

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



**Elaboré avec la collaboration du Ministère chargé de l'Énergie
Avec la Coopération du projet PARRUR
Publié avec l'appui de l'UNESCO**

Sommaire

SOMMAIRE	I
ACRONYMES	IV
PREFACE	VI
DEFINITION	VIII
PREMIERE PARTIE	1
INTRODUCTION	1
PROBLEMATIQUES DU SECTEUR DES ENERGIES RENOUVELABLES	2
1. <i>LE BESOIN D'ACTUALISER LA POLITIQUE NATIONALE DE L'ENERGIE ET DE DEVELOPPER LA SYNERGIE AVEC LES AUTRES INITIATIVES A DIFFERENTES ECHELLES</i>	2
2. <i>UNE TROP FORTE DEPENDANCE VIS-A-VIS DU BOIS ENERGIE ET DES ENERGIES FOSSILES</i>	4
3. <i>UNE FAIBLE EXPLOITATION DES AUTRES SOURCES D'ENERGIE, MALGRE DE NOMBREUSES OPTIONS</i>	7
4. <i>DES ACTIVITES DE RECHERCHE LOCALISEES OU QUI RESTENT AU STADE EXPERIMENTAL</i>	8
5. <i>UNE FAIBLE CONNEXION ENTRE LA RECHERCHE ET LES SECTEURS PRODUCTIFS</i>	10
DEUXIEME PARTIE	12
PERSPECTIVES POUR LA RECHERCHE-DEVELOPPEMENT	12
<i>VISION DU PLAN DIRECTEUR DE LA RECHERCHE SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES</i>	12
<i>OBJECTIFS DU PLAN DIRECTEUR DE LA RECHERCHE SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES</i>	13
I. CONNAITRE LA SITUATION ACTUELLE DE LA RECHERCHE DANS LE DOMAINE DES ENERGIES RENOUVELABLES	14
1.1- RASSEMBLER ET FAIRE UN ETAT DES LIEUX DES PROGRAMMES DE RECHERCHE EXISTANT DANS LE DOMAINE DE L'ENERGIE RENOUVELABLE DU POINT DE VUE TECHNOLOGIQUE, SOCIAL, ECONOMIQUE, CULTUREL, ENVIRONNEMENTAL.....	14
1.2- DIAGNOSTIQUER LE SECTEUR DES ENERGIES RENOUVELABLES	14
II. PROMOUVOIR L'INNOVATION PARTICIPATIVE DANS LA RECHERCHE SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES A VALEUR AJOUTEE SOCIO-ECONOMIQUE, CULTURELLE ET ENVIRONNEMENTALE	16
2.1- INVENTORIER ET EVALUER LE POTENTIEL D'ENERGIES RENOUVELABLES, AU NIVEAU NATIONAL	16
2.2- DEVELOPPER LA RECHERCHE DANS LE DOMAINE DES ENERGIES RENOUVELABLES EN FONCTION DE LA SPECIFICITE DE CHAQUE REGION ET IMPLIQUER LES ACTEURS DU DEVELOPPEMENT DANS LE PROCESSUS D'INCUBATION DE PROJET	17
2.3- REALISER DES ETUDES ET ANALYSES COUT-BENEFICES SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES.....	18
III. CONTRIBUER A L'ATTEINTE DES OBJECTIFS NATIONAUX DANS LE CADRE DE L'ECONOMIE VERTE ET A L'ATTENUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE	19
3.1 INVENTORIER ET ANALYSER LES BONNES PRATIQUES SPONTANEEES OU PLANIFIEES DANS UN OBJECTIF DE CAPITALISATION ET DE VALORISATION	20
3.2 SOUTENIR L'EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LA FILIERE BOIS-ENERGIE	21
PRODUCTION DE CHARBON DE BOIS ISSU DE FORETS	22
3.3 INTENSIFIER LES RECHERCHES SUR LA BIOMASSE	22
3.4 DEVELOPPER DES MODELES VIABLES ET INNOVANTS D'ENERGIE RENOUVELABLE CONTRIBUANT A L'ATTENUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE	23
3.5 QUANTIFIER ET MODELISER LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DES SOURCES D'ENERGIE RENOUVELABLE	23
3.6 RENFORCER ET MULTIPLIER LA RECHERCHE SUR LA QUANTIFICATION DE CARBONE DANS LES FORETS PLANTEES ET ARTIFICIELLES A L'ECHELLE PLUS ELARGIE	24

IV. RENFORCER LA CAPACITE TECHNIQUE, INSTITUTIONNELLE, ORGANISATIONNELLE ET OPERATIONNELLE DES ENTITES CONCERNEES DANS LE DOMAINE DES ENERGIES RENOUELABLES	25
4.1- RENFORCER LA FORMATION DANS LE DOMAINE DES ENERGIES RENOUELABLES	25
4.2- RENFORCER LES CAPACITES DES INSTITUTIONS RESPONSABLES DE LA GESTION DE L'ENERGIE, DE L'ENVIRONNEMENT, DU CHANGEMENT CLIMATIQUE, DE L'EAU AU NIVEAU NATIONAL ET LOCAL	25
4.3- DEVELOPPER LE PARTENARIAT PUBLIC-PUBLIC, PUBLIC-PRIVE, AU NIVEAU REGIONAL, NATIONAL, INTERNATIONAL	26
4.4- METTRE EN PLACE DES MESURES INCITATIVES ET DES MOTIVATIONS POUR DES PROGRAMMES DE RECHERCHE QUI FAVORISENT CES APPROCHES INNOVANTES ET RECHERCHE APPLIQUEE	26
4.5- FAVORISER LA SYNERGIE ENTRE RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT	26
V. VALORISER LES RESULTATS DE RECHERCHE DANS LE DOMAINE DES ENERGIES RENOUELABLES POUR UN DEVELOPPEMENT INTEGRE ET DURABLE.....	29
5.1- IDENTIFIER LES ACTEURS ET LES PARTENAIRES NATIONAUX ET INTERNATIONAUX ACTUELS ET POTENTIELS ET ANALYSER LES PRATIQUES ET MODALITES DE COOPERATION	29
5.2- ENCOURAGER LES INVESTISSEMENTS PRIVES LOCAUX ET ETRANGERS DANS LE SECTEUR DES ENERGIES RENOUELABLES ET FAIRE DES PLAIDOYERS AUPRES DU PARLEMENT ET DU GOUVERNEMENT MALGACHE POUR L'INSTAURATION DES MESURES INCITATIVES FISCALES	29
5.3- METTRE EN PLACE UNE STRATEGIE DE DIFFUSION DES CONNAISSANCES, DES RESULTATS DE RECHERCHE DANS LE DOMAINE DES ENERGIES RENOUELABLES	30
5.4- SOUTENIR LES INITIATIVES DE PROTECTION DES RESULTATS DE RECHERCHE EN COLLABORATION AVEC LES ORGANISMES DE PROPRIETE INTELLECTUELLE	30
VI. ASSURER LA MISE EN ŒUVRE EFFICACE DE CE PLAN DIRECTEUR	31
6.1- METTRE EN PLACE UNE PLATEFORME TECHNIQUE ET SCIENTIFIQUE POUR LA COORDINATION DES PROGRAMMES DE RECHERCHES NOUVEAUX ET INNOVANTS.....	31
6.2- METTRE EN PLACE UN SYSTEME DE SUIVI-EVALUATION ET DE COORDINATION DU PLAN DIRECTEUR.....	31
6.3- DEVELOPPER ET RENFORCER LE PARTENARIAT ET RENFORCER LA PARTICIPATION AUX RESEAUX REGIONAUX, NATIONAUX ET INTERNATIONAUX.....	32
6.4- DOTER LE PLAN DIRECTEUR DE LA RECHERCHE SUR LES ENERGIES RENOUELABLES D'UN FONDS POUR SA MISE EN ŒUVRE	32
6.5- CONSTITUER UN ESPACE PRIVILEGIE, UN CADRE D'ÉCHANGES ET DE TRAVAIL DES CHERCHEURS ET ACTEURS DES DIFFERENTS SECTEURS POUR LA PROMOTION DES ENERGIES RENOUELABLES.....	32
CONCLUSION	34
BIBLIOGRAPHIE	35
ANNEXE 1 : LE PLAN DIRECTEUR DE LA RECHERCHE SUR LES ENERGIES RENOUELABLES	37
ANNEXE 2 : ACTIONS EN FAVEUR DE L'ECONOMIE VERTE DANS LE DOMAINE DE L'ENERGIE –QUELQUES ASPECTS	42
SOURCE : RAPPORT FINAL DU PROCESSUS DE PREPARATION DE LA PARTICIPATION DE MADAGASCAR A RIO + 20 SOUTENU PAR LE PNUD.....	42
ANNEXES 3 : QUELQUES AXES DE RECHERCHE DANS LE DOMAINE DE L'ENERGIE RENOUELABLE TRAITES PAR LES INSTITUTIONS DE FORMATION ET DE RECHERCHE.....	43
ANNEXE 4 : PROCESSUS DE L'ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR DE LA RECHERCHE SUR LES ENERGIES RENOUELABLES.....	46
ANNEXE 5 : ORGANISATION DES CONSULTATIONS ET DE LA REUNION DE CONCERTATION POUR L'ELABORATION DU PLAN DIRECTEUR	47

**ANNEXE 6: LISTE DES PARTICIPANTS A L'ATELIER DE CONCERTATION ET DE VALIDATION
SELON LES GROUPE DE TRAVAIL..... 49**

Acronymes

ABETOL :	Approvisionnement en Bois Energie de la ville de Toliara
ADER :	Agence de Développement de l'Electrification Rurale
ADES :	Association pour le Développement de l'Energie Solaire
APCEM :	Association des Producteurs des Cannes et d'Ethanol de Madagascar
CARAMCODEC :	Carbonisation Améliorée et Contrôle Forestier Décentralisé à Madagascar
CIDST ;	Centre d'Information et de Documentation Scientifique et Technique
CIRAD :	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CNRE :	Centre National de Recherches sur l'Environnement
CNRO :	Centre National de Recherches Océanographiques
CNRIT :	Centre National de Recherches Industrielle et Technologique
CCNUCC :	Convention cadre des nations unies sur le changement climatique
DGRS :	Direction Générale de la Recherche Scientifique
DR :	Direction de la Recherche et de l'Innovation
ER :	Energie Renouvelable
ESPA :	Ecole Supérieure Polytechnique
ESSA :	Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
FAO :	Food and Agriculture Organisation
FORECA :	Forêts Engagées dans la Réduction des Emissions de Carbone
FOFIFA:	Foibem-pirenena momba ny Fikarohana ampiarina amin'ny Fampandrosoana ny eny Ambanivohitra ou Centre national de la Recherche Appliquée au Développement Rural
GES :	Gaz à effet de serre
GESFORCOM :	Gestion forestière Communale et Communautaire
GIEC :	Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
GIZ :	Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Coopération internationale allemande)
GRET :	Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques
GT CC:	Groupe de Travail sur le Changement Climatique
INSTN :	Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires
ISPM :	Institut Supérieur Polytechnique de Madagascar
IST :	Institut Supérieur de Technologie
JIRAMA:	Jlro sy RAno MAlagasy
kWh/m ² /an :	Kilo Watt heure par mètre carré par an
MDP :	Mécanisme de Développement Propre
MESupReS :	Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
MW :	Méga Watt
m/s :	Mètre par seconde

OMH :	Office Malgache des Hydrocarbures
ONE :	Office National pour l'Environnement
ONG :	Organisation Non Gouvernementale
ORE :	Office de Régulation de l'Electricité
PARRUR :	PArtenariat et Recherche dans le secteur RURal
PDR :	Plan Directeur de Recherche
PEDM :	Programme Energie Domestique de Mahajanga
PNUE :	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PPIM :	Programme pilote intégré de Mahajanga
REDD :	Réduction des Emissions de carbone par la Déforestation et la Dégradation Forestière
Rhyviere :	Réseau hydroélectrique villageois: énergie et respect de l'environnement
Tep:	Tonne équivalent pétrole
WWF:	World Wide Fund for nature

Préface

La Stratégie Nationale de la Recherche Scientifique à Madagascar, adoptée en conseil de Gouvernement par le décret 2013-837, au mois de novembre 2013 veut jeter les bases d'un Développement dynamisé par la Science et dans lequel il nous faudra ainsi renforcer davantage les alliances entre Savoirs et Application, entre Recherche et Production.

Une année après la clôture des consultations régionales pour l'élaboration de la Stratégie Nationale de la Recherche à Madagascar, le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique est présent sur plusieurs fronts à la fois :

- Le processus est en marche pour le basculement vers le système LMD, les Ecoles Doctorales sont en cours de mise en place,
- Le fonds compétitif pour la recherche et l'innovation est en cours de mise en place avec le concours de l'Etat et des partenaires techniques et financiers,
- Les efforts sont déployés pour améliorer le potentiel scientifique permettant d'encadrer la formation et la recherche,
- La série de Plans Directeurs de Recherche développée est programmée pour cette année 2014, suite à la demande et aux besoins des acteurs du développement et de la recherche. Ils concernent des domaines tels que l'Agriculture et la sécurité alimentaire, le changement climatique et l'environnement, la santé et la biodiversité. Le plan directeur de recherche sur les énergies renouvelables fait l'objet du présent document de référence.

Nous avons, à travers ce premier Plan Directeur de la Recherche sur les Energies Renouvelables, un cadre à partir duquel Instituts et Centres de Recherche, Universités, devront démontrer qu'ils constituent réellement des « foyers de recherche et de créativité », à travers la Formation à la Recherche par la Recherche, dans un objectif de produire pour les besoins des secteurs productifs et pour la satisfaction des besoins sociaux.

Les activités de Recherche qui y sont proposées, devront être basées sur un potentiel adapté aux nouvelles conditions économiques à l'évolution de notre société et refléter d'une part, le besoin d'une meilleure adéquation formation – recherche, pour une meilleure valorisation du potentiel scientifique et technique, d'autre part, il nous faut veiller à ce qu'elles correspondent aux priorités économiques et sociales du pays.

La valorisation économique et sociale des résultats de la recherche et la place accordée à l'innovation dans le domaine des énergies renouvelables, doit se traduire dans les faits, dans la vie de la Nation, par l'amélioration des conditions de vie de nos concitoyens et l'éradication de la pauvreté.

La présence des acteurs des secteurs productifs, publics comme privés lors de l'atelier de validation de ce plan, témoigne de la volonté de renforcer les alliances pour le développement de ce secteur, et ce, à travers des recherches adaptées aux réalités et aux besoins nationaux.

Nous devons également nous ouvrir à la coopération régionale, internationale, dans la mise en œuvre de ce Plan.

Pour terminer, je remercie tous ceux qui ont contribué à la préparation de ce Plan Directeur de Recherche sur les Energies Renouvelables, plus particulièrement, la

coopération française, à travers le projet PARRUR qui a toujours été à nos côtés notamment au niveau du développement institutionnel, les chercheurs, les praticiens et les gestionnaires du secteur de l’Energie et le secteur privé qui sont des partenaires clés de ce développement.

Je souhaite plein succès à sa mise en œuvre concertée et je tiens à rassurer tous les acteurs du développement que mon Département continuera à soutenir les initiatives répondant aux objectifs de faire de l’Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique un réel moteur du développement.

Professeur RASOAZANANERA Marie
Monique



Ministre de l’Enseignement Supérieur et de
la Recherche Scientifique

Définition

Biomasse

Ensemble de la matière organique d'origine végétale ou animale. Les principales formes de l'énergie de biomasse sont les biocarburants pour le transport (produits essentiellement à partir de céréales, de sucre, d'oléagineux et d'huiles usagées), le chauffage domestique, alimenté au bois et la combustion de bois et de déchets dans des centrales produisant de l'électricité, de la chaleur ou les deux.

Biomasse végétale

Masse de matière vivante végétale présente à un moment donné dans un milieu donné.

Bioénergie

Elle résulte de la conversion de la biomasse tel que résidus agricoles et forestiers, déchets organiques et cultures énergétiques en énergie telle que la chaleur, l'électricité et du carburant pour les transports.

Elle concerne l'énergie contenue dans des organismes biologiques vivants.

Biogaz

Gaz résultant du processus de dégradation biologique des matières organiques en l'absence d'oxygène. Il contient une forte proportion de méthane (50 %) et possède donc un fort potentiel calorifique et énergétique. Il est produit dans les centres de stockage, dans les méthaniseurs et dans les digesteurs de boues de stations d'épuration. Il doit être capté pour éviter les nuisances odeurs qui contribuent à l'effet de serre. Une fois capté, il peut être valorisé car il constitue une source d'énergie.

Croissance verte

Concept économique qui s'inscrit dans la transition énergétique. Il s'agit de favoriser la croissance économique et le développement tout en veillant à limiter son empreinte écologique sur la planète.

Efficacité énergétique

Ou efficience énergétique. C'est l'état de fonctionnement d'un système pour lequel la consommation d'énergie est minimisée pour un service rendu identique.

L'efficacité énergétique passe par la recherche de la moindre intensité énergétique (à service égal), par une « utilisation rationnelle de l'énergie » et des processus et outils plus efficaces. Elle veut les gaspillages et les consommations inutiles. C'est donc aussi un élément important de la performance environnementale, tenant compte de la qualité de service.

Méthanisation

Traitement naturel des déchets organiques conduisant à une production combinée de gaz convertible en énergie (biogaz), provenant de la décomposition biologique des matières organiques dans un milieu en raréfaction d'air (« fermentation anaérobie » car sans oxygène) et d'un digestat (les déchets « digérés »), utilisable brut ou après traitement (déshydratation et compostage, hygiénisation) comme compost. La méthanisation concerne plus particulièrement les déchets organiques riches en eau et à fort pouvoir fermentescible tels que les ordures ménagères, les boues de station d'épuration, les graisses et matières de vidange, certains déchets des industries agroalimentaires, certains déchets agricoles et d'élevage.

REDD+ :

Approche élargie décrite comme approches politique et incitations positives sur les questions relatives aux réductions des émissions de la déforestation et de la dégradation des forêts, du

rôle de la conservation, la gestion durable des forêts et l'augmentation des stocks carbone des forêts (Bali Action Plan, 2007)

Transition énergétique (ou transition écologique)

Passage d'un système énergétique qui repose essentiellement sur l'utilisation des énergies fossiles, épuisables et émettrices de gaz à effet de serre (que sont le pétrole, le charbon et le gaz), vers un bouquet énergétique donnant la part belle aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique.

PREMIERE PARTIE

Introduction

La Stratégie Nationale de la Recherche, instituée par décret n°2013-837 du 19 novembre 2013, a mis un accent particulier sur la valorisation de la recherche qui doit contribuer au développement économique et social du pays.

Il est apparu très tôt, dans les réflexions, dans les échanges et dans les consultations régionales et nationales, un certain nombre de priorités de la recherche, traduisant des besoins formulés non seulement par les chercheurs, mais également par les autres acteurs du développement.

L'innovation fait partie de ses priorités avec le développement de relations avec les secteurs productifs, publics ou privés, donnant ainsi toute sa place à la recherche scientifique dans le paysage économique, social, culturel du pays.

Le développement de la recherche sur les énergies renouvelables a suscité beaucoup d'engouement, ayant été jugé comme étant un secteur déterminant pour le développement du pays et pour lequel la recherche doit se pencher de manière très concrète.

Le développement des énergies renouvelables figure parmi les axes de l'économie verte adoptée lors de Rio+20 qui requièrent davantage une intégration des trois dimensions économique, environnementale et sociale¹. Il s'agit d'une option de développement économique axée sur une utilisation rationnelle des ressources naturelles qui ont été peu exploitées jusqu'ici, ce qui est le cas de Madagascar.

Or, aujourd'hui les conditions requises pour assurer le passage vers une économie verte ne sont pas assurées et la situation qui prévaut semblerait même pencher en faveur de l'économie qui dépend de manière importante à l'énergie issue des combustibles fossiles.

En outre, les énergies renouvelables ont des capacités de diminution des émissions de gaz à effet de serre, ce qui contribue énormément aux actions de lutte contre le changement climatique. Leur adoption à grande échelle au niveau du pays contribuera à réduire les émissions pour lesquelles le secteur de l'énergie est responsable des deux tiers au niveau mondial².

Un pays comme Madagascar, tributaire des combustibles fossiles, subit l'instabilité des prix du pétrole. Le bois de chauffe, le charbon constitueront encore la principale source de combustibles utilisée par les ménages et pour laquelle les mesures de gestion rationnelle devront être renforcées.

L'adoption de l'économie verte requiert des prises de décisions orientées, entre autres, vers des investissements sectoriels et des réformes³. Les énergies renouvelables et l'utilisation rationnelle des ressources font partie des secteurs à considérer.

Energies éolienne, houlomotrice, thermique, photovoltaïque, thermodynamique, géothermie, hydroélectrique, marémotrice, biomasse, biocarburant sont autant de possibilités naturelles sur lesquelles Madagascar peut et doit maximiser ses efforts. La Recherche doit y apporter sa contribution, à travers ses compétences et ses résultats.

¹ PNUE, 2011, Vers une économie verte: Pour un développement durable et une éradication de la pauvreté – synthèse à l'intention des décideurs

² Cf CCNUCC – 2009 - Recommendations on Future Financing Options for Enhancing the Development, Deployment, Diffusion and Transfer of Technologies under the Convention. CCNUCC (2009)

³ http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/GER_synthesis_fr.pdf

Les énergies renouvelables sont au cœur des problématiques de la recherche sur le développement, au sein des centres nationaux de recherche, des Universités et des Instituts Supérieurs de Technologie. La création de certaines institutions de formation et de recherche répondent aux besoins de combler le déficit énergétique du pays en offrant de nouvelles options, plus accessibles à un plus grand nombre de consommateurs et peuvent ainsi contribuer au développement de Madagascar.

La recherche technologique qui va au-delà des prototypes et des modèles ainsi que la recherche économique et sociale, outil analytique pouvant être utile aux gestionnaires du secteur, développent dans le secteur des énergies renouvelables. Les résultats gagneraient à être mieux communiqués et diffusés à l'échelle nationale.

Il est vrai que la politique de l'Energie n'a pas toujours soutenue les initiatives prises en matière d'énergies renouvelables jusqu'à une période très récente. Cependant, la création de certaines institutions telle que l'Agence de Développement de l'Electrification Rurale (ADER) en 2002, semble être un signe avant-coureur de l'ouverture à ces dernières⁴.

Dans le cadre de la mise en œuvre de l'axe stratégique n°1 de la Stratégie Nationale de la Recherche concernant la redynamisation des plans directeurs thématiques de la recherche, le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, en collaboration avec le projet PARRUR et avec la participation de plusieurs entités de recherche, ont ainsi procédé à l'élaboration de ce plan directeur qui est le premier d'une série qui a été identifiée de manière consensuelle avec les participants à ce processus. Ce plan vient toutefois compléter le dispositif existant. Il a été réalisé avec l'appui des institutions gestionnaires du secteur de l'Energie et la consultation du secteur privé.

Ce plan directeur sur les Energies renouvelables correspond à la vision définie par le Ministère, quant au rôle de la Recherche dans le développement durable. Cette vision repose sur trois principes : (1) celui d'une recherche garante de la souveraineté nationale, répondant aux besoins réels du pays et de la population; (2) la Recherche nationale est le pilier du progrès social et du développement économique, dans le respect de l'environnement, pour un développement durable; (3) l'excellence de cette Recherche pour qu'elle ait sa place dans le contexte régional et international⁵.

Problématiques du secteur des Energies Renouvelables

Ce Plan Directeur de la Recherche est élaboré pour répondre à des problématiques actuelles du secteur énergétique à Madagascar, dans une optique de Recherche et Développement.

C'est un document de référence pour le développement de la recherche malgache. Les analyses faites mettent en exergue plusieurs problèmes pour le développement de l'énergie à Madagascar et pour lesquels la recherche pourra apporter des réponses.

1. Le besoin d'actualiser la politique nationale de l'énergie et de développer la synergie avec les autres initiatives à différentes échelles

La conception et la mise en œuvre de la politique énergétique du Gouvernement malgache relèvent du Ministère chargé de l'Energie.

La politique, définie en 2004, vise à assurer un approvisionnement en énergie suffisante, de meilleure qualité et au moindre coût. Elle s'inscrit dans les efforts du Gouvernement de réduire la pauvreté et d'atteindre un degré de croissance économique substantiel⁶.

⁴ Cf décret 2002-1550 du 03 décembre 2002

⁵ Cf Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique – 2013, Stratégie Nationale de la Recherche

⁶ Cf Strategy paper – Ministère de l'Energie /WWF Madagascar – 2005

Elle énonce un certain nombre de principes fondamentaux tels que :

- une rationalisation des conditions d’approvisionnement, de production, de distribution et de consommation d’énergie ;
- le respect des équilibres écologiques fondamentaux et encourager une gestion rationnelle des espaces ruraux dans les zones d’exploitation forestière à usage énergétique ;
- la minimisation des menaces à l’approvisionnement énergétique ;
- l’accès à un minimum de services relatifs à l’énergie pour les populations en milieu urbain et rural ;
- la promotion d’une consommation responsable.

Des initiatives sont également apparues aux niveaux régional et local pour une meilleure définition des objectifs du secteur énergétique.

Le Ministère de l’Energie, à travers les actions menées par la Direction de l’Electricité et des Energies Renouvelables (DEER) et ses Directions Inter-Régionales (DIRMEM) est responsable du secteur de l’électricité, de la coordination et de la promotion de son développement.

Il existe, par ailleurs un certain nombre de structures pour la mise en œuvre de la politique énergétique malgache. Le plus important est, certes, l’Agence de Développement de l’Electrification Rurale (ADER), ou encore l’Office de Régulation de l’Electricité (ORE), principalement chargé des relations entre les opérateurs et leurs clients⁷.

Cependant, compte –tenu de nouveaux besoins non satisfaits, une mise à jour de la politique énergétique malgache est nécessaire. Elle requiert, en outre, une mise en cohérence des initiatives, à l’instar de celles menées dans la région Diana, faisant la promotion de l’énergie éolienne.

Par ailleurs, une autre facette du problème se situe au niveau institutionnel ; la politique énergétique mise en place en 2004 est insuffisamment mise en application. L’insuffisance de textes règlementaires et de directives claires pour gérer les énergies renouvelables continue à pénaliser les initiatives locales. Un processus est actuellement en cours pour permettre le développement de certaines sources d’énergie, telles que l’exploitation du jatropha ou encore l’éthanol qui font pourtant, encore, l’objet de recherche⁸.

La mise à jour de cette politique énergétique doit aller de pair avec celle du secteur –de l’environnement qui traite de la gestion forestière, du changement climatique, ou encore celui de l’industrialisation.

Il est à noter que l’adhésion de Madagascar à certaines conventions internationales, offre des opportunités de contribuer à la résolution des problèmes environnementaux. Leur mise en œuvre au niveau national contribue également à l’élaboration de politique qui intègre la thématique des énergies renouvelables.

Tel est le cas de la définition de stratégies et d’actions pour l’adaptation au changement climatique avec des mécanismes développés au niveau national. Le stockage de carbone forestier, agricole ou autre constituent des domaines de recherche prioritaires à l’heure actuelle. Il en est de même pour le besoin d’adoption de technologie propre, promue par un le mécanisme de développement propre. Ce sont des cadres d’intervention qui font appel au concours du secteur Energie et de celui de la Recherche.

⁷ Fondation Energies pour le Monde en partenariat avec le Ministère de l’énergie et des mines, de l’électricité verte pour un million des ruraux à Madagascar.

⁸ A titre d’exemples, le jatropha est développé par le FOFIFA dans la région Haute Matsiatra et par le CNRIT - L’éthanol a été expérimenté par le CNRIT

2. Une trop forte dépendance vis-à-vis du bois énergie et des énergies fossiles

La demande énergétique à Madagascar concerne les ménages, le secteur secondaire et le secteur tertiaire.

La consommation énergétique des ménages représentent aujourd'hui, 62% de la consommation totale. Ce taux élevé est attribué à la consommation de bois, de charbon.

77,7 % des ménages malgaches, surtout ruraux, s'approvisionnaient en bois ramassé destiné à la cuisson en 2012. Le charbon de bois, énergie de proximité, est consommé par 17,1% des ménages qui sont principalement urbains. En général, 47% des ménages vivant en milieu urbain utilisent le charbon pour la cuisson⁹

Au niveau national, seuls 12% des ménages ont accès à l'électricité dont 4,8% se situent en milieu rural. 39% des ménages urbains y accèdent. La consommation en électricité moyenne et haute tension est en moyenne de 1,025 mWh/ménage/an.

81,2% des ménages utilisent le pétrole lampant pour la consommation en énergie de cuisson.

La dépendance de Madagascar vis-à-vis des importations est préoccupante car les prix du pétrole demeurent sujets aux fluctuations. Ce système d'approvisionnement et de production fragilise énormément le pays dans la mesure où elle mine le climat social global, et elle porte préjudice à l'économie du pays. En outre, 45% de l'électricité à Madagascar sont produites à partir de centrales thermiques alimentées par du gasoil ou fuel oil importé.

Tableau 1 : Les types d'énergie utilisés par les ménages pour l'éclairage

Type d'énergie	Rural		Urbain		Total	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Electricité	155 474	4,8	357 712	39,1	513 186	12,3
Générateur	34 161	1,1	7 618	0,8	41 779	1
Pétrole lampant	2 897 625	88,9	493 835	53,8	3 391 460	81,2
Bougies	104 842	3,2	53 335	5,8	158 177	3,8
Autres	67 238	2,1	4 520	0,5	71 758	1,7
Total	3 259 340	100	917 020	100	4 176 360	100

Source : Ministère chargé de l'Energie 2014

Pour les industries, le nombre d'abonnés à l'électricité moyenne et haute tension ne dépasse pas les 1000 unités alors qu'ils consomment 37 % de la production du pays.

Quant aux produits pétroliers, le secteur du transport (terrestre, ferroviaire, maritime) consomme 85 % des produits pétroliers importés.

En termes d'offres énergétiques, 84,2% sont issues du bois énergie, 6,6% de produits pétroliers, 7% de l'électricité et 2.2% consacrés aux énergies renouvelables.

L'approvisionnement du **secteur Bois Energie** est principalement assuré par une multitude

⁹ Cf Enquêtes auprès des ménages en 2010- INSTAT

de petits producteurs. Mais l'exploitation irrationnelle des ressources forestières fragilise gravement l'environnement du pays.

Le bois de chauffe et le charbon de bois constituent la source d'énergie la plus abondamment utilisée par les ménages malgaches. Le bois de chauffe reste la principale énergie accessible aux ménages ruraux (86,90%), tandis que le charbon de bois demeure la source d'énergie la plus utilisée par les ménages urbains pour la cuisson (47,10% des ménages)¹⁰.

En termes d'impact de cette utilisation du bois comme source d'énergie, la déforestation est certainement la plus importante. Le défrichement lié à la filière bois énergie est très souvent cité comme l'une des raisons de la déforestation actuelle. D'après la Banque Mondiale en 1992, 1,1 millions à 1,4 millions m³ de bois utilisés annuellement à Madagascar sont constitués par le bois de service.

Bien que le taux de déforestation ait diminué dans l'ensemble du pays, la régression continue toujours. Elle est différente en fonction des écosystèmes et des régions.

Tableau 2 : Couverture et taux de déforestation par zone bioclimatique des forêts naturelles pour la période 2005 -2010¹¹

Zone bioclimatique	Couverture des forêts naturelle (ha)		Taux de déforestation (% par an)
	2005	2010	
Humide	4 702 020	4 658 155	0,2
Sèche	2 628 029	2 554 746	0,6
Épineuse	2 070 632	2 009 792	0,6

Entre les années 2005-2010, les écosystèmes forestiers des zones sèches de l'ouest et le sud, domaine des forêts et des fourrés épineux sont celles qui ont subi les plus fortes pressions.¹²

Certes, la déforestation a d'autres causes que l'utilisation pour la filière bois-énergie. D'une manière générale, trois types de bois sont utilisés par cette filière : les plantations forestières paysannes, les forêts de plantation, l'exploitation des forêts naturelles.

Dans le cadre de la mise en œuvre de la politique environnementale pour la gestion des ressources naturelles, l'objectif de la filière bois-énergie est l'efficacité énergétique devant permettre l'utilisation de technique améliorée de carbonisation et la promotion de mode d'utilisation du bois et du charbon moins consommateur de combustible.

Des projets de reboisement à vocation énergétiques sont ainsi réalisés dans plusieurs régions, à l'instar du projet GREENMAD dans le nord du pays. Les méthodes améliorées de carbonisation, les foyers améliorés développés par le CNRIT sont actuellement très répandus dans le pays.

Ces techniques améliorées de la carbonisation ont eu des résultats palpables dans l'augmentation du rendement de 10% à 20%, permettant ainsi d'économiser des superficies de forêts¹³.

Les **produits pétroliers** fournissent 7,2% des offres énergétiques à Madagascar. 98,5% de la consommation totale de Madagascar est destinée au secteur du transport et 45% à

¹⁰ selon l'enquête EPM (Enquêtes auprès des Ménages) 2010 de l'INSTAT

¹¹ Cf Office National pour l'Environnement, 2013

¹² 5^{ème} rapport national de la diversité biologique, 2014

¹³ Un rendement égal à 20% conduirait à épargner 28 571 ha de forêt in « la production de charbon de bois à Madagascar - Philippe Burny, Pierre Montagne, Romain Crehay, Hery Randrianja, Alain Michel Rasamindisa - Projet GESFORCOM du CIRAD dans la région Boeny et Alaotra Mangoro – Environmental policies

l'électricité.

La production d'électricité dépendait en 2011 des produits pétroliers importés à 45, 54%, ce qui ne met pas le secteur de l'énergie à l'abri des fluctuations des prix internationaux, vu que Madagascar importe la totalité des produits pétroliers dont le pays a besoin. Quatre grandes compagnies pétrolières dominent les importations, les distributions et les ventes de ces produits qui avoisinaient 800 000 m3 en 2011.

La production d'électricité est assurée par la JIRAMA, avec une production de 108MW et par des opérateurs privés, avec 22.8MW de contribution. Les opérateurs privés sont en effet présents dans la production et la distribution dans le sous-secteur de l'électricité depuis l'adoption de la Loi 98 032, à Antananarivo et dans quelques localités du pays.

L'Agence de Développement Rural de l'Electrification Rurale intervient dans les zones hors du périmètre d'exploitation de la JIRAMA. D'autres opérateurs y contribuent également.

En général, l'hydroélectricité a une puissance de 128 434 KW, l'électricité thermique a une puissance de 348 699 KW. La part de cette dernière a beaucoup augmenté au cours de ces dernières années, allant de 28.64% à 45.54% en 2011.

Tableau 3: 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 chargé de l'Energie

Madagascar a également des réserves de ressources non conventionnelles telles que les sables bitumineux qui sont les investissements dans les sources de pétrole «non conventionnelles » et plus polluantes. Ce qui exige encore plus de renforcement dans les études d'impact environnemental, en cas d'exploitation.

Des prospections ont été plusieurs fois été faites sur les gisements de charbon de terre de la Sakoa situé dans le sud de Madagascar.

Quant aux **énergies renouvelables**, elles ne représentent encore qu'une infime partie de la production d'énergie. Elles comprennent notamment l'énergie électrique fournie par les centrales hydroélectriques (54% de l'électricité de la JIRAMA en 2011), les énergies solaires, éoliennes représentant 0,006% de l'offre énergétique totale à Madagascar. Des projets

d'investissement dans ce secteur sont, par ailleurs, identifiés, notamment dans le domaine des agrocarburants.

La production d'électricité est faible et son coût est inaccessible pour une grande partie de la population malgache. Pourtant, Madagascar dispose d'atouts importants comme le potentiel hydroélectrique pour lequel uniquement 127 654 KW sur une totalité de 7800 MW sont exploitées. Le potentiel existe aussi en matière d'énergie solaire et éolienne, ou d'agrocarburant¹⁴, et ce, tenant compte de la disponibilité des surfaces cultivables pour le reboisement et l'agrocarburant¹⁵.

Le développement des énergies renouvelables devra contribuer à la croissance économique et sociale, mais aussi à réduction des émissions de gaz à effet de serre, tel que préconisé dans la stratégie nationale du développement des mécanismes de développement propre.

3. Une faible exploitation des autres sources d'énergie, malgré de nombreuses options

L'exploitation des autres sources d'énergie renouvelable qui pourrait être une alternative reste faible pour de multiples raisons. L'une d'elles est liée aux coûts d'investissement élevés.

En outre, malgré la forte potentialité du pays en ressources hydrauliques, les centrales hydroélectriques ont produit 696 gWh d'Electricité en 2011¹⁶.

L'exploitation de l'énergie renouvelable reste encore marginale, malgré un potentiel certain :

- le potentiel éolien est conséquent, il est estimé à 2 000MW, avec une vitesse de vent moyenne de 6 à 9m/s à 50 m de hauteur. Il existe à Madagascar trois sortes de vents qui peuvent être exploitées : les vents des côtes, les vents locaux et les vents provenant de l'océan dont les alizées et les cyclones. Certaines régions comme le Nord de Madagascar ont commencé à s'investir sur cette source d'énergie.

La vitesse du vent se situe entre 7,5 à 9m/s à 50m de hauteur dans le nord Nosy Be, Vohémar, Cap Diégo, Sambava, Antsirabe Nord, Marambato ; elle est entre 6 à 9m/s à 50m de hauteur dans le sud : Taolagnaro, Tsihombe, Itampolo, Androka, Vohimena, Tanjona ; 6,5m/s du nord au sud longeant la côte Est.

- Le gisement solaire estimé à 2 000 kWh/m², est constitué par plus de 2 800 heures d'ensoleillement annuel. Dans certaines régions, le rayonnement est supérieur à 5.500 W/m². La puissance de l'énergie solaire est de 7 KW.

Les initiatives du secteur privé, des individus se font au niveau de petites unités, utilisant des installations photovoltaïques importées qui inondent le marché tels que les panneaux, les convertisseurs.

Pour la cuisson au niveau des ménages, des fours solaires sont vulgarisés, notamment dans le sud du pays. ADER et SOLTEC sont les principaux opérateurs qui les commercialisent.

- Les bioénergies : Ce domaine est très actif à Madagascar et les initiatives sont nombreuses. Il s'agit du bioéthanol issu de la canne à sucre qui pourrait se

¹⁴Diagnostic du secteur énergie à Madagascar, WWF en partenariat avec le Ministère de l'énergie –, partie II, septembre 2012

¹⁵Diagnostic du secteur énergie à Madagascar, WWF en partenariat avec le Ministère de l'énergie –, partie II, septembre 2012

¹⁶ Cf Bases de données de référence sur les énergies renouvelables de la région de la COMESA - 2011

substituer à l'essence pour les moteurs et aussi être utilisé comme combustible pour la cuisson domestique. En 2011, huit projets d'investissements industriels étaient en cours de réalisation avec un objectif de 35 000 ha de canne, soit une production prévisionnelle de 105 000 M3 d'agro éthanol, dont 236 ha ont été réalisés.

Il y a également le biodiesel obtenu par l'intermédiaire du jatropha curcas¹⁷. L'huile brute de jatropha peut être utilisée comme combustible pour éclairage ménager ou comme combustible pour la cuisson.

D'autres initiatives portent sur le potentiel de substitution de diesel ou de complément (hybride) par l'huile de Jatropha.

On enregistre aussi d'autres alternatives comme celle de la Fondation Energie pour le Monde qui a élaboré conjointement avec le Ministère de l'Energie le programme d'électrification rurale décentralisée basées sur les énergies renouvelables.

Des initiatives, de faible capacité, sont menées dans les villages par des opérateurs privés à l'instar de la production de 40 kW de balles de riz à Anjiajia, ou encore de 60 kW dans le village de Bejofo. L'utilisation de bagasse est faite dans les industries sucrières, pour leurs propres besoins.

Le projet BIOENERGELEC, le développement du projet d'expérimentation de la filière jatropha par le FOFIFA, en collaboration avec quelques pays africains, sont des exemples qui démontrent un début de la connexion de la recherche avec les autres secteurs du développement économique.

La production de l'énergie de la biomasse est également basée sur les balles de riz, du café en parches, de la biomasse ligneuse et des résidus agricoles.

Le potentiel de bioénergie devra cependant encore être inventorié et établi. Les initiatives de valorisation des sources d'énergie renouvelables et les bonnes pratiques devront être répertoriées, analysées et vulgarisées¹⁸.

4. Des activités de recherche localisées ou qui restent au stade expérimental

Les Energies Renouvelables intéressent la formation supérieure et la recherche scientifique qui les ont intégrées dans les programmes dans certaines facultés, écoles et instituts supérieurs de technologie, dans ceux des centres nationaux de recherche tels que le CNRIT et le FOFIFA.

Elles se retrouvent dans les filières traitant de la technologie, de la physique, de l'informatique, plus particulièrement. Mais elles constituent des thématiques de formation et de recherche dans le domaine agronomique, économique, social, juridique. Des recherches récentes se penchent aussi sur leurs relations avec l'augmentation des gaz à effet de serre.

L'école doctorale créée à l'Université d'Antsiranana avec l'Institut-Supérieur de Technologie d'Antsiranana a recensé un potentiel important de doctorants qui souhaitent se spécialiser dans le domaine. Les énergies renouvelables font partie des formations dans d'autres Universités, comme celle d'Antananarivo¹⁹.

Le domaine technologique fait l'objet d'un engouement de la part des chercheurs avec des modules connexes tels que les évaluations de potentiel d'énergie renouvelable, testant des

¹⁷ En 2011, 12 projets d'investissement avec un objectif de 462 000 ha et une production prévisionnelle de 544 444 m3 d'agrodiesel.

¹⁸ Il y a également d'autres projets développés dans le domaine de la bioénergie comme le projet BIOENERGELEC – Commune rurale de Manerinerina - en collaboration avec le CIRAD, l'ADER. Ce projet, financé par l'Union Européenne concerne six villages suivants d'Ambohijanahary, Befeta, Didy, Ifarantsa, Mahaditra, Manerinerina. Cf. Biomasse Energie pour la réduction de la pauvreté par l'électrification rurale - Projet FED 9 – ACP – RPR 49

¹⁹ Cf annexe les écoles doctorales de Madagascar

méthodes scientifiques pour la caractérisation et la quantification. A titre d'exemple, des prédictions du gisement solaire sont faites, à partir des données accessibles ou disponibles du site donné. Des modèles sont mis au point pour évaluer l'irradiation globale.

Actuellement l'objectif fixé par les écoles doctorales est le développement de prototype. Cet objectif se retrouve aussi dans les programmes développés dans les centres nationaux de recherche, dont principalement au CNRIT.

Les travaux de recherche sur l'éthanol comme combustible ont démarré depuis longtemps au FOFIFA, mais l'application des résultats n'a pas pu se faire, tant que la réglementation ne le permettait pas. La loi 2013-013 sur la protection et la commercialisation de l'éthanol a été promulguée en 2013. Ce n'est que récemment que la recherche appliquée a été reprise, combinant résultats technologiques et approches socio-économiques.

Le développement de recherche dans le domaine des énergies renouvelables peut dépendre aussi des opportunités offertes par la coopération régionale ou internationale. Tel est

le cas des expérimentations agronomiques sur le *Jatropha curcas*²⁰ qui visait à développer une synergie entre des groupes de recherche et des partenaires industriels de différents continents, pour la production de biocarburant. Il s'agissait de créer une collection mondiale de germplasm de *jatropha curcas*, de développer une information génétique et des marquages moléculaires (résistance aux maladies, teneur en huile, toxicité, ...).

Il existe plusieurs recherches sur les énergies renouvelables, réalisées dans le cadre de l'obtention de diplômes universitaires, mais elles n'ont pas été valorisées.

Des travaux de recherche appliquée se font parfois en fonction de la demande et les institutions de recherche sont responsables de la mise en marche des unités fabriquées.

Parmi les exemples les plus récents, on peut citer l'étude de pré-faisabilité d'une unité de production d'énergie à partir de la biomasse pour la provenderie dans la commune urbaine d'Ambalavao Tsienimparihy – dans la Haute Matsiatra, le développement de foyer amélioré, la mise en place d'unité de biogaz à Namandriha – Beloha, le traitement des boues de vidange à Manjakaray – Antananarivo.

Mais c'est surtout la filière bois énergie qui a fait l'objet de plusieurs programmes de recherches portant sur l'analyse de son fonctionnement en vue de son amélioration : analyse du système de contrôle et fiscalité, gouvernance forestière, marché²¹.

Dans cette filière bois-énergie, les recherches effectuées se sont beaucoup attelées à se rapprocher des acteurs de développement, des communautés locales. Des solutions ont été proposées pour une meilleure gestion locale, des méthodes améliorées de carbonisation, plus respectueuses de l'environnement, le développement de plantations à vocation énergétique.

Il s'avère pertinent d'inventorier les recherches réalisées sur l'ensemble du territoire, en vue de les valoriser.

Les études sur l'éthanol réalisées, étaient basées sur la production de canne à sucre à petite échelle qui est très répandue mais avec de très faibles rendements. Cette petite production est presque exclusivement utilisée pour produire du *Toaka Gasy*. L'utilisation de cette production artisanale pour la transformer en combustible standard. Le développement de micro-distillerie permettrait de produire de l'éthanol de qualité et de force assez élevées pour être utilisé dans des réchauds à éthanol. Or l'éthanol produit dans des alambics artisanaux est de trop faible concentration (seulement autour de 35-45% d'éthanol).

²⁰ Cf le projet JATROPT « *Jatropha curcas : Applied and Technological Research on Plant Traits* ». Le projet vise à (1) Développer un système de culture durable pour une meilleure production de biocarburant et de sous-produits (biomasse après extraction d'huile) tout en assurant une faible compétition avec les cultures vivrières ; (2) Mener des démonstrations des chaînes de production de biocarburant de *jatropha curcas* ; (3) Assurer la diffusion des résultats de recherche, des fiches agronomiques et des modèles de systèmes de production

²¹ Parmi les travaux citons, Montagne P. et al., 2010. Arina, le charbon de bois à Madagascar : entre demande urbaine et gestion durable. Antananarivo,

5. Une faible connexion entre la Recherche et les secteurs productifs

Les recherches ambitionnent de contribuer à la résolution des problèmes énergétiques du pays, tout en faisant naître une conscience environnementale. Elles sont parfois réalisées en partenariat avec des institutions de recherche étrangères ou dans le cadre de réseau régional ou sous-régional. A l'heure actuelle, la préoccupation est, en effet, partagée pour un développement de technologie propre.

Au niveau des écoles doctorales parmi les objectifs figurent la mise au point de prototypes, comme dans le cas de celle d'Antsiranana.

Des compétences dans le domaine existent et le pays dispose de spécialistes. Ces compétences ne demandent qu'à être valorisées.

Les résultats de recherche dans le domaine des énergies renouvelables restent souvent au stade expérimental et de production de prototype. Certaines des inventions des chercheurs ont été brevetées²². Cette situation traduit la faiblesse relative de la connexion entre la recherche et les secteurs productifs, privé comme public.

Le potentiel en source d'énergie mérite pourtant d'être mieux connu et mieux exploité pour le développement du pays.

Les nouvelles initiatives ne sont pas toujours suffisamment soutenues par des textes réglementaires. Les initiatives demeurent ainsi isolées et ne sont pas vulgarisées. Les questions de la rentabilité économique des sources d'énergie renouvelable sont souvent soulevées.

Des collaborations ont été, certes, initiées pour améliorer la connexion avec les secteurs productifs. A titre d'exemple, l'Ecole Supérieure de Polytechnique et l'Institut Supérieur de Technologie d'Antsiranana collabore dans le cadre du projet Mad'Eole²³ pour la vulgarisation de l'énergie éolienne depuis l'année 2010. Des études de faisabilité et des campagnes de mesure des vents, visant une meilleure connaissance du potentiel, ont été menées grâce à cette collaboration. Des projets d'électrification rurale par le biais de l'éolienne ont aussi été réalisés (50 kW pour trois villages), un programme d'électrification de quinze villages est en vue.

A part les programmes de l'électrification rurale, des ONGs apportent aussi leur soutien au secteur des énergies renouvelables à Madagascar, entre autre l'Association pour le Développement de l'Energie Solaire (ADES, coopération Suisse-Madagascar, WWF) qui vulgarise l'énergie solaire par le biais des cuiseurs solaires (four et parabole solaires), les foyers améliorés, la carbonisation améliorée, produits par la Recherche.

D'autres sources d'énergie renouvelable constitue également des potentiels, à explorer, tel est le cas de la géothermie, l'énergie marine qui figurent déjà dans les perspectives de la Recherche scientifique.

²² Trois brevets d'invention d'Energétique, procédé de fabrication artisanale et/ou industrielle de combustibles de Biomasse, en général et de phytomasse, en particulier par carbonisation; procédé de fabrication artisanale et/ou industrielle de combustibles solides à partir des roches carbonées telles que la tourbe, le lignite et la houille; système de four de carbonisation mixte ou double pour la fabrication artisanale et/ou industrielle de combustibles solides à partir de la biomasse ou de la biogéomasse. Cf Ecole doctorale Energie renouvelable et Environnement

²³ Le projet Mad'Eole est à la fois une ONG et une entreprise privée. L'ONG locale, à but non commercial a été créée en 2004, elle promeut l'information et la formation relatives à l'utilisation de l'électricité, et plus particulièrement des énergies renouvelables, dont l'énergie éolienne à Madagascar.

POTENTIELS HYDROELECTRIQUES



DEUXIEME PARTIE

Perspectives pour la recherche-développement

La Stratégie Nationale de la Recherche a mis en exergue la valorisation de ses résultats. La Recherche veut renforcer ses relations avec le développement économique et social et de ce fait, des changements de fonds devraient s'opérer à plusieurs niveaux :

- Au niveau des objectifs même de la recherche et de sa contribution dans les objectifs de développement et de lutte contre la pauvreté ;
- Au niveau institutionnel et organisationnel : le développement des capacités d'une recherche axée sur les résultats, le développement d'alliance avec les secteurs productifs du développement ;
- Au niveau des résultats de recherche qui devront être valorisés par une utilisation.

Dès lors, des mécanismes de relations impliquant recherche et production, chercheurs et opérateurs économiques devront être envisagés et renforcés. Les incubateurs de projets déjà opérationnels dans certains domaines, devront être adoptés dans le secteur des énergies renouvelables. Cette pratique a un double objectif : celui du soutien de la recherche nationale, mais également celui de contribuer au développement des énergies renouvelables.

Il est, en effet, important d'augmenter la production d'électricité, en innovant. La prospection des potentialités offertes par les sources d'énergie renouvelable viserait ainsi à améliorer la sécurité énergétique, l'accès à l'électricité.

Une urgence de mieux connaître les potentialités offertes par les énergies renouvelables en vue d'une meilleure exploitation

La recherche devra proposer les alternatives pour un secteur énergétique viable qui correspondent aux réalités du pays pour un développement durable.

Plusieurs institutions de Recherche et de formation universitaires sont impliquées dans les domaines très diversifiés des énergies renouvelables et font partie intégrante des programmes et du cursus. Des écoles doctorales y sont consacrées.

Les thèmes de recherche ont pour objectif de proposer des énergies alternatives répondant aux problèmes environnementaux, dont principalement la réduction de la consommation des bois de chauffe : conception des fumoirs améliorés, fabrication des foyers améliorés, séchoirs solaires, foyers à éthanol, valorisation énergétique des déchets ménagers, constructions d'équipements d'unité de fabrication de charbon à partir de produits de récupération. Les activités de recherche sur les agrocarburants sont développées dans les centres de recherche.

Modélisation, expérimentation, conception, réalisation et construction de prototype de pompe à chaleur (pour chauffage urbain et chauffage de serres, climatisation de locaux par énergie géothermique), de séchoir (industriel et agricole), sources thermales et balnéothérapie, couplage de modèles multi physiques fluide / solide, application au dimensionnement et à l'optimisation de pales d'éoliennes, tracé d'aubage et modélisation numérique de turbines hydrauliques pour Micro-Centrale Hydraulique, exploitation de l'énergie marine, électrification rurale et réseau isolée. Ce sont là des thèmes étudiés et qui font l'objet de recherche basés sur des connaissances incomplètes du potentiel existant.

Vision du Plan Directeur de la Recherche sur les énergies renouvelables

Ce Plan Directeur de la Recherche sur l'énergie renouvelable a comme vision :

- Une assurance pour répondre aux besoins de la **lutte contre la pauvreté**,
- Un appui pour la **formation adaptée** aux potentialités.

- Une recherche basée sur la diversité des sources d'énergie et sur des **technologies adaptées et appropriée**
- Une offre de choix contribuant à la **réduction de la pollution de l'environnement** et à **l'atténuation du changement climatique**,

Objectifs du plan directeur de la recherche sur les énergies renouvelables

Objectif global

Mettre à la disposition des utilisateurs un Plan Directeur de la Recherche pour le développement des énergies renouvelables, répondant aux besoins du développement du pays (social, économique, environnemental, culturel) et respectant les engagements pris au niveau international

- 1. Connaître la situation actuelle de la recherche dans le domaine de l'énergie renouvelable,*
- 2. Promouvoir l'innovation participative dans la recherche sur les énergies renouvelables à valeur ajoutée socio-économique, culturel et environnemental,*
- 3. Contribuer à l'atteinte des objectifs nationaux dans le cadre de l'économie verte et l'atténuation du changement climatique*
- 4. Renforcer la capacité technique, institutionnelle, organisationnelle et opérationnelle des entités concernées dans le domaine des énergies renouvelables*
- 5. Valoriser les résultats de recherche dans le domaine des énergies renouvelables pour un développement durable (économie, social, environnemental, culturel, technologique).*
- 6. Assurer la mise en œuvre efficace et efficiente du plan directeur de la recherche sur les énergies renouvelables par le Ministère chargé de la Recherche et de l'Energie*

Objectif Spécifique 1



I. CONNAITRE LA SITUATION ACTUELLE DE LA RECHERCHE DANS LE DOMAINE DES ENERGIES RENOUVELABLES

Reconnaissant la nécessité de réduire les impacts néfastes liés à l'utilisation des énergies fossiles dans la mesure où la consommation d'énergie est dominée par le bois, Madagascar a adopté les énergies renouvelables dans la réglementation non seulement énergétique mais aussi celle de l'environnement et du changement climatique.

La politique énergétique accorde une attention particulière aux énergies renouvelables et c'est ici que l'intervention de la recherche prend tout son sens. La recherche scientifique a un rôle à jouer dans l'atteinte des objectifs nationaux et elle se doit de clarifier les prises de décision, pour mieux asseoir cette politique énergétique.

Des activités de recherche ont, certes, été initiées au sein des institutions, dans le cadre de programmes internes, mais aussi dans le cadre de conventions de partenariat, et ce, tenant compte des orientations mentionnées dans les traités internationaux et dans les politiques nationales. Il est, cependant, important de faire le point sur les différentes activités déployées, les résultats obtenus, dans un objectif, d'une part, de valoriser la recherche et d'autre part, de mettre à jour les nouvelles orientations de cette dernière.

Le bilan préliminaire réalisé lors de la préparation de ce plan directeur sur les Energies Renouvelables fait état d'une forte concentration d'activités dans le domaine de la technologie qu'il s'agisse de centres de recherche, d'universités ou d'instituts supérieurs. Ces activités aboutissent généralement à la mise au point de prototype. Les approches à développer devront être multidisciplinaires.

Les actions à entreprendre

1.1- Rassembler et faire un état des lieux des programmes de recherche existant dans le domaine de l'énergie renouvelable du point de vue technologique, social, économique, culturel, environnemental

Le bilan préliminaire effectué a également mis en exergue la diversité des domaines traitant de la thématique. Ceci va de la technologie, aux sciences économiques, sociales et juridiques. Les études d'impact environnemental, le bilan carbone, en relation avec les gaz à effet de serre font partie des nouveaux thèmes traités par la Recherche, plus particulièrement dans le contexte du changement climatique.

La technologie connaît un essor certain au sein des institutions de formation et de recherche, avec des expérimentations réalisées sur toute une gamme de source d'énergie renouvelable.

Un inventaire des programmes de recherche entrepris dans les institutions de Recherche, les Universités et les Instituts Supérieurs de Technologie est primordial car il permet d'une part, de faire le point sur les travaux qui ont été réalisés et d'autre part, d'évaluer leur pertinence par rapport aux besoins économiques et sociaux du pays.

1.2- Diagnostiquer le secteur des énergies renouvelables

L'analyse – diagnostic du secteur de l'énergie renouvelable portera à la fois sur les aspects des technologies développées à Madagascar, que sur l'organisation et le fonctionnement des différentes filières.

Il s'agit, en outre, d'évaluer les impacts réels et potentiels des énergies renouvelables dans les domaines économiques, sociaux, sanitaires, culturels et environnementaux. Le faible

développement des énergies renouvelables à Madagascar est lié à de nombreux facteurs qui devront être identifiés et analysés, dans une perspective de déblocage de la situation.

Ces analyses –diagnostics devront mettre en exergue les différentes lacunes en matière de recherche et permettre, par ailleurs, d'identifier les nouveaux besoins de recherche-développement du secteur.

Les résultats attendus

- ✚ Un bilan des programmes de recherche sur les énergies renouvelables effectué
- ✚ Des études - diagnostic du secteur des énergies renouvelables par source et par région réalisées et analyses de la pertinence des activités par rapport aux objectifs du développement des énergies renouvelables
- ✚ De nouvelles orientations pour les activités de recherche à réaliser
- ✚ Une base de données sur le potentiel d'énergies renouvelables et sur les activités de recherche réalisées et en cours créée.

Objectif Spécifique 2



II. PROMOUVOIR L'INNOVATION PARTICIPATIVE DANS LA RECHERCHE SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES A VALEUR AJOUTEE SOCIO-ECONOMIQUE, CULTURELLE ET ENVIRONNEMENTALE

La Stratégie Nationale de la Recherche, dans son premier axe stratégique, détermine les priorités d'une Recherche cohérente avec les besoins du développement économique et social mais respectueux de l'environnement. Parmi les priorités, il est recommandé de promouvoir des recherches innovantes sur les énergies renouvelables.

En outre, la stratégie nationale de l'innovation et de la propriété intellectuelle, en cours de préparation, sous la coordination des ministères chargés de l'Industrialisation et de l'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique, doit accompagner le processus d'innovation, de production dans un contexte de compétitivité.

La promotion de l'innovation technologique dans le domaine de la recherche sur les énergies renouvelables doit être participative, impliquant une alliance entre la recherche et la production. Elle doit, par ailleurs, tenir compte des spécificités régionales.

Les actions à entreprendre

2.1- Inventorier et évaluer le potentiel d'énergies renouvelables, au niveau national

Plusieurs études et recherches ont été réalisées ces dernières décennies et portent sur l'identification, la caractérisation et l'évaluation du potentiel d'énergie renouvelable à Madagascar.

Il s'agit dans un premier temps de rassembler les données existantes par type de source. Ce potentiel à inventorier et à analyser comprend:

- L'énergie hydraulique qui est la mieux connue, mais qui est sous-exploitée. Une meilleure connaissance de ce potentiel est nécessaire ;
- L'énergie solaire qui connaît un engouement. On assiste à une offre abondante de panneaux photovoltaïques de toutes dimensions sur les marchés ;
- L'énergie éolienne qui fait l'objet d'initiative dans le nord du pays, plus particulièrement ;
- Les bioénergies qui offrent une large panoplie de potentiels. Ici, les apports en termes d'électricité, les besoins en approvisionnement de centres thermiques à biomasse devront être évalués, en vue de voir la viabilité des projets existants et proposés : les balles de riz dans les zones rizicoles, la bagasse dans les zones de production de canne à sucre, les déchets forestiers de l'est du pays... ;
- L'énergie marine pour laquelle l'étude du potentiel commence à intéresser la Recherche scientifique...

Les potentiels identifiés devront, ensuite, faire l'objet d'analyses et de suivis plus approfondis, en vue de vérifier la faisabilité de leur exploitation.

Des bases de données sur certaines sources d'énergie, telles que les ressources hydrauliques dans certains sites ou encore les vents, ont été établies, dans le cadre de projets de recherche. Il est nécessaire qu'elles soient maintenues à jour et qu'elles soient étendues au niveau national et à d'autres sources.

Ces inventaires et caractérisations des sources d'énergies renouvelables aboutiront à des modèles qui permettront d'obtenir des données viables pour d'éventuelles exploitations.

2.2- Développer la recherche dans le domaine des énergies renouvelables en fonction de la spécificité de chaque région et impliquer les acteurs du développement dans le processus d'incubation de projet

Les travaux de Recherche seront basés sur les potentialités et les spécificités régionales. Des initiatives existent déjà, notamment dans le domaine de la technologie qui concentre plusieurs initiatives développées au sein des Institutions supérieures de formation et de recherche. Celles-ci devront être renforcées et soutenues, en vue d'améliorer les performances de l'énergie éolienne comme dans le nord du pays, l'énergie solaire à l'université de Toliara ou à celle d'Antananarivo. La prospection dans le secteur des biocarburants devra se poursuivre, autour des zones agricoles des hautes terres centrales et plus particulièrement avec le concours des centres de Recherche tels que le FOFIFA, le CNRIT...

La mise au point de prototypes est certes, l'objectif de certaines institutions de Recherche. Il est cependant nécessaire, d'aller au-delà et mettre les résultats de Recherche au service du développement, au service des opérateurs.

Des modèles de coopération chercheurs – opérateurs ont été expérimentés, pour ne citer que le cas de MAD'EOL à Antsiranana qui a permis l'alimentation en électricité à partir de l'énergie éolienne du village de Sahasifotra depuis l'année 2007, puis plus tard dans les villages d'Ambolobozobe, d'Ambolobozokely, d'Ivovona. Ce projet de mise en place a été réalisé par avec l'Université d'Antsiranana, l'Institut Supérieur de Technologie d'Antsiranana, l'association MAD'EOL, l'ADER et des donateurs étrangers.



Les recherches technologiques réalisées ou en cours prennent en compte les matériaux locaux, existants sur place, à l'instar de ce qui est réalisé actuellement à l'Université et à l'Institut Supérieur de Technologie d'Antsiranana²⁴. Ils ont en effet conçu des aérogénérateurs de petite puissance à partir des matériels de récupération, tels que les machines électriques, les convertisseurs statiques, ... et des ressources locales comme le bois ou le plastique pour les pales destinés aux sites isolés avec un rendement optimisé et surtout à la portée d'une grande marge de population rurale.

La Recherche sur les bioénergies devra être intensifiée. Des améliorations seront apportées au niveau des distillateurs traditionnels et des conceptions de nouveaux distillateurs à fort rendement énergétique seront expérimentées dans les laboratoires de recherche, avant d'être vulgarisés.

Les modèles et les prototypes proposés doivent particulièrement prendre en considération les coûts d'accès à l'électricité, facteur déterminant, pour les opérateurs économiques et industriels qui tiennent compte des possibilités des consommateurs, dans le sens de la réduction des coûts d'accès.

Les travaux de recherche actuelle mettent également un accent particulier sur les méthodes d'optimisation de rendement énergétique d'un système éolien ou solaire, en vue de

²⁴ Cf Vers la conception d'aerogenerateurs de petite puissance destines aux sites isolés des pays en voie de développement Sambatra Eric Jean Roy, Rafanotsimiva Liva, Rakoto Dominique, Rakotonirina Emile, Ramahaleomiarantsoa Jacques, Razafimahenina Jean Marie

maximiser la puissance captée. Il faudrait intensifier les recherches sur ces aspects de la question.

Ainsi, en dehors de l'aspect purement technologique, les études de faisabilité pour l'implantation d'unités d'énergie renouvelable, les capacités de production, les études de marché, les études socio-culturelles devront être menées, en vue d'assurer la viabilité des actions d'incubation à entreprendre.

2.3- Réaliser des études et analyses coût-bénéfices sur les énergies renouvelables

Dans le choix de modèles de développement des énergies renouvelables, la réalisation d'analyses coût-bénéfice est primordiale car elles permettent de bien asseoir les projets.

L'objectif de ces analyses est de réduire les coûts d'installation et de production de ces énergies. Il s'agira ainsi de permettre une plus grande accessibilité à la population.

Les analyses tiendront ainsi compte des coûts d'investissements et de production pour chaque type d'énergie et des capacités des différentes catégories de consommateurs (ménages ruraux et urbains, secteur secondaire, secteur tertiaire).

Elles permettront de comparer les différents types d'énergie sélectionnés et de proposer des scénarios de production énergétique, pour l'électricité, la consommation domestique, les transports ...

Elles considèreront la capacité des différentes catégories d'acteurs concernés.

Les résultats attendus

- ✚ Des programmes de recherche selon les spécificités régionales développés
- ✚ Les acteurs du développement, les opérateurs économiques impliqués dans le processus d'incubation de projet
- ✚ Les analyses coûts-bénéfices des énergies renouvelables réalisées, en vue des prises de décisions.



Objectif Spécifique

3

III. CONTRIBUER A L'ATTEINTE DES OBJECTIFS NATIONAUX DANS LE CADRE DE L'ECONOMIE VERTE ET A L'ATTENUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Madagascar, à l'instar de plusieurs pays en développement et développés, s'est engagé depuis l'année 2000, dans le processus du développement durable qui vise à s'investir sur le long terme en adoptant des techniques peu destructrices et respectueuses de l'environnement.

L'adoption de l'économie verte vient renforcer cette nécessité mondiale, dans laquelle les énergies renouvelables tiennent une place de premier ordre.

Les émissions de gaz à effet de serre (GES), notamment le dioxyde de carbone dont la durée de vie dans l'atmosphère serait plus longue, sont à l'origine du réchauffement climatique. L'augmentation de ces émissions est estimée à 20% d'ici 2020. Les conséquences environnementales, sociales, culturelles et économiques appellent à des prises de mesure efficaces qui devraient permettre une diminution de ces émissions au niveau international, et national.

Il est établi par les rapports du GIEC, qu'une part importante des émissions de gaz à effet de serre est due à la fourniture et à la consommation d'énergie. Ainsi, la combustion des énergies fossiles, celle du charbon, lignite, pétrole et ses dérivés (carburant diesel ou kérosène) ou gaz naturel sont des émettrices d'énergie, de CO² et de différents autres sous-produits.

La ratification par Madagascar de la convention des Nations Unies sur le changement climatique en décembre 1998 implique de notre part le respect des engagements pris qui ont été traduits en termes de politique nationale élaborée en 2010.

Une attention particulière doit être donnée à la recherche des voies et moyens pour l'atteinte de ces objectifs. Le développement des énergies renouvelables se présente comme étant une des orientations majeures, priorisées par la stratégie nationale du développement de mécanisme de développement propre de l'année 2010. Il devra permettre de contribuer à la réponse au défi posé par le Développement Durable et l'économie verte.

L'accès à l'Energie, y compris à partir des ressources renouvelables et l'efficacité énergétique fait partie des sept domaines prioritaires ciblés dans Rio+20, au même titre que :

- La lutte contre la pauvreté ;
- La promotion de la sécurité alimentaire et l'agriculture durable ;
- La gestion rationnelle de l'eau ;
- Les établissements humains durables ;
- La gestion des océans ;
- L'amélioration de la résilience et de la préparation aux catastrophes.

Les activités liées au développement de l'énergie renouvelable doivent être intégrées à l'environnement et aux actions de développement durable. Leur développement doit être cohérent avec la politique environnementale et celle de l'aménagement du territoire.

La politique nationale sur le changement climatique a défini quelques orientations majeures qui sont :

- Le renforcement des actions d'adaptation au changement climatique tenant en compte des besoins réels du pays;
- La réalisation des actions d'atténuation au profit du développement ;
- L'intégration du changement climatique à tous les niveaux;
- Le développement des instruments de financements pérennes;
- La promotion de la recherche, le développement et le transfert de technologies en la matière.

Compte-tenu des initiatives existantes, des expériences acquises dans les laboratoires ou sur le terrain, il est important de se baser sur ces acquis, en veillant à leur adaptation aux réalités socio-économiques, culturelles et environnementales.

Les actions à entreprendre

3.1 Inventorier et analyser les bonnes pratiques spontanées ou planifiées dans un objectif de capitalisation et de valorisation

Des initiatives individuelles et/ou de groupes, en matière de sources d'énergie, sont soutenues par des associations, des ONG, des opérateurs privés, des partenaires du développement. Elles répondent à des demandes sociales, d'électrification rurale, elles constituent des alternatives ou des compléments à l'utilisation des énergies fossiles du bois. Ces initiatives sont ainsi intégrées dans les actions de préservation de l'environnement : électrification rurale, développement de foyer amélioré, meilleure carbonisation...

Ces actions s'inscrivent dans la Stratégie Nationale de Mécanisme de Développement Propre qui fait la promotion des activités sur les énergies renouvelables, avec l'appui de quelques projets phares.

Dans le cas de l'électrification rurale, plusieurs micro-projets ont été réalisés, notamment en relation avec la création de l'ADER, qui travaille avec différents partenaires pour la mise en place de petites centrales hydro-électriques, basées sur des études de faisabilité et des collectes de données sur les ressources naturelles. Ces projets visent à améliorer l'accès à l'électricité générée à partir de sources énergétiques renouvelables et à promouvoir l'utilisation productive de cette électricité en milieu rural, dans un objectif de réduire la dépendance aux énergies fossiles, réduisant ainsi les émissions de GES.

A titre d'exemple, on peut citer la création en 2010 de la centrale hydroélectrique d'HYDELEC à Sahanivotry qui fournit une production d'énergie de 12 - 15 MW au réseau interconnecté de la JIRAMA entre Antsirabe et Antananarivo. Cette centrale permet de réduire la consommation de fuel pour son énergie thermique. La réduction d'émissions du projet est évaluée à près de 44.000t CO₂/an. Ce projet a été proposé au mécanisme de développement propre.

Le deuxième exemple concerne la combustion de la biomasse développée pour l'électrification rurale de Manerinerina de la commune rurale d'Andaingo en 2012 et qui a vu l'implication de GESFORCOM²⁵.

De même, la microcentrale électrique à biomasse à Anjajia dans la région Boeny, d'une puissance installée de 40 kW a permis à 200 abonnés, représentant 4% de la population totale de la Commune de s'électrifier. La durée d'accès à l'électricité est de 14 heures / jour et des poteaux d'éclairage public ont également été installés.

Plusieurs villes secondaires bénéficient d'éclairage public en utilisant des panneaux solaires.

Dans le cas de l'énergie domestique, les expériences en liaison avec les mesures d'atténuation du changement climatique et de réduction de la déforestation sont multiples, allant des fours améliorés pour usage domestique, au développement de technologie adaptée, à la production de nouvelles sources d'énergie et au développement de la filière Bois-Energie. La plupart du temps, ces activités sont développées dans le cadre de projets réalisés au niveau local.

Les pratiques devront être évaluées et analysées en considérant les objectifs de l'économie verte et ceux de l'atténuation du changement climatique. La capitalisation, la valorisation, inventaire et l'analyse de ces bonnes pratiques sont nécessaires.

²⁵ Ce projet financé par l'Union européenne implique plusieurs partenaires dont le Ministère chargé de l'Environnement, le CIRAD, le FOFIFA, la commune rurale d'Andaingo, l'ADER

3.2 Soutenir l'efficacité énergétique dans la filière bois-énergie

Il est évident que le bois énergie restera encore pour plusieurs années la principale source d'énergie utilisée à Madagascar, plus particulièrement au niveau des ménages pour lesquels le bois ramassé en milieu rural, le charbon de bois et le bois de chauffe sont les plus utilisés.

77,7% des ménages, surtout ruraux, s'approvisionnaient en bois ramassé destiné à la cuisson en 2012. Le charbon de bois, énergie de proximité, est consommé par 17,1% des ménages qui sont principalement urbains. En général, 47% des ménages vivant en milieu urbain, de l'ordre de 431 000 ménages utilisent le charbon pour la cuisson²⁶

La demande en charbon ne cesse de s'accroître, avec notamment l'augmentation de la population. Ceci menace les ressources naturelles. En 2012, la consommation totale en charbon de bois était estimée à 402 000t pour le bois de chauffe, elle était estimée à 10,6 millions de m³, et les projections faites par le WWF donnent 16,4 millions de m³ en 2050.

Reboisements d'espèces à croissance rapide, reboisements à vocation énergétique, figurent parmi les actions développées pour une amélioration de la gestion rationnelle de la filière bois énergie.

Les efforts dans ce sens devront être soutenus en se basant sur les expériences acquises dans le cadre de la réforme de la filière Bois Energie, entreprise dans certaines régions pour assurer l'approvisionnement en bois de quelques villes comme Toliara avec l'ABETOL, à Mahajanga avec PPIM et PEDM, le projet de reboisement villageois individuel réalisé dans le nord du pays avec la GIZ²⁷.

De nouveaux modèles, basés sur les expériences pourront être développés et adaptés dans d'autres régions. Ces modèles tiendront compte de plusieurs paramètres qui feront l'objet de recherche : les espèces qui devront être à croissance rapide, les conditions géographiques, pédologiques, climatiques et les impacts socio-économiques. En outre la gestion de ces reboisements à vocation énergétique devra être définie avec la population bénéficiaire, les rendements énergétiques devront être analysés.

Dans le cadre des techniques de carbonisation, les efforts de la Recherche devront toujours aller dans le sens de la réduction des coûts écologiques, économiques et sociaux liés à la production, le transport et à la consommation d'énergie. Ceci implique également la réduction de l'empreinte carbone qui devra être analysée.

Dans un autre registre, il y a lieu de renforcer les recherches et prospecter le domaine des foyers économes, tels les briquettes à charbon de résidus, en valorisant les matériaux locaux et les autres sources d'énergie comme l'éthanol²⁸, à l'instar des prototypes réalisés par le CNRIT, le FOFIFA depuis les années 1990.

Le charbon de bois provient de trois sources principales :

- Des plantations forestières paysannes, localisées essentiellement sur les hautes terres centrales. Elles sont constituées par des eucalyptus robusta (axe Anjozorobe – Manjakandriana - Tsiacompaniry). Elles approvisionnent les grandes villes des hautes terres, dont Antananarivo, Antsirabe, Ambositra, Fianarantsoa, Moramanga, Ambatondrazaka.
- De l'exploitation des forêts naturelles qui approvisionnent les villes de Mahajanga, Taolagnaro, Antsiranana et Morondava. Il est à noter que la production provient soit de coupe sélective, soit de la récupération des bois éliminés lors des défrichements.
- Des plantations industrielles qui sont constituées de bois de pins incluses dans les concessions d'une superficie de 65 000ha, de la société Fanalamanga à Moramanga

²⁶ Cf Enquêtes auprès des ménages en 2010- INSTAT

²⁷ Le reboisement a concerné 6600 Ha de parcelles reboisées à Ambilobe (région Diana) et 303 Ha et 60 Ha respectivement pour le Reboisement Villageois Individuel (RVI) et Périmètre d'Afforestation Individuel (PAI) à Marovoay et Ambato Boeny - Région Boeny

²⁸ Le Décret 2014 – 903 du 13 août 2013 portant application de la Loi 2013-013 du 14 novembre 2013 permet désormais la production et commercialisation de l'éthanol combustible à Madagascar



Par ailleurs les études de filières bois énergie, celles portant sur les foyers économes et les briquettes à charbon de résidus permettront de mieux asseoir les actions entreprises.

Des études de marché permettront de déterminer les différents segments de marché destiné à ces types de foyers. La commercialisation de ces foyers améliorés cible les ménages qui utilisent le charbon, le bois de chauffe mais également ceux qui utilisent le gaz et le pétrole lampant.

Production de charbon de bois issu de forêts naturelles

Les actions menées doivent ainsi viser à réduire les coûts écologiques, directs et indirects, les coûts économiques et sociaux induits par la production, le transport et à la consommation d'énergie. Par ailleurs, elle contribue et à l'adaptation au changement climatique et à la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre.

3.3 Intensifier les recherches sur la biomasse

Les travaux de recherche et les activités de valorisation de la biomasse font partie de cette recherche d'efficacité énergétique. Cependant, une meilleure connaissance du potentiel devra être mise en relief. Les initiatives, les recherches, la technologie, basées sur la biomasse devront être inventoriées et évaluées, en vue d'une capitalisation des acquis.

Qu'il s'agisse de balle de riz, de bagasse de canne à sucre, de rafles de maïs, de pailles, de tiges, de coques, du bois que de déchets urbains, l'inventaire de ce potentiel permettra de faire le point sur ce qui existe et sur les lacunes quant à leur vulgarisation²⁹.

Les initiatives menées dans les secteurs agricole et environnemental sont nombreuses, elles sont réalisées dans un objectif de valorisation de la biomasse, ligneuse et non ligneuse pour produire de l'énergie à faible coût, ou pour l'alimentation du foyer de combustion et donc la production de vapeur par la chaudière.

Les distillateurs traditionnels utilisés en milieu paysan, les prototypes et modèles de distillateurs conçus dans les laboratoires de recherche devront être améliorés et vulgarisés avec l'appui des opérateurs économiques, dans une perspective d'efficacité thermique et énergétique³⁰.

Cependant, leurs portées sont limitées dans l'espace et dans le temps et les rendements énergétiques basées sur les expériences existantes, méritent d'être mieux connues avant de pouvoir les valoriser.

²⁹ La centrale à biomasse d'Anjiajia, Région Boeny utilise des déchets, notamment des déchets de riz décortiqué ou sons de riz que l'on transforme en gaz à l'aide des turbines, qui, à leur tour, fournissent de l'électricité d'une puissance de 40 **kwx2**. Le besoin quotidien nécessite en moyenne 64 sacs de ces déchets et sons de riz afin d'assurer les 14 heures d'électricité.

³⁰ Les exemples sont nombreux dans le rapport réalisé en 2010, notamment pour l'éthanol. Cf Ethanol as a Household Fuel in Madagascar, Preliminary Draft Report. Dated 5th February Practical Action Consulting, 2010, pp.8- 46.

3.4 Développer des modèles viables et innovants d'énergie renouvelable contribuant à l'atténuation du changement climatique

A partir des bonnes pratiques capitalisées et vulgarisées, les programmes de recherches sur les énergies renouvelables développeront des modèles viables et innovants pour contribuer à l'atténuation du changement climatique.

- **Vulgariser et adapter les résultats des recherches sur les énergies renouvelables par rapport à l'atténuation du changement climatique**

L'analyse de ces bonnes pratiques ne relève pas uniquement du domaine technologique et technique, elle doit aussi prendre en considération d'autres paramètres qui sont économiques, sociales et aussi culturelles, aspect que la recherche devra considérer, dans la conception de modèles viables et innovants.

- **Mettre à la disposition des secteurs productifs ou développer des Start up impliquant chercheurs-opérateurs-communautés locales**

Les résultats de Recherche devront être mis à la disposition du secteur productif, pour pouvoir être mis en application.

Cette alliance entre la Recherche et le secteur de production, public ou privé permettra de bien asseoir les activités de développement de l'énergie renouvelable. Cette coopération est nécessaire car elle permettra à la Recherche d'être mieux valorisée avec l'appui des opérateurs. Les projets seront basés sur des résultats qui existent déjà sous forme de prototype.

Le concept de « Fablab » ou laboratoire de fabrication pourra être développé, pour stimuler la recherche et mobiliser les jeunes chercheurs, dans la conception et la réalisation de prototypes, en faisant appel à des entreprises³¹.

3.5 Quantifier et modéliser les impacts environnementaux des sources d'énergie renouvelable

D'une manière générale, une part importante des émissions de gaz à effet de serre est due à la fourniture et à la consommation d'énergie. Cela est surtout lié aux énergies fossiles liées à la combustion de charbon, de pétrole et de ses dérivés.

Certaines études mettent, certes, en exergue la faiblesse relative des émissions de gaz à effet de serre des sources d'énergie renouvelables. Cependant les travaux scientifiques réalisés au niveau international introduisent dans les bilans carbonés, d'autres facteurs comme les modes d'exploitation des ressources, les quantités des énergies fossiles éventuellement mises en œuvre pour préparer les produits énergétiques finaux, les installations de production pour lesquelles la construction inclut des dépenses énergétiques potentiellement émettrices de gaz à effet de serre.

Ces quantifications de gaz à effet de serre, en fonction des filières se baseront sur les expériences internationales et les études de cas réalisées au niveau national.

En outre, des études économiques, sociales et culturelles de l'utilisation des énergies renouvelables accompagneront également ces études d'impact si on veut envisager la durabilité et l'intégration de cette technologie sur les énergies renouvelables dans le développement du pays.

³¹ Le CIDST avec l'ONG Habaka organise périodiquement des concours à l'intention des jeunes chercheurs pour la création de prototype innovant à travers le Science Hack Day notamment. De jeunes chercheurs travaillent et collaborent pendant 48 heures pour créer et innover. Cette pratique qui a un objectif de stimulation de l'innovation pourrait être combinée et évoluer en Fab'lab.

Des modélisations des impacts environnementaux, intégrant plusieurs paramètres à savoir : climatiques, économiques, sociaux et environnementaux constituent des outils de suivi à moyen et à long terme des technologies développées.

Ces études aident dans les prises de décision quant au choix du type d'énergie renouvelable et aux orientations à donner et au suivi du fonctionnement.

3.6 Renforcer et multiplier la recherche sur la quantification de carbone dans les forêts plantées et artificielles à l'échelle plus élargie

D'une manière générale, on connaît mieux la capacité de stockage de carbone des forêts naturelles, plus particulièrement dans le contexte de crédit carbone à Madagascar, que celle des forêts plantées et artificielles. Elle doit d'être plus approfondie. Des données existent certes sur les forêts de reboisement et artificielles, elles ont été obtenues à partir des outils de la télédétection. Un affinement de ces résultats obtenus permettrait d'avoir une meilleure connaissance de la capacité de stockage de carbone des reboisements

Les résultats attendus

- ✚ Les bonnes pratiques liées aux actions de lutte contre le changement climatique et l'économie verte inventoriées
- ✚ Les modèles viables et innovants mis au point et prêts à la vulgarisation
- ✚ L'efficacité énergétique assurée
- ✚ Les incubateurs de projet sur les énergies renouvelables appuyés et développés
- ✚ L'espace et cadre de rencontre des chercheurs et acteurs des deux secteurs constitué.

Objectif Spécifique 4



IV. RENFORCER LA CAPACITE TECHNIQUE, INSTITUTIONNELLE, ORGANISATIONNELLE ET OPERATIONNELLE DES ENTITES CONCERNEES DANS LE DOMAINE DES ENERGIES RENOUVELABLES

Le domaine des énergies renouvelables est un domaine nouveau. On constate encore des lacunes au niveau des compétences et des capacités dans ce domaine. De plus, malgré le fait que la recherche constitue une base pour l'exploitation et le développement de cette filière, les entités ou les ministères concernés par ce domaine ont fait de leurs besoins leurs priorités, sans toujours tenir compte des programmes de recherche effectués.

Il faut donc une coordination entre les entités concernées pour assurer la bonne gestion de la filière. Cette coordination demande un développement sérieux du partenariat à tous les niveaux et aussi une mise en place des mesures incitatives pour favoriser l'approche innovante et la recherche appliquée.

Les actions à entreprendre

4.1- Renforcer la formation dans le domaine des énergies renouvelables

La formation dans les universités, les Instituts Supérieurs de Technologie devra être renforcée pour un développement et une meilleure maîtrise des énergies renouvelables. Dans un premier temps, il s'agit d'inventorier les compétences existantes et d'identifier les besoins de formation. Les formations peuvent aller de l'inventaire des potentiels à la conversion des ressources renouvelables en passant par le stockage, la gestion et la distribution qui requièrent des compétences scientifiques et technologiques très diverses : mécanique, thermique, hydraulique, matériaux, électricité, électrotechnique, électronique, automatisme et informatique...

Les efforts déployés dans ce sens, notamment au niveau Master et Doctorat devront être soutenues et renforcées.

Un des aspects de la formation pour lequel un effort particulier devra être fait, porte sur la maintenance des ouvrages. C'est une spécialité qui ne doit pas être négligée. Elle doit faire l'objet de formation au niveau de la formation professionnelle, au niveau master et même au niveau du doctorat.

4.2- Renforcer les capacités des institutions responsables de la gestion de l'énergie, de l'environnement, du changement climatique, de l'eau au niveau national et local

Le travail de recherche dépend des capacités de chaque institution responsable de la gestion de l'énergie. Parfois cette capacité reste encore insuffisante ce qui nécessite un renforcement. Dans le domaine des énergies renouvelables, les entités concernées devraient contribuer dans la mise en œuvre effective de la recherche.

Il faut connaître les institutions de formation et de recherche avec une analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces pour assurer la qualité du renforcement de ces capacités au niveau national et local, public et privé.

Le manque de connaissance sur les résultats de recherche constitue un obstacle pour le renforcement des capacités. Une meilleure accessibilité aux résultats de recherche par les utilisateurs est recommandée.

A titre de renforcement des capacités, des formations, des perfectionnements techniques institutionnels, organisationnels et aussi une veille technologique devront être prévus.

Pour mieux renforcer les capacités, la relation entre les opérateurs de services et les institutions de recherche devra être renforcé par un établissement des contrats.

Les programmes de coopération avec des organismes publics et privés donnent un véritable sens au renforcement des capacités. En effet, ils ouvrent des possibilités aux fins de la recherche appliquée, de la coproduction de savoirs ainsi que de la formation professionnelle et du perfectionnement, et ce, tant pour les chercheurs que pour les étudiants des lycées.

Sachant que, chaque région à sa spécificité en matière d'énergies renouvelables, le renforcement des capacités technique, institutionnelle, organisationnelle et opérationnelle des autorités de base dans le développement des énergies renouvelables est jugée importante pour orienter la recherche régionale.

4.3- Développer le partenariat public-public, public-privé, au niveau régional, national, international

Des partenariats existent déjà au niveau des recherches effectuées par des centres et institutions de recherche. Mais ces partenariats s'avèrent encore fragiles et insuffisants et ils méritent d'être développés. Le développement du partenariat devra s'effectuer entre institutions publiques et/ou entre public-privé de façon individuelle ou collective et se fera au niveau régional, national et même international entre les chercheurs dans le domaine des énergies renouvelables.

Pour développer ce partenariat, il faut multiplier les échanges et partages entre les étudiants, chercheurs et utilisateurs à l'échelle régionale, nationale et internationale par le biais des stages, des expériences d'apprentissage, des colloques, des projets de recherche et d'autres programmes de formation appliquée.

Il faut aussi améliorer la collaboration et la coordination entre les diverses institutions-Centres-Ecoles Doctorales et les secteurs de développement exerçant dans le même domaine.

Le développement de partenariat entre institutions de recherche, la mutualisation des moyens financiers, humains et techniques ainsi que la définition d'une approche marketing de proximité dans la recherche constituent une assurance pour le renforcement du partenariat dans le cadre de la recherche sur les énergies renouvelables.

4.4- Mettre en place des mesures incitatives et des motivations pour des programmes de recherche qui favorisent ces approches innovantes et recherche appliquée

Des réflexions devront être menées pour pouvoir motiver la Recherche & Développement et l'innovation. Les mesures incitatives de la recherche peuvent porter sur plusieurs aspects, allant de la facilitation de l'accès aux données et informations, aux crédits bancaires, aux fonds compétitif de la Recherche, à la franchise douanière pour les équipements de recherche innovante, aux primes d'excellence attribuées aux chercheurs méritants.

4.5- Favoriser la synergie entre recherche et développement

Les résultats de recherche dans le domaine des énergies renouvelables restant au stade expérimental et de prototype, la synergie entre la recherche et les secteurs productifs devra être créée et renforcée. Les efforts déployés au cours de ces dernières années, pour faire connaître la Recherche et ses résultats, à travers les forums en invitant les opérateurs économiques, devront se poursuivre. La Recherche devra, par ailleurs, innover dans ses modes de communication au public.

Les résultats attendus

- ✚ Les capacités techniques, institutionnelles, organisationnelles et opérationnelles des responsables renforcées
- ✚ Les formations, échanges et partages multipliés
- ✚ Le partenariat public-public, public-privé à tous les niveaux développé
- ✚ Les mesures incitatives et de motivations mises en place
- ✚ Le système de promotion et récompense mis en place
- ✚ La synergie entre la recherche et développement promue

Objectif Spécifique 5



V. VALORISER LES RESULTATS DE RECHERCHE DANS LE DOMAINE DES ENERGIES RENOUVELABLES POUR UN DEVELOPPEMENT INTEGRE ET DURABLE

Des activités de recherche ont été effectuées dans le domaine des énergies renouvelables surtout sur le plan technologique. Pourtant, on constate que, malgré leur diversité, elles n'ont pas bénéficié de planification, en l'absence de la politique de la recherche. Elles correspondent, toutefois, à des besoins inscrits dans la politique sectorielle de l'Energie à Madagascar.

La situation actuelle est telle que l'on se trouve face à une disparité des thèmes et activités de recherche sur les énergies renouvelables, traduisant, certes des besoins mais également des compétences qui existent. Cette absence de priorisation et de planification dans le domaine de la recherche devra ainsi être corrigée.

Les divers forum et expositions mettent en relief l'existence de produits de la recherche, qui s'arrêtent le plus souvent au stade expérimental ou celui de prototype, à l'exception de quelques produits comme les foyers améliorés et quelques nouvelles utilisations d'énergie renouvelables.

Il y a lieu de faire connaître les résultats de la recherche et de mettre en place une politique de communication entre recherche et secteur productif.

Cette communication consiste à diffuser des connaissances depuis la recherche proprement dite, les établissements de recherche, les partenaires existants jusqu'aux actions de valorisation répondant aux besoins des acteurs et surtout de la nation.

Les actions à entreprendre

5.1- Identifier les acteurs et les partenaires nationaux et internationaux actuels et potentiels et analyser les pratiques et modalités de coopération

L'objectif de cette activité est d'identifier les acteurs et partenaires potentiels de la filière énergie renouvelable, dans une perspective de mobilisation, de partenariat avec les chercheurs.

Au cours de ces dernières années, quelques opérateurs privés, des ONGs se sont mobilisés pour essayer de combler les besoins nationaux en matière d'énergie. Des interventions en partenariat avec ADER, principalement en milieu rural, des initiatives du secteur privé, d'industriels, d'ONG et d'associations existent, mais malheureusement elles ont très peu de connexions avec la Recherche qui peuvent pourtant proposer des produits et des services.

D'une manière générale, le matériel, les équipements pour le développement des énergies renouvelables proviennent de l'extérieur du pays et ne tiennent pas ainsi compte des potentialités nationales.

5.2- Encourager les investissements privés locaux et étrangers dans le secteur des énergies renouvelables et faire des plaidoyers auprès du parlement et du gouvernement malgache pour l'instauration des mesures incitatives fiscales

Un plaidoyer pour la recherche sur les énergies renouvelables consiste à renforcer les actions entreprises et à encourager les opérateurs privés nationaux et étrangers à investir dans le secteur de l'énergie renouvelable et dans la Recherche.

Ce plaidoyer vise notamment les prises de décision allant en faveur d'une facilitation de l'accès à des fonds, de l'instauration des mesures incitatives fiscales, foncières, administratives permettant au secteur de se développer. Le plaidoyer devra également aller dans le sens de meilleures relations entre chercheurs et opérateurs.

Dans ces réflexions, il est important de considérer les besoins des différents secteurs qui demandent également à pouvoir bénéficier de taxes environnementales. Ceci devra faire l'objet d'analyse et de propositions à soumettre au parlement et au gouvernement.

Le développement de start up, impliquant chercheurs et opérateurs économiques, la création des pôles de compétitivité à partir des résultats et expériences qui sont restés au stade expérimental permettra d'aboutir à un développement du secteur des énergies renouvelables, à tous les niveaux : communautaire, villageois, commune, région.

5.3- Mettre en place une stratégie de diffusion des connaissances, des résultats de recherche dans le domaine des énergies renouvelables

Une stratégie de communication constitue un garant pour le développement de la Recherche, plus particulièrement dans ce domaine qui est relativement nouveau pour Madagascar.

Les objets de recherche, les résultats devront être accessibles si on veut qu'il y ait une valorisation.

Le présent document devra faire l'objet d'un plan de communication, tenant compte de la diversité des produits de la Recherche dans le domaine des énergies renouvelables et s'adressant à une diversité d'utilisateurs potentiels.

5.4- Soutenir les initiatives de protection des résultats de recherche en collaboration avec les organismes de propriété intellectuelle

La définition des orientations de cette protection est actuellement en cours avec l'OMAPI.

L'instauration de la culture de la propriété intellectuelle auprès des chercheurs devra faire l'objet d'une attention particulière, plus particulièrement dans le contexte de valorisation des résultats de la recherche et de développement de start up ou de fablab.

Des campagnes de sensibilisation au sein des Universités, des Instituts Supérieurs de Technologie et des Centres de Recherche devront être planifiées.

Les résultats attendus

- ✚ Les acteurs et partenaires nationaux et internationaux identifiés
- ✚ Les modalités et pratiques de coopération analysées
- ✚ Les investissements privés locaux et étrangers développés
- ✚ La sensibilisation pour investissement effectuée
- ✚ Le partenariat entre chercheurs et utilisateurs renforcé
- ✚ La stratégie de diffusion mise en place
- ✚ Les conventions de partenariat public-privé développées
- ✚ Les investissements locaux soutenus
- ✚ La stratégie de communication et de diffusion des résultats de recherche mise en place
- ✚ Les initiatives de protection en collaboration avec les organismes de propriété intellectuelle soutenues

Objectif Spécifique 6



VI. ASSURER LA MISE EN ŒUVRE EFFICACE DE CE PLAN DIRECTEUR

La mise en œuvre de ce Plan Directeur de la Recherche sur les énergies renouvelables est une affaire de tous les acteurs du développement qui se coordonneront au sein d'une plateforme technique et scientifique.

En outre, il faut tout-s'assurer qu'il y ait les compétences nécessaires, ainsi que les fonds pour une mise en œuvre réelle.

Ce plan Directeur est un outil de référence et de prise de décision pour tous les utilisateurs. Un système de suivi-évaluation devra être mis en place pour assurer la bonne marche des actions.

Les actions à entreprendre

6.1- Mettre en place une plateforme technique et scientifique pour la coordination des programmes de recherches nouveaux et innovants

La plateforme technique et scientifique contribuera dans la définition des choix stratégiques dans les programmes de recherche, en tenant compte des potentialités géographiques. Elle pourra, par ailleurs, impliquer tous les acteurs, plus particulièrement ceux issus des secteurs productifs et des communautés locales, dans les processus de développement et d'incubation de projet, en vue d'une efficacité énergétique. Elle doit définir les besoins de recherche dans les institutions spécialisées en la matière et ceux de formation scolaire et universitaire issus de la réflexion et proposer les spécialités prioritaires à intégrer dans la formation et la recherche.

La plateforme technique et scientifique pourra contribuer à la conception des programmes de recherches nouveaux et innovants. Il est reconnu que les énergies renouvelables peuvent répondre aux préoccupations contre les émissions de gaz à effet de serre et l'épuisement des ressources. Ce qui contribuera à atténuer le changement climatique.

Toute activité de cette plateforme se fera sous l'égide du Conseil National de la Recherche, l'organe compétent qui est stipulé dans la Stratégie Nationale de la Recherche.

6.2- Mettre en place un système de suivi-évaluation et de coordination du plan directeur

Pour assurer la mise en œuvre de ce plan directeur, un système de suivi-évaluation et de coordination adéquat devra garantir les réalisations et permettre de voir les progrès accomplis. Une structure liée à la plateforme intersectorielle sera ainsi mise en place. Elle sera dotée des outils d'évaluation et émettra des avis sur les orientations actuelles et futures.

Des renforcements de capacité sont envisagés pour les membres de la plateforme qui seront responsables de ce suivi-évaluation.

Ce système sera en charge de l'évaluation des programmes de recherche qui sera basée sur des critères tels que l'innovation, l'adaptation au contexte socio-économique, la faisabilité.

L'évaluation considérera aussi les coûts d'installation et de production de l'énergie, la sécurité énergétique, la fiabilité de l'énergie et aussi la responsabilité environnementale de l'énergie. Ceci aidera la plateforme à déterminer et prioriser les programmes de recherches nouveaux et innovants.

6.3- Développer et renforcer le partenariat et renforcer la participation aux réseaux régionaux, nationaux et internationaux

La mise en œuvre de ce plan directeur relève de la responsabilité de tous les acteurs dans le secteur énergie, gestionnaires, comme chercheurs et responsables locaux. Le développement et le renforcement du partenariat Chercheurs-Opérateurs, du secteur public ou du secteur privé pour la mise en œuvre de ce plan est fortement recommandé. Ce partenariat implique le secteur productif, les opérateurs économiques, en vue de promouvoir une valorisation de la Recherche & Développement.

La participation dans les initiatives régionales et internationales de l'économie verte, celles du développement des énergies renouvelables tels qu'au sein de la SADC, de la COMESA, devra être renforcée, dans le but de faire des échanges.

6.4- Doter le plan directeur de la recherche sur les énergies renouvelables d'un fonds pour sa mise en œuvre

Le plan directeur atteindra ses objectifs seulement si les ressources nécessaires à la mise en œuvre des initiatives prévues sont disponibles.

La stratégie nationale de la Recherche a prévu la création d'un mécanisme de fonds qui permettra sa mise en œuvre, tenant compte des priorités de la Recherche et Développement. Lors des consultations régionales pour l'élaboration de cette stratégie, il a été décidé que les énergies renouvelables font partie des priorités identifiées au niveau national.

Le processus de mise en place d'un fonds compétitif de la Recherche et de l'Innovation a ainsi débuté en 2014 avec la participation des partenaires, publics, privés, opérateurs, qui ont été invités à contribuer à son alimentation pour soutenir la Recherche Scientifique.

La pérennisation de ce fonds devra guider ses orientations et sa structure finale. L'idée est d'aboutir à la mise en place d'une fondation pour la Recherche scientifique à Madagascar. L'accès à ce fonds répond à un certain nombre de critères liés aux orientations actuelles de la formation supérieure et de la recherche scientifique à Madagascar, à savoir l'aspect de la professionnalisation, l'innovation dans les approches et dans les résultats escomptés au niveau des offres de recherche.

6.5- Constituer un espace privilégié, un cadre d'échanges et de travail des chercheurs et acteurs des différents secteurs pour la promotion des énergies renouvelables

La valorisation des programmes de recherches et des actions à entreprendre nécessite un échange et une collaboration étroite entre les chercheurs et les acteurs pour le secteur de l'environnement et de l'énergie renouvelable. Donc il s'avère nécessaire de créer un espace ou cadre de rencontre entre les chercheurs et acteurs.

Pour avoir une synergie entre les secteurs qui travaillent dans l'énergie et les secteurs qui travaillent dans l'environnement, il faut constituer un espace ou cadre d'échange de travail entre eux pour la promotion des recherches sur les énergies renouvelables, en lien avec la plateforme technique et scientifique.

Ces espaces privilégiés devront être soutenus au niveau décentralisé.

Les résultats attendus

-  Le système de suivi-évaluation et de coordination mis en place

- ✚ Le partenariat (Public-Public, Public-Privé, Public-Opérateur) développé et renforcé
- ✚ La coopération internationale définie et développée
- ✚ La participation des Chercheurs et autres acteurs aux réseaux à tous les niveaux renforcés
- ✚ Le fonds de mise en œuvre du plan directeur disponible et opérationnel

Conclusion

Il est nécessaire d'accroître les connaissances sur les différentes sources d'énergie renouvelables si on veut en faire un véritable atout pour le développement à Madagascar.

Les différentes expériences de valorisation de ces sources d'énergie, les initiatives locales, les projets développés à petite échelle, avec l'appui de la recherche devront être rassemblées et analysées, en vue de les capitaliser et de les évaluer et de les diffuser auprès des utilisateurs.

La Recherche scientifique doit fournir aux décideurs les différentes options pour cette « transition énergétique » qui vont au-delà du simple aspect technologique. Les facteurs économiques et sociaux liés aux coûts de production, au niveau de vie des consommateurs, la gouvernance doivent entrer en ligne de compte.

Les initiatives existantes montrent bien les tendances de développement, basées sur les potentialités de chaque région, de chaque localité concernée par les recherches. A chaque région géographique, à chaque catégorie de consommateurs peuvent correspondre un type d'énergie.

Les options de développement de l'énergie à Madagascar doivent tenir compte de la capacité des consommateurs et doivent être cohérentes avec le réseau énergétique existant. Il y a ainsi lieu de continuer les prospections d'énergie alternative pour l'électrification rurale, pour les besoins en combustible domestique, en proposant des schémas de développement réalistes, basées sur les potentialités et les capacités.

Pendant longtemps encore, les ménages ruraux et une frange des ménages urbains dépendront de l'utilisation d'une énergie qui leur est accessible, utilisant les ressources naturelles, les matériaux locaux, à savoir le bois et le charbon. La priorité dans ce cas est l'amélioration de la gestion de la filière bois-énergie par la mise au point et le renforcement des pratiques d'efficacité énergétique.

Les travaux de recherche sur les énergies renouvelables dans les différentes institutions de formation et de recherche ont développé des orientations nouvelles qui visent la diminution des gaz à effet de serre. Ils méritent d'être mieux valorisés et soutenus à travers des fonds liés aux actions de lutte contre le changement climatique, dans lesquels le secteur privé, les partenaires pourraient intervenir.

La mise en œuvre de ce Plan Directeur de la Recherche sur les énergies renouvelables ne peut être réalisée qu'avec l'implication de toutes les parties prenantes du secteur de l'Energie avec les partenaires du développement aux niveaux central et local.

Bibliographie

- Bruno RAMAMONJISOA, Zo RABEMANANJARA, Thomas LEGRAND, 18 avril 2015, Rapport d'Evaluation des besoins liés à la vision et au dialogue intersectoriel autour de REDD+ à Madagascar, Rapport final, Ministère de l'Environnement, des Forêts, UN REDD
- CIRAD, l'électrification rurale décentralisée par combustion de biomasse : un outil de développement et de lutte contre la pauvreté
- COMESA (Secrétariat), Octobre 2011, Base de données de référence sur les énergies renouvelables pour la région COMESA – Lusaka - Zambie
- FOFIFA, CIRAD, Centre wallon de Recherches agronomiques, PARTAGE, Bonnes pratiques de carbonisation – CARAMCODEC – avec le soutien de Intelligent Energy – Europe
- Fondation Energies pour le Monde en partenariat avec le Ministère de l'énergie et des mines, de l'électricité verte pour un million des ruraux à Madagascar.
- GIEC (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, New York, US, Cambridge University Press.
- Groupe de la Banque Africaine de Développement, Plan d'action sur le changement climatique 2011-2015 - Département des résultats et du contrôle de la qualité (ORQR)
- Groupe Thématique Changement Climatique (GT CC), rédigé par Patricia Ramarojaona, Evah Andriamboavonjy et Abraham Elison, 2011, Madagascar face aux défis du changement climatique, capitalisation de nos expériences
- Groupe de travail Strategy Paper, sept 2005, Etat des lieux, problématiques et recommandations Secteur Energie à Madagascar.
- INSTAT, Enquête EPM 2010
- Muttenger Frank D. Novembre 2012, Analyse cognitive d'une politique publique : justice environnementale et « marchés ruraux » de bois-énergie in Madagascar Conservation et Développement – Volume 7 – Issue 5
- Ministère de l'agriculture, Stratégie d'adaptation et atténuation aux effets et impacts du changement climatique, octobre 2010,
- Ministère de l'Environnement et des Forêts, Stratégie nationale du mécanisme de développement propre a Madagascar
- Ministère de l'Environnement et des Forêts, Programme d'Action national d'adaptation au changement climatique
- Moïse Tsayem Demaze, mai 2014, L'enrôlement de Madagascar dans la REDD+ : domestiquer une opportunité internationale, Volume 14 Numéro 1 |Revue Internationale d'Education de Sèvres
- Ministère de l'Energie, février 2014, statuts de l'Agence International pour les énergies renouvelables (IRENA).
- Ministère de l'Energie et des Mines, Fondation pour l'énergie dans le monde, De l'électricité verte pour un million de ruraux à Madagascar
- Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique, mai 2013, Stratégie Nationale de la Recherche à Madagascar
- Ministère de l'Environnement, juin 1999, Rapport national relatif à la mise en œuvre de la convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification à

Madagascar.

- Ministère de l'Environnement et des Forêts, stratégie nationale pour le développement de Mécanisme de Développement Propre
- Ministère de l'Environnement et des Forêts, PNUD, mai 2012, Rapport final du processus de préparation de la participation de Madagascar à Rio + 20 soutenu par le PNUD
- Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche, février 2004, Plan Directeur quinquennal pour le développement rural: Une approche de marché pour la lutte contre la pauvreté en milieu rural à Madagascar
- Oliver Knight, 17 juin 2013, Cartographier la révolution des énergies renouvelables - Programme ESMAP, Banque Mondiale
- Ministère de l'Environnement et des Forêt, cinquième rapport national de la convention sur la diversité biologique à Madagascar, 2014
- RAELINERA Nimbol, Septembre 2011, Présentation de Madagascar. Séminaire du Projet ACCLIMAT de l'Océan Indien Météo-France La Réunion Du 27 au 30 Septembre 2011 Sainte-Clotilde.
- Randrianarisoa Amédée May Tiana, octobre 2013, Energie durable pour tous les ménages, les collectivités et les entreprises - Fondation Friedrich Ebert Stiftung
- SADC, avril 2015, SADC Climate Change Strategy and Action Plan (version 5)
- Sébastien Candel et Bernard Tissot, Décembre 2012, Rapport du Comité de prospective en énergie de l'Académie des sciences.
- Site web de la JIRAMA
- UICN, Nov 2009, REDD-plus Champ d'application et des options pour le rôle des forêts dans les stratégies d'atténuation des changements climatiques
- VONINIRINA Amélie, Saminirina ANDRIAMBELOSOA, janvier 2014, Etude sur l'Energie à Madagascar - Centre de Recherche, d'Etudes et d'Appui à l'Analyse Economique à Madagascar (CREAM)
- WMO, UNEP, Climate change 2014, Impacts, Adaptation and Vulnerability – Summary for Policy Makers –Working group II – contribution to the fifth assessment report of Intergovernmental panel on climate change (IPPC)
- WWF en partenariat avec le Ministère de l'énergie, sept 2012, Rapport du diagnostic du secteur énergie à Madagascar.

Annexe 1 : Le Plan directeur de la recherche sur les énergies renouvelables

LOGIQUE D'INTERVENTION		INDICATEURS
OBJECTIF GLOBAL	Mettre à la disposition des utilisateurs un Plan Directeur de la Recherche pour le développement des énergies renouvelables, répondant aux besoins du développement du pays (social, économique, environnemental, culturel) et respectant les engagements pris au niveau international	Nombre de plan directeur publié Plan directeur accessible dans le site web du Ministère
OBJECTIF SPECIFIQUE 1	Connaître la situation actuelle de la recherche dans le domaine de l'énergie renouvelable	La situation actuelle de la recherche sur les énergies renouvelables est documentée
RESULTATS ATTENDUS	Bilan des programmes de recherche sur les énergies renouvelables Etudes - diagnostic du secteur des énergies renouvelables par source, par région réalisées et analyses de la pertinence des activités par rapport aux objectifs du développement des énergies renouvelables De nouvelles orientations pour les activités de recherche à réaliser Une base de données sur le potentiel d'énergies renouvelables et sur les activités de recherche réalisées et en cours.	<ul style="list-style-type: none"> • Bilan des programmes de recherche disponible • Des études-diagnostic et analyse de pertinence des activités par rapport aux objectifs du développement des énergies renouvelables sont réalisées • Nouvelles orientation pour les activités de recherche sont réalisées • Une base de données mis en place sur le potentiel d'énergies renouvelables
ACTIVITE 1	Rassembler et faire un état des lieux des programmes de recherche existant dans le domaine de l'énergie renouvelable du point de vue technologique, social, économique, culturel, environnemental	Toutes les recherches existantes sur les énergies renouvelables sont documentées
ACTIVITE 2	Diagnostiquer le secteur des énergies renouvelables	Les diagnostics sur le secteur des énergies renouvelables sont réalisés
OBJECTIF SPECIFIQUE 2	Promouvoir l'innovation participative dans la recherche sur les énergies renouvelables à valeur ajoutée socio-économique, culturel et environnemental pour Madagascar	La recherche sur les énergies renouvelables tient compte de l'innovation participative

RESULTATS ATTENDUS	Des programmes de recherche selon les spécificités régionales développés Les acteurs du développement, les opérateurs économiques impliqués dans le processus d'incubation de projet Analyses coût-bénéfices des énergies renouvelables réalisées, en vue de prise de décision	<ul style="list-style-type: none"> • Les spécificités régionales sont développées dans les programmes de recherche • Nombre de projet identifié et réalisé en collaboration avec les opérateurs économiques • Disponibilité des informations sur les coût-bénéfices des énergies renouvelables
ACTIVITE 1	Inventorier et évaluer le potentiel d'énergies renouvelables, au niveau national	Le potentiel d'énergies renouvelables au niveau national est documenté
ACTIVITE 2	Développer la recherche dans le domaine des énergies renouvelables en fonction de la spécificité de chaque région et impliquer les acteurs du développement dans le processus d'incubation de projet	Les recherches sur énergies renouvelables tiennent compte des spécificités régionales et transformées en projet
ACTIVITE 3	Réaliser des études et analyses coût-bénéfices sur les énergies renouvelables	Analyse des coût-bénéfices réalisée et disponible
OBJECTIF SPECIFIQUE 3	Contribuer à l'atteinte des objectifs nationaux dans le cadre de l'économie verte et l'atténuation du changement climatique	Les recherches effectuées contribuent à l'atteinte des objectifs de l'économie verte et à l'atténuation du changement climatique
RESULTATS ATTENDUS	Les bonnes pratiques liées aux actions de lutte contre le changement climatique et l'économie verte inventoriées Modèles viables et innovants mis au point et prêts à la vulgarisation Efficacité énergétique assurée Incubateurs de projet sur les énergies renouvelables appuyés et développés Espace et cadre de rencontre des chercheurs et acteurs des deux secteurs constitué.	<ul style="list-style-type: none"> • Les bonnes pratiques sur la lutte contre le changement climatique sont inventoriées et documentées • Nombre des modèles viables et innovants sont vulgarisées • Nombre de projet développé • Nombre de rencontre des Chercheurs et acteurs des deux secteurs
ACTIVITE 1	Inventorier et analyser les bonnes pratiques spontanées ou planifiées dans un objectif de capitalisation et de valorisation	Les bonnes pratiques capitalisées et valorisées
ACTIVITE 2	Soutenir l'efficacité énergétique dans la filière bois-énergie	La filière bois-énergie développée
ACTIVITE 3	Intensifier les recherches sur la biomasse	Nombre de recherche sur la biomasse

ACTIVITE 4	Développer des modèles viables et innovants d'énergie renouvelable contribuant à l'atténuation du changement climatique	Les modèles viables et innovants sont développées et contribuent à l'atténuation du changement climatique
ACTIVITE 5	Quantifier et modéliser les impacts environnementaux des sources d'énergie renouvelable	La quantité et modélisation des impacts environnementaux documentées
ACTIVITE 6	Renforcer et multiplier la recherche sur la quantification de carbone dans les forêts plantées et artificielles à l'échelle plus élargie	Nombre de recherche effectué en matière de quantification de carbone
OBJECTIF SPECIFIQUE 4	Renforcer la capacité technique, institutionnelle, organisationnelle et opérationnelle des entités concernées dans le domaine des énergies renouvelables	Les entités concernées du domaine énergies renouvelables ont reçu des renforcements de capacité
RESULTATS ATTENDUS	Capacités techniques, institutionnelles, organisationnelles et opérationnelles des responsables renforcées Formations, échanges et partages multipliés Partenariat public-public, public-privé à tous les niveaux développé Mesures incitatives et de motivations misent en place Système de promotion et récompense mis en place Synergie entre la recherche et développement promue	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de séance de renforcement de capacité • Nombre de formation et séance de partage réalisé • Nombre des partenaires • Textes réglementaires sur les mesures incitatives et motivation sont appliqués • Système de récompense développé • Synergie développé
ACTIVITE 1	Renforcer la formation dans le domaine des énergies renouvelables	Nombre de formation réalisée
ACTIVITE 2	Renforcer les capacités des institutions responsables de la gestion de l'énergie, de l'environnement, du changement climatique, de l'eau au niveau national et local	Nombre de séance de renforcement de capacité réalisé
ACTIVITE 3	Développer le partenariat public-public, public-privé, au niveau régional, national, international dans ce domaine	Nombre des partenaires travaillant avec les Chercheurs
ACTIVITE 4	Mettre en place des mesures incitatives et des motivations pour des programmes de recherche qui favorisent ces approches	Les mesures incitatives et de motivation sont appliquées pour les recherches innovantes

	innovantes et recherche appliquée	
ACTIVITE 5	Favoriser la synergie entre recherche et développement	La synergie entre recherche et développement développée
OBJECTIF SPECIFIQUE 5	Valoriser les résultats de recherche dans le domaine d'énergies renouvelables pour un développement durable (économie, social, environnemental, culturel, technologique)	Les résultats de recherche dans le domaine d'énergies renouvelables sont valorisés et développés
RESULTATS ATTENDUS	Acteurs et partenaires nationaux et internationaux identifiés Modalités et pratiques de coopération analysées Investissement privés locaux et étrangers développés Sensibilisation pour investissement effectuée Investissement individuel promu pour le développement de petites unités de production Partenariat entre chercheurs et utilisateurs renforcé Stratégie de diffusion mise en place	Nombre des acteurs et partenaires identifié Nombre de coopération développé Nombre des investissements développés Nombre de séance de sensibilisation effectué Nombre d'investissement individuel développé
ACTIVITE 1	Identifier les acteurs et les partenaires nationaux et internationaux actuels et potentiels et analyser les pratiques et modalités de coopération	Nombre des partenaires et acteurs identifié et nombre d'accord de coopération développé
ACTIVITE 2	Encourager les investissements privés locaux et étrangers dans le secteur des énergies renouvelables et faire des plaidoyers auprès du parlement et du gouvernement malgache pour l'instauration des mesures incitatives fiscales	Les investisseurs privés locaux ou étrangers ont investis dans le secteur énergies renouvelables issu des recherches réalisées
ACTIVITE 3	Sensibiliser et promouvoir les investissements individuels existants dans le domaine d'exploitation des énergies renouvelables	Les Chercheurs sont sensibilisés à investir individuellement pour la recherche des voies et moyens pour l'exploitation de leurs résultats de recherche
ACTIVITE 4	Mettre en place une stratégie de diffusion des connaissances, des résultats de recherche dans le domaine des énergies renouvelables	Les résultats de recherche sur les énergies renouvelables sont diffusé et accessible
ACTIVITE 5	Soutenir les initiatives de protection des résultats de recherche en collaboration avec les organismes de propriété intellectuelle	Les résultats de recherches sont protégés et brevetés par l'OMAPI

OBJECTIF SPECIFIQUE 6	Assurer la mise en œuvre efficace efficiente du plan directeur de la recherche sur les énergies renouvelables par le Ministère chargé de la Recherche et de l'Énergie	Le plan directeur est mis en œuvre efficacement
RESULTATS ATTENDUS	<p>Système de suivi-évaluation et de coordination mise en place</p> <p>Partenariat (Public-Public, Public-Privé, Public-Opérateur) développé et renforcé</p> <p>Coopération internationale définie et développée</p> <p>Participation des Chercheurs et autres acteurs aux réseaux à tous les niveaux renforcés</p> <p>Fonds de mise en œuvre du plan directeur disponible et opérationnel</p>	<p>Système de suivi évaluation opérationnel</p> <p>Montant du fonds pour mise en œuvre est acquis</p> <p>Nombre de coopération avec des partenaires</p>
ACTIVITE 1	Mettre en place une plateforme technique et scientifique pour la coordination des programmes de recherches nouveaux et innovants	Une plateforme technique et scientifique opérationnelle
ACTIVITE 2	Mettre en place un système de suivi-évaluation et de coordination du plan directeur	Un système de suivi-évaluation et de coordination opérationnel
ACTIVITE 3	Concevoir un système d'évaluation des programmes de recherche sur les énergies renouvelables	Système d'évaluation des programmes de recherche opérationnel
ACTIVITE 4	Développer et renforcer le partenariat et renforcer la participation aux réseaux régionaux, nationaux et internationaux	Nombre de partenariat développé
ACTIVITE 5	Doter le plan directeur de la recherche sur les énergies renouvelables un fonds pour sa mise en œuvre	Fonds pour la mise en œuvre disponibles et utilisés
ACTIVITE 6	Constituer un espace privilégié, un cadre d'échanges et de travail des chercheurs et acteurs des différents secteurs pour la promotion des énergies renouvelables	Nombre d'échanges entre Chercheurs et acteurs organisés

Annexe 2 : Actions en faveur de l'économie verte dans le domaine de l'énergie –Quelques aspects

source : Rapport final du processus de préparation de la participation de Madagascar à Rio + 20 soutenu par le PNUD

Actions
Bois énergie
Production durable et utilisation rationnelle
Projet SEESO (2008-2011) dont les objectifs est l'instauration d'une gestion durable de la filière bois énergie dans le sud – ouest - WWF
Promotion de la gestion durable des ressources forestières pour la production de bois énergie, de la structuration et renforcement de capacité des organisations communautaires par le biais de transfert de gestion des ressources dans la région Boeny – CIRAD
Promotion de la production durable - DIANA, Boeny et sud -ouest - GIZ
Projet Jariala à Anosy - USAID
Promotion d'une utilisation rationnelle du bois énergie - Tany Meva
Promotion d'une utilisation rationnelle du bois énergie - Atsimo Andrefana et Menabe - ADES
Electricité
En 2009, mise en place de centrale hydroélectrique : 7.5 kW avec 74 abonnés à Analamanga, Andriatsiazo - ADER
En 2009, mise en place de centrale hydroélectrique : 10 kW avec 189 abonnés à Analamanga,Andriatsemboka – ADER
En 2009, mise en place de centrale hydroélectrique : 53 kW avec 220 abonnés à Amoron'i Mania, Antetazambato - Coopérative ADITSARA
En 2009, mise en place de centrale hydroélectrique : 85kW avec 241 abonnés à Analamanga, Mangamila - ELEC & EAU
En 2009, mise en place de centrale hydroélectrique : 120 kW avec 419 abonnés dans le Vakinankaratra, Ankazomiriotra - POWER & WATER
En 2009, mise en place de centrale hydroélectrique : 20 kW avec 95 abonnés - Ihorombe,Ranotsara Sud - VITASOA ENERGIE
Agro-carburant
En juillet 2008, tests effectués sur les moteurs de machines agricoles (la décortiquerie , les motoculteurs) à Ambatondrazaka avec un mélange de l'huile dégommee de jatropha (jusqu'à une proportion de 75%) mélangée avec du gazoil. - - BAMEX et CNRIT
En 2009, production d'éthanol avec des déchets de fruits puis essai avec une voiture légère - ISPM en partenariat avec CNRIT
Les expérimentations ont été faites sur des véhicules à Moramanga et initiées par le Ministère des Hydrocarbures et l'Office Malgache des Hydrocarbures (OMH)

Annexes 3 : Quelques axes de recherche dans le domaine de l'énergie renouvelable traités par les institutions de formation et de recherche

CNRIT

Programmes de recherches

Energie solaire :

Réduction de la consommation de bois de feu : fabrication de fumoir amélioré

Séchoir de piment solaire (expérimentation)

Valorisation des produits agricole et halieutique par séchage

Bioénergie :

Traitement des déchets d'hydrocarbures de la JIRAMA (mise en place d'un incinérateur)

Test d'efficacité énergétique des foyers à éthanol

- Etude d'APD du réacteur biogaz de VONINIRINA Amélie, Saminirina ANDRIAMBELOSOA, janvier 2014, Etude sur l'Energie à Madagascar - Centre de Recherche, d'Etudes et d'Appui à l'Analyse Economique à Madagascar (CREAM)
- Commune rurale de Foulpointe

Valorisation des déchets ménagers (valorisation énergétiquement des déchets ménagers par une construction des équipements de l'unité de fabrication de charbon à partir de fines récupérées)

Valorisation des sous-produits agricoles et forestiers de faible granulométrie pour l'obtention de combustibles de substitution

Valoriser les déchets de jatrophas curcas pour l'obtention de combustibles de substitution et obtention du biogaz

Valorisation des déchets ménagers

Installation de réacteur biogaz de Foulpointe

Production des charbons de substitution, gaz et jus pyroligneux par pyrolyse des sous-produits agro-forestiers

ECOLE DOCTORALE ENERGIE RENEUVABLES ET ENVIRONNEMENT - Université d'Antsiranana et Institut Supérieur de Technologie d'Antsiranana

Equipe d'accueil sur les fluides et et Matériaux pour les Energies Renouvelables

- Interaction fluide structure
 - Couplage de modèles multi physiques fluide / solide, application au dimensionnement et à l'optimisation de pales d'éoliennes.
 - Tracé d'aubage et modélisation numérique de turbines hydrauliques pour MCH
- Exploitation de l'énergie marine
 - Modélisation du mouvement de la mer et évaluation du potentiel énergétique.
 - Conception et réalisation de systèmes de récupération de l'énergie marine
- Protection du littoral
 - Problématique de l'érosion marine des zones côtières et recherche de mesures appropriées.
 - Problématique et recherche de solutions contre l'envasement des embouchures.
- Protection et valorisation des bassins versants

- Mécanismes de la dégradation des bassins versants, mesures de prévention et solutions aux problèmes.
- Modèles de prédiction du comportement des grands fleuves.
- Climatologie et ressources d'énergies renouvelables : activité pluviométrique sur Madagascar, contribution du canal du Mozambique
 - Interaction ondes de Rossby et convection tropicale dans la zone sud-ouest de l'Océan Indien
 - Modulation de l'activité pluviométrique par les oscillations tropicales sur Madagascar pendant l'été austral
- Transfert de chaleur et de masse avec et sans changement de phase.
- Froid solaire : étude du système binaire pour le cycle à absorption et du couple actif pour le système à adsorption.
- Etude numérique de la convection instationnaire dans une chambre froide.
- Flambage des plaques : études des comportements thermomécaniques, influence sur les habitations et impact sur l'emploi de nouveaux matériaux.
- Déformation à haute température par choc des aciers. Cas du forgeage multiple des outils agricoles. Étude de l'influence de l'humidité et de l'oxydation de la surface d'impact sur la contrainte résiduelle.
- Energie renouvelable : éolienne, solaire, MCH

Equipe d'accueil Photovoltaïque, Electrotechnique, Automatismes et Informatique Industrielle

- Energie renouvelable : éolienne, solaire, MCH
- Production, transport et exploitation de l'énergie
- Régulation et optimisation des systèmes énergétiques
- FACTS (Flexible Alternate Current Transmission System) pour centrale éolienne ou solaire couplée au réseau
- Traitement des données
- Etude de la stabilité d'un système énergétique à deux centrales alimentant une charge commune.
- Diagnostic, détection, isolation de pannes des aérogénérateurs.
- Système de développements et de prototypages reconfigurables.
- Surveillance locale des systèmes à énergies renouvelables.
- Interconnexion des réseaux électriques
- Anti-blackout pour installations solaires raccordées au réseau
- Onduleur multi niveau pour injection au réseau haute tension
- Commande et surveillance à distance d'une centrale éolienne ou solaire (principe du Bluetooth et Télétransmission)
- Enregistrement des données des centrales solaire et éolienne
- Commande décentralisée non linéaire des systèmes à structure d'interconnexion variable.
- Electrification rurale et réseau isolé
- Optimisation de l'identification des paramètres d'un modèle micromécanique via des algorithmes PID, Logique floue, réseau neuronal, algorithme génétique.

Equipe d'accueil Biomasse et Environnement

- Biomasse - Energie
- Energie Nouvelle et Renouvelable : Biomasse et Environnement,
- Programme d'appui au développement des Energies Nouvelle et Renouvelable
- Biocarburants
- Monographies : Etudes des ressources et besoins énergétiques par région
- Traitement des déchets d'hydrocarbure des centrales thermiques
- Electrification rurale

- Biotechnologie : procédé de fabrication de charbon actif
- Séchoirs de produits agricoles et halieutiques
- Etudes des constructions Habitat et Industrie à Haute Qualité Environnementale (HQE)

ECOLE DOCTORALE PHYSIQUES ET APPLICATIONS – Université d’Antananarivo

Programmes de Recherche

Equipe d’accueil Physique du Globe de l’Energie et de l’Environnement

- astrophysique et astronomie,
- géodynamique, auscultation de la terre à travers de nombreux services d'observation, sismicité, houles océaniques, prospection géophysique des ressources du sous-sol
- acquisition d'information sur l'état et l'évolution future de la surface de la terre,
- énergétique, systèmes thermiques et mécanismes de transfert,
- nouvelles technologies de l'énergie et des énergies renouvelables,
- océanographie physique,
- climatologie, hydrologie et physique de l'atmosphère,

Recherche appliquée et ouverture sur d’autres débouchés

- procédés d'identification de l'univers,
- identification des nappes aquifères par hydrogéophysique,
- gestion intégrée des ressources naturelles et énergétiques,
- optimisation et gestion de systèmes thermiques, industriels et/ou liés à l'habitat,
- procédés plasmas thermiques,
- procédés thermiques à adsorption, réfrigération solaire, combustion laminaire et turbulente,
- information sur l'état physique de la surface, sur l'occupation des sols et sous-sols,
- données socio-économiques, données environnementales,
- suivi spatial des couverts végétaux,
- évolution d'un phénomène naturel ou social,
- prévision des trajectoires et des intensités des cyclones,
- prévision de la cyclogenèse,
- prévision de pluie et de non pluie,
- prévision de début et de fin de saison de pluie,
- gestion des risques et catastrophes,
- traitement du signal et des images, instrumentation,...

ECOLE DOCTORALE MODELISATION INFORMATIQUE – Université de Fianarantsoa

Programmes de recherches

Bioénergie :

Conception et réalisation de systèmes énergétiques biochimiques (réchaud Primus, biogaz, fermentation, ...)

Conception des systèmes énergétiques (séchoirs, distillateurs, ...) optimisés et adaptés au contexte de Madagascar. Nous avons pu concevoir par exemple un réchaud Primus fonctionnant avec de l'éthanol que nous cherchions à vulgariser. Le même problème se pose dans le cas de systèmes de séchage pour fruits et légumes fonctionnant avec du solaire ;

Energie solaire et éolienne :

Méthode des réseaux de neurones pour exprimer la vitesse de séchage de divers produits à sécher (mangue, maïs, ananas,...) et théorie de la viabilité pour déterminer les zones admissibles de fonctionnement d'une éolienne

Annexe 4 : Processus de l'élaboration du Plan Directeur de la Recherche sur les énergies renouvelables

Le travail de l'élaboration de ce plan a été initié par l'équipe de la DGRS, avec l'appui de PARRUR. Voici en général le processus d'élaboration de ce document :

- Recherche documentaire
- Inventaires des institutions travaillant dans le domaine de l'énergie
- Inventaires des programmes de recherche existants
- Compilation des programmes de recherche des Centres de Recherche, Instituts et Ecoles Doctorales
- Identification des problématiques de la recherche énergétique
- Proposition de l'objectif global
- Identification des domaines d'actions prioritaires par objectif spécifique
- Consultations régionales
- Atelier de concertation national des parties prenantes
- Rédaction
- Atelier de validation

Ce document est le résultat des consultations, réalisées du mois d'octobre 2013 à janvier 2014, auprès de différentes parties prenantes et des principaux pôles de recherche de Madagascar telles que:

- Ministères (Energies, Eaux et Forêt, Environnement, Agriculture) ;
- Centres de Recherche (CNRIT, CNRE, CNRO, FOFIFA) ;
- Instituts et Ecoles (INSTN, ESPA, ESSA, IST Tana, Antsiranana);
- Universités et Ecoles Doctorales (Diego, Fianarantsoa, Tananarive) ;
- Instituts supérieurs privés (ISPM,...) ;
- Autres (Associations, Autres Institutions, ONG, Investisseurs dans le domaine de l'énergie);
- Projets et programmes

Le présent Plan directeur est conçu comme un moyen d'information qui s'adresse aux organes nationaux et internationaux qui se voient confier la mise en œuvre de la réalisation des objectifs de la politique énergétique ou qui disposent de leurs propres instruments d'encouragement de la recherche sur l'énergie renouvelable.

Annexe 5 : Organisation des consultations et de la réunion de concertation pour l'élaboration du plan directeur

Coordination Générale de l'élaboration du plan directeur : DIRECTION GENERALE DE LA RECHERCHE ET DU PARTENARIAT : RAMIARISON Claudine

Organisation de la Phase préparatoire :

Fianarantsoa :

RAMAMONJISOA Bertin (Directeur Ecole Doctorale « Modélisation Informatique »)
 ANDRIANANTENAINA Marcellin Hajamalala (Université Fianarantsoa)
 RATSIMBAZAFY (ENS Université Fianarantsoa)
 ANDRIAZAFIMAHAZO Fridolin (Université Fianarantsoa)
 RAMIARAMANANA Danièle (Chef de Centre FOFIFA Fianarantsoa)
 RAZAFIMANDIMBY Simon (Chef Station Kianjavolo FOFIFA Fianarantsoa)

Antsiranana :

RATSARAMODY Justin (Vice-Président de l'Université d'Antsiranana)
 RAMINOSOA Chrysostome (Directeur Ecole Doctorale « Maîtrise des Energies nouvelles et renouvelables »)
 RAKOTO Dominique (Directeur du Génie Industriel à l'IST Antsiranana)
 SAMBATRA Eric Jean Roy (Maître de conférences à l'IST Antsiranana)

Antananarivo :

RAKOTONJANAHARY Serge Kenny (DGRS)
 RAZAFIMALALA Herisoa (DGRS)
 RAKOTONDRAZAFY Andrianjakatiana (DGRS)
 TSIAZONANGOLY Andréa (DGRP)
 RAKOTOARIVELO Marie Laure (Directeur CIDST)
 ROBINSON Laurent Roger (CNRE)
 DUCHAUFOUR Hervé (PARRUR)
 RAFANOMEZANTSOA Roger Marie (Directeur CNRIT)
 RAZAFIMANANTSOA Mamisoa (CNRIT)
 RANDIMBIMAHENINA Andriamanomasina (Directeur de la Recherche)
 RASAMOELINA Patrick (Direction de la Recherche)

Atelier National de concertation et de validation

Intervenants lors de l'atelier de validation :

RAMIALIARISOA Herivelo - Représentante du Ministère de l'Energie
 RAMIARISON Claudine - Directeur Général de la Recherche et du Partenariat
 RAMAMONJISOA Bertin - Ecole Doctorale Modélisation Informatique - Fianarantsoa
 RAMINOSOA Chrysostome - Ecole Doctorale Maîtrise des Energies nouvelles et renouvelables - Antsiranana
 RAKOTO Dominique - Directeur du Génie Industriel à l'IST Antsiranana

Travaux de commission

Commission	Président	Rapporteur	Facilitateur
1	SAMBATRA Eric Jean Roy (IST Antsiranana)	RAKOTONDRAMARIANA Hery Tiana (Département Physique, Faculté des Sciences Antananarivo)	RAKOTONJANAHARY Serge Kenny (DGRS)
2	RATSARAMODY Justin (Université d'Antsiranana)	RATSARAMODY Justin (Université d'Antsiranana)	RASAMOELINA Patrick (DRI)
3	RAMINOSOA Chrysostome	RAMAMONJISOA Berthin (ED)	RAMINOSOA Chrysostome

	(ED Maîtrise des Energies nouvelles et renouvelables)	Modélisation Informatique)	(ED Maîtrise des Energies nouvelles et renouvelables)
4	RANDIMBIMAHENINA (DRI)	RAKOTO Dominique (DGI IST Antsiranana)	RAKOTONDRAZAFY Andrianjakatiana (DGRS)

Commission 1 : Objectif spécifique 1 et 2

Commission 2 : Objectif spécifique 3

Commission 3 : Objectif spécifique 5

Commission 4 : Objectif spécifique 4 et 6

Secrétariat :

Commission 1 (OS 1 et 2) :

LEFSON Solange (DRI)

RABARY Saholy (DRI)

Commission 2 (OS 3) :

RAKOTOARIVO Simone (DRI)

RAZAFIMBELO Lalaina (MEF/Direction Changement Climatique)

Commission 3 (OS 5):

RAKOTOASIMBOLA Sahondra (DRI)

TSIAZONANGOLY Andréa (DGRS)

TAHIRISOA Andriamitantsoa (DGRS)

Commission 4 (OS 4 et OS 6) :

RANDRIAMPARANY Benjamin (DRI)

RAZAFIMALALA Herisoa (DGRS)

RAZAFIARISOA Albertine (DRI)

ANDONIAINA Holimalala (DGRS)

Finance et logistique de l'atelier:

PERASONY Francia (DGRS)

Annexe 6: Liste des participants à l'atelier de concertation et de validation selon les groupe de travail

MEMBRES DE LA COMMISSION 1

Objectif spécifique 1: Connaître la situation actuelle de la recherche dans le domaine de l'énergie renouvelable,

Objectif spécifique 2: Promouvoir l'innovation participative dans la recherche sur les énergies renouvelables à valeur ajoutée socio-économique, culturel et environnemental pour Madagascar,

N°	Noms et prénoms	Institutions
1	REJO FIENENA Félicitée	CNRE
2	Hervé DUCHAUFOR	PARRUR
3	ANDRIANANTENAINA Hajamalala	Université Fianarantsoa
4	RAVAOARINIRINA Zoé martine	CNRIT
5	DINA Alphonse	Université Toliary
6	RAMAMONJISOA Josoa	IST Antananarivo
7	RAKOTONDRAMARANA Hery Tiana	Université Antananarivo/IME
8	RAHARISEHENO Ihanta Vololonirina	CNRIT
9	Vincent BARON	Ambassade de France
10	RAMANANTSOA Tovo	Ministère de l'Energie
11	RAVAOMANARIVO Lala	Université Antananarivo
12	RASOLOJAONA Rivoharilala	ORE
13	ANDRIANASOLO Aimée	ORE
14	LEFSON Solange	Direction de la recherche
15	RABARY Saholy	Direction de la recherche
16	SAMBATRA Eric Jean Roy	IST Antsiranana
17	ANDRIAMAMPIANINA José	IST Antananarivo
18	VELO Jérôme	Université Toamasina
19	RAKOTONJANAHARY Serge Kenny	DGRS

MEMBRES DE LA COMMISSION 2

Objectif spécifique 3: Contribuer à l'atteinte des objectifs nationaux dans le cadre de l'économie verte et l'atténuation du changement climatique

N°	Noms et prénoms	Institutions
1	RATSIMBASON Michel	CNARP
2	HARISON RANDRIANASOLO	Conservation Internationale
3	RABEMANANJARA Zo	ESSA
4	RAMIALIARISOA Herivelo	Ministère de l'Energie
5	RAOELINA Andriambololona	INSTN

6	RAKOTOARIVO Simone	Direction de la recherche
7	RAKOTONJANAHARY Xavier	Direction de la recherche
8	RAZAFIMBELO Lalaina	Ministère de l'Environnement
9	RATSARAMODY Justin	Université Antsiranana
10	AUBERT Sigrid	CIRAD
11	RAMANANTONIAINA Jonah	CNRO
12	RAMIARISON Claudine	DGRS
13	RAKOTONIAINA Hantavololona	Fondation Tany Meva
14	RASAMOELINA Patrick	Direction de la recherche

MEMBRES DE LA COMMISSION 3

Objectif spécifique 5: Valoriser les résultats de recherche dans le domaine d'énergies renouvelables pour un développement durable (économie, social, environnemental, culturel, technologique).

N°	Noms et prenom	Institutions
1	HANITRIARIVO Rakotoson	INSTN
2	RAMANANTSOA Ravo	IME
3	RATSIRANTO Vololonirina	CREE/JIRAMA/DEEL
4	RANAIVOSON Roger L.	FOFIFA
5	RANDRIANARIVELO Roger	FOFIFA
6	RANDRIAMBOLA V.	WWF
7	RANAIVOSON Narindra	ADES
8	RAZAFINDRAMORA Marguerite	ADES
9	RAKOTOARIMANANA Mamisoa	ADER
10	RAMAROSON Edmond	CNRE
11	RAZAFIMANATSOA Mamisoa	CNRIT
12	RABENJA Narisoa	OMAPI
13	RAFANOTSIMIVA Oby	OMAPI
14	RAFANOMEZANTSOA Roger Marie	CNRIT
15	RAJAONARISON Valiha	FIVMPAMA
16	RAZAFIARISON Andrianaivalomanana	FIVMPAMA
17	RAMAMONJISOA Berthin	Ecole Doctorale Fianarantsoa
18	ANDRIAMASIVELO Solonjatovo	INSTN
19	RAKOTOARISON Misaniaina	Direction de la Recherche
20	RAKOTOMALALA Iony Tiana	Ministère de l'Agriculture
21	TAHIRISOA Andriamitantsoa	DGRS
22	RAKOTOASIMBOLA Sahondra	Direction de la Recherche
23	TSIAZONANGOLY Andréa	DGRS
24	RAMINOSOA Chrysostôme	Ecole Doctorale Antsiranana
25	RAKOTOARIVELO Marie Laure	CIDST

MEMBRES DE LA COMMISSION 4

Objectif spécifique 4: Connaître la situation actuelle de la recherche dans le domaine de l'énergie renouvelable,

Objectif spécifique 6: Promouvoir l'innovation participative dans la recherche sur les énergies renouvelables à valeur ajoutée socio-économique, culturel et environnemental pour Madagascar,

N°	Noms et prenom	Institutions
1	RAMBELOARISON Roger	CREE
2	RAJAOBELISON Joël	INSTN
3	RAZAFINDRATSARA Jean Noël	OMH
4	RAKOTO Dominique	IST Antsiranana
5	RAZAFINJATO Victor	IST Antananarivo
6	RAKOTOMALALA Minoson	Université Antananarivo/IME
7	RATSIRARSON Joelisoa	Université Antananarivo
8	ROBISON Laurent R.	CNRE
9	RAFAMANTANANTSOA Jean Gervais	CNRIT
10	RANDRIAMPARANY Benjamin	Direction de la Recherche
11	RAZAFIARISOA Albertine	Direction de la Recherche
12	RAZAFIMALALA Herisoa	DGRS
13	RAKOTONDRAZAFY Andrianjakatiana	DGRS
14	ANDONIAINA Holimalala	DGRS
15	RAJAONARISON Valiha	FIVMPAMA
16	RANDIMBIMAHENINA	Direction de la Recherche