

REPUBLIQUE DE MADAGASCAR
Tanindrazana-Fahafahana-Fandrosoana
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR



*ECOLE NORMALE SUPERIEURE POUR L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
(E.N.S.E.T)*

Département d'électricité

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme :
Certificat d'Aptitude Pédagogique de l'Ecole Normale
(C.A.P.E.N)

Option : **Technique**
Filière : **Génie Electrique**

ETUDE D'UN PROJET D'ELECTRIFICATION DE L'ILE DE NOSY-FALY

Présentés par :
CLEMENT Tarcissius
RAZAFIMANDIMBY Antonie

Soutenu le 07 décembre 2005 devant les membres de jury composé de :

- **Mr. RABE Tsirobaka** (Président du jury)
- **Mr. SAID M'ze** (Encadreur)
- **Mr. RANDRIAMAROMILA Richard** (Examineur)
- **Mr. MOUSSA** (Examineur)

Promotion
M.I.F.A.N.A.M.P.I
(Mouvement des Ingénieurs Formateurs pour un
Avenir National Mondialisé pour leur Professorat Intègre)

-Décembre 2005-

REMERCIEMENTS

Ce travail a été effectué sous la direction de Monsieur SAJD M'ze qui nous a proposé ce sujet.

Nous sommes très heureux de pouvoir lui exprimer pleinement notre reconnaissance pour ses bienveillantes attentions et, ses conseils, ainsi que les nombreux encouragements qu'il n'a pas cessé de prodiguer du jusqu'à la fin de ce travail.

Hommage respectueux et sincères remerciements également :

- *Aux membres de jury qui vont porter leur jugement sur ce travail ;*
- *A tous les enseignants de l'ENSET d'ANTSIRANANA, en particulier ceux de la filière GENIE ELECTRIQUE, qui ont su transmettre leur savoir-faire et leur connaissance ;*
- *A tous nos camarades de promotion qui ont su créer une atmosphère fraternelle tout au long de notre vie estudiantine ;*
- *A tous nos frères et sœurs, en christ ainsi qu'à toutes les personnes qui nous ont apporté leur soutien pour l'accomplissement de ce travail ;*
- *A notre famille et, plus particulièrement, à nos parents qui, grâce à leur soutien spirituel, moral et financier, nous avons pu terminer ce mémoire de fin d'étude ;*
- *A tous nos amis, qui ont partagé au quotidien nos espoirs et nos inquiétudes, qui nous ont réconforté dans les moments difficiles.*

Nous aimerions leur faire connaître nos gratitude en leur dédiant ce travail.



RAZAFI MANDIMBY Antonie



CLEMENS Tarcissius

*Raha tsy Jehovah no manao
ny trano, dia miasa foana ny
mpanao azy.*

*Raha tsy Jehovah no
miambina ny tanàna, dia
miati-tory foana ny
mpiambina.*

(Salamo 127 : 1)

SOMMAIRES

REMERCIEMENTS	
INTRODUCTION	01
Chapitre I : MONOGRAPHIE DE L'ILE DE NOSY-FALY	02
I.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE	03
I.1.1 Carte actuelle de la commune Antafiambotry avec les différents Fokotany et villages.....	03
I.1.2 Carte actuelle de l'île de Nosy-Faly.....	05
I.1.3 Les villages étudiés et leurs distances.....	06
I.2 SITUATION CLIMATIQUE	06
I.3 RELIEF MORPHOLOGIQUE	06
I.3.2 Villages limitrophes.....	06
I.3.3 Agglomération et lotissement.....	06
I.4 HISTORIQUE D'OCCUPATION DE L'ILE	06
I.5 ACTIVITES ECONOMIQUES	07
I.5.1 Agriculture.....	07
I.5.2 Elevage.....	07
I.5.3 Pêche	08
I.6 POPULATION	09
I.7 SITUATION ENERGETIQUE ACTUELLE	10
Chapitre II BESOINS ENERGETIQUES DES QUATRE VILLAGES	11
II.1 POUR ANTAFIAMBOTRY	12
II.2 POUR AMPASIKELY	12
II.3 POUR AMPASINDAVA	12
II.4 EVALUATION TOTALE DES BESOINS POUR LES QUATRE VILLAGES	13
II.4.1 Classification des foyers par catégorie.....	13
II.4.2 Inventaire des charges prévisionnelles.....	14
II.5 Puissance estimée dans les cinq années à venir.....	15
II.5.1 Pour Antafiambotry.....	16
II.5.2 Pour Ampasikely.....	16
II.5.3 Pour Ampasindava.....	16
Chapitre III SYSTEMES DE PRODUCTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE	17
III.1 GENERALITE	18
III.2 SYSTEME DE PRODUCTION D'ELECTRICITE PAR L'ENERGIE HYDRAULIQUE	18
III.2.1 Les productions de l'énergie électrique en hautes chutes.....	18
III.2.1.1 Disposition.....	19
III.2.1.2 Exemple de références des matériels.....	19
III.2.1.3 Fonctionnement en haute chute avec une turbine Pelton.....	20
III.2.2 Les productions de l'énergie électrique en moyenne chute	20
III.2.2.1 Disposition.....	21
III.2.2.2 Différentes types de barrage.....	21
III.2.2.3 Turbine Francis.....	21
III.2.2.4 Exemple de références des matériels.....	22
III.2.3 Les productions de l'énergie électrique en basse chute.....	22

III.2.3.1 Disposition.....	23
III.2.3.2 Turbine Kaplan.....	23
III.2.3.3 Exemple : Centrale de Rhinau sur le Rhin.....	23
III.3 SYSTEME DE PRODUCTION D'ELECTRICITE PAR ENERGIE THERMIQUE CLASSIQUE.....	24
III.3.1 Principe de fonctionnement.....	24
III.3.1.1 Générateur de vapeur.....	24
III.3.1.2 Gaz de combustion.....	24
III.3.1.3 Fonctionnement de circuit eau vapeur.....	25
III.3.2 Exemple de caractéristiques d'une unité de 600MW	25
III.3.2.1 Pour le générateur de vapeur.....	25
III.3.2.2 Pour la turbine.....	25
III.3.2.3 Pour l'alternateur.....	25
III.4 SYSTEME DE PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE PAR PANNEAU SOLAIRE.....	26
III.4.1 Piles photovoltaïques.....	26
III.4.1.1 Schéma bloc de fonctionnement.....	27
III.4.1.2 Exemple de panneau solaire.....	27
III.4.1.3 Performances des panneaux solaires.....	28
III.4.2 Utilisation des concentrateurs solaires.....	28
III.4.2.1 Schéma bloc de fonctionnement.....	29
III.4.2.2 Fonctionnement.....	29
III.5 SYSTEME DE PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE PAR ENERGIE EOLIENNE.....	30
III.5.1 Schéma de principe de petite éolienne.....	30
III.5.2 Principe de fonctionnement.....	31
Chapitre IV COMPARAISON ENTRE ENERGIE RENOUVELABLE ET ENERGIE CONVENTIONNELLE.....	32
IV.1 DEFINITION.....	33
IV.1.1 Energie renouvelable.....	33
IV.1.2 Energie conventionnelle (non renouvelable).....	33
IV.2 AVANTAGE ET INCONVENIENT DES ENERGIES RENOUVELABLES.....	34
IV.2.1 Avantages.....	34
IV.2.2 Inconvénients.....	34
IV.3 AVANTAGES ET INCOVENIENTS DES ENERGIES CONVENTIONNELLES.....	34
IV.3.1 Avantages.....	34
IV.3.2 Inconvénients.....	34
IV.4 CHOIX DES SOURCES D'ENERGIE ELECTRIQUE ADAPTEES POUR L'ILE DE NOSY-FALY.....	35
Chapitre V ETUDE COMPARATIVE DE SYSTEMES DE PRODUCTION POSSIBLES SUR LES QUATRE VILLAGE..	36
V.1 SYSTEME DE PRODUCTION PAR PANNEAU SOLAIRE.....	37
V.1.1 Disposition des stations de recharge sur les deux villages.....	37
V.1.2 Station de recharge Antafiambotry.....	39
V.1.3 Station de recharge Ampasikely.....	40
V.1.4 Liste des matériels nécessaires pour les deux stations.....	41
V.1.5 Coût estimatif des matériels.....	42
V.1.6 Disposition de l'installation des abonnés.....	43

V.1.7 Calcul de capacité pour une batterie.....	44
V.1.7.1 Méthode de calcul de puissance journalière.....	44
V.1.7.2 Puissance d'une batterie en fonction d'autonomie souhaitée.....	46
V.1.8 Coût d'électricité produite.....	47
V.2 SYSTEME DE PRODUCTION PAR GROUPE ELECTROGENE.....	47
V.2.1 Schéma bloc d'un groupe électrogène.....	47
V.2.2 Le groupe électrogène pour 4 villages.....	47
V.2.2.1 Tableau et courbes de charges.....	47
V.2.2.2 Interprétation.....	49
V.2.3 Puissance de groupe installée.....	49
V.2.4 Méthode d'implantation de la centrale.....	50
V.2.5 Disposition de la centrale sur la carte de l'île de Nosy-Faly.....	50
V.2.6 Schéma d'installation de la centrale thermique diesel.....	52
V.2.7 Choix des appareillages pour l'installation.....	54
V.2.7.1 Choix des générateurs synchrones (G_1 et G_2).....	54
V.2.7.2 Choix des disjoncteurs.....	55
V.2.7.3 Choix des sectionneurs.....	59
V.2.7.4 Choix des transformateurs de puissance.....	61
V.2.7.6 Choix des jeux de barre JB_1 et JB_2	62
V.2.7.7 Choix de conducteur de ligne.....	64
V.2.8 Les matériels nécessaires pour la production d'énergie thermique...	65
V.2.9 Installation typique des abonnés.....	68
V.2.10 Consommation des futures abonnées.....	69
Chapitre VI IMPLICATION PEDAGOGIQUE.....	72
VI.1 ELECTRICITE.....	74
VI.1.1 Définition.....	74
VI.1.2 Tableau des énergies électriques.....	75
VI.2 CONVERSION DE L'ENERGIE SOLAIRE.....	76
VI.2.1 Définition.....	76
VI.2.2 Principe de fonctionnement.....	76
VI.3 CONVERSION D'ENERGIE PAR EOLIENNE.....	77
VI.3.1 Définition.....	77
VI.3.2 Principe de fonctionnement.....	77
VI.4 CONVERSION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE.....	78
VI.4.1 Définition.....	78
VI.4.2 Principe de fonctionnement.....	78
VI.5 CONVERSION PAR ENERGIE HYDRAULIQUE.....	89
VI.5.1 Définition.....	89
VI.5.2 principe de fonctionnement.....	89
VI.6 CONVERESION D'ENERGIE PAR GROUPE ELECTROGENE.....	80
VI.6.1 Définition.....	80
VI.6.2 Principe de fonctionnement.....	80
VI.7 EVALUATION.....	80
VI.7.1 Exercice d'application.....	80
VI.7.2 Correction de l'exercice.....	81
CONCLUSION GENERALE.....	82
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	



INTRODUCTION

Actuellement à Madagascar, l'objectif du gouvernement est d'amener le pays au développement économique et social. Pour atteindre cet objectif, la volonté du gouvernement est d'accélérer l'électrification du pays notamment dans les zones rurales car dix pour cent de la population malgache seulement ont accès à l'électricité en milieu rural. Dans cette politique le ministère de l'énergie et des mines a libéralisé le secteur de l'électricité permettant ainsi aux organismes privés d'implanter des projets d'électrification.

Pour pouvoir réaliser un tel projet, il faut faire d'abord des études. L'objet du présent mémoire de fin d'étude est d'étudier la faisabilité de l'électrification de quelques villages d'une petite île appelée Nosy-Faly dans le sous préfecture d'Ambanja.

Cette étude, se subdivise en six chapitres :

Le premier chapitre, traite de la monographie de l'île de Nosy-Faly ;

Le chapitre deux met en exergue les besoins énergétiques des quatre villages ;

Le chapitre trois porte sur les systèmes de production de l'énergie électrique ;

Le quatrième chapitre est consacré à la comparaison entre énergie renouvelable et énergie conventionnelle.

Le chapitre cinq est réservé aux études comparatives de système de production de l'énergie électrique possible sur les quatre villages.

Comme il est d'usage pour les normaliens, ce travail de mémoire se termine par un chapitre réservé à l'implication pédagogique.



Chapitre I

MONOGRAPHIE DE L'ILE DE NOSY-FALY



Chapitre I

MONOGRAPHIE DE L'ILE DE NOSY-FALY

I.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

L'île de Nosy-Faly est située sur la partie nord-ouest du district d'Ambanja, distant de 50Km dont les 25Km sont bitumées c'est-à-dire d'Ambanja à Ambaliha et les restes sont en route secondaire.

Elle est composée de 14 villages mais notre étude se limite sur 4 villages seulement dont : Antafiambotry, Ampasikely ambony, Ampasikely ambany, et Ampasindava. Un chenal de 500 mètres mais très profond séparé le village d'Antafiambotry et d'Ampasimena.

I.1.1 Carte actuelle de la commune Antafiambotry avec les différents Fokotany et villages

La figure ci-dessous montre la disposition de tous les villages de la commune Antafiambotry ainsi que les pistes secondaires et les pistes sentiers.



I.1.2 Carte actuelle de l'île de Nosy-Faly

On voit que sur la figure précédente, l'île de Nosy Faly est rattachée à la commune Antafiambotry. La figure ci-dessus montre la disposition de tous les villages existant sur l'île ainsi que les 4 villages à étudier.

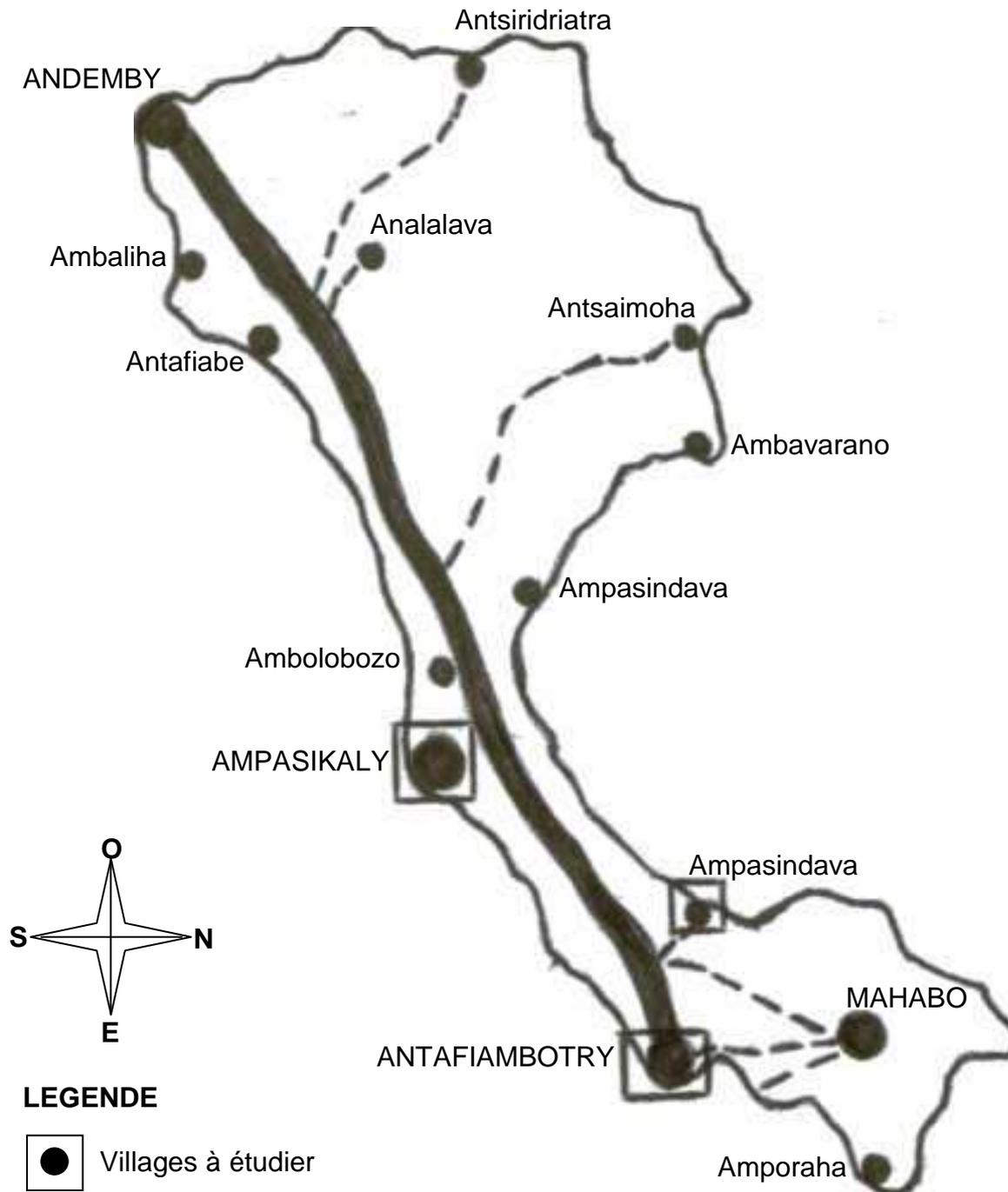


Fig.I.2 Carte actuelle de l'île Nosy-Faly.



I.1.3 Les villages étudiés et leurs distances

La distance de chaque village par rapport au chef lieu de village (Antafiambotry) est indiquée dans le tableau ci-dessus.

Tableau I.1 : Distance des villages à étudier

FOKOTANY	Distance des villages
Antafiambotry	00Km
Ampasikely ambony	04Km
Ampasikely ambony	04.8Km
Ampasindava	03Km

I.2 SITUATION CLIMATIQUE

Comme dans l'ensemble de la région du Sambirano, la zone connaît deux saisons :

- ❖ Une d'octobre à mars amène une forte pluie, chaude ;
- ❖ Le reste de l'année fraîche et sec.

I.3 RELIEF MORPHOLOGIQUE

L'île de Nosy-Faly est assez plate et entourée des îlots. Dans cette île, la colline est presque inexistante.

I.3.1 Utilisation du sol

Le sol de cette île est utilisé pour les occupations suivantes :

- Habitation
- Bungalows
- Agriculture
- Lieu de culte
- Habitation temporaire des pêcheurs

I.3.2 Villages limitrophes

Les villages limitrophes de cette île sont :
Au sud le village ampasimena, au sud-est le village d'Anjiamanoro.

I.3.3 Agglomération et lotissement

L'île de Nosy-Faly est composée de 4 fokotany dont les 3 se trouvent sur la côte sud-ouest de l'île et le reste au nord.
La population de cette île se concentre dans des zones productives et de la pêche.

I.4 HISTORIQUE D'OCCUPATION DE L'ILE

Les premiers occupants de l'île sont les Sakalava anjoaty. Ce sont des peuplades originaires de Vohémar. Historiquement l'occupation des lieux est due à la quête de nouvelles terres d'occupation suite aux conflits fratricides entre les roitelets mais aussi à la recherche de nouveau pâturage Nosy Faly c'est-à-dire l'île taboue est célèbre car certains rois qui y sont enterrés.



I.5 ACTIVITES ECONOMIQUES

Comme toute la région du Sambirano, l'île de Nosy-Faly a des ressources et des activités économiques telles que : agriculture, élevage, pêche.

I.5.1 Agriculture

Tableau I.2 : Agriculture

FOKOTANY	ANTAFIAMBOTRY		MPASIKELY		AMPASINDAVA	
	S (ha)	P (t)	S (ha)	P (t)	S (ha)	P (t)
Spéculation						
Riz (paddy)	43	30	17,57	12.3	71.42	50
Café (coque)	16,66	05	0,5	0.15	13.33	04
Poivre noir	0,2	0,04	00	00	2.5	0.5
Anacardier	8,33	05	0,33	0.2	100	60
Mais grain	00	00	0,03	0.075	0.25	0.5
Banane	00	00	00	00	0.25	01
Ananas	00	00	00	00	0.4	04
Orange	05	10,5	07	14	05	10.5
Coco	09	06	0,80	0,78	02	0,45
TOTAL	82,19	56,54	26,23	27,505	195.15	130.95

S : Surface cultivée.

P : poids de la production.

Le tableau ci-dessus montre que l'île de Nosy-Faly est riche en culture d'anacardier et de cocotier. Elle ne dispose pas des terrains propices à la culture (de café et du poivre).

La production de riz pour la culture pluvial (tavy) s'élève jusqu'à 464.5 tonnes de paddy par an.

Les cultures vivrière (telles que le maïs, manioc, banane, etc.....) sont peu pratiquées ceci s'explique par le fait que la présence des nombreux sangliers empêchent les cultivateurs de cultiver en grande surface.

I.5.2 Elevage

Tableau I.3 : Elevage

FOKOTANY	BOVINS	CAPRINS	PORCINS	VOLAILLES
Antafiambotry	126	00	00	175
Ampasikely	00	00	00	1650
Ampasindava	370	00	213	300
TOTAL	496	00	213	2100



L'élevage contemplatif domine. Pas d'embauche, uniquement élevage naisseur ; les chiffres présentés dans ce tableau, montre que : l'élevage contemplatif de bovin domine (496 têtes de zébus) ; ensuite l'élevage de cheptel de porcins (213 têtes). En ce qui concerne les volailles le nombre figuré dans ce tableau (2100) est plus ou moins inférieur en par rapport aux autres communes.

I.5.3 Pêche (Tonnage capturé)

Tableau I.4 : Pêche

DESIGNATIONS	QUANTITE (t)	OBSERVATION
Poissons frais (petit pélagique)	5508	On rencontre deux types de pêcheur : Pêcheurs traditionnels qui utilisent la pirogue en voile (en totalité pêcheurs artisanaux qui utilisent la vedette et la pirogue motorisée au nombre de 64), c'est un village pilote de CFP/GTZ pêche Nosy-Be
Poissons frais (poisson de roche)	104.46	
Chair de requins secs	286.6	
Ailerons de requins secs	12.36	
Crabes verts de mangrove (scylla serrate)	15.36	
Langouste	03	
Chevaquine (patsa)	1755.16	
Trépang	10.5	
TOTAL	7695.44	

Ce tableau montre que la pêche est une activité très rémunératrice dans cette île, car elle est riveraine à la mer du canal de Mozambique. Les ressources halieutiques : de petits pélagiques (Sardine, Mahaloky, etc.....) aux Chevaquines (patsa) respectivement 5508 tonnes et 1755.16 tonnes sont très réputées dans l'île.



I.5.4 Population

Tableau I.5 : Nombre de populations

AGES Sexes	0 à 5 ans			6 à 10 ans			11 à 17 ans			18 à 60 ans			Plus de 60 ans			Total			
	H	F	Total	H	F	Total	H	F	Total	H	F	Total	H	F	Total	H	F	Total	
Fokotany																			
Antafiambotry	74	36	110	98	103	201	41	50	91	169	191	360	09	18	27	391	398	789	
Ampasikely	33	45	78	106	103	209	29	32	60	84	79	163	11	24	35	263	282	545	
Ampasindava	129	93	222	74	83	157	49	55	104	134	155	289	28	43	71	294	406	800	
Total	236	174	410	270	289	567	119	137	255	387	425	812	48	85	133	1048	1086	2314	

La population présente une légère sur féminité (femme : 1086 contre homme : 1048).

La fluctuation des âges dans le tableau présente une base extrêmement large où les moins de 20 ans représentent 56.72% de la population, et 43.27% de la population comprise entre 18 et plus 60 ans constitue la force vive. Donc, l'île dispose d'un potentiel humain assez conséquent pour assurer son développement.



I.5.5 Situation énergétique actuelle

Actuellement, sur les 4 villages étudiés, il y a 5.6% de foyers qui utilisent déjà une source d'énergie électrique pour leurs éclairage domestique et activités quotidiennes à l'aide d'un groupe électrogène et panneaux solaires. Mais ces panneaux solaires ne sont plus en bon état. Il y a une panne sur la batterie, c'est-à-dire, elle ne retient pas ses charges. Pour le village d'Antafiambotry, il y existe 4 groupes électrogènes qui sont cités dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.6 : Les 4 groupes électrogènes

DESIGNATION	NOMBRE	PUISSANCE NOMINALE P_n EN (W)	FACTEUR DE PUISSANCE $\cos\phi$	TENSION NOMINALE U_n EN (V)	FREQUENCE f EN (Hz)	CHARGES
Groupe électrogène	02	950	1	220	50	-01 salle vidéo -04 ampoules -01 congélateur -01 ventilateur
Groupe électrogène	01	520	1	220	50	-06 ampoules -01 télévision -01 ventilateur -01 lecteur VCD
Groupe électrogène	01	2200	1	220	50	-01 salle vidéo -01 congélateur -01 ventilateur

Il y a aussi un panneau solaire qui alimente le CSB II (Centre Sanitaire de Base II) avec les caractéristiques suivantes :

- $P_{max} = 800W$
- $V_{oc} = 21V$
- $V_{pmax} = 16,4V$
- $I_{pmax} = 2,55A$
- $CellT = 49^\circ C$

Pour Ampasikely, deux groupes électrogènes identiques, c'est-à-dire, ayant les mêmes caractéristiques :

- $P_a = 800W$
- $\cos\phi = 1$
- $U_n = 220V$
- $I_n = 3,6A$
- $f = 50Hz$

D'après l'enquête qu'on a fait sur les propriétaires de ces sources d'énergie, ils disent qu'ils sont satisfaits sur la fiabilité de leurs appareils car ils peuvent fournir leur besoin en électricité.



Chapitre II

BESOINS ENERGETIQUES DES QUATRE VILLAGES



Chapitre II

BESOINS ENERGETIQUES DES QUATRE VILLAGES

Selon l'étude qu'on a fait sur cette île, on constate que les gens ont besoin d'énergie électrique pour faire développer leurs activités quotidiennes, surtout la pêche. Pour mieux évaluer ces besoins une enquête sur place a été effectuée durant deux semaines. Pour raison d'insuffisance de temps quatre villages seulement (Antafiambotry, Ampasikely ambony, Ampasikely ambany et Ampasindava) ont été pris en considération.

II.1 POUR ANTAFIAMBOTRY

Le village d'Antafiambotry est le plus vaste par rapport aux autres. Presque tous les habitants sont des pêcheurs. Des enquêtes ont été faites sur chaque lots pour savoir les charges qu'ils forment essentiellement utiliser en énergie électrique. Les résultats montrent que la population voudrait utiliser les charges suivantes : ampoules, ventilateurs, réfrigérateurs, congélateurs, télévisions, lecteur VCD, radio cassette, tour électrique, fer à repasser, mégaphone, clavier.

D'après ces enquêtes, actuellement nous avons pu estimer que les habitants d'Antafiambotry ont besoin de 38KW environ. Ce chiffre est obtenu par l'analyse des données des enquêtes qu'on a faites sur ce village.

II.2 POUR AMPASIKELY

Le village d'Ampasikely est composé en fait de deux villages distants de 800m. Comme à Antafiambotry, tous les habitants sont presque des pêcheurs. Pour pouvoir évaluer leurs besoins en énergie électrique, on a fait des enquêtes accompagnées par les quartiers mobiles pour faciliter les tâches. On constate qu'ils voudraient utiliser les différentes charges suivantes : ampoules, ventilateurs, réfrigérateurs, congélateurs, fer à repasser, machine à coudre, brushing, mégaphone, ordinateurs, tour électrique.

D'après l'analyse des résultats, on constate que les habitants de ces deux villages auront besoin de 33KW environ.

II.3 POUR AMPASINDAVA

Le village d'Ampasindava est assez grand mais peu peuplé. Il possède environ 2Km de plage en sable fin. Les activités quotidiennes des habitants se concentrent sur la culture vivrière et la pêche.

Pour mieux connaître leurs besoins énergétiques, on a fait une enquête identique aux deux villages précédents. On a eu les résultats sur le nombre des : ampoules, ventilateurs, réfrigérateurs, congélateurs, brushing, radio cassette, télévisions, lecteur VCD, machine à coudre. On trouve que ce village a besoin de 3KW environ actuellement.



II.4 EVALUATION TOTALE DES BESOINS POUR LES QUATRE VILLAGES

Les résultats des enquêtes ci-dessus, montrent que leurs besoins énergétiques sont différents. On constate que le village le plus peuplé a besoin d'une quantité d'énergie plus importante par rapport au village moins peuplé. Donc actuellement, la puissance éventuelle de l'ensemble des charges des quatre villages est évaluée aux environs de 70KW. Cette puissance concerne 124 foyers dont 83 pour Antafiambotry, 37 Ampasikely ambony et ambany et 4 pour Ampasindava.

En analysant les résultats des enquêtes, on trouve que les besoins énergétiques des foyers peuvent être classifiés en quatre catégories à savoir :

- **Catégorie 1** : Les foyers utilisant l'électricité pour l'éclairage et l'alimentation de petit radio ;
- **Catégorie 2** : Les foyers qui ont besoin d'électricité pour l'éclairage et l'alimentation des divers appareils domestiques, tels que : radio, télévision, lecteur VCD et ventilateur ;
- **Catégorie 3** : Les foyers ayant besoin d'électricité pour l'éclairage, la radio, la télévision, lecteur VCD, ventilateur, réfrigérateur et congélateur,
- **Catégorie 4** : Les foyers qui utilisent en plus d'autres charges que celle de la catégorie 3.

II.4.1 Classification des foyers par catégorie

Le tableau ci-dessous montre la classification des foyers sur chaque village par catégorie.

Tableau II.1 Classification des foyers

	ANTAFIAMBOTRY		AMPASIKELY		AMPASINDAVA		QUATRE VILLAGES	
	Nombre de foyers	Pourcentage en %						
Catégorie 1	18	21.7	02	05.4	00	00	20	16.1
Catégorie 2	38	45.8	09	24.3	01	25	48	38.8
Catégorie 3	16	19.3	17	46	01	25	34	27.4
Catégorie 4	11	13.2	09	24.3	02	50	22	17.7
TOTAL	83	100	37	100	04	100	124	100

D'après le tableau ci-dessus, à Antafiambotry, on trouve que la plupart des gens ont besoin l'électricité pour l'éclairage et l'alimentation de radio, télévision, lecteur VCD et ventilateur (Catégorie 2).

Pour Ampasikely, ils ont besoin l'électricité dans la catégorie 3 et pour les gens Ampasindava, la moitié des habitants se trouve dans la catégorie 4. Donc pour qu'on puisse choisir le système de production d'énergie électrique et en tenant compte du coût de l'énergie produite, il est nécessaire de savoir le nombre de foyers intéressés à ce projet d'électrification et les charges qui seront utilisées à l'arrivée de l'électricité.



Tableau II. 2 : Classification de puissance

	Puissance corresponde en (W)
Catégorie 1	≤ 100
Catégorie 2	200
Catégorie 3	500
Catégorie 4	> 500

Le Tableau ci-dessus nous montre que, actuellement la plupart des futurs abonnés d'Antafiambotry ont besoin de puissance égale de 200W, une puissance de 500W pour Ampasikely et Supérieur de 500W pour Ampasindava.

II.4.2 Inventaire des charges prévisionnelles

C'est à partir des charges prévisionnelles qu'on détermine la puissance estimée sur chaque village. C'est pour cela qu'on met sur le tableau ci-dessous les différentes charges prévisionnelles avec leurs puissances sur chaque village.



Tableau II.3 Inventaire des charges prévisionnelles.

FOKONTANY	ANTAFIAMBOTRY		AMPASIKELY		AMPASINDAVA		
	Puissance unitaire en (W)	Nombre	Puissance Totale en (W)	Nombre	Puissance Totale en (W)	Nombre	Puissance Totale en (W)
Ampoule	60	305	18300	144	8640	12	720
Ventilateur	50	43	2150	24	1200	02	100
Réfrigérateur	200	10	2000	13	2600	02	400
Congélateur	200	18	3600	17	3400	01	200
Radio	20	63	1260	34	680	04	40
Télévision	100	53	5300	32	3200	02	200
Lecteur VCD	20	45	900	25	500	02	40
Machine à coudre	15	00	00	03	45	01	15
Fer à repasser	1500	02	3000	05	7500	00	00
Brushing	1600	00	00	02	3200	01	1600
Tour électrique	1500	01	1500	01	1500	00	00
Ordinateur	450	00	00	02	900	00	00
TOTAL			38010		33365	3315	
Valeur approchée			38000		33000	3315	

II.5 Puissance estimée dans les cinq années à venir

Une étude d'approvisionnement en énergie électrique doit prévoir des besoins à long terme. Donc, d'après l'étude qu'on a fait sur l'île, on estime que le réseau électrique peut presque couvrir toute l'île. Mais parmi les 14 villages existant sur cette île, on ne considère que les quatre villages qu'on a étudiés. Alors la puissance nécessaire dans les cinq années à venir augmente sur chaque village.



II.5.1 Pour Antafiambotry

La puissance 38KW actuellement estimée peut atteindre jusqu'à 65KW dans les cinq années à venir par l'adoption de l'hypothèse suivantes :

- ◆ Il y aura une augmentation de 50% des foyers abonnées sur ce village qui atteindront 41 environ, consommant en moyenne 300W par foyer ;
- ◆ Existence de deux hôtels restaurants nécessitant une puissance, de 5KW chacun ;
- ◆ Deux boutiques de glace avec une puissance de 1KW chacune ;
- ◆ Un petit atelier réparateur de pirogue consommant une puissance de 3KW.

Compte tenu de ces hypothèses, on peut estimer que dans les 5 années à venir le village Antafiambotry aura besoin d'une puissance 65KW environ.

II.5.2 Pour Ampasikely

On a vu précédemment que les besoins énergétiques actuels du village d'Ampasikely sont moindres que celui d'Antafiambotry.

En prenant les diverses hypothèses suivantes, ce besoin en électricité atteindra 56KW environ dans les cinq années à venir :

- ◆ La croissance de foyers intéressés à ce projet est estimé à 75% de ceux qui existent actuellement, consommant une puissance de 11KW environ.
- ◆ Un Hôtel restaurant de puissance 5KW.
- ◆ Un atelier de soudure de puissance 2KW et un atelier bois de 3KW.
- ◆ Deux boutiques de glace consommant une puissance de 2KW.

II.5.3 Pour Ampasindava

Parmi les quatre villages concernés à ce projet, on voit que le besoin énergétique actuel d'Ampasindava est plus petit par rapport aux autres villages. Donc, pour pouvoir estimer la puissance dans les 5 années à venir sur ce village, on adopte les hypothèses suivantes :

- ◆ Deux Snack bar avec bungalows pour les touristes de puissance moyenne 2KW.
- ◆ Les foyers intéressés augmentent de 25 foyers environs, consommant une puissance de 7.5KW.
- ◆ Deux Hôtels restaurants de 10KW en moyenne.

Compte tenu de ces hypothèses, dans cinq ans les besoins en électricité du village d'Ampasindava deviendra 23KW environ.

Pour assurer la fiabilité de la production d'énergie, le producteur prévoit une puissance de 145KW environs pour ces quatre villages dans les cinq années à venir.



Chapitre III

SYSTEMES DE PRODUCTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE



Chapitre III

SYSTEMES DE PRODUCTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

III.1 GENERALITE

Notre civilisation est fondée sur l'utilisation de l'énergie. Sans elle, on ne peut plus vivre au foyer, travailler, se déplacer, transporter, s'informer.

Aux sources d'énergie naturelles telles que les chutes d'eau et le vent, se sont substitués : le charbon, le pétrole, le gaz et maintenant, l'énergie nucléaire. L'énergie électrique, présente à chaque instant dans notre vie, est produite à partir des sources d'énergie primaire rencontrée dans la nature.

Il existe de nombreux systèmes de production de l'énergie électrique dans le monde :

- ✓ Energie hydraulique ;
- ✓ Energie nucléaire ;
- ✓ Energie thermique classique ;
- ✓ Energie chimique ;
- ✓ Energie solaire ;
- ✓ Energie éolienne ;
- ✓ Energie électrostatique.

Mais nous allons étudier seulement:

- L'énergie hydraulique ;
- L'énergie solaire ;
- L'énergie éolienne ;
- L'énergie thermique classique.

En effet les trois autres systèmes ne sont pas adaptés à Madagascar surtout à Nosy Faly à cause de l'insuffisance des matières premières qui peuvent produire ces énergies et aussi, que Madagascar est un pays en voie de développement donc il ne peut pas bâtir ces types de centrale.

III.2 SYSTEME DE PRODUCTION D'ELECTRICITE PAR L'ENERGIE HYDRAULIQUE

Dès l'antiquité, on a utilisé la vitesse ou l'énergie gravitaire de l'eau pour entraîner des moulins. Au 19^{ème} siècle le français B. Fourneyron (1802-1867) utilise la pression de l'eau avec des tribunes. Le développement de la production de l'énergie électrique a été lié à celui des turbines dont les rendements et les puissances ont été convenablement augmentées.

On classe les productions d'électricité par l'énergie hydraulique en trois catégories :

- Les hautes chutes $H > 200m$;
- Les moyennes chutes $30m < H < 200m$;
- Les basses chutes $H < 30m$.

III.2.1 Les productions de l'énergie électrique en hautes chutes

Elles sont caractérisées par une forte hauteur ($H > 200m$). L'usine est toujours située à une distance importante de la prise d'eau (parfois plusieurs kilomètres).



III.2.1.1 Disposition

La figure ci-dessous nous montre la disposition d'une centrale en haute chute.

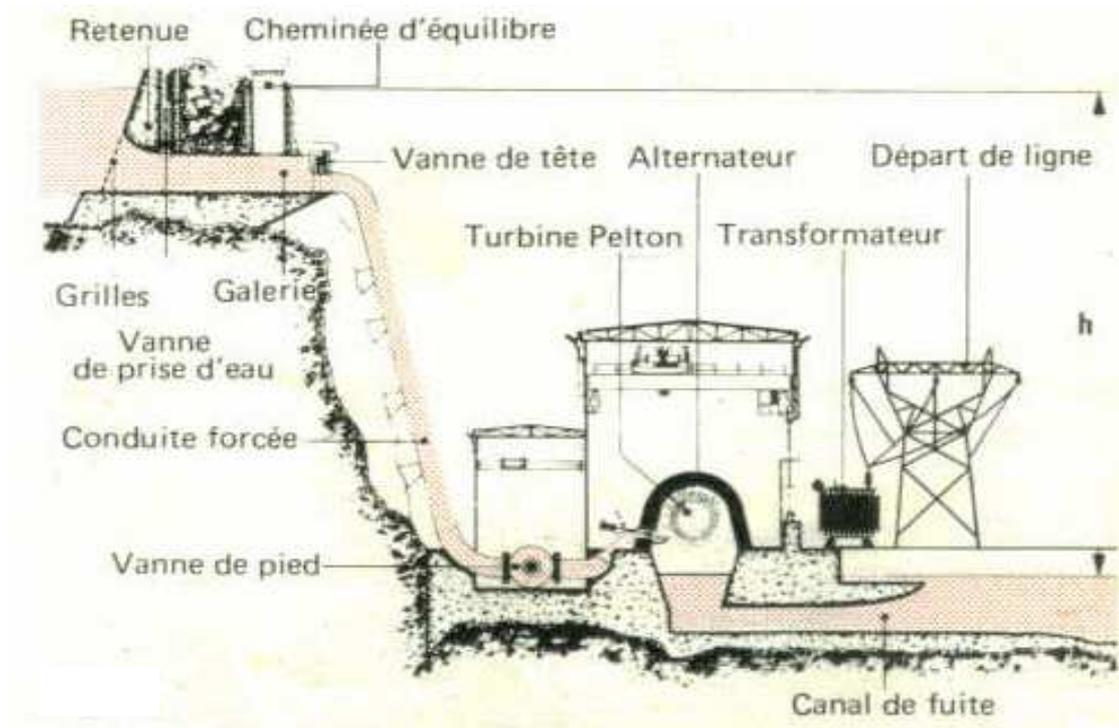


Fig.III.1 Schéma d'une disposition en haute chute

III.2.1.2 Exemple de références des matériels

- Capacité de la retenue : $270 \times 10^6 \text{m}^3$
- Barrage en terre et enrochement
 - Hauteur : 120m
 - Longueur : 1400m
 - Largeur à la base : 460m
- Galerie d'amenée d'eau
 - Longueur : 18km
 - Diamètre : 4.20 à 5.50m
 - Débit : $51 \text{m}^3/\text{s}$
- Conduite forcée
 - Longueur : 3.685m
 - Diamètre : 3.5 à 3m
 - Hauteur de chute : 882m
- 2 groupes de turbines Pelton : Alternateur à axe vertical
 - Vitesse de rotation : 375tr/mn
 - Puissance : 195000KVA



III.2.1.3 Fonctionnement en haute chute avec une turbine Pelton

La figure ci-dessous montre la forme exacte d'un type de turbine Pelton.

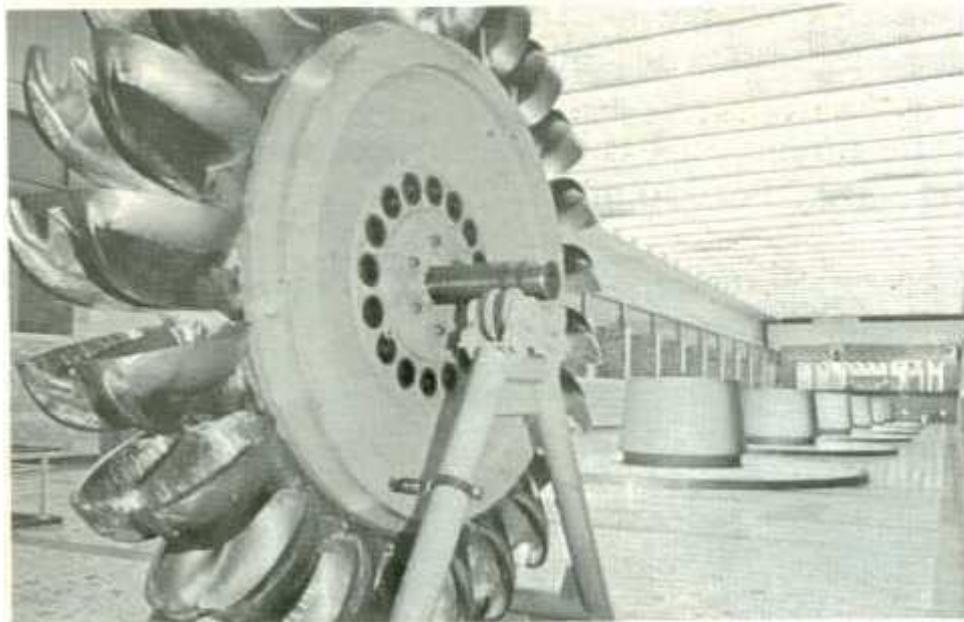


Fig.III.2 Turbine Pelton.

L'eau est stockée dans une retenue qui est un système de barrage. Après le passage dans les grilles, l'eau arrive jusqu'à la galerie d'amenée d'eau. L'ouverture de la vanne de tête libère l'eau et passe dans la conduite forcée avec une forte pression.

En arrivant dans la vanne de pied, celle-ci s'ouvre et l'eau à forte pression fait tourner la turbine Pelton en entraînant l'alternateur avec la même vitesse. La rotation de l'alternateur produit l'énergie électrique et passe à la distribution après avoir transformé par le transformateur.

III.2.2 Les productions de l'énergie électrique en moyenne chute

Elles sont caractérisées par une hauteur de chute comprise entre 30 et 200m. Le bâtiment de l'usine, où se trouve la centrale, peut être soit séparé du barrage, soit dans le barrage.



III.2.2.1 Disposition

La disposition d'une centrale en moyenne chute est à peu près la même que celle de la haute chute.

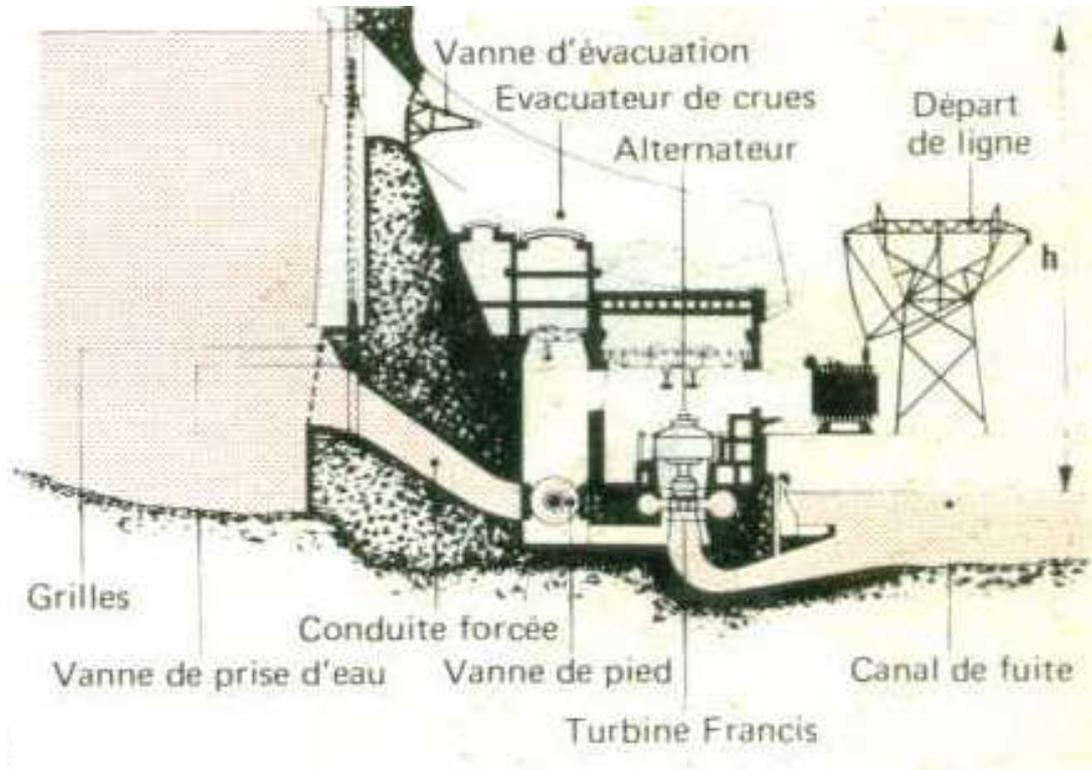


Fig.III.3 Schémas d'une disposition en moyenne chute.

III.2.2.2 Différents types de barrage

Les barrages, en s'opposant à l'écoulement naturel de l'eau, constituent une réserve potentielle. Il existe différents types de barrages :

- ◆ Barrage poids ;
- ◆ Barrage voûte dans les vallées étroites ;
- ◆ Barrage avec contreforts ;
- ◆ Barrage en terre.

III.2.2.3 Turbine Francis

Pour ce type de production d'électricité, la turbine Francis convient bien à la pression d'eau. Le dispositif d'injection d'eau sur le rotor de la turbine et la forme de ce rotor est réalisé de façon que l'eau pénètre dans la turbine à une vitesse réduite.

Cette turbine est très répandue dans les chutes comprises entre 20 et 350m. L'ensemble turbine alternateur est disposé sur un axe vertical et l'alternateur est au-dessus de la turbine.

La figure ci-dessous montre la forme d'une turbine Francis en cours de rechargement des pâles.



Fig.III.4 Photo d'une turbine Francis.

III.2.2.4 Exemple de références des matériels

- Capacité de la retenue $1270 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Barrage en terre
 - Hauteur : 123m
 - Longueur : 790m
 - Largeur maximal à la base : 650m
- 2 galeries d'amenée d'eau
 - Diamètre : 9,30m
 - Longueur : 900m
- Débit des 2 galeries : $1200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
- 4 Turbines Francis à axe vertical
 - Diamètre d'arrivée : 4,40m
 - Débit : $75 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
- 4 Alternateurs
 - Puissance : 90 000KVA
 - Vitesse : 214 tr mn^{-1}

III.2.3 Les productions de l'énergie électrique en basse chute

On les appelle aussi production au fil de l'eau à cause de sa disposition. Elles peuvent être construites sur un canal de dérivation ou dans le lit d'un cours d'eau. Elles sont caractérisées par un débit très important mais avec une faible hauteur de chute.



III.2.3.1 Disposition

La figure ci-dessous montre la disposition d'une centrale hydraulique en basse chute.

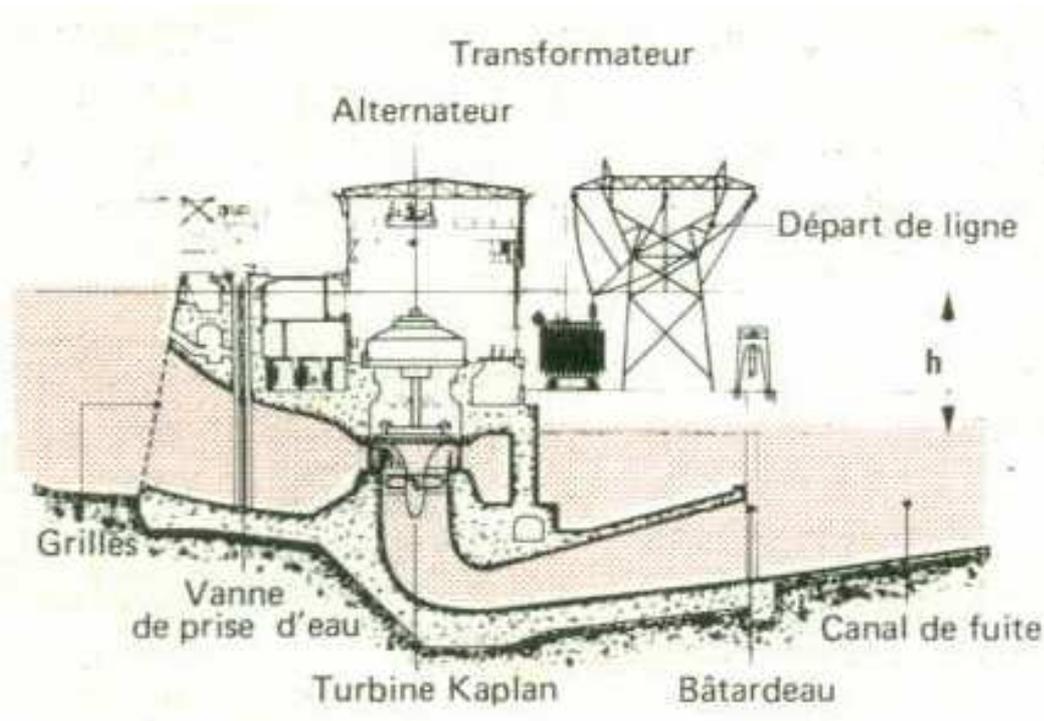


Fig.III.5 Schéma d'une disposition en basse chute.

III.2.3.2 Turbine Kaplan

Pour une telle hauteur de chute, la turbine Kaplan est très convenable aux chutes de 5 à 30m. Cette turbine est comme une roue en forme d'hélice, avec des pâles orientable, pour améliorer le rendement. Plus l'hauteur de la chute diminue, plus la puissance de l'alternateur est moins importante.

III.2.3.3 Exemple : Centrale de Rhinau sur le Rhin

L'aménagement comprend :

- ✓ 1 barrage d'usine ;
- ✓ 1 canal de dérivation ;
- ✓ 2 écluses.

Le barrage comporte 7 passes de 20m de largeur pouvant évacuer sur 6 passes $5000\text{m}^3\text{ s}^{-1}$, soit les plus fortes crues du Rhin.

L'usine hydro-électrique a les dimensions suivantes :

- Longueur : 170m ;
- Largeur : 70m ;
- Hauteur : 50m.

Elle comporte 4 groupes de 42 000KVA chacun

Vitesse : 75 tr mn^{-1}

Avec turbine Kaplan à axe horizontal

Débit : $350\text{m}^3\text{ s}^{-1}$.



III.3 SYSTEME DE PRODUCTION D'ELECTRICITE PAR ENERGIE THERMIQUE CLASSIQUE

La production de l'énergie électrique est obtenue à partir de l'énergie calorifique en brûlant un combustible tel que charbon, gaz ou fuel.

III.3.1 Principe de fonctionnement

III.3.1.1 Générateur de vapeur

L'eau circule dans les tubes tapissant les parois de la chambre de combustion et se transforme en vapeur sous l'action de la chaleur dégagée par le combustible.

La figure ci-dessous représente la disposition d'une centrale thermique classique avec les trois répartitions.

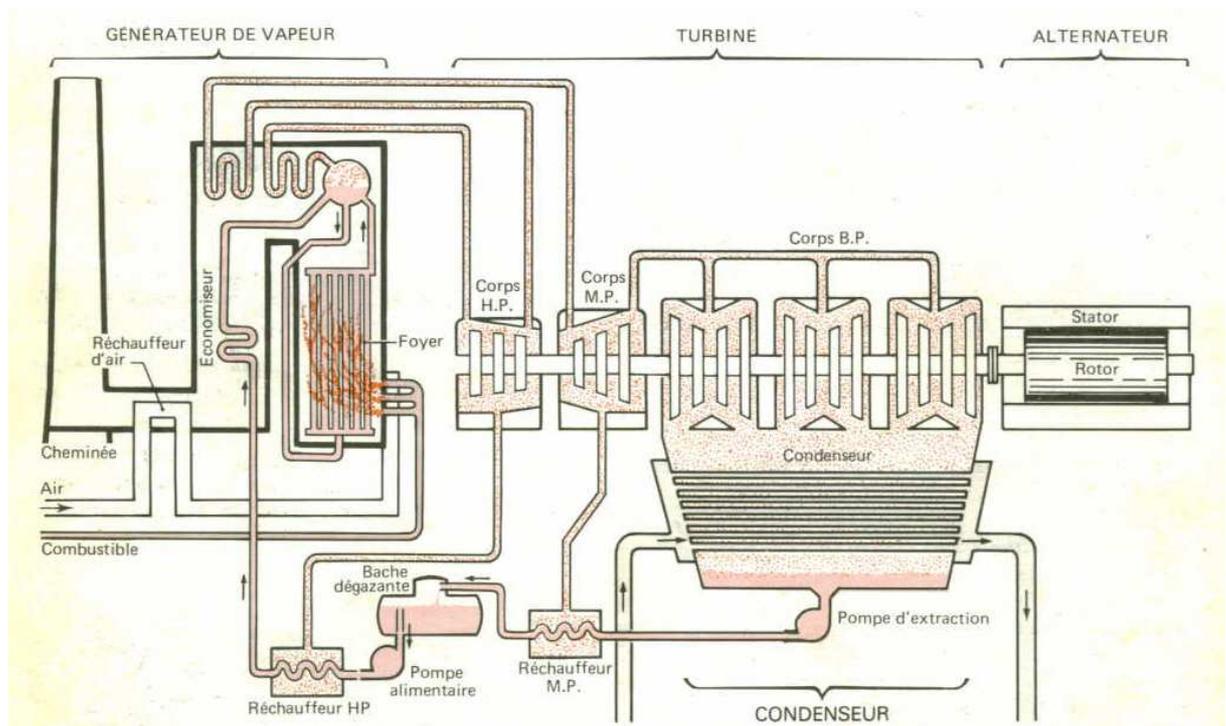


Fig.III.6 Schéma d'une production par énergie thermique classique.

III.3.1.2 Gaz de combustion

La chaleur dégagée par le gaz de combustion sert pour :

- Surchauffer la vapeur à la sortie du générateur de vapeur ;
- Resurchauffer la vapeur ayant déjà accompli un certain travail dans la turbine ;
- Réchauffer l'eau revenant du condenseur ou générateur de vapeur ;
- Réchauffer l'air extérieur destiné à la combustion.

Cet ensemble permet d'améliorer le rendement de la centrale thermique.



III.3.1.3 Fonctionnement de circuit eau vapeur

L'eau chimiquement pure circule sous forte pression dans les tubes du générateur de vapeur (163 bars) et se transforme en vapeur à une température de 565°C. Cette vapeur surchauffée et à haute pression se détend dans la turbine haute pression puis elle retourne dans un réchauffeur pour aller ensuite dans les corps des turbines moyennes et basses pressions où elle se détend et sa pression devient très faible.

A la sortie des turbines, la vapeur à très basse pression se condense pour se retrouver à l'état liquide dans les condenseurs. Cette eau, extraite par les pompes, est réchauffée par des soutirages de vapeur des corps de turbine et par la chaleur des gaz de combustion. Elle est injectée ensuite dans le réservoir du générateur de vapeur et le cycle recommence toujours avec la même eau.

III.3.2 Exemple de caractéristiques d'une unité de 600MW

Cet exemple est tiré par le palier des puissances des groupes turbo-alternateurs mis en service actuellement par EDF (Electricité De France) dans les centrales thermiques.

III.3.2.1 Pour le générateur de vapeur

- Capacité de production : 1800t/h de vapeur ;
- Chambre de combustion à circulation naturelle 260 Km de tubes
 - Masses : 10800 tonnes,
 - Hauteur : 50 m ;
 - Largeur : 40 m.
- Surchauffeur de température de sortie : 565⁰C
 - Pression de sortie : 163 bars
- Brûleurs à fuel-oil
 - Nombre : 36 ;
 - Débit : 3.5 t/h par brûleur.

III.3.2.2 Pour la turbine

Elle comprend sur une même ligne d'arbre :

- ✓ Corps haute pression (HP) :

Pression d'admission : 163 bars ; température : 565⁰C

- ✓ Corps moyenne pression (MP) :

Pression d'admission : 36 bars ; température : 565⁰C

- ✓ Corps basse pression (BP) :

Il s'agit de 3 corps de 12 étages chacun avec une section d'échappement de 50m².

III.3.2.3 Pour l'alternateur

L'exemple des caractéristiques de l'alternateur est cité ci-dessous :

- Puissance 600MW ;
- En triphasé : 20KW ;
- Cosφ : 0.9 ;
- Vitesse : 3000tr/mn ;
- Courant nominal : 19KA.

Refroidissement par hydrogène à la pression de 4bars.



Remarque

Les centrales thermiques possèdent un grand nombre d'axillaires tels que :

- Condenseur ;
- Pompe d'extraction ;
- Réchauffeur d'eau MP ;
- Bâche alimentaire dégazage ;
- Pompe alimentaire ;
- Réchauffeur d'eau HP ;
- Pompe de circulation, etc.....

qui sont indispensables pour un fonctionnement optimal de la centrale thermique et dont la consommation d'énergie est loin d'être négligeable.

III.4 SYSTEME DE PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE PAR PANNEAU SOLAIRE

Chaque mètre carré de notre territoire reçoit du soleil, en moyenne 1500KWh par an mais cette énergie est très diluée. Il faudrait 60 Km² soit la surface de Paris, pour obtenir ne puissance équivalente à celle d'une centrale nucléaire de 1000MW.

Par contre, la réalisation de petits générateurs solaires peut-être envisagée.

Pour convertir l'énergie solaire en électricité, on peut utiliser :

- ❖ des piles photovoltaïques ;
- ❖ des concentrateurs solaires.

III.4.1 Piles photovoltaïques

Ce sont des cellules à base de silicium ou avec du sulfure de cuivre. Un panneau solaire est formé de cellules photovoltaïques mises en séries pour obtenir la tension désirée. Chaque cellule produite un courant continu dont la puissance dépend de sa surface et la tension à vide est environ 0.5 à 0.6 V. Le courant continu produit peut être transformé en courant alternatif (plus o moins sinusoïdal) à l'aide d'un onduleur. Comme la production d'électricité est directement liée à la l'intensité de la lumière solaire, on utilise la plupart du temps une batterie d'accumulateurs qui sera chargée pendant la journée et servira de tampon.

Les cellules sont la plupart du temps fabriqués à partir de silicium, matériau très courant dans la nature (on rencontre aussi des cellules de silicium en couche mince).



III.4.1.1 Schéma bloc de fonctionnement

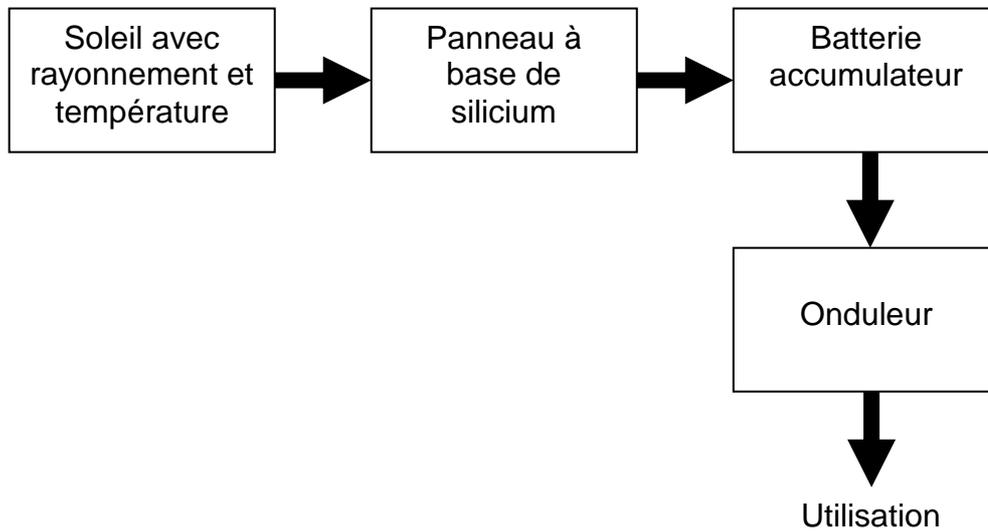


Fig.III.7 Schéma bloc de fonctionnement.

III.4.1.2 Exemple de panneau solaire



Fig.III.8 Photo d'un panneau solaire.



La photo ci-dessus représente un petit panneau de 10 W crête, fabriqué aux USA par la société SOLAREX sous la référence numéros MLXOL. Ses dimensions sont de 0.44m par 0.27m pour une épaisseur de 3mm environ. Les 36 cellules (4 rangés de 9) ont une dimension individuelle de 56 par 37mm ce qui fait une surface totale de silicium de 0.074m². Elles sont collées sur une plaque de tissu de verre en polyester et sont protégées par un film très résistant. L'ensemble forme une plaque très robuste et rigide qui peut être trébuché n'importe quel temps. Des trous de diamètre 4mm munis de silentbloks en caoutchouc permettent de fixer le panneau. La masse du panneau seul est de 0.73kg.

La sortie (protégée par une diode) s'effectue par un câble de deux fils d'une longueur de 3m. Les 36 cellules sont toutes en série, ce qui fait une tension à vide un peu supérieur à 20V.

III.4.1.3 Performances des panneaux solaires

La puissance crête (exprimé en W_C) annoncée par les fabricants n'est qu'un point de comparaison. Elle est basée sur un rayonnement solaire de 1000W/m² et se situe aux alentours de 100W/m². La puissance utile maximale est en pratique un peu plus faible, et chute en cas de mauvaises conditions. En outre, comme le capteur est généralement fixe, il n'est que quelques dizaines de minutes par jour orienté de manière optimale vers le soleil. Pour un capteur fixe, l'orientation optimale est plein Sud avec une inclinaison de l'ordre de 30° à 40° par rapport à l'horizontale. Le panneau photovoltaïque capte non seulement le rayonnement direct du soleil mais aussi le rayonnement diffus en provenance du reste du ciel. Il importe que le capteur soit bien dégagé des arbres et constructions environnantes. C'est pourquoi il est généralement placé en hauteur. Le rendement du générateur diminue avec la température, entre 25 et 65°C. La tension (et la puissance) peut baisser de 10 à 15%. La robustesse des panneaux photovoltaïques et l'absence de pièces en mouvement fait que la durée de vie est très grande (supérieur 2 ans). Le prix du Watt a fortement baissé depuis 10 ans pour différentes raisons : développements de la production, utilisation de silicium poly cristallin en amorphe.

III.4.2 Utilisation des concentrateurs solaires

Ce type de conversion utilise un dispositif appelé << concentrateur solaire >>.

Un concentrateur est un dispositif qui concentre le rayonnement solaire afin d'avoir une température plus élevée et qui donne une centrale analogue à celle la centrale thermique. Le principe de fonctionnement est basé sur le principe de la thermodynamique.



III.4.2.1 Schéma bloc de fonctionnement

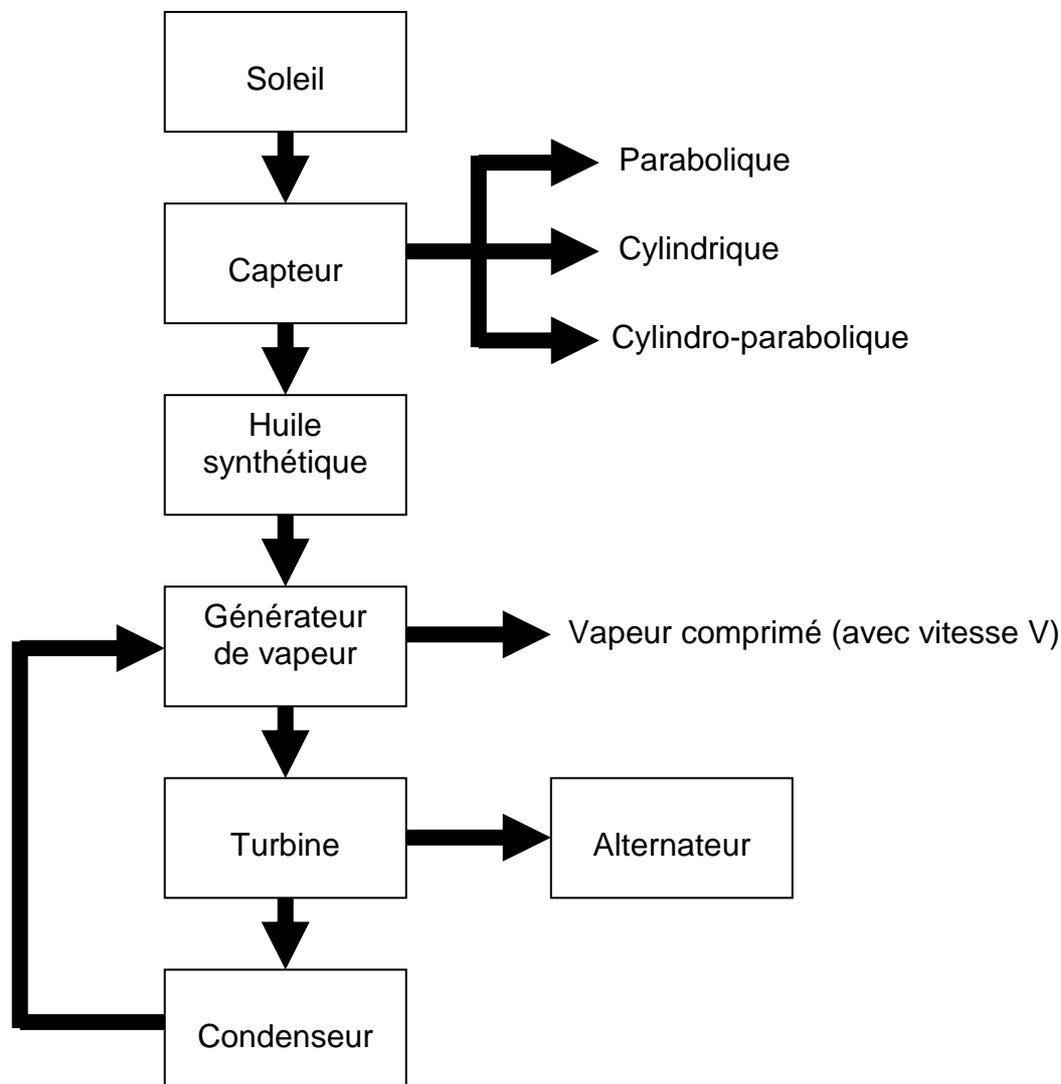


Fig.III.9 Schéma bloc de fonctionnement d'un concentrateur solaire.

III.4.2.2 Fonctionnement

On concentre le rayonnement solaire par des capteurs ayant de caractéristique de miroir pouvant augmenter la température venant du soleil jusqu'à une certaine température selon la caractéristique du miroir. La température obtenue du miroir chauffe l'huile (Huile synthétique) jusqu'à 300°C, cette huile chauffante circule dans un générateur de vapeur qui donne de vapeur comprimé et ce dernier fait tourner la turbine qui entraîne l'alternateur produisant l'électricité.

Donc, l'exploitation de centrale solaire est encore envisageable au point de vue économique.



D'après le fonctionnement, nous pouvons dire que la centrale solaire est faisable au point de vu technique, et aussi économique pour certains de ces éléments comme le turboalternateur, le système de poursuite solaire qui est nécessaire pour avoir le maximum de rayonnement afin que la concentration soit aux maximum aussi. Si on résume donc ces points techniques, on peut dire que la conception de la centrale solaire est fragile par sa durée de vie assez longue, donc une rentabilité fiable aussi par rapport à l'installation de groupe (diesel ou essence).

III.5 SYSTEME DE PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE PAR ENERGIE EOLIENNE

Comme l'eau, l'énergie du vent a été utilisée depuis la haute antiquité. Les moulins à vent ont été remplacés par des hélices accouplées à des alternateurs que l'on appelle des aérogénérateurs. EDF (Electricité de France) a réalisé, entre 1958 et 1966, 3 aérogénérateurs, en particulier à Nogent-le-Roi, avec hélice tripale de 30m de diamètre accouplé à un alternateur de 1MW. L'éolienne n'est utilisable que pour des vents compris entre 6m/s et 20m/s, on est donc tributaire du temps calme ou des tempêtes. Le manque de fiabilité, le bruit et l'esthétique ont fait abandonner ces projets. Mais actuellement, l'énergie éolienne est en plein développement en Europe : en Allemagne, en France, ... L'Allemagne est largement en tête en Europe avec 12GW installés début 2003 (environ la moitié de la capacité en Europe). Les plus grosses éoliennes ont une puissance de 1 à 2.5MW. Des systèmes ont été proposés qui conjuguent une éolienne alimentant des habitants en électricité.

III.5.1 Schéma de principe de petite éolienne

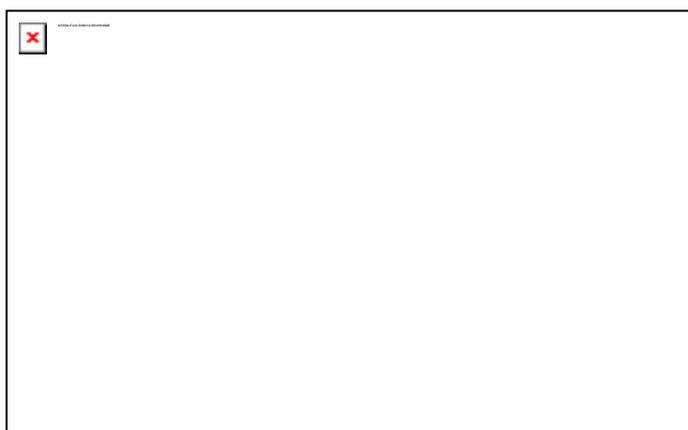


Fig.III.10 Schéma de principe de l'énergie éolienne.



III.5.2 Principe de fonctionnement

Le vent, est une énergie diffuse générée par le thermique (effets de réchauffement et de refroidissement de la terre). C'est après l'homme, la première source d'énergie mécanique qui a été utilisée, notamment pour la navigation à voile et les moulins à vent.

Donc, un aérogénérateur transforme une énergie mécanique en énergie électrique.

La rotation des pâles exposée au vent fait tourner une génératrice qui produit l'électricité.

Selon sa taille, l'installation peut alimenter un utilisateur isolé, on parle de production d'électricité. On parle dans ce dernier cas de <<Ferme éolienne>>.

Une fois installées, les éoliennes ne requièrent que peu d'entretien. Seul le vent travaille. Une gestion électronique à distance permet une surveillance régulière de la production.



Chapitre IV

COMPARAISON ENTRE ENERGIE RENOUVELABLE ET ENERGIE CONVENTIONNELLE



Chapitre IV

COMPARAISON ENTRE ENERGIE RENOUVELABLE ET ENERGIE CONVENTIONNELLE

Pour qu'on puisse savoir la source d'énergie électrique la mieux adaptée à l'île de Nosy-Faly, nous allons comparer l'énergie renouvelable par rapport à l'énergie conventionnelle. Afin de pouvoir choisir les sources d'énergie électrique qu'on peut installer sur cette île, ces comparaisons se posent sur les critères techniques et les coûts. Dans ce chapitre, nous allons d'abord définir l'énergie renouvelable et l'énergie conventionnelle, ensuite nous citerons leurs avantages et leurs inconvénients. Enfin nous passerons au choix des sources d'énergie à adapter pour l'île de Nosy-Faly.

IV.1 DEFINITION

IV.1.1 Energie renouvelable

L'énergie renouvelable est une source d'énergie dont le gisement se reconstitue en permanence à un rythme au moins égal à celui de la consommation. La renouvelabilité est dépendante des conditions de consommation et de reconstitution. La foudre, le pétrole et le charbon étaient des énergies renouvelables car la production par la terre excédait la consommation humaine.

Le concept d'énergie renouvelable est directement lié à une idée d'énergie « non polluante », mais il en est toute rigueur distinct : le fait qu'une énergie se reconstitue n'implique pas que les déchets d'exploitation de cette énergie disparaissent. De même une énergie renouvelable peut-être d'exploitation difficile et risquée.

Les principales formes d'énergie renouvelable avec leurs caractères de renouvelabilité sont :

- ❖ L'énergie éolienne (le vent) ;
- ❖ L'énergie hydraulique (énergie gravitationnelle de l'eau) ;
- ❖ L'énergie solaire (chaleur et photovoltaïque).

Le bois n'est plus actuellement une énergie renouvelable dans certains pays, qui en consomment largement plus que ce que leurs forêts produisent.

IV.1.2 Energie conventionnelle (non renouvelable)

L'énergie conventionnelle est une source d'énergie dont la consommation passe plus vite que la nature ne le produit. Les gisements connus de ces formes d'énergie sont voués à disparaître plus au moins rapidement.

L'énergie de fission nucléaire est un cas particulier : les gisements exploitables connus seront épuisés après environ un siècle, ce qui classe cette énergie dans la catégorie « non renouvelable ».



Les principales formes conventionnelles d'énergie sont :

- L'énergie nucléaire ;
- L'énergie chimique ;
- L'énergie thermique (à base de carburant).

IV.2 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES ENERGIES RENOUVELABLES

IV.2.1 Avantages

Les principaux avantages des énergies renouvelables sont :

- ✓ La production de gaz à effet de serre est nulle (la production de gaz carbonique est compensée par une capture égale) ;
- ✓ La production de la chaleur est nulle (excepté la géothermique), n'impliquant pas de système de pompage ou de réchauffement des eaux de surface.

IV.2.2 Inconvénients

La faiblesse de concentration énergétique implique moins de risque.

Par contre, cette faiblesse d'intensité se traduit aussi par une emprise plus importante, avec des problèmes écologiques particuliers :

- ✓ Risques supposées pour la faune (effet des éoliennes sur les oiseaux exemple) ;
- ✓ Risques avérés. Ainsi, les barrages hydroélectriques créent des obstacles pour les poissons migrateurs.

L'exploitation de l'énergie marémotrice ralentit la terre.

La technologie de la production des équipements de l'énergie renouvelable peut poser des problèmes écologiques.

IV.3 AVANTAGES ET INCOVENIENTS DES ENERGIES CONVENTIONNELLES

IV.3.1 Avantages

Les principaux avantages des énergies conventionnelles sont :

- La simplicité de l'installation, c'est-à-dire, il suffit de pouvoir acheter des pièces consommables (gasoil, huile, eau, etc.) ;
- La simplicité de régulation de vitesse, tension, de puissance, etc....
- La facilité de gestion de production.

IV.3.2 Inconvénients

Au point de vue environnement, les fumés dégagés des centrales entraînent une pollution dans l'environnement.

Les principaux inconvénients des énergies conventionnelles reposent surtout sur :

- Des problèmes imprévus, c'est-à-dire, les anomalies sur la centrale arrivent subitement ;
- Les dépenses des entretiens préventifs.

Ils nécessitent de grand site par rapport à l'énergie renouvelable, surtout les centrales nucléaires.



IV.4 CHOIX DES SOURCES D'ENERGIE ELECTRIQUE ADAPTEES POUR L'ILE DE NOSY-FALY

- ❖ Une éolienne permet de récupérer l'énergie cinétique du vent, c'est-à-dire, l'énergie électrique produite par une éolienne dépend du vent. Or, sur l'île de Nosy-Faly, la vitesse moyenne du vent est trop faible pour pouvoir atteindre la vitesse optimale nécessaire pour les éoliennes. Donc, l'installation de l'éolienne sur cette île n'est pas favorable.
- ❖ Pour le cas de l'énergie hydraulique, les barrages et les lacs permettent de constituer des réserves d'eau. Or cette île ne possède ni barrages, ni lacs, ni chute d'eau. Donc, il y est impossible d'implanter une centrale hydraulique.
- ❖ L'étude climatique de l'île montre qu'elle est baignée de soleil, presque toute l'année. Donc, la solution d'énergie solaire pourra être envisagée pour alimenter les 4 villages qu'on a étudiés.
- ❖ Enfin pour le cas de l'énergie thermique classique, on a choisi l'utilisation d'un groupe électrogène avec un moteur diesel du fait de sa simplicité d'installation et il est plus économique par rapport au moteur à essence. Mais, le transport des carburants est un peu difficile si on adopte le transport terrestre. Il vaut mieux transporter les carburants par voie maritime.



Chapitre V

ETUDE COMPARATIVE DE SYSTEMES DE PRODUCTION POSSIBLES SUR LES QUATRE VILLAGES



Chapitre V

ETUDE COMPARATIVE DE SYSTEMES DE PRODUCTION POSSIBLES SUR LES QUATRE VILLAGE

Cette étude a pour but de comparer les coûts des matériels nécessaires en fonction de différents systèmes d'énergie.

V.1 SYSTEME DE PRODUCTION PAR PANNEAU SOLAIRE

On sait bien que l'énergie solaire reçue sous forme de rayonnement doit être convertie en énergie électrique (tension – courant) pour être utilisée par des récepteurs usuels. C'est pour cela que les lieux d'installation doivent être baignés de soleil pour avoir un bon rendement. Pour l'île de Nosy Faly, on propose trois choix :

- ❖ Soit une station de recharge à panneaux solaires :

L'implantation de cette station impose aux utilisateurs d'électricité deux méthodes de consommation d'énergie produite.

La première méthode, les consommateurs utilisent des appareils domestiques alimentés sous une tension continue égale 12 volts ;

Le deuxième nécessite l'utilisation des appareils standards (alimenté sous tension 220 volts).

L'emploi de ces deux méthodes dépendent du pouvoir d'achat des consommateurs. Pour le cas de l'île de Nosy Faly, d'après l'étude qu'on a fait, on suggère la deuxième méthode car la première nécessite au consommateur des appareils très onéreux.

- ❖ Soit des panneaux solaires sur chaque logement :

Ce mode d'installation oblige le producteur d'énergie de poser des panneaux sur chaque logement, ce genre d'installation est trop coûteux pour certains utilisateurs. Donc il est inaccessible aux futurs abonnés de cette île.

- ❖ Soit une centrale à concentrateur solaire :

Ce type de centrale est très difficile d'implanter à Madagascar surtout sur cette île à cause du coût des matériels très chère. Donc du point de vue technique, climatique et y compris des matériels, la mise en place d'une station de recharge à panneau solaire sera le plus appropriée sur ces quatre villages à étudier.

Lorsqu'on installe des stations de recharge sur ces quatre villages, deux stations de recharge conviennent pour leurs besoins énergétiques dont :

Une station à Antafiambotry et une autre à Ampasikely.

V.1.1 Disposition des stations de recharge sur les deux villages

Les stations de recharge sont installées seulement à Antafiambotry et à Ampasikely ambony. Les habitants d'Ampasindava chargeront leur batterie à Ampasikely dans premier temps jusqu'à ce qu'il soit jugé rentable d'en installer un sur place. La disposition des stations de recharge sur les deux villages est indiquée sur carte ci-dessous.

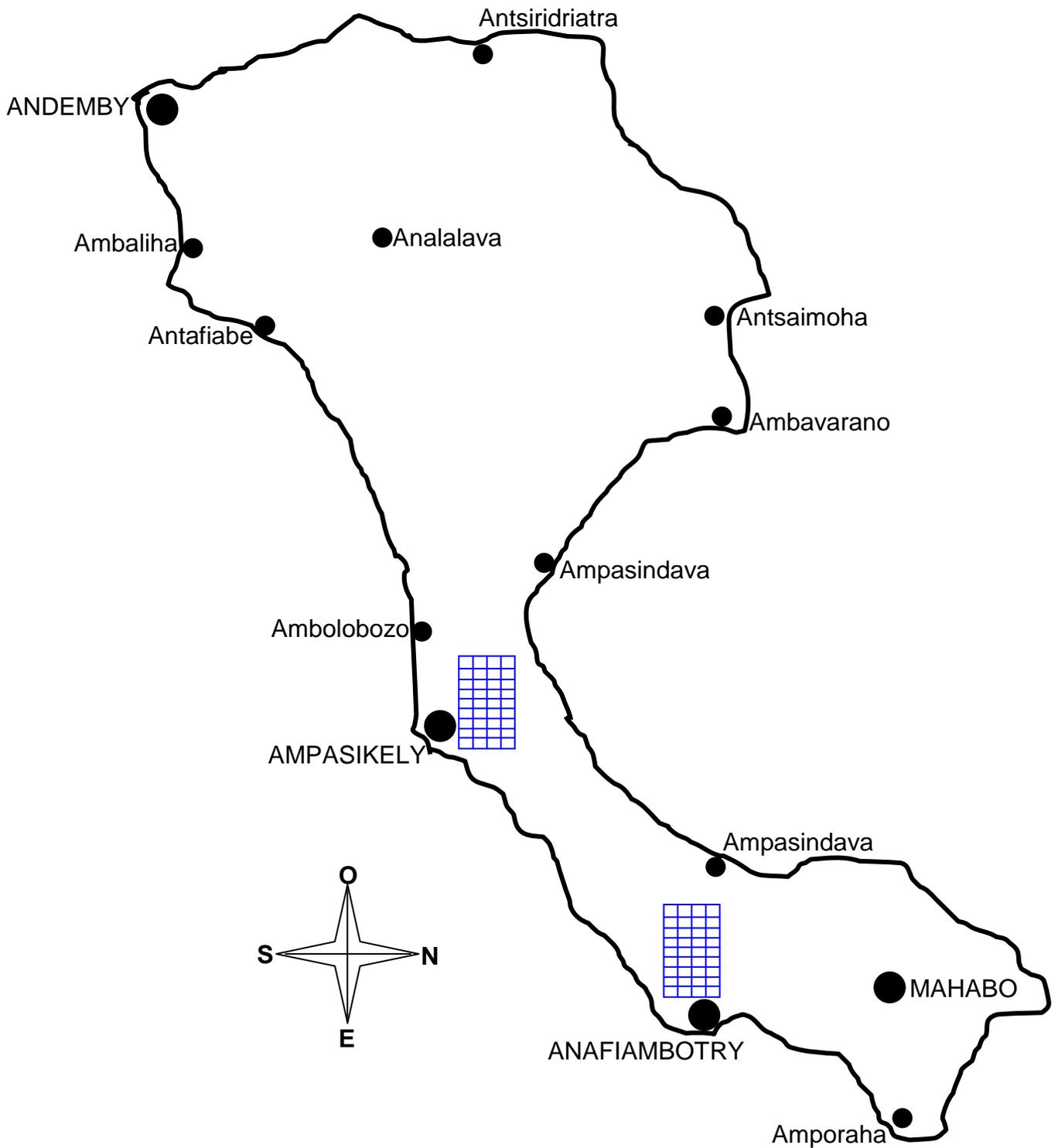


Fig.V.1 Disposition des stations de recharge.



V.1.2 Station de recharge à Antafiambotry

Pour Antafiambotry, la puissance de panneau de station de recharge qu'on va installer sur ce village est donnée par les relations suivantes :

$$I_p = \frac{I_j}{H} \quad (5-1)$$

$$P_p = I_p \times 12 \quad (5-2)$$

Avec I_p : Courant débuté par le panneau en [A]

I_j : Courant que l'on a besoin par jour en [A]

$$I_j = \frac{W_j}{12} \quad (5-3)$$

Exemple : si l'on a besoin 300Wh/j

$$\text{alors } I_j = \frac{300}{12} = 25A$$

H : Temps d'ensoleillement sur ce village en [h]

P_p : Puissance de panneau à installer en [W]

Donc pour le cas de station de recharge à Antafiambotry, actuellement 83 foyers sont concernés à ce projet. Pour pouvoir déterminer la puissance de cette station, on propose aux futurs abonnés que seul le 50% de foyer viennent de charger la batterie 110Ah au maximum sur la station, ce qui correspond à 42 foyers environs. Donc la consommation journalière de ce village est 55,44KWh/j ($42 \times 110 = 4620 \times 12$).

Pour Antafiambotry, d'après l'étude qu'on a fait le temps d'ensoleillement moyen est 5h de temps par jour environ.

$$\text{D'où } I_j = \frac{55440}{12} = 4620A$$

et

$$I_p = \frac{4620}{5} = 924A$$

$$\text{Alors } P_p = 924 \times 12 = 11088W$$

$$P_p = 11088W$$

Donc pour Antafiambotry la puissance de panneau installé est 11088W. Alors on dispose 75 panneaux solaire de 150W ($11088 : 150$) chacun.

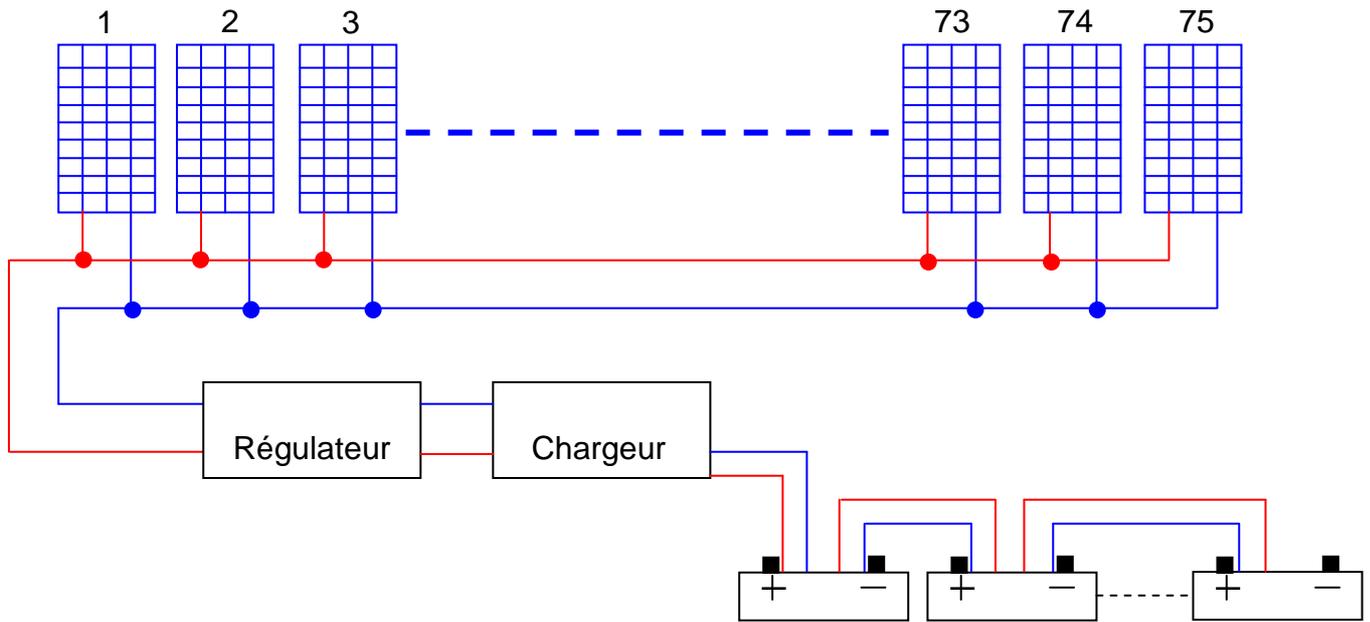


Fig.V.2 Station de recharge Antafiambotry.

V.1.3 Station de recharge Ampasikely

Pour Ampasikely le calcul de puissance de panneau est identique à celui Antafiambotry. Le nombre de foyers est 41 y compris Ampasindava. Donc la moitié de ce foyer est environ 21 foyers.

Alors la consommation journalière de ces villages est 27,72KWh/j (21x110=2310x12), on prend le temps d'ensoleillement 5h par jour.

$$\text{D'où } I_j = \frac{2772}{12} = 2310A$$

et

$$I_p = \frac{2310}{5} = 462A$$

$$P_p = 462 \times 12 = 5544W$$

$$P_p = 5544W$$

Donc la puissance de panneau à installer à Ampasikely est 5544W. C'est pour cela qu'on dispose 37 panneaux solaires de 150W (5544 : 150) chacun pour la station de recharge Ampasikely.

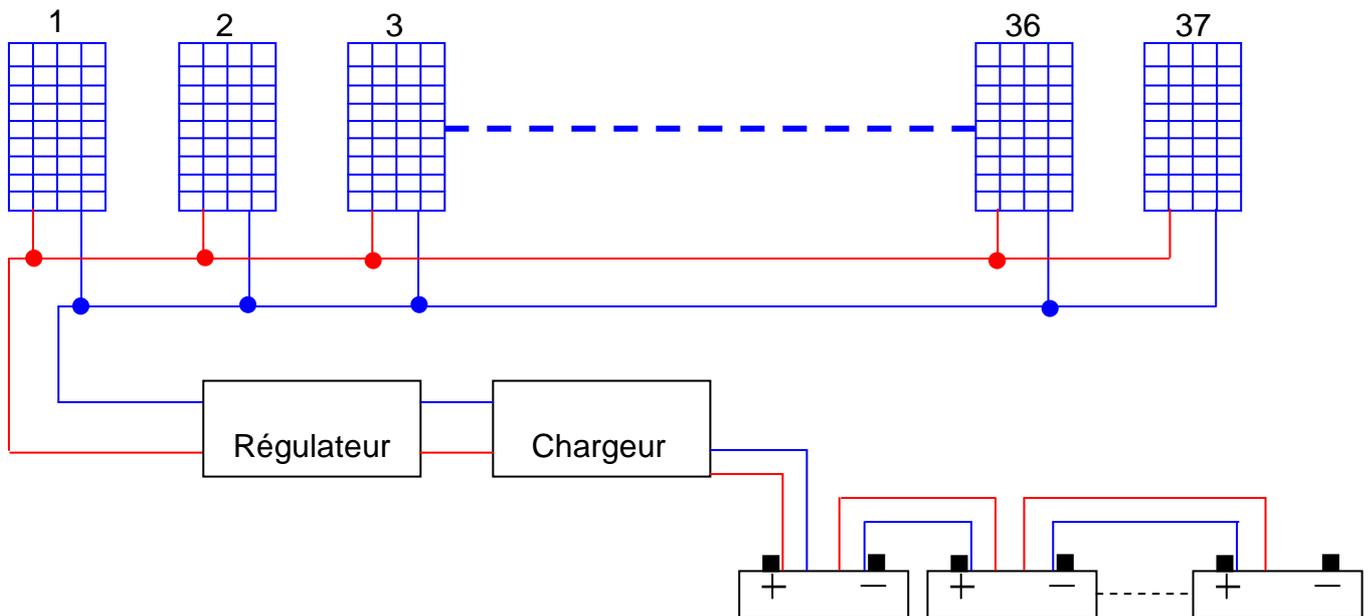


Fig.V.3 Station de recharge Ampasikely.

V.1.4 Liste des matériels nécessaires pour les deux stations

a) Antafiambotry

Tableau V.1 : Matériel à Antafiambotry

DESIGNATION et CARACTERISTIQUE	NOMBRE	UNITE	PUISSANCE UNITAIRE en W
Panneau solaire Type H 1540-150	75	U	150
Régulateur XPC 2200-48S	01	U	1600
Chargeur Steca PR 2020	01	U	1500
Fils Type 101-204	30	m	-
TOTAL	107	U	3250

b) Ampasikely

Tableau V.2 : Matériel à Ampasikely

DESIGNATION et CARACTERISTIQUE	NOMBRE	UNITE	PUISSANCE UNITAIRE en W
Panneau solaire Type H 1540-150	37	U	150
Régulateur XPC 2200-48S	01	U	1600
Chargeur Steca PR 2020	01	U	1500
Fils Type 101-204	20	m	-
TOTAL	59	U	3250



V.1.5 Coût estimatif des matériels

Le coût estimatif de ces matériels est donc indiqué sur le tableau suivant.

a) Antafiambotry

Tableau V.3 : Coût matériel à Antafiambotry

DESIGNATION et CARACTERISTIQUE	NOMBRE	UNITE	PRIX UNITAIRE en Ar	PRIX TOTAL en Ar
Panneau solaire Type H 1540-150	75	U	1.575.000	118.125.000
Régulateur XPC 2200-48S	01	U	19.784.000	19.784.000
Chargeur Steca PR 2020	01	U	355.000	355.000
Fils Type 101-204	30	m	13.750	412.500
TOTAL	107	U	21.727.750	138.676.500

Pour la station de recharge Antafiambotry le coût des matériels nécessaires est arrêté à la somme cent trente huit millions six cent soixante seize mille cinq cent Ariary (Ar 138.676.500).

b) Ampasikely

Tableau V.4 Coût matériel à Ampasikely

DESIGNATION et CARACTERISTIQUE	NOMBRE	UNITE	PRIX UNITAIRE en Ar	PRIX TOTAL en Ar
Panneau solaire Type H 1540-150	37	U	1.575.000	58.275.000
Régulateur XPC 2200-48S	01	U	19.784.000	19.784.000
Chargeur Steca PR 2020	01	U	355.000	355.000
Fils Type 101-204	20	m	13.750	275.000
TOTAL	59	U	21.727.750	78.689.000

Le coût est arrêté à la somme de soixante dix huit millions six cent quatre vingt neuf mille Ariary (Ar 78.689.000).



V.1.6 Disposition de l'installation des abonnés

Pour bien expliciter les matériels nécessaires et leurs coûts, on prend un exemple de foyer consommant une puissance 200W qui utilise 3 lampes économiques de 18W, un petit radio de 20W, un lecteur VCD de 20W et une télévision 100W.

On représente unifilairement le schéma de l'installation.

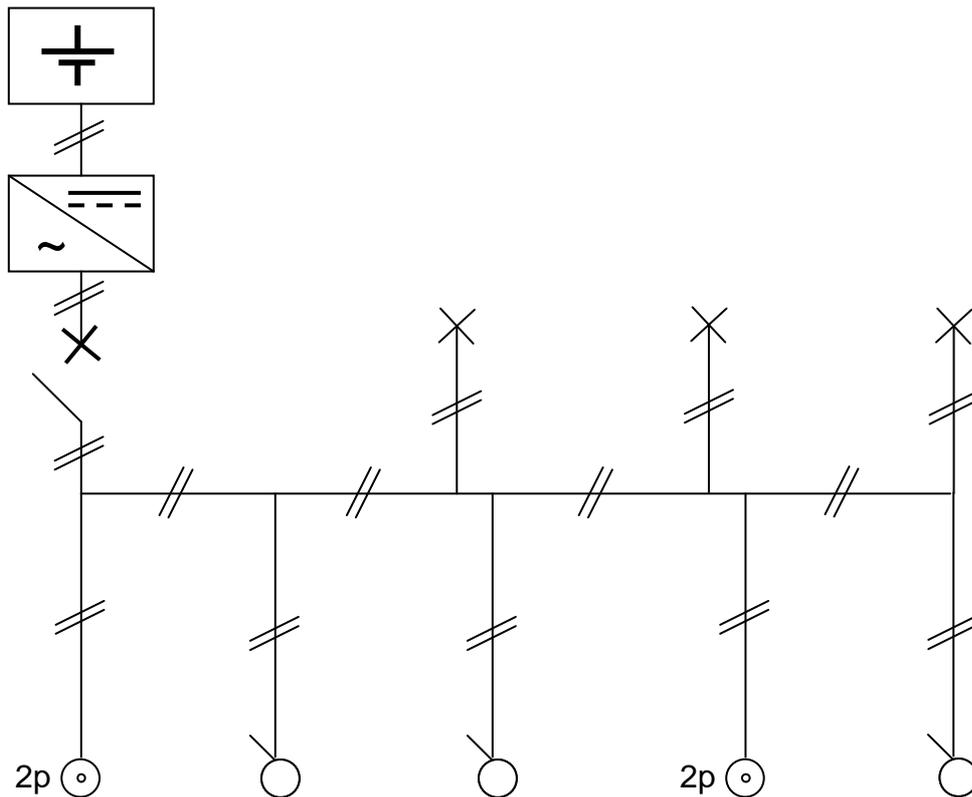


Fig.V.4 Schéma d'installation d'un foyer.

Pour les futurs abonnés, il faut donc utiliser une batterie semi stationnaire à décharge lente. Cette batterie peut supporter une décharge jusqu'à 80% de sa capacité. Une batterie de démarrage sera hors d'état de fonctionnement au bout d'une soixantaine de cycle, alors que la batterie semi stationnaire supporte 500 à 600 cycles, ce qui correspond à une durée de vie moyenne d'environ 5 ans.

En plus d'une batterie on utilise aussi un convertisseur qui convertit une tension continue de la batterie en tension alternative ; pour pouvoir alimenter les appareils d'utilisation et un disjoncteur de protection qui sert protéger l'installation.

Le coût estimatif de ces appareillages est cité sur le tableau ci-dessous.



Tableau V.5 : Coût estimatif des appareillages

DESIGNATION et CARACTERISTIQUE	NOMBRE	UNITE	PRIX UNITAIRE en Ar	PRIX TOTAL en Ar
Batterie PNP 121 500	01	U	418.125	418.125
Convertisseur DC/AC 12-220	01	U	219.475	219.475
Disjoncteur Type LS/E-1N/C	01	U	28.425	28.425
TOTAL	03	m	666.025	666.025

Le coût estimatif des appareillages pour les abonnés est arrêté à la somme de six cent soixante six milles vingt cinq Ariary (Ar 666.025).

V.1.7 Calcul de capacité pour une batterie

La capacité de batterie des futurs abonnés dépend de puissance nécessaire pour chaque abonné.

$$Q_B = 1,6 \times Q_j \quad (5-4)$$

Avec Q_B : Capacité de batterie en [Ah]

Q_j : Capacité journalière en [Ah/j]

1,6 : Coefficient de surconsommation

V.1.7.1 Méthode de calcul de puissance journalière

Exemple une maison consomme 100W pendant une heure d'où l'énergie consommée est :

$$\text{➤ Source génératrice} \quad W_C = P \times t \quad (5-5)$$

$$\text{➤ Source batterie} \quad W_C = I \times t \quad (5-6)$$

Avec W_C : Energie consommée en [Wh] ou [Ah]

Donc pour cette maison :

A.N.: $W_C = 100\text{Wh}$ dans une heure

$$\text{Or} \quad P = U \times I \quad (5-7)$$

D'après (5-7) on a $I = \frac{P}{U}$

A.N.: $I = 8,33\text{A}$

D'après (5-6) en une heure on a $W_C = 8,33\text{Ah}$

Si pendant un jour elle consomme 8,33Ah



D'où $W_C=8,33 \times 24$

A.N : $W_C=200Ah$

Alors la puissance journalière nécessaire de cette maison est $P_j=200Ah$.

Pour mieux comprendre la puissance journalière nécessaire, on prend comme exemple un foyer à une puissance 200W.

a) Courbe de charge journalière de ce foyer

Tableau V.6 Tableau de charge journalière

HORAIRE	CHARGE	PUISSANCE en (W)
00h à 06h	Aucune charge	0
06h à 08h	Radio	20
08h à 10h	Télé+VCD	120
10h à 13h	Télé	100
13h à 17h	Radio	20
17h à 18h	Télé+VCD	120
18h à 22h	Télé+éclairage	154
22h à 24h	Aucune charge	0

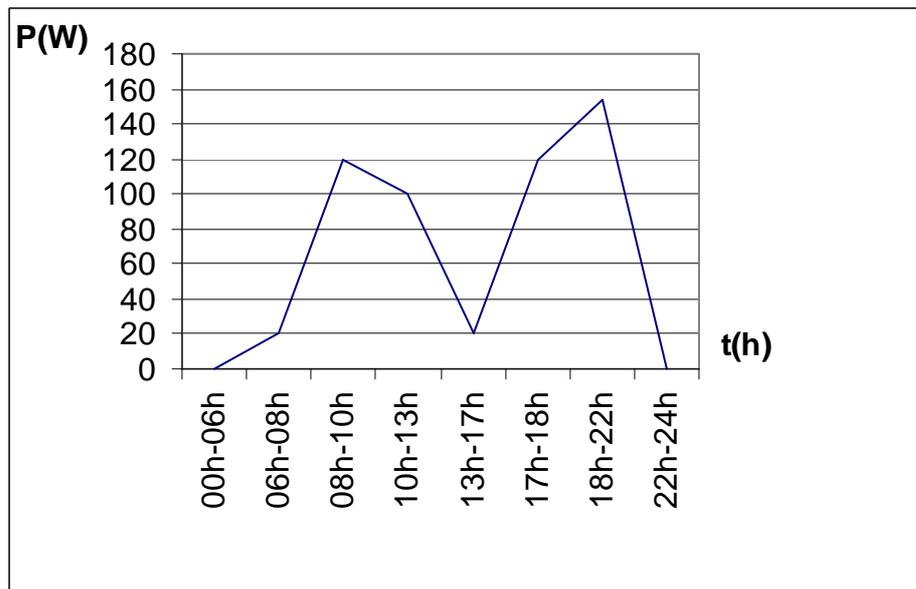


Fig.V.5 Courbe de charge journalière.

D'après cette courbe on voit que ce foyer utilise sa radio de 20W pendant 6h

$$W_C=20 \times 6=120Wh$$

Alors en un jour sa radio consomme 120Wh/j

$$\text{Or } I = \frac{120}{12} = 10A$$



Ce qui correspond 10Ah/j

Télé+VCD marche pendant 3h par jour

$$W_C = 120 \times 3 = 360 \text{Wh}$$

En une journée 360Wh/j

$$I = \frac{360}{12} = 30 \text{A}$$

Ce qui correspond 30Ah/j

Télé marche pendant 7h par jour

$$W_C = 100 \times 7 = 700 \text{Wh}$$

Alors en une journée 700Wh/j

$$I = \frac{700}{12} = 58,33 \text{A}$$

Ce qui donne 58,33Ah/j

Eclairage marche 4h par jour

$$W_C = 54 \times 4 = 216 \text{Wh/j}$$

$$I = \frac{216}{12} = 18 \text{A}$$

Ce qui donne 18Ah/j

Donc en une journée ce foyer nécessite une capacité de 116,33Ah/j

$$Q_j = 10 + 30 + 58,33 + 18 = 116,33 \text{Ah/j}$$

$$Q_j = 116,33 \text{Ah/j} \approx 116 \text{Ah/j}$$

Donc deux batteries de 60Ah suffisent pour ce foyer.

V.1.7.2 Capacité d'une batterie en fonction d'autonomie souhaitée

On peut calculer la puissance d'une batterie en fonction d'autonomie souhaitée par la relation suivante :

$$Q_B = 1,2 \times k_S \times Q_j \times N_j \quad (5-8)$$

Avec Q_j : Puissance journalière nécessaire

1,2 : La décharge à 80% de batterie

k_S : Coefficient de sécurité qui est égale à 1,1

Exemple : pour $Q_j = 116 \text{Ah/j}$ avec le nombre d'autonomies une semaine

$$Q_B = 1,2 \times 1,1 \times 116 \times 7 = 1071,84 \text{Ah} \approx 1071 \text{Ah}$$

Ce qui correspond 10 batteries de 110Ah.



V.1.8 Coût d'électricité produite

Dans ce paragraphe on propose au futur producteur de l'énergie électrique le prix d'électricité produite. On sait que le problème de l'énergie solaire photovoltaïque est le coût de l'électricité produite qui est de l'ordre de 2400Ar par KWh produit auquel s'ajoute l'investissement initial minimum de l'ordre de 980.000Ar. Dans ce projet d'étude, on va vendre 200Ar le 10Ah de l'électricité produite. Ce tarif permet de donner le prix de recharge d'une batterie de l'ordre de 1000Ar pour 50Ah, 2000Ar pour 100Ah et 3000Ar pour 150Ah.

V.2 SYSTEME DE PRODUCTION PAR GROUPE ELECTROGENE

Un groupe électrogène est un ensemble de moteur et d'alternateur qui produit de l'électricité. On utilise un moteur thermique fonctionnant du carburant (Essence ou Gasoil). Généralement, les caractéristiques d'un groupe sont indiquées sur sa plaque signalétique telle que : marque, puissance nominale exprimée en KVA, tension nominale et courant nominal.

V.2.1 Schéma bloc d'un groupe électrogène

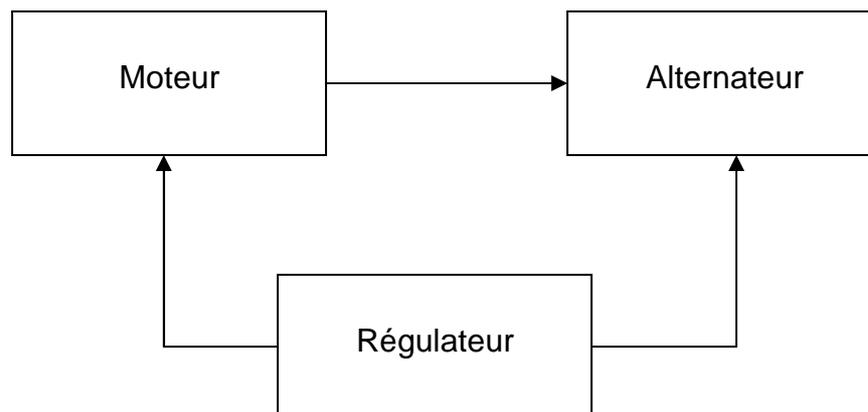


Fig.V.6 Schéma bloc d'un groupe électrogène.

En principe le moteur entraîne l'alternateur et ce dernier produit l'électricité. Souvent la tension délivrée par l'alternateur n'est pas constante ; c'est pour cela qu'on insert un régulateur dans le groupe.

V.2.2 Le groupe électrogène pour 4 villages

Pour savoir la puissance d'un groupe électrogène qui est capable d'alimenter les 4 villages, il est nécessaire de tracer la courbe des charges prévisionnelles journalières dans ces 4 villages

V.2.2.1 Tableau et courbe des charges

Une courbe des charges décrit le régime de fonctionnement des utilisateurs. Elle décrit aussi la variation de l'énergie consommée par les utilisateurs en fonction du temps en une journée.

Le tableau ci-dessous présente tous les appareils utilisés par les groupes de foyer avec ses puissances correspondantes pendant des intervalles de temps.



TableauV.7 : Des charges prévisionnelles

Horaire	Charges	Puissance de charges des 4 villages en KW
00h à 03h	Congélateur+réfrigérateur+éclairage public+10% éclairage	16
03h à 05h	Congélateur+réfrigérateur+éclairage public+25% éclairage	21
05h à 06h	Congélateur+réfrigérateur	12
06h à 07h	75% Congélateur+réfrigérateur+radio	13
07h à 08h	50% Congélateur+réfrigérateur+radio+ordinateur+ Télévision+lecteur VCD	22
08h à 09h	25% Congélateur+réfrigérateur+radio+ordinateur+ Télévision+lecteur VCD+machine à coudre+Tour électrique	23
09h à 10h	25% ventilateur+réfrigérateur+radio+ordinateur+ Télévision+lecteur VCD+machine à coudre+Tour électrique	22
10h à 11h	50% ventilateur+réfrigérateur+radio+ordinateur+ Télévision+lecteur VCD+machine à coudre+Tour électrique	23
11h à 12h	Ventilateur+réfrigérateur+radio+télévision+50%lecteur VCD+10% congélateur	21
12h à 13h	Ventilateur+50% réfrigérateur+radio+télévision+ 50%lecteur VCD+25% congélateur	19
13h à 14h	75%Ventilateur+50%réfrigérateur+radio+50%télévision+50 % lecteur VCD+50% congélateur	13
14h à 15h	50%Ventilateur+25%réfrigérateur+radio+25%télévision+25 %lecteur VCD+75%congélateur+ordinateur+tour électrique	17
15h à 16h	25%Ventilateur+50%radio+25%télévision+25%lecteur VCD+75%congélateur+ordinateur+tour électrique+machine à coudre	19
16h à 18h	Radio+télévision+lecteur VCD+congélateur+brushing+fer à repasser+machine à coudre+tour électrique	38
18h à 19h	Radio+télévision+lecteur VCD+réfrigérateur+congélateur+fer à repasser+machine à coudre+tour électrique+éclairage+éclairage public	67
19h à 20h	Radio+télévision+lecteur VCD+réfrigérateur+congélateur+fer à repasser+machine à coudre+tour électrique+éclairage+éclairage public	67
20h à 21h	Radio+télévision+lecteur VCD+réfrigérateur+congélateur+ 75%éclairage+éclairage public	47
21h à 22h	50%Radio+50%télévision+50%lecteur VCD+réfrigérateur+ congélateur+50%éclairage+éclairage public	34
22h à 23h	25%télévision+25%lecteurVCD+réfrigérateur+congélateur+2 5%éclairage+éclairage public	23
23h à 24h	Congélateur+réfrigérateur+éclairage public+10% éclairage	16



Voici la courbe correspondante :

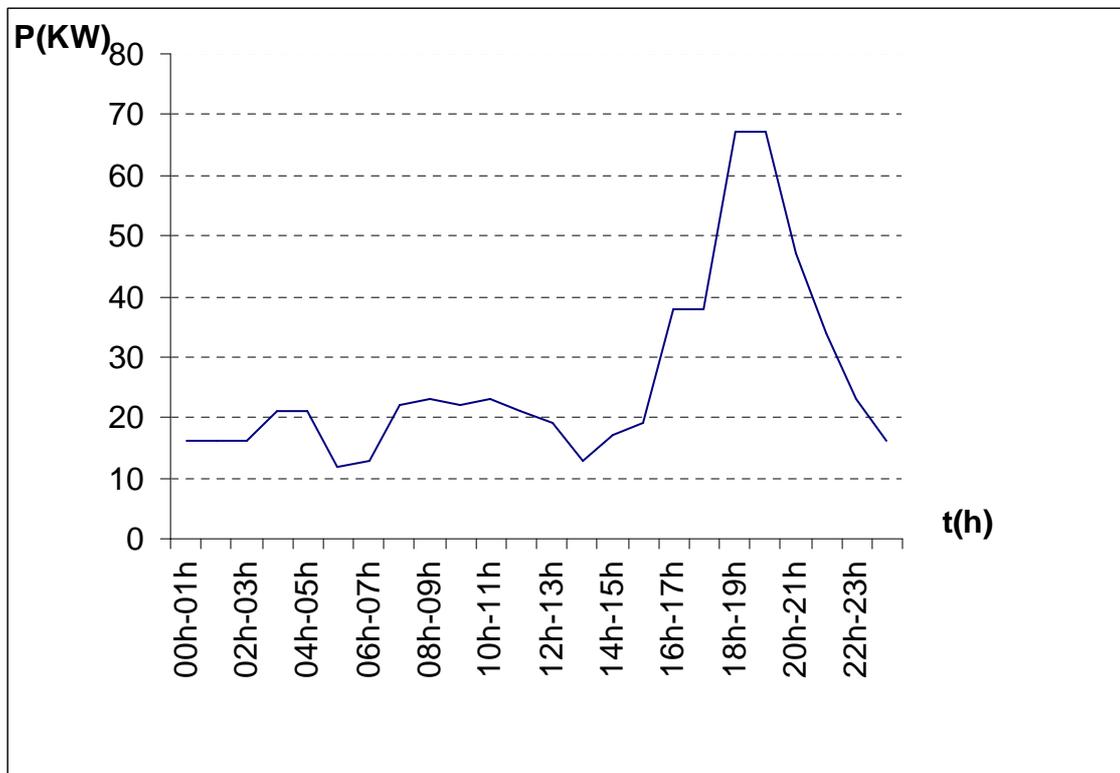


Fig.V.7 Courbe de charges prévisionnelles des 4 villages.

V.2.2.2 Interprétation

La courbe ci-dessus présente la charge journalière des 4 villages en fonction du temps d'utilisation. Elle est exprimée en KW. En observant cette courbe, on voit que de 00h à 03h la charge est presque constante et il y a une petite élévation de 03h à 07h, elle diminue de 06h à 07h. De 07h à 09h la charge s'élève et vers 09h à 11h elle est constante. A partir de 11h il y a une petite diminution jusqu'à 15h. Elle s'élève jusqu'à 18h et à partir de 18h la charge est presque maximum.

Dans ce même instant, il y a un pic de charge d'où l'appellation : <<Heure de pointe>> et la puissance correspondante à cette heure est appelée <<Puissance de Pic>>. Pour les 4 villages la puissance de pic est 67KW environ. Ce pic commence à diminuer vers 19h.

V.2.3 Puissance de groupe installée

D'après cette courbe on voit que la puissance de pic est de 67KW (P_C). Pour assurer le bon fonctionnement de groupe, on adopte la puissance de groupe P_G supérieur à la puissance de pic c'est-à-dire : $P_G > P_C$ pour qu'il y ait une puissance de réserve.

La puissance de groupe est normalisé donc on prend ici $P_G = 80KW$, la puissance de réserve est 13KW. En général, la puissance d'un groupe est exprimée en KVA.



Les formules :

$$P_G = \sqrt{3}U_G I_G \cos \varphi \quad (5-9)$$

$$S_G = \sqrt{3}U_G I_G \quad (5-10)$$

nous donnent $P_G = S_G \cos \varphi \quad (5-11)$

d'où $S_G = \frac{P_G}{\cos \varphi} \quad (5-12)$

Théoriquement on adopte $\cos \varphi = 0,8$

A.N. $S_G = 100KVA$

Actuellement la puissance de groupe électrogène pour l'alimentation des 4 villages est 100KVA, c'est une valeur normalisée.

V.2.4 Méthode d'implantation de la centrale

Lorsqu'on implante la centrale à groupe électrogène sur ces 4 villages, on dispose de deux groupes électrogènes identiques de 50KVA pour assurer la continuité de service.

Exemple :

- ✓ Groupe électrogène GENELEC
- ✓ Tension nominale : 380V
- ✓ Courant nominale : 76A
- ✓ Moteur diesel J. DEERE
- ✓ Alternateur KELHER.

Ces deux groupes fonctionnent complémentaires au moment d'augmentation de charge et l'un remplace l'autre pendant l'entretien. On ajoutera un troisième groupe lorsque les besoins énergétiques des 4 villages augmentent ; Ce processus peut continuer jusqu'à cinq années à venir.

On a choisi le village Antafiambotry comme lieu d'emplacement de la centrale pour faciliter les distributions de l'énergie. On adopte le transport d'énergie par des lignes aériennes maintenues sur des poteaux en bois de 7m d'hauteur. Comme la distance entre ces 4 villages est relativement faible, on propose de transporter l'énergie en moyenne tension de 5000V.

V.2.5 Disposition de la centrale sur la carte de l'île de Nosy Faly

La figure ci-dessous montre la disposition de la centrale et le mode de transport d'énergie vers les 4 villages sur la carte Nosy Faly. Comme Ampasikely ambony et Ampasikely ambany sont deux villages très proches, on les considère comme un seul village.

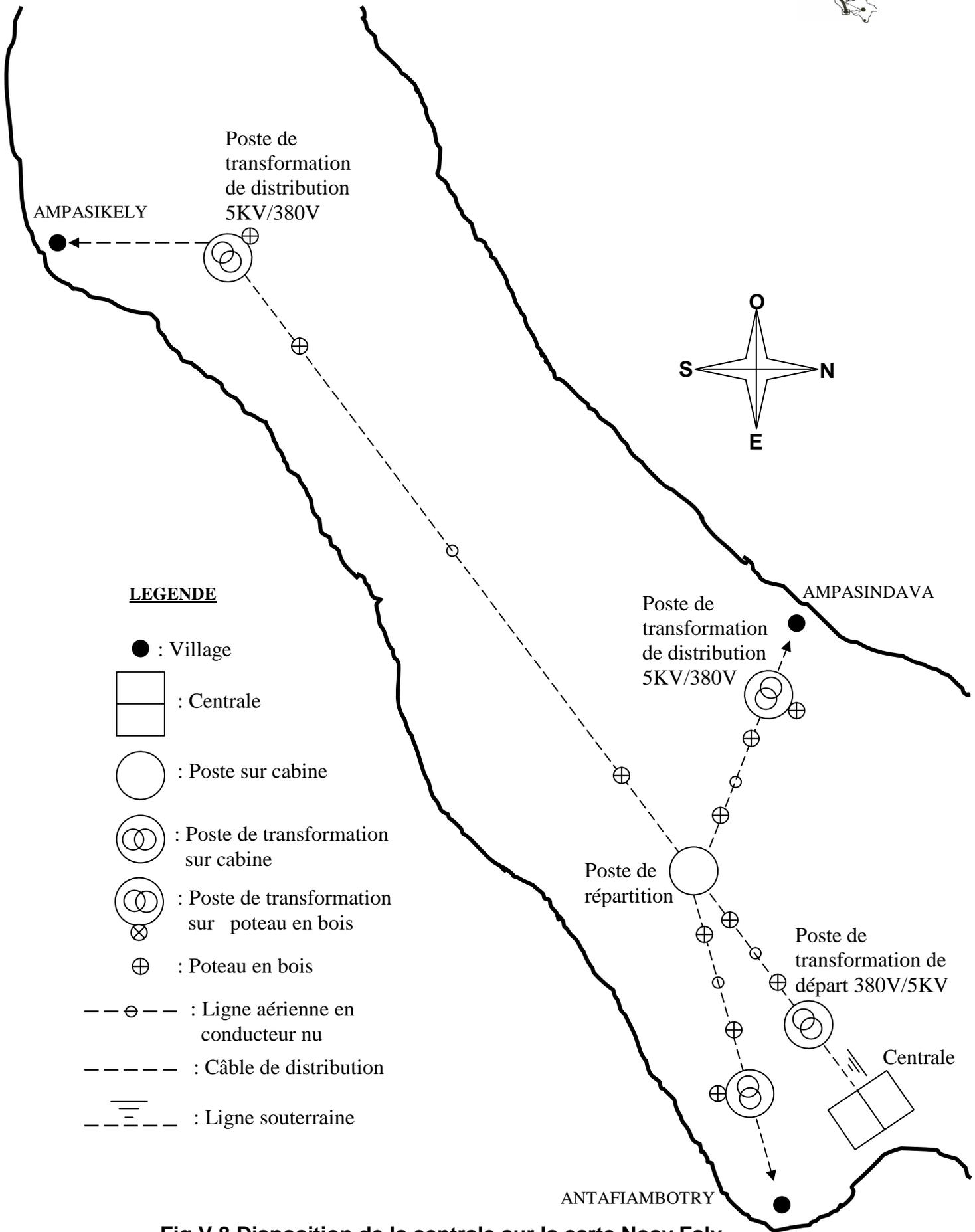


Fig.V.8 Disposition de la centrale sur la carte Nosy Faly.



V.2.6 Schéma d'installation de la centrale thermique diesel

La structure du réseau de transport de l'énergie électrique se divise en trois parties : Production, Transport et distribution.

➤ Schéma bloc

La figure ci-dessous représente le schéma bloc de l'installation.

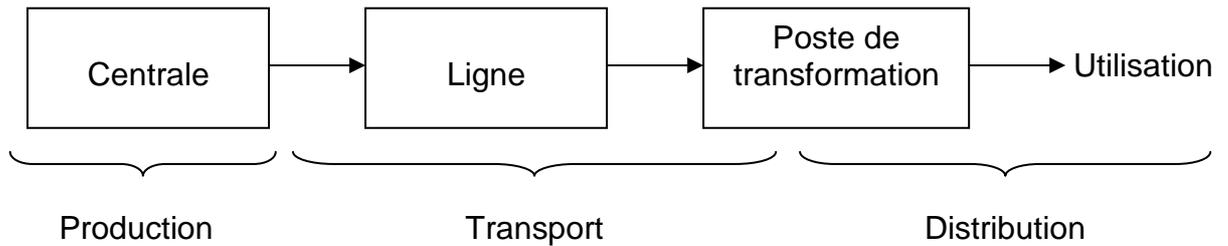


Fig.V.9 Schéma bloc de l'installation.



➤ **Schéma unifilaire**

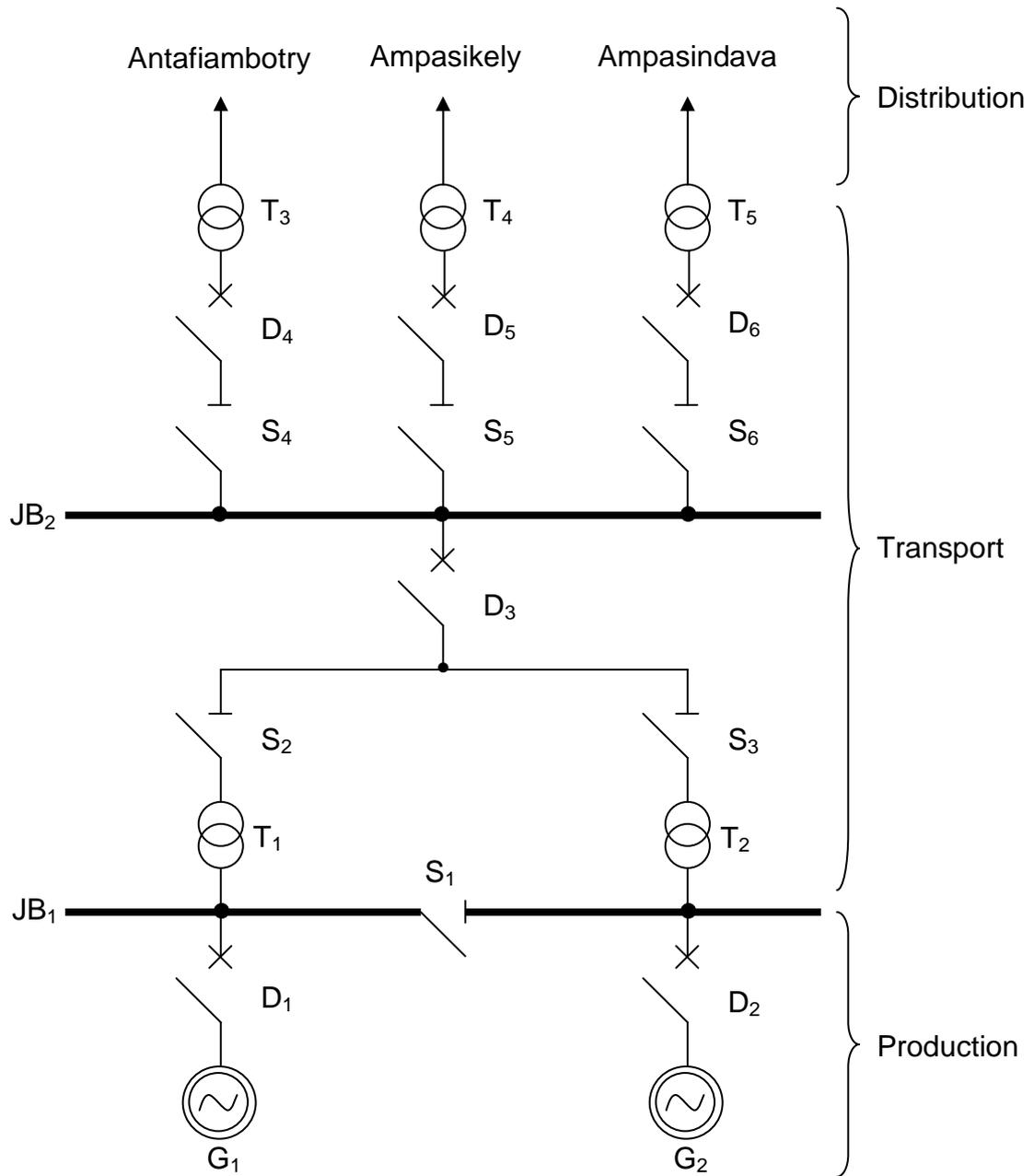


Fig.V.10 Schéma unifilaire de l'installation.

D₁, D₂, D₃, D₄, D₅ et D₆ sont des disjoncteurs à moyenne tension. Ils sont destinés à ouvrir ces circuits en fonctionnement normal et ouverture automatique de ces circuits en régime d'avarie (court-circuit). Cette ouverture est extrêmement rapide. Ils protègent aussi l'installation contre la destruction et la déstabilisation du fonctionnement du réseau.

S₁, S₂, S₃, S₄, S₅ et S₆ sont des sectionneurs destinés pour l'ouverture ou la fermeture de ces circuits sous tension en l'absence des charges. Ils sont aussi utilisés pour assurer la visibilité de la coupure de ces installations.



T_1 et T_2 sont des transformateurs de puissance qui servent pour transformer la basse tension en moyenne tension (BT/MT) et T_3 , T_4 et T_5 transforment la moyenne tension en basse tension (MT/BT).

JB_1 et JB_2 sont des jeux de barres en cuivre MEPLAT pour assurer la liaison de ces circuits.

G_1 et G_2 sont des génératrices synchrones du groupe. Ils produisent l'électricité.

V.2.7 Choix des appareillages pour l'installation

Pour assurer le bon fonctionnement de la centrale, il est nécessaire de choisir les appareillages qui la constituent selon les critères correspondants.

V.2.7.1 Choix des génératrices synchrones (G_1 et G_2)

Pour G_1 et G_2 , généralement la puissance des groupes électrogènes à installer est choisie à partir de ce critère :

$$P_G > P_C \quad (5-13)$$

Avec P_G : puissance du groupe ;

P_C : puissance de pic des charges.

Dans le paragraphe (V.2.2.2), $P_C = 67\text{KW}$

Donc $P_G > 67\text{KW}$.

On prend $P_G = 80\text{KW}$ dont 40KW chacun.

Alors $P_{nG} = 40\text{KW}$

a) Puissance apparente nominale S_{nG}

$$P_{nG} = S_{nG} \cos \varphi \quad (5-14)$$

$$S_{nG} = \frac{P_{nG}}{\cos \varphi} \quad (5-15)$$

Pour avoir de bon rendement on prend $\cos \varphi = 0,8$.

A.N. $S_{nG} = 50\text{KVA}$

b) Tension nominale U_{nG}

U_{nG} est normalisée : 380V , 400V .

On prend $U_{nG} = 380\text{V}$

c) Courant nominal I_{nG}

$$S_{nG} = \sqrt{3} U_{nG} I_{nG} \quad (5-16)$$



$$I_{nG} = \frac{S_{nG}}{\sqrt{3}U_{nG}} \quad (5-17)$$

A.N. $I_{nG} = 76A$

d) Tableau de choix

Tableau V.8 Choix du groupe

S_{nG} (KVA)	P_{nG} (KW)	U_{nG} (V)	I_{nG} (A)	Caractéristique
50	40	380	76	Groupe électrogène GENELEC Moteur diesel Alternateur KELHER
50	40	380	76	Groupe électrogène GENELEC Moteur diesel Alternateur KELHER

V.2.7.2 Choix des disjoncteurs

Les disjoncteurs D₁, D₂, D₃, D₄, D₅ et D₆ sont choisis à partir de 7 critères :

1^{er} Critère : La tension nominale de disjoncteur U_d doit être supérieur ou égale à la tension du secteur U_s

$$U_d > U_s \quad (5-18)$$

Pour D₁ et D₂

$$U_s = 380V$$

Alors $U_d \geq 380V$

Pour D₃, D₄, D₅ et D₆

$$U_s = 5KV$$

Alors $U_d \geq 5KV$

2^e Critère : Le courant nominal du disjoncteur I_d doit être supérieur ou égal au courant correspondant au régime de fonctionnement le plus défavorable du courant à protéger.



$$I_d \geq I_{rfd} \quad (5-19)$$

Pour D₁ et D₂

$$I_{rfd} = 1,05I_{nG} \quad (5-20)$$

Avec I_{nG} : courant nominal du générateur.

Or $I_{nG} = 76A$

A.N. $I_{rfd} = 1,05 \times 76 = 79,8 \approx 80A$

$$I_d \geq 80A$$

Pour D₃, D₄, D₅ et D₆

$$I_{rfd} = 1,5I_{nT} \quad (5-21)$$

$$I_d \geq 1,5I_{nT}$$

Avec I_{nT} : courant nominal de transformateur.

3^e Critère : Stabilité électrodynamique du disjoncteur.

La stabilité électrodynamique dépend de deux conditions :

- ❖ La valeur limite de la composante périodique du courant admissible dans le disjoncteur doit être supérieure ou égal à la composante périodique du courant de court-circuit sub-transitoire.

$$I_{cpa} \geq I_{cc}'' \quad (5-22)$$

I_{cc}'' : Valeur efficace de la composante périodique du courant de court-circuit sub-transitoire.

I_{cpa} : Valeur efficace de la composante périodique du courant admissible pour le disjoncteur.

- ❖ L'amplitude de la composante périodique du courant admissible par le disjoncteur doit être supérieure ou égal au courant de choc.

$$i_{cp} \geq i_{ch} \quad (5-23)$$

$$\text{Avec } i_{ch} = \sqrt{2}k_{ch} \times I_{cc}'' \quad (5-24)$$

Où i_{ch} : Courant de choc ;

i_{cp} : Courant nominal de stabilité électrodynamique (amplitude du courant I_{cpa})

k_{ch} : Coefficient de choc.

$$\text{Avec } k_{ch} = 1 + e^{\frac{0,1}{T_a}} \quad (5-25)$$

La stabilité électrodynamique des disjoncteurs D₁ et D₂ se calcule en supposant un court-circuit sur le jeu de barre 1 (JB₁).

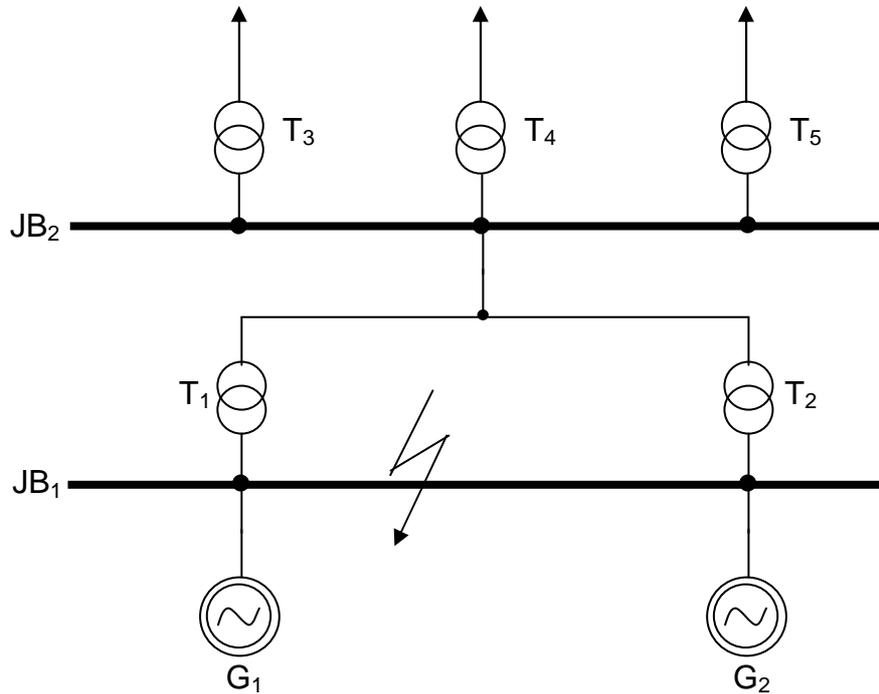


Fig.V.11 Schéma simplifié de la centrale avec un court-circuit supposé sur JB₁.

Cette supposition sert pour pouvoir déterminer le courant de court-circuit par la relation :

$$I_{cc}''' = \frac{E_{\Sigma}^{om}}{\sqrt{3}X_{\Sigma}^{on}} \quad (5-26)$$

Avec E_{Σ}^{on} : f.e.m. de ligne du schéma équivalent ;

X_{Σ}^{on} : Réactance équivalente du schéma équivalent.

Le courant de choc i_{ch}

$$i_{ch} = i_a(0,01) + i_p''(0,01) \quad (5-27)$$

Avec $i_a(0,01)$: Composante apériodique du courant de court-circuit à $t = 0,01s$.

$i_p'''(0,01)$: Valeur instantanée de I_{cc}'' à l'instant $t = 0,01s$.

$$i_{ch} = \sqrt{2}I_{cc}'' e^{-\frac{0,01}{T_a}} + \sqrt{2}I_{cc}'' \quad (5-28)$$

D'où $i_{ch} = \sqrt{2}I_{cc}'' \times k_{ch}$

Pour les disjoncteurs D₃, D₄, D₅ et D₆, on suppose que le court-circuit a lieu sur le jeu de barre 2 (JB₂) pour le disjoncteur D₂ et les restes entre le transformateur T₃ par exemple et le jeu de barre 2 (JB₂).

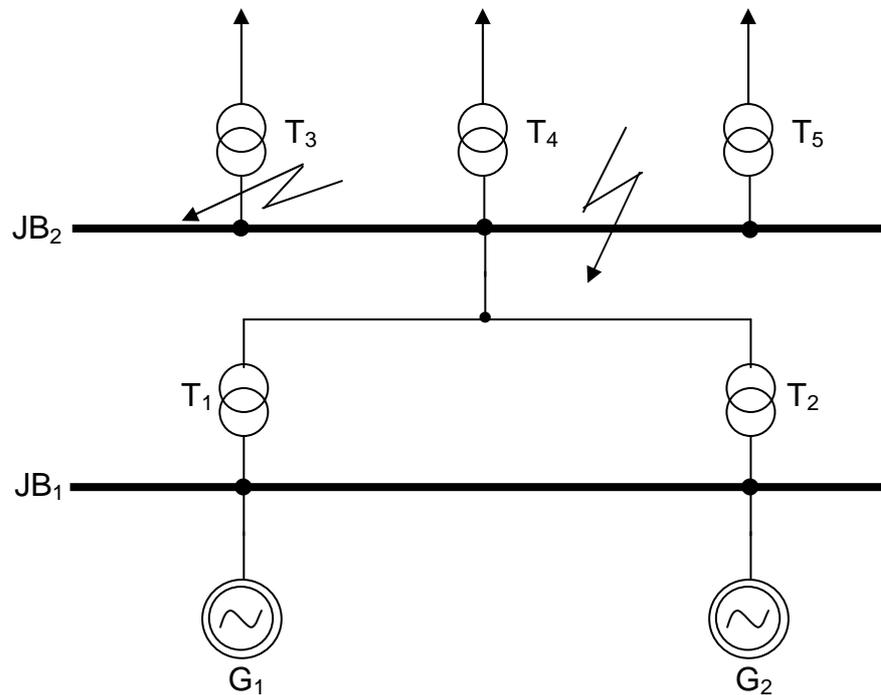


Fig.V.12 Schéma simplifié de la centrale avec un court-circuit supposé sur JB₂ et entre T₃ et JB₂.

4^e Critère : Pouvoir de coupure

La composante périodique du courant de court-circuit à l'instant τ du déclenchement doit être inférieure ou égale au courant maximal que les disjoncteurs peuvent couper.

$$I_{p\tau} \leq I_{ncd} \quad (5-29)$$

Où $I_{p\tau}$ et I_{ncd} : respectivement composante symétrique de court-circuit au moment τ et courant nominal périodique du coupure de disjoncteur.

$$\tau = t_{r\min} + t_{opd} \quad (5-30)$$

Où $t_{r\min}$: Temps nominal de réaction de relais de protection ;

t_{opd} : Temps propre de déclenchement du disjoncteur.

5^e Critère : Stabilité thermique

L'intégrale de joule du courant de court-circuit caractérisant la quantité de chaleur se dégageant du disjoncteur durant le court-circuit doit être inférieure au produit du carré du courant maximal de stabilité thermique avec le temps maximum imposé par les condition de stabilité thermique.

$$J_{cc} \leq I_{st}^2 * t_{st} \quad (5-31)$$



Où I_{st} : courant limite de stabilité thermique (que l'appareil peut supporter sans s'abîmer) pendant un temps t_{st} .

t_{st} : Temps limite de stabilité thermique correspondant à I_{st} .

J_{cc} : L'intégral de joule du courant de court-circuit.

$$J_{cc} = J_{ccp} + J_{cca}$$

$$= I_{cc}''^2 \left[t_0 + T_a \left(1 - e^{-\frac{2t_0}{T_a}} \right) \right] \quad (5-32)$$

Où t_0 : temps écoulé à partir du début du court-circuit jusqu'à son élimination.

Avec $t_0 = t_{rp} + t_{od}$

Où t_{od} : temps d'ouverture complète du disjoncteur ;

t_{rp} : Temps de réaction de relais de disjoncteur.

$$\text{Si } \frac{t_{op}}{T_a} = 1 \text{ à } 2$$

$$J_{cc} = I_{cc}''^2 (t_{od} + T_a) \quad (5-33)$$

6^e Critère : Pouvoir de fermeture

$$I_{cc}'' < I_{fn} \quad (5-34)$$

Où I_{fn} : courant de fermeture du disjoncteur.

7^e Critère : Tension Transitoire de Rétablissement (T.T.R)

Pour le dernier critère, on vérifie la tension de rétablissement sur les contacts du disjoncteur (vitesse de rétablissement, fréquence, coefficient de surtension).

V.2.7.3 Choix des sectionneurs

Les choix de ces disjoncteurs s'effectuent suivant 4 critères :

1^{er} Critère : Tension nominale

$$U_s \geq U_{sect} \quad (5-35)$$

Où U_s : Tension nominale du sectionneur ;

U_{sect} : Tension nominal du secteur.

Pour S_1 , $U_s = 380V$ donc $U_{s_1} \geq 380V$

Pour S_2, S_3, S_4, S_5 et S_6 $U_s = 5KV$ donc $U_{s_2} = \dots = U_{s_6} \geq 5KV$



2^e Critère : Courant nominal

$$I_s \geq I_{rfd} \tag{5-36}$$

Où I_s : courant nominal du sectionneur ;

Pour S_1 , $I_{rfd} = 1,05I_{nG}$

Avec I_{nG} : courant nominal du générateur.

$$I_{S_1} \geq 1,05I_{nG}$$

Pour S_2, S_3, S_4, S_5 et S_6 , $I_{rfd} = 1,5I_{nT}$

$$I_s \geq 1,5I_{nT}$$

3^e Critère : Stabilité électrodynamique

Même raisonnement que le disjoncteur :

$$I''_{cc} \leq I_{cpa} \text{ et } i_{ch} \leq i_{cpa}$$

On suppose le court-circuit sur le jeu de barre 2 (JB₂) pour le sectionneur S_1 entre T_1 et T_2 pour S_2, S_3 et les restent sur les lignes.

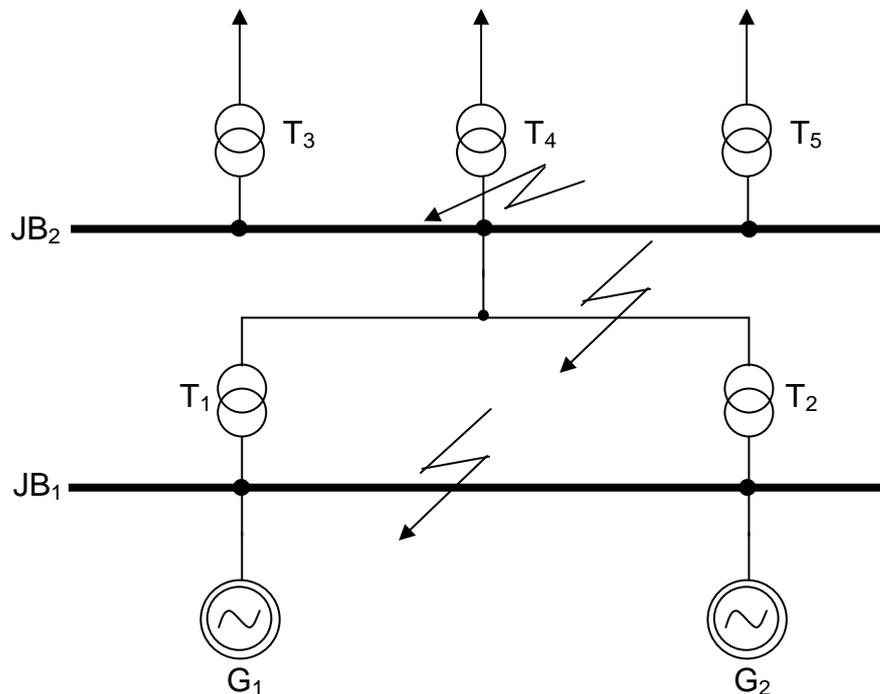


Fig.V.13 Schéma simplifié de la centrale avec un court-circuit supposé sur JB₁, entre JB₂ et T₄, JB₂ et T₂.



4^e Critère : Stabilité thermique

$$J_{cc} \leq I_{st}^2 * t_{st} \quad (5-37)$$

Où I_{st} : courant limite de stabilité thermique.

$$\text{Avec } J_{cc} = I_{cc}^2 (t_{od} + T_a) \quad (5-38)$$

Pour les critères 1, 2 et 4 le choix de la même manière que pour le disjoncteur.
Pour la stabilité électrodynamique, il suffit tout simplement tenue de courant de choc.

V.2.7.4 Choix des transformateurs de puissance

Pour T_1 et T_2 il faut que $P_{T_1} \geq P_{G_1}$ et $P_{T_2} \geq P_{G_2}$

Pour T_3 à T_5 il faut que les puissances des transformateur soit au moins égale à la charge nominale des lignes correspondantes.

Avec $P_{T_1}, P_{T_2}, P_{T_3}, P_{T_4}$ et P_{T_5} : Puissance nominale des transformateurs ;

P_{G_1} et P_{G_2} : Puissance respective des groupes G_1 et G_2 .

Pour T_1 et T_2 , $P_R = 80KW$

Donc $P_{T_n} \geq 80KW$

Généralement la puissance d'un transformateur est une puissance apparente.

Pour $P_{T_n} = 80KW$

$$P_{T_n} = S_{T_n} \cos \varphi \quad (5-39)$$

$$\text{D'où } S_{T_n} = \frac{P_{T_n}}{\cos \varphi} \quad (5-40)$$

Pour avoir de bon rendement on adopte $\cos \varphi = 0,8$

A.N. $S_{T_n} = 100KVA$

$U_{nTP} = U_{RBT}$ et $U_{nTS} = U_{RMT}$

Avec U_{nTP} : Tension nominale primaire du transformateur ;

U_{nTS} : Tension nominale secondaire du transformateur ;

U_{RBT} : Tension réseau basse tension ;

U_{RMT} : Tension réseau moyenne tension.

Pour le transformateur T_3 , P_{nT_3} doit être supérieur ou égale à la puissance dans les 5 années à venir d'Antafiambotry P_{at} .

$P_{at} = 65KW$ donc $P_{nT_3} = 65KW$

Alors $P_{nT_3} = S_{nT_3} \cos \varphi$



$$\text{D'où } S_{nT_3} = \frac{P_{nT_3}}{\cos \varphi}$$

$$\text{A.N. } S_{nT_3} = 81\text{KVA}$$

Nous avons $U_{nTP} = U_{RMT} = 5\text{KV}$ et $U_{nTS} = U_{RBT} = 380\text{V}$

Donc pour T_3 , $S_{nT_3} = 80\text{KVA}$ de tension primaire et secondaire $5\text{KV}/380\text{V}$

Pour le transformateur T_4 , on suit le même raisonnement :

$$P_{nT_4} \geq P_{am} \quad (5-41)$$

Avec P_{nT_4} : Puissance nominale du transformateur T_4 ;

P_{am} : Puissance nominale dans les 5 années à venir d'Ampasikely.

$$P_{am} = 56\text{KW} \text{ d'où } P_{nT_4} = 56\text{KW}$$

En suivant le même raisonnement que T_3 ,

nous avons, pour T_4 , $S_{nT_4} = 70\text{KVA}$ de tension primaire et secondaire $5\text{KV}/380\text{V}$.

Pour le transformateur T_5 , on suit aussi le même raisonnement :

$$P_{nT_5} \geq P_{amp} \quad (5-42)$$

Avec P_{nT_5} : Puissance nominale du transformateur T_5 ;

P_{amp} : Puissance nominale dans les 5 années à venir d'Ampasindava.

$$P_{amp} = 23\text{KW} \text{ d'où } P_{nT_5} = 23\text{KW}.$$

En suivant le même raisonnement que T_3 ,

nous avons, pour T_5 , $S_{nT_5} = 30\text{KVA}$ de tension primaire et secondaire $5\text{KV}/380\text{V}$.

V.2.7.6 Choix des jeux de barre JB_1 et JB_2

Dans les 5 années à venir, les besoins énergétiques des 4 villages sont estimés à environs 145KW. Pour le choix des deux jeux de barre JB_1 et JB_2 , il faut que le courant nominal des jeux de barre soit supérieur ou égal à celle du réseau en régime d'avarie (court-circuit).

$$I_{JB} \geq I''_{CC} \quad (5-43)$$

Pour le jeu de barre JB_1 on calcule le courant nominal à partir de la puissance du réseau par la relation suivante :

$$P_{nR} = \sqrt{3}U_{nR}I_{nR} \cos \varphi \quad (5-44)$$



Avec P_{nR} : Puissance nominale du réseau

D'après (5-45) on a

$$I_{nR} = \frac{P_{nR}}{\sqrt{3}U_{nR} \cos \varphi} \quad (5-45)$$

Donc $I_{JB} = I_{nR}$

Pour le calcul de JB_1 on prend la puissance du réseau dans les cinq années avenir et théoriquement $\cos\varphi=0.8$

On obtient le courant de court-circuit en simulant un court-circuit sur le jeu de barres JB_1

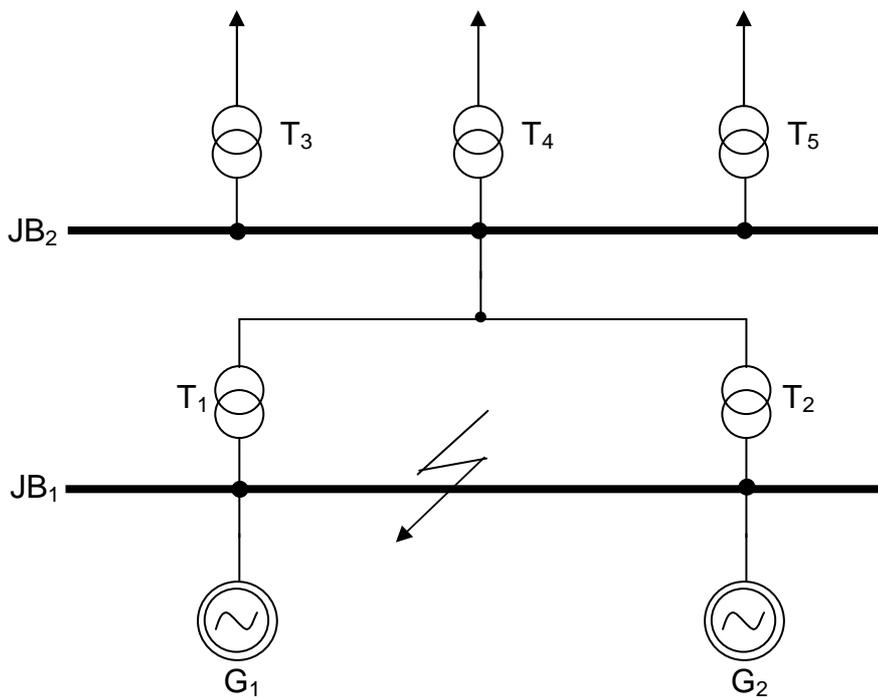


Fig.V.14 Schéma simplifié de la centrale avec un court-circuit supposé les barres JB_2 .

Le calcul de courant de court-circuit s'effectue en 5 étapes par la méthode de calcul de courant de court-circuit et on obtient enfin cette relation :

$$I_{CC} = \frac{E''_{\Sigma 1}}{X''_{\Sigma 1}} \quad (5-46)$$

Ave $E''_{\Sigma 1}$: f.e.m équivalente par rapport au point de court-circuit

$X''_{\Sigma 1}$: Réactance équivalente par rapport au point de court-circuit

Pour le jeu de barres JB_2 le calcul est identique mais on suppose le court-circuit sur les barres JB_2 .

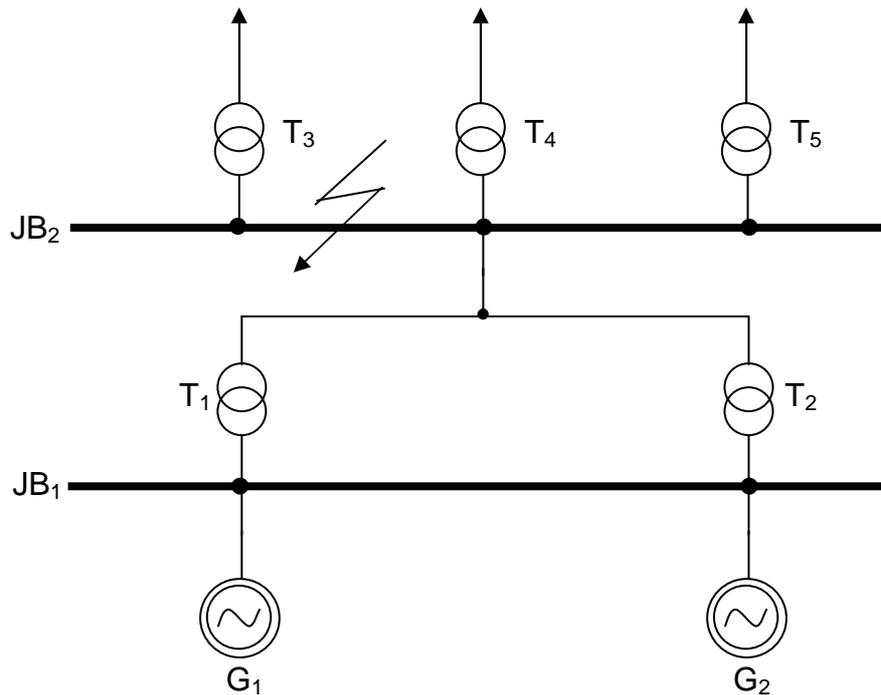


Fig.V.15 Schéma simplifié de la centrale avec un court-circuit supposé sur les barres JB₂.

V.2.6.6 Choix de conducteur de ligne

On calcule la section de conducteur de ligne à partir des besoins énergétiques de ces quatre villages dans le cinq année avenir, pour éviter le changement des conducteurs de ligne en cas d'augmentation de ces besoins en électricité.

Le calcul est obtenu par cette relation :

$$P = \sqrt{3}UI \cos \varphi \quad (5-47)$$

et

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad (5-48)$$

Le conducteur étant purement résistive on prend $\cos \varphi = 1$

La relation (5-47) devient

$$\begin{aligned} P &= 3RI^2 \\ \text{Or} \\ U &= RI \end{aligned} \quad (5-49)$$

(5-47) dans (5-48) on a :

$$P = 3\rho \frac{l}{s} I^2 \quad (5-50)$$



$$\text{D'où } s = \frac{3\rho l I^2}{P} \quad (5-51)$$

Avec P : la puissance active dans les cinq années à venir

ρ : Résistivité du conducteur

l : Longueur du conducteur

Donc pour déterminer la section du ligne Antafiambotry $P = 80KW$ et $l = 06Km$

Pour Ampasikely $P = 70KW$ et $l = 15Km$ et pour Ampasindava $P = 30KW$ et

$l = 09Km$ Pour tous les calculs $\rho = 2.6 \times 10^{-8} \Omega m$

V.7 Les matériels nécessaires pour la production d'énergie thermique

L'installation d'une telle centrale nécessite plusieurs matériels. Le tableau ci-dessous nous donne la liste des matériels nécessaire pour la construction de centrale pour alimenter les quatre villages y compris leurs puissances.



Tableau V.9 : Matériels nécessaires pour la production d'énergie thermique

DESIGNATION ET CARACTERISTIQUES	UNITE	NOMBRE	PUISSANCE UNITAIRE EN (KVA)	PUISSANCE TOTALE EN (KVA)
Groupe électrogène : Moteur J.DEER, Alternateur KOLHER	U	02	50	100
Jeu de barre JB ₁	U	01	-	-
Jeu de barre JB ₂	U	01	-	-
Transformateur de Puissance MT/BT	U	01	80	80
	U	01	70	70
	U	01	30	30
Transformateur de Puissance BT/MT	U	02	100	200
Sectionneur BT	U	01	-	-
Sectionneur MT	U	05	-	-
Disjoncteur BT	U	02	-	-
Disjoncteur MT	U	04	-	-
Câble nu en aluminium Pour Centrale-Ampasindava	Km	09	52	468
Câble nu en aluminium Pour Centrale-Ampasikely	Km	15	45	675
Câble nu en aluminium Pour Centrale-Antafiambotry	Km	06	20	120
Compteur 220V	U	124	-	-
Poteau en bois De 7m de hauteur	m	110	-	-

Pour faciliter le choix de système de production convenable sur l'île de Nosy Faly, nous avons besoin de savoir les prix de tous les matériaux utilisés afin d'avoir le coût total, c'est-à-dire, la somme de toutes les dépenses nécessaires pour l'établissement d'une telle centrale. Pour cela le tableau ci-dessous nous présente le point de vue économique de ces matériaux.



Tableau V.10 : Coût estimatif pour la production d'énergie électrique

DESIGNATION ET CARACTERISTIQUES	UNITE	NOMBRE	PRIX UNITAIRE EN (Ar)	PRIX TOTAL EN (Ar)
Groupe électrogène : Moteur J.DEER, Alternateur KOLHER	U	02	20.000.000	40.000.000
Jeu de barre JB ₁	U	01	90.000	90.000
Jeu de barre JB ₂	U	01	48.000	48.000
Transformateur de Puissance MT/BT	U U U	01 01 01	5.400.000	16.200.000
Transformateur de Puissance BT/MT	U	02	4.800.000	9.600.000
Sectionneur BT	U	01	84.000	84.000
Sectionneur MT	U	05	1.080.000	5.400.000
Disjoncteur BT	U	02	240.000	480.000
Disjoncteur MT	U	04	6.000.000	24.000.000
Câble nu en aluminium Pour Centrale-Ampasindava	Km	09	1.440.000	12.960.000
Câble nu en aluminium Pour Centrale-Ampasikely	Km	15	1.560.000	23.400.000
Câble nu en aluminium Pour Centrale-Antafiambotry	Km	06	1.800.000	10.800.000
Compteur 220V	U	124	72.000	8.928.000
Poteau en bois De 7m de hauteur	m	110	50.000	5.500.000
TOTAL	-	-	42.664.000	157.490.000

Le coût total est de Ar 157.490.000. Plus les accessoires, cette somme pourrai remonter jusqu'à environ Ar 165.000.000. Le coût estimatif total pour l'établissement de la centrale de recharge à panneau solaire est suffisamment supérieur à celui de la centrale thermique diesel.



V.2.8 Installation typique des abonnés

Pour bien expliciter les besoins matériaux des futurs abonnés, on va schématiser l'installation électrique à domicile pour un foyer avec quelques fournitures. Avant tout, prenons d'abord les charges suivantes comme exemple : un radio, 3 ampoules économique, un télévision, un lecteur VCD et congélateur.

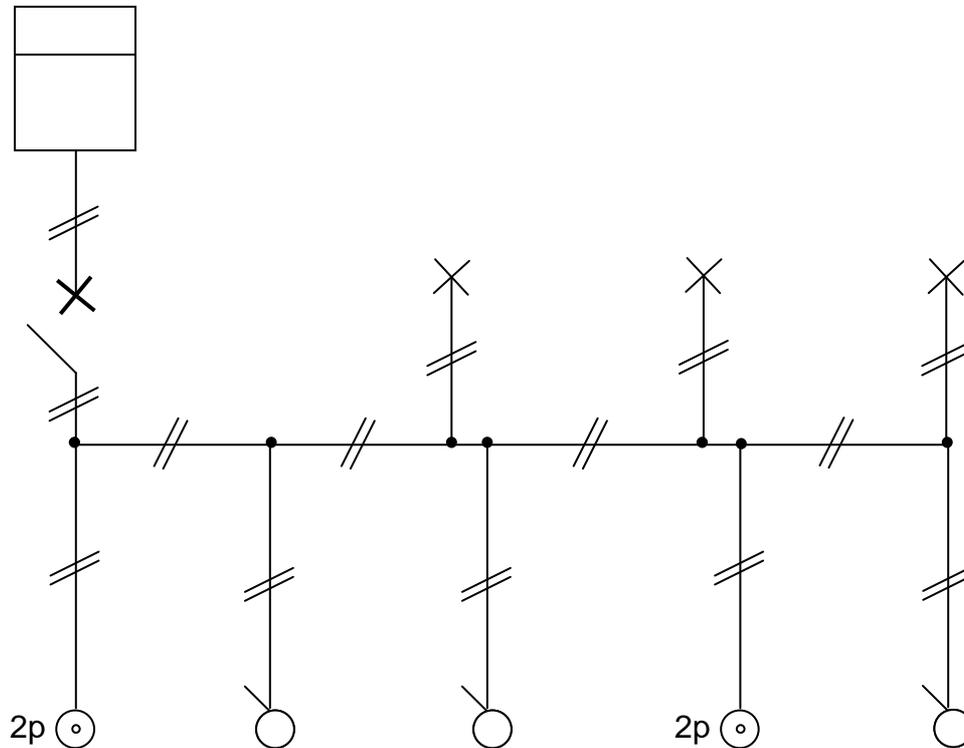


Fig.V.16 Schéma typique d'installation.

Nous allons citer dans le tableau ci-dessous, toutes les fournitures nécessaires pour l'installation électrique à domicile pour deux chambres avec les charges ci-dessus.

Tableau V.11 : Coût estimatif des fournitures

DESIGNATION ET CARACTERISTIQUES	UNITE	NOMBRE	PRIX UNITAIRE EN (Ar)	PRIX TOTAL EN (Ar)
Ampoule économique 18W	U	04	3.000	12.000
Interrupteur simple allumage	U	04	800	3.200
Prise de courant bipolaire	U	03	800	2.400
Douille	U	04	1.000	4.000
Boîtier de dérivation	U	02	2.400	4.800
Fil conducteur	m	30	600	18.000
Attache	U	40	40	1.600
Total	-	-	8.640	46.000



Le coût estimatif moyen d'installation électrique à domicile des futurs abonnés est de Ar 46.000. Cette est consacrée pour l'achat des fournitures pour un appartement de 2 chambres.

V.2.9 Consommation des futures abonnés

Pour faciliter l'estimation du prix par KWh des utilisateurs, nous allons analyser la durée d'utilisation des appareils : un radio de 20W, 4 ampoules de 18w, une télévision de 100W, un lecteur VCD de 20W, un congélateur de 200W, un ventilateur de 50W pour un foyer dans pendant une journée en tenant compte de ces puissance

➤ Tableau de charges prévisionnelles

Tableau V.12 Utilisation des charges

HORAIRE	CHARGES UTILISEES	Puissance des charges en (W)
00h à 06h	Congélateur	200
06h à 08h	Congélateur + radio	220
08h à 09h	Radio	20
09h à 10h	Télévision + lecteur VCD	120
10h à 12h	Télévision + lecteur VCD + ventilateur	170
12h à 14h	Télévision + ventilateur	150
14h à 16h	Radio	20
16h à 18h	Congélateur + radio	220
18h à 20h	Télévision + lecteur VCD + 4 ampoules + congélateur	392
20h à 21h	Télévision + lecteur VCD + 3 ampoules + congélateur	374
21h à 22h	Télévision + 2 ampoules + congélateur	336
22h à 24h	Congélateur	200



Interprétation

D'après ce tableau :

- ✓ Le congélateur (200W) est utilisé pendant 16 heures ;
- ✓ Les quatre ampoules (72W) sont utilisées pendant 2 heures ;
- ✓ Les trois ampoules (54W) sont utilisées pendant une heure ;
- ✓ Les deux ampoules (36W) sont utilisées pendant une heure ;
- ✓ La télévision (100W) est utilisée pendant 9 heures ;
- ✓ Le ventilateur (50W) est utilisé pendant 4 heures ;
- ✓ La radio (20W) est utilisée pendant 7 heures.

➤ Courbe de charges prévisionnelles

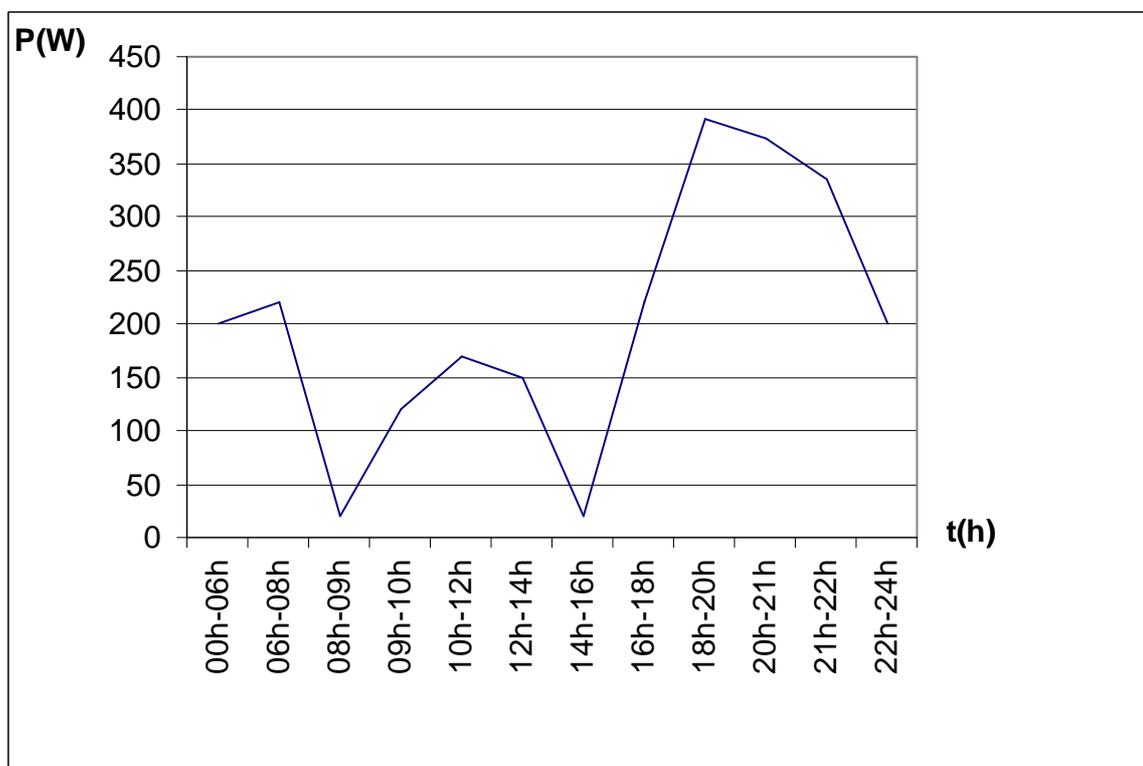


Fig.V.17 Courbe de charges.

Cette courbe n'est valable que pendant 24 heures car, le lendemain on obtiendra une autre allure. Donc cette courbe dépend du fonctionnement de ces appareils.



➤ **Calcul de la consommation mensuelle**

On utilise la formule suivante pour calculer la consommation moyenne par mois :

$$W_{mj} = \sum (P_i \times t_i) \quad (5-52)$$

Avec W_{mj} : Energie moyenne consommée par jour ;

P_i : Puissance d'une charge ;

t_i : Temps d'utilisation.

A.N.

$$W_{mj} = (200 \times 16) + (72 \times 2) + (54 \times 1) + (36 \times 1) + (100 \times 9) + (20 \times 6) + (50 \times 4) + (20 \times 7)$$

$$W_{mj} = 4794Wh \approx 5KWh$$

Alors dans : 24h il consomme 5KWh

$$\text{Un mois (720h) il consomme } \frac{5 \times 720}{24} = 150KWh$$

Pour vendre l'énergie électrique produite par une telle centrale à ces 4 villages, l'élévation du prix des carburants de nos jours et par rapport aux prix unitaire de la JIRAMA (Jiro sy Rano Malagasy) nous ont permis d'estimer que un KWh vaut environ Ar 220. Ce prix est adapté à la situation de l'île de Nosy-Faly. Donc, un foyer utilisant un congélateur, 4 ampoules, une télévision, un lecteur VCD, un ventilateur et un radio consomme en moyenne 150KWh dans un mois. Alors, par rapport au prix du KWh, cette quantité donne une montant de Ar 33.000. Pour 124 foyers des 4 villages de l'île, l'estimation de cette consommation mensuelle est environ Ar 4.092.000.



Chapitre VI

IMPLICATION PEDAGOGIQUE



Chapitre VI

IMPLICATION PEDAGOGIQUE

Comme Madagascar est un pays sous-développés, il existe encore, dans toutes ses provinces, des villages qui n'ont pas d'électricité. Cette absence d'énergie électrique est un obstacle pour son développement. Pour réduire la pauvreté et pour le bien des villageois, le gouvernement n'arrête pas d'améliorer le niveau de vie des peuples en créant des projets, y compris l'électrification des villages.

Mais pour faciliter l'accomplissement du projet d'électrification, les élèves des lycées techniques apprennent déjà l'installation et la distribution en classe de 3^{ème} Année EL (Electrotechnique) pour qu'ils puissent participer à ce projet.

Pour nous futurs enseignants, il est nécessaire de faire des séquences pédagogiques pour favoriser la démarche d'analyse d'un système technique aux élèves.

C'est pour ces raisons que nous choisissons le thème : « **Production d'énergie électrique** ».

PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

Objectif : À la fin de cette séquence, les élèves devront être capable de classer les différents types de système de production d'énergie électrique.

Niveau : 3^{ème} Année EL F. P. I (Formation Professionnelle Initiale)

Durée : 8 heures dont 6 heures pour l'étude théorique et 2 heures pour les exercices.

Matière : TECHNOLOGIE

Pré requis : Installation des locaux d'habitation

Plan : VI.1 Electricité ;
VI.2 Conversion de l'énergie solaire ;
VI.3 Conversion d'énergie par éolienne ;
VI.4 Conversion de l'énergie nucléaire ;
VI.5 Conversion par énergie hydraulique ;
VI.6 Conversion de l'énergie par groupe électrogène ;
VI.7 Evaluation.

Aides pédagogiques : Craie, règle, Photocopies, éponges, etc.,



VI.1 ELECTRICITE

VI.1.1 Définition

L'énergie électrique, appelée communément électricité, n'est en définitive qu'une énergie secondaire. Seuls les effets sont connus. Ils sont de formes :

- Calorifique (radiateur, chauffe eau, four ménager, etc.,.....)
- Lumineuse (tube fluorescent, télévision, foudre, etc.,.....)
- Magnétique (moteur, téléphone, instrument de mesure, etc.,.....)
- Chimique (pile, accumulateur, etc.,.....)



VI.1.2 Tableau des énergies électriques

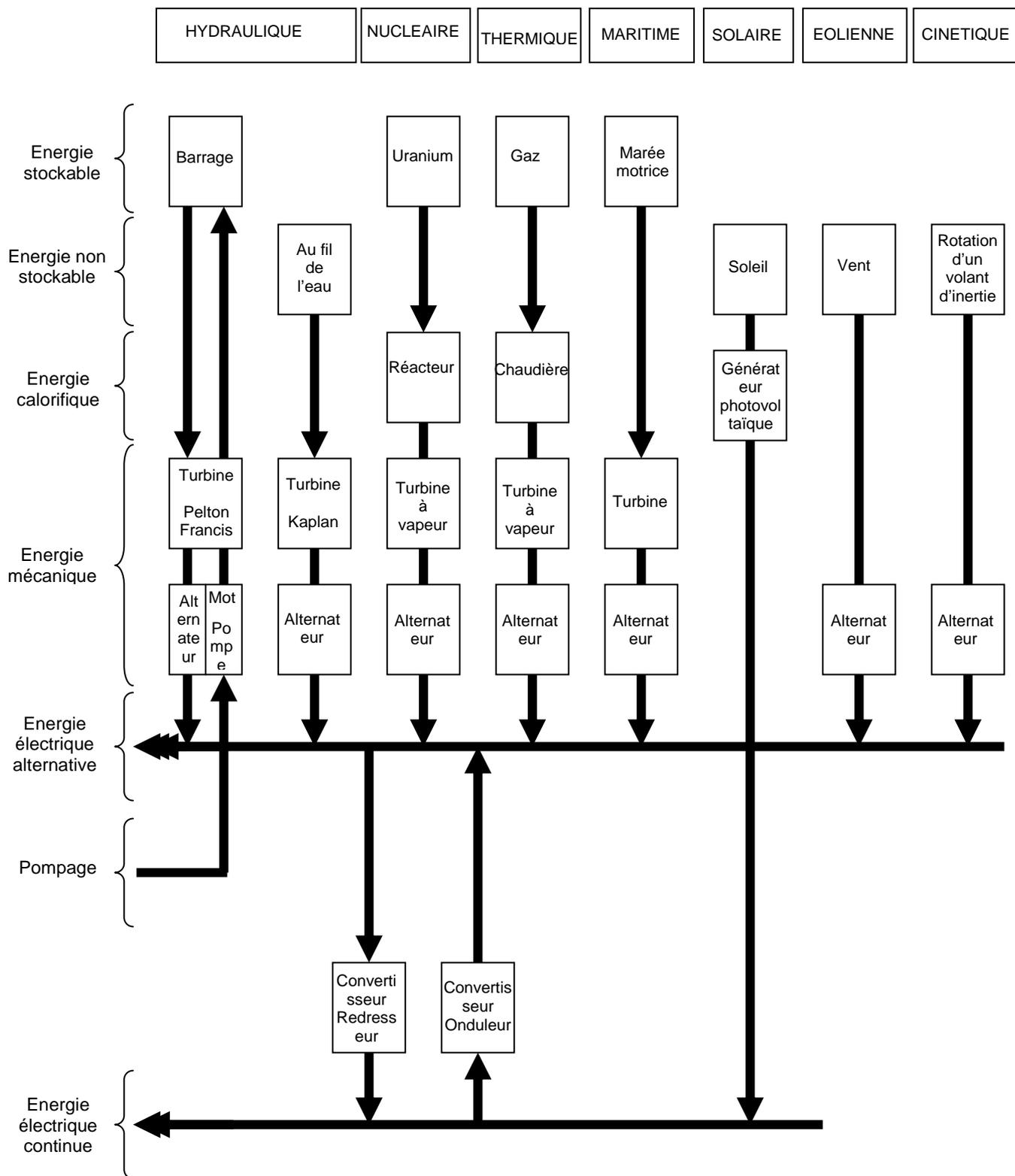


Fig.VI.1 Tableau des énergies.



VI.2 CONVERSION DE L'ENERGIE SOLAIRE

VI.2.1 Définition

L'énergie solaire reçue sous forme de rayonnement doit être convertie en énergie électrique (tension – courant) à l'aide des piles photovoltaïques pour être utilisée par des récepteurs usuels.

VI.2.2 Principe de fonctionnement

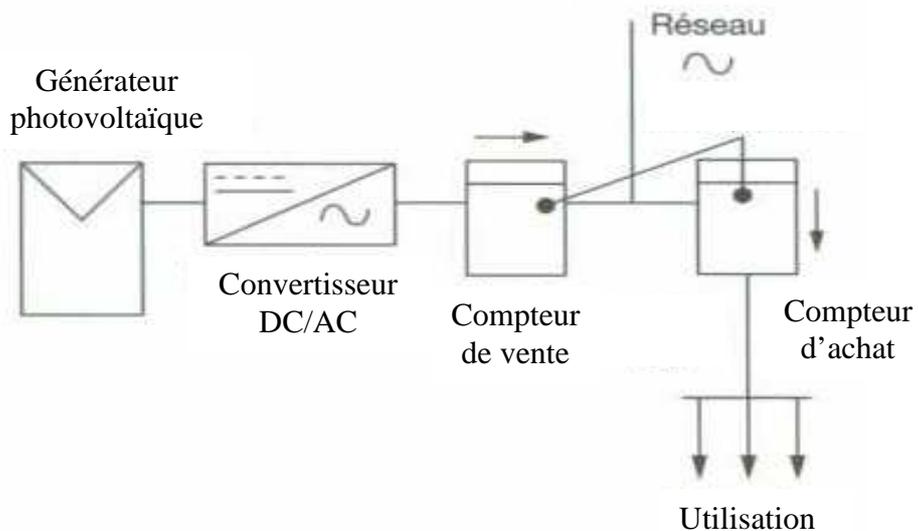


Fig.VI.2 Système à courant continu raccordé au réseau.

Le générateur photovoltaïque est formé de cellule photovoltaïque mise série pour obtenir la tension désirée. Chaque cellule produit un courant continu dont la puissance dépend de la surface de la cellule et la tension à vide est d'environ 0.5 à 0.6 V. Le courant continu produit peut être transformé en courant alternatif (plus ou moins sinusoïdal) à l'aide d'un onduleur pour une utilisation domestique.

Comme la production d'électricité est directement liée à l'intensité de la lumière solaire. On utilise la plupart du temps une batterie d'accumulateur qui sera chargée pendant la journée de servir de tampon.



VI.3 CONVERSION D'ENERGIE PAR EOLIENNE

VI.3.1 Définition

Le procédé de conversion d'énergie par éolienne convertit l'énergie cinétique de la masse d'air mise en mouvement par le vent en énergie électrique, mécanique, hydraulique.

VI.3.2 Principe de fonctionnement

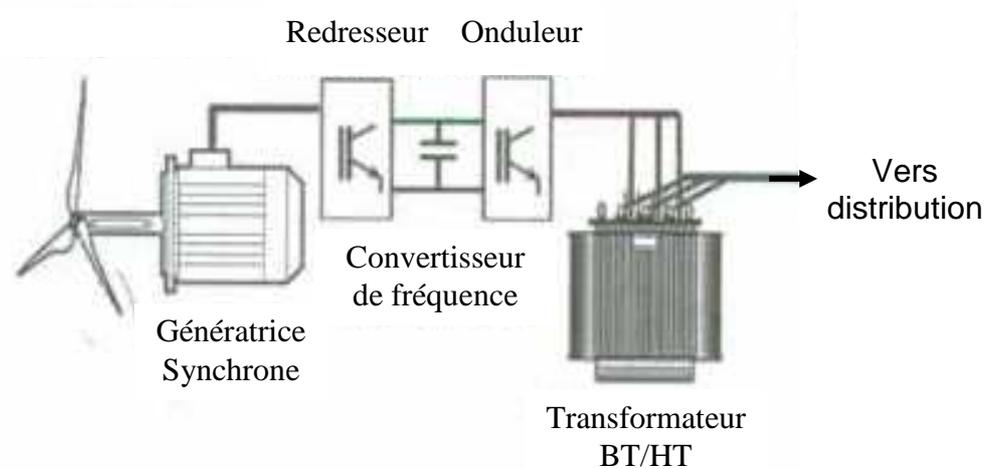


Fig.VI.3 Système de production d'énergie électrique par éolienne.

La rotation des pales exposées au vent fait tourner une génératrice synchrone qui produit de l'électricité. L'électricité produite par le générateur synchrone donne une tension alternative avec une fréquence variable. Pour maintenir cette fréquence variable produit par la génératrice synchrone à une fréquence fixe, on met un convertisseur de fréquence entre la génératrice synchrone et le transformateur (BT/HT).



VI.4 CONVERSION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE

VI.4.1 Définition

C'est la conversion d'atome d'uranium à une énergie électrique à l'aide d'un appareil appelé réacteur.

VI.4.2 Principe de fonctionnement

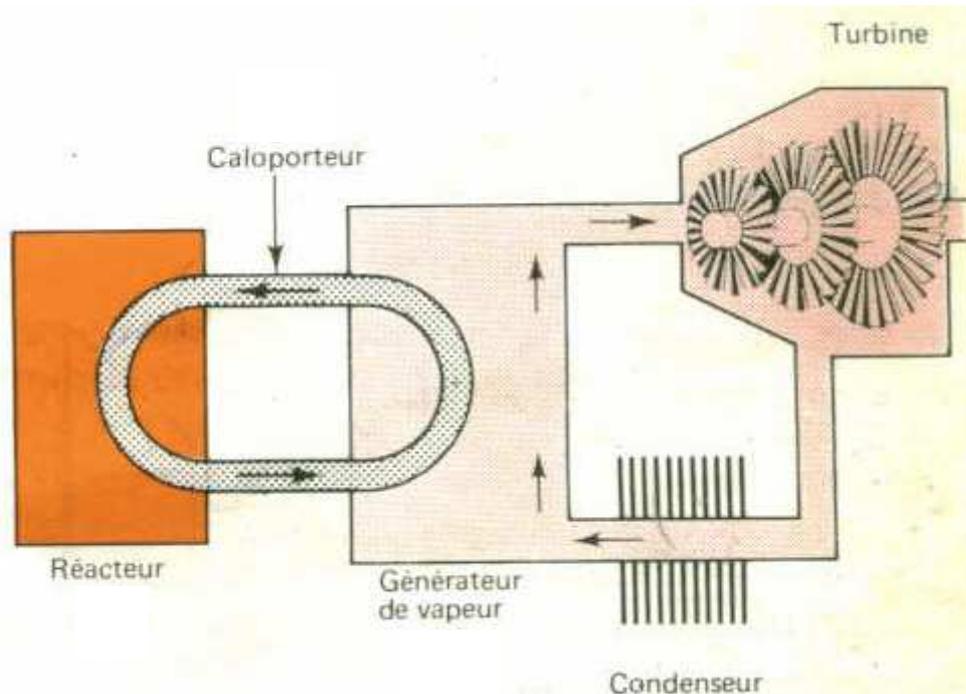


Fig.VI.4 Système de production d'électricité par énergie nucléaire.

Le réacteur renfermant la source de chaleur à base d'uranium s'échauffe le fluide caloporteur et cède sa chaleur à l'eau qui se transforme en vapeur. La vapeur, avec son énergie, fait tourner la turbine qui entraîne l'alternateur et ce dernier produit l'électricité.



VI.5 CONVERSION PAR ENERGIE HYDRAULIQUE

VI.5.1 Définition

La conversion par énergie hydraulique est une transformation de l'énergie gravitaire de l'eau en énergie électrique.

VI.5.2 principe de fonctionnement

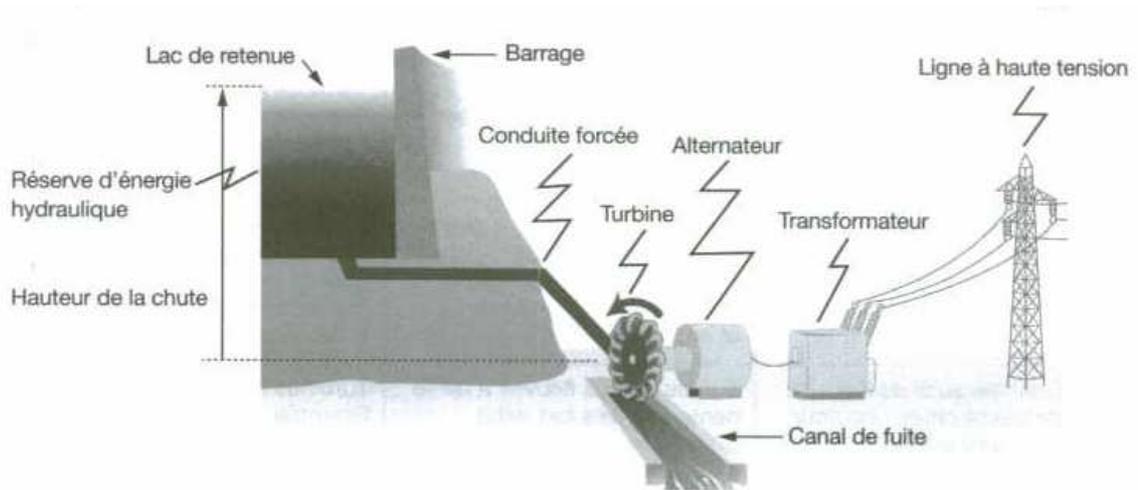


Fig.VI.5 Système de production d'électricité par énergie hydraulique.

L'eau stockée dans la retenue, après avoir libéré par le barrage, traverse la conduite forcée à une hauteur plus ou moins importante avec une forte pression. Elle fait tourner la turbine qui met l'alternateur en rotation et ce dernier produit l'énergie électrique.



VI.6 CONVERSION D'ENERGIE PAR GROUPE ELECTROGENE

VI.6.1 Définition

C'est une conversion de l'énergie électrique par combustion d'un gasoil ou essence à l'aide d'un moteur à base de carburant (diesel et essence).

VI.6.2 Principe de fonctionnement

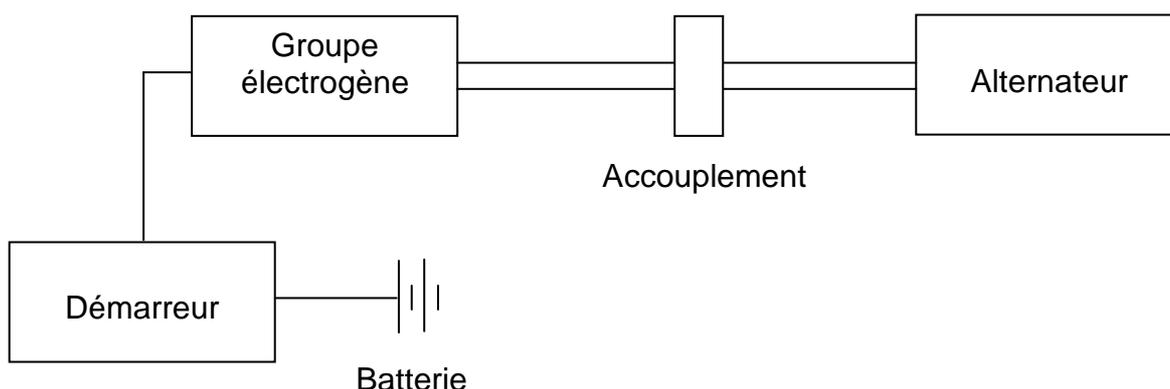


Fig.VI.6 Disposition d'une production de l'énergie électrique par groupe électrogène.

Le moteur diesel fait tourner l'alternateur qui est déjà couplé. Ce moteur diesel est un moteur thermique par combustion de gasoil. Pour pouvoir mettre en marche le moteur, on utilise un démarreur alimenté par une batterie.

VI.7 EVALUATION

VI.7.1 Exercice d'application

- 1) L'énergie journalière consommée par des lampes est 216Wh, avec une batterie de 12V pour des charges de 3 lampes utilisées 4h/j. On désire obtenir une autonomie de 4 jours, quelle est la capacité de la batterie ?
- 2) Un panneau est défaillant. Pour éviter qu'il ne se comporte en récepteur pour les autres, quel dispositif faut-il installer ?
- 3) Quel est le temps de recharge souhaité pour : 2 batteries 12V reliées en série, 90Ah et dans une journée 6h de consommation.
Soulignez la bonne réponse :
 - 24 heures ;
 - 12 heures ;
 - 6 heures.
- 4) La consommation journalière est de 700Wh. Quelle est la puissance moyenne à fournir par l'éolienne ?



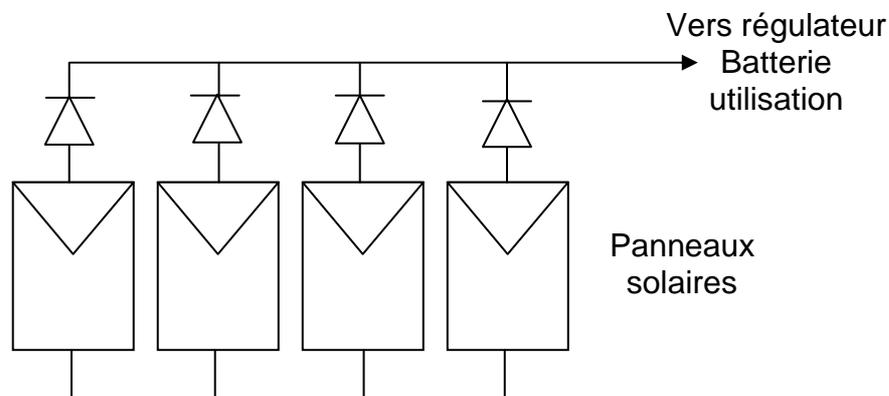
- 5) Quel type de turbine utilise-t-on pour la production de l'énergie électrique par l'énergie hydraulique en haute chute ?

VI.7.2 Correction de l'exercice

- 1) La capacité de la batterie :

$$\frac{216Wh / jour \times 4 jours}{12V} = 72Ah \quad (7-1)$$

- 2) Pour éviter qu'un panneau défaillant ne se comporte en récepteur pour les autres, on met une diode en série avec chaque panneau.



- 3) Le temps de recharge souhaité est 6 heures pour une journée de 6 heures de consommation.

- 4) La puissance moyenne est de : $\frac{700}{6} = 117W$

- 5) On utilise la turbine Pelton pour la production de l'énergie électrique par l'énergie hydraulique en haute chute.



CONCLUSION GENERALE

Les travaux effectués dans le cadre de ce mémoire de fin d'étude ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

- L'île de Nosy-Faly comporte 14 villages mais nous n'avons étudié que 4 dont : Antafiambotry, Ampasikely ambony, Ampasikely ambany, Ampasindava. Ils se trouvent tous sur les côtes de l'île et ceci prouve que presque tous les habitants sont des pêcheurs. Les villageois sont très intéressés à ce projet d'électrification surtout pour l'amélioration de leurs produits de pêche.
- Les résultats des séries de questions pour chaque foyer aboutissent à l'évaluation des besoins énergétiques actuels des quatre villages. La puissance des charges dans les cinq années à venir est obtenue à partir de diverses hypothèses. Elle est estimée à 145KW environ.
- Deux systèmes de productions de l'énergie électrique seulement sont adaptés sur cette île. L'un est une énergie renouvelable (énergie solaire) et l'autre est une énergie conventionnelle (énergie thermique).
- Le choix des appareillages de la centrale thermique dépend de la puissance des charges dans les cinq années à venir. L'analyse de la courbe des charges prévisionnelles nous a permis d'estimer cette puissance. Mais la détermination du nombre de panneaux solaires dépend du nombre de foyers dans le village à étudier. Les futurs abonnés devraient changer leur batterie presque tous les cinq ans.
- Les coûts estimatifs facilitent le choix des investisseurs pour la réalisation de ce projet. Ce choix s'effectue entre la centrale thermique diesel et la centrale de recharge à panneau solaire.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. SAGE. PLAN DE DEVELOPPEMENT COMMUNAL, Projet novembre 2002.
- [2]. Henri NEY. TECHNOLOGIE ET SCHEMA D'ELECTRICITE Niveau 2 Fernand Nathan 1985.
- [3]. Internet. [http/W.W.W. Electrotechnique. fr](http://W.W.W. Electrotechnique. fr), Edition de la Dunanche septembre 2000.
- [4]. Internet. [http/W.W.W. International energie. Com](http://W.W.W. International energie. Com), septembre 2005.
- [5]. Gilles BEAUFILS, Jean pierre BISIAUX, Michael VALLEIX. APPLICATIONS INDUSTRIELLES ET ENERGIE ELECTRIQUE, Editions Foucher, Vanves 2004.
- [6]. SAID'Mze. Cours INSTALLATION ET DISTRIBUTION ENSET 2004.
- [7]. Phaesun. PRODUCT CATALOGUE 2005.

ANNEXES

ANNEXES

A.1 Tableau de charges prévisionnelles

HORAIRE	PUISSANCE DES CHARGES A ANTAFIAMBOTRY en (KW)	PUISSANCE DES CHARGES A AMPASIKELY en (KW)	PUISSANCE DES CHARGES A AMPASINDAVA en (KW)
00h à 01h	08	07	0.9
01 à 02h	08	07	0.9
02h à 03h	08	07	0.9
03h à 04h	11	09	1.1
04h à 05h	11	09	1.1
05h à 06h	06	06	0.6
06h à 07h	06	06	0.6
07h à 08h	11	10	0.8
08h à 09h	12	10	0.7
09h à 10h	11	10	0.7
10h à 11h	12	10	0.7
11h à 12h	12	08	0.8
12h à 13h	11	07	0.6
13h à 14h	09	06	0.5
14h à 15h	09	08	0.4
15h à 16h	07	10	1.9
16h à 17h	16	20	2.1
17h à 18h	16	20	2.1
18h à 19h	37	29	1.9
19h à 20h	37	29	1.9
20h à 21h	27	17	1.7
21h à 22h	19	13	1.4
22h à 23h	12	10	1.1
23h à 24h	08	07	01

A.2 Les courbes de charges prévisionnelles correspondantes

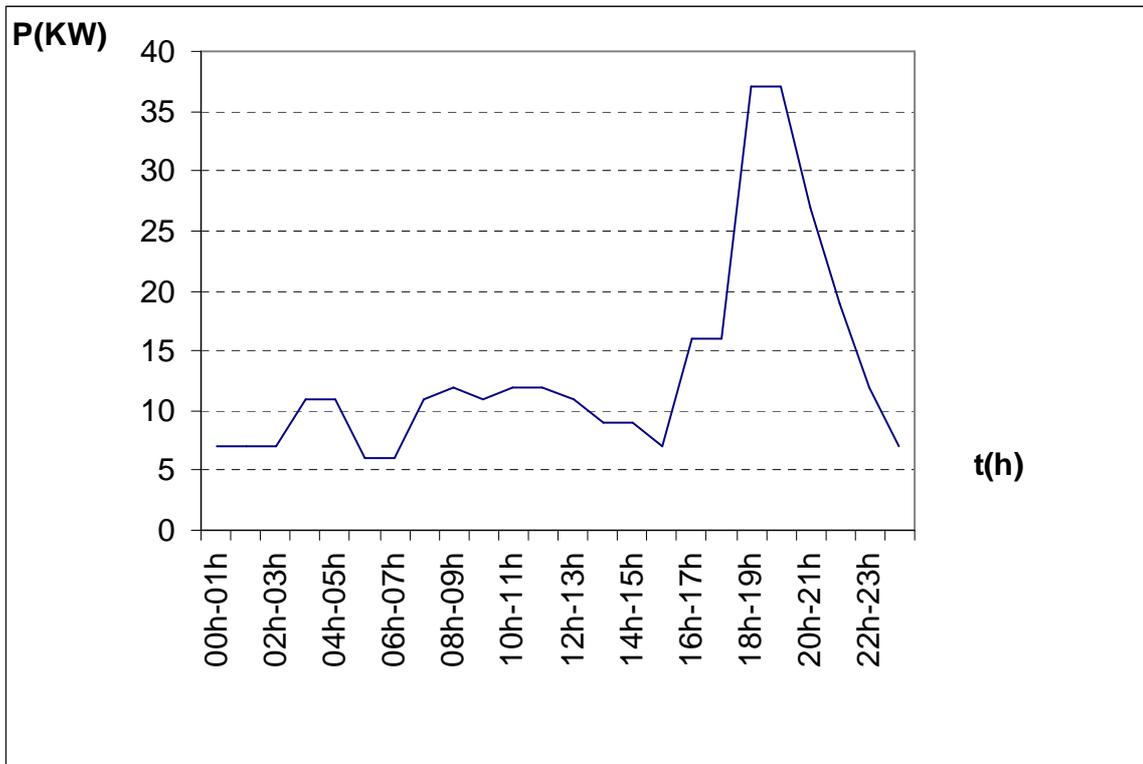


Fig.1 Courbe de Charges d'Antafiambotry.

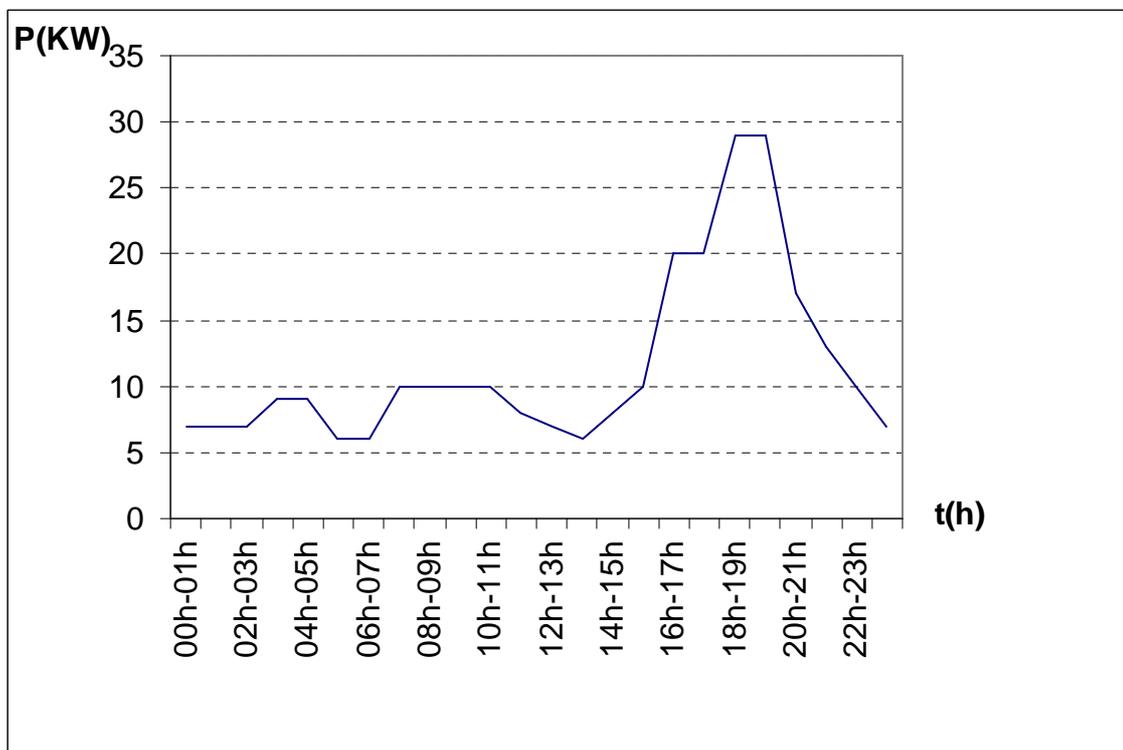


Fig.2 Courbe de charges d'Ampasikely.

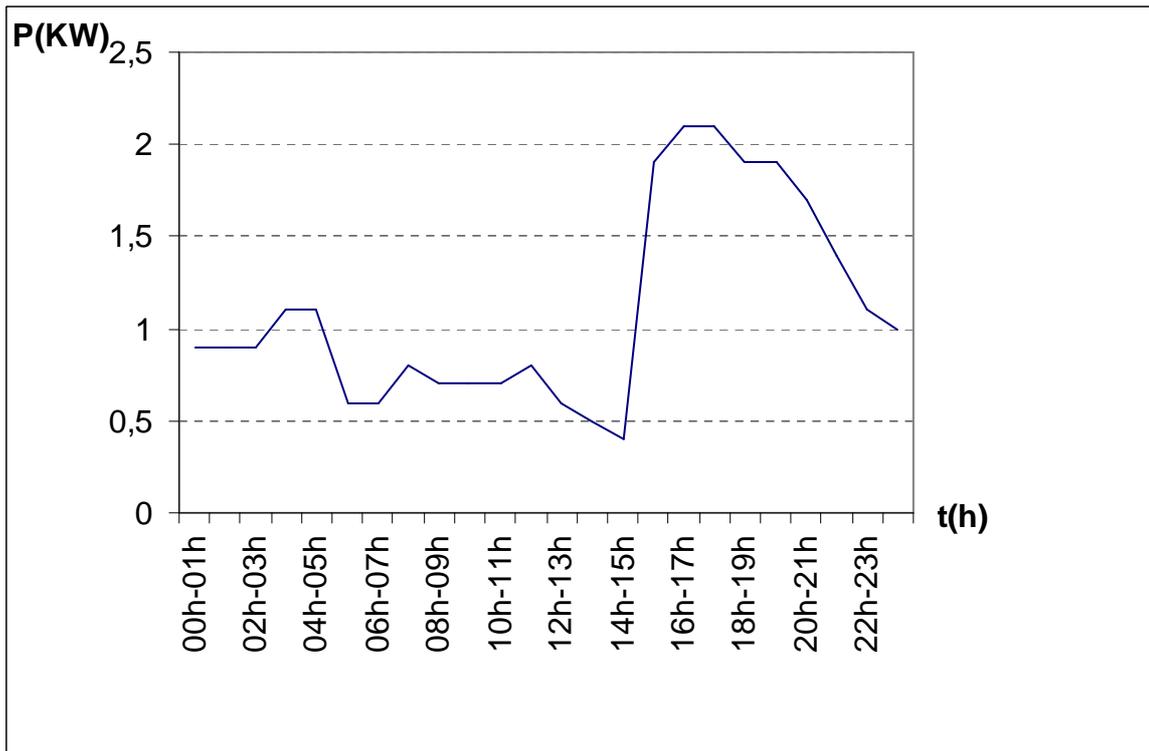


Fig.3 Courbe de charges d'Ampasindava.

A.3 Exemple de fiche d'enquête
Fiche d'enquête N°03

Villages		Antafiambotry	Antafiambotry	Antafiambotry	Antafiambotry
Logements		17-C	18-C	19-C	20-C
Noms et prénoms		Marthe	Marline	Nasiata	Roger
Fonctions		Cultivateur	pêcheur	Photographe	Pêcheur
Nombre d'enfants		4	7	2	0
Nombre de chambres		1	6	3	2
Futur abonné ou non		Oui	oui	oui	oui
Possibilités financières	Installation	Ar7000	Ar14000	Ar15000	Ar7000
	Consommation mensuelle	Ar4000	Ar8000	A25000	Ar4000
Nombre d'ampoules		1	4	4	3
Ventilateurs		0	1	1	0
Réfrigérateurs		0	0	0	0
Congélateurs		0	0	1	0
Autres utilisations : Radio		0	1	1	1
Télévision		0	1	1	1
Lecteur VCD		0	1	1	1

Villages		Antafiambotry	Antafiambotry	Antafiambotry	Antafiambotry
Logements		21-C	22-C	23-C	24-C
Noms et prénoms		Jérôme	Viviane	Serge	Augustin
Fonctions		Pêcheur	Pêcheur	Pêcheur	Adjoint chef quartier
Nombre d'enfants		7	5	3	5
Nombre de chambres		2	2	3	4
Futur abonné ou non		Oui	oui	oui	oui
Possibilités financières	Installation	Ar7000	Ar9000	Ar9000	A11000
	Consommation mensuelle	Ar5000	Ar6000	Ar7000	Ar8000
Nombre d'ampoules		1	4	4	4
Ventilateurs		0	0	0	1
Réfrigérateurs		0	0	0	0
Congélateurs		0	0	0	0
Autres utilisations : Radio		1	1	1	1
Télévision		0	0	1	1
Lecteur VCD		0	0	1	1

Fiche d'enquête N°01

Villages		Ampasikely ambany	Ampasikely ambany	Ampasikely ambany	Ampasikely ambany
Logements		01-A	02-A	03-A	04-A
Noms et prénoms		Madjiaday	Tamimo	Moana	Mariamo
Fonctions		Pêcheur	Cultivateur	Pêcheur	Femme au foyer
Nombre d'enfants		2	3	0	0
Nombre de chambres		1	4	2	4
Futur abonné ou non		Oui	oui	oui	oui
Possibilités financières	Installation	Ar10000	Ar10000	Ar2000	Ar14000
	Consommation mensuelle	Ar3000	Ar5000	A4000	Ar2000
Nombre d'ampoules		3	6	4	3
Ventilateurs		1	0	1	0
Réfrigérateurs		0	1	1	0
Congélateurs		0	0	1	0
Autres utilisations : Radio		0	1	1	1
Télévision		1	1	1	1
Lecteur VCD		1	1	1	1

Villages		Ampasikely ambany	Ampasikely ambany	Ampasikely ambany	Ampasikely ambany
Logements		05-A	06-A	07-A	08-A
Noms et prénoms		Bezisy	Sahadia	Dominique	Amide
Fonctions		Pêcheur	Cultivateur	Touriste	Pêcheur
Nombre d'enfants		2	3	0	4
Nombre de chambres		2	2	1	2
Futur abonné ou non		Oui	oui	oui	oui
Possibilités financières	Installation	Ar5000	Ar30000	Ar40000	A10000
	Consommation mensuelle	Ar2000	Ar20000	Ar30000	Ar5000
Nombre d'ampoules		0	3	2	3
Ventilateurs		0	1	0	0
Réfrigérateurs		0	1	0	0
Congélateurs		0	0	1	0
Autres utilisations : Radio		1	1	1	1
Télévision		1	1	1	1
Lecteur VCD		1	1	1	1

VILLAGE : Antafiambotry

Renseignements sur le lieu

Nombre de routes	01
Nombre d'Epicerie	06 (avec patente)
Nombre de Bar	01 (avec patente)
Nombre d'Hôtels ou Restaurants	00
Nombre de salles vidéo	02
Nombre d'Eglises	01
Nombre de Mosquées	02
Lieux atteint par le réseau téléphonique	Couvert de réseau
Jour inouvrable	Mardi
Projet à prévoir	Néant
Personnes pouvant embaucher	nombreux

VILLAGE : Ampasikely et Ampasindava

Renseignements sur le lieu

Nombre de routes	01
Nombre d'Epicerie	02 (avec patente)
Nombre de Bar	00 (avec patente)
Nombre d'Hôtels ou Restaurants	00
Nombre de salles vidéo	00
Nombre d'Eglises	00
Nombre de Mosquées	01
Lieux atteint par le réseau téléphonique	Couvert de réseau
Jour inouvrable	Mardi
Projet à prévoir	Néant
Personnes pouvant embaucher	Nombreux

A.4 Les programmes de la mission

Terme de référence de la mission : Electrification de l'île

Objectifs de la mission :

- Evaluation des besoins en énergie électrique actuelle et dans les 5 ans à venir de l'île de Nosy-faly.
- Enquête socio-économique.

Résultats attendus :

- Une monographie de l'île est rédigé (nombre de populations : Adultes, enfants ; nombre des villages existant sur l'île).
- Les besoins énergétiques des 4 villages sont évalués.

Stratégies à mettre en œuvre :

- Rencontre avec Monsieur le Maire ;
- Organiser des réunions dans chaque village avec le Président de Fokotany et les Habitants ;
- Enquête ménage.

Activités	Tâches	Etats
1- Plaidoyer	1-1- Rencontre avec Mr. Le Maire 1-2- Réunion avec les villageois	Ok ! Ok !
2- Enquêtes	2-1- Remplissage des listes de donnée 2-2- Analyse des données	Ok ! Ok !
3- Etude climatique de chaque village	3-1- Vent 3-2- Température (soleil)	Ok ! Ok !
4- Etude des activités économiques dans chaque village	Interview avec les chefs du village, les jeunes et adultes	Ok ! Ok !
5- Etude géographique de l'île	5-1- Distance entre les villages 5-2- Nombre de populations	Ok ! Ok !

RESUME

La réalisation d'un projet nécessite une étude. Actuellement notre pays possède de projet de développement l'un d'eux concerne l'électrification rurale. Ce projet concerne tous les milieux ruraux qui n'avaient pas accès à l'électricité y compris l'île de Nosy-Faly. Cette île est assurée au développement à l'arrivée de ce projet car la plupart des activités de ces habitants nécessitent l'électricité en particulier à Antafiambotry, Ampasikely, Ampasindava.

L'implantation de ce projet est facilitée par le fait que les besoins en électricité ne sont pas trop importants d'une part et d'autre part, l'ensoleillement permet d'envisager l'utilisation de l'énergie solaire.

UNIVERSITE D'ANTSIRANANA

***ECOLE NORMALE SUPERIEURE POUR L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
(E.N.S.E.T)***

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

**ETUDE D'UN PROJET D'ELECTRIFICATION DE L'ÎLE DE
NOSY-FALY**

(Sous préfecture d'Ambanja)

Travaux demandés :

- ❖ Evaluation des besoins actuels et dans les 5 années à venir en énergie électrique de l'île ;
- ❖ Etude de la disposition géographique des petits villages composant l'île ;
- ❖ Choix du système de production de l'énergie électrique en tenant compte des coûts et de la fiabilité du système ;
- ❖ Elaboration de schéma électrique de l'installation ;
- ❖ Dimensionnement des éléments.

Encadreur : Monsieur SAID M'ze

Laboratoire d'électrotechnique

Année universitaire : 2004/2005

Présentés par :

- CLEMENT TARCISIUS

- RAZAFIMANDIMBY Antonie

Filière : GENIE ELECTRIQUE