

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
Partie I : Etudes théoriques des énergies renouvelables.....	3
Chapitre 1: Notions générales sur les énergies renouvelables.....	3
Section 1 : Les 5 grandes familles des énergies renouvelables.....	3
Section 2 : Les avantages et les inconvénients des énergies renouvelables.....	9
Chapitre 2 : La place des énergies renouvelables dans la production d'électricité.....	12
Section 1 : La dépendance à l'énergie fossile.....	12
Section 2 : Le concept de transition énergétique.....	15
Section 3 : La production et la consommation mondiale d'électricité.....	17
Partie II : Madagascar face aux problèmes d'approvisionnements en énergie électrique.....	20
Chapitre 1 : Situation de l'énergie à Madagascar.....	20
Section 1 : Les principales sources d'énergies à Madagascar.....	20
Section 2 : Le marché des énergies à Madagascar.....	22
Chapitre 2 : Les impacts des énergies renouvelables dans la production d'électricité à Madagascar.....	25
Section 1 : La situation des énergies renouvelables à Madagascar.....	25
Section 2 : Les avantages et les contraintes de l'exploitation des énergies renouvelables sur l'électrification.....	28
Section 3 : Les possibilités d'action.....	32
CONCLUSION GENERALE.....	39
BIBLIOGRAPHIE.....	41
ANNEXES.....	43

LISTE DES ACRONYMES ET DES ABREVIATIONS :

- **ADER** : Agence de Développement de l'Electricité Rurale
- **AIE** : Agence Internationale de L'Energie
- **CEA** : Commissariat à l'Energie Atomique
- **EnR** : Energie renouvelable
- **GES** : Gaz à effet de serre
- **GWh** : Gigawatt-heure
- **JIRAMA** : Jiro sy Rano Malagasy
- **KWh** : Kilowatt- heure
- **Mtep** : Million de tonnes équivalent pétrole
- **MW** : Megawatt
- **MWh** : Megawatt-heure
- **Observ'ER** : observatoire d'énergie renouvelable
- **ORE** : Office de Régulation de l'Electricité
- **OPEP** : Organisation des pays exportateurs de pétrole
- **PV** : Photovoltaïque
- **REN 21** : Renewable Energy Policy Network for the 21st century
- **TWh** : Téra watt-heure
- **WC** : Watt Crête

LISTE DES TABLEAUX ET GRAPHIQUES

Tableau n°1 : La production mondiale d'électricité.....	17
Tableau n°2 : Evolution de la consommation énergétique mondiale (en Mtep).....	19
Tableau n°3 : Production totale d'électricité de 2007 à 2011 (unité par Mwh).....	23
Tableau n°4 : Consommation d'énergie par secteur.....	24
Tableau n°5 : Puissance installée selon les sources d'énergie en 2012.....	30
Figure n°1 : Pourcentage de la surface de jatropha.....	33

INTRODUCTION

INTRODUCTION

« L'énergie désigne la capacité qu'a un corps, un système, de produire un travail susceptible d'entraîner un mouvement, une production de chaleur ou d'ondes électromagnétiques »¹. L'énergie électrique est une énergie propre, silencieuse et puissante c'est l'énergie la plus privilégiée dans le monde. Elle est indispensable dans la vie quotidienne de l'homme que ce soit par exemple dans le transport ou dans l'industrie. L'électricité est donc un des facteurs clés de développement économique et social d'un pays.

Actuellement, l'électricité produite à l'échelle mondiale dépend des combustibles fossiles dont le pétrole, le charbon, le gaz naturel et de l'énergie nucléaire venant de la substance appelée uranium du fait que l'exploitation de ces combustibles fossiles ne cesse de s'augmenter et cela va continuer jusqu'à l'épuisement de leur réserves. Mais c'est fut au moment du choc pétrolier des années 70 que le problème d'énergie entre dans les débats économiques et politiques de chaque pays du monde. Tout à fait, à ce moment-là le prix du pétrole a connu une hausse considérable qui passe de 2,5 à 10 dollars le baril² et qui ont pénalisés l'économie mondiale surtout dans les pays consommateur de ce combustible y compris Madagascar. Autre que ce problème de réserve disponible, la dégradation de l'environnement naturel actuel est également causée par l'émission des gaz à effet de serre venant de ces combustibles fossiles.

Face à ces divers risques d'utilisation de ces énergies non renouvelables, le recours à l'utilisation des autres sources d'énergies d'origines renouvelables est indispensable afin de résoudre les problèmes d'approvisionnement ainsi que la pollution de l'écosystème et surtout pour apporter une solution quantitative sur le problème en matière d'électricité d'aujourd'hui.

Pour le cas de Madagascar, une grande partie des sources d'énergies utilisées à la production d'électricité viennent des énergies primaires. Ces derniers sont utilisés afin de faire tourner la centrale thermique mais cela rend le problème plus difficile à cause de la sensibilité de la variation du prix du baril du pétrole qu'on ne peut que prévoir. La centrale hydroélectrique d'aujourd'hui n'arrive plus à satisfaire la demande. C'est pour cela qu'à Madagascar, on fait toujours recours à l'utilisation de la centrale thermique qui est alimentée par le gasoil et par conséquent le tarif en électricité devient très élevé. Pourtant une des plus grandes défis de la politique énergétique Malagasy est de résoudre le problème d'électricité intensif qui persiste

¹ Fondation Alcen. Pour la connaissance des énergies

² Agence Internationale de l'Energie (AIE) 2010

actuellement mais aussi d'offrir à la population de l'électricité à moindre coût pour se faire un politique énergétique accès sur une nouvelle source d'énergie d'origine renouvelable est plus que nécessaire.

Cette même vision sur les énergies renouvelables nous a incités à travailler sur le thème : « *la place des énergies renouvelables dans la production d'énergie électrique à Madagascar* ». La question qui se formule autour de ce thème est : Dans quelles mesures les énergies renouvelables peuvent résoudre les problèmes d'électrification à Madagascar ?

Comme hypothèse relatives à cette recherche, nous avons retenue quatre dont: Premièrement, les énergies fossiles deviennent de plus en plus couteux. Deuxièmement, la production d'électricité est prépondérante vis-à-vis des énergies fossiles. Troisièmement, l'utilisation des sources renouvelables diminuent les couts de production d'électricité. Et enfin, les énergies renouvelables permettent une électrification durable à Madagascar.

Ainsi ce mémoire comportera deux parties. La première sera orientée vers des approches théoriques des énergies renouvelables et la deuxième partie traitera le cas de Madagascar face aux problèmes d'approvisionnement en énergie électrique.

PARTIE- I
ETUDES THEORIQUE DES ENERGIES
RENOUVELABLES

PARTIE I : ETUDES THEORIQUES DES ENERGIES RENOUVELABLES

Chapitre I. Notions générales sur les énergies renouvelables

Dans sa vie quotidienne l'homme a constamment besoin d'énergie pour effectuer des activités domestiques et /ou industrielles. Mais les énergies qu'il utilise habituellement sont issues des énergies primaires ou énergies fossiles. Pourtant à côté des sources fossiles il y a d'autres sources d'énergies appelées « énergies renouvelable ».

Les énergies renouvelables ou encore les énergies de l'avenir sont encore sous exploités par rapport à leur potentiel. Ainsi en 2005, les énergies renouvelables couvrent seulement 20% de la consommation mondiale d'électricité. Elles ont totalisé une puissance de 190 GW, soit 4% de la puissance énergétique dans le monde³.

Aujourd'hui, l'exploitation de ces énergies renouvelables connaissent un développement très rapide surtout dans les pays développés. A ce stade, il est bon de noter qu'il y a différentes types d'énergies renouvelables qui sont détaillées dans la première section ci-dessous :

Section 1. Les 5 grandes familles des énergies renouvelables

Face à la raréfaction des combustibles fossiles, des nouvelles sources d'énergies sont à la portée du monde ce sont les énergies renouvelable qui sont fournies par le vent, le rayon de soleil, les végétaux, les chutes d'eau et la chaleur de la terre.

Les énergies venant de la nature sont considérées comme renouvelables car elles se renouvellent chaque jours, leur réserve sont donc illimité. D'autant plus qu'elles se renouvellent assez vite à l'échelle du temps humain par opposition à l'énergie fossiles.

Il existe cinq familles d'énergies renouvelables dont : L'énergie hydraulique venant des chutes d'eau, l'énergie solaire fournit par le soleil, l'énergie éolienne donnée par le vent, l'énergie géothermique extrait de la chaleur de la terre et enfin la biomasse obtenu à partir des matières organiques.

³ Source : Observ'ER : Observation des Energies renouvelables.

1. Les énergies photoniques

1.1. Les énergies solaires actives

Le soleil est une source d'énergie inépuisable, gratuite et non polluante. Tout comme l'énergie hydraulique, l'énergie solaire est classée parmi les énergies renouvelables car elle vient du rayonnement solaire. De plus, le soleil est considéré comme l'origine de certaines formes d'énergies renouvelables. En effet, Elle est un élément clé de la photosynthèse donc sur la matière organique et évidemment sur la biomasse. Le soleil grâce à son rayonnement contribue à la formation des pluies et par conséquent sur l'énergie hydraulique. Par l'action complémentaire avec le vent, elle conditionne l'énergie marine.

Le rayonnement solaire peut être transformé en deux formes d'énergies :

- L'énergie solaire photovoltaïque qui transforme la lumière solaire en électricité,
- L'énergie thermique qui à son tour converti cette lumière solaire en chaleur.

➤ L'énergie solaire photovoltaïque

L'effet dans lequel se transforme directement le rayonnement solaire en électricité est appelé « l'effet photovoltaïque »⁴.

Observé pour la première fois en 1839 par Antoine Becquerel (1788- 1878), L'énergie solaire photovoltaïque peut être défini comme l'électricité produite par des capteurs constitués des siliciums.

Afin de produire de l'électricité, il est plus que nécessaire un générateur solaire photovoltaïque qui est composé de cellules PV qui est d'habitude constitué de silicium. Ces cellule doit être reliée entre elle afin d'obtenir la puissance nécessaire. Ensuite, il faut exposer ces générateurs dans un endroit ensoleillé. Les panneaux sont reliés avec des onduleurs qui transforment le courant continu en courant alternatif pour alimenter nos appareils électriques.

Il y a divers technique des modules solaire photovoltaïques, à savoir : Les modules solaires monocristallins, les modules solaires poly cristallins et les modules solaires amorphes. A cause des traversé des lumières solaire sur l'atmosphère, le niveau d'énergie maximale obtenue sur la terre ferme est estimée à $1\text{KW}/\text{m}^2$ c'est-à-dire qu'un panneau de 1 m^2 exposé en plein soleil obtient 1 KW et cela seulement au midi vrai. C'est la valeur universelle utilisée pour la commercialisation des panneaux solaires. Ainsi pour le commerce des panneaux solaires photovoltaïques la norme utilisée est le watt crête⁵ (Wc) ou le watt-peak (Wp) qui se mesure pour une irradiation solaire standard de $1000\text{ W}/\text{m}^2$ à une température de 25°C .

⁴ Effet photovoltaïque ou photoélectrique : « le photon (ou particule de la lumière) arrachant et mettant en mouvement un électron, les corps devient conducteur ». Albert Einstein (1879-1955)

⁵ Watt crête : c'est une indication de la puissance maximale engendrée par un panneau solaire.

➤ **Les énergies solaires thermiques**

Par opposition à l'énergie solaire photovoltaïque, l'énergie thermique n'est pas destinée à transformer le rayonnement solaire pour produire de l'électricité mais pour le transformer en chaleur. Soit elle est utilisée directement, pour chauffer le bâtiment. Soit elle est utilisée indirectement pour produire de la vapeur d'eau qui peut servir à tourner l'alternateur et créer de l'énergie électrique. Il s'agit-là de créer de l'électricité en utilisant les chaleurs des rayonnements solaires. (Énergie solaire thermodynamique). Mais ce phénomène nécessite des températures assez élevées qui sont obtenues par la concentration de la lumière avec des miroirs vers un fluide caloporteur.

1.2. Les énergies solaires passives

C'est l'utilisation directe de la lumière pour le chauffage. Cette énergie solaire passive a depuis longtemps été utilisée comme source d'énergie utilisée dans l'architecture. En effet, la façon la plus simple est de situer d'un bâtiment du côté du sud pour que le soleil puisse y briller et réchauffer le bâtiment. Les fenêtres qui font face au nord ne font que laisser sortir la chaleur du bâtiment : ils ne laissent pas à la chaleur d'y pénétrer la maison.

2. Les énergies mécaniques

2.1. Les énergies hydrauliques

L'énergie hydroélectrique ou l'hydroélectricité est une forme d'énergie obtenue par le mouvement de l'eau dans toutes ses formes : chute, cours d'eau, courant marin, vagues. L'hydroélectricité est belle et bien une énergie renouvelable car elle est issue du cycle de l'eau continuellement reproduit grâce au rayonnement solaire.

Historiquement, la première énergie hydroélectrique est obtenue par l'utilisation d'un moulin à eau mais c'est à partir de la fin de XIX^e siècle que la première turbine fait son apparition grâce à Benoist de Fourneyron (1802-1867), cette turbine est tournée à partir de la puissance des chutes d'eau qui entraîne un générateur électrique et puis qui engendre des électricités. Ce principe de l'énergie hydroélectrique peut se simplifier comme suit : les courants d'eau produisent une « énergie cinétique » qui est transformée en énergie mécanique par une turbine et cette énergie mécanique est transformée en énergie électrique par un alternateur. Les moyens les plus utilisés pour obtenir cette énergie cinétique sont soit par l'intermédiaire d'une grande centrale hydraulique c'est-à-dire qu'il faut installer un grand barrage à chute d'eau dans le volume d'eau stocké détermine le niveau d'énergie disponible. Soit par les petites centrales hydrauliques par la mise en place d'une petite turbine au sein de l'écoulement

d'une rivière ou en transportant de l'eau avec des tuyaux jusqu'à la turbine afin de produire de l'électricité. Donc, cela ne nécessite pas essentiellement la construction d'un barrage.

Ces deux types de centrale hydraulique se différencient selon leur dimension et leur potentielle. Pour la petite centrale hydraulique (PCH) c'est une installation de petites puissances dans on distingue, la pico-centrale : inférieur à 20 kW, la microcentrale : de 20 à 500 KW, la mini-centrale : de 500 KW à 2 MW et la petite centrale de 2 à 10 MW. Tandis que les grandes centrales hydrauliques (GCH) concernent les installations allons au-delà d'une puissance de 10 MW.

Parmi la bioénergie, l'hydroélectricité est la seule à être exploitée à grande échelle et cela dans tous les pays du monde. En effet en 2006, l'hydroélectricité représente 3137,3 TWh⁶ de la production mondiale d'électricité soit 89 % et seulement 11% pour les autres.

2.2. Les énergies éoliennes

L'énergie est également issue du vent produit continuellement sous l'action du rayonnement solaire. Il s'agit donc d'une bioénergie. Pendant l'antiquité l'énergie éolienne a été uniquement utilisée que pour la propulsion des bateaux. Puis elle a été utilisée afin de pomper l'eau et pour moulin le grain et cela à travers des moulins à vent équipés de pales en forme de voile. Mais c'est fut aux Etats-Unis en 1887 qu'un certain Charles F. Brush (1849-1929) construit la toute première éolienne qui produit de l'électricité. A ce moment-là cette éolienne n'a qu'une puissance de 12KW. Aujourd'hui, c'est la source d'énergie renouvelable qui connaît la plus grande croissance dans le monde.

L'éolienne est conditionnée par le mouvement de vent. Donc pour avoir un rendement optimal, il faut que la vitesse de vent soit entre 50 Km/h et 90 Km/h. au-delà de cet intervalle les éoliennes ne peuvent plus tourner car cela endommagerait trop vite les mécanismes. Pour fonctionner normalement elle a besoin d'une vitesse de vent inférieure à 10 Km/h.

Sa fonctionnement est très simple, d'abord le vent fait tourner les pales de l'éolienne qui elles même font tourner le générateur appelé aérogénérateur. Ensuite, l'énergie mécanique obtenue sera transformée par ce générateur en énergie électrique. Et enfin, cette électricité produite va être dirigée vers un réseau électrique ou des batteries de stockage.

Elle peut être installée sur la terre, on l'appelle « éolien onshore » ou sur la mer, dans ce cas on l'appelle « éolien offshore ».

⁶ Source : Observ'ER

La puissance électrique d'une éolienne s'exprime aussi en Watt. Et en plus cette puissance générée par les éoliennes varie selon leur taille. Il y a des petites éoliennes qui produisent une puissance de 400 watt et des grandes éoliennes industrielles allant jusqu'à 5 MW.

2.3. La géothermie

Le mot vient du grec « geo » qui signifie terre et « thermos » qui désigne la chaleur. Par conséquent la géothermie est l'exploitation de la chaleur de la terre ou plus précisément la chaleur stockée dans le sous-sol. Les fluides qui se trouvent dans les profondeurs de la terre sont exploités en vue de créer des énergies thermiques qui à son tour convertit en énergie électrique. Elle est aussi dans la famille des énergies renouvelables car elle est perpétuellement réapprovisionnée par la radioactivité des roches et la proximité de magma en dessous de la croûte terrestre. Elle est donc inépuisable car elle dépend de la chaleur de la terre et du rayonnement solaire.

On classe toujours trois familles de géothermie, citons : la géothermie peu profonde à basse température, la géothermie profonde à haute température et enfin la géothermie très profonde à très hautes températures.

➤ **La géothermie peu profonde à basse température ou encore géothermie à très basse énergie**

L'utilisation des pompes à chaleur alimentées par la chaleur qui se trouve dans les croûtes terrestres peuvent satisfaire les besoins en chauffage et de climatisation. La pompe à chaleur a besoin de l'utilisation de l'eau avec un glycol ou encore un fluide frigorigène. Mais l'utilisation de ce fluide frigorigène nécessite en générale 30 mètres de profondeur au-dessous du sol. Mais pour avoir de l'eau en glycol la profondeur doit être plus profonde c'est environ 80 à 120 mètres de profondeur. A ce stade la température est comprise entre 10°C et 30°C.

➤ **La géothermie profonde à haute température ou géothermie à basse énergie**

Pour avoir de la géothermie profonde à haute température, il faut des forages plus profonds pour avoir de l'eau plus chaude. Le degré de l'eau désiré dépend donc de la profondeur qui est entre 1500 et 2500 mètres et évidemment de la disponibilité de la ressource géothermique du site. La température de l'eau est environ 30°C à 100°C.

➤ **La géothermie très profonde à très haute température ou géothermie à haute énergie**

Comme nous l'avons dit ci haut plus la profondeur dans la croûte terrestre augmente, plus la température est élevée. Mais souvent la température dépend aussi de la région du globe considérée. Tout à fait, dans les régions sédimentaires la température est seulement de 3°C par 100 mètres alors qu'elle atteint jusqu'à 1000°C par mètres dans la région volcanique. L'énergie géothermique très profonde nécessite une profondeur d'environ 1500 mètre et la température doit être au-dessus de 150°C.

2.4. La biomasse ou énergie verte

La biomasse est le produit de la photosynthèse des végétaux. Grâce à cette réaction photochimique les stocks d'énergie solaire sont transformés en énergie chimique.

La biomasse en termes d'énergie désigne l'ensemble de la matière organique d'origine végétale, animale ou fongique pouvant devenir source d'énergie par combustion, après méthanisation ou après de nouvelles transformations chimiques. Elle peut être classée en 3 groupes:

➤ **Le bois énergie**

L'énergie chimique du bois est libérée par combustion sous forme de chaleur et peut être utilisée directement pour le chauffage ou transformée en électricité.

En général, on ne coupe pas les bois, il suffit de récolter les déchets de bois provenant de la forêt ou des industries de bois afin de les brûler pour se chauffer ou pour générer de l'électricité. Pourtant cela peut amener à une déforestation massive ou à une surexploitation des forêts si ce n'est pas bien contrôlé.

➤ **Le biogaz**

« Le Biogaz ou encore bio méthanisation est le résultat de la fermentation anaérobie (sans oxygène en milieu concentré) de matières organiques »⁷. Il peut être utilisé comme alimentation d'un moteur afin d'obtenir de l'électricité ou tout simplement de l'utiliser pour avoir de la vapeur.

Cette bioénergie est essentiellement issue du méthane et puisque le méthane est un gaz qui est très dangereux pour l'environnement sa captation avant qu'il échappe de l'atmosphère permet de minimiser les émissions de gaz à effet de serre.

⁷ Rocq J., (2007), « un mariage de raison », Nouvelles fondations, n°6, pp. 93-94

➤ **Les Agro carburants ou biocarburants**

Les Agro carburants sont des carburants produits à partir des matériaux organiques non fossiles, provenant de la biomasse et qui viennent en complément ou en substitution de combustibles fossiles. Il existe actuellement deux filières principales :

- La filière « huile et dérivés », comme l'huile végétale carburant ou le biodiesel ;
- La filière « alcool » comme le bioéthanol, à partir de sucres, d'amidon, de cellulose ou de lignine hydrolysées.

Section 2. Les avantages et les inconvénients des énergies renouvelables

Bien que les EnR se présentent comme alternative aux énergies fossiles dans la production d'électricité, elles ont comme même plusieurs avantages et certains inconvénients qu'il faut prendre en compte.

1. Les avantages des sources renouvelables

Plusieurs avantages découlent de l'utilisation des sources renouvelables mais parmi eux on peut citer qu'elles permettent une électrification des zones isolées ou rurales mais surtout qu'elles permettent une indépendance énergétique. D'autres avantages sont aussi liés à chaque type d'énergie renouvelable mais les détails sont présentés à l'annexe.

1.1. Pour l'électrification des zones isolées ou rurales

Le taux d'accès à l'électrification des zones rurales sont encore très faible surtout dans les pays en développement. La faible densité et la dispersion de la population dans des zones isolées deviennent une entrave majeure car elles empêchent le développement des infrastructures d'électricité trop onéreux. Les grandeurs du réseau sont aussi un problème à surmonter. Dans ce cas le recours à l'électrification par les énergies renouvelables devient très bénéfique car elles ne nécessitent pas de raccordement au réseau de distribution c'est-à-dire qu'elles permettent d'accorder un réseau électrique à des zones isolées sans dépendre du réseau électrique national.

1.2. Indépendance énergétique

Un pays est indépendant énergétiquement lorsqu'il est capable de satisfaire à lui tout seul la demande d'énergie dans sa territoire. Cette indépendance énergétique n'est pas atteinte si on ne fait pas recours à des énergies renouvelables surtout pour les pays importateurs de pétrole. L'instabilité des prix du pétrole engendre souvent une augmentation du coût de l'énergie.

C'est pourquoi, bon nombre de pays se sont mis au défi d'atteindre leur indépendance énergétique ou du moins de diminuer leur importation d'énergie fossile. Et pour réaliser ce projet, les énergies renouvelables sont une optique incontournable.

2. Les inconvénients des énergies renouvelables

L'utilisation des sources renouvelables présente plusieurs privilèges d'ordre économique et social. De plus, on peut espérer que d'ici 10 à 20 ans ces énergies permettent de satisfaire la demande d'énergie mondiale. Pourtant, elles représentent aussi des contraintes environnementales mais surtout économiques. Voyons maintenant ces contraintes selon le type d'énergie renouvelable :

2.1. Le Solaire

Une des grandes faiblesses de l'énergie solaire est qu'elle n'est disponible que le jour. Donc, durant la nuit, ils nécessitent des moyens de stockage proportionnels à l'énergie produite, ce qui, dans le cas des grandes installations comme les centrales solaires nécessitent des investissements en plus. En effet, sa production est irrégulière qui dépend de la saison et non en fonction des besoins énergétiques des consommateurs. De même la puissance souhaitée est en fonction du nombre de panneaux. On générale la durée de fabrication des panneaux solaire est limité de 20 à 30 ans. Les cellules photovoltaïques ont aussi des rendements assez faible d'environ 10 à 20% cela signifie que seulement 10 à 20% du rayonnement solaire capté par les panneaux sont convertis en énergie.

2.2. L'hydroélectricité

Même si l'hydroélectricité est la bioénergie le plus utilisée dans le monde, il y a aussi des contraintes dans l'exploitation de cette énergie dont :

- La dégradation des écosystèmes à cause des constructions des grands barrages et des bruits causés par les turbines ainsi qu'un risque de contamination de l'eau stockée.
- Les coûts de construction des grands et moyens barrages sont très chers alors que la construction peut s'étaler dans le temps.
- La déplacement des populations locales : il ne faut pas que leur déplacement aboutisse à une régression de leur niveau de vie, ce qui coûte cher à concevoir et à mettre en application : il faut les reloger correctement, leur trouver un travail au moins aussi bien rémunéré qu'auparavant, des terres nouvelles à cultiver puisqu'il s'agit souvent de paysans.

2.3. L'éolienne

D'abord, le problème de l'énergie éolienne est qu'elle ne peut être exploitée qu'entre une vitesse de vent entre 3 et 25 mètres par seconde. D'où les éoliennes ne peuvent pas être implantées n'importe où, il existe une réglementation stricte à ce sujet, de nombreuses études sont nécessaires avant de pouvoir réaliser un projet. Elle dépend donc de la météo, de la topographie et donc de l'environnement.

Ensuite, elle peut engendrer une pollution visuelle et sonore et de la perturbation électromagnétique. Pour aider les populations à surmonter ce problème, les normes internationales stipulent que les parcs éoliens doivent être installés à au moins 500 mètres des habitations et que les éoliens doivent être installés à 200 mètres d'intervalles.

Enfin, la durée de vie d'une installation éolienne est assez limitée car elle varie de 20 à 25 ans

2.4. La biomasse

Les inconvénients de la biomasse et qu'une exploitation excessive dans sa zone d'exploitation peut entraîner la perturbation de l'équilibre écologique (déforestation). D'autant plus que la production de l'énergie biomasse occupe des terres arables et pourrait faire baisser la production agricole. De même son rendement énergétique est assez faible. Et puis, les centrales à biomasse ne peuvent être installées loin des sources de combustibles à cause des coûts du transport.

Chapitre II : La place des énergies renouvelables dans la production d'électricité

Il est assez évident que l'énergie renouvelable est une solution importante pour satisfaire les besoins en électricité et cela à travers le monde entier. Pourtant le secteur électricité est encore en prépondérance totale vis-à-vis des combustibles fossiles.

Section 1. La dépendance à l'énergie fossile

Les énergies non renouvelables ou énergies fossiles désignent les sources d'énergie qui ne se renouvellent pas assez rapidement à l'échelle humaine. Autrement dit, ce sont des énergies dont la vitesse de destruction, dépasse la vitesse de création. Contrairement aux énergies renouvelables, ce type d'énergie est épuisable.

Elles s'épuisent au fur et à mesure de leur utilisation. Leurs réserves sont fixes, limitées. Leur exploitation est polluante et présente des risques (marée noire, propagation d'éléments radioactifs, réchauffement climatique...).

Les énergies fossiles sont en générale issues des combustibles fossiles dont: le charbon, le pétrole et le gaz naturel.

1. Le charbon

Le charbon est la source d'énergie la plus abondante sur terre, mais parmi les combustibles fossiles c'est le plus grand émetteur de GES.

L'exploitation du charbon s'est développée au cours de la révolution industrielle du XVIII^e siècle. En effet durant cette période, le charbon a été utilisé pour la production d'électricité, de la sidérurgie et de la métallurgie

En 2011, le charbon couvre 28,8% des besoins énergétiques mondiaux⁸, C'est le deuxième combustible le plus utilisé après le pétrole. D'autant plus que le charbon est la source d'énergie la plus utilisée à la production d'électricité car elle assure 40,2% la production d'électricité mondiale (AIE) c'est pourquoi plusieurs pays l'utilisent comme la principale source d'énergie. C'est le cas de l'Afrique du Sud avec 92% du total de l'énergie consommée, de la Chine (avec 77%), et l'Australie (76%).

Parmi les énergies fossiles la réserve de charbon est la plus abondante. Il y a environ 892 milliards de tonnes de réserve prouvée à la fin des années 2013 soit entre 110 et 120 ans

⁸ Source: AIE 2013

de consommation mondiale au rythme actuel. Quant à la répartition de ces réserves, on peut dire qu'elles sont plutôt bien réparties géographiquement; permettant ainsi la satisfaction des besoins locaux.

Cinq pays détiennent 78 % des réserves mondiales de charbon : les Etats-Unis (28,9 %), la Russie (19 %), la Chine (13,9 %), l'Australie (9,2 %) et l'Inde (7,1 %).

2. Le pétrole

C'est fut en 1852 qu'un certain Abraham Gessner invente le pétrole lampant. Mais c'est en 1856 que les premiers barils de pétrole ont été extraits à Titusville en Pennsylvanie.

Depuis cette révolution industrielle la consommation de pétrole n'a cessé de s'augmenter. Les Etats-Unis demeurent les plus gros consommateurs de pétrole suivi par la chine et l'Inde.

Mais à partir des deux chocs pétroliers de 1973 et de 1979 le prix du pétrole commence à flamber. En effet, en 1973, le prix du pétrole passe de 2,5 à 10 dollars le baril (AIE 2010), de même pendant les années 1979, le prix passe de 10 à 40 dollars le baril (AIE 2010). Et cette hausse va continuer jusqu'elle atteigne les 140 dollars le baril durant le premier mois de l'année 2008. Cette augmentation de prix est provoquée par la menace d'épuisement de cette source d'énergie. D'après les estimations, il y aurait un total de 2050 à 2390 milliards de barils de pétrole brut sur Terre et une grande partie ont été déjà consommé. Il y a 1688 milliards de barils de réserve mondiale en 2013 et estimée s'épuiser dans les 50 prochaines années.

3. Le gaz naturel

Le gaz naturel est un combustible fossile constitué d'un mélange d'hydrocarbures gazeux, dont le méthane (CH_4) est l'un des principaux composants. Il est exploité pour la production de chaleur et d'électricité, ainsi que dans le cadre de processus industriels. Il peut également servir de carburants pour les voitures, via les biogaz, en substitution du pétrole. Comme toutes les énergies fossiles le gaz représente aussi une menace pour l'environnement.

Avec 23 % de l'énergie consommée en 2005, le gaz naturel est la troisième source d'énergie la plus utilisée dans le monde après le pétrole et le charbon. Le commerce mondial de gaz naturel est essentiellement transporté par le biais du réseau de gazoducs (71.8% en 2006) contre 28.2% pour le transport par tankers de G.N.L (gaz naturel liquéfié).

Depuis plus de 30 ans, la part du gaz naturel dans l'ensemble énergétique mondial ne cesse de croître. La croissance de la consommation gazière est liée en grande partie à son développement dans la production d'électricité. En plus, la catastrophe de Fukushima qui a ébranlé l'industrie nucléaire a renforcé le potentiel de développement du gaz naturel qui apparaît comme une alternative de choix pour répondre aux besoins en électricité.

Les Etats-Unis sont les premiers consommateurs de gaz naturel (21,9%), dont la consommation est supérieure à la consommation de l'Afrique et de l'Asie réunie. La Russie occupe la deuxième place avec 12,7% de la consommation mondiale.

Les réserves mondiales de gaz naturel s'élèvent à environ 185700 de milliards de m³ en 2013 soit entre 50 et 60 ans de la consommation mondiale au rythme d'exploitation actuelle.

4. L'énergie nucléaire

L'énergie nucléaire est une énergie qui dépend d'un combustible fossiles appelée uranium dans le minerais radioactif est contenu dans le sous-sol de la terre. Elle permet de produire de l'électricité dans les centrales thermiques nucléaires appelée centrale électronucléaire grâce à la chaleur dégagée par la fission d'atomes d'uranium qui sera envoyé dans une turbine couplée à un alternateur qui par la suite va créer un courant électrique. D'où le mécanisme de création de l'électricité par la chaleur dégagé par la fission nucléaire.

La production d'électricité d'origine nucléaire est développée plus largement à partir de 1974 au lendemain du premier choc pétrolier.

Par rapport aux autres énergies fossiles, le nucléaire est dit "propre" car elle ne dégage pas de G.E.S.

Aujourd'hui l'énergie nucléaire s'est fortement développée afin de répondre à une demande en énergie qui est toujours croissante. Actuellement, il y a 437 réacteurs nucléaires qui fonctionnent dans 32 pays du monde produisant 16%⁹ de l'électricité mondiale soit 361GWh. C'est la troisième source d'électricité les plus utilisées après les énergies carbonées (charbon, pétrole, gaz) 68,1% et les énergies hydrauliques 16,2%. Pour satisfaire la demande des pays émergents, le recours à l'énergie nucléaire s'accroît. Malgré cela, on dénombre encore plus de 1,3 milliards de population sans électricité dans le monde en 2013, pour des raisons géopolitiques (conflits, difficultés économiques) ou géographiques (zones difficiles d'accès, habitat dispersé).

⁹ Source CEA : Commissariat à l'Energie Atomique

Toutefois, Il est bon de noter qu'une tonne de combustible nucléaire peut produire 200 millions de KWh¹⁰ d'énergie électrique ce qui peut satisfaire une demande de 70 mille habitant par an.

Section 2. Le Concept de « Transition énergétique »

Comme nous avons montré ci-dessus, la production d'électricité d'aujourd'hui est basée sur les énergies fossiles et vu leur prix qui ne cessent de s'augmenter et leur réserves qui ne cessent de tomber et surtout vu leur effet néfaste sur l'environnement, il faut trouver une solution rapide afin de remplacer ou d'au moins diminuer l'utilisation de ces énergies fossiles d'où l'intérêt d'une « transition énergétique ».

La transition énergétique se résulte par le passage du système énergétique actuel qui dépend des énergies fossiles vers un bouquet énergétique basé principalement sur des énergies renouvelables. Elle a donc pour ambition de progresser vers un système de production énergétique moins centralisé c'est-à-dire de plus en plus indépendant des ressources non renouvelables mais aussi de diminuer progressivement la consommation d'énergie non renouvelable d'aujourd'hui. Autrement dit, la transition énergétique est une évolution caractérisée par l'abandon des énergies dites carbonées (pétrole, gaz naturel, charbon) ou très technologiques et centralisées (nucléaire) au profit des énergies propres, sûres et décentralisées comme le solaire, l'éolien, l'hydroélectricité, la géothermie ou encore la biomasse.

Mais comme toute chose, l'application de ce concept présente aussi des avantages et des inconvénients

1. Avantages et inconvénients de la transition énergétique

La transition énergétique a pour avantage de conduire vers une indépendance énergétique et de diminuer l'importation des énergies non renouvelables comme le pétrole en favorisant l'application des énergies renouvelables donc grâce cette transition énergétique l'application il n'y a plus des risques de pénuries d'énergie, voire à une crise énergétique, comme les deux chocs pétroliers en 1973 et 1979, grâce à des sources d'énergie pratiquement illimitées.

Les inconvénients de la transition énergétique sont reliés aux inconvénients des sources renouvelables. Car si production d'énergie éolienne, solaire mais même l'hydraulique, dépendent du climat, les centrales issues de ces énergies renouvelables est donc moins performantes que celle des centrales conventionnelles. Donc, pour couvrir les besoins, il

¹⁰Constantinescu E.,(1977), « L'énergie aujourd'hui et demain », Le globe. Revue genevoise de géographie, pp. 11-34

faudrait diversifier les types de centrale, assurer une large répartition géographique des installations et perfectionner les techniques de stockage. De ce fait, la transition énergétique requiert des fonds d'investissement colossaux mais aussi une politique énergétique précise et continue du fait que les travaux de construction des centrales pour approvisionner tout un pays, peuvent dépasser un mandat présidentiel.

2. La transition énergétique dans le monde

Dans cette sous-section nous allons voir le cas des pays Européens plus précisément l'Allemagne et l'Espagne.

2.1. La transition énergétique Allemande

L'Allemagne a commencé à changer sa politique énergétique après l'accident nucléaire de Fukushima. Ils ont adopté une politique de transition énergétique en abandonnant la nucléaire et les combustibles fossiles au profit des énergies renouvelables surtout le solaire et l'éolienne. Face à ce renouvellement, l'Allemagne a aujourd'hui une production d'électricité d'origine renouvelable dépassant ceux des énergies nucléaires.

Tout à fait, la part de l'électricité renouvelable en Allemagne est passée de 6% à 25%¹¹ au cours des 10 dernières années. Les énergies solaires et éoliennes couvrent aujourd'hui presque la moitié de la demande en électricité du pays.

2.2. La transition énergétique en Espagne

En Espagne les ressources fossiles sont moins abondantes, en particulier l'hydrocarbure liquides et gazeux. Mais heureusement, les conditions climatiques à l'utilisation des énergies renouvelables y sont très favorables. De ce fait, voulant surmonter son handicap et valoriser ses ressources d'énergies primaires, l'Espagne a aussi entrepris d'effectuer sa transition énergétique.

Durant l'année 2013. Selon les chiffres du Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité (RTE), l'énergie éolienne a fourni 21,1 % de la production d'électricité devant le nucléaire qui lui est de 20%. Pendant cette même période, les énergies renouvelables ont fourni 42,2% de la demande soit 10,5% de plus que l'année précédente. Le photovoltaïque a contribué à hauteur de 3,1%. Mais le poids élevé des énergies vertes s'explique par la bonne performance de l'hydraulique avec 14,4% de la production.

¹¹ Source: The German Energiewende, Foundation Heinrich Böll Stiftung.

Section 3. La production et la consommation mondiale d'électricité

La production d'électricité est assurée par deux sources distinctes. D'une part les énergies renouvelables et d'autre part les énergies fossiles. Mais c'est encore les énergies fossiles qui sont les plus utilisées. Le tableau ci-dessous va nous aider à bien comprendre la part de la production électrique issue des énergies renouvelables et des énergies fossiles dans le monde.

Tableau n° 1 : La production mondiale d'électricité

TWH	2002	2009	20010	20011	2012	TCAM 02 / 12	TC 02/12
Géothermie	52,2	67,4	68,5	69,3	70,4	3,0%	1 ,5 %
Eolien	52,5	276,4	351,2	451,5	534,3	26,1%	18 ,3%
Biomasse	147,1	246,8	288,9	307,6	326,2	8,3%	6,0%
Déchets non renouvelable	40,5	40,1	52,0	55,7	56,0	3,3%	0,6%
Solaire	1,7	21,0	33,5	63,1	104,5	50,6%	65,5%
Hydraulique	2705,9	3239,0	3514,3	3530,8	3663,4	3,1%	3,8%
Energies marines	0,568	0,527	0,558	0,561	0,540	-0,5%	-3 ,7%
Nucléaire	2660,8	2696,1	2756,3	2580,9	2463,5	-0,8%	-4 ,5%
Fossile	10512,4	16236,9	17231,0	17749,6	17913,8	3,9%	1,9%
Total renouvelable	2960,1	3941,2	4256,9	4423,0	4699,2	4,7%	6,2%
Total conventionnel	13213,7	16236,9	17231,0	17749,6	179138	3,1%	0,9%
Total production	16173,8	20178,1	21487,9	22172,5	22613,0	3,4%	2,0%
Part renouvelable	18,3%	19,5 %	19,8 %	19,9 %	20,8 %		

SOURCE : Observ'ER, édition 2013, Quinzième inventaire, La production d'électricité d'origine renouvelable dans le monde / collection chiffres et statistique, chapitre 1

Ce tableau nous montre l'accroissement de la production d'électricité chaque année qui passe de 1673,8 TWh à 22613,0 TWh de 2002 à 2012 avec un taux de croissance annuel de 3,4 %. Mais la part des énergies renouvelables dans cette production est largement inférieure à celle des énergies fossiles soit 4699,2 TWh contre 179138 TWh en 2012. Néanmoins entre les périodes 2002 et 2012, on voit bien que les énergies renouvelables commencent à prendre place avec un taux de croissance de 6,2% elles dépassent même les énergies fossiles qui à un taux de croissance de 0,9%.

1. La production d'électricité renouvelable dans le monde

Comme nous l'avons vu ci-dessus les énergies renouvelables commencent à prendre place dans la production d'électricité mais ce qui nous intrigue c'est de savoir laquelle de ces énergies renouvelables a la plus grande part dans cette production et qui est le pays le plus producteur d'énergie renouvelable dans le monde.

Concernant la production d'électricité en utilisant les sources renouvelables c'est encore l'hydroélectricité qui occupe la première place mondiale est avec 3663,4 TWh¹² produite en 2012 soit 78,0% de la production mondiale. Elle est suivie par l'éolienne avec 11,4% et la biomasse avec 6,9% puis le solaire avec 2,2% suivi de près par la géothermie 1,5% et enfin les énergies marines sont les moins exploitées dans le monde avec seulement 0,540 TWh produite soit 0,01% de la production mondiale.

Mais même si l'hydraulique domine la part de la production mondiale d'électricité renouvelable cela commence à se décliner vu la progression des nouvelles technologies dans les autres filières renouvelables hors hydraulique. En effet entre les périodes 2002 et 2012, les autres filières hors hydraulique ont un taux de croissance moyenne annuel de 15,1% contre 3,1% pour l'hydraulique soit cinq fois plus rapide.

Vu le rythme actuel, on peut espérer que les énergies renouvelables vont encore se progresser dans le secteur d'électricité dans tous les pays du monde. (Les détails sur les principaux pays producteurs d'électricité d'origine renouvelable seront présentés à l'annexe)

¹² Observ'ER 2013

2. La consommation mondiale d'électricité d'origine renouvelable

Tout comme la production d'énergie la consommation d'énergie peut être d'origine renouvelable. Mais la majeure partie de la demande d'énergie dans le monde sont des énergies fossiles. Le tableau ci-dessous va montrer l'évolution de la consommation mondiale d'énergie au niveau mondiale.

Tableau n°2 : Evolution de la consommation énergétique mondiale (en Mtep)

	1980	1985	1990	1995	2000	2005
Pétrole	42%	37%	37%	38%	38%	37 %
Gaz naturel	20%	22%	23%	24%	25%	25 %
Charbon	34%	37%	36%	34%	32%	34 %
Electron nucléaire	0,8%	1,5%	1,8%	2,0%	2,3%	1,94%
Hydroélectricité	2,0%	2,1%	2,1%	2,3%	2,1%	2,15%
Energies renouvelables	0,04%	0,06%	0,13%	0,17%	0,21%	0,26%

SOURCE : Energy Information Administration/Département of Energy

Ce tableau nous montre combien la part des énergies fossiles est encore importante dans la consommation mondiale d'énergie entre 1980 et 2005

On voit bien sur le tableau que ce sont encore les combustibles fossiles qui occupent la quatrième place de la demande mondiale d'énergie. C'est encore le pétrole qui tient la première place car il couvre 37% de la consommation mondiale.

Si on regarde bien, on voit que l'hydroélectricité est l'EnR la plus consommée dans le monde elle devance même l'énergie nucléaire. Mais malheureusement, les autres énergies renouvelables hors hydraulique ont une valeur moins significative mais néanmoins leur part dans la consommation mondiale augmente chaque année.

PARTIE - II

**MADAGASCAR FACE AUX PROBLEMES
D'APPROVISIONNEMENT EN ENERGIE
ELECTRIQUE**

PARTIE II : MADAGASCAR FACE AUX PROBLEMES D'APPROVISIONNEMENTS EN ENERGIE ELECTRIQUE

Historiquement, le secteur énergétique était sous la direction de l'administration coloniale de l'époque. En 1975, les grandes compagnies pétrolière et électrique furent nationalisées par l'Etat après 15 ans de retour de l'indépendance du pays. Ces sont la JIRAMA et la SOLIMA. Il faut attendre l'année 1999 que les grandes sociétés d'Etat furent cédées au profit des investisseurs privés dans le cadre du désengagement de l'Etat et la libéralisation du secteur productif. Ce sont les implications de la mise en œuvre de la politique d'ajustement structurel défendue par la Banque mondiale et le Fonds monétaire international.

Dans le secteur pétrolier, ce sont quatre grandes compagnies multinationales qui assurent l'offre en énergies de type combustible à Madagascar. Ce sont les Groupes : TOTAL, GALANA, JOVENNA et SHELL.

Par contre en matière d'électricité, seule la société JIRAMA qui fournit toutes les régions de la grande île.

Chapitre I : Situation de l'énergie à Madagascar

Madagascar satisfait l'essentiel de ces besoins énergétiques à partir de deux sources d'énergies : les énergies fossiles et les bois énergies. Toutes fois, la situation actuelle de la grande Ile est très critique concernant la fourniture d'énergie, notamment la fourniture d'électricité. En effet, Madagascar traverse depuis quelque année une situation de délestage fréquent qui touche la majorité des villes. La flambée du prix du pétrole ne fait qu'aggraver les choses, on n'arrive plus à produire assez d'électricité pour faire tourner les unités de production et illuminer les foyers. Face à cette situation, dans sa politique visant à augmenter de manière significative le taux d'électrification à Madagascar, l'actuel régime mise sur l'exploitation rationnelle des différentes ressources dont dispose la grande Ile, y compris les énergies renouvelables.

Section 1. Les principales sources d'énergies à Madagascar

A Madagascar, le secteur énergétique se caractérise par une forte dépendance envers les bois énergies ainsi que les produits pétroliers plus précisément les hydrocarbures et une faible production en termes d'électricité.

1. Le bois énergies comme principales combustibles

En 2012, 77,7%¹³ des ménages malgache surtout dans le milieu rural s'approvisionnent en bois ramassé destiné à la cuisson alors que pour le charbon de bois qui est une énergie de proximité, il est utilisé par les ménages qui se trouvent dans le milieu urbain. D'après l'EPM 2010, c'est dans la région d'Amoron'Mania que l'on rencontre la proportion la plus élevée des ménages ayant recours au bois ramassé comme principal combustible pour la cuisine. Alors que, le charbon de bois est utilisé en grande partie par les ménages qui se trouvent dans la région d'Analamanga.

Le bois énergie est la source d'énergie la moins onéreuse à Madagascar et elle est facilement accessible par les ménages. Mais ces combustibles issus des bois sont polluants, et son exploitation entraîne une déforestation massive. En plus de l'insuffisance du contrôle forestier, l'exploitation sans permis d'exploitation et le manque d'agent forestier constituent aussi des menaces pour la forêt malgache. Les analyses affirment qu'au rythme de la consommation et de l'offre actuelle, le Bois Energie ne satisfera plus la demande de plusieurs régions de l'île pour l'horizon 2030.

2. Les produits pétroliers

Depuis longtemps, Madagascar importe la quasi- totalité des produits pétroliers afin de satisfaire la demande locale. Ils sont utilisés sous forme de carburant (gasoil, essence,...) ou de combustible (lampe à pétrole par exemple). Le secteur des produits pétroliers évolue dans un contexte de des produits pétroliers.

Le gasoil constitue le principal hydrocarbure le plus importé à Madagascar soit 430000 m³ consommé en 2011¹⁴; Il est destiné à la production d'électricité et au transport.

Quant au prix de l'hydrocarbure, il est étroitement surveillé par l'Etat compte tenu de sa position stratégique dans la vie de la nation, notamment pour son impact sur la vie sociale et l'activité économique. La variation du prix du baril de pétrole et la détérioration du terme de change constituent les principales causes de la variation du prix des Produits Pétroliers, dont les conséquences se répercutent sur le prix du transport, de l'électricité et des produits courants en général. Ainsi, Madagascar reste fortement dépendant vis-à-vis de l'extérieur pour les produits pétroliers.

¹³ Ministère de l'enseignement scientifique, 2015, « plan directeur de la recherche sur les énergies renouvelables 2014-2018 ».

¹⁴ WWW, 2012. Op. Cit. p.1

3. Faible taux d'électrification

En générale, le faible taux d'accès à l'énergie électrique de Madagascar s'explique par la pauvreté du pays c'est à dire le faible pouvoir d'achat des consommateurs mais surtout la faible densité démographique car 67%¹⁵ des ménages malgaches vies dans les zones rurales. A Madagascar, le nombre d'abonnés de JIRAMA était de 467437¹⁶ durant la fin de l'année 2013. Pendant l'année 2010, le taux d'accès à l'électricité est estimé à 14%¹⁷. Le développement économique de Madagascar est entravé par ce très bas niveau d'électrification et la médiocrité des services d'approvisionnement.

La production d'électricité se fait soit par l'intermédiaire des centrales thermiques (qui fonctionne à base de pétrole), soit par l'hydroélectricité. La puissance totale installée dans le pays est évaluée à 288 MW.

Le taux d'électrification à Madagascar à tendance à se déclinier est cela à cause de l'augmentation de la population et donc de la demande. Cette difficulté à satisfaire la demande est l'une des raisons principales des fréquents délestages qui secouent le pays. En effet, à Antananarivo, la JIRAMA les organise par quartier, tandis que dans les grandes villes de provinces, les délestages peuvent atteindre jusqu'à dix heures par jour, suscitant les mécontentements de la population. L'offre d'électricité n'arrive plus à combler la hausse de la demande, qui est de l'ordre de 8%. Les causes sont le manque d'infrastructure hydroélectrique et la hausse du prix du pétrole. En effet, le pays n'exploite actuellement que 127 MW sur les 7 800 des ressources hydroélectriques théoriquement disponibles. Le manque de ressource financière du secteur public constitue aussi un obstacle pour la JIRAMA.

Section 2. Le marché des énergies à Madagascar

Ce présent section va analyser l'offre et la demande des secteurs modernes c'est-à-dire l'électricité et les carburants qui est considérées comme formels. Cette section ne va donc pas prendre en considération les secteurs traditionnels à cause de l'insuffisance ses données sur ces secteurs.

1. Situation de l'offre

Concernant, l'offre des combustibles fossiles comme l'essence, le Gas-oil, le pétrole il est assuré par des compagnies privées. En effet en 2011, le nombre de station-service est 251

¹⁵ Base de données interne Banque Mondiale (World development Indicator).

¹⁶ JIRAMA 2014

¹⁷ Source : SE4All Global Tracking Report- Data Annex-Energy access

avec 4 distributeurs multinationaux : Galana (29%), Jovenna (28%), Total (25%) et Shell (18%)¹⁸.

Quant à la production et distribution globale en électricité c'est la société JIRAMA qui assure la grande partie sur les régions de la grande Ile avec une contribution de 22,8 MW. Des sociétés privées sont aussi présent. Sur les zones hors exploitation de la JIRAMA la distribution d'électricité est assurée par l'ADER. La société JIRAMA dispose actuellement 10 centrales hydroélectriques et 700 centrales thermiques. 50% de la production totale provient des centrales hydroélectriques.

Dans ce domaine, d'une part, il y a une insuffisance de l'offre car seulement les 2% de la population rurale y ont accès et les 13 millions demeurent non connectés au réseau électrique, et d'autre part, il y a mauvaise qualité des services offerts.

Le tableau ci-dessous montre l'offre totale de la société JIRAMA pendant les années 2007 à 2011.

Tableau n°3 : Production totale d'électricité de 2007 à 2011 (unité par Mwh)

Années	2007	2008	2009	2010	2011
Centrales Hydroélectriques	719 082	699 652	740 389	710 960	690 337
Centrales thermiques	332 253	404 087	362 656	478 836	577 302
Production totale	1051335	1 103 739	1 103 045	1 189 796	1 267 639

Source : JIRAMA, 2012.

D'après les données sur le tableau, la production d'électricité totale n'a cessé d'augmenter entre les périodes 2007 et 2011 soit un taux d'accroissement annuel de 20, 57%. De même

A travers ce tableau, on voit clairement que les centrales hydroélectriques produisent plus d'électricité que les centrales thermiques alors qu'il y a seulement 10 centrales hydroélectriques contres 700 centrales thermiques à Madagascar.

¹⁸ Source : OMH, 2012

2. Situation de la demande

Elle concerne les ménages, le secteur secondaire et le secteur tertiaire. Mais c'est la consommation énergétique des ménages qui occupe la grande partie de la consommation totale soit 62%. La demande en énergie électrique à Madagascar est encore très faible car seulement 4,8 % dans le milieu rural et 39,1 % dans le milieu urbain (ministère chargé de l'énergie 2014) ont accès à l'électricité.

Concernant les carburants, une grande partie de la demande est issue des transports et de l'électricité vue que 45% de la production d'électricité est issue de la centrale thermique tournée par du gasoil.

Le tableau ci-dessous montre les données sur la consommation moyenne d'énergie par secteur à Madagascar entre les périodes 1994 et 2004

Tableau n°4 : Consommation d'énergie par secteur

	Moyenne 1994-2004
Ménages	62,8%
Secteur primaire	0,1%
Secteur secondaire	8,6%
Secteur tertiaire	28,6%
<i>Dont Transport</i>	10,7
Total	100%

Source : Bilans énergétiques/ Direction générale de l'Energie

Chapitre II : Les impacts des énergies renouvelables dans la production d'électricité à Madagascar

Vue le problème d'électrification actuel à Madagascar, les énergies renouvelables doivent être entré dans les débats économique, politique et social du pays. En effet, l'exploitation de ces sources renouvelables présente encore une divergence aux seins des différentes entités car si d'autres sont favorables pour leur exploitation d'autres s'opposent. Mais l'objectif commun doit être axé sur la résolution du problème d'électrification surtout le délestage. Comment se porte alors cette filière, quels en sont les acteurs majeurs concernant les énergies renouvelables à Madagascar, tant privés que publics ?

Section 1. La situation des énergies renouvelables à Madagascar

Etant une île, et répartie sur un territoire géographique très vaste, les possibilités ne manquent pas pour Madagascar d'exploiter de nouvelles sources d'énergie. Il reste à éclaircir la question de la faisabilité, tant économique que technique, et surtout de l'efficacité de ces sources d'énergie précédemment citées.

1. Potentiel malgache à utiliser les énergies renouvelables

1.1. Potentiel au solaire

Selon plusieurs études¹⁹, Madagascar est doté d'énormes potentiels concernant l'énergie solaire. Ceci du fait qu'elle dispose d'une énergie incidente²⁰ de l'ordre de 2.000 kWh/m²/an. Et presque toutes les régions de l'Ile ont plus de 2.800 heures d'ensoleillement par an. Cependant, les régions les plus intéressantes²¹ disposant d'un niveau de rayonnement supérieur à 5.500 W/m² sont entre autres : Diana, Sava, Sofia, Boeny, Melaky, Menabe, Haute Matsiatra, Amoron'i Mania, Anosy, Androy, Atsimo Andrefana, Vakinankaratra, Bongolava, Atsimo Antsinana.

¹⁹ Etude sur la capitalisation des acquis relative à l'utilisation de l'énergie alternative, Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts – The potential for renewable energies in rural areas of Madagascar, ONUDI, Mars 2009.

²⁰ L'énergie solaire incidente est l'énergie solaire qui frappe directement une surface, par exemple les panneaux photovoltaïque. Plus l'énergie incidente est importante, plus le rendement des panneaux photovoltaïques et l'énergie produite sont élevés.

²¹ Source : Rapport de Diagnostic du Secteur Energie (Cabinet AIDES – 2012).

1.2. Potentiel à l'éolien

Madagascar possède un potentiel important en matière de production d'énergie éolienne. Dans le pays, il y a trois (03) sortes de vent à savoir : les vents des côtes, les vents locaux, et les vents provenant de l'océan dont les alizées et les cyclones. Les vents des côtes et les vents locaux peuvent avoir une variation d'intensité journalière, tandis que les alizés ont des variations d'intensité saisonnières. Mais ces deux catégories de vents constituent les vents potentiels pour la mise en place d'installation éolienne.

Les zones favorables à l'installation de parc éolien sont entre autres les régions du Nord, où la vitesse de vent atteint 7,5 à 9 m/s, les régions du Sud avec une vitesse de vent atteignant 6 à 9 m/s, ainsi que les zones du Nord au Sud longeant la Côte Est, ayant une vitesse de vent aux environs de 6,5 m/s.

Enfin, selon le rapport de Diagnostic du Secteur Energie en Septembre 2012, Madagascar disposerait d'un potentiel de 2.000 MW d'énergie éolienne.

1.3. Potentiel à l'hydroélectricité

La Grande Ile est avantageusement dotée de potentiel concernant l'hydroélectricité. En effet, le potentiel hydroélectrique de Madagascar est estimé à 7.800 MW or actuellement, seulement 2,5 % de cette ressource sont exploitées. La construction de la Centrale Hydroélectrique d'Andekaleka, qui remonte en 1982, fut le dernier grand investissement de la JIRAMA en termes de barrage. Il s'agit de la plus grande centrale hydroélectrique du pays faisant tourner deux turbines de 29 MW chacune.

Durant l'année 2012, une troisième turbine y a été mise en service avec une puissance nominale de 33 MW financée conjointement par le groupement des banques Arabes (KFAED, BADEA, OFID) et le Gouvernement Malagasy. L'installation d'une quatrième turbine a été prévue avec la troisième mais la BEI a suspendu son financement, suite aux évènements sociopolitiques survenus à Madagascar en 2009.

1.4. Potentiel à la biomasse

Riche en biodiversité, Madagascar regorge de potentiel en matière de biomasse. D'ailleurs à Madagascar, le secteur des bioénergies est très actif. Il s'agit surtout du bioéthanol par canne à sucre et huile végétale qui pourrait se substituer à l'essence pour les moteurs ou en tant que combustibles pour la cuisson domestique, et du biodiesel par *Jatropha Curcas* pouvant être transformé pour alimenter également des moteurs. D'autant plus que l'huile de *Jatropha* peut aussi être utilisée comme combustible pour l'éclairage ménager ou comme combustible pour la cuisson.

2. Les principaux acteurs en énergies renouvelables

A ajouter aux acteurs publics comme l'Etat, bon nombre d'investisseurs privés s'engagent aujourd'hui dans les énergies renouvelables à Madagascar. Travaillant en coopération ou individuellement, ils mettent en œuvre des projets d'électrification et de développement des énergies renouvelables tant dans les milieux ruraux que dans les milieux urbains. Il est tout de même à noter que les plus grands projets d'exploitation des énergies renouvelables se situent essentiellement dans les milieux ruraux, du fait que ces régions offrent plus de potentiel à une telle exploitation également que c'est le monde rural qui en a le plus besoin à cause de l'isolement de la région. On parle d' « électrification rurale ».

1.1. Les acteurs publics

Il s'agit ici du ministère en charge de l'énergie électrique, la JIRAMA qui est appuyée par l'ORE et l'ADER.

➤ Le Ministère en charge de l'énergie électrique

Le Ministère en charge de l'Energie électrique a pour rôle d'élaborer la politique générale en matière d'énergie électrique, de lancer des appels d'offres en matière de Transport et de Distribution et enfin de fixer par voie réglementaire les normes et spécifications techniques applicables aux installations.

➤ La JIRAMA, l'ORE et l'ADER

Avec la Société d'Etat JIRAMA, premier fournisseur d'énergie électrique dans le pays, deux organes clés ont été créés sous-tutelle du Ministère en charge de l'Energie électrique :

D'abord, l'ORE, Il s'agit d'un organe technique, consultatif et exécutif spécialisé dans le secteur de l'Energie doté de la personne morale et de l'autonomie financière. Cet organe assure la régulation, le contrôle et le suivi des activités relatives au secteur de l'Electricité. Il a pour mission principale de déterminer et publier les prix réglementés de l'électricité et le montant des redevances de transit ainsi que d'assurer leur application correcte, de surveiller le respect des normes de qualité de service et enfin de contrôler et faire respecter les principes de la concurrence.

Puis, l'ADER, qui a plusieurs objectifs comme par exemple la Promotion de l'émergence et le développement rationnel d'installations électriques en milieu rural ainsi que le suivie des activités relatives à l'électrification rurale dans tous ses aspects économiques, statistiques et techniques.

1.2. *Les acteurs privés*

Les acteurs privés œuvrant dans les énergies renouvelables à Madagascar sont nombreux. Les uns participent au renfort du réseau de la JIRAMA tandis que les autres offrent directement leur service aux consommateurs ou aux particuliers. Citons quelque une :

➤ **HYDELEC et Henri Fraise et Fils**

Il est important de citer ces deux sociétés privées car ce sont des sociétés qui offrent un renfort à la production hydroélectrique de la JIRAMA sur le Réseau Interconnecté d'Antananarivo (RIA). La Société HYDELEC a construit la centrale hydroélectrique de Sahanivotry, d'une puissance nominale de 16.000 kW et mise en service en Octobre 2008. Tandis que la Société Henri Fraise et Fils a construit la centrale hydroélectrique de Tsiazompaniry, d'une puissance de 5.400 kW et mise en service le 16 juin 2010.

➤ **Les autres fournisseurs privés**

Il y a plusieurs fournisseurs privés qui investissent dans les énergies renouvelables et offrent directement leurs services à la population. Comme pour l'énergie solaire, il y a la société TENESOL et la société SOLARMA et pour l'éolienne, il y a la société SOMECA et MAD'EOLE.

Section 2. Les avantages et les contraintes de l'exploitation des énergies renouvelables sur l'électrification

Si la nature a fait don à Madagascar les différents potentiels en énergie renouvelable ci-dessus alors que la JIRAMA traverse actuellement un énorme problème d'approvisionnement en électricité dont on peut citer : un taux d'électrification très faible, des moyens de production insuffisants, un réseau non entretenu, des coupures très fréquentes voire quotidiennes, qui frappes des villes entières,..., n'est-il pas temps de se pencher de plus près sur ces énergies alternatives, en incitant les opérateurs privées à compléter le travail de celle-ci. Mais comment se présente l'exploitation de ces énergies renouvelables dans un pays en développement comme Madagascar, quelles sont les avantages et les contraintes pour leurs exploitation à Madagascar.

1. Les avantages des énergies renouvelables

Comparer aux combustibles fossiles, les énergies renouvelables offrent des avantages majeurs pour Madagascar.

D'abord, il est déjà mentionné ci-dessus que Madagascar a des potentiels énergétiques renouvelables énormes et qu'ils sont réparti dans presque toutes les régions

de l'Ile; cela lui procure donc un avantage considérable que ce soit en terme de disponibilité ou en terme d'approvisionnement. En effet l'exploitation des énergies renouvelables diminue les coûts de production en électricité car les énergies renouvelables sont des ressources externes qui sont disponibles dans toutes les régions de l'Ile. Donc contrairement aux énergies fossiles qui sont souvent importées et avec des prix élevés, l'exploitation des énergies vertes valorise les ressources existantes sur chaque site et pourrait donc procurer une indépendance énergétique à Madagascar, et ce pour chaque région et dans chaque localité. Non seulement, le fait d'exploiter ces énergies permet de valoriser les ressources existantes sur chaque site mais en plus elle permet de contribuer au développement de l'accès à l'électricité. Comme ces énergies renouvelables conviennent très bien dans les endroits isolés; effectivement, c'est ce qui caractérise Madagascar, des populations en majorités rurales et vivent dans des endroits reculés des réseaux électriques. Alors leur exploitation ne peut donc qu'améliorer la situation, aussi bien économique que sociale des villageois.

Prenons l'exemple des systèmes solaires individuels, ceux-ci ont la particularité d'être installés partout et répondent parfaitement à la demande des populations rurales qui est peu importante. En effet du point de vue économique, ils permettent de créer des activités économiques nouvelles dans le village, de créer de l'emploi, qui entraînera par la suite une augmentation de production et de revenu, enfin une croissance économique, en le répercutant sur l'ensemble du territoire. Quant au point de vue sociale, l'électrification de ces villages isolés par l'installation d'une énergie solaire ou éolienne, contribue d'une part à réduire les taux d'insécurité qui terrorisent souvent les villageois, et d'autre part, à améliorer les résultats scolaires, peut même contribuer à améliorer leur qualité, etc. Enfin, les coûts de fonctionnement de ces énergies renouvelables sont généralement très faibles comparés aux ceux des combustibles fossiles, ainsi que la durée de vie des panneaux ou des turbines solaires sont nettement plus longue que celle d'un groupe électrogène, ce qui rend en effet l'investissement de ces énergies renouvelables rentable, en tout cas dans le long terme.

2. Les contraintes des énergies renouvelables

A Madagascar, la production d'électricité issue des énergies renouvelables sont encore très faible voire même négligeable par rapport à la production issue des énergies non renouvelable. Le tableau ci-après illustre les données concernant l'utilisation des énergies fossiles et renouvelables dans la production d'électricité de la JIRAMA et l'ADER.

Tableau n°5 : Puissance installée selon les sources d'énergie en 2012

SOURCES D'ENERGIE	RESEAU JIRAMA		RESEAU ADER	
	PUISSANCE (kW)	%	PUISSANCE (KW)	%
Thermique diesel	345 540	72,0	3 159	75,2
Hydraulique	127 646	26,6	788	18,8
Eolienne	-	-	145	3,5
Solaire	7 000	1,4	14	0,3
Thermique biomasse	-	-	94	2,2
TOTAL	480 186	100	4 200	100

Source : Ministère en charge de l'Energie, 2014.

En effet, d'après ce tableau, la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité à l'exception de l'hydraulique sont encore très faible. Pour la JIRAMA, elle n'utilise que l'énergie solaire qui engendre seulement une puissance de 7000 KW soit 1,4% de sa production totale. L'ADER quant à elle utilise 4 sources d'énergies renouvelables dont : l'éolienne, la solaire et la biomasse dont la production totale est de 253KW uniquement 6% sa production en électricité.

Cette faible part des énergies renouvelables dans la production d'électricité peuvent être expliquée par :

2.1. Les contraintes liées aux coûts d'investissements

Même si Madagascar possède une énorme potentielle énergétique renouvelable ; pourtant jusqu' à aujourd'hui, on constate une insuffisance de la production en électricité issus des énergies renouvelables et surtout dans les milieux rurales où vivent la majorité de la population du pays. Et c'est presque pareil pour tous les pays d'Afrique subsaharienne. En effet en 2012, « sur 42 pays d'Afrique subsaharienne, qui comptent une population de 800 millions d'habitants, ont approximativement la même production d'électricité que l'Espagne, pays comptant 45 millions d'habitants » (BAD, 2012, p.31).

Nombreux sont les raisons qui limitent l'accès aux énergies renouvelables mais celle qui en constitue l'obstacle majeur se situe dans les frais d'investissement initiaux qui sont nécessaires pour l'installation de ces énergies renouvelables. En effet, il se trouve que les coûts d'installation de ces énergies renouvelables sont jusqu'à maintenant très chers.

Prenons d'abord l'exemple de l'installation d'un panneau solaire photovoltaïque. L'installation de ce panneau nécessite divers équipements, dont : les modules pour le captage de l'énergie solaire, un convertisseur pour la conversion du courant continue en courant alternatif d'un régulateur pour éviter des surchauffes, des batteries pour le stockage de l'énergie et différents autres accessoires pour le montage et la pose des panneaux. Pourtant les coûts de ces différents équipements sur le marché local sont généralement très élevés, puisqu'ils sont dans la majorité importés de l'extérieur. Ensuite, si nous prenons le cas de l'énergie éolienne, les caractéristiques d'investissements sont à peu près le même que celui de l'énergie solaire, c'est-à-dire avec des investissements initiaux très élevés.

L'entreprise BIONEER fournit un exemple typique d'une éolienne simple, qui est conçue entièrement sur place, mais évidemment avec quelques éléments importés. Pour une éolienne de 500 Wh de 2,40m de diamètre de pôle et à aimant permanent, cette entreprise la vende à un prix de 5 900 000Ar TTC. Avec une éolienne de plus grande puissance, soit 1500Wh de 5,6m de diamètre de pôle et à aimant permanent, on peut voir un prix de 9 600 000Ar TTC. Evidement il faudrait aussi incorporer les prix des différents équipements qui sont nécessaires à l'installation de cette éolienne, notamment un convertisseur, un régulateur, des batteries et d'autres accessoires. Ceci permet donc d'affirmer que l'énergie éolienne coûte encore très cher pour les Malagasy.

De même que l'hydroélectricité, même si elle est moins chère que les deux autres énergies renouvelables citées plus haut, il se trouve aussi que son coût d'exploitation est très élevé, par rapport à celui d'une centrale thermique.

Par exemple, si on veut mettre en place une infrastructure qui devrait être trois fois plus grande qu'Andekaleka on aurait besoin d'un investissement qui est estimé à 210 million de dollars. On comprend alors pourquoi la JIRAMA n'a pas pu développer ses infrastructures énergétiques, du fait qu'il se heurte à un obstacle de coût relativement élevé.

2.2. Les contraintes liées aux caractéristiques propres du pays

A part ces limites qui sont liées aux coûts d'investissements, l'exploitation des énergies renouvelables présentent aussi des obstacles à cause de leur caractère intermittentes et aléatoires, c'est surtout le cas du soleil du vent et l'hydraulique de barrage, puisque les années sont succédées par des sécheresses exceptionnelles et d'hydraulicité maximale. Mais ce qui est aussi le plus souvent le cas à Madagascar, quand il s'agit des limites à l'exploitation des énergies renouvelables, c'est que d'une part, le schéma économique et institutionnel du pays ne garantit pas l'exploitation et l'entretien et encore moins le remplacement du dispositif en fin de vie, et que d'autre part, les compétences techniques nécessaires au fonctionnement et en particulier à la maintenance des matériels ne sont pas assurés. De plus, ils existent que peu d'entreprises privées qui se spécialisent dans les énergies renouvelables, du moins pour le moment, afin d'inciter les gens à s'intéresser de plus près sur ces bioénergies.

Section 3. Les possibilités d'action

L'idéologie principale des possibilités d'action est d'exploiter les potentiels en ressources naturelles de Madagascar pour produire durablement de l'énergie satisfaisant aux besoins de la population et accessible à tous à l'échelle du pays. Avec les potentialités dont dispose le pays, notre énergie peut venir en majorité des énergies renouvelables locales. Cette action ne peut se réaliser qu'avec un changement de comportement de tout un chacun, mais aussi avec des mesures d'accompagnement du gouvernement malagasy.

1. Exploitation des énergies renouvelables produites localement

Pour satisfaire ses besoins en énergies, Madagascar est confronté à de nombreuses contraintes telles que le prix variable des énergies fossiles, le manque de ressource, les conséquences environnementales ainsi que la déforestation excessive. Toutefois, l'île peut profiter de la tendance mondiale vers les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique car elles présentent le portrait d'une énergie idéale, tant pour la population que pour l'environnement (peu de G.E.S, énergie durable, santé publique). Les énergies renouvelables peuvent constituer une alternative pour pallier les importations excessives de carburant de

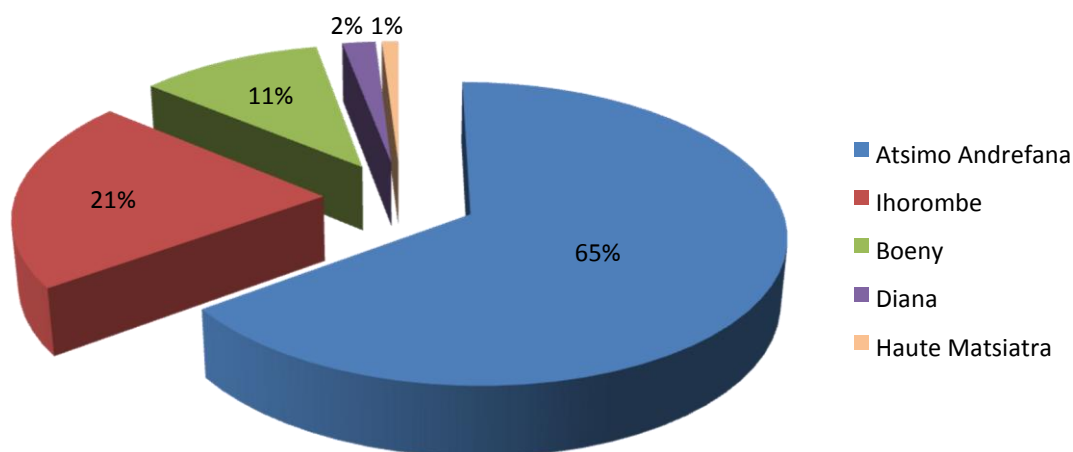
Madagascar, mais aussi pour résoudre le problème d'accès à l'électricité pour l'ensemble de la population malgache.

1.1. Produire des biocarburants par le jatropha et la canne à sucre

A Madagascar, la production de biocarburants pourrait constituer une alternative à l'importation de produits pétroliers ou fournir une ressource d'exportation, permettant ainsi de faire des économies de devises. En effet, le climat malgache est favorable à la culture de jatropha, dont les graines permettent de produire une huile servant à fabriquer du biodiesel (8kg de graines permet de produire 1,5 à 2 litres de biocarburant). Le biodiesel peut être utilisé comme carburant dans le secteur du transport, comme combustible dans la production d'énergie électrique et il va se substituer au pétrole lampant comme combustible source d'éclairage. En 2011, 12 projets d'investissements ont été enregistrés avec un objectif de plantation de 462 000 ha dont la réalisation reste assez faible, de l'ordre de 57 125 ha.

Le diagramme ci-après permet d'illustrer les zones de plantation de jatropha sur l'île :

Figure n° 1 : Pourcentage de la surface de jatropha



Source : Etude stratégique du secteur agro carburant, W.W.F²², 2011

La culture de jatropha est essentiellement concentrée dans la région Atsimo Andrefana avec 65% de la plantation nationale suivie de la région Ihorombe (21%) et de la région Boeny (11%). Diana et Haute Matsiatra occupe une faible place avec respectivement 2% et 1% du jatropha de Madagascar. L'exploitation du jatropha présente des intérêts sociaux, économiques et écologiques. Intérêts sociaux car la vente des graines fournira un revenu complémentaire aux

²² World Wide Fund

paysans. Intérêt économique car la culture du jatropha permet d'exploiter les terres délaissées (le jatropha peut pousser sur toutes les terres exploitables).

Il présente ainsi l'immense avantage de ne pas concurrencer les cultures vivrières en matière de superficie. Enfin l'intérêt écologique du jatropha se mesure par sa contribution à limiter l'érosion du sol.

Il est à noter aussi que Madagascar dispose d'importante plantation de canne à sucre éparpillée partout dans l'île dont notamment les régions Boeny (56%), Diana (14%), Menabe, Alaotra mangoro (8%), Atsinanana (8%), Amoron'i Mania et Vatovavy fitovinany.

La canne à sucre permet d'obtenir de l'agro éthanol après distillation, qui pourra servir d'alternative de l'essence pour les moteurs ou de combustibles pour les ménages en utilisant des combustibles appelées : « foyers éthanol » (qui est encore une filière à mettre en place). L'agro éthanol contribuera à atténuer la pression sur l'exploitation de notre forêt, à diversifier le choix des consommateurs en termes de types d'énergie pour la cuisson.

A Madagascar, 16 millions hectares de terrain restent encore exploitables en dehors des terrains déjà occupés et 1 million hectare de terrain devrait suffire pour satisfaire la demande en agro carburant à Madagascar. L'obstacle majeur pour satisfaire la demande demeure le manque de financement. En effet, pour produire du biocarburant sur une plantation de 80 000 ha de jatropha, il faudrait un investissement de l'ordre de 40 millions de dollars ; soit 150 millions de dollars pour une plantation de 300 000 ha.

1.2. Produire de l'électricité par les énergies renouvelables

L'utilisation au maximum des potentiels dont dispose Madagascar pourrait combler le difficile accès à l'électricité du pays et permettra de satisfaire la demande future. Les prévisions de la JIRAMA estiment qu'il faudrait une puissance totale de 560 MW pour satisfaire la demande en 2030. Pour cela, il n'est pas avantageux pour Madagascar d'importer des produits pétroliers qui coûtent chers pour la production d'électricité, alors que les potentialités énergétiques existent: hydrauliques, éoliennes, solaires et biomasses. Cela nécessite une volonté politique de l'Etat, qui doit mettre les énergies renouvelables au centre de ses priorités et multiplier l'initiative d'investissement dans ce secteur, avec l'appui des partenaires techniques et financiers. Pour l'exploitation, la réalisation d'appel d'offre ou d'appel à candidature pour la valorisation des sites déjà identifiés ainsi que la mise en application des plans constituent des actions prioritaires. Le principal défi consiste à attirer les bailleurs de fonds et le secteur privé à investir dans ce domaine, tout en étant assurés de la viabilité du projet, de la bonne gouvernance dans ce secteur et de la minimisation des risques liées à l'investissement.

Ces mesures permettraient de résoudre les problèmes traditionnels rencontrés par la JIRAMA qui sont : le coût d'exploitation des centrales fonctionnant à l'énergie fossile trop cher, les problèmes liés à la qualité du service et les pertes financiers (endettement).

Dans cette stratégie de développement des énergies renouvelables, il est nécessaire de mettre en place des politiques d'incitation pour sa consommation, notamment dans les activités industrielles. Les centrales thermiques peuvent, par exemple, être alimentées par l'agro carburant au lieu d'un combustible fossile.

Face au faible taux d'électrification du pays, notamment en milieu rural, on pourrait envisager la possibilité de mise en place de centrales hydroélectriques ou de centrales thermiques à biomasse, solaire ou éolienne en milieu rural qui pourront produire de l'énergie électrique en quantité suffisante à la fois pour les usagers ruraux et pour les consommateurs urbains dans ces zones. En guise d'exemple, pour produire de l'électricité par la valorisation de la biomasse, cela peut se faire par l'exploitation de la bagasse issue de l'exploitation de la canne à sucre, la balle de riz issue des rizeries ou les déchets des produits forestiers.

Les étapes de la réalisation sont : l'étude de mise en place de ces centrales thermiques à biomasse, la recherche de financement et le lancement des travaux.

Les régions à forte potentielle sont les régions traversées par la forêt de Fanalamanga ainsi que les greniers à riz de Madagascar comme la région Alaotra Mangoro (zone Ambatondrazaka), Boeny (zone Marovoay).

Tout cela devrait s'accompagner de réformes et de renforcement de la capacité de la JIRAMA, se manifestant par :

- Une amélioration de la gestion : qui permettrait d'arrêter les pertes financières colossales subis par la JIRAMA depuis 2009, d'avoir une autonomie tout en étant indépendant des subventions de l'Etat et enfin de gagner la confiance des bailleurs de fonds. Pour cela, il faut :
 - Renforcer le contrôle sur la gestion financière de l'entreprise ;
 - Maîtriser les dépenses au niveau des unités de production ;
 - Améliorer la qualité du reporting et du contrôle interne ;
- Une amélioration des performances techniques : afin de fournir une meilleure qualité de services. Cela se manifeste par la mise en place d'un nouveau système de compteur : le « smart meter » (ou compteur intelligent) permettant un comptage à distance et le relevé en temps réel de la consommation.

2. Changement de comportement

L'efficacité d'une révolution énergétique ne peut être manifeste qu'avec un changement de comportement des acteurs énergétiques : ménages, entreprises, Etat. Il faudrait alors une consommation plus responsable et une gestion cohérente des énergies.

2.1. Pour un comportement plus responsable

Il s'agit de prendre des mesures et d'adopter des comportements visant à réduire le gaspillage et la pollution dans la consommation énergétique. Ce sont des comportements simples, facile à réaliser comme :

- L'utilisation des lampes et des machines à basse consommation et des foyers améliorés (ou « fatana mitsitsy ») pour économiser de l'énergie ;
- La réalisation des campagnes d'Information, d'Education et de Communication des usagers et des potentiels usagers en matière d'utilisation de l'énergie ;
- Le contrôle de l'utilisation des énergies : électricité des bâtiments administratifs publics, carburant des véhicules administratifs,...
- Adoption de nouvelles technologies consommant moins d'énergie au niveau des entreprises (innovation);
- Les différentes actions de protection de nos ressources : reboisement, aménagement et protection des bassins versants, gestion de l'eau, mise en place de retenues d'eau pour les installations hydroélectriques,...

2.2. Pour une gestion cohérente du secteur énergétique

Il est important de mettre en place un schéma directeur dans le secteur énergie afin de créer un climat favorable au développement des investissements dans ce secteur (bonne gouvernance). En plus, il faut étendre cette démarche de gestion cohérente avec les autres secteurs, notamment le secteur privé. Ceci permettra de gérer la demande, planifier la production et identifier des nouvelles ressources potentiellement valorisables en énergie. Enfin, des actions de formation et de recherche-développement doivent être privilégiées afin de comprendre la situation énergétique à laquelle se trouve le pays.

➤ Bonne gouvernance dans le secteur

L'Etat doit tracer le chemin à suivre : la vision, la politique, et les textes adéquats en concertation avec tous les acteurs clés. Il est nécessaire de mettre à jour certaines dispositions réglementaires concernant notamment les sous-secteurs bois énergie, électricité et de procéder à l'établissement de réglementations sur les énergies renouvelables.

Ces secteurs sont les plus répandues dans le paysage énergétique à Madagascar, alors que les réglementations qui régissent ce secteur sont vétustes.

Pour la filière bois-énergie, elle est à la charge de 2 ministères : Ministère en charge de la forêt (pour l'élaboration et la mise en œuvre des politiques forestières) et Ministère en charge de l'énergie.

La non-application et l'oubli de certains textes par ceux qui sont censés les appliquer sont fréquents dans cette filière, vu que les réglementations qui régissent cette filière dataient d'antan (cas du décret régissant le régime forestier datant de 1930).

Les réglementations élaborées par l'administration forestière doivent d'être revue afin d'assurer une adaptation des politiques forestières à la réalité et aux spécificités des situations régionales. La prise de responsabilité des responsables locaux sur la gestion des ressources forestières est une nécessité, car ils sont les mieux placés pour protéger les ressources et surveiller son exploitation.

L'Etat n'étant pas en mesure d'effectuer le suivi et le contrôle de tout le territoire du pays. Ainsi, une bonne gouvernance implique une gestion décentralisée des actions forestières au niveau régional. Pratiquement, il faudrait posséder un permis pour l'exploitation et un laissez-passer pour le transport du bois. Toutefois, ces pratiques doivent encore faire face aux manques de moyens matériels et humains, la corruption sur la délivrance des autorisations ainsi que la difficulté d'accès des textes forestiers.

Quant à la filière électricité, la dernière réforme datait de 1999, orientée vers la libéralisation de toutes les activités de production et le désengagement progressif de l'Etat, afin d'attirer plusieurs opérateurs et améliorer la qualité du service rendu dans ce secteur. L'électricité est sous le contrôle du Ministère chargé de l'Energie (élaboration des politiques générales en matière d'énergie électrique), de l'Office de Régulation de l'Electricité ou O.R.E (chargé de veiller le respect des normes et la qualité des services) et de l'Agence de Développement et de l'Electrification rurale ou A.D.E.R (vulgarisation de l'électrification rurale et protection des clients finaux). Même si c'est le Ministère de l'énergie qui fixe les politiques générales, l'O.R.E et l'A.D.E.R peuvent proposer des modifications techniques, notamment sur les éléments techniques tels que : les tarifs, les normes de services,... Cette coopération des différentes institutions vise la bonne gouvernance au sein de ce secteur dans : la mise en place d'un cadre réglementaire, la planification de développement du secteur électricité (installation des unités de production, de transport et de distribution de l'électricité), l'octroi de contrat (qui doivent faire l'objet d'appel d'offre), dans le contrôle et suivi (contrôle technique des installations par des ingénieurs), la promotion et la diffusion d'information.

La réalité actuelle contredit la réussite de cette réforme : faible taux d'accès à l'électricité (12% seulement), faible nombre d'opérateurs, qualité de service insatisfaisante.

Enfin pour les énergies renouvelables, il n'y a pas encore de réglementation spécifique pour ce secteur. La mise en place d'un cadre légal contribuerait à amorcer le développement de cette filière et attirer les investisseurs.

L'élaboration des nouveaux cadres réglementaires est une démarche trop centralisée (au niveau des ministères concernés), alors qu'il est utile de prendre l'avis des responsables locaux (les collectivités décentralisées). En plus, les acteurs étatiques manquent de concertation dans la filière énergie renouvelable (ressource hydroélectrique, énergie éolienne, énergie solaire, biomasse, agro carburant). L'exploitation des énergies renouvelable implique plusieurs ministères : ceux en charge de l'énergie, des hydrocarbures, des forêts, de l'agriculture, de l'eau, de l'aménagement du territoire et de l'environnement. Les démarches trop centralisées (dans la mise en place des réglementations), l'insuffisance de moyens matériels et humains (dans le contrôle des activités) ainsi que le manque de base de données (dans le pilotage et assistance technique du projet) constituent des faiblesses pour la mise en place d'une bonne gouvernance dans ce secteur.

➤ *Incitation du secteur privé*

Il faut que l'Etat accorde une place importante au secteur privé pour la production de l'énergie avec les différentes tentatives de libéralisation. La mise en place d'un environnement réglementaire stable est un préalable pour le secteur privé de sécuriser leur investissement. Un partenariat public-privé est une composante fondamentale des politiques énergétiques pour compléter les financements publics.

➤ *Miser sur la formation et les recherche-développement*

La formation et les recherche-développement devraient renforcer l'accès à l'efficacité énergétique et la sobriété des comportements.

Pour Madagascar, une recherche-développement axé sur les moyens d'exploitation des potentiels naturels du pays est un moyen de contourner les obstacles du déficit d'énergie, et d'accéder à des énergies autre que carbonées.

CONCLUSION

CONCLUSION

Compte tenu des analyses qui précèdent, les sources d'énergies utilisées jouent donc un rôle important dans le secteur énergétique et surtout l'électricité. Ainsi l'utilisation des sources renouvelables sont très importante dans la production d'électricité afin d'assurer une sécurité énergétique. D'autant plus que ces énergies renouvelables sont inépuisables, à la différence des énergies fossiles qui sont encore les sources d'énergies les plus utilisées dans la production mondiale d'électricité mais qui sont disponibles sous forme de réserves limitées. De plus, la production, la transformation, le transport et la consommation d'énergies fossiles sont responsables de la plus grande part des nuisances environnementales dues à l'activité humaine comme l'émission des gaz à effet de serre, la pollution atmosphérique, les pollutions des eaux et des sols ou encore des pluies acides. L'intérêt stratégique de l'utilisation des énergies renouvelables est non seulement elles permettent de combler la différence entre la demande et la production électrique d'aujourd'hui mais surtout elles permettent une électrification durable surtout dans les pays en voie de développement.

Concernant Madagascar, le mode d'approvisionnement en énergie électrique actuel, place, à long terme, la sécurité énergétique du pays dans une situation non durable. En plus, Madagascar devra, sans cesse, faire face au prix accru et variable des combustibles fossiles et à l'épuisement de ces ressources. En réalité, Madagascar paie encore au prix fort la prééminence de l'utilisation des sources d'énergies fossiles alors que l'île peut profiter de la tendance mondiale vers les énergies renouvelables. Effectivement, Madagascar dispose d'atouts considérables, en l'occurrence tout le potentiel en ressources naturelles énergétiques malgache comme le potentiel hydroélectrique bien identifié, l'énergie éolienne et solaire exploitable, la biomasse et la disponibilité de surface immense compatible avec la culture de l'agro carburant. Donc, l'énergie malgache peut venir en majorité des énergies renouvelables locales.

Le problème d'électrification actuel à Madagascar est dû notamment à un manque de volonté politique dans la prise de décision d'orienter le secteur de l'énergie vers les énergies renouvelables mais aussi à une faible valorisation des ressources locales, accompagné d'un manque de persévérance et de rigueur dans la gestion du secteur Energie. Donc, pour faire progresser de façon cohérente le secteur Energie à Madagascar, il est capital d'avoir l'implication entière et totale de toutes les parties prenantes du secteur avec d'autres partenaires au développement comme les bailleurs de fonds mais aussi les investisseurs locaux et étrangers.

Mais surtout, il faut stimuler l'implication de la population et donner une image positive des énergies renouvelables dans l'esprit des gens par l'intermédiaire des campagnes de sensibilisation et de publicité.

Les énergies renouvelables peuvent apporter beaucoup à l'électrification à Madagascar tant que le pays veuille vraiment s'y investir. Une question se pose maintenant : Est-ce que le gouvernement malgache dispose le fonds nécessaire pour orienter le secteur énergétique vers les énergies renouvelables ?

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

Articles et revues :

- APARTET J., 1961, « Un mariage de raison », *Nouvelles fondation*, n°6, pp. 93-94.
- BRUVIER Y., 2009, « Introduction », *Annales historiques de l'électricité*, n°7, pp.7-9.
- CONSTATINESCU E., 1977, « L'énergie aujourd'hui et demain », *le Globe revue genevoise de géographie*, pp.11-34.
- RAINEAU L., 2011, « Vers une transition énergétique ? », *Natures sciences sociétés*, n°19, pp.133-134.
- ROCQ J., 2007, « Un mariage de raison », *Nouvelles fondation*, n°6, pp.93-94.
- RATTON L., MARNORAT A., 2004, « Energies renouvelables : quels enjeux de développement pour l'Afrique ? », *Mission Gestion Stratégiques de l'Information Association AIDER le Havre*, pp. 12-13.

OUVRAGE :

- COMESA, 2011, Base des données de référence sur les énergies renouvelables pour la région COMESA, 327 p.
- Fondation Energies pour le monde, De l'électricité verte pour un million de ruraux à Madagascar, 60 p.
- HSBC, 2011, Energy in 2050, 78 p.
- Schneider Electric, 2009, Schneider Electric affirme son investissement solidaire et son engagement dans les énergies renouvelables, 12 p.

RAPPORTS D'ETUDE ET PUBLICATIONS :

- Conférence Internationale de l'ASPO : Les défis du pétrole bon marché, 26 Avril 2011
- Etude stratégique du secteur Agro carburant à Madagascar, Phase 2 : Etude du potentiel de production en Agro carburant, WWF, PNUD, PAD, Décembre 2012
- Rapport de Diagnostic du Secteur Energie à Madagascar, Cabinet AIDES – 2012.
- Rapport Mondial 2013 sur les Energies Renouvelables, REN21

WEBOGRAPHIE :

- www.ader.mg
- www.energies-renouvelables.org
- www.jirama.mg
- www.notreplanete.org
- www.ore.mg
- www.wwf.mg

LISTE DES ANNEXES

Annexes I : La production d'électricité à Madagascar

Annexes II : Les grandes centrales à énergies renouvelables dans le monde

Annexes III : Carte Administrative de Madagascar

Annexes IV : Potentialités en Energies Renouvelables de Madagascar

Annexes V : Potentialités en sites hydroélectriques de Madagascar

Annexe VI : Les avantages des différentes énergies renouvelables

Annexes I : La production d'électricité à Madagascar

Tableau n°1 : Répartition de la production d'Energie électrique par direction du réseau JIRAMA (2011)

CENTRE D'EXPLOITATION	Hydraulique	Thermique	Production brute (MWh)	Pourcentage
RI TANA ANT SIRABE	624.619	248.517	873.136	68,9 %
DIR TANA 1	-	8.641	8.641	0,7 %
DIR TANA 2	-	3.244	3.244	0,3 %
DIR TOAMASINA	34.047	86.509	120.556	9,5 %
DIR MAHAJANGA	-	68.421	68.421	5,4 %
DIR FIANARANTSOA	27.878	16.668	44.546	3,5 %
DIR ANT SIRANANA	-	94.277	94.277	7,4 %
DIR ANT SIRABE	-	14.131	14.131	1,1 %
DIR TOLIARY	-	40.695	40.695	3,2 %
TOTAL	686.544	581.103	1.267.647	100 %

Source : JIRAMA, 2012.

Tableau n°2: Système de production d'Energie électrique du Réseau Interconnecté Antananarivo de la JIRAMA

Localisation	Thermique	Hydraulique	Puissance installé en kW	En kWh
Région Analamanga	4	4	-	348.472.229
Ambohimambola	2	-	45.000	59.996.582
Antelomita	-	1	8.160	29.658.140
Fitososona	-	1	-	0
Mandraka	-	1	24.000	70.787.840
Mandroseza	1	-	40.000	176.322.600
Tsiazompaniry	1	1	5.200	11.717.067
Région Antsinanana	-	1	-	427.844.065
Andekaleka	-	1	58.000	427.844.065
Région Vakinankaratra	1	2	-	96.819.338
Antsirabe	1	-	16.200	12.197.580
Manandrona	-	1	1.600	4.199.805
Sahanivotry	-	1	15.000	80.421.953
Total RI Tana	5	7	213.160	873.135.620

Source : JIRAMA, 2012.

Annexes II : Les grandes centrales à énergies renouvelables dans le monde²³

II.1. Les centrales solaires

II.1.1 Solaire Photovoltaïque

Rang	Installation	Pays	PI ²⁴ (MW)
1	Parc solaire de Charanka	Inde	214
2	Parc solaire de Huanghe Hydropower Golmud	Chine	200
3	Centrale photovoltaïque de Toul-Rosières	France	115
4	Centrale photovoltaïque de Perovo	Ukraine	100
5	Centrale photovoltaïque de Finsterwalde	Allemagne	80,7

II.1.2. Solaire Thermique

Rang	Installation	Pays	PI (MW)
1	Centrale solaire d'Ivanpah	Etats-Unis	377
2	Centrale solaire de Solana	Etats-Unis	280
3	Centrale solaire de Solnova	Espagne	150
4	Centrale solaire d'Andasol	Espagne	150
5	SEGS ²⁵ VIII	Etats-Unis	80

II.2. Les fermes éoliennes

Rang	Installation	Pays	PI (MW)
1	Ferme éolienne de Roscoe	Etats-Unis	782
2	Ferme éolienne de Horse Hollow	Etats-Unis	736
3	Ferme éolienne de Tehachapi Pass	Etats-Unis	705
4	Ferme éolienne de Capricorn Ridge	Etats-Unis	663
5	Ferme éolienne de San Geronio	Etats-Unis	615

²³ Source : REN 21, 2012.

²⁴ PI: Puissance Installée.

²⁵ SEGS: Solar Energy Generating Systems.

II.3. Les centrales hydroélectriques

II.3.1. Hydroélectricité conventionnelle

Rang	Installation	Pays	PI (MW)
1	Barrage des Trois-Gorges	Chine	22.500
2	Barrage d'Itaipu	Brésil-Paraguay	14.000
3	Barrage de Guri	Venezuela	10.200
4	Barrage de Tucurui	Brésil	8.370
5	Aménagement Robert Bourassa	Canada	7.722

II.3.2. Hydroélectricité au fil d'eau

Rang	Installation	Pays	PI (MW)
1	Barrage de Chef Joseph	Etats-Unis	2.620
2	Barrage John Day	Etats-Unis	2.160
3	Centrale de Beauharnois	Canada	1.903
4	Barrage de The Dalles	Etats-Unis	1.779
5	Barrage de Ghazi Barotha	Pakistan	1.450

II.3.3. Hydroélectricité à Pompage-turbinage

Rang	Installation	Pays	PI (MW)
1	Centrale de Bath County	Etats-Unis	2.772
2	Centrale de Guangdong	Chine	2.400
3	Centrale d'Okutataragi	Japon	1.932
4	Centrale de Ludington	Etats-Unis	1.872
5	Centrale de Tianhuangping	Chine	1.836

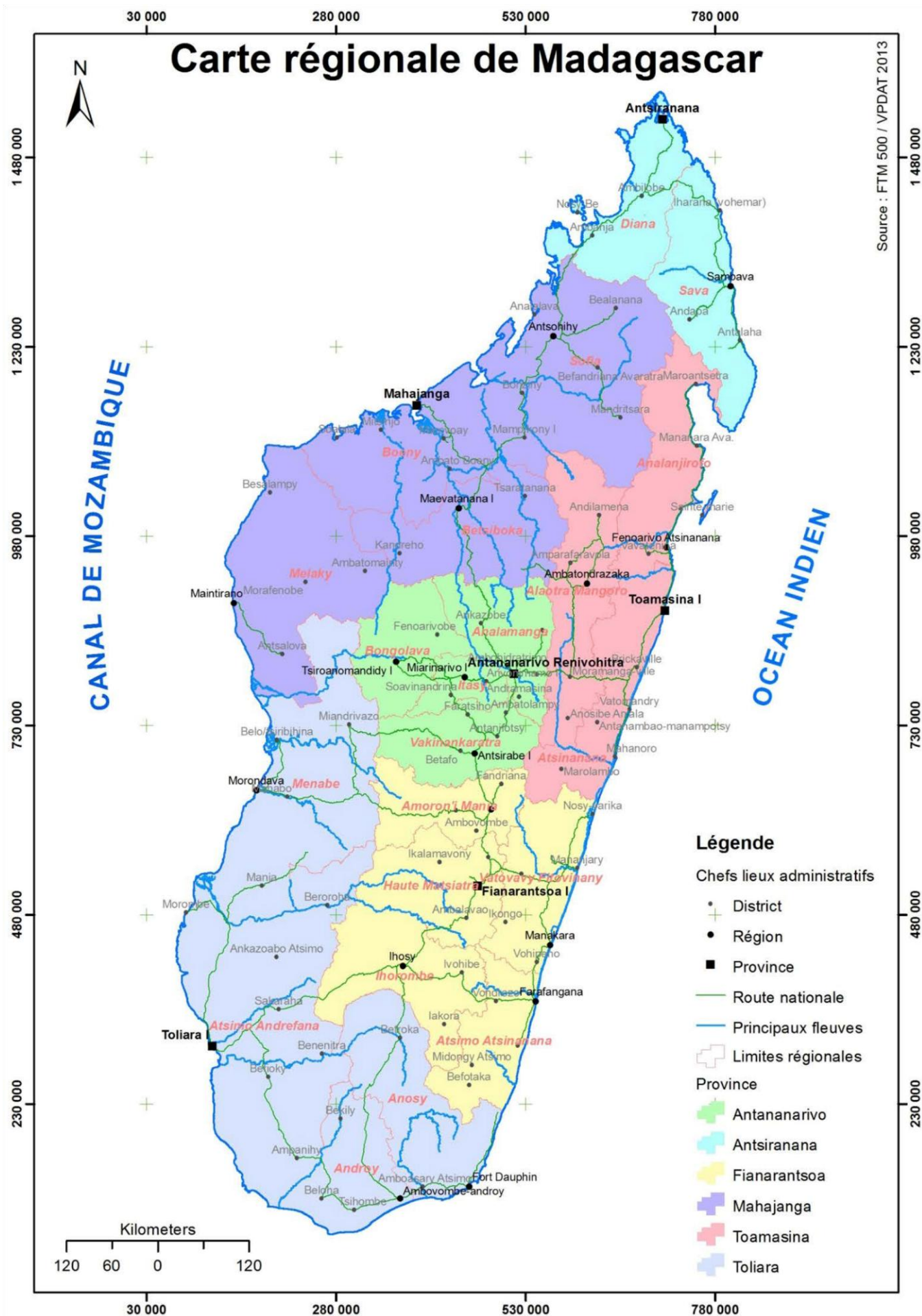
II.4. Les centrales au Biocarburant

Rang	Installation	Pays	PI (MW)
1	Centrale d'Iholmens Kraft	Finlande	265
2	Centrale de Kaukaan Voima	Finlande	125
3	Centrale de Hodonin	République Tchèque	105
4	Centrale de Rumford Cogen	Etats-Unis	102
5	Centrale d'Igelsta	Suède	85

II.5. Les centrales géothermiques

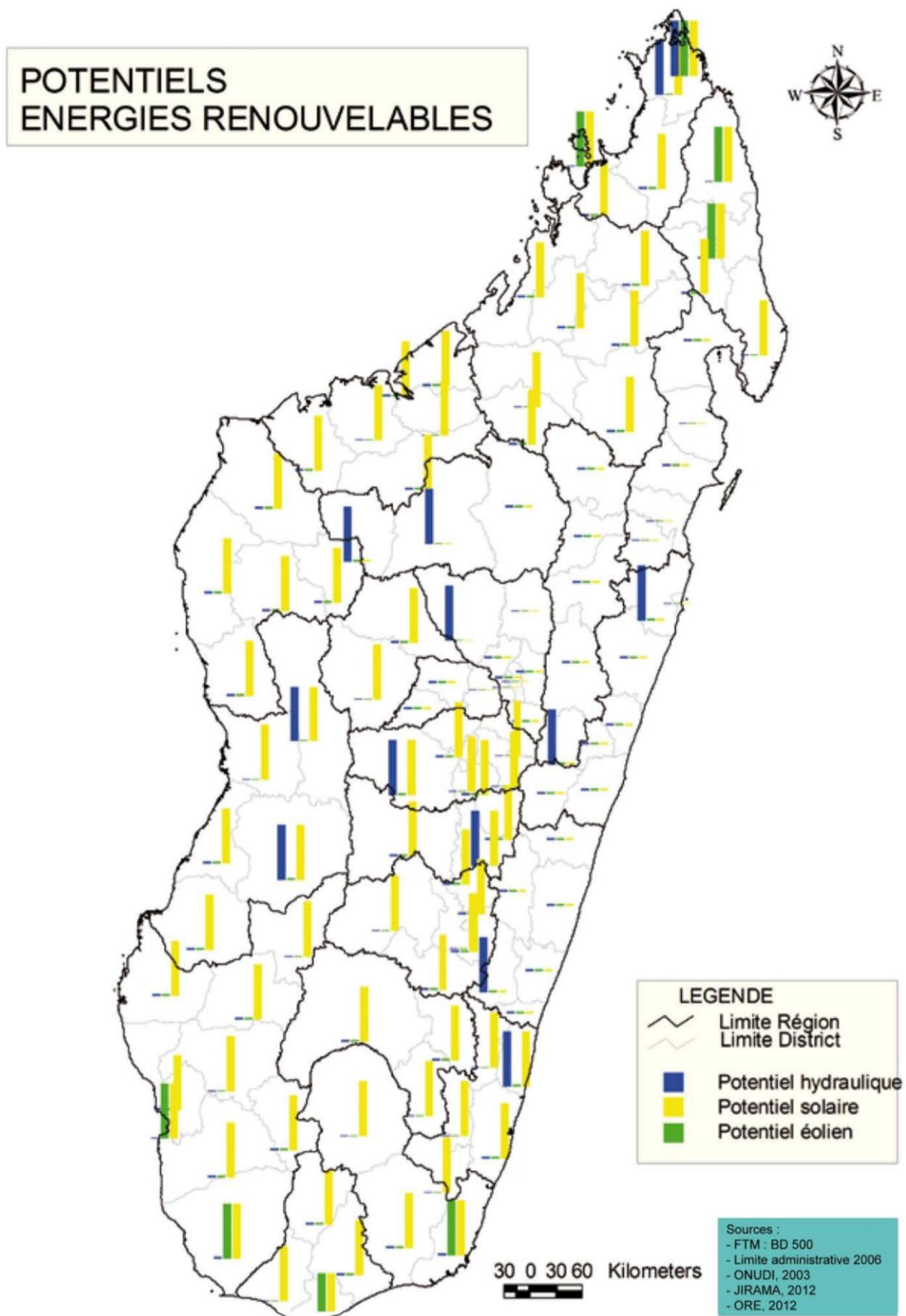
Rang	Installation	Pays	PI (MW)
1	Centrale géothermique de Cerro Prieto	Mexique	720
2	Centrale géothermique de Hellisheioi	Islande	300
3	Centrale géothermique de Wayang Windu	Indonésie	227
4	Centrale géothermique de Wairakei	Nouvelle-Zélande	181
5	Centrale géothermique de Reykjanes	Islande	150

Annexes III : Carte Administrative de Madagascar



Source : Eudora Group SARL

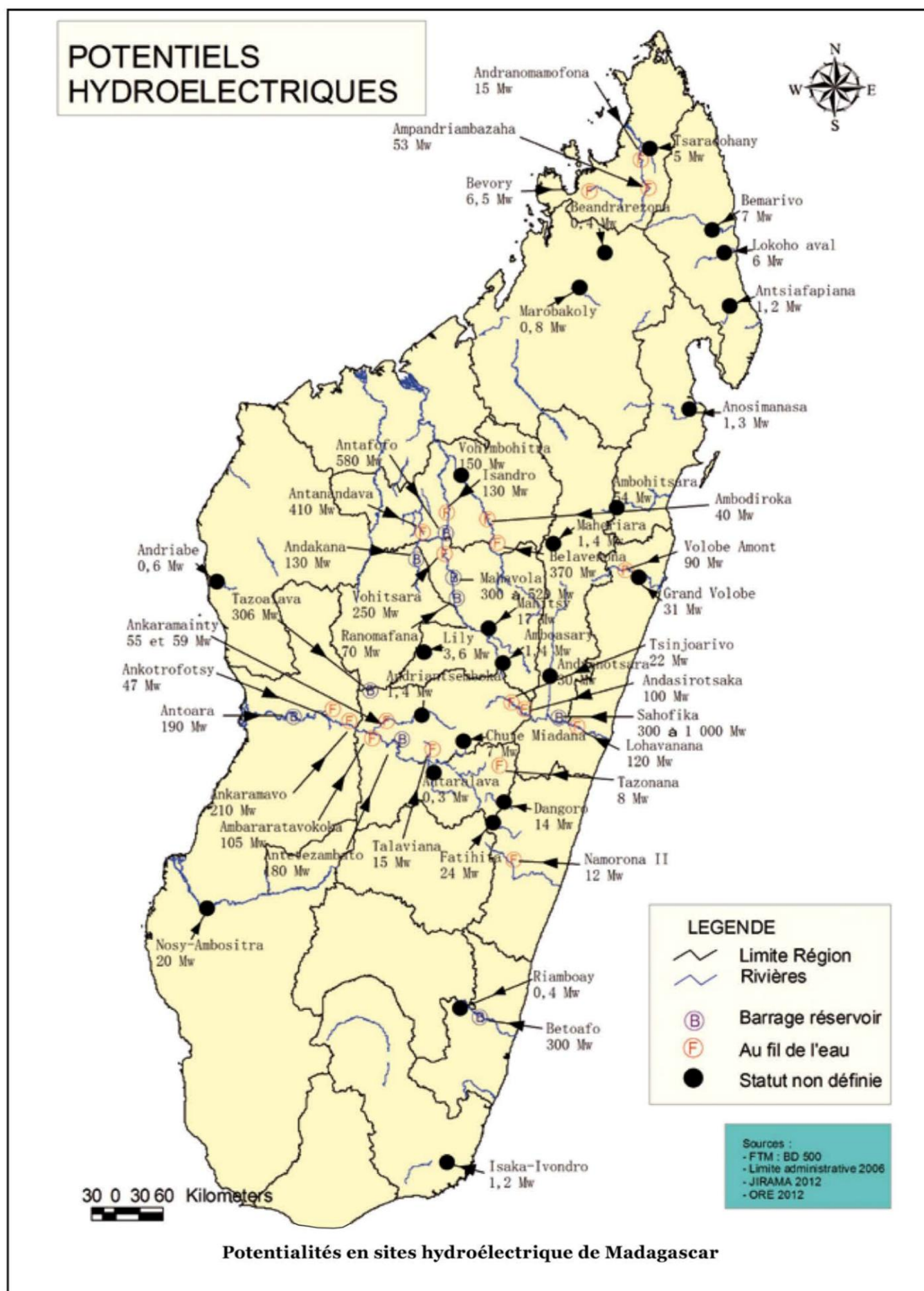
Annexes IV : Potentialités en Energies Renouvelables de Madagascar



Carte 19. Potentialités en Energie renouvelable de Madagascar

Source : Diagnostic du Secteur Energie à Madagascar (Cabinet AIDES – Septembre 2012)

Annexes V: Potentialités en sites hydroélectriques de Madagascar



ANNEXE VI : Les avantages des différentes énergies renouvelables

Énergies	Avantages
Solaire photovoltaïque	<ul style="list-style-type: none"> - Énergie disponible toujours et partout - Peu d'entretien et facile à installer - Énergie rentable pour les sites isolés - Autonomie possible avec des batteries
Solaire thermique	<ul style="list-style-type: none"> - Énergie propre, silencieuse et gratuite - Disponible en milieu rural ou urbain - Pas de déchets - Production d'énergie - Décentralisée
Éolienne	<ul style="list-style-type: none"> - Les grandes éoliennes (offshore) peuvent concurrencer à moindre coût l'énergie produite par le nucléaire - Énergie adaptable à tous types de budget - Grande fiabilité et frais de fonctionnement limités - Installation (et donc démontage aussi) très rapide et relativement simple
Biomasse	<ul style="list-style-type: none"> - Peu d'émissions de polluants - Valorisation des ressources locales (bois, haie...) - Énergie pouvant être facilement stockée
Hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> - Production d'énergie active durant les heures de fortes consommations d'électricité - Pompage durant les heures creuses afin de reconstituer la réserve d'eau dans le bassin de retenu - Démarrage et arrêt des centrales très rapides - Aucune pollution n'est dégagée lors de la production d'électricité - Production d'électricité décentralisée (pas de pertes liées aux transports)
Géothermique	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de la chaleur dégagée par le sous-sol dans certaines zones à forts potentiels.

Source : Ratton L., Marmorat A., (2004), « Énergies renouvelables : quels enjeux de développement pour l'Afrique », Mission Gestion Stratégique de l'Information, Association AIDDER, le Havre, pp. 12-13

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	<i>i</i>
ACRONYMES ET ABREVIATIONS.....	<i>ii</i>
LISTES DES TABLEAUX ET GRAPHIQUES.....	<i>iii</i>
SOMMAIRE.....	<i>iv</i>
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PARTIE I : ETUDES THEORIQUES DES ENERGIES RENOUVELABLES.....	3
Chapitre I. Notions générales sur les énergies renouvelables.....	3
Section 1. Les 5 grandes familles des énergies renouvelables.....	3
1. Les énergies photoniques.....	4
1.1. Les énergies solaires actives.....	4
1.2. Les énergies solaires passives.....	5
2. Les énergies mécaniques.....	5
2.1. Les énergies hydraulique.....	5
2.2. Les énergies éoliennes.....	6
2.3. La géothermie.....	7
2.4. La biomasse ou énergie verte.....	8
Section 2. Les avantages et les inconvénients des énergies renouvelables.....	9
1. Les avantages des sources renouvelables.....	9
1.1. Pour l'électrification des zones isolées ou rurales.....	9
1.2. Indépendance énergétique.....	9
2. Les inconvénients des énergies renouvelables.....	10
2.1. Le Solaire.....	10
2.2. L'hydroélectricité.....	10
2.3. L'éolienne.....	11
2.4. La biomasse.....	11
Chapitre II : La place des énergies renouvelables dans la production d'électricité.....	12
Section 1. La dépendance à l'énergie fossile.....	12
1. Le charbon.....	12
2. Le pétrole.....	13
3. Le gaz naturel.....	13
4. L'énergie nucléaire.....	14
Section 2. Le Concept de « Transition énergétique ».....	15
1. Avantages et inconvénients de la transition énergétique.....	15
2. La transition énergétique dans le monde.....	16
2.1. La transition énergétique Allemande.....	16

2.2. La transition énergétique en Espagne.....	16
Section 3. La production et la consommation mondiale d'électricité.....	17
1. La production d'électricité renouvelable dans le monde.....	18
2. La consommation mondiale d'électricité d'origine renouvelable.....	19
PARTIE II : MADAGASCAR FACE AUX PROBLEMES D'APPROVISIONNEMENTS EN	
ENERGIE ELECTRIQUE.....	20
Chapitre I : Situation de l'énergie à Madagascar.....	20
Section 1. Les principales sources d'énergies à Madagascar.....	20
1. Le bois énergies comme principales combustibles.....	21
2. Les produits pétroliers.....	21
3. Faible taux d'électrification.....	22
Section 2. Le marché des énergies à Madagascar.....	22
1. Situation de l'offre.....	22
2. Situation de la demande.....	24
Chapitre II : Les impacts des énergies renouvelables dans la production d'électricité à	
Madagascar.....	25
Section 1. La situation des énergies renouvelables à Madagascar.....	25
1. Potentiel malgache à utiliser les énergies renouvelables.....	25
1.1. Potentiel au solaire.....	25
1.2. Potentiel à l'éolien.....	26
1.3. Potentiel à l'hydroélectricité.....	26
1.4. Potentiel à la biomasse.....	26
2. Les principaux acteurs en énergies renouvelables.....	27
1.1. Les acteurs publics.....	27
1.2. Les acteurs privés.....	28
Section 2. Les avantages et les contraintes de l'exploitation des énergies renouvelables sur	
l'électrification.....	28
1. Les avantages des énergies renouvelables.....	29
2. Les contraintes des énergies renouvelables.....	30
2.1. Les contraintes liées aux coûts d'investissements.....	31
2.2. Les contraintes liées aux caractéristiques propres du pays.....	32
Section 3: Les possibilités d'action.....	32
1. Exploitation des énergies renouvelables produites localement.....	32
1.1. Produire des biocarburants par le jatropha et la canne à sucre.....	33
1.2. Produire de l'électricité par les énergies renouvelables.....	34
2. Changement de comportement.....	36
2.1. Pour un comportement plus responsable.....	36
2.2. Pour une gestion cohérente du secteur énergétique.....	36
CONCLUSION GENERALE.....	39
BIBLIOGRAPHIE.....	41
LISTE DES ANNEXES.....	43

Auteur : RAKOTOBÉ Michaël

Titre : LA PLACE DES ENERGIES RENOUVELABLES DANS LA PRODUCTION D'ENERGIES ELECTRIQUE A MADAGASCAR

Nombre de page : 51

Tableau : 05

Figures : 01

Annexes : 06

Contacts : 034 52 254 83

Adresse de l'auteur : Lot II H 39 I Ankadindramamy

RÉSUMÉ

En bref, l'étude essaye d'apporter des éclaircissements satisfaisants pour soulever la potentialité des énergies renouvelables notamment l'énergie solaire, l'énergie éolienne, le biocarburant, et surtout l'hydroélectricité à contribuer sur la production d'énergie électrique.

A Madagascar, les sources d'énergies utilisées à la production d'électricité viennent en grande partie des énergies fossiles. Mais les combustibles fossiles sont polluants et à réserve limitée et leur prix devient de plus en plus chère. Le problème d'électrification actuelle est en partie causé par cette dépendance aux énergies fossiles importées.

L'intérêt de l'exploitation des sources renouvelables est d'augmenter l'accès à l'énergie électrique et d'offrir à la population d'électricité à moindre coût même dans les zones rurales exclus. Par conséquent, il faut valoriser les potentialités non négligeables du pays en énergie renouvelable, afin de satisfaire le manque d'approvisionnement en énergie électrique mais surtout pour diminuer le coût de production et enfin pour se libérer des énergies fossiles.

Pourtant, la mise en œuvre de la politique énergétique orientée vers les énergies renouvelables nécessite une grande réforme sur le secteur énergétique malgache mais surtout une grande application financière.

Mots clés: énergie renouvelable, production d'électricité, énergie fossile

Encadreur: Mr RANDRIANALJAONA Tiana Mahefasoa

Professeur des Universités