

« Stage réalisé avec l'appui financier de l'Accord de Coopération cadre entre le PNUD et l'UNESCO et les Universités de Madagascar dans le Domaine de la Gouvernance et du Développement Humain Durable (G/DHD) »



ETUDE DU PLAN DE PRODUCTION ET CONSOMMATION DU VILLAGE D'IVOVONA ET D'AMBOLOBOZOBÉ

Stage effectué au sein de l'entreprise Mad'Eole



Présenté par :

M. RAZAFIMAHEFA Tsivalalaina David

Chercheur Doctorant en systèmes à énergie renouvelables

Ecole Doctorale Thématique

Energie Renouvelable et Environnement

Université d'Antsirananana

Juillet - Septembre 2014

REMERCIEMENTS

Je désire exprimer toute ma reconnaissance à l'Accord de Coopération cadre entre le PNUD, l'UNESCO et l'équipe G/DHD (Gouvernance et du Développement Humain Durable) de l'Université d'Antananarivo pour leur aide financière.

Mes remerciements sincères sont également offerts à l'entreprise Mad'Eole qui m'a accueilli au sein de leurs sites, ainsi qu'à tous les villageois et les autorités du village d'Ivovona et d'Ambolobozobe, pour leurs hospitalités et leurs aides durant ce stage.

Enfin, j'adresse mes profonds remerciements à mes encadreurs Monsieur RANDRIANARISOA Emile et Monsieur SAMBATRA Eric Jean Roy pour leurs directives durant ce stage.

David RAZAFIMAHEFA

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE.....	5
1. SOURCE D'ENERGIE RENOUVELABLE DE LA REGION DIANA ET SON POTENTIEL	6
1.1. Introduction	6
1.2. Potentiel Solaire.....	6
1.3. Potentiel de l'éolienne	7
1.4. Interprétation	8
2. ETUDE DE LA PRODUCTION ET CONSOMMATION DU VILLAGE D'IVOVONA 10	
2.1. Introduction	10
2.2. Situation géographique	10
2.3. Démographie	11
2.4. Activités et source de revenue de la population	12
2.5. Situation énergétique	14
2.5.1. Source d'énergie utilisée par la population	14
2.5.2. Consommation énergétique estimative du village.....	14
2.5.3. Courbe de charge estimative.....	16
2.5.4. Courbe de charge réelle du village	17
2.6. Etat de la centrale d'Ivovona	19
3. ETUDE DE LA PRODUCTION ET CONSOMMATION DU VILLAGE D'AMBOLOBOZOBÉ	22
3.1. Introduction	22
3.2. Situations démographique du fokontany d'Ambolobozobe	22
3.2.1. Volet socio-culturel du village	23
3.3. Activités économiques et sources de revenus de la population.....	24
35. Tableau 18 : Recensement des catégories des ménages	25
3.4. Situation énergétique du village d'Ambolobozobe	25
3.4.1. Source d'énergie utilisée par la population	25
3.4.2. Consommation énergétique estimative du village d'Ambolobozobe.....	26
3.5. Etat de la centrale d'Ambolobozobe	28
CONCLUSION GENERALE	30

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Courbe d'irradiation solaire en kWh/m ² /j du village d'Ambolobozobe	7
Figure 2 : Courbe d'irradiation solaire en kWh/m ² /j du village d'Ivovona.....	7
Figure 3 : Vitesse moyenne à 50m d'altitude.....	8
Figure 4 : Vitesse moyenne à 10m d'altitude.....	8
Figure 5 : Cartographie des environs de la vile d'Antsiranana donnant une vue du village d'Ivovona	10
Figure 6 : Récapitulation par type de ménage.....	12
Figure 7: Etude démographique 2008	12
Figure 8 : Source de revenue des classes de ménages d'Ivovona	13
Figure 9: Courbe des Charges estimatives de la consommation d'énergie du village d'Ivovona	17
Figure 10 : Courbe de charge réelle du village d'Ivovona.....	18
Figure 11 : Courbe de différence entre la courbe de charge estimative et la courbe de charge réelle du village	19
Figure 12 : Schéma synoptique de la centrale hybride isolé d'Ivovona	20
Figure 13 : Vue aérienne du village d'Ivovona avec le schéma du réseau de distributions. 21	
Figure 14 : Carte d'identification du fokotany d'Ambolobozobe.....	22
Figure 15 : Courbe de charge estimative journalière du village d'Ambolobozobe	27
Figure 16 : Courbe de charge réelle journalière du village d'Ambolobozobe	28
Figure 17 : Comparaison des deux courbe de charge journalière estimative et réelle du village d'Ambolobozobe	28
Figure 18: Schéma synoptique de la centrale hybride isolé d'Ambolobozobe.....	29
Figure 19: Vue aérienne du village d'Abolobozobe avec le schéma du réseau de distributions.....	30

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Irradiation solaire du village d'Ambolobozobe	6
Tableau 2 : Irradiation solaire du village d'Ivovona	6
Tableau 3 : Valeur moyenne de la vitesse du vent.	7
Tableau 4 : Grandeurs caractéristiques de la situation géographique du village d'Ivovona	11
Tableau 5: Récapitulation par type de ménage	11
Tableau 6 : Source de revenue des classes de ménages d'Ivovona.....	13
Tableau 7 : Source d'énergie utilisée par la population	14
Tableau 8 : Dépenses estimative en électricité possibles pour un MRF	14
Tableau 9 : Dépenses estimative en électricité possibles pour un MRM.....	15
Tableau 10 : Dépenses estimative en électricité possibles pour un MRE	15
Tableau 11: Activité productive	16
Tableau 12 : Consommations estimative du village d'Ivovona.....	16
Tableau 13 : Type de récepteurs recensés auprès des ménages du village d'Ivovona.....	18
Tableau 14 : Evolution du nombre de population	22
Tableau 15 : Equipement collectif du village.....	23
Tableau 16 : Répartition de la religion.....	Erreur ! Signet non défini. 23
Tableau 17: Activités professionnelles de chaque ménage	24
Tableau 18 : Recensement des catégories des ménages.....	25
Tableau 19 : Source d'énergie utilisée par la population	26
Tableau 20 : Type de récepteurs recensés auprès des ménages d'Ambolobozobe	26
Tableau 21 : Puissance consommées par les récepteurs en fonction du temps.....	27

INTRODUCTION GENERALE

Tout le monde tel qu'il soit où il vit même dans les zones les plus enclavées, a le droit d'accès aux développements leur assurant un niveau de vie décent. « Les individus sont la véritable richesse d'une nation. Le développement doit donc être un processus qui conduit à l'élargissement des possibilités offertes à chacun... » PNUD. Actuellement, nul n'ignore plus l'importance de l'électricité, c'est l'un des vecteurs de développement. Pour les zones près de la ville le transport de l'énergie électrique ne pose pas beaucoup de problème, par contre pour les zones éloignées de la ville ceci reste quasiment impossible vu le coût des installations à faire pour le transport. Il y a aussi la densité de population très faible qui empêche la réalisation du projet sur le côté amortissement.

L'insuffisance des infrastructures économiques de base nuit à l'amélioration des performances en matière de croissance économique et de réduction de la pauvreté. Pour pallier à cette insuffisance, particulièrement dans le domaine de l'énergie, le gouvernement, par le biais de l'ADER (agence de développement de l'électrification rurale) encourage les PME comme Mad'Eole pour l'électrification rurale. Pour la protection de l'environnement au niveau mondial, il faut réussir impérativement à concilier la poursuite d'une politique énergétique soutenue et la réduction de ses impacts négatifs sur l'environnement et la santé. L'effort est, en fait, de promouvoir des solutions profitables à tous, actuellement et pour nos futures générations.

L'électricité d'origine renouvelable peut être donc une solution efficace. Un système éolien et/ou photovoltaïque qui recharge automatiquement des accumulateurs dès que la vitesse du vent atteint sa vitesse d'enclenchement et dès que le soleil brille est alors une solution bien plus avantageuse que d'avoir un groupe thermique pour alimenter un village.

Le village d'Ivovona, ayant une vitesse moyenne de vent de 6m/s et une radiation journalière de 5.79 kWh/m²/j, qui se situe à 14km de la ville d'Antsiranana, ainsi que le village d'Ambolobozobe ayant une vitesse moyenne de vent de 6m/s et une irradiation journalière de 6,76kWh/m²/j, qui se situe à 62km de la ville d'Antsiranana ont bénéficié d'un projet d'électrification rurale effectué par l'entreprise Mad'Eole.

Bien que les technologies de ces dispositifs soient de nos jours bien maîtrisées, ces dispositifs ne sont pas à l'abri d'une défaillance. Etant focalisé dans l'étude des défauts dans les aérogénérateurs, le cadre de ce stage, est de relever le plan de production et consommation des deux sites, dans l'objectif d'établir un modèle de charge de sites éolien isolés, puis les données recueillies seront intégrer au simulateur numérique afin permettre une validation expérimentale du dit simulateur pour les travaux futures.

SOURCE D'ÉNERGIE RENOUVELABLE DE LA RÉGION DIANA ET SON POTENTIEL

1.1. Introduction

La Région DIANA dispose d'énormes ressources d'énergie essentiellement renouvelables (hydraulique, solaire, éolienne...), mais ne sont pas exploitées. Le système hybride Solaire Éolien autonome est utilisé le plus souvent dans les applications éloignées demandant une bonne fiabilité de la production électrique. Néanmoins, il peut convenir à toute application ayant des conditions adéquates. Ainsi cette première étape du rapport consiste à donner un aperçu des existants en termes de potentiel en énergie renouvelable au sein de la région Diana basés sur les données de la NASA.

1.2. Potentiel Solaire

Pour le gisement solaire, presque toutes les régions du pays ont plus de 2.800h d'ensoleillement annuel. Avec 2.000kWh/m²/an, Madagascar est parmi les pays riches en potentiel d'énergie solaire. Cette énergie est exploitée actuellement pour la cuisson, le chauffage, le séchage et la génération d'électricité pour les télécommunications, l'éclairage, la conservation des médicaments, la climatisation.

Les tableaux suivants présentent effectivement les sites d'Ivovona et d'Ambolobozobe. La corrélation des données d'autres commune ont révélés que les tableaux présentés sont représentatifs de la région.

Tableau 1 : Irradiation solaire du village d'Ivovona

Irradiation solaire horizontale moyenne kWh/m ² /j												
Jan	Fev	Mar	Avr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
5.13	5.56	6.17	6.34	6.14	5.72	5.65	5.79	6.38	6.22	5.55	4.82	5.79

Tableau 2 : Irradiation solaire du village d'Ambolobozobe

Irradiation solaire horizontale moyenne kWh/m ² /j												
Jan	Fev	Mar	Avr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
5.97	6.62	7.34	7.55	7.31	6.82	6.73	6.90	7.09	6.91	6.17	5.74	6.76

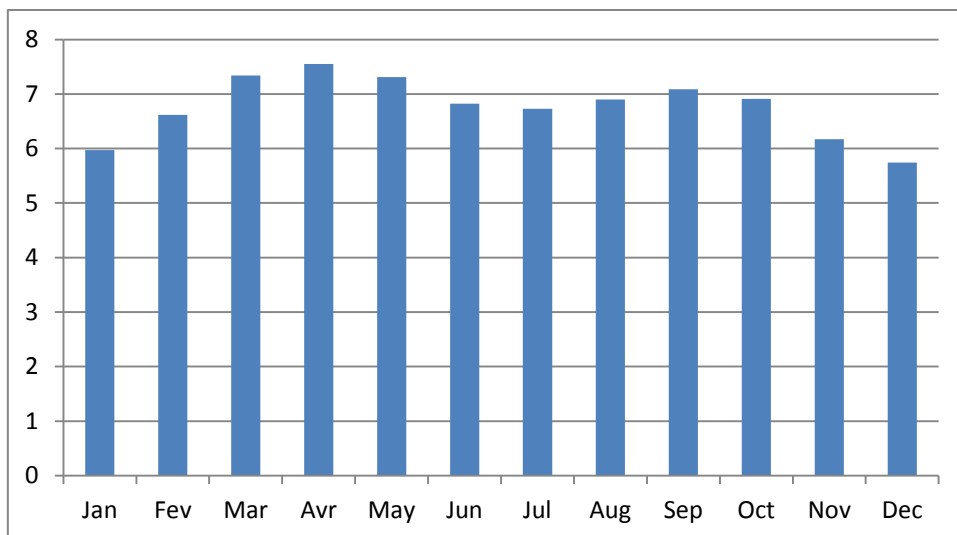


Figure 1: Courbe d'irradiation solaire en kWh/m²/j du village d'Ambolobozobe

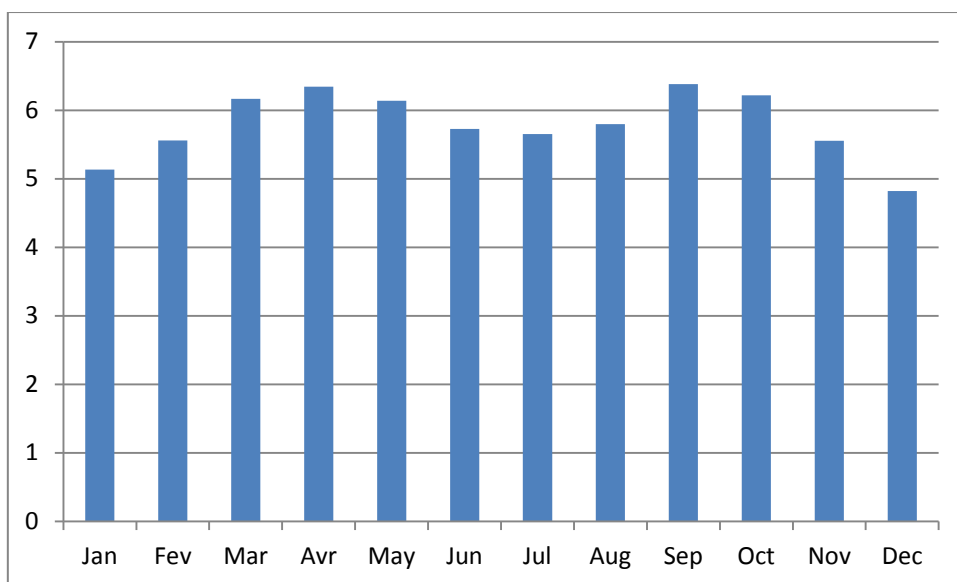


Figure 2: Courbe d'irradiation solaire en kWh/m²/j du village d'Ivovona

1.3. Potentiel de l'éolienne

Le Nord du Pays présente de très nombreux sites avec des vitesses moyennes annuelles de vent supérieures à 8m/s à 50m de hauteur.

Nosy Be affiche des gisements éoliens très favorables, avec des sites où la vitesse moyenne est supérieure à 9m/s à 50m. Cap Diégo et les alentours est véritablement la zone à privilégier sur la région Nord de Madagascar pour développer les premiers projets éoliens d'envergures.

Voici les valeurs moyennes annuelles sur 10 ans d'observation d'après le site de NASA.

Tableau 3 : Valeur moyenne de la vitesse du vent.

Valeur moyenne de la vitesse du vent à 50m de hauteur en (m/s)													
Moyenne sur 10 ans	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
	4.80	4.84	4.95	6.37	8.58	8.86	9.59	9.39	8.57	7.17	6.17	4.87	7.02
Valeur moyenne de la vitesse du vent à 10m de hauteur en (m/s)													
Moyenne sur 10 ans	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
	4.11	4.15	4.23	5.45	7.34	7.58	8.19	8.02	7.33	6.13	5.28	4.16	6.00

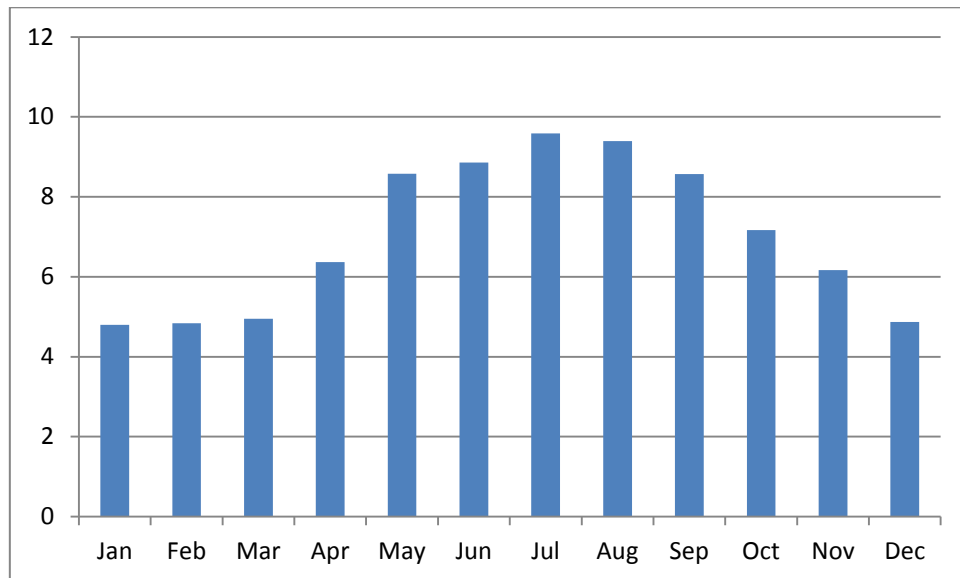


Figure 3 : Vitesse moyenne à 50m d'altitude

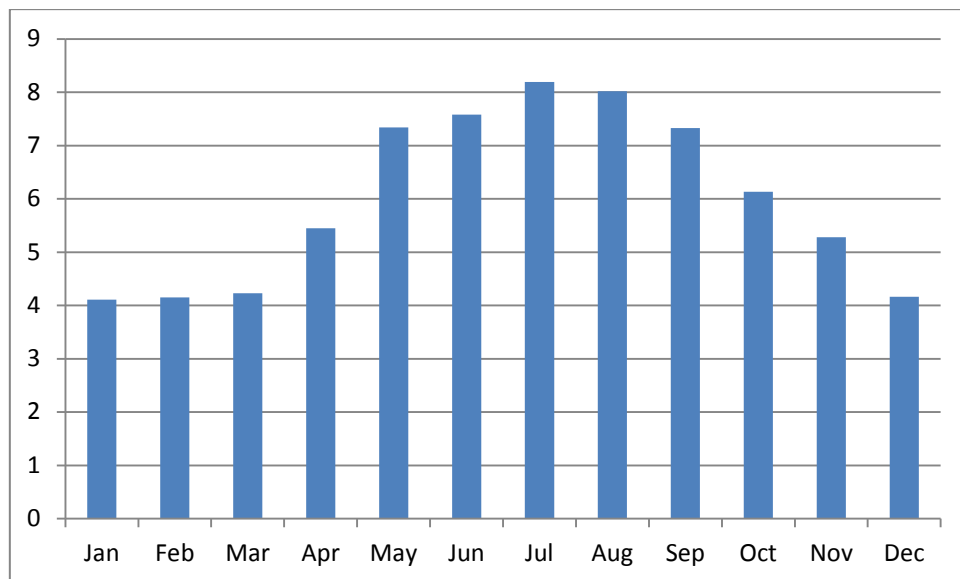


Figure 4: Vitesse moyenne à 10m d'altitude

1.4. Interprétation

On constate exactement sur les figures 3 et 4 que la vitesse du vent est proportionnelle à la hauteur du lieu d'implantation. A 10m de hauteur la vitesse du vent minimal est de 4 m/s et de

vitesse maximal de 8m/s. Tandis qu'au 50 m de hauteur la vitesse du vent maximal est de 8,19 m/s durant le mois de juin. Ainsi que la valeur moyenne d'ensoleillement journalier est de 6,76 kWh/m².j c'est-à-dire que durant la journée il y a en moyenne de 6,76 heures d'ensoleillement de 1000kW/m². La potentiel d'énergie renouvelable tel que : énergie solaire et éolienne est très favorable dans les deux villages.

10

Le tableau suivant résume les grandeurs caractéristiques de la situation géographique du village:

Tableau 4 : Grandeurs caractéristiques de la situation géographique du village d'Ivovona
[National Geospatial-Intelligence Agency]

	En degrés décimaux	En degrés, minutes et secondes
Latitude	-12.316667	12° 19' 00" S
Longitude	49.383333	49° 23' 00" E
Coordonnées du Système de Référence de Quadrillage Militaire	39LUG2419837900	
Identificateur d'entité unique	-214242	
Altitude	31 mètre ou 120 pieds	

2.3. Démographie

Selon le service statistique d'Antsiranana, Ivovona est peuplé de les 573 habitants avec 149 ménages. Mais le président du Fokontany ayant des données plus récentes nous a indiqué qu'en réalité, il y a 150 ménages dans son fokontany et 580 habitants.

Nous avons classifié les ménages selon leurs revenus mensuels. Ceux qui ont des revenus aux alentours de 50 000Ar par mois, ou moins, sont classés comme Ménage à revenu faible (MRF), ceux qui gagnent dans les environs de 100 000Ar le mois sont le Ménage à revenu moyen (MRM), et finalement, ce qui gagne plus sont les ménages à revenu élevé (MRE).

Tableau 5: Récapitulation de nombre de population par type de ménage

	MRF	MRM	MRE	TOTAL
Nombre de Ménage	43	80	28	150
Homme	17	83	28	128
Femme	32	86	30	148
Vieux	2	3	4	9
moins de 18ans	85	159	51	295
Population totale	136	331	113	580
Population active	49	169	58	276

Le tableau 5 et la figure 6 montrent la classification des ménages selon leurs revenus, d'autres mode de classifications y sont mentionnés tels que le genre, l'âge, le nombre de ménage.

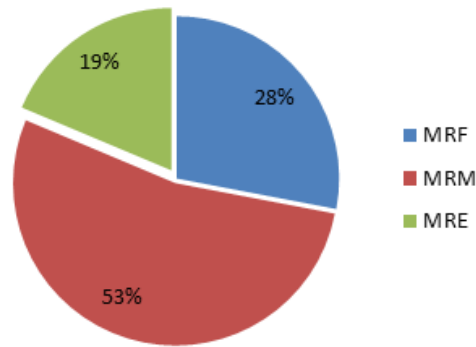


Figure 6 : Récapitulation par type de ménage

On voit que plus de la moitié des ménages sont dans la classe des MRM, et les MRE ne présente que 20% de l'ensemble. De même, la population est très jeune car elle est constituée à plus de la moitié de jeunes de 18 ans.

Une étude était faite en 2008, dont le résultat est le suivant :

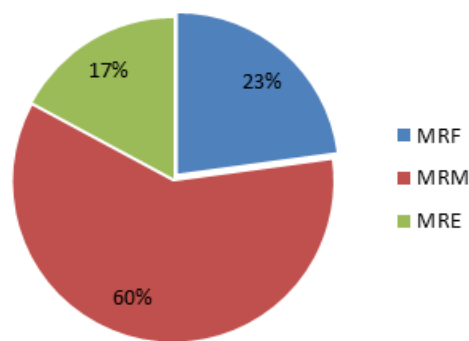


Figure 7: Etude démographique 2008

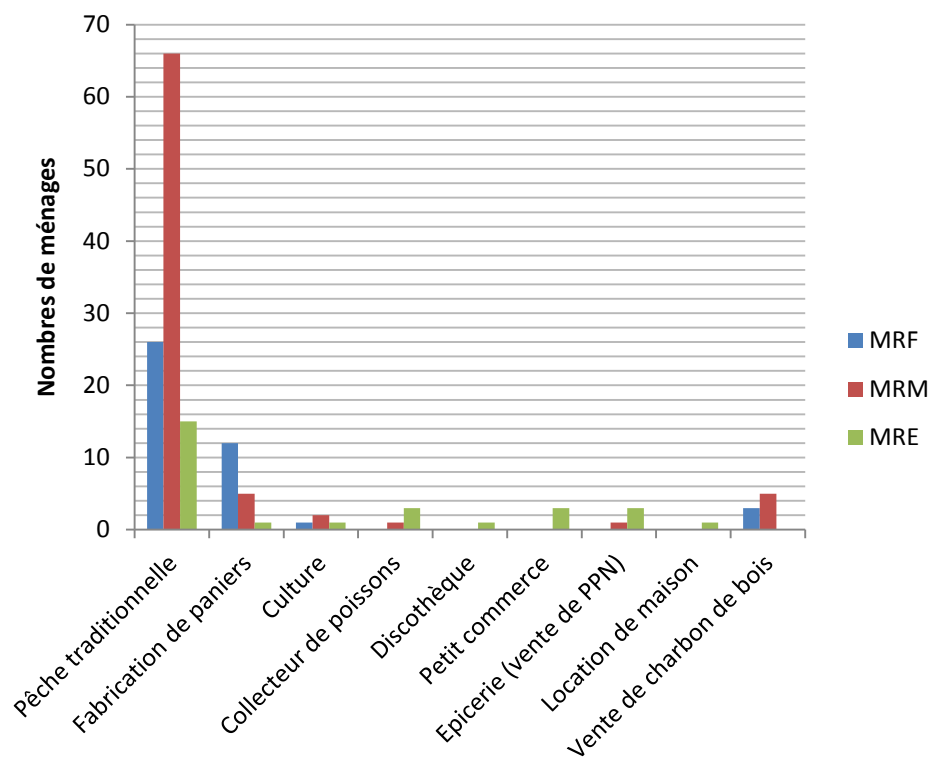
En comparant les deux études dans les figures 6 et 7, on constate que la population s'appauvrit car les MRM ont baissé de presque 7% et les MRF ont augmenté de 5%.

2.4. Activités et source de revenu de la population

La majorité de la population sont des pêcheurs. Certains vivent de l'artisanat et d'autres du commerce. Le commerce dont on parle ici concerne la vente des produits de première nécessité tels que l'huile, le savon, la bougie, le sucre, et boisson, ... Il y a aussi ce qu'on a appelé petit commerce à base de produits locaux comme les beignets, tabac, et pour certains ; juste que des poissons pour la consommation locale.

Tableau 6 : Source de revenu des classes de ménages d'Ivovona

	MRF	MRM	MRE
Pêche traditionnelle	26	66	15
Fabrication de paniers	12	5	1
Culture	1	2	1
Collecteur de poissons	0	1	3
Discothèque	0	0	1
Petit commerce	0	0	3
Epicerie (vente de PPN)	0	1	3
Location de maison	0	0	1
Vente de charbon de bois	3	5	0

**Figure 8 : Source de revenu des classes de ménages d'Ivovona**

La principale source de revenu du village est la pêche. 72,33% de la population locale pratique cette activité. Toutefois, il y a d'autres activités pratiquées, telles que la fabrication de paniers qui est occupée par 12% de la population, vente de charbon de bois, dont les acteurs ont exigé de rester dans l'anonymat.

2.5. Situation énergétique

Après avoir vu la situation géographique et démographique du site, nous allons entrer dans l'étude de la situation énergétique du village. Cette section sera consacrée à l'étude de la consommation énergétique du site, et a comme objectif l'élaboration de sa courbe de charge. Pour ce faire, une étude estimative de cette consommation sera effectuée. Ceci sera suivi par la présentation de la courbe de charge réelle issue des enquêtes effectuées sur place.

2.5.1. Source d'énergie utilisée par la population

A part l'électricité fournie par Mad'Eole, la source d'énergie utilisée par 64 ménages abonnés dont 10 MRF, 28 MRM et 26 MRE ; les villageois utilisent d'autres sources comme les bougies, pétrole, lampes de poche et groupe électrogène. Le tableau suivant récapitule le nombre de ménage utilisant chaque type de source.

Tableau 7 : Source d'énergie utilisée par la population

	MRF	MRM	MRE	Total
Bougies	10	35	8	53
Pétrole	42	50	20	112
Lampes de poche	4	30	16	50
Générateur	-	2	2	4
Mad'Eole	10	28	26	64

2.5.2. Consommation énergétique estimative du village

Cette section présente l'estimation de charges dont un ménage pourrait avoir. Pour être plus explicite, une estimation pour chaque type de ménage sera présentée dans les paragraphes qui suivent (Tableau 8-10). Cette estimation de dépenses en électricité va nous permet de savoir les consommations énergétiques estimatives du village. Ces dernières seront présentées dans le Tableau 12.

Tableau 8 : Dépenses estimatives possibles en électricité pour un MRF

Equipements électriques	Puissance [W]	Nombre	Fonctionnements [h]	Consommation [Wh]
Lampes	15	2	6	180
Radio	30	1	9	270
Chargeur de téléphone	70	1	0,86	60,2
Consommation journalière (kWh)			0,510	
Consommation mensuelle (kWh)			15,30	
Consommation annuelle (kWh)			183,67	

On a estimé qu'un MRF utilise une radio, deux lampes, et un chargeur de téléphone. Connaissant la puissance de ces récepteurs, nous avons la charge estimative pour ce type de ménage dont 0,510kWh par jours, soit 15,30kWh par mois et 183,67kWh par an.

Tableau 9 : Dépenses estimatives possibles en électricité pour un MRM

Equipements électriques	Puissance [W]	Nombre	Fonctionnements [h]	Consommation [Wh]
Lampes	15	3	6	270
Radiocassette	60	1	9	540
Télévision	80	1	5	400
Ventilateur	60	1	5	300
Chargeur de téléphone	70	1	0,86	60,2
Consommation journalière (kWh)			1,570	
Consommation mensuelle (kWh)			47,106	
Consommation annuelle (kWh)			565,272	

Le tableau nous montre qu'un MRM est estimé avoir 3 lampes, une radio, une poste téléviseur, un ventilateur et un chargeur de téléphone pour l'utilisation journalière. Ainsi, la consommation journalière de ce type de ménage est estimée à 1,570kWh, qui nous amène à une consommation mensuelle de l'ordre de 47,106kWh, et 565kWh comme consommation annuelle.

Tableau 10 : Dépenses estimatives possibles en électricité pour un MRE

Equipements électriques	Puissance [W]	Nombre	Fonctionnements [h]	Consommation [Wh]
Lampes	15	3	6	270
Radiocassette	60	1	9	540
Lecteur DVD	80	1	5	400
Télévision	80	1	5	400
Ventilateur	60	1	5	300
Chargeur de Téléphone	70	1	0,86	60,2
Consommation journalière (kWh)			1,970	
Consommation mensuelle (kWh)			59,106	
Consommation annuelle (kWh)			709,272	

Un MRE est estimé avoir tous les récepteurs présentés pour le MRM, ajouté d'un lecteur DVD, un chargeur de téléphone. Ainsi, ce type de ménage a 1,970kWh comme consommation journalière, 59,106kWh le mois et 709,272kWh l'année.

Tableau 11: Activité productive

Equipements électriques	Puissance [W]	Nombre	Fonctionnements [h]	Consommation [Wh]
Lampes	15	1	3	45
Réfrigérateurs ou congélateur	180	1	15	2700
Usage productif (Discothèque)	200	1	3	600
Consommation journalière (kWh)			3,345	
Consommation mensuelle (kWh)			100,350	
Consommation annuelle (kWh)			1 204,2	

En tenant compte des données présentées par les tableaux précédentes, seule le MRE pratiquent les activités productives. On peut résumer la consommation du village comme le montre le tableau suivant :

Tableau 12 : Consommations estimatives du village d'Ivovona

	MRF	MRM	MRE	Totale
Part de chaque ménage [%]	12,59	38,77	48,64	100
Consommation journalière (kWh)	0,510	1,570	1,970	14,11
Consommation mensuelle (kWh)	15,30	47,106	59,106	10 235,62
Consommation annuelle (kWh)	183,6	565,2	709,2	122 830

2.5.3. Courbe de charge estimative

Dans les sections suivantes, nous allons établir la courbe de charge du village. Avant d'obtenir les données réelles, nous avons procédé par une estimation de la dite courbe qui sera comparée par des valeurs réelles.

Le village est un village de pêcheur. Il est alors presque inoccupé durant les heures de pêches. Les pêcheurs quittent le village aux alentours de 22h et revient vers 4h du matin. Certains font deux jours en mer et reviennent vers 16h l'après-midi. Les cultivateurs quittent le village en période de pluie et restent à leurs champs jusqu'à la moisson, pour une durée d'environ trois mois. Les autres sont pratiquement au village tous les jours.

En tenant compte de chaque activités, on a la courbe de besoin en électricité du village. Cette courbe de besoin du village est composée d'une pointe significative en soirée, qui correspond principalement aux usages d'éclairage, d'une demande importante le matin et l'après-midi, et d'une base. La base concerne généralement les premières heures du jour. La puissance de pointe du soir est trois fois plus élevée que la plus forte puissance appelée en période de base. La demande énergétique nocturne est assez limitée dans le village : la puissance appelée est donc d'ordinaire très basse la nuit, comparée aux pointes du soir et de la mi-journée. En répartissant les charges de chaque ménage cité précédemment; on a le courbe de charge suivante:

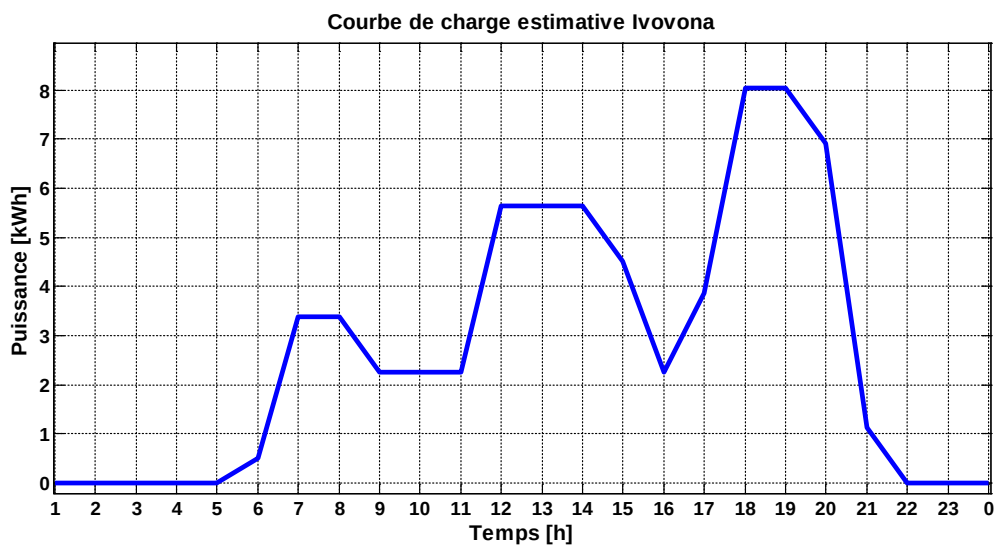


Figure 9: Courbe des charges estimative de la consommation d'énergie du village d'Iovona

Cette courbe nous montre que le village aura besoin d'une puissance installée de 8,3kW ou plus pour l'alimenter le soir de 18h à 20h. Des pointes de 5,7kW la journée et 3,5kW dans la matinée est aussi relevées.

2.5.4. Courbe de charge réelle du village

Afin de mettre à jour cette courbe, une enquête et mesures expérimentales ont été menés sur place par nos propres soins. Celle-ci a été réalisée de façon à nous permettre de faire une mise à jour sur les puissances consommées par les ménages. Ainsi des données issues des mesures expérimentales effectuées sur place ont été exploitées pour nous permettre d'établir la courbe de charges actuelle du village. Pour cela, on a recensé les appareils électroménagers, et équipements utilisés par chaque ménage et l'ensemble est représenté sur le tableau suivant.

Tableau 13 : Type de récepteurs recensés auprès des ménages du village d'Ivovona

Type de récepteur	Nombre	Puissance Unitaire [W]	Total [W]
Lampes	116	15	1 740
Radios	8	60	480
Mini-chaînes	12	100	1 200
Télévisions	30	80	2 400
DVD	20	80	1 600
Chargeurs Téléphones	50	7	350
réfrigérateurs ou congérateurs	3	180	540
Sonorisations*	1	400	400
Ventilateurs	8	60	480
Total			9 190

*Les sonorisations sont des matériels audio puissants utilisées lors des grandes manifestations villageoises.

Cette courbe est une moyenne des mesures effectuées sur plusieurs jours.

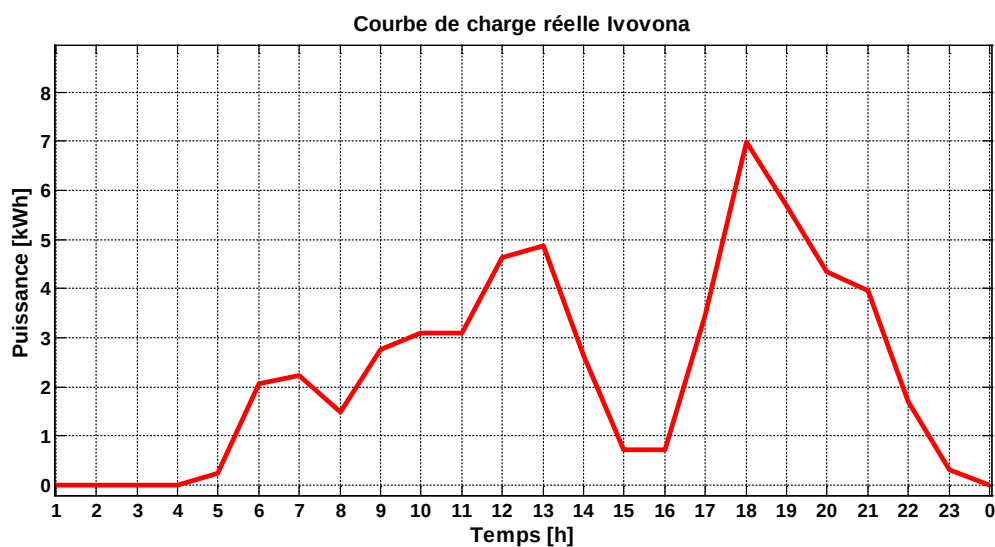


Figure 9 : Courbe des charges réelles du village d'Ivovona

La courbe nous montre que le village n'a pas de besoin en électricité entre minuit et 5h du matin. L'appel d'énergie électrique au matin est un peu fort à 6h et 7h, mais plus fort encore à 10h. La pointe du midi est plus forte que ceux du matin. Vers 15h, le besoin en électricité est presque nul. La pointe la plus frappante reste celle de 18h-19h, et ça revient comme le besoin du matin vers 21h.

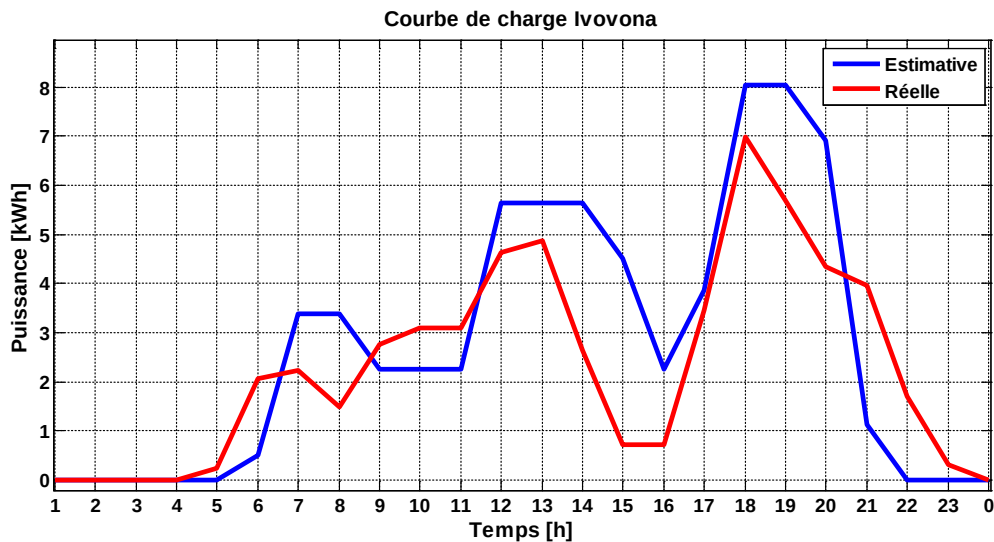


Figure 10 : Comparaison entre la courbe des charges estimatives et la courbe des charge réelles du village

La figure ci-dessus nous montre les courbes de charges estimatives et réelles du village d'Ifovona. Nous voyons bien que les deux courbes ont une forte corrélation en termes de variation et de puissance. Il est toutefois observé un décalage qui est due à la non prise en compte de la coefficient de simultanéité lors des estimation. Ce coefficient prend généralement la valeur de 0,8.

2.6. Etat de la centrale d'Ifovona

La centrale était prévue alimenter le village tout entier. Il est composé de deux aérogénérateurs de 10kW et 5kW. Le plus grand est connecté avec des onduleurs de type Windy Boy 3300 du SMA, et ce dernier le lie au réseau de distribution. Le petit est lié à des batteries de capacité totale de 24000Ah / C20 avec une tension de 48V, couplé avec 10 panneaux photovoltaïques de 175Wc et 20 panneaux photovoltaïques de 230Wc. La sortie des batteries, à leurs tours, sont lié à des onduleurs de type Sunny Island 5043 et alimente le réseau de distribution monophasé après.

Lorsque nous avons effectué ce stage, l'éolienne de 10kW est endommagé. Il n'y a donc pas que l'éolienne 5kw et les panneaux photovoltaïques qui alimentent le village via les batteries de 2400Ah. La configuration est donnée par la figure 12 et la figure 13 nous montre une vue aérienne du réseau de distribution du village.

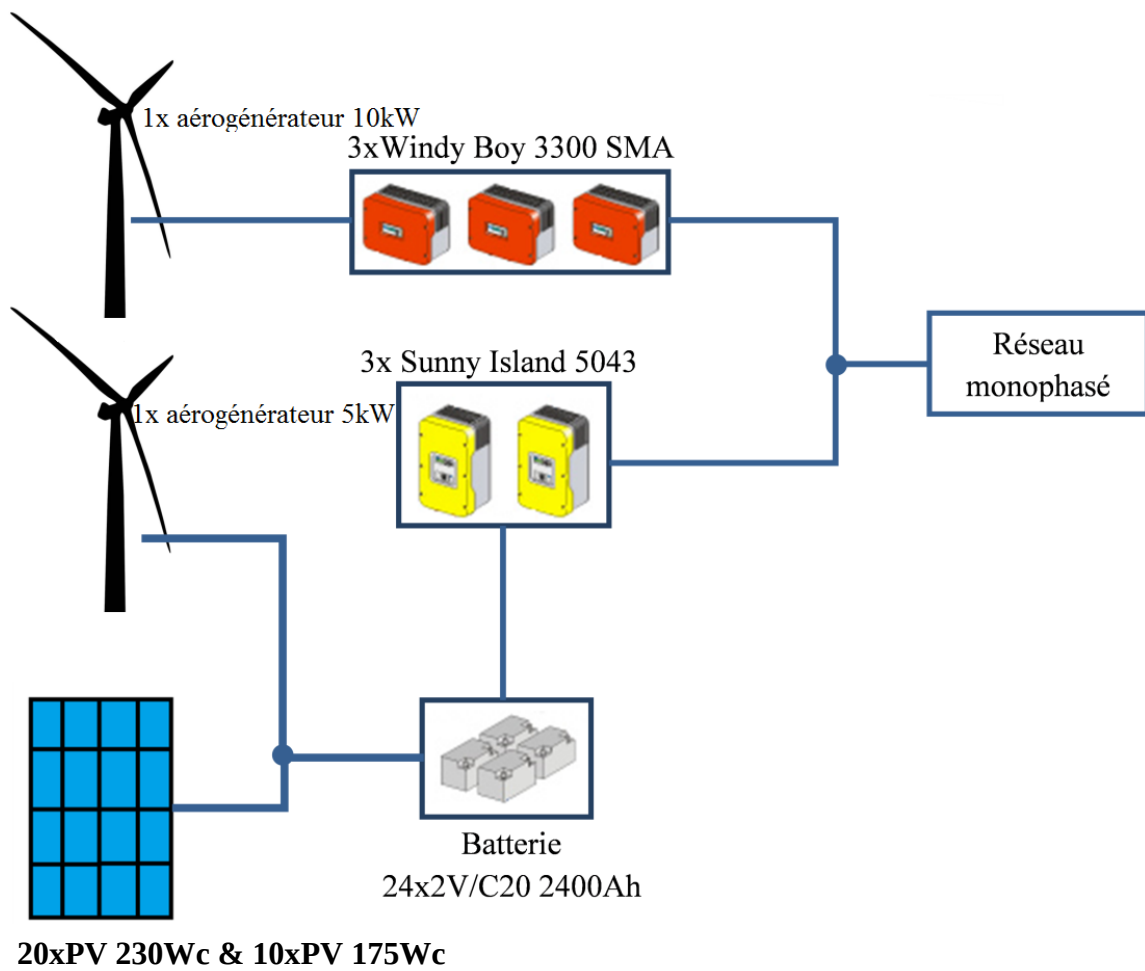


Figure 12 : Schéma synoptique de la centrale hybride isolé d'Ifovona



Figure 13 : Vue aérienne du village d'Ivovona avec le schéma du réseau de distributions

ETUDE DE LA PRODUCTION ET CONSOMMATION DU VILLAGE D'AMBOLOBOZOB

3.1. Introduction

Le fokotany d'Ambolobozobe est situé à 62 km de la ville de Diégo Suarez, dans la commune rurale nommée ANDRAFIABE, district d'ANTSIRANANA II. La commune rural d'Andrafiabe se trouve à 37 km au Sud de la ville de Diégo Suarez sur la RN6 et le village d'Ambolobozobe se situe à 25km l'Est de la commune Andrafiabe. Ses coordonnées sur la GPS sont : 12°31'33.14'' Sud et 49°31'55.36'' Est. La figure suivante nous permet de situer Ambolobozobe à la ville d'Antsiranana.



Figure 3.1 : Carte d'identification du fokotany d'Ambolobozobe.

3.2. Situations démographique du fokotany d'Ambolobozobe

Pour mener à bien notre étude nous avons commencé notre enquête par des informations d'ordre général. Le tableau suivant nous récapitule l'évolution du nombre d'habitant depuis 2009 à 2011

Tableau 14 : Evolution du nombre de population

Année	2009	2010	2011
Nombre total d'habitant	2738	2900	3023

Nombre total de ménages		253
-------------------------	--	-----

Selon les autorités locale, le nombre de toits est au environ de 426. Ceci inclus les cuisines et autres locales utilisés comme ferme, magasin,... Le taux d'accroissement de la population est estimé à 4% durant l'année 2010 – 2011

Ensuite nous avons recensé les infrastructures et équipement collectif résumés dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Equipement collectif du village.

Infrastructures	Désignation	Nombre
Infrastructures hydrauliques collectifs	Puits	4
Infrastructures de télécommunication et information	Radio Madagascar ; Radio Jupiter ;	3
	Réseaux téléphonique Airtel, Orange, Telma	3
Administrations et Services		
Education	EPP	1
Santé	CSB	1
Socioculturel	Eglise	1
Sécurité	Quartier mobile	5
Administration	Chef Fokotany	1

3.2.1. Volet socio-culturel du village

Le culte des ancêtres tient une place importante pour les autres populations qui sont encore fidèles aux coutumes. Il apparaît à travers des pratiques telles que le « JORO » et le «Tsakafara» ainsi que la « circoncisions collectives ». Le Mardi et le Jeudi sont des jours interdits pour les travaux de la terre.

Nous avons recueilli ces informations auprès des membres de l'autorité locale. Les différentes religions existantes dans le Fokontany d'Ambolobozobe sont présentées ci-dessous.

Tableau 16 : Répartition de la religion

Types de religion	Part [%]
Chrétienne	26
Musulmane	9

Animiste	65
----------	----

3.3. Activités économiques et sources de revenus de la population

Les principales activités économiques de la localité sont l'agriculture, l'élevage et l'artisanat récapitulées ci-dessous.

Tableau 17: Activités professionnelles de chaque ménage

Type d'activités	Nombre	Part [%]
Agriculture, Artisanat et vente de Trembo*	11	4,35
Agriculture et Artisanat	143	56,52
Agriculture et Pêche	23	9,09
Agriculture, Artisanat et Boucher	1	0,40
Agriculture, Artisanat et Epicerie	4	1,58
Agriculture, Pêche et Epicerie	1	0,40
Agriculture, Vente de Trembo	16	6,32
Agriculture	54	21,34
TOTAL	253	100

*Boisson alcoolisée produite avec des fleur de cocotiers

3.3.1. Situation socio-économique de la localité :

Dans le cadre de cette étude, la population est classée par les catégories de ménage selon les critères ci-dessous :

MRF

Une maison avec une seule pièce faite avec des murs en rafia ou bambou; le toit est couvert de feuilles; un lit avec un matelas en mousse ou rempli avec kapok; une radio; jusqu'à 6 personnes vivent dans une chambre de 3x3m². De petits champs de riz irrigués (moins de 1ha); pas de bicyclette; pas de vaches (zébu); quelques plantations de café ou de vanille; des champs collinaires avec maniocs et bananes, pas d'activités productives utilisant de l'électricité.

MRM

Une maison plus large de 3 à 5 pièces; le murs est couvert de planches en bois et toit de tôle ondulée; 2 lits avec des matelas en mousse, un armoire et une valise pour ranger les affaires personnelles et les vêtements ; un radiocassette; 5 – 6 personnes. Des champs de riz irrigués

plus larges (1-2ha); une bicyclette ; une à 3 vaches (zébu) ou quelques chèvres ; une petite plantation de café et/ou de vanille, un jardin potager, des champs collinaires avec du manioc, etc. Pas d'activités productives utilisant l'électricité.

MRE

Une maison plus large (3 pièces); les murs couverts de planches en bois, le toit en tôle ondulée; 2 lits et matelas en mousse, une armoire, quelques meubles, une valise pour rangers des affaires personnelles et vêtements, une radio + TV, ventilateur, lampe petro max 5 – 6 personnes. Des champs de riz irrigués de 2-6ha; Une bicyclette; 4-7 vaches (zébu) ou quelques chèvres; des plantations de café e/ou de vanille ; jardin potager, des champs collinaires de manioc. Propriétaire de magasin (vente en détail) ou artisan; Motocyclette ou camionnette; Activités productives avec générateur ou machine diesel comme vidéo club, décortiqueuse, raboteuse, réseau électrique avec voisins, agit en tant que collecteur, est intermédiaire pour des commerçants. Voici donc le tableau de récapitulation de catégorie du ménage.

Le tableau suivant récapitule le pourcentage des types de ménages selon la situation économique :

Tableau 18 : Recensement des catégories des ménages

Catégorie de ménage	Nombre	Part en [%]
MRF	25	9,88
MRM	169	66,80
MRE	59	23,32
Total	253	100

3.4. Situation énergétique du village d'Ambolobozobe

Après avoir vu la situation géographique et démographique du site, nous allons entrer dans l'étude de la situation énergétique du village. Cette section sera consacrée à l'étude de la consommation énergétique du site, et ainsi qu'à l'élaboration de sa courbe de charge. Pour ce faire, une étude estimative de cette consommation sera effectuée. Ceci sera suivi de la courbe de charge réelle en adoptant les mêmes démarches que celle de l'étude du village d'Ivovona.

3.4.1. Source d'énergie utilisée par la population

A part l'électricité fournie par Mad'Eole, source d'énergie utilisé par 163 ménages abonnées dont, 104 MRM et 59 MRE aucun ménage à revenu faible; les villageois utilisent

d'autres sources comme les bougies, pétrole, lampes de poche et groupe électrogène. Le tableau suivant récapitule le nombre de ménages utilisant chaque type de source :

Tableau 19 : Source d'énergie utilisée par la population

	MRF	MRM	MRE	Total
Bougies	25	120	80	225
Pétrole	60	243	136	439
Lampes rechargeable	10	169	80	259
Générateur	-	3	5	8
Mad'Eole	0	104	59	163

3.4.2. Consommation énergétique estimative du village d'Ambolobozobe

La consommation énergétique de chaque type de ménage est identique à celle du village d'Ivovona selon l'étude faite par Mad'Eole en 2008.

Le village d'Ambolobozobe est équipé de 3 aérogénérateurs identiques. A cause de leur disfonctionnement répétitif les abonnées sont contraint d'utilisé qu'un nombre limité d'appareillage électrique jusqu'à ce que les trois aérogénérateurs soient complètement opérationnels.

Tableau 20: Type de récepteurs recensés auprès des ménages du village d'Ambolobozobe

Type de récepteur	Nombre	Puissance Unitaire [W]	Total [W]
Eclairage domestique	175	15	2 625
Radios	31	60	1 860
Télévisions	40	80	3 200
DVD	25	80	2 000
Chargeurs de Téléphones	50	7	350
réfrigérateurs ou congélateurs	4	180	720
Eclairage public	20	20	400
Total	248	1 165	11 155

Tableau 21 : Puissances consommées par les récepteurs en fonction du temps

PUISSANCE TOTALE DE CHARGE EN FONCTION DE TEMPS							
Heures	Audio	Télé	Lecteur	Public	Domestique	Frigo	Puissance totale [kW]
[0-1]	0	0	0	0,36	0,78	0,36	1,5
[1-2]	0	0	0	0,36	0,78	0,36	1,5
[2-3]	0	0	0	0,36	0,78	0,36	1,5
-	-	-	-	-	-	-	-
[21-22]	1,41	1,6	1,25	0,36	2,6	0,36	7,58
[22-23]	0,69	1,2	0,5	0,36	1,56	0,36	4,67
[23-24]	0,15	0,8	0,25	0,36	1,43	0,36	3,35

La figure suivante nous montre la courbe de charge estimative du village d'Ambolobozobe. L'estimation a été faite selon la demande de Mad'eoie à cause de la défaillance des trois aérogénérateurs.

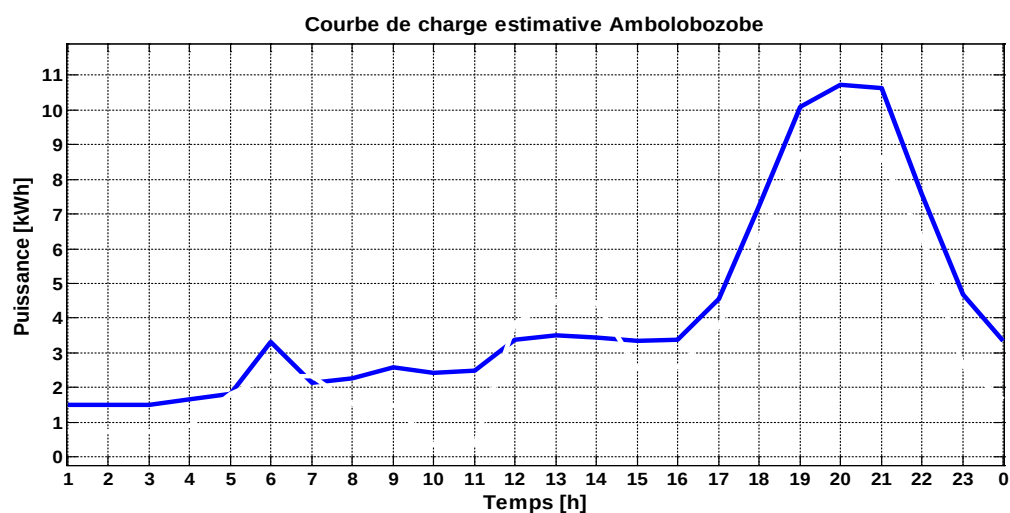


Figure 15 : Courbe de charge estimative journalière du village d'Ambolobozobe

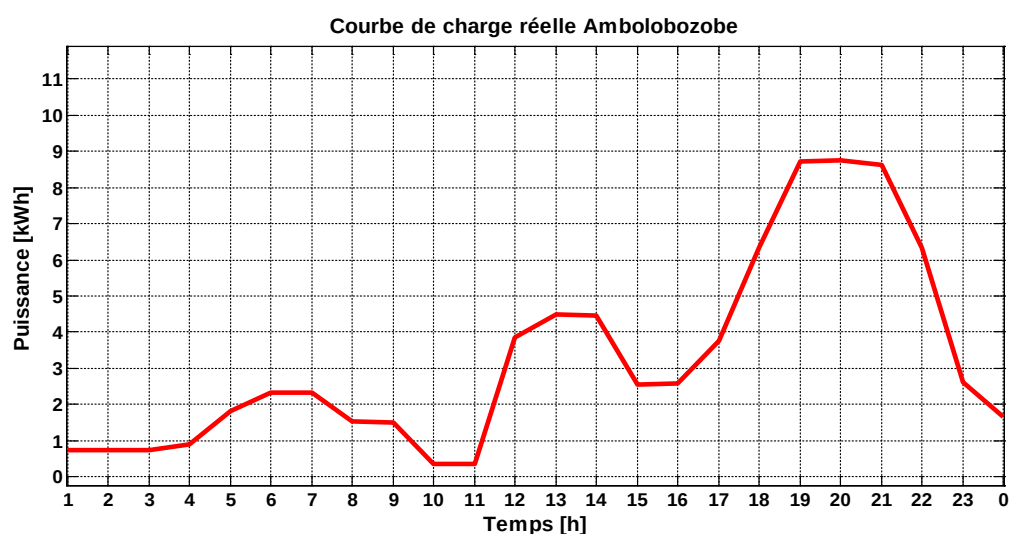


Figure 16 : Courbe de charge réelle journalière du village d'Ambolobozobe

A partir des mesures effectuées nous avons les courbes des charges estimées et mesurée du village d'Ambolobozobe. Cette courbe est la courbe moyenne des mesures effectuées sur plusieurs jours.

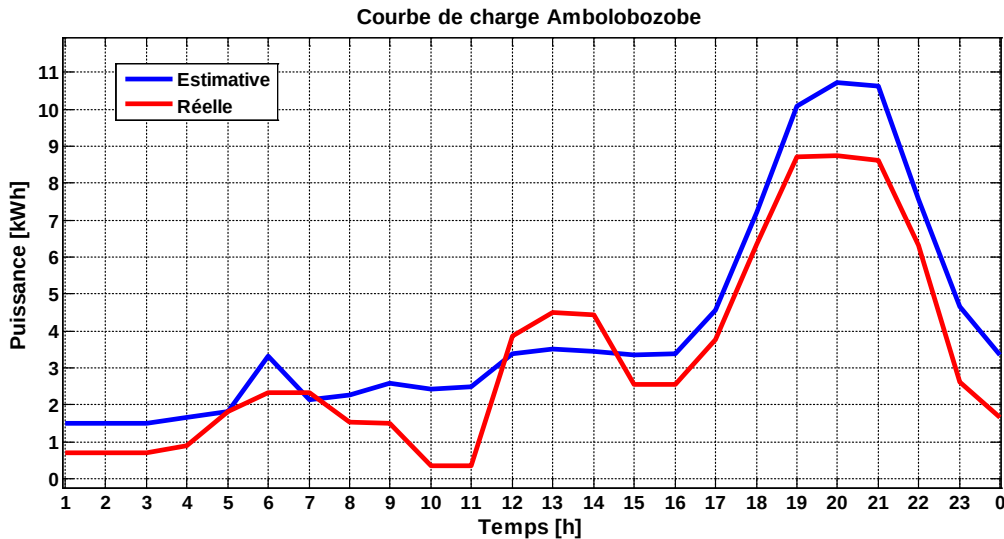


Figure 16 : Comparaison des deux courbes de charge journalière estimative et réelle du village d'Ambolobozobe

En moyenne les deux courbes les deux courbes sont cohérentes et nous permettent de conclure que l'estimation concorde avec la réalité. Ceci dit, suite à l'imprécision des modes de fonctionnement données par les abonnés en rapport avec le dysfonctionnement des aérogénérateurs. Il y a quelques cas remarquables sur les creux et les pointes.

3.5. Etat de la centrale d'Ambolobozobe

La centrale était prévue à alimenter le village tout entier. Il est composé de trois éoliennes ayant des aérogénérateurs de 10kW connectés à des onduleurs de type Windy Boy 3300 du SMA, et ce dernier le lie au réseau de distribution. Par l'intermédiaire des onduleurs de type Sunny Island 5043 les trois aérogénérateurs sont reliés à des batteries de capacité totale de 48000Ah / C20 avec une tension de 48V. 20 panneaux photovoltaïques de 175Wc et 24 panneaux photo voltaïque de 230Wc sont relié à des onduleurs de type Sunny Island 5043 et alimente le réseau de distribution monophasé après, illustré par la figure 17. La figure 18 nous montre une vue aériennes du réseau de distribution du site.

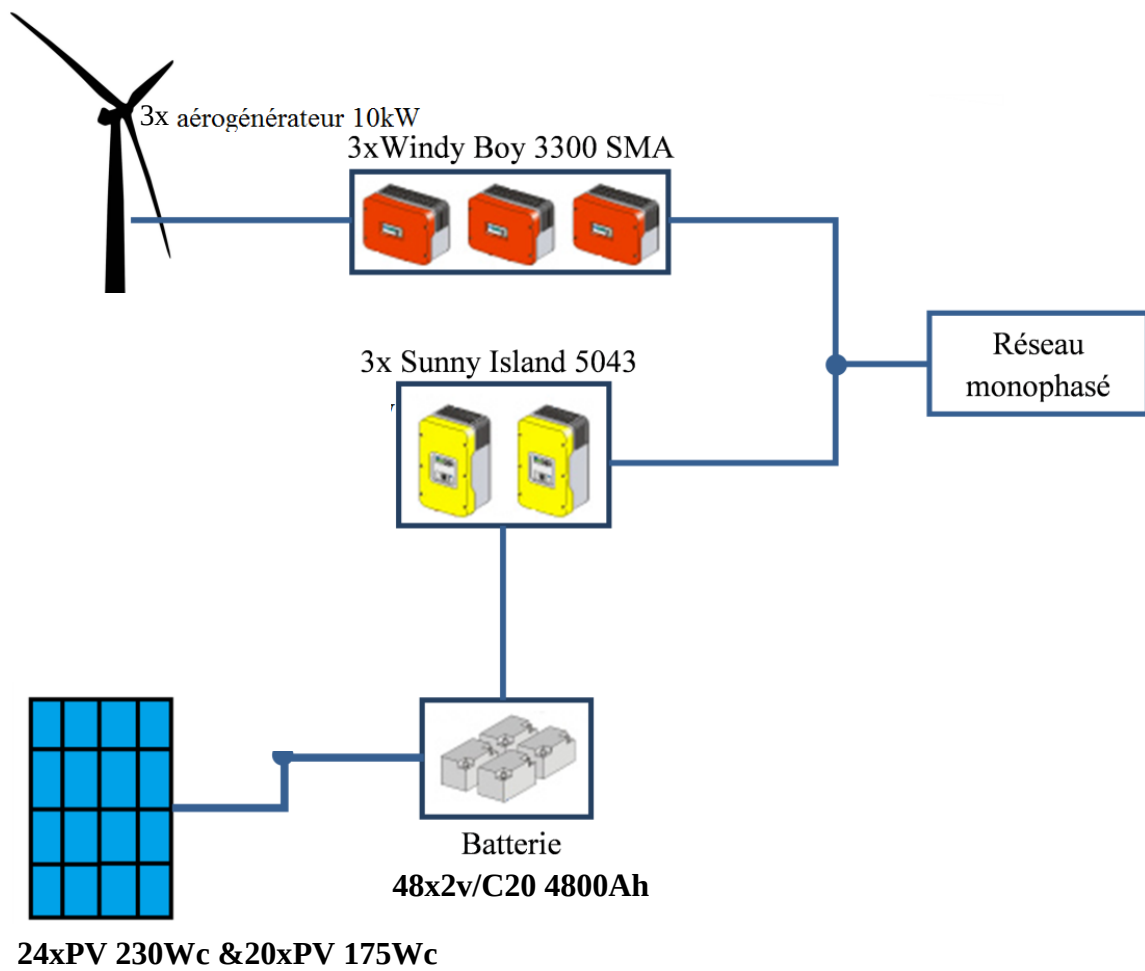


Figure 17: Schéma synoptique de la centrale hybride isolé d'Ambolobozobe

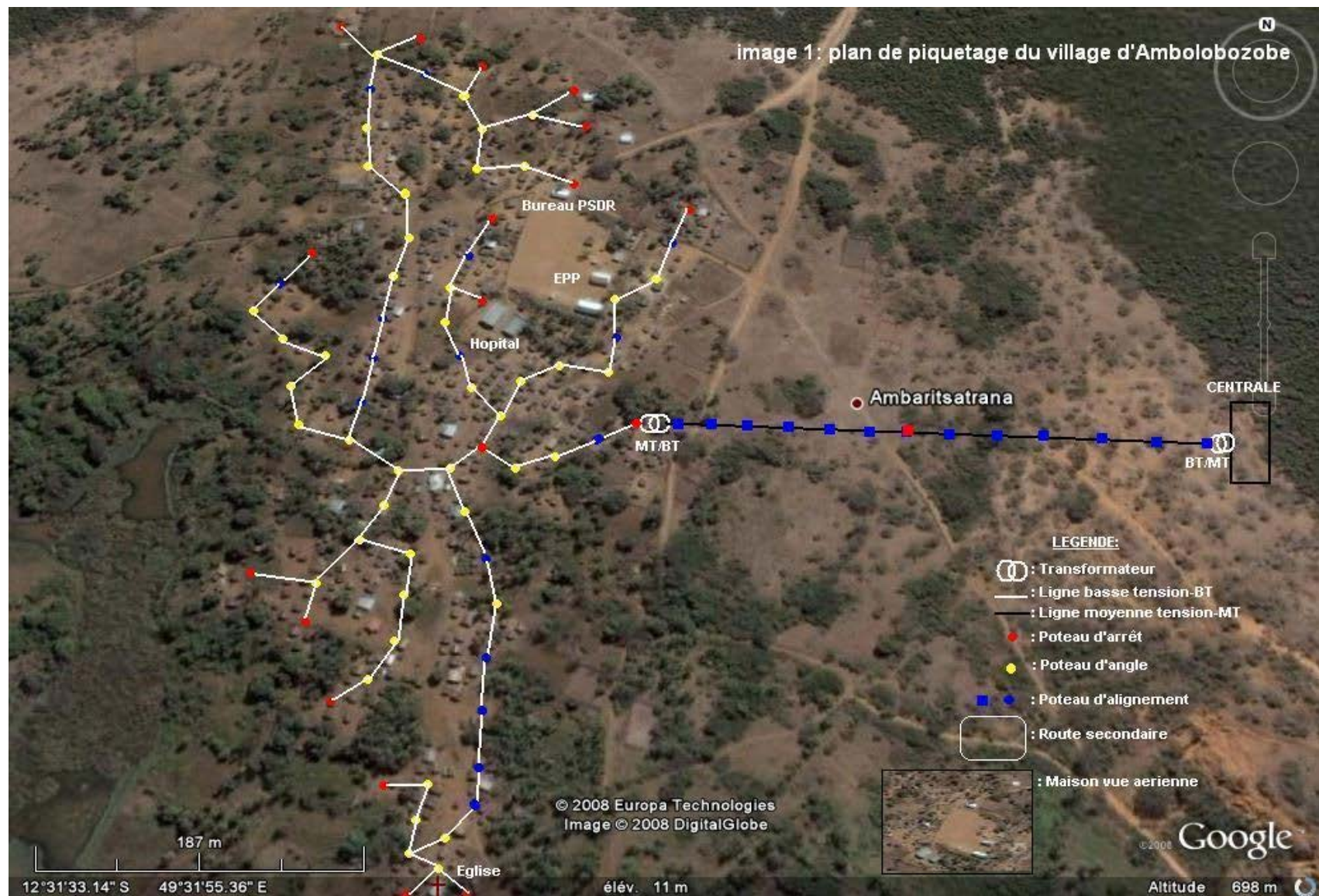


Figure 18 : Vue aérienne du village d'Abolobozobe avec le schéma du réseau de distributions

CONCLUSION GENERALE

Seuls 24% de la population malgache dispose aujourd'hui d'un accès à l'électricité et ce surtout ceux qui sont dans les villes. La reste des habitants souhaitent pouvoir se débarrasser des bougies et des lampes à pétrole et bénéficier de la lumière électrique qui est aussi un symbole de modernité et de développement. Il est probable qu'un réseau de distribution de l'énergie électrique ne pourrait jamais être étendu à toutes ces communautés et à toutes ces maisons du point de vue technico-économique. L'électricité d'origine renouvelable à base d'éolienne ou photovoltaïque peut donc être une solution efficace à ce problème. Le village d'Ivovona et d'Ambolobozobe de la Région DIANA ont bénéficié du projet d'électrification rurale utilisant un système à base d'énergies renouvelables éolien et solaire par le biais de l'entreprise Mad'Eole. Or ces derniers ne sont pas à l'abri d'éventuels dysfonctionnements, des études expérimentales sur site sont indispensables afin de bien appréhender le comportement de ces systèmes. Basé sur la mesure des puissances des charges et de production, le cadre de ce stage est de relever le plan de production et consommation des deux sites. La connaissance a priori de la consommation est indispensable dans notre cas afin de permettre une bonne analyse des valeurs réelles et d'éviter toute erreur de mesures sur le site. La connaissance de la démographie et les activités économiques des villageois sont des points clé pour cela. La mise en œuvre de ces méthodes nous ont permis de réaliser une estimation qui est l'image de la réalité. L'application de cette approche contribuera fortement à la réalisation des projets d'électrification rurale. La réalisation de ce travail a aussi remis à jour les données pour l'entreprise et lui permettra d'envisager la planification une extension dans le futur. Quelques informations sont classées confidentielles pour l'entreprise et ceci n'apparaît pas dans ce rapport, mais apparaît dans les différents productions scientifiques qui découleront de ce travail.

Malheureusement durant notre stage, plusieurs des aérogénérateurs sont hors service et ceci ne nous a permis d'acquérir que très peu de données sur le plan de production. Néanmoins l'entreprise Mad'Eole reste toujours ouvert pour la continuité et le perfectionnement du travail. D'autres mesures expérimentales sont encore envisagées durant les différentes saisons afin d'avoir une base de données complète sur ces sites. Cela afin de permettre la mise en place d'un dispositif d'optimisation, de suivi de la production et de la consommation ainsi qu'un dispositif de détection d'éventuelles dysfonctionnement au sein des sites de production d'énergie renouvelable comme celle d'Ivovona et d'Ambolobozobe et dont ceci est l'objet de ma thèse.