de l'élévation de température du moteur.

d- 4-1- 4 Aerorefroidisseur :

Il sert à refroidir l'eau à haute température, il est commandé par électrovanne (régler la circulation de l'eau), il se compose à 8 ventilateurs tournent en même temps. Ce système fonctionne après 5mn du démarrage du groupe parce que l'ouverture de l'électrovanne a besoin de courant électrique.

d- 4-1- 5 Pompe près graissage (nombre 1 par moteur):

Il a pour rôle de graisser le moteur avant le démarrage, si la pompe atteint environ 0,5 bar, le moteur peut démarrer.

d- 4-1- 6 Séparateur d'huile (nombre 2 pour le moteur MAN):

Il élimine tout l'impureté d'huile avant la circulation dans le bloc moteur .En principe, il fonctionne en même temps que le groupe. Pendant le fonctionnement sa pression est de 1,5 bar avec une température de 98 °C.

d- 4-1-7 Centrifugeuse de gazole (nombre 2) :

Il sert à filtrer la calamine du gasoil. En effet, il ne fonctionne plus maintenant (hors service).

II-1-3 Maintenance

La maintenance c'est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifique ou en mesure d'assurer un service déterminé. Les personnels de la centrale thermique sont toujours appliquer les opérations de maintenance préventive (habituelle) et corrective (s'il y a de panne accidentelle) pour avoir de bon qualité du travail.

II-1- 3 -1 Pour la maintenance préventive

a- Partie moteur thermique (ou moteur diesel) :

- Ils Vérifient la température :
 - huile entrée - sortie chaque 1 h ;
 - eau entrée - sortie chaque 1h ;
 - d'échappement (max et min) parfois ;
 - culasse (max et min) parfois.
- Ils contrôlent pendant la marche du moteur:
 - niveau et pression gazole (chaque 15 mn à l'heure de point et 1h à l'heure normale) ;
 - niveau et pression d'huile quelquefois ;
 - pression d'eau basse température quelquefois.
- Ils visitent aussi :
 - niveau de culasse chaque 4000h de marche (petite visite périodique);
 - niveau de l'attelage mobile comme le piston, segment, unité du cylindre chaque 8000 h de marche (grande visite périodique) ;
 - bloc moteur et tous les organes du moteur chaque 16000 h (varient suivant les constructeurs) —> révision générale.

b- Sur alternateur et excitatrice :

- Bobinage :
 - assurer la propriété de l'intérieur et de l'extérieur chaque jour ;
 - soufflage par air comprimé (2 à 3 bars) chaque semaine;
 - vérification état du vernis chaque semaine ;
 - contrôle échauffement chaque jour.
- Bagues et collecteur :
 - état de surface (propreté et rugosité) : - traces d'huiles ;
 - oxydation ;
 - brûlure.

(Ponçage à la pierre ponce ou papier abrasif et dégraissage à l'white spirite ou à l'alcool chaque semaine).
- Balai :
 - contrôle : - de l'usure (2/3 utile) chaque jour ;
 - du coulisement (0,3 mm jeu maxi) chaque jour ;
 - des contacts (portage) chaque jour ;
 - contrôle des shunts chaque semaine ;
 - contrôle du serrage des cosses chaque semaine ;
 - contrôle des étincelles chaque jour.
- Porte – balais :
 - contrôle espace porte balais/bagues (2 mm) chaque semaine ;
 - contrôle usure (0,3 mm de jeux maxi) parfois;
 - nettoyage à l'alcool parfois;
 - soufflage à l'air comprimé sec chaque semaine.
- Bornes :
 - lutte contre la rouille chaque semaine;
 - contrôle des serrages chaque semaine.

- Câbles : contrôle échauffement chaque jour ;
- Palier et roulements :
 - apprécier bruit anormaux chaque jour ;
 - contrôle niveau d'huile mini - maxi chaque semaine ;
 - vérifier les fuites d'huile chaque jour ;
 - contrôle de l'échauffement chaque jour ;
- Capot et grille de visite :
 - apprécier les bruits anormaux chaque jour ;
 - vérifier serrage ou accrochage chaque jour ;
 - contrôle efficacité du circuit de refroidissement chaque jour ;
 - maintenir propre les grilles d'aération chaque jour ;
- Corps de la machine et divers :
 - propreté aux abords immédiats chaque jour ;
 - contrôle de l'échauffement (bobinage) chaque jour ;
 - préservation contre la poussière et l'humidité chaque semaine ;
 - vérification fixation et vibration chaque jour ;
 - vérification de l'accouplement chaque semaine ;

c- Sur le transformateur :

- relever et analyser la température chaque jour ;
- contrôler le fonctionnement chaque mois ;
- vérifier le niveau d'huile chaque semaine ;
- contrôler le serrage de borne chaque mois.

d- Les auxiliaires généraux :

- Commande et câble :
 - essai du bon fonctionnement chaque jour ;
 - préservation contre la poussière et l'humidité des équipements de l'armoire chaque semaine ;
 - contrôle échauffement câble de puissance chaque jour ;
- Eclairage de signalisation :
 - Test et inventaire des lampes à remplacer chaque jour :
 - éclairage centrale ;
 - éclairage extérieur et bâtiments annexes ;
 - verrines et témoins ;
 - Test de l'éclairage de secours chaque jour.
- Sectionneur :
 - vérification des interlocks quelquefois ;
 - nettoyage et graissage des articulations quelquefois ;
 - vérification état de contact des mâchoires et fusibles moyenne tension chaque année ;
 - graissage fin à la vaseline des contacts chaque année ;
 - contrôle du serrage chaque année ;
- Disjoncteur :
 - contrôle du fonctionnement chaque 4 mois ;
 - reconditionnement :
 - démontage des pôles et pare

- étincelles quelquefois;
- vérification des interlocks chaque 4 mois ;
- vérification du moteur de réarmement chaque 4 mois
(Collecteur et balais);
- nettoyage et graissage des articulations chaque 4 mois ;
- appoint d'huile (éventuel) quelquefois ;
- Appareils de contrôle :
 - vérification indications des appareils chaque jour (fidélité, précision) ;
 - contrôle du zéro mécanique et électrique chaque semaine ;
 - préservation contre la poussière chaque semaine ;
- Relais de protection :
 - vérification échauffement chaque jour.
- Compteur :
 - vérification échauffement chaque jour ;
 - vérification du fonctionnement chaque jour ;
- Batterie :
 - dé sulfatation et lutte contre l'oxydation des bornes et cosses (enduit vaseline) chaque mois;
 - contrôle du serrage des bornes chaque mois.

II-1- 3- 2 Pour la maintenance corrective :

a- Partie électrique :

La panne imprévue est très rare parce que le chef de groupe d'électricité exige le respect de la maintenance préventive surtout sur les points suivants : alternateurs, diverses commandes, transformateurs ; machines auxiliaires, etc.....

b- Partie moteur thermique :

Le chef mécanicien de la JIRAMA a dit qu'il y a quelques pannes imprévues a chaque fois que la centrale tourne et pendant notre période de visite, on a constaté aussi que cette partie est la cause du mauvais fonctionnement de la centrale ici à Diego-Suarez. Voici l'anomalie, cause probable et remède de quelque défaillance en générale:

Tableau 9 : Anomalies les plus courantes et de leurs remèdes.

Anomalie constatée	Cause probable	Remède
Echauffement du moteur	- Problème du circuit de refroidissement, niveau d'eau, radiateur et tubulures de raccordement.	-Vérification de circuit de refroidissement.
	- L'état du filtre air ; s'il est colmaté, le mélange combustible est trop riche, d'où échauffement anormal.	- Souffler le filtre air à l'aide de pression et si non changer.
	- Usure du joint de culasse.	- Changer le joint de culasse.
	- Le niveau et la qualité de l'huile de graissage.	- Vérifier le niveau et changer si nécessaire.
	- Mauvaise réglage de la soupape.	- Régler suivant la notice du constructeur.
Grippage de l'organe des attelages mobiles.	- Mauvaise lubrification (manque pression d'huile)	- Contrôler la pompe à huile.
	- La visite périodique non respecté	- Il faut respecter la visite périodique donnée par le constructeur.
	-Dépassement du temps de vidange.	- Il faut respecter l'heure de vidage donnée par le constructeur.
	- Mélange de l'eau et l'huile	- Vérifier le joint de chemise ; - Vérifier les faisceaux de circulation d'eau.
Usure de pignon de distribution	Mauvaise lubrification (créer usure prématurée de l'organe)	Vérification de jeu entre dent ; jeu latéral et tous les organes mobiles.
Usure de l'injecteur	Tarage male contrôlé (mélange d'eau avec carburant)	Il faut changer l'injecteur

II-1- 4 Sécurités

a - Sur la partie motrice thermique :

a -1 Survitesse :

Une sécurité arrête le moteur lorsque sa vitesse de rotation dépasse le régime nominal (vitesse nominal). d'une manière générale, la sécurité est réglée au régime nominal + 15 % (valeur maxi de la fourchette de réglage).

Déclencheur de survitesse :

Ce déclencheur du type centrifuge est monté sur le carter de distribution et entraîné par un arbre du palier double. Lorsque le moteur dépasse un certain régime, le

déclencheur entre en action, coupant l'arrivée du gazole par l'intermédiaire d'un clapet Guiot. Certains modèles de déclencheur de survitesse sont équipés d'un levier de réarmement manuel.

a - 2 Sécurité de température :

Certains moteurs à application spéciale sont équipés de cette sécurité. Si, pour une raison quelconque, la température de l'eau de refroidissement ou de l'huile de graissage du moteur atteint une valeur trop élevée, les thermostats respectifs de ces deux circuits agissent sur la commande de vitesse et mettent le moteur au ralenti.

a - 3 Sécurité de pression d'huile :

Dans le cas de manque de pression d'huile de graissage, le moteur s'arrête, soit par l'intermédiaire d'un mono - contact monté sur ce circuit et qui excite une électro -vanne agissant sur le circuit de combustible, soit par l'intermédiaire d'un clapet Guiot qui coupe l'alimentation en combustible des pompes à injection.

Par exemple : la pression normale de fonctionnement prise en bout d'arbre à cames pour moteur chaud à 1500 tr/mn doit être supérieure à 3 kg/cm^2 .

Une sécurité arrête le moteur si cette pression est inférieure ou égale à $1,050 \text{ kg/cm}^2$

a-4 Sécurité de pression d'eau :

La différence maximum de pression entre l'aspiration de la pompe et le refoulement, pour un régime moteur de 1500 tr /mn, est limitée par la nécessité d'obtenir un débit d'eau minimal tel que la différence de température entre l'entrée et la sortie d'eau moteur soit au plus égale à 7°C .

Le tarage de la sécurité de pression d'eau dépendant essentiellement de la constitution du circuit d'eau et de l'emplacement de la sécurité, il est impossible de donner par avance une valeur de la pression mini.

De toute façon, cette sécurité doit être réglée pour ne pas déclencher au ralenti mais arrêter le moteur en cas de manque d'eau ou d'arrêt de la pompe

b - Sécurité de personne:

Cette procédure est toujours valable quand le personnel de la société réalise quelques travaux dans la centrale. Mais ici, on va prendre la partie électrique pour démontrer que la sécurité est très nécessaire :

- 1- Le chef d'usine ou le chef de maintenance dépose la demande d'intervention au chef de production ;
- 2- Si après une réponse positive, le chef de maintenance donne la demande au personnel (électricien) qui va effectuer les travaux ;
- 3- L'électricien va au chef de consignation pour montrer la demande d'intervention ensuite remplit le cahier de contrôle qui contient les travaux à accomplir ;
- 4- Le chef de consignation déclenche le disjoncteur et réalise la mise en court-circuit et à la terre de l'installation
- 5- Il verrouille la sécurité avec un cadenas pour éviter tout danger dans la zone de travail ;
- 6- L'électricien est autorisé à réaliser son travail (réparation de transformateur).

Après le travail :

- 1- Le chef de consignation seul peut rétablir tout le circuit coupé et le mettre à l'essai pour vérifier si le dépannage est réussi.
- 2- Si la machine marche, l'électricien qui a réalisé les travaux signe le cahier de consignation.

Remarque : tous les travaux sont effectués avec de gant moyenne tension (MT), vêtements secs, casque, tabouret isolant, perce moyenne tension (MT) pour vérifier la présence de la tension ; lunette de protection ; etc.....

II-2 SYSTEME DE DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE :

II- 2-1 Les différents types de réseaux électriques :

Depuis les centrales de production de la société JI.RA.MA. , l'énergie électrique est acheminée jusqu'aux point de consommation par deux réseaux électrique schématisé ci-dessous sur la figure 11 :

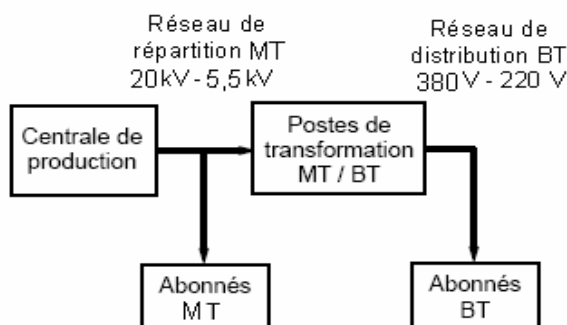


Figure 13 : Schéma du réseau électrique.

Structure générale d'un réseau de distribution :

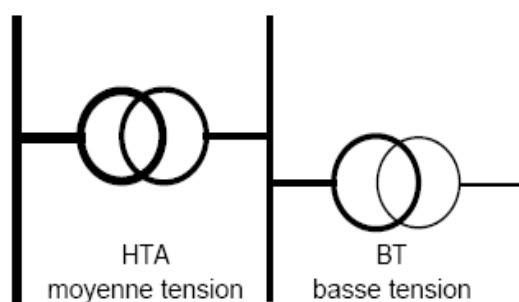


Figure 14 : Structure du réseau.

- Fréquence : 50 Hz ;
- Tension :
 - HTA : 50 KV et 5,5 KV : alimentation des installations de puissance jusqu'à 12 MW ;
 - BT B₁ : 127 V: Phase Nature;
 - 220 V: Phase Phase.

- BT B₂ : 220 V : Phase Neutre } distribution à usage domestique ou
380 V : Phase Phase } artisanal.

II-2-2 Répartition de l'énergie électrique au niveau de la population du Commune Urbaine de Diego-Suarez :

Le départ de l'énergie électrique venant de la centrale se représente en quatre grandes parties. La société donne le nom de chaque départ avec la valeur de tension qui le correspond et avec le nom des quartiers ravitaillé:

Tableau 10 : Répartition de l'énergie électrique.

Départ	HOPITAL 5,5 KV	MARNE 5,5 KV	TANAMBAO 5,5 KV	STAR 20 KV
Nom de Quartier	Place Kabary ; Voagasy ;	-Place Kabary ; -Tanambao III; -Tanambao I ; -Tanambao IV; -Bazarikely ; -Antsatrana ; -Tanambao V ; -Grand - Pavois ; -Pyrotechnique ; -Mahatsara ;	-Lazaret Préfet ; -Lazaret Karany ; -Lazaret CUR ; -Avenir ; -SIM ; -Tanambao I ; -Andranobozaka ; -Cité ouvrière ; -Morafeno ; -Soafeno ; -Ambalakazaha.	-Mahatsara ; -Ambalavola ; -Ambohimitsinjo ; -SCAMA ; -Ambalakazaha ; -Gare routière ; -Mahavokatra ; -Antafiamalama ; -Antanamitarana ; -Avenir ; -Antanamandiriry ; -Croisement ; -Cité évolutive ; -Joffre –ville ; -Christian José ; -Ramena.

Remarque :

D'après ce tableau le départ qui supporte beaucoup de charge c'est la STAR 20 KV car il alimente " Ramena " et l'usine du Brasseries STAR qui est l'une de grande société installée à Diego-Suarez. Et d'autre part ; le départ HOPITAL 5,5 KV délivre l'énergie souscrite à la grande société P.F.O.I.

II-2-3 Câble de transport d'énergie électrique BT:

Un tel câble est constitué d'un conducteur en Aluminium, Almélec, Cuivre (pour MT et BT). Ce conducteur est entouré d'une gaine isolante polyéthylène qui assure l'étanchéité et l'anticorrosion du câble. Nous allons citer ci-dessous les données techniques du câble de transport d'énergie électrique qui existe dans la commune Urbaine de Diego-Suarez :

Tableau : Caractéristiques des conductions (MT) :

Sections réelles (mm ²)	Composition : Nbre de brins X diamètre (mm)	Diamètre extérieur (mm)	Masse au km (kg)	Charge de rupture Rp (daN)	Resistance électrique à 20°C (Ω/km)	Module de Young E (daN/mm ²) ou (hbar)	Coefficient de dilatation α	Poids linéique par unité de section ω (daN/mm ²)
CUIVRE								
14,1	7 x 1,7	4,8	127	596	1,27	10500	17 x 10 ⁻⁶	0,00889
22	7 x 2	6	198	930	0,816	10500	17 x 10 ⁻⁶	0,00889
29,3	19 x 1,4	7	266	1210	0,616	10500	17 x 10 ⁻⁶	0,00890
38,2	19 x 1,6	8	348	1560	0,472	10500	17 x 10 ⁻⁶	0,00893
48,3	19 x 1,8	9	440	1980	0,373	10500	17 x 10 ⁻⁶	0,00893
74,9	19 x 2,24	11,2	682	3030	0,240	10500	17 x 10 ⁻⁶	0,00893
ALMELEC (câble ASTER)								
34,4	7 x 2,5	7,5	95	1105	0,964	6200	23 x 10 ⁻⁶	0,00268
75,5	19 x 2,25	11,25	209	2430	0,441	6200	23 x 10 ⁻⁶	0,00270
117	19 x 2,8	14	324	3765	0,285	6200	23 x 10 ⁻⁶	0,00270
148,1	19 x 3,15	15,75	410	4765	0,225	6200	23 x 10 ⁻⁶	0,00270
ALUMINIUM – ACIER (Phlox)								
37,75	9 x 2 AL + 3 x 2 AC	8,30	155	1540	1,02	9300	17,1 x 10 ⁻⁶	0,00403
59,7	12 x 2 AL + 7 x 2 AC	10	279	3050	0,765	10800	15,4 x 10 ⁻⁶	0,00452
75,5	12 x 2,25 AL + 7 x 2,25 AC	11,25	351	3840	0,605	10800	15,4 x 10 ⁻⁶	0,00452
116,2	30 x 2 AL + 7 x 2 AC	14	439	4145	0,306	8650	18 x 10 ⁻⁶	0,00364
147,1	30 x 2,25 AL + 7 x 2,25 AC	15,75	553	5200	0,243	8650	18 x 10 ⁻⁶	0,00364
228	30 x 2,8 AL + 7 x 2,8 AC	19,60	861	7720	0,157	8650	18 x 10 ⁻⁶	0,00370

● AC : Acier ; AL : Aluminium ; Cu : Cuivre

II-2- 4 Les postes du transformateur sur le réseau de la JIRAMA :

Les postes du transformateurs utilisent sur le réseau de la JIRAMA se classifie en deux partie ; il y a des postes privé et aussi des postes publique. On va consulter sur l'annexe le qui contient la liste.

II-2- 5 Maintenance:

Le responsable de distribution respect beaucoup la maintenance préventive au niveau de la réseau électrique moyenne tension (MT) et base tension (BT) pour la raison de sécurité des matériels du consommateur et pour éviter le mauvais impact au centrale thermique s'il y a de court-circuit de ligne aérienne ou autres, donc c'est très rare de faire la maintenance corrective. Son travail se manifeste comme les suivants :

- Ligne MT : - contrôle isolement chaque année et changer l'isolateur si cassé ;
 - visite réseau et élagage chaque 3 mois ;
 - vérification de la continuité du câble quelquefois ;
 - contrôle de l'état physique du poteau quelquefois ;
- Poste : - nettoyage des cellules MT et équipement chaque 3 mois ;
 - Vérification du fonctionnement de l'appareil de coupure MT parfois ;
 - réglage des éclateurs quelquefois ;
 - appoint d'huile du transformateur chaque année ;
 - contrôle état physique des cosses de transformateur (Serrage, oxydation) ;
 - mesure de résistance des enroulements de transformateur 2 fois par ans;
 - contrôle mise à la terre (masse, parafoudre et neutre).

II-2- 6 SECURITE :

II-2-6-1 Sécurité de personne :

Chaque équipe du personnel de la société JI.RA.MA au travail doit être pourvue du matériel de sécurité nécessaire aux travaux, ainsi que du matériel nécessaire aux premiers soins en cas d'accident. Si le matériel de sécurité nécessaire à certaines phases du travail fait défaut, le chef de travaux devra différer l'exécution des phases.

Il est interdit d'utiliser du matériel ou de l'outillage en mauvais état ou non adapté au travail à effectuer. La personnel doit signaler aussitôt à son chef immédiat tout matériel ou outillage en mauvais état ou reconnu dangereux pour obtenir la réparation ou le remplacement.

II-2- 6-2 Sécurité des biens :

Les installations électriques de la JI.RA.MA ne doivent pas être soumises à des contraintes qu'elles ne pourraient pas supporter. Le choix des matériels et équipements est donc capital. Deux grandeurs électriques sont à prendre en compte pour éviter l'incendie et limiter les effets destructeurs :

- les surintensités (court-circuit et surcharge) ;
- les surtensions.

II-2-7 PROTECTION CONTRE LES RISQUES ELECTRIQUES :

Contact direct :

- ❖ **Prévention** (protection préventive) : Isolation des parties actives Enveloppes, coffrets et barrières Éloignement (ex.: lignes aériennes) Emploi Très Base Tension de Sécurité (TBTS) fournie par un transfo. de sécurité.
- ❖ **Sanction** (protection complémentaire) : Disjoncteur différentiel (mise hors tension du circuit dans un temps inférieur à x ms).

Contact indirect :

- ❖ **Prévention** (protection préventive) : Emploi de matériel classe II (double isolation) Liaison équipotentielle locale (non reliée à la terre) Séparation électrique (transformateur d'isolement).
- ❖ **Sanction** (protection complémentaire) : liaison des masses métalliques à la terre et coupure automatique de l'alimentation. Les règles de base sont les suivantes :
 - ✓ Toute masse doit être reliée à un conducteur de protection (PE) lui-même relié à la terre ;
 - ✓ Deux masses accessibles simultanément doivent être reliées à une même prise de terre ;
 - ✓ Coupure automatique de l'alimentation par un dispositif de protection de la partie de l'installation où se produit le défaut, et ce en un temps d'autant plus court que la partie en défaut est portée à un potentiel plus élevé.

II- 3 SCHEMA UNIFILAIRE DE L'INSTALLATION DANS LA CENTRALE THERMIQUE DE DIEGO-SUAREZ :

En fonctionnement normale tous les appareils de protection départs sont fermée et les appareils suivants ferment permanent aussi:

- DS 9, DS 12 (disjoncteur auxiliaire) ;
- C₁₄ (5,5 kV) et C₈ (20 kV) (BPN pour la protection) ;
- C₅ (liaison d'EDM) ;
- C₆ (arrivée de ligne de transport ENELEC) ;
- C₁₂, C₁₃, C₂ (transfo de liaison).

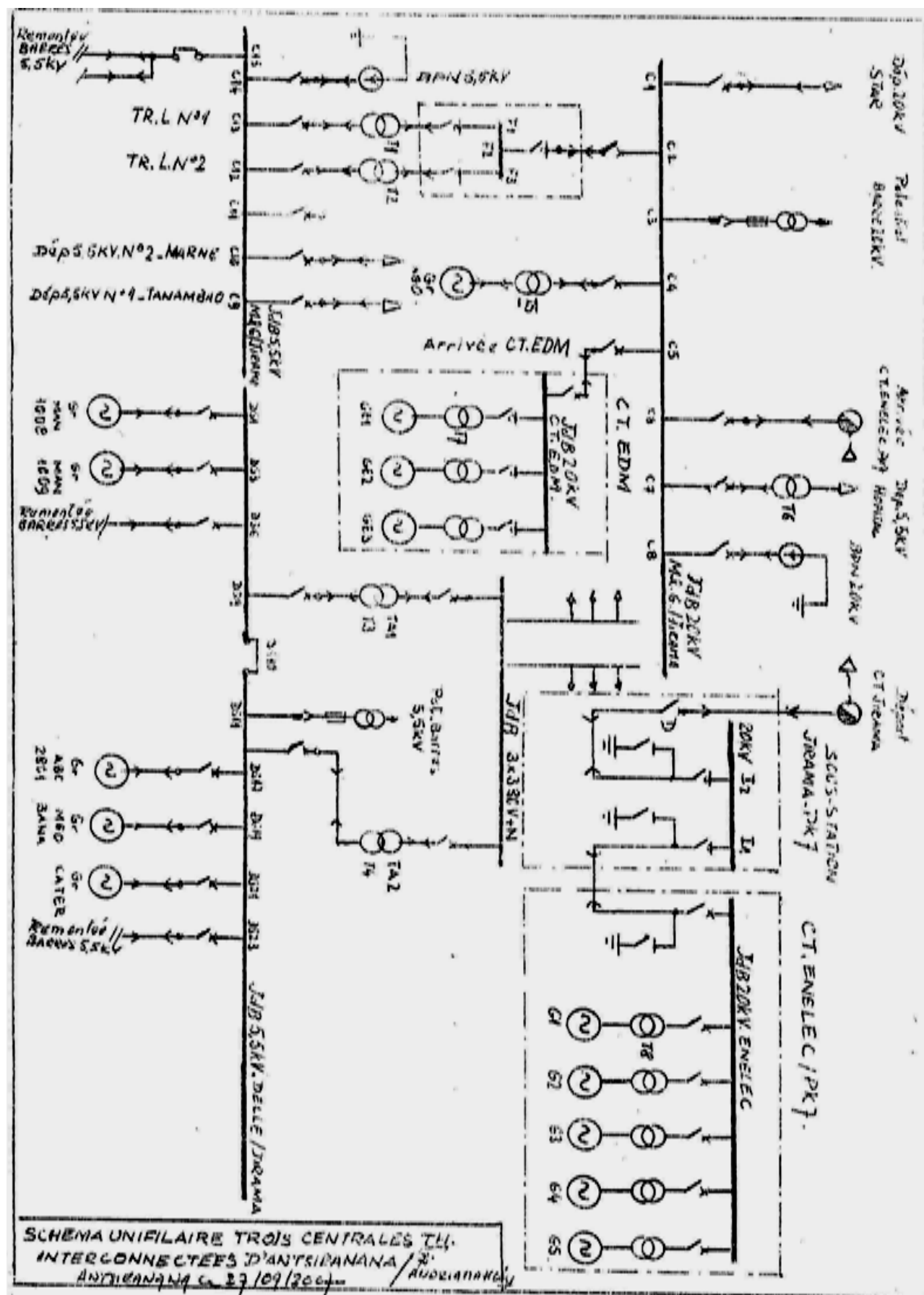


Schéma unifilaire de la centrale thermique de la JI.RA.MA

PARTIE III

III-1 ANALYSE DE PRODUCTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE AVANT LE DELESTAGE ET ACTUELLE :

III-1-1 AVANT DELESTAGE :

Avant l'année 2004 ; le délestage existait rarement. Les clients de la société JI.RA.MA. Étaient satisfait et la production fonctionne normale ; ainsi nous allons essayer de déterminer ci-dessous la cause de cette situation :

III-1-1-1 Vérification de moteur installé et la puissance disponible apportée par la centrale thermique :

Voici le type du moteur installé à la centrale avec la date de mise en service et hors service depuis 1971 jusqu' au 2004 :

Tableau 11 : Fonctionnement du groupe.

N° ou nom du groupe installée	Mise en service	Hors service	Puissance installée (KW)	Puissance disponible (kW)
1 009 (MAN V ₁₆)	1971	non	1 600	1 400
1 008 (MAN V ₁₆)	1974	non	1 600	1 400
1 010 (MAN 8 en L)	1955	15 juillet 1998	500	500
1 011 (MAN 8 en L)	1955	11 juillet 2001	500	500
0 102 (AGO V ₁₆)	05 Mai 1997	14 avril 2004	1 600	1 000
2 801 (ABC 8 en L)	02 juillet 1999	non	1 600	1 400
0 510 (Deutz V ₈)	17 septembre 2002	10 juillet 2004	1 730	1 500

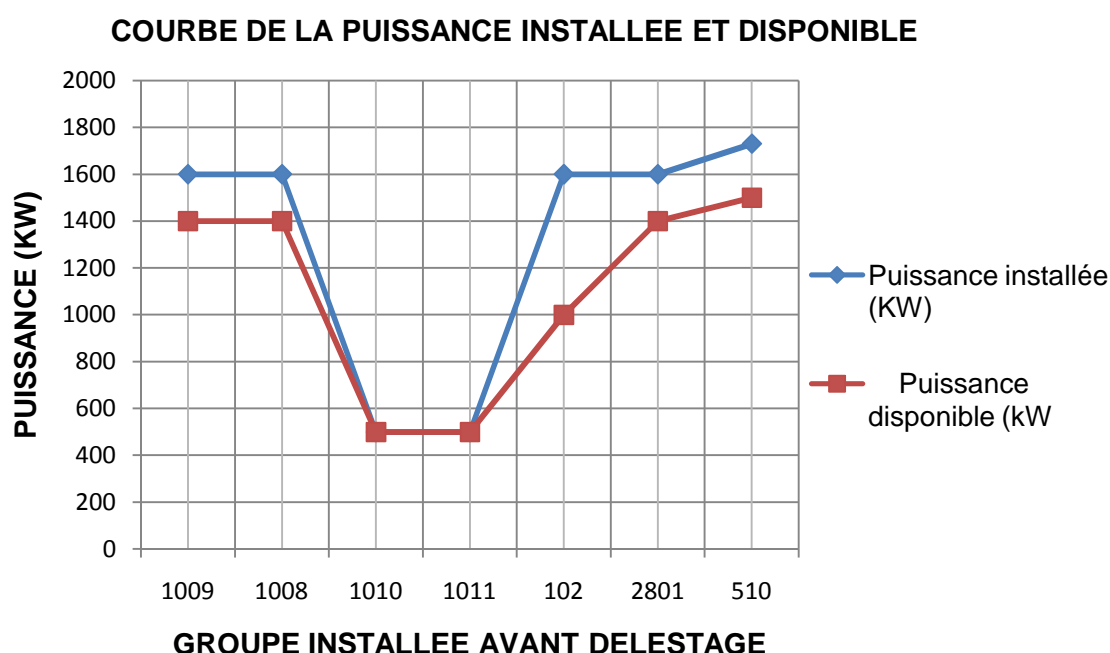


Figure 15 : La puissance installée et disponible.

“ **Non** ” : moteur toujours en service. On va détailler ci-dessous la puissance disponible total après chaque mis en hors service du groupe :

Puissance disponible apportée par la centrale thermique :

Tableau 12 : Evaluation de puissance disponible et la puissance demandée par la population.

Période de marche du groupe	Puissance disponible (KW)	Puissance moyenne demandée par la population (kW)
Depuis 1971 - 15 juillet 1998 [7 700	6 500
] 15 juillet 1998 - 11 juillet 2001[	7 200
] 11 juillet 2001 - 14 avril 2004 [	6 700
] 14 avril 2004 - 16 Mai 2004 [	5 700
] 16 Mai 2004 - 10 Juillet 2004 [	6 200

Donc, on a remarqué la diminution de la production de l'énergie électrique jusqu'à 16 Mai 2004. Ensuite, si la puissance souscrite de la Commune Urbaine de Diego-Suarez est environs de 6500 KW, on constate que le délestage commence apparaître parfois.

III-1-1-2 La capacité de la chaine d'approvisionnement du carburant et l'énergie produit (relevée du mois de Janvier 1999 – Décembre 1999):

Dans ce période ; la société JIRAMA a été approvisionnée de la quantité de Gazole égale à 7012166 l :

Tableau 13 : Evaluation de la consommation d'huile.

Groupe disponible	Heure du Fonctionnement (h)	Quantité de l'huile consommée (l)
1 008	5 774	13 527
1 009	7 292	16 085
2 801	1 765	2 113
1 011	3 590	3 905
1 215	2 195	1 613
SDMO	272	1 473
0 102	963	205

COURBE DE LA CONSOMMATION D'HUILE

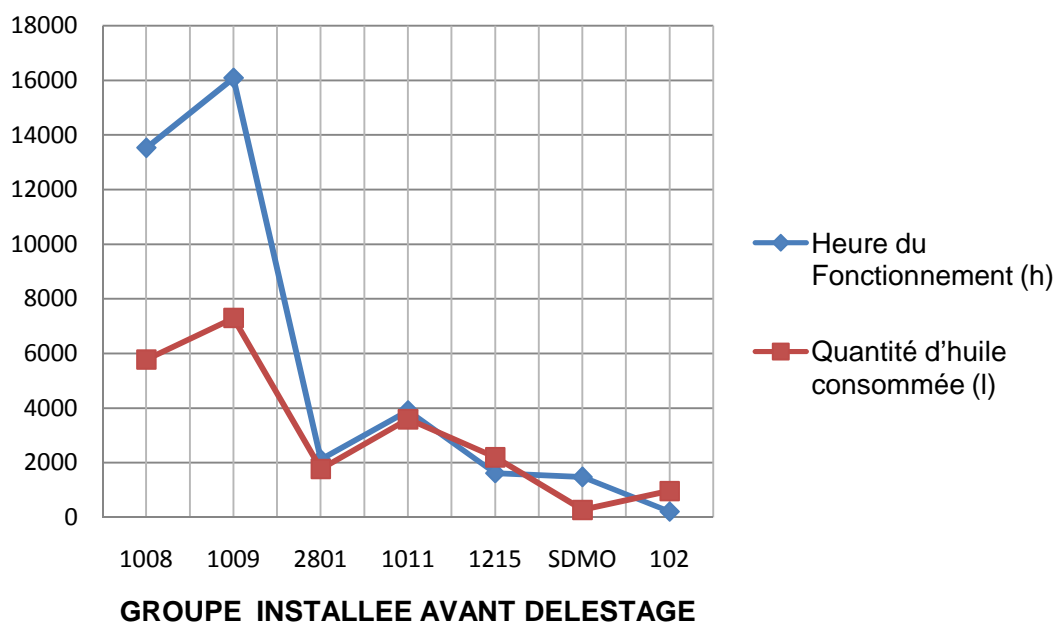


Figure 15: Heure de fonctionnement et l'huile consommée.

Tableau 14 : Evaluation de la production de l'énergie électrique Et la consommation du Gazole.

Groupe disponible	Quantité du Gazole consommée (l)	Quantité d'énergie produit (kWh)
1 008	2 267 733	7 720 520
1 009	3 450 952	9 607 300
2 801	659 620	2 387 957
1 011	271 667	898 520
1 215	258 095	1 157 691
SDMO	278 919	677 534
0 102	255 776	751 580

COURBE DE LA PRODUCTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE ET LA CONSOMMATION DU GAZOLE

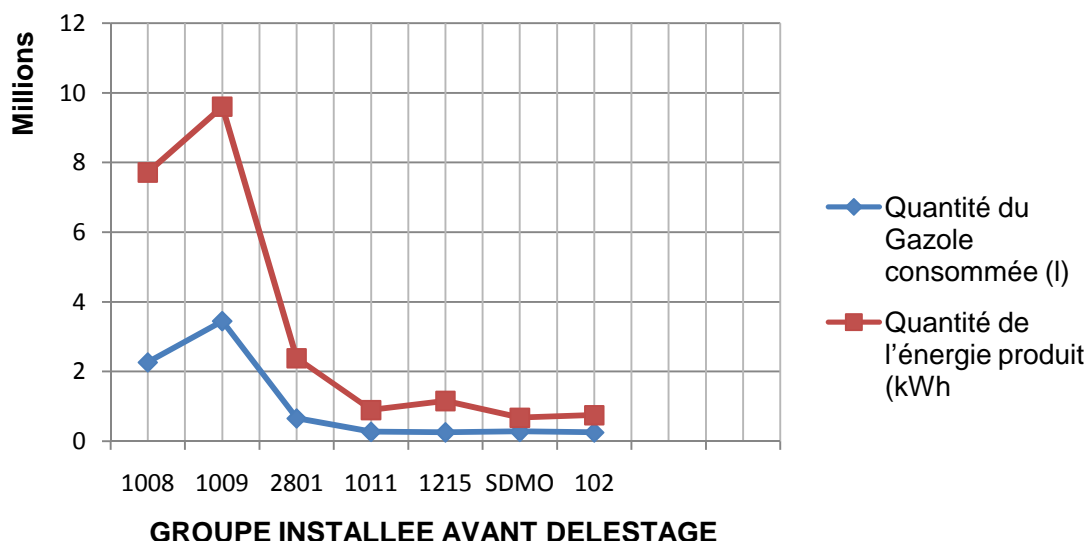


Figure 16 : Evaluation de la quantité de l'énergie produit avant délestage.

III-1-1-3 Evaluation de nombre des clients approvisionnés et leur puissance souscrite (relevée du mois de septembre 2003) :

La société JIRAMA du Diego-Suarez donne aux clients l'énergie électrique en moyenne tension et en base tension. Voici la puissance souscrite et la liste des clients suivant chaque mode tarifaire :

➤ Basse tension (BT) :

Tableau 15 : Nombre des clients BT et leur puissance souscrite.

Mode tarifaire	Puissance souscrite (kW)	Nombre de compteur installée (ou client)
Tarif 14	$1,1 \leq PS \leq 2,2$	6 872
Tarif 16	$3,3 \leq PS \leq 6,6$	3 847
Tarif 30	$9,9 \leq PS \leq 19,7$	375
Tarif 32	$9,9 \leq PS \leq 19,7$	39

➤ Moyenne tension (MT) :

Tableau 16 : Nombre des clients MT et leur puissance souscrite.

Tarif 40		Tarif 41	
Grand client (société)	Puissance souscrite (kW)	Administration	Puissance souscrite (kW)
PFOI	1 020	Hôpital principal 1	20
Brasserie STAR	620	Hôpital principal 2	20
Hôtel le Colbert	60	R.T.M.	20
TIKO Farm	20	UNM (Bloc, Adm., etc.)	220
Entreprise MIMI	30	UNM Labo hydraulique	10
ADEMA	20	UNM Atelier mécanique	80
SOAM	85	UNM Labo électronique	10
Hôtel de la Poste	90	UNM Labo électrotechnique	10
MADA Surgel	40	Etablissement Mixte armé nationale	15
Mahamoudou	30	Lycée technique	30
NORMAEX	40	Direction T.P Ambalavola	15
Centrale thermique de la JI.RA.MA.	155		
SMOI	20		
Logistique Pétrolière	45		
SCIM	46		
Station de Pompage	30		

Donc en total, on a : **26** clients sur MT.

III-1-2 Actuelle :

Depuis l'année 2005 jusqu'au 15 Aout 2007 le délestage est très fréquent. Il ne se termine qu'après la mise en service de la centrale ENELEC au PK 7 et son interconnexion avec la tension 20 kV de la JIRAMA.

III-1-2-1 Vérification de moteur installé et la quantité d'énergie apportée par la centrale thermique :

Tableau 17 : Fonctionnement du groupe.

N°ou nom du groupe Installée		Mise en service	Hors service	Puissance installée (kW)	Puissance disponible (kW)
1 009 (MAN V ₁₆)		1971	11 Août 2007	1 600	600
1 008 (MAN V ₁₆)		1974	non	1 600	1 200
0 101 (AGO JI.RA.MA. V ₁₆)		16 Mai 2004	27 Février 2007	1 600	500
1 215 (MGO BANA V ₁₆)		25 Juillet 2007	non	500	400
C U M M I N S	EDM 1 (V ₁₆)	03 Aout 2004	non	1 012	600
	EDM 2 (V ₁₆)	03 Aout 2004	14 Avril 2007	1 012	800
	EDM 3 (V ₁₆)	03 Aout 2004	21 Mars 2007	1 012	800
MGO ENELEC (V ₁₆)		02 Juin 2006	19 Juin 2007	1 000	800
3 606 Caterpillar (Henri Fraise)		08 Juin 2006	04 Mai 2007	1 730	1 600
AGO ENELEC		19 Juillet 2006	non	1 000	650
2801 (ABC V 8 en L)		02 juillet 1999	non	1 600	800
5 WÄRISILLA PK 7		20 Août 2007	non	7 500	6 500

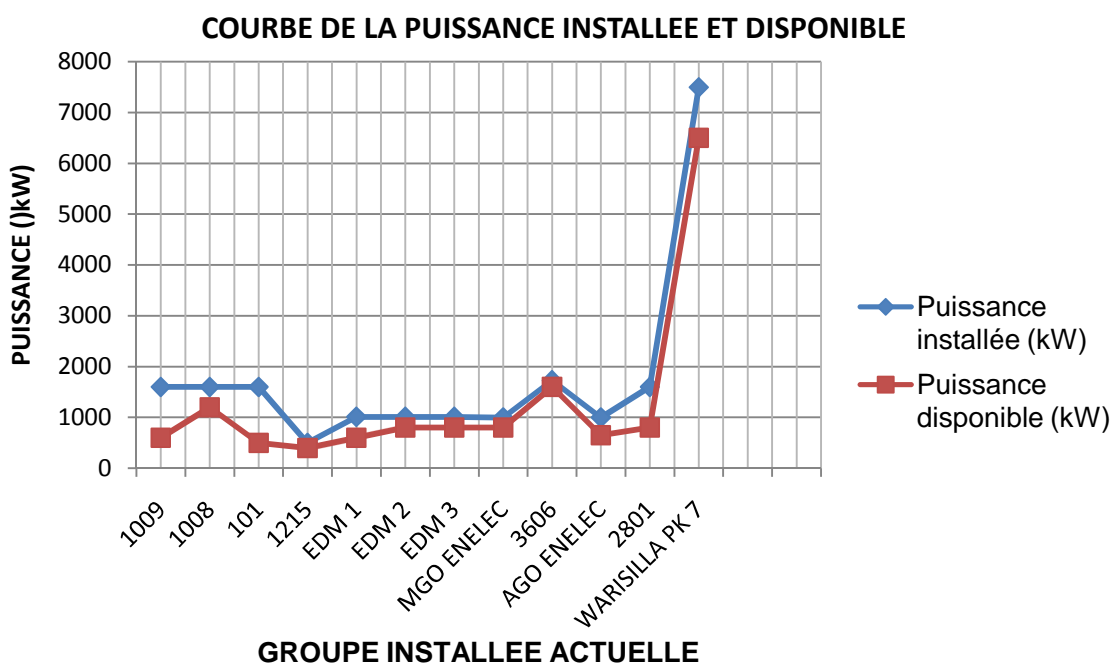


Figure 17 : Puissance installée et disponible.

Puissance disponible apportée par la centrale thermique :

Tableau 18 : Evaluation de puissance disponible total et la puissance demandée par la population.

Période de la marche de groupe	Puissance disponible (kW)	Puissance moyenne demandée par la population (kW)
] 10 juillet 2004 - 03 Août 2004 [4 700	7 200
] 03 Août 2004 - 02 juin 2006 [	6 900
] 02 Juin 2006 - 08 Juin 2006 [	7 700
] 08 Juin 2006 - 19 juillet 2006 [	9 300
] 19 Juillet 2006 - 27 Février 2007 [	9 950
] 27 Février 2007 - 21 Mars 2007 [9 450	7 500
] 21 Mars 2007 - 14 Avril 2007 [	8 650
] 14 Avril 2007 - 04 Mai 2007 [	7 850
] 04 Mai 2007 - 19 Juin 2007 [	6 250
] 19 Juin 2007 - 11 Août 2007 [	5 450
] 11 Août 2007 - 20 Août 2007 [	4 850
] 20 Août – maintenant [	11 350

III-1-2-2 La capacité de la chaine d'approvisionnement du carburant et l'énergie produit (relevée du mois de Janvier 2006 – Août 2007):

Dans ce période ; la société JIRAMA a été approvisionnée de la quantité du gazole égale à 13 683 043 l.

Tableau 19: Evaluation de la consommation d'huile.

Groupe disponible		Quantité d'huile consommée (l)	Heure du fonctionnement (h)
1 008		5 4992	12 853
1 009		27 836	11 847,8
2 801		8410	13 228,95
0 101		7 844	3 047,4
3 606		6 093	4 792,8
1 215		3 002	1 195
BANA		1 402	779
E N E L E C	MGO	5 374	3 687,51
	AGO	9 810	7 283,44
	EDM	13 631	7 573,86

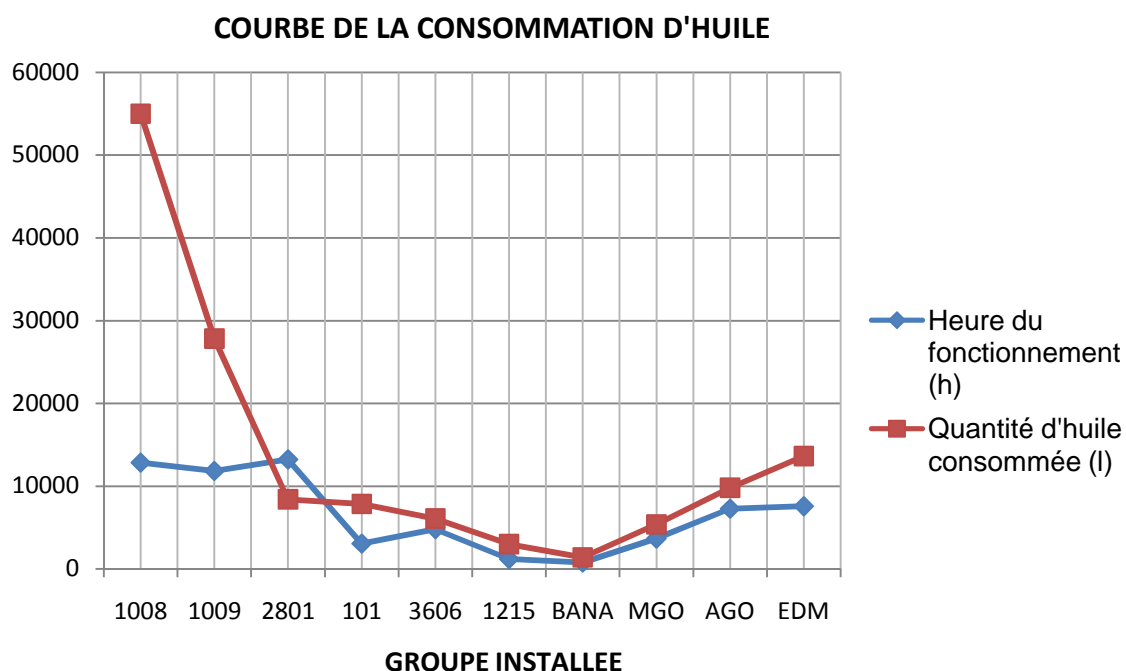


Figure 18 : Evaluation de la quantité d'huile consommée.

Tableau 20 : Evaluation de la production de l'énergie électrique Et la consommation du Gazole.

Groupe disponible		Quantité du Gazole consommée (l)	Quantité d'énergie produit (kWh)
1 008		2 609 541	8 431 850
1 009		2 884 119	8 550 300
2 801		2 332 832	8 565 300
0 101		428 430	1 479 240
3 606		1 226 519	4 859 580
1 215		78 221	385 410
BANA		64 058	201 400
E N E L E C	MGO	447 490	1 957 870
	AGO	1 307 210	3 448 035
	EDM	3 411 125	11 453 010

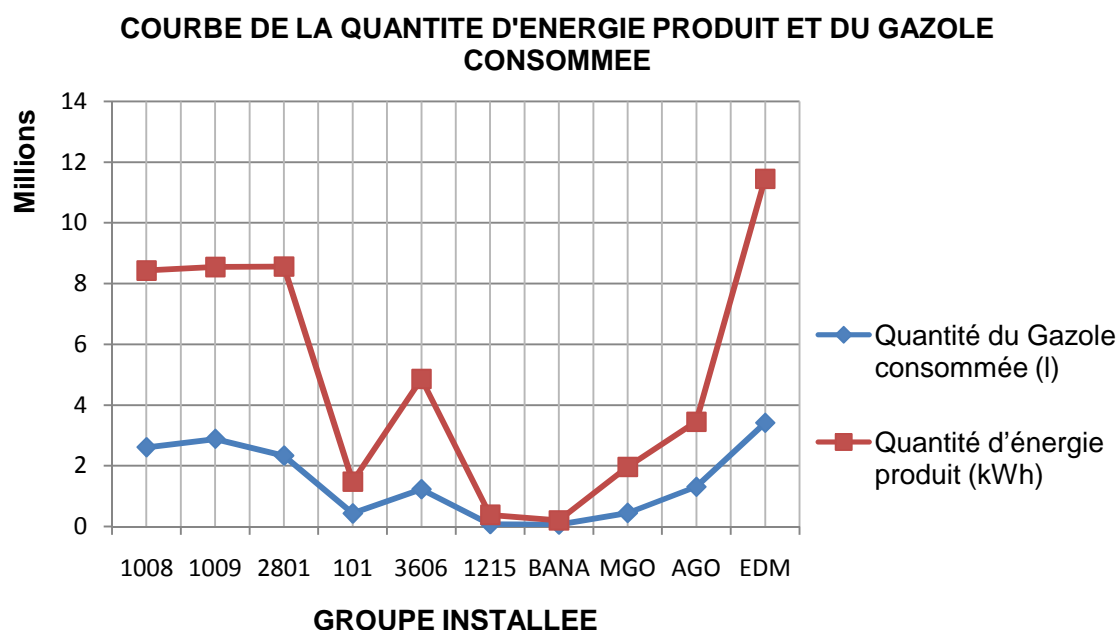


Figure 19 : Evaluation de la quantité d'énergie produite du Janvier 2006 à l'Août 2007.

III-1-2-3 Evaluation de nombre des clients approvisionnés et leur puissance souscrite (relevée du mois d'Octobre 2007):

➤ Moyenne tension (MT) :

Tableau 21 : Nombre des clients MT et leur puissance souscrite.

Tarif 40		Tarif 41	
Grand clients (société et Hôtel)	Puissance souscrite (kW)	Administration	Puissance souscrite (kW)
P.F.O.I.	1020	Hôpital principal 1	20
Brasserie STAR	620	Hôpital principal 2	20
Hôtel Colbert	60	R.T.M.	20
TIKO Farm	20	Université (Bloc, Adm., etc.)	220
SARL La Note Bleu	30	UNA Labo hydraulique	10
ADEMA	20	UNA Atelier mécanique	80
SOAM	85	UNA Labo électronique	10
Hôtel de la Poste	90	UNA Labo électrotechnique	10
MADA Surgel	40	Etablissement Mixte armé nationale	15
Mahamoudou	30	Lycée technique	30
NORMAEX	40	Direction T.P Ambalavola	15
Hôtel Impérial	40		
Grand Hôtel	250		
Logistique Pétrolière	45		
Centrale thermique de la JI.RA.MA.	155		

En total on a : **24** clients sur MT.

➤ Basse tension (BT):**Tableau 22** : Nombre des clients BT et leur puissance souscrite.

Mode tarifaire	Puissance souscrite (kW)	Nombre de compteur installée (ou client)
Tarif 14	$1,1 \leq PS \leq 2,2$	7 365
Tarif 16	$3,3 \leq PS \leq 6,6$	4 549
Tarif 30	$9,9 \leq PS \leq 19,7$	722
Tarif 32	$9,9 \leq PS \leq 19,7$	31

III-2 ANALYSE DES REPERCUSSIONS DU DELESTAGE SUR LA POPULATION ET SUR LES INDUSTRIES LOCALES :

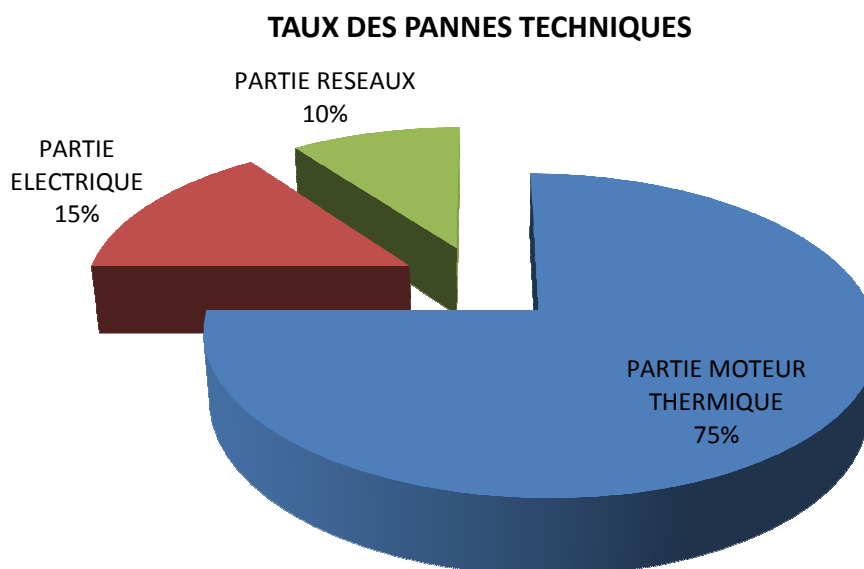
III-2-1 Etude de diminution de la production de l'énergie électrique :

En principe, la cause du délestage sont : - problème technique (panne);
- approvisionnement du combustible (Gazole, huile, etc.....).

III-2-1-1 Problème technique :

D'après notre période de visite à la société JIRAMA, nous allons étudier le système de production. On a remarquée que les 75% de panne technique sont été localisé au niveau du moteur thermique.

Etude des pannes techniques :

**Figure 20** : Evaluation de pannes imprévues.

Si nous observons les tableaux 11 et 17 ; les moteurs hors service tombent en pannes à cause de défaillances imprévues, par exemple le vilebrequin qui est abimé pour le cas des moteurs suivants :

- EDM 2 hors service le 14 Avril 2007 ;
- EDM 3 hors service le 21 Mars 2007 ;
- DEUTZ (5010) hors service le 10 Juillet 2004 ;
- AGO (0102) hors service le 14 Avril 2004 ;
- MGO ENELEC hors service le 19 Juin 2007.

En réalité, ils respectent les principes de la maintenance préventive sauf la période de vidange (il y a de retard parfois). Ce problème se manifeste après les constatations ci-dessous :

- taux d'amortissement se diminue, or le charge supportée augmente (moteur fonctionne irrégulièrement) ;
- le moteur n'atteint plus son régime nominal :
 - pièce de rechange en mauvais qualité ;
 - entretien n'est pas au temps ;

III-2-1-2 Problème d'approvisionnement du carburant :

Il y a aussi la cause d'approvisionnement du combustible parce que d'après les tableaux 12 et 18, la valeur de puissance disponible est beaucoup plus grande que la puissance moyenne demandée par la population de la commune Urbaine de Diego-Suarez ; le délestage existe toujours. On va démontrer ci-après l'existence de ce cas dans les deux sociétés qui sont le plus grand client de la JIRAMA qui s'appelle PFOI et la Brasserie STAR :

Comparaison de puissance disponible et demandée par la population (pendant l'année 2007) :

Tableau 23 : Comparaison de puissance.

Période de la marche de groupe	Puissance disponible (kW)	Puissance moyenne demandée par la population (kW)
] 19 Juillet 2006 - 27 Février 2007 [	9 950	7 200
] 27 Février 2007- 21 Mars 2007 [	9 450	
] 21 Mars 2007- 14 Avril 2007 [	8 650	7 500
] 14 Avril 2007- 04 Mai 2007 [	7 850	

D'après ce tableau, la puissance disponible est très suffisante et dépasse le besoin de la ville ; mais il existe encore des moments de délestage dans la société comme les suivants :

Tableau 24 : Délestage au niveau de la société.

Société victime	PERIODE DU DELESTAGE	
	Mois et Année	Heure
PFOI	Janvier 2007	183
	Février 2007	204
	Mars 2007	308
	Avril 2007	415
Brasserie STAR	Janvier 2007	241
	Février 2007	232
	Mars 2007	293
	Avril 2007	474

Les tableaux 23 et 24 montrent que le délestage dans ce temps n'est pas la cause des pannes techniques parce que la puissance apportée par la centrale est supérieur à la puissance nécessaire de la ville. D'où le ravitaillement du carburant est très insuffisant.

III-2-2 Etude d'approvisionnement de l'énergie électrique fiable et durable :

Face aux difficultés actuelles rencontrées par la commune Urbaine de Diego-Suarez en matière d'énergie tant au niveau de l'électricité que des carburants, les esprits commencent à se pencher de plus près sur les énergies renouvelables. Mais pas encore suffisamment pour espérer des retombées bénéfiques tangibles sur la majorité de la population à court ou à moyen termes. Madagascar détient des potentiels intéressants pour pouvoir s'assurer une autonomie d'énergie durable et ce, par la disponibilité et la répartition des surfaces pour la plantation de bois, de jatropha ou encore de canne à sucre pour la bio-énergie (biodiésel, biogaz, bioéthanol) ou encore l'énergie éolienne, peuvent également être exploitées à Madagascar.

Bref, c'est être capable même de pouvoir approvisionner la population malgache en énergie adéquate, à coût abordable et compétitif comme il est exigé par le **Madagascar Action Plan (M.A.P.)**.

PARTIE IV

ETUDE DE L'IMPACT SOCIO-ECONOMIQUE DU DELESTAGE :

L'étude de l'impact est une démarche d'évaluation consistant à analyser et évaluer les effets directs et indirects, temporaires et permanents, d'un projet (travaux, ouvrage ou activités) sur l'environnement.

IV- 1 AU NIVEAU DE LA SOCIETE :

BILAN DE FONCTIONNEMENT DES GROUPES ELECTROGENES DU SECOURS.

IV- 1-1 PFOI :

La société P.F.O.I. a installée des groupes suivants :

- Caterpillar : $S_n = 910 \text{ kVA}$; $I_n = 1313 \text{ A}$; $U_n = 400 \text{ V}$; $\cos\varphi = 0,8$;
- 2 Renault : $S_n = 360 \text{ kVA}$; $I_n = 470 \text{ A}$; $U_n = 440 \text{ V}$; $\cos\varphi = 0,8$.

Et la consommation spécifique des 3 groupes : 140 - 160 l/h

Année 2006 :

Tableau 25 : Bilan de fonctionnement du groupe pendant l'année 2006.

Mois et Année	Coût total de fonctionnement du groupe de secours (Ar)	Temps de fonctionnement du groupe de secours (H)			Temps total (H)
		FRIGO		USINE	
		GE1	GE 2	GE 3	
Janvier 2006	87 930 767,16	28,52	11,93	297,6	338,05
Février 2006	87 244 168,76	94,69	46,28	194,24	335,21
Mars 2006	76 024 087,16	100,05	35,89	152,14	288,08
Avril 2006	93 834 546,36	27,75	7,16	327,56	362,47
Mai 2006	62 681 352,76	6,46	-	227,15	233,61
Juin 2006	-	-	-	-	-
Juillet 2006	6 784 023,16	-	-	2,4	2,4
Août 2006	14 588 235,96	5	-	29,68	34,68
Septembre 2006	26 477 551	1,45	-	82,409	83,859
Octobre 2006	39 997 011,96	22,25	4,38	113,15	139,78
Novembre 2006	36 677 647,16	-	-	126,05	126,05
Décembre 2006	34 598 511,16	-	1,4	116,05	117,45
TOTAL	566 837 902,6	286,17	107,04	1 668,429	2 061,639

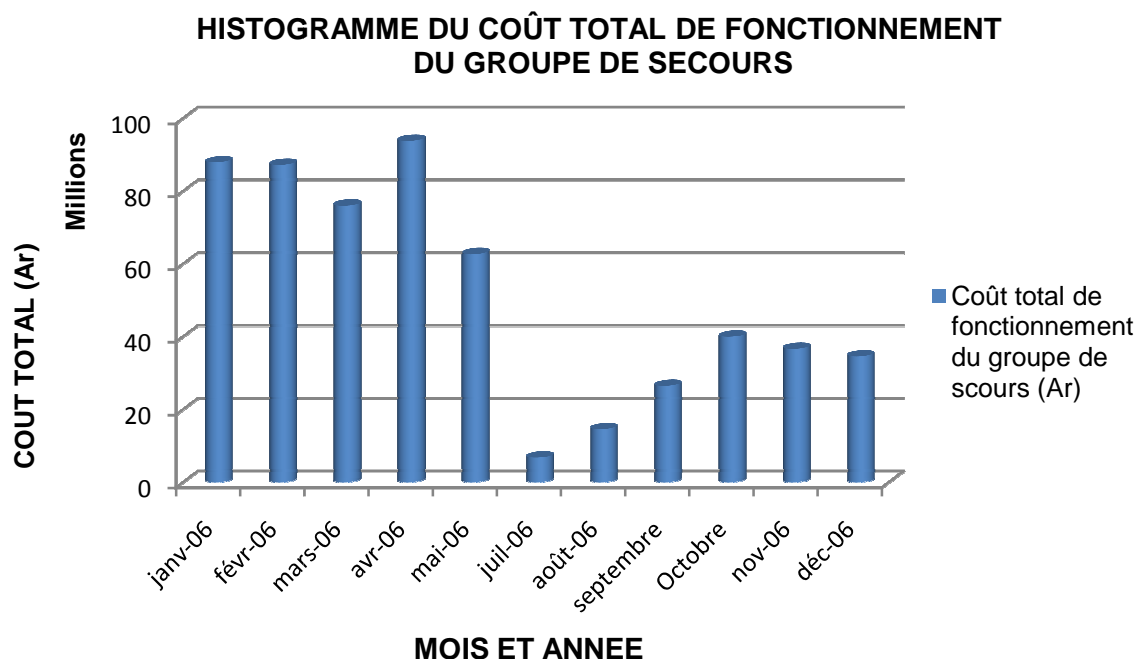


Figure 21 : Evaluation du coût de fonctionnement du groupe (2006).

Année 2007 :

Tableau 26 : Bilan de fonctionnement du groupe pendant l'année 2007.

Mois et Année	Coût total de fonctionnement du groupe de secours (Ar)	Temps de fonctionnement du groupe de secours (H)			Temps total (H)
		FRIGO		USINE	
		GE1	GE 2	GE 3	
Janvier 2007	42 407 359,16	-	-	149,75	149,75
Février 2007	57 529 447,16	-	6,3	206	212,3
Mars 2007	210 053 413,56	76,3	7,3	759,59	843,19
Avril 2007	104 351 106,36	122,2	49	234,77	405,97
Mai 2007	86 763 066,36	28	27	278,22	333,22
Juin 2007	67 601 168,76	-	-	253,96	253,96
Juillet 2007	88 556 925,56	9,25	-	331,39	340,64
Août 2007	45 030 455,16	4,84	2,44	166,32	173,6
Septembre 2007	30 756 944,76	22,35	21,95	59,71	104,01
TOTAL	733 049 886,84	262,94	113,99	2 439,71	2 816,64

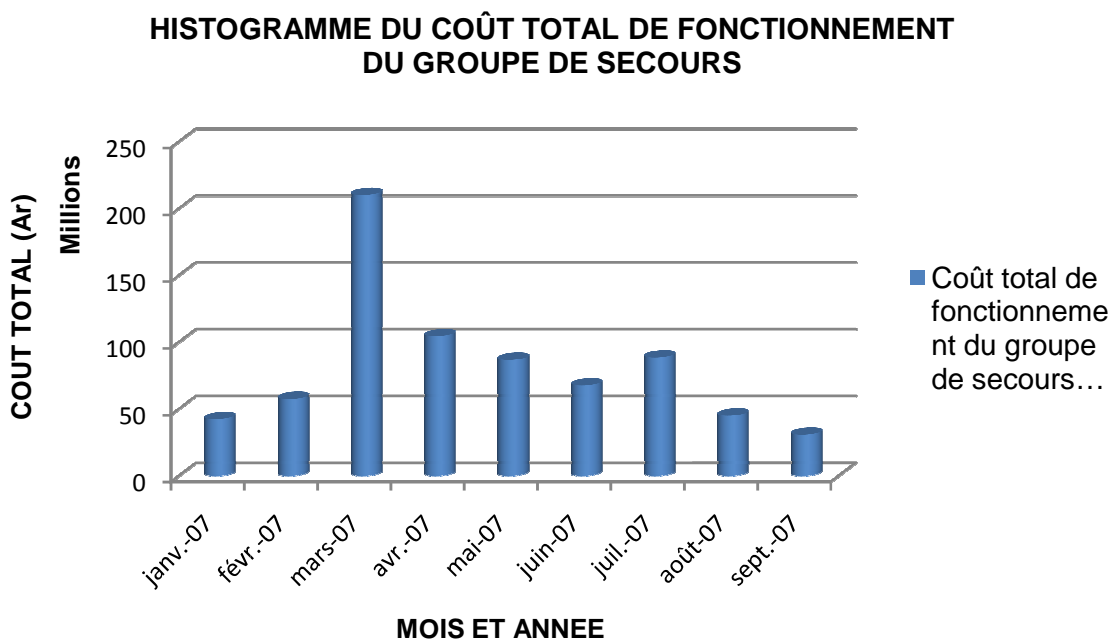


Figure 22 : Evaluation du coût de fonctionnement du groupe (2007).

IV-1-2 BRASSERIES STAR :

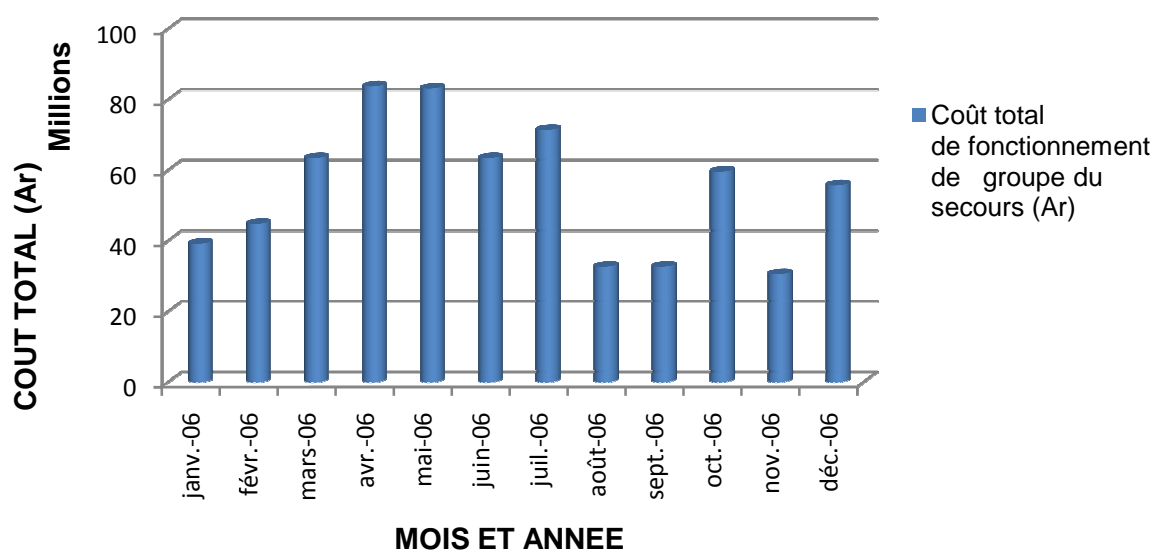
La Brasserie STAR utilise le groupe de secours de la puissance $S_n = 1400\text{kVA}$.

Année 2006 :

Tableau 27 : Bilan de fonctionnement du groupe pendant l'année 2006.

Mois et Année	Coût total de fonctionnement de groupe du secours (Ar)	Temps de fonctionnement de groupe du secours (H)	Energie produit sur compteur (kWh)
Janvier 2006	39 181 404	219	64 160
Février 2006	44 771 765	307	70 950
Mars 2006	63 376 619	358	84 750
Avril 2006	83 686 320	358	100 950
Mai 2006	83 109 905	404	118 200
Juin 2006	63 391 017	269	83 575
Juillet 2006	71 363 874	308	95 475
Août 2006	32 666 466	127	41 600
Septembre 2006	32 686 415	142	46 275
Octobre 2006	59 574 069	224	84 125
Novembre 2006	30 545 350	155	47 300
Décembre 2006	55 688 702	251	80 100
TOTAL	660 041 906	3 122	917 460

HISTOGRAMME DU COÛT TOTAL DE FONCTIONNEMENT DU GROUPE DE SECOURS



HISTOGRAMME DE L'ENERGIE PRODUIT SUR COMPTEUR

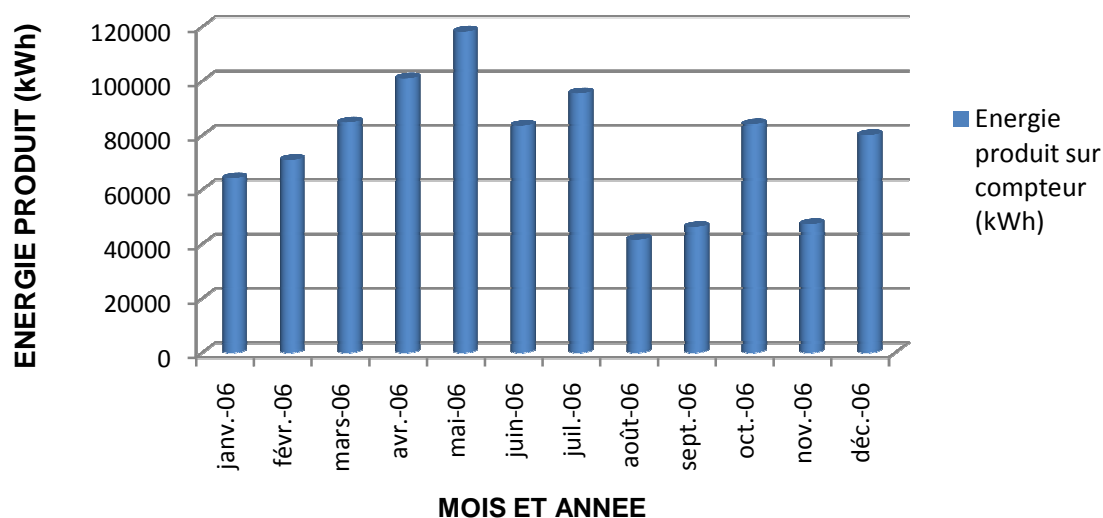


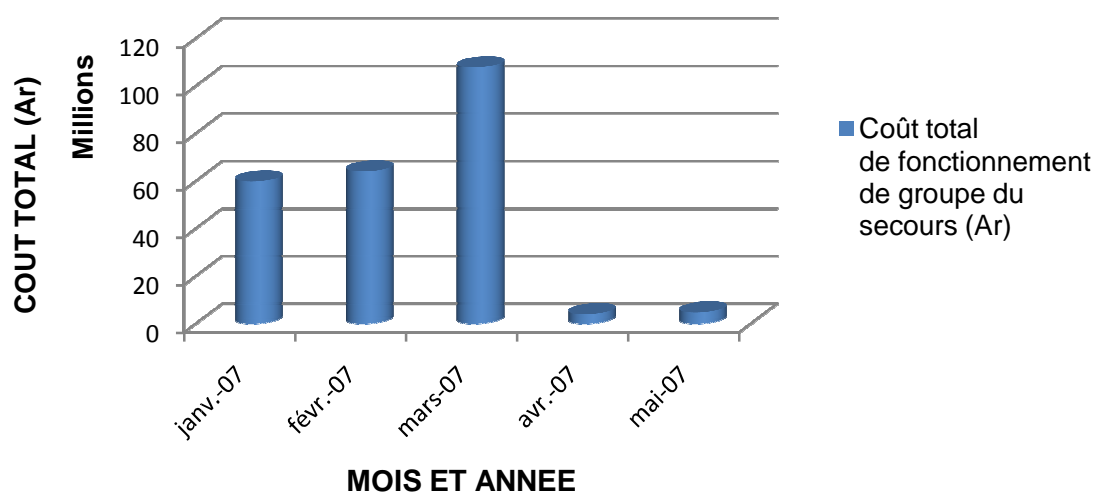
Figure 23 : Evaluation du coût de fonctionnement et de l'énergie produit par le groupe (du l'année 2006).

Année 2007 :

Tableau 28 : Bilan de fonctionnement du groupe pendant l'année 2007.

Mois et Année	Coût total de fonctionnement de groupe du secours (Ar)	Temps de fonctionnement de groupe du secours (H)	Energie produit sur compteur (kWh)
Janvier 2007	59 742 027	263	89 725
Février 2007	63 976 940	304	98 400
Mars 2007	107 724 957	560	150 450
Avril 2007	3 932 196	541	165 575
Mai 2007	4 675 304	577	194 875
Juin 2007	-	623	202 625
Juillet 2007	-	616	201 600
TOTAL	240 051 424	3 484	1 103 250

HISTOGRAMME DU COÛT TOTAL DE FONCTIONNEMENT DU GROUPE DE SECOURS



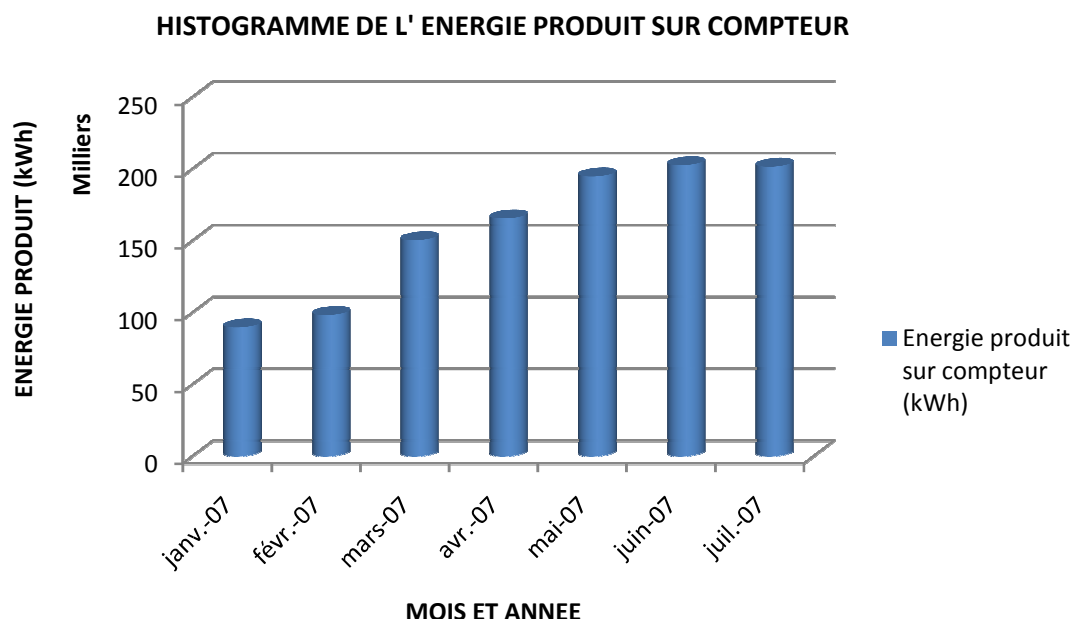


Figure 24 : Evaluation du coût de fonctionnement et de l'énergie produit par le groupe (du l'année 2007).

Notation : Coût total de fonctionnement = Coût Maintenance + PR + Huile + Coût Gazole.

Remarque 1 :

Au coupure de l'énergie de la JIRAMA, une société est toujours obligé d'utiliser un groupe de secours et si on va comparer le coût entre l'utilisation du groupe de secours et l'utilisation de l'énergie de la société JIRAMA , on rencontre beaucoup de différences. Alors, l'entre les deux coûts émane une perte pour les sociétés parce qu'elles ont dépensé de l'argent. Donc, il vaut mieux exploiter l'énergie venant de la société JIRAMA.

IV- 2 AU NIVEAU DE LA JI.RA.MA. :

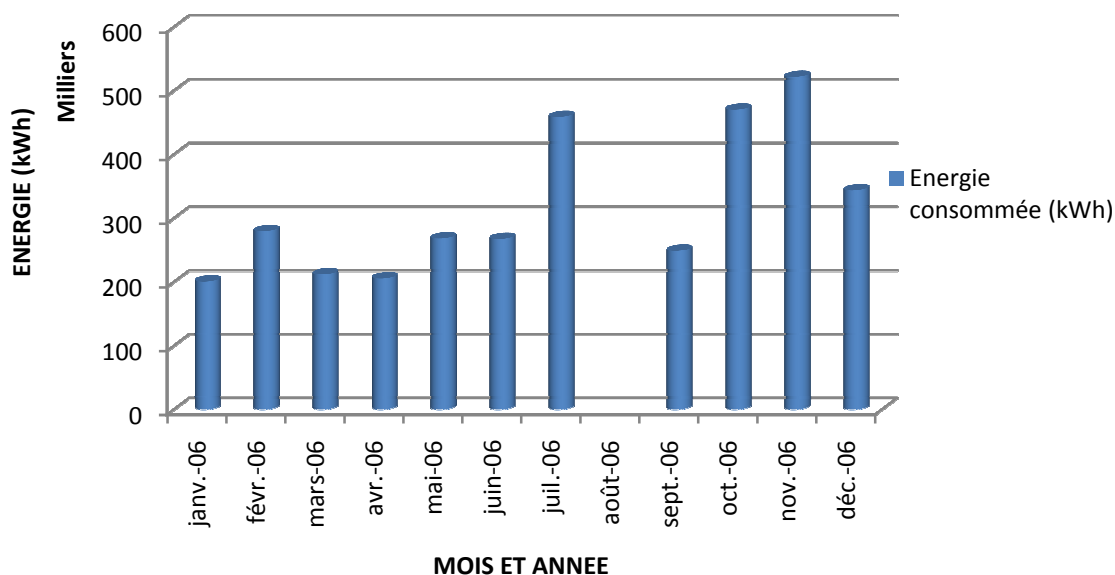
IV-2-1 PECHE ET FROID DE L'OCEAN INDIEN (P .F.O.I.) :

Année 2006 :

Tableau 29 : Evaluation du coût et la quantité de l'énergie consommée (du l'année 2006).

Moi et Année	Energie consommée (kWh)	Coût total de l'énergie consommée (Ar)	Temps de fonctionnement de la JI.RA.MA. (H)		Heure du délestage (H)
			Frigo	Usine	
Janvier 2006	200 520	73 803 343	228,73	314,2	0
Février 2006	279 460	100 742 587	192,51	284,96	0
Mars 2006	211 720	77 013 205	274,26	301,86	0
Avril 2006	205 280	79 765 758	163,45	271,64	0
Mai 2006	268 110	103 066 969	17,14	156,45	0
Juin 2006	267 170	104 009 402	-	-	0
Juillet 2006	458 440	182 610 286	-	21,2	0
Aout 2006	Indisponible	Indisponible	19	236,32	0
Septembre 2006	248 590	95 562 845	22,15	319,73	0
Octobre 2006	470 020	181 958 727	39,8	341,25	0
Novembre 2006	521 340	199 000 695	-	593,05	0
Décembre 2006	343 470	131 167 910	22,2	360,27	0
TOTAL	3 474 120	1 328 701 727	979,29	3 200,93	0

HISTOGRAMME DE L'ENERGIE CONSOMMÉE



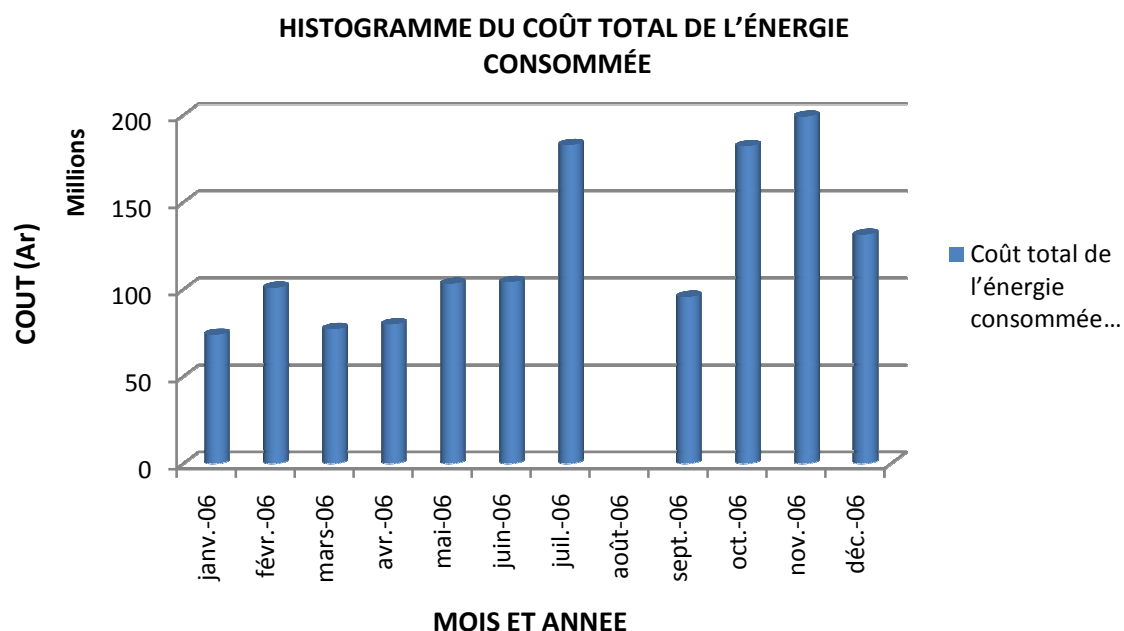


Figure 25 : Evaluation du coût et la quantité de l'énergie consommée (2006).

Année 2007 :

Tableau 30 : Evaluation du coût et la quantité de l'énergie consommée (2007).

Moi et Année	Energie consommée (kWh)	Coût total de l'énergie consommée (Ar)	Temps de fonctionnement de la JI.RA.MA. (H)		Heure du délestage (H)
			Frigo	Usine	
Janvier 2007	402 160	175 977 691	740,89	592,55	183
Février 2007	332 780	126 363 171	663,83	464,33	204
Mars 2007	280 640	105 935 567	664,06	443,01	308
Avril 2007	213 520	82 002 356	451,06	299,94	415
Mai 2007	116 750	45 702 964	730,3	427,08	412
Juin 2007	366 970	144 516 369	717,3	469,18	215
Juillet 2007	290 130	112 054 070	731,64	408,7	428
Août 2007	233 340	90 162 464	701,86	566,38	406
Septembre 2007	211 610	81 575 767	718,54	681,65	294
Octobre 2007	367 660	144 258 635	-	-	49
TOTAL	2 815 560	1108 549 054	6 119,48	4 352,82	2 914

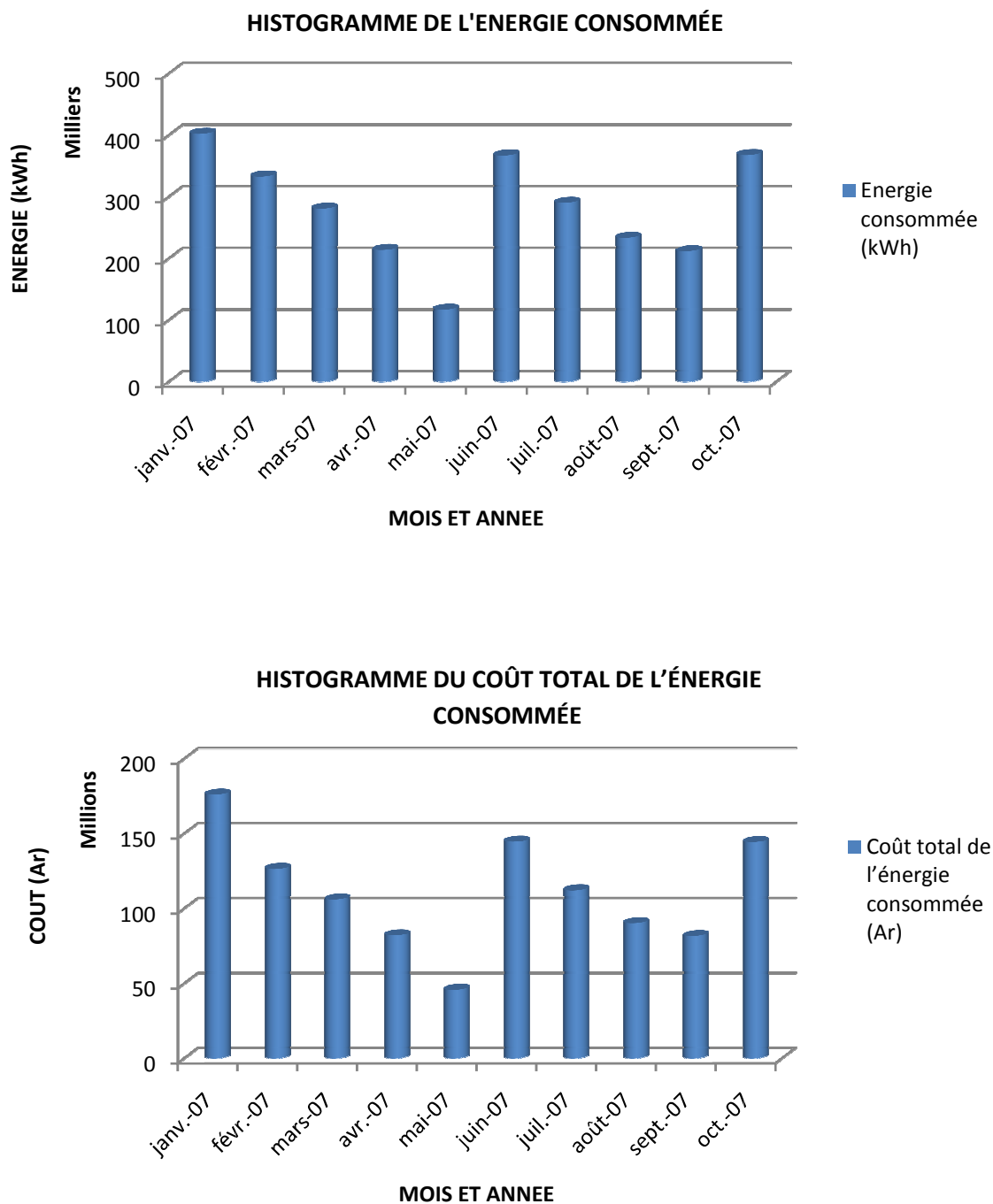


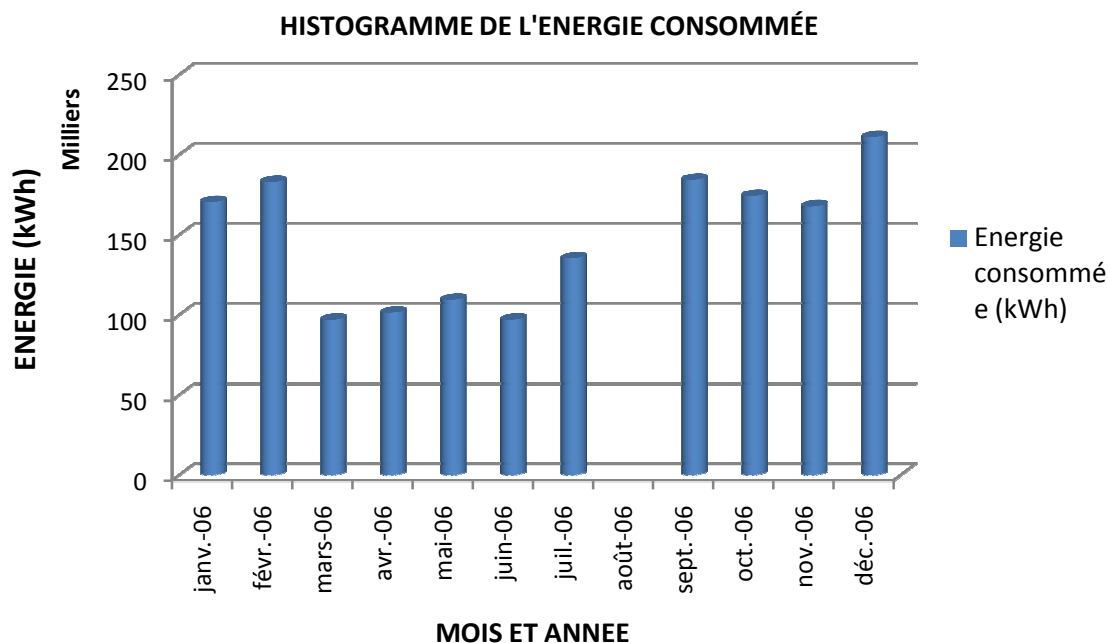
Figure 26 : Evaluation du coût et la quantité de l'énergie consommée (2007).

IV-2-2 BRASSERIES STAR :

Année 2006 :

Tableau 31 : Evaluation du coût et la quantité de l'énergie consommée (2006).

Moi et Année	Energie consommée (kWh)	Coût total de l'énergie consommée (Ar)	Temps de fonctionnement de la JI.RA.MA. (H)	Heure du délestage (H)
Janvier 2006	170 450	59 662 622	525	0
Février 2006	183 010	66 227 542	365	0
Mars 2006	96 990	34 213 231	386	0
Avril 2006	101 400	37 623 456	362	0
Mai 2006	109 440	40 646 016	340	0
Juin 2006	97 050	35 991 972	451	269
Juillet 2006	135 360	49 858 506	436	308
Aout 2006	Indisponible	Indisponible	617	Indisponible
Septembre 2006	184 400	71 952 880	602	154
Octobre 2006	174 350	65 984 510	520	135
Novembre 2006	167 850	62 439 084,18	589	0
Décembre 2006	211 080	80 571 354	493	0
TOTAL	1 631 380	605 171 173,18	5 686	866



HISTOGAMME DU COÛT TOTAL DE L'ÉNERGIE CONSOMMÉE

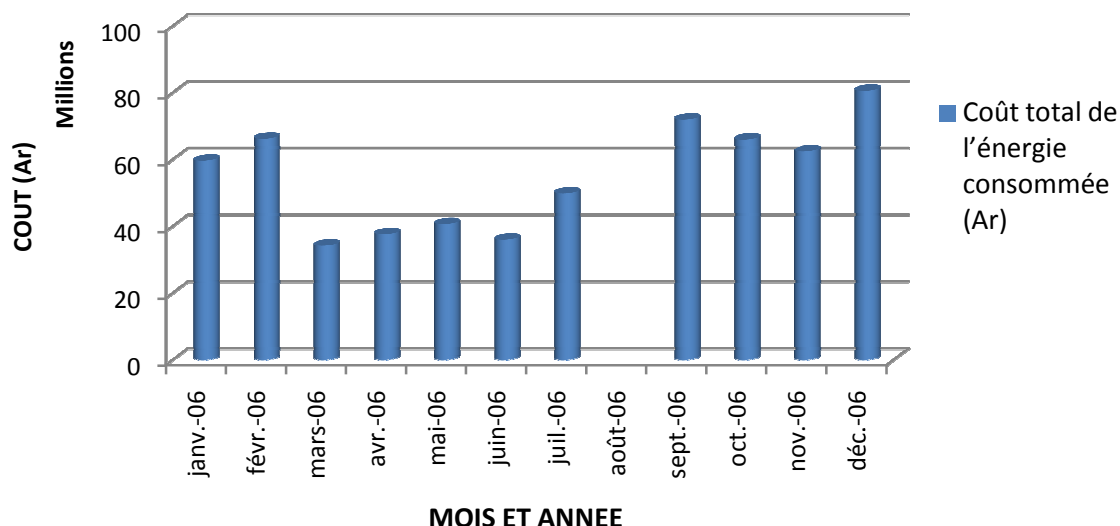


Figure 27 : Evaluation du coût et la quantité de l'énergie consommée (2006).

Année 2007 :

Tableau 32 : Evaluation du coût et la quantité de l'énergie consommée (2007).

Moi et Année	Energie consommée (kWh)	Coût total de l'énergie consommée (Ar)	Temps de fonctionnement de la JIRAMA (h)	Heure du délestage (h)
Janvier 2007	163 740	62 619 081	481	241
Février 2007	173 770	65 073 283	368	232
Mars 2007	120 910	44 710 098	184	293
Avril 2007	50 210	18 946 720	203	474
Mai 2007	48 730	18 705 449	167	521
Juin 2007	36 790	14 321 887	121	596
Juillet 2007	28 820	11 115 013	128	601
Août 2007	25 360	9 652 331	-	599
Septembre 2007	44 650	16 438 344	-	594
Octobre 2007	222 650	88 044 725	-	62
TOTAL	915 630	349 626 931	1 652	4 213

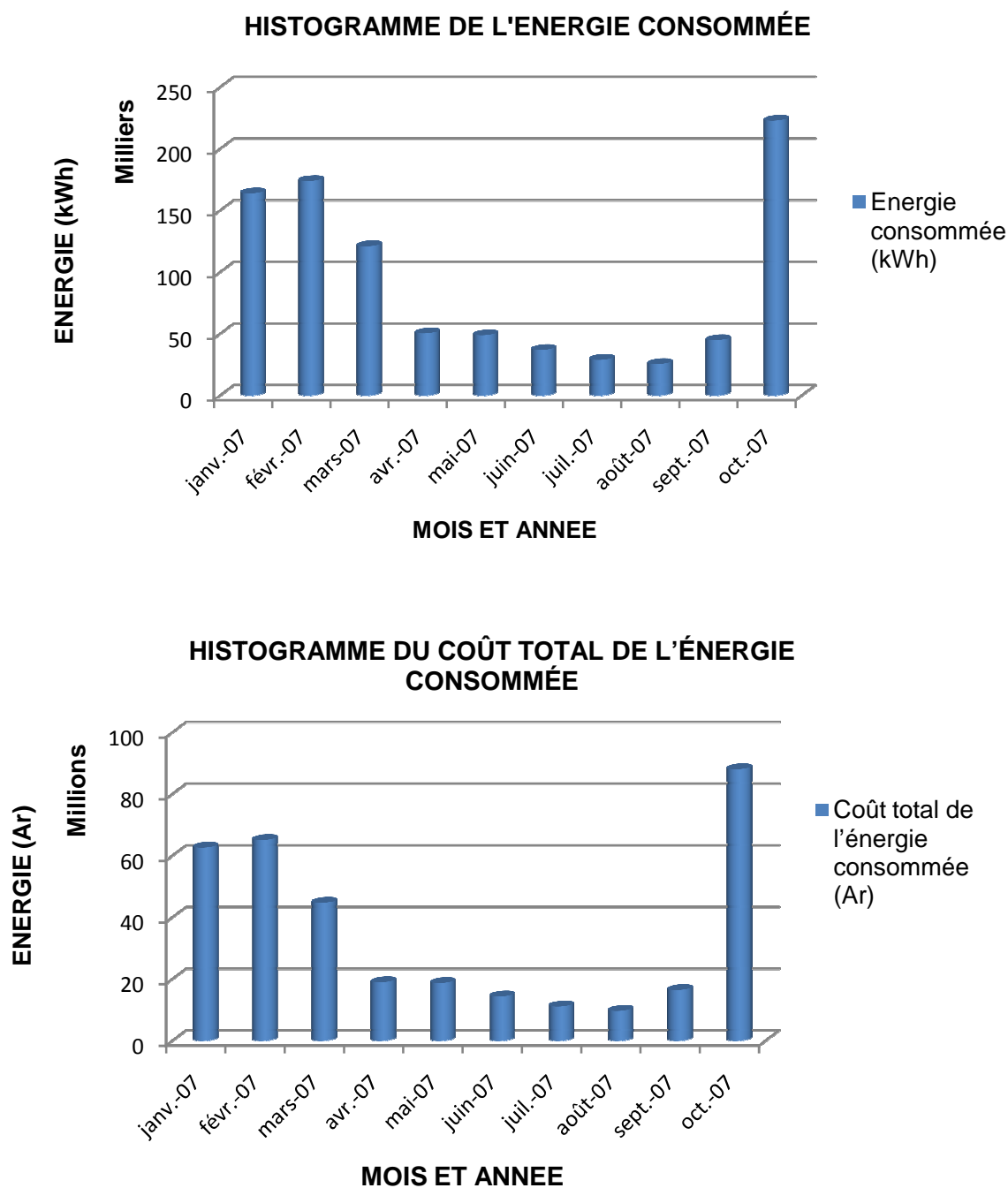


Figure 28 : Evaluation du coût et la quantité de l'énergie consommée (2007).

Remarque 2 :

D'après ce tableau, on constate que la société JIRAMA a perdu beaucoup d'argent parce qu'elle n'arrive pas à satisfaire les clients. Pour éclaircir voir l'annexe.

IV-3 AU NIVEAU DE LA COMMUNE URBAINE :

En générale ; toutes les sociétés qui s'installent dans la Commune doivent payer leur dîme, taxe et de surtaxe. Donc, pour déterminer quelque perte de la Commune Urbaine ; prenons comme l'exemple ce cas de la société JI.RA.MA.

Sur la facture de la JI.RA.MA. , on voit le prix unitaire (P.U.) en MT et en BT qui se représente ci-dessous (relevée sur la facture 2004):

Tableau 33 : Prix unitaire de taxe et surtaxe de consommation.

Moyenne Tension (MT)		
MODE TARIFAIRE	Prix unitaire de surtaxe de consommation (Ar)	Prix unitaire de taxe de consommation (Ar)
Triple tarif	9	-
Simple tarif :		
- Courte Utilisation (C.U.) ;	9	-
- Longue utilisation (L.U.).	9	-
Basse Tension (BT)		
Tous les tarifs BT	2	4

Mode de calcul : $Surtaxe \text{ à payer} = PUS \times EC$

- PUS = Prix unitaire de surtaxe
- EC = Energie consommée ou énergie active à facturer en kWh (voir la facture sur l'annexe).

Ainsi, la valeur de surtaxe varie toujours en fonction de l'énergie consommée par les abonnés, soit en moyenne tension soit en basse tension. Donc, si l'énergie diminue le sur taxe diminue.

En effet, l'existence du délestage est un facteur de diminution du taux de surtaxe c'est pour cela qu'il a de l'impact sur la Commune.

IV- 4 AU NIVEAU DE L'ETAT :

Si on déchiffre une facture de la JIRAMA, on peut voir qu'à part le coût de l'énergie consommée y figurent aussi la TVA et le coût de la timbre. Cet argent est versé à l'Etat. Mais, la valeur du TVA varie en fonction de la valeur du sous total (valeur sans TVA), or le sous total change si le coût de l'énergie consommée est changé et voici le pourcentage ajouté par les abonnés MT :

- 20 % sous total (avant 2003) ;
- 18 % sous total (après 2003).

Par conséquent, ce changement existe pendant la période du délestage (il y a de diminution), donc il y a de l'impact de délestage au niveau de la commune.

Notation : les abonnés Administratifs comme l'Hôpital et l'Etablissement privé (Université, Lycée Technique, etc.....) ne paye ni le TVA et ni la timbre.

IV- 5 AU NIVEAU DE LA POPULATION :

En générale, il existe beaucoup d'impacts au niveau de la population. Nous allons citer quelques exemples :

- Limitation de service public (Ateliers bois, Cyber café, Décortiqueuses, informations audio visuel, etc.....) ;
- Augmentation de prix des produits de première nécessité (PPN) ;
- Problème d'insécurité sociale ;
- Augmentation de dépense au niveau de la population (utilisation de bougie, pile, etc....) ;

PARTIE V

IMPLICATION PEDAGOGIQUE

ETUDE D'UNE FACTURATION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE :

V-1 Rappel de notions fondamentales de l'électricité:

V-1-1 Courant électrique :

Le déplacement des charges électriques dans un milieu conducteur donne naissance à un courant électrique dont l'intensité s'exprime en ampères (A). L'ampère est l'intensité du courant qui déplace en coulomb par seconde. On peut écrire, si l'intensité I est constante :

$$Q = I \times t \quad (26)$$

Avec I en ampère (A), Q en coulombs (C) et t en secondes (s).

Dans le système international d'unité (SI), l'ampère est une unité de base et le coulomb une unité secondaire définie par application de la formule ci-dessus.

Définition du courant alternatif :

Un courant alternatif est un courant qui reprend périodiquement les mêmes valeurs en changeant de sens, d'une "alternance" à l'autre. Il est sinusoïdal lorsque son intensité i est une fonction sinusoïdale du temps, c'est-à-dire pouvant se mettre sous la forme :

$$i = k \times \sin \omega t \quad (27)$$

K et ω étant deux constantes positives et ωt ayant la dimension d'un angle. Dans le présent exposé, tout courant alternatif sera considéré comme sinusoïdal.

La période T est le temps qui s'écoule entre deux époques consécutives où les grandeurs caractéristiques du phénomène périodique reprennent la même valeur, avec le même signe ($\omega T = 2\pi$ radian = 360 degrés).

La fréquence f est le nombre de périodes par seconde.

La période et la fréquence se déduisent l'une et l'autre par la relation de définition, purement formelle :

$$T \times f = 1 \quad (28)$$

Avec T en secondes (s) et f en hertz (Hz).

L'intensité d'un courant alternatif :

a) L'intensité instantanée, c'est-à-dire la valeur réelle à l'instant t d'un courant sinusoïdal, s'exprime par la relation générale :

$$i = I_m \times \sin \left(2\pi \times \frac{t}{T} - \varphi \right), \text{ qui s'écrit encore, en posant } \omega = 2\pi \times \frac{t}{T} = 2\pi \times f :$$

On a :

$$i = I_{max} \times \sin(\omega t - \varphi) \quad (29)$$

- I_m est l'intensité maximale, ou amplitude de l'intensité sinusoïdale exprimée en ampères (A);
- ω est la pulsation ; c'est une vitesse angulaire qui s'exprime en radians/s (rad/s);
- φ est l'angle de phase du phénomène à l'instant 0, exprimé en radians (rad). Si l'origine des temps est choisie au moment où le courant passe par zéro, cet angle est nul et on retrouve l'expression plus simple :

$$i = I_{max} \times \sin \omega t \quad (30)$$

b) l'intensité efficace d'un courant alternatif est l'intensité du courant continu qui, dans le même conducteur et pendant chaque période, dégagerait la même quantité de chaleur que le courant alternatif considéré. Tout conducteur de résistance pure r , et siège d'un courant alternatif d'intensité efficace I dégage donc, pendant le temps t , une quantité de chaleur telle que :

$$q = 0,24 \times r \times I^2 \times t \quad (31) \quad \text{et} \quad W = r \times I^2 \times t \quad (32)$$

Avec W en joules (J), q en calories (Cal), r en ohms (Ω), I en ampères (A) et t en secondes (s). Cette intensité efficace se calcule mathématiquement dans le cas d'un courant sinusoïdal, elle s'exprime en fonction de I_m , par la relation :

$$I = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \quad (33)$$

V-1-2 Différence de potentiel ou tension électrique :

Le déplacement de charges électriques dans un milieu conducteur, se produit sous l'effet d'une différence de potentiel ou tension électrique, entre différents points du conducteur. Cette différence de potentiel s'exprime en volts (V). Le potentiel de la terre est, par convention, considéré comme nul.

Tension et force électromotrices alternatives :

Elles peuvent se présenter sur le même diagramme que les courants, avec leur échelle propre. De même que pour les intensités, on peut écrire pour les tensions et les f.é.m. alternatives, qui passent par zéro à l'instant origine :

- Tension instantanée : $u = U_m \times \sin \omega t$ (U_m = tension maximale) ;
- f.é.m. instantanée : $e = E_m \times \sin \omega t$ (E_m = f.é.m. maximale).

On a également, en considérant les valeurs efficaces :

- tension efficace :

$$U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} \quad (34)$$

- f.é.m. efficace :

$$E = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} \quad (35)$$

V-1-3 Puissances :

En courant alternatif, diverses formes de puissances sont à considérer :

- Puissance active : La puissance active P est, au sens physique du mot, la puissance réellement absorbée par un circuit récepteur ; comme telle s'exprime en watts (W) et se mesure avec un wattmètre. Dans un circuit soumis à une tension de valeur efficace U et traversé par un courant d'intensité efficace I déphasé de l'angle φ sur U , puissance active P est donnée par la relation :

$$P = U \times I \times \cos\varphi \quad (36)$$

Avec U en volts (V), I en ampère (A), P en watts (W) ;

Application : Dans un moteur électrique de rendement η débitant une puissance mécanique $P_{\text{méc.}}$, la puissance active appelée est $P = \frac{P_{\text{méc.}}}{\eta}$.

- Puissance réactive : La puissance réactive Q , encore appelée puissance déwattée, traduit des transferts alternatifs d'énergies entre la source et le circuit (énergie électromagnétique dans l'inductance, énergie électrostatique dans les condensateurs). Elle s'exprime par la relation :

$$Q = U \times I \times \sin\varphi \quad (37)$$

Avec U en volts, I en ampère, Q en volts - ampères réactifs (VAr). La puissance réactive dans une inductance est, par définition, positive, car $\varphi = +\frac{\pi}{2}$. La puissance réactive dans un condensateur est négative : ($\varphi = -\frac{\pi}{2}$).

Application : Dans un moteur fonctionnant avec un $\cos\varphi$ donné, la puissance réactive est : $Q = P \times \tan\varphi$ avec $\tan\varphi = \sqrt{\left(\frac{1}{\cos^2\varphi}\right) - 1}$

- Puissance apparente : La puissance apparente S est définie par la relation :

$$S = U \times I \quad (38)$$

Elle est indépendante du déphasage de U sur I et constitue, de ce fait une expression utile mais sans signification physique. Avec S en volts - ampère (VA).

- Facteur de puissance : Le facteur de puissance d'une installation est le rapport

$\frac{P}{S} = \cos\varphi$ de la puissance active à la puissance apparente. Lorsque $\varphi = 0$ (U et I sont alors en phase), $\cos\varphi = 1$ et le courant appelé, pour une puissance donnée, est minimum. Mais la présence de moteur dans un circuit d'utilisation introduit inévitablement des inductances, et donc le $\cos\varphi$ est rarement égale à 1.

Lorsque φ prend une certaine valeur $\cos\varphi$, le facteur de puissance diminue à égalité de puissance active, le courant absorbé augmente, ce qui entraîne un

accroissement des chutes de tension et des pertes dans les lignes, ainsi qu'une mauvaise utilisation des machines génératrices.

C'est pourquoi le fournisseur de courant, qui facture la puissance active appelée pénalise l'utilisateur industriel dont le $\cos \varphi$ est trop faible (au-dessous de $\cos \varphi = 0,85$ environ) ; d'où l'intérêt, pour celui-ci, c'est d'ajouter des condensateurs dans son installation, afin de compenser l'énergie réactive des moteurs. Ces condensateurs sont alors branchés en parallèle sur le circuit d'entrée de sorte que le courant qui les traverse s'ajoute géométriquement à celui de l'installation.

Par définition le facteur de puissance autrement dit le $\cos \phi$ d'un appareil électrique est égal au rapport de la puissance active P (kW) sur la puissance apparente S (kVA) et peut varier de 0 à 1 et il permet ainsi d'identifier facilement les appareils plus ou moins consommateurs d'énergie réactive :

- un facteur de puissance égal à 1 ne conduira à aucune consommation d'énergie réactive (résistance pure) ;
- un facteur de puissance inférieur à 1 conduira à une consommation d'énergie réactive d'autant plus importante qu'il se rapproche de 0 (inductance pure).

Dans une installation électrique, le facteur de puissance pourra être différent d'un atelier à un autre selon les appareils installés et la manière dont ils sont utilisés (fonctionnement à vide, pleine charge, ...).

Comment améliorer le facteur de puissance :

Par l'installation de condensateurs ou batteries de condensateurs :

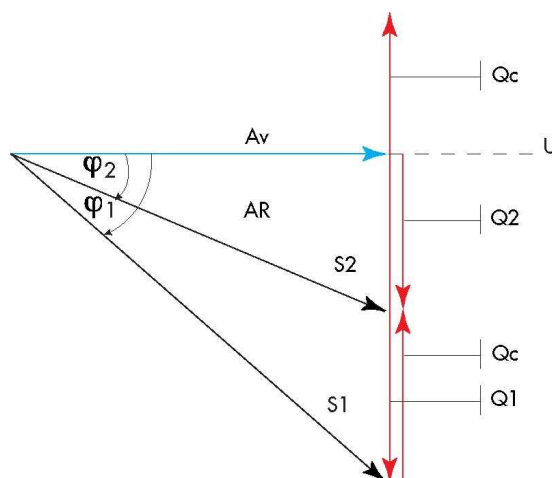


Figure 13 : Diagramme des puissances.

Relations :

$$Q_2 = Q_1 - Q_c ;$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2.$$

$$Q_c = P \times \tan \varphi_1 - P \times \tan \varphi_2$$

D'où :

$$Q_c = P \times (\tan \varphi - \tan \varphi) \quad (39)$$

Améliorer le facteur de puissance d'une installation électrique, c'est la doter des moyens de produire elle-même une part plus ou moins importante de l'énergie réactive qu'elle consomme. Il existe différents systèmes pour produire de l'énergie réactive en particulier les compensateurs asynchrones et les condensateurs shunt (ou série pour les grands réseaux de transport). Le condensateur est le plus utilisé compte tenu :

- de son non consommation en énergie active ;
- de son coût d'achat ;
- de sa facilité de mise en œuvre ;
- de sa durée de vie (10 ans environ) ;
- de son très faible entretien (appareil statique).

Le condensateur est un récepteur constitué de deux parties conductrices (électrodes) séparées par un isolant. Ce récepteur a la propriété lorsqu'il est soumis à une tension sinusoïdale de déphaser son intensité, donc sa puissance (réactive capacitive), de 90° en avant sur la tension. A l'inverse, tous les autres récepteurs (moteur, transformateur, etc. ...) déphasent leur composante réactive (intensité ou puissance réactive inductive) de 90° en avant sur la tension.

La composition vectorielle de ces intensités ou puissances réactives (inductive et capacitive) conduit à une intensité ou puissance résultante réactive inférieure à celle existant avant l'installation de condensateurs. Pour simplifier, on dit que les récepteurs inductifs (moteur, transformateur, ...) consomment de l'énergie réactive alors que les condensateurs (récepteurs capacitifs) produisent de l'énergie réactive.

- φ_1 déphasage sans condensateur ;
- φ_2 déphasages avec condensateur.

Avantages d'un bon facteur de puissance :

Un bon facteur de puissance c'est :

- ❖ $\cos \varphi$ élevé (proche de 1) ;
- ❖ ou $\tan \varphi$ faible (proche de 0).

Un bon facteur de puissance permet d'optimiser une installation électrique et apporte les avantages suivants :

- la suppression de la facturation d'énergie réactive ;
- la diminution de la puissance souscrite en kVA ;
- la limitation des pertes d'énergie active dans les câbles compte tenu de la diminution de l'intensité véhiculée dans l'installation,
- l'amélioration du niveau de tension en bout de ligne,
- l'apport de puissance disponible supplémentaire au niveau des transformateurs de puissance si la compensation est effectué au secondaire.

V-1- 4 Résistance électrique – Loi d'ohm :

L'intensité du courant électrique qui traverse un élément de conducteur dépourvu de toute réaction au passage du courant (conducteur passif) est proportionnelle à la différence de potentiel entre les extrémités A et B de cet élément.

Le coefficient de proportionnalité $R = \frac{U}{I}$ est appelé la résistance de l'élément de conducteur. Cette relation s'écrit :

$$U = R \times I \quad (40)$$

Par convention, le courant électrique circule du potentiel le plus élevé vers le potentiel le plus bas, de sorte que, si l'on choisit comme sens positif de l'intensité celui qui va de A vers B, il faut écrire :

$$U = V_A - V_B = R \times I \quad (41)$$

Qui est l'expression de la loi d'ohm.

La résistance électrique R s'exprime en ohms (Ω), la différence de potentiel entre les extrémités d'un élément de conducteur de résistance égale à 1 ohm étant par de définition égale à 1 volt lorsqu'il est parcouru par un courant de 1A. La résistance d'un conducteur dépend de sa forme géométrique, de ses dimensions et du matériau qui le constitue.

La résistivité d'un matériau est la résistance entre les extrémités d'un conducteur cylindrique confectionné avec ce matériau, de longueur égale à l'unité de longueur et de section droite égale à l'unité de surface. Elle se désigne généralement par la lettre φ . La résistance R d'un conducteur de section droite constante S, de longueur l et constitué d'un matériau de résistivité φ , s'exprime par la relation :

$$R = \varphi \times \frac{l}{S} \quad (42)$$

Avec R en ohms (Ω), l en mètres (m), s en mètres carrés, φ en ohms-mètres carré par mètre. En pratique, φ s'exprime plus souvent en ohms x mm^2 par km ($\Omega \text{mm}^2/\text{km}$).

La résistivité d'un métal augmente avec la température, de sorte que la résistance d'un conducteur métallique s'écrit :

$$R_\theta = R_0 \times (1 + \alpha\theta) \quad (43)$$

Avec R_0 résistance du conducteur à 0°C , R_θ , résistance du conducteur à $\theta^\circ\text{C}$; α coefficient de température du métal ; (pour le cuivre, $\alpha = \frac{1}{25}$).

V-2 L'énergie consommée par un récepteur :

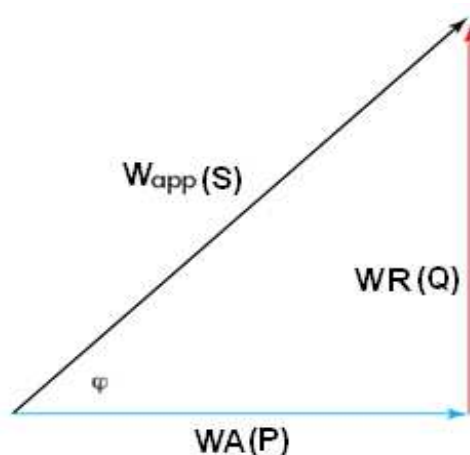


Figure 14 : Diagramme d'énergie.

$$W_{app.} = \overline{WA} + \overline{WR} (44)$$

$$W_{app} = \sqrt{(WA)^2 + (WR)^2} \quad (45)$$

Une installation électrique, en courant alternatif, comprenant des récepteurs tels que transformateur, moteur, soudeuse, électronique de puissance..., et en particulier, tout récepteur dont l'intensité est de phaser par rapport à la tension, absorbe une énergie totale que l'on appelle énergie apparente ($W_{app.}$).

Cette énergie, qui s'exprime généralement en kilovolt ampère-heure (kVAh), correspond à la puissance apparente S (kVA) et se répartit comme suit :

- Energie active (WA) : exprimée en kilowatt heure (kWh). Elle est utilisable, après transformation par le récepteur, sous forme de travail ou de chaleur. A cette énergie correspond la puissance active P (kW).
- Energie réactive (WR) : exprimée en kilo var heure (kVARh). Elle sert en particulier à créer dans les bobinages des moteurs, transformateurs, le champ magnétique sans lequel le fonctionnement serait impossible. A cette énergie correspond la puissance réactive Q (kVAR). Contrairement à la précédente, cette énergie est dite "improductive" pour l'utilisateur.

V- 3 Comptage d'énergie mesurée :

Les appareils de comptage d'énergie mesurant plus facilement les consommations d'énergie active et réactive, la société de production de l'énergie électrique a choisi de faire apparaître pour sa clientèle au niveau des factures d'électricité le terme de $\tan \phi$. La $\tan \phi$ est le quotient entre l'énergie réactive WR (kVARh) et l'énergie active WA (kWh) consommées pendant le même temps :

$$\tan \phi = \frac{WR(kVARh)}{WA(kWh)} \quad (46)$$

A l'inverse du $\cos \phi$, on s'aperçoit facilement que la valeur de la $\tan \phi$ doit être la plus petite possible afin d'avoir le minimum de consommation d'énergie réactive.

$\cos \phi$ et $\tan \phi$ sont liés par la relation suivante :

$$\cos \phi = \frac{1}{\sqrt{1 + (\tan \phi)^2}} \quad (47)$$

V- 4 Etude de facturation de l'énergie consommée :

1- Pour la moyenne tension MT :

Les clients MT de la société JIRAMA est facturé en deux types de comptage de l'énergie active :

- Comptage sur MT : si la place du compteur avec le transformateur du courant et potentielle se place devant le transformateur de puissance ou abaisseur de tension (sur la ligne 20 kV ou 5,5 kV) :

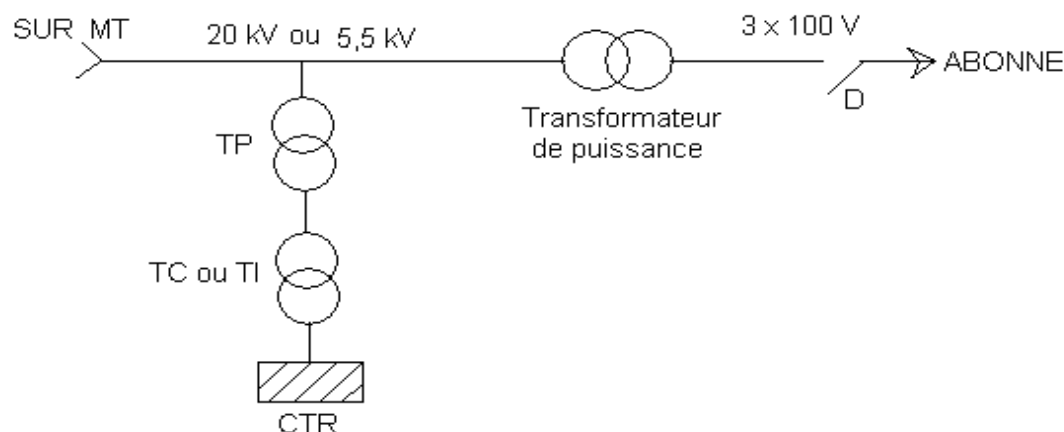


Figure : Schéma unifilaire de montage sur MT.

- Comptage sur BT : si la place du compteur avec le transformateur du courant se place derrière le transformateur de puissance ou abaisseur de tension (sur la ligne 20 kV ou 5,5 kV). Ensuite, elle utilise un compteur horaire qui s'installe après le disjoncteur:

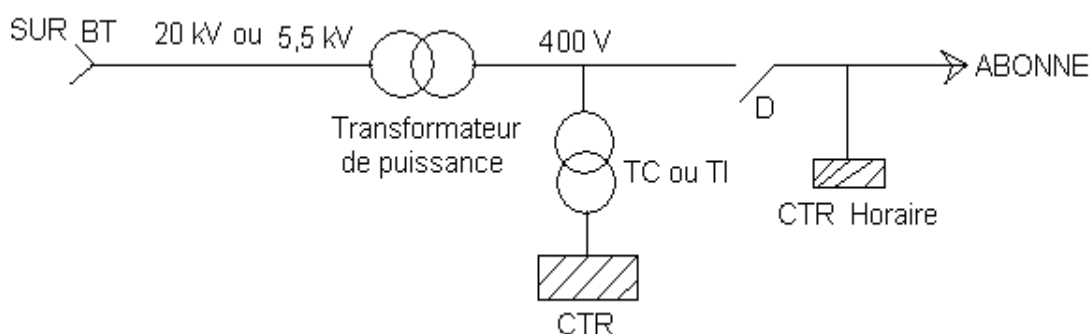


Figure : Schéma unifilaire de montage sur BT.

On va prendre un exemple plus concret sur le système de facturation de l'énergie abonnée (moyenne tension) ; mais pour calculer le prix d'énergie électrique consommée par un client, il faut connaître la valeur des paramètres suivants à l'aide d'un appareil spécialisée :

- Energie actif contrôle pendant un mois (WA) en kW;
- Energie réactif (WR) en kW;
- Horaire (H) en heures ;
- Puissance hors tension (P_{hp}) en kW.

La valeur de toutes ces composantes est aperçue après le relever du compteur et il sert à calculer :

1-1 Lectures (L) :

1 -1- 1 Energie active contrôle (WA):

$$L = WAAFM - WAADM \quad (48)$$

1-1-2 Energie réactive (WR):

$$L = WRAFM - WRADM \quad (49)$$

1-1-3 Horaire (H) :

$$L = HAFM - HADM \quad (50)$$

1-2 Coefficient (k) qui varie en fonction de type du comptage, le cadran sur le compteur ; le rapport du courant affichée sur la plaque signalétique d'un compteur et du transformateur installée.

1-2-1 Montage sur BT :

$$\text{Brut} = L \times k \quad (51)$$

1-2-2 Montage sur BT :

$$k = \frac{RCTP}{RCCTR} \times \frac{RCTP}{RCCTR} \times \text{cadran CTR} \quad (52)$$

1-3 Valeur de WA et WR et H brut ou net :

$$\text{Brut} = L \times k \quad (53)$$

2-Facturation sur MT simple tarif :

2-1 Calcul d'énergie active à facturer (W') :

Comptage sur BT pour simple tarif ; on a :

$$W^t = (1,33 \times WA) + (0,01 \times T \times H) \quad (54)$$

Notation : La ventilation de la consommation C (W') du mois implique l'énergie active à facturer (en kWh).

2-2. calcul de facteur de puissance ($\cos \varphi$) :

Si $\text{tg } \varphi = \frac{WR}{WA}$ ce qui correspond à un :

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + (\tan \varphi)^2}} \quad (55)$$

2-3. Puissance apparente (P_{app}) :

On peut vérifier l'énergie consommée à l'aide P_{app}

$$P_{app.} = \frac{P_{hp}}{\cos \varphi} \quad (57)$$

2-4. Nombre d'heure d'utilisation de la puissance souscrite (DUPS) du mois :

$$DUPS = \frac{W'}{PS} \quad (58)$$

2-5. Montant prime fixe (MPF) :

$$MPF = PS \times Prime \quad (59)$$

2-6. Montant consommation (MC) ou montant brut (MB):

$$MB = MC = W' \times PU \quad (60)$$

2-6-1 Calcul de Bonus et Malus :

- ❖ Bonus si $\cos \varphi > 0,90$;
- ❖ Malus si $\cos \varphi < 0,90$;
- ❖ Mais si $\cos \varphi = 0,90$, le bonus et malus sont nul

$$Bonus = \text{montant brut} \times (1 - C) \quad (61)$$

$$Malus = \text{Montant brut} \times (C - 1) \quad (62)$$

2-6-2 Calcul de bonus et malus total :

1^{er} cas :

$$Bonus \text{ total} = \text{Montant brut} - Bonus \quad (63)$$

$$Malus \text{ total} = \text{Montant brut} + Malus \quad (64)$$

2^e cas :

$$Bonus = PU \times CB \times W' \quad (65)$$

$$Malus \text{ total} = PU \times CM \times W' \quad (66)$$

2-7. Redevances mensuelles :

La société JI.RA.MA loue l'appareil de comptage et le transformateur .Pour l'appareil du comptage le prix varie selon le type du tarifaire aussi même le transformateur :

$$\text{Montant total de l'appareil de comptage} = CRM \times NAI \quad (67)$$

Le cout de redevances mensuelles varie après le conseil de ministère et l'augmentation PU de l' WC.

2-8. Surtaxes :

$$\text{Surtaxes} = EC \times PUS \quad (68)$$

Notation : pour le client payée la surtaxe n'ajoute pas le 20% avant et 18% actuellement du sous total (TVA) pour le total net à payer.

3- Pour la moyenne tension (MT) triple tarif :

Il n'y a pas beaucoup de différence démarche à suivre entre ces deux modes tarifaires pendant le calcul, sauf les suivants :

- le relevé du compteur a triple énergie active (triple enregistrement) :

$$LEAJ = WAAFMJ - WAADMJ \quad (69)$$

$$LEAP = WAAFMP - WAADMP \quad (70)$$

$$LEAN = WAAFMN - WAADMN \quad (71)$$

- Calcul d'énergie active à facturer (W') (énergie total):
Comptage sur MT triple tarif ; donc on a :

$$W' = WA \quad (72)$$

Sur cette partie, WA c'est la somme de trois énergies actives (Jour, Pointe, Nuit) ;

- Ventilation de la consommation C (W') du mois est toujours changer par tranche (Jour, Pointe, Nuit) pour calculer le montant de la consommation total (MCT) :

a % Calcul de pourcentage (%) :

$$PWAJ = \frac{WANJ \times 100}{WA} \quad (73)$$

$$PWAP = \frac{WANP \times 100}{WA} \quad (74)$$

$$PWAN = \frac{WANN \times 100}{WA} \quad (75)$$

b% Calcul de l'énergie consommée (WC):

$$WCJ = WA \times PWAJ \quad (76)$$

$$WCP = WA \times PWAP \quad (77)$$

$$WCN = WA \times PWAN \quad (78)$$

D'où, on a :

$$MCT = WC \times PU \quad (79)$$

Remarque :

En triple tarif :

- le prime fixe mensuelle = 12240 Ar ;
- redevances mensuelles des appareils de comptage = 128100 Ar ;

Les deux valeurs varient en fonction de prix unitaire.

4- Pour la Basse Tension (BT) :

Le système de calcul de la facturation est très différent par rapport au MT parce que le PU se divise en deux tranches. On va détaillée d'une manière plus approfondie le mode de calcul :

- Calcul d'énergie consommée (WC) :

$$WC = WAAF - WAADM \quad (80)$$

Un client a de type du tarif qui convient (voir le tableau) mais si la consommation dépasse l'énergie désignée sur le tableau, le client est obligé de payer le dépassement au prix unitaire 2^e tranche (voir le facture BT sur l'annexe).

V- 5. Impact du délestage sur le plan pédagogique :

Pendant la période du délestage, les activités pédagogiques sont interrompues, prenons quelque exemples de l'impacte suivant pour le cas de l'Université d'Antsirananana :

- les travaux pratiques (TP) ne sont pas bien déroulés ainsi la connaissance et l'expérience des apprenants se dégradent ;
- retard des activités d'administratifs (préparation de dossier);
- augmentation de la dépense des étudiant(e)s (achat de bougie et des piles, etc.....) ;
- diminution des temps d'études personnelles des étudiants, ils ont du mal à travailler avec une bougie. Cela porte atteinte la santé, la sécurité et l'instabilité de la vie estudiantine ;

CONCLUSION

Ce travail de mémoire nous a été indispensable car c'est l'occasion de mes premiers contacts avec la réalité professionnelle. Il nous apporte une aide technique et personnelle dans notre formation sur le domaine électrique, notamment dans l'insertion professionnelle afin que nous puissions s'y intégrer facilement.

D'après cette étude de l'impact socio-économique du délestage de la JIRAMA dans la commune Urbaine de Diego-Suarez, on constate que le système du travail du personnel demande une bonne organisation surtout au sein des centrales de production d'énergie. La maintenance des matériels surtout sur la partie d'exploitation de l'énergie mécanique de ces centrales (moteur thermique) est un des domaines qui nécessite de bonnes structures de gestion du travail.

De plus, afin d'améliorer la rentabilité de la JIRAMA mais également l'accès à l'électricité en particulier en milieu de la Commune Urbaine de Diego-Suarez, le Gouvernement a mis en œuvre une réforme du secteur électrique, qui permet la production fiable et durable, afin que les grands clients comme P.F.O.I. et la Brasserie STAR soient satisfaits parce qu'ils sont parmi les clients qui rendent beaucoup d'argent au JI.RA.MA.

Actuellement, la puissance électrique disponible à Diego-Suarez s'élève à 11350 kW. La production se répartit entre 3 centrales thermiques (EDM, JI.RA.MA., ENELEC) qui alimentent la ville toute entière.

Finalement, le délestage commence à disparaître si l'approvisionnement en carburant est bien assuré car la puissance fournie par les moteurs installés satisfait actuellement la demande de la population.

BIBLIOGRAPHIE

- Cours d'électrotechnique (traitement de l'énergie électrique) ; J.L.Dalmasso ; BELIN.
- Machines Electriques (réseaux industriels) ; Michel Paloujadouff ; DUNOD.
- Electricité 2 ; J. Boutigny ; Décembre 1986.
- La physique en questions (électricité et magnétisme) ; J.M. Levy – Leblond / A Butoli ; 1979.
- Leçon technologie générale ; 1er Année Mécanique Automobile au Lycée Technique et Professionnelle d'Ampasapito Tana.
- Encyclopédie 2003.
- Documents et données réelles :
 - de la JI.RA.MA. ;
 - du **P**êche et **F**roid de l'**O**céan **I**ndien (P.F.O.I.) ;
 - du Brasserie STAR ;
 - du SOAM ;
 - du menuisier JULIEN ;
 - de la commune Urbaine de Diego-Suarez.

WEBOGRAPHIE

- ALPES Technologies ; www.alpetch.fr - Email : com. @ alptech .fr ;
- Techniques de coupures des disjoncteurs BT ; [http:// www.schneider- electric.com](http://www.schneider-electric.com) ;
- Production d'énergie électrique dans une centrale ; Séance n°02 ;
- Substudy 4 Potentiel Micro / Mini Hydro Power Plants VN81081287 ; Sridhar Devkota (Consultant International) ; Jérôme Levet (Ingénieur Junior) ; Christian Lempelius (Coordinateur du projet) ; Dr. Razafindrabe Hary (Professeur, IST Antsiranana) ; Razaindrakoto Roger (Topographie).
- Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs Eoliens ; Dominique BUREAU ; Virginie SCHWARZ.

ANNEXES

Exemples pour mieux en expliciter la différence entre le cout de l'énergie:

P.F.O.I. sur Janvier 2006 : (voir le tableau 25 et le tableau 29)

❖ Jl.RA.MA. :

- Heure de fonctionnement = 542,98 h ;
- Coût = 73 803 343 Ar

❖ Groupe électrogène :

- Heure de fonctionnement = 338,05 h ;
- Coût = 87 930 767,16 Ar.

Brasserie STAR sur Mars 2006 : (voir le tableau 27 et tableau 31)

❖ Jl.RA.MA. :

- Heure de fonctionnement = 386 h ;
- Coût = 34 213 231 Ar.

❖ Groupe électrogène :

- Heure de fonctionnement = 358 h ;
- Coût = 63 376 619 Ar.

Exemple de la totalité du manque à gagner:

Pendant Janvier 2007 – Octobre 2007 :

P.F.O.I.: (voir le tableau 30)

- Heure de fonctionnement de la Jl.RA.MA. : 10 472,3 h ;
- Coût : 1 108 549 054 Ar ;
- Heure du délestage : 2914 h ;
- Coût : x.

On a :

$$x = \frac{2914 \times 1\,108\,549\,054}{10\,472,3}$$

D'où : $x = 308\,462\,510,5 \text{ Ar}$

Alors la société JIRAMA perd : 308 462 510 ,5 Ar.

Brasserie STAR :(voir le tableau 32)

- Heure de fonctionnement de la Jl.RA.MA. : 1 652 h ;
- Coût : 88 044 725 Ar ;
- Heure du délestage : 4 213 h ;
- Coût : x

On a :

$$x = \frac{4\,213 \times 88\,044\,725}{1\,652}$$

D'où : $x = 224\,535\,367 \text{ Ar}$

Alors la société JIRAMA perdu : 224 535 367 Ar.

Notation : cette valeur est pour le prix total de l'énergie brut consommée par les deux sociétés et en considérant aussi que le prix unitaire ne change plus.

Evolution de prix unitaire de l'énergie électrique dans la commune Urbaine de Diégo –Suarez :

Zone d'utilisation des postes à Diego-Suarez :

Tableau 01

DEPART N°1000 TANAMBAO			
ADRESSE	PUISSANCE en (kVA)	B1 /B2	A /E
Avenue Lally Tollendal	315	B2	PQ
Rue Soinvill « poste en coupure»		B2	
Gendarmerie Antanambao	250	B2	MX
Route D'Ambilobe	100	B2	PQ
Rue de la Prison	200	B2	PQ
Rue Roi Tsimiaro	400	B2	PQ
Cité S.I.M	160	B2	PQ
Gendarme Lazaret Sud	40	B2	PV
Hôpital Psychiatrique	100	B2	PQ
Camp Marine Malagasy			
Scierie Hoareau Eleuteur	63	B2	PV
Route de Ramena	63	B2	PQ
S.M.O.I « Ex Phase et balise »			
Rue de Sainte Marie	100	B2	PQ
Quartier Lazaret Nord	50	B2	PQ
Lycée Technique Rte d'Ambilobe	50	B2	
Labo Hydraulique de l'UNA	315+100	B2.B2	PV
C.A.P.R	40	B2	PV
Kharm Georges Rte Abattoir			
Chambre froide Mahamodo	160	B2	PV
Radiologie C.M.S JIRAMA	50	B2	PV
Labo Méca de l'UNM	100	B2	PV
Labo Electrique de l'UNM	100	B2	PV
Labo Electrique de l'UNM	50	B2	PV
Service Plan Lazaret Préfet	50	B2	PQ
SEIMAD Lazaret Cur	50	B2	PV
Lazaret Andasoa	50	B2	PQ
Manarintsoa Lazaret Cur	160	B2	PQ
Nosy Lonjo Rte Ramena	100	B2	PQ
Quartier Pirotechnique		B2	PQ

Tableau 02

DEPART N°2000 HOPITAL			
ADRESSE	PUISSANCE en kVA	B1 /B2	A /E
Rue de Corail	160	B1 /B2	PQ
Squart Clémenceau	400	B2	PQ
P.F.O.I	630 – 2x400	B1 /B2	PV
Casino Rue Colbert	100	B2	PV
C.M.D.M Ville Basse	100	B2	PV

Tableau 03

DEPART N°3000 MARINA			
ADRESSE	PUISSANCE en kVA	B1 /B2	A /E
Rue de Quai	50	B2	PQ
Boulevard Akaramy	100	B2	PQ
Rue de la Marne/Hôtel Mamoudjy	315+160	B2	PQ
Rue Mont Calme	630	B2	PQ
Solima R ^{te} Pirotechnique	50	B2	PV
Cite Grand Pavois	400	B2	PQ
Lapan'ny Tanàna	100	B2	PQ
Boulevard Etienne	160	B2	PQ
Hôtel des Postes Boulevard E.	160	B2	MX
Rue Villard Joyeuse	160	B2	PQ
E.M.D.S Camp Lunert	100	B1	PQ
SECREN Centrale Thermique			PV
Mindef R ^{te} Pyrotechnique			
Station émission Caméléon	50	B2	MX
SECREN Plateau			
Pêcherie de l'Ankarana	100	B2	PV
Bana Amiraute	50	B2	PQ

Tableau 04

DEPART N°4000 STAR			
ADRESSE	PUISSANCE en kVA	B1 /B2	A /E
TSF R ^{te} d'ANAMAKIA	50	B1	PQ
SOAM R ^{te} d'ANAMAKIA	100	B1	PV
STAR R ^{te} d'ANAMAKIA	2x800	B1	PV
Station de Pompage PK.7	160	B2	PQ
Arrachart Aéroport	100	B2	PV
Scama Sud-Ouest	160	B2	PQ
Cité Evolutive	100	B2	PQ
Sinpa Ambalavola			PV
TPM Ambalavola	100	B2	
Scama Lotissement	160	B2	PQ
CFM R ^{te} d'ANAMAKIA	50	B2	PV
L'Hôtel Escal Rte d'Ambilobe	50	B2	PQ
CFTL Antafiamalama	100	B2	PV
HODIMA Tannerie			PV
Travaux Public Ambalavola	100	B2	PV
Ambalavola Près EPP	100	B2	PQ
Habiba Yvette Antanamitarana	50	B2	PQ
Mada Surgèlle Antanamitarana	100	B2	PV
Nouvelle Abattoir			
Socra Scama R ^{te} d'Ambilobe	315	B2	PV
Société Normaex SAR	160	B2	PV
Concasseur M ^r CAID Hassan			PV
Villa de Renaissance	100	B2	PV

Atelier Trans-Continental			
Quartier Mahatsara	160	B2	PQ
Quartier Mahavokatra Scama	160	B2	PQ
Quartier Ambohimitsinjo	160	B2	PV
Ramena Sud « Près Badamer »	160	B2	PQ
Ramena Nord « Près Parcage »	160	B2	PQ
Avenir 21 R ^{te} Ramena	100	B2	PV
Rakotomaro Gervais Qté/Mah/tra	50	B2	PV
Congrégation Religieuse Paul 6	160	B2	PV
K'ing's Lodge R ^{te} d'Ambilobe	50	B2	PV
S.T.I.D Rue Colbert	360	B2	
Antanamitarana R ^{te} D'Ambilobe	160	B2	PQ
Akbaraly Houssen Antafiamalama	100	B2	PV
Faucon Claude Nord Meva Plage	160	B2	PV
L'Usine Normatel Ambalavola	100	B2	PV
Rajomatiana Ankoriky Hely	50	B2	PV
Cabos Monique R ^{te} Ramena	50	B2	PV
S ^{te} TELMA R ^{te} d'A/be-Scama	50	B2	PV
Suming Export AV.PH.Tsiranana	100	B2	PV
L'Hôtel Meva Plage R ^{te} Ramena		B2	
Antaris Lycée Technique	160	B2	PV
R.T.M R ^{te} d'Ambilobe	50	B2	PV
Q ^{tier} Morafeno R ^{te} D'Ambilobe	160	B2	PV
Q ^{tier} Ambalakazaha Morafeno	160	B2	PQ
La Note Bleu R ^{te} Ramena	100	B2	PV

Où :

- PV : Privé ;
- PQ : Public ;
- MX : Mixte ;
- A/E : Abonné

TABLE DES MATIERES

SUJET DU MEMOIRE
REMERCIEMENT
ABREVIATIONS

INTRODUCTION	1
PARTIE I : BREF MONOGRAPHIE DE LA VILLE DE DIEGO-SUAREZ	3
I- 1. HISTORIQUE	3
I- 2. SITUATION GEOGRAPHIQUE	3
I- 3. ORGANISATION TERRITORIALE	3
I- 4. LES FONCTIONS URBAINES	4
I- 5. LA SITUATION DEMOGRAPHIQUE	5
PARTIE II : SYSTEME DE PRODUCTION ET DE DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE	8
II- 1. SYSTEME DE PRODUCTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE	8
II- 1- 1. Généralité	9
II- 1- 2. Types de centrales électriques installées à Diégo-Suarez	9
II- 1- 3. Les éléments indispensables à la production de l'énergie électrique dans une centrale thermique	9
II- 1- 3- 1. Les éléments principaux	9
a- Combustion	9
a- 1. Rôle de la combustion	9
a- 2. Le gaz d'échappement	10
b- Moteur thermique Diesel	10
b- 1. Rendement du moteur thermique Diesel	11
b- 2. Démarrage	12
b- 3. Caractéristique du moteur Diesel installé à la centrale thermique de la société JIRAMA	13
c- Les alternateurs	13
c- 1. Structure	14
c- 1- 1. Le rotor	14
c- 1- 2. Le stator	16
c- 1- 3. L'excitatrice	16
c- 1- 4. Le couplage de l'enroulement statorique de l'alternateur du JIRAMA	17
c- 1- 4- 1. Couplage en étoile	17
c- 1- 4- 1- 1. Montage	17
c- 1- 4- 1- 2. Relation entre le courant, la tension de ligne et phase	18
c- 1- 4- 1- 3. Puissances	19
c- 1- 4- 1- 4. Perte par effet Joule	19
c- 1- 4- 2. Couplage en triangle	19
c- 1- 4- 2- 1. Montage	19
c- 1- 4- 2- 2. Relation entre le courant, la tension de ligne et phase	20

c -1- 4- 2- 3. Les différents avantages entre le couplage en étoile et le couplage en triangle	20
c-1- 4- 2- 4. Avantages et inconvénients	21
c- 2 Les caractéristiques de l'alternateur de la société JIRAMA	22
d- Les transformateurs triphasés	23
d- 1. Le principe de fonctionnement à la transformation de l'énergie	23
d- 2. Groupe de couplage	24
d- 3. Rôle de transformateur dans le transport de l'énergie électrique	26
d- 4. Les caractéristiques du transformateur	27
d- 4-1. Les éléments auxiliaires	28
d- 4- 1- 1. Compresseur d'air (nombre 4)	28
d- 4- 1- 2. Pompe à eau	28
d- 4- 1- 3. Aerorefroidisseur	28
d- 4- 1- 4. Pompe près graissage (nombre 1 par moteur)	28
d- 4- 1- 5. Séparateur d'huile (nombre 2 pour le moteur MAN)	28
d- 4- 1- 6. Centrifugeuse de gazole (nombre 2)	28
II- 1- 3. Maintenance	28
II- 1- 3- 1. Pour la maintenance préventive	29
a- Partie moteur thermique (ou moteur diesel)	29
b- Sur alternateur et excitatrice	29
c- Sur le transformateur	30
d- Les auxiliaires généraux	30
II- 1- 3- 2. Pour la maintenance corrective	31
a- Partie électrique	31
b- Partie moteur thermique	31
II-1- 4. Sécurités	32
a- Sur la partie motrice thermique	32
a- 1. Survitesse	32
a- 2. Sécurité de température	33
a- 3. Sécurité de pression d'huile	33
a- 4. Sécurité de pression d'eau	33
b- Sécurité de personne	33
II-2 SYSTEME DE DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE	34
II- 2- 1. Les différents types de réseaux électriques	34
II- 2- 2. Répartition de l'énergie électrique au niveau de la Commune Urbaine de Diego-Suarez	35
II- 2- 3. Câble de transport d'énergie électrique MT et BT	35
II- 2- 4. Les postes de transformation sur le réseau de la JI.RA.MA	37
II- 2- 4. Maintenance	37
II- 2- 5. SECURITE	37
II- 2- 5- 1. Sécurité de personne	37
II- 2- 5- 2. Sécurité des biens	37
II- 2- 6. PROTECTION CONTRE LES RISQUES ELECTRIQUES	38
II- 3. SCHEMA UNIFILAIRE DE L'INSTALLATION DANS LA CENTRALE THERMIQUE DE DIEGO-SUAREZ	38
PARTIE III	41
III- 1. ANALYSE DE PRODUCTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE AVANT LE DELESTAGE ET ACTUELLE	41
III- 1- 1. AVANT DELESTAGE	41

III- 1- 1- 1. Vérification de moteur installé et la puissance disponible apportée par la centrale thermique	41
III- 1- 2- 2. La capacité de la chaîne d'approvisionnement du carburant et l'énergie produit (relevée du mois de Janvier 1999 – Décembre 1999)	42
III- 1- 1- 3. Evaluation de nombre des clients approvisionnés et leur puissance souscrite (relevée du mois de septembre 2003)	44
III- 1- 2. Actuelle	45
III- 1- 2- 1. Vérification de moteur installé et la quantité d'énergie apportée par la centrale Thermique	45
III- 1- 2- 2. La capacité de la chaîne d'approvisionnement du carburant et l'énergie produit (relevée du mois de Janvier 2006 – Août 2007)	47
III- 1- 2- 3. Evaluation de nombre des clients approvisionnés et leur puissance souscrite (relevée du mois d'Octobre 2007)	49
III- 2. ANALYSE DES REPERCUSSIONS DU DELESTAGE SUR LA POPULATION ET SUR LES INDUSTRIES LOCALES	50
III- 2- 1. Etude de diminution de la production de l'énergie électrique	50
III- 2- 1- 1. Problème technique	50
III- 2- 1- 2. Problème d'approvisionnement du carburant	51
III- 2- 2. Approvisionnement de l'énergie électrique fiable et durable	52
PARTIE IV : ETUDE DE L'IMPACT SOCIO-ECONOMIQUE DU DELESTAGE	54
IV- 1. AU NIVEAU DE LA SOCIETE : BILAN DE FONCTIONNEMENT DES GROUPES ELECTROGENES DE SECOURS	54
IV- 1- 1. PFOI	54
IV- 1- 2. BRASSERIES STAR	56
IV- 2. AU NIVEAU DE LA JI.RA.MA.	59
IV- 2- 1. PECHE ET FROID DE L'OCEAN INDIEN (P .F.O.I.)	59
IV- 2- 2. BRASSERIES STAR	63
IV- 3. AU NIVEAU DE LA COMMUNE URBAINE	66
IV- 4. AU NIVEAU DE L'ETAT	66
IV- 5. AU NIVEAU DE LA POPULATION	67
PARTIE V : IMPLICATION PEDAGOGIQUE	69
ETUDE D'UNE FACTURATON DE L'ENERGIE ELECTRIQUE	69
V- 1. RAPPEL DE NOTIONS FONDAMENTALES DE L'ELECTRICITE	69
V- 1- 1. Courant électrique	69
V- 1- 2. Différence de potentiel ou tension électrique	70
V- 1- 3. Puissances	71
V- 1- 4. Résistance électrique – Loi d'ohm	73
V- 2. L'énergie consommée par un récepteur	74
V- 3. Comptage d'énergie mesurée	75
V- 4. Etude de facturation de l'énergie consommée	75
1- Pour la moyenne tension MT	75
1- 1. Lectures (L)	77
1- 1- 1. Energie active contrôle (WA)	77
1- 1- 2. Energie réactive (WR)	77
1- 1- 3. Horaire (H)	77
1-2. Coefficient (k)	77
1- 2- 1. Montage sur BT	77
1- 2- 2. Montage sur MT	77
1- 3. Valeur de WA et WR et H brut ou net	77

2-Facturation sur MT simple tarif	77
2-1. Calcul d'énergie active à facturer (W ')	77
2-2 Calcul de facteur de puissance	77
2-3. Puissance apparente	78
2-4. Nombre d'heure d'utilisation de la puissance souscrite (DUPS) du mois	78
2-5. Montant prime fixe (MPF)	78
2-6. Montant consommation (MC) ou montant brut (MB)	78
2-6-1 Calcul de Bonus et Malus	78
2-6-2 Calcul de bonus et malus total	78
2-7. Redevances mensuelles	78
2-8. Surtaxes	79
3- Pour la moyenne tension (MT) triple tarif	79
4- Pour la Basse Tension (BT)	80
V- 6 Impact du délestage sur le plan pédagogique	81
CONCLUSION	81
ANNEXE	
TABLE DES MATIERES	