



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)

ENERGIES NOUVELLES ET RENOUEVABLES

DP/MAG/84/007

REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DE MADAGASCAR

RAPPORT FINAL \*

Établi pour le Gouvernement de Madagascar,  
par l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel,  
Organisation chargée de l'exécution pour le compte  
du Programme des Nations Unies pour le développement

d'après les travaux de Monsieur J.C. Scholle,  
Consultant dans le développement des sources d'énergies renouvelables,  
sous le poste 11-51

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel  
Vienne

---

\* Le présent rapport n'a pas fait l'objet d'une mise au point rédactionnelle.

TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
- Remerciements	3
- Résumé	4
1 - INTRODUCTION	5
2 - COMPTE RENDU DE LA MISSION	5
21 - DESCRIPTION DES TRAVAUX EXECUTES	5
22 - COMPTE RENDU CHRONOLOGIQUE DE LA MISSION	6
221 - DEROULEMENT CHRONOLOGIQUE DE LA MISSION	6
222 - COMPTE RENDU DES RESULTATS DE LA MISSION	10
2221 - Les consommations et besoins énergétiques	10
2222 - Les ressources énergétiques solaires	12
2223 - Les facteurs socio-économiques favorables	13
23 - DESCRIPTION DU PROJET	14
3 - RECOMMANDATIONS CONCERNANT LA FOURSUITE DU PROJET	15
31 - RECOMMANDATIONS GENERALES	15
32 - RECOMMANDATIONS PARTICULIERES AU DEROULEMENT DU PROJET	17
4 - CONCLUSION	20
ANNEXE 1 - Abréviations utilisées	21
ANNEXE 2 - Document de projet (ébauche initiale)	23

### Remerciements

Je remercie les différentes personnes que j'ai rencontrées durant l'exécution de cette mission, qui, toutes, sans exception aucune, ont fait preuve d'une grande amabilité et chaleur humaine, rendant très agréable ce séjour; et qui ont facilité mon travail technique.

En particulier, je remercie sincèrement Monsieur Stevens, SIDFA ONUDI, Madame Andersen, JPO ONUDI à Antananarivo, et leur secrétaire Dany, des conseils qu'ils m'ont prodigués et de l'appui logistique qu'ils m'ont fourni, facilitant ainsi largement l'exécution et le succès de la mission dont j'étais chargé.

Je remercie particulièrement les trois membres de la Délégation universitaire aux Energies Nouvelles et Renouvelables, Monsieur Razafindrakoto, Monsieur Rakotondrafara, Monsieur Rasoldier, et leurs collaborateurs de leurs conseils efficaces, des analyses lucides et franches que nous avons pu faire ensemble.

Je remercie Monsieur Daka Mosesy, Directeur d'Appui aux Recherches Technologiques, pour sa coopération et ses conseils.

### Résumé

L'ONUDI envisage de développer à MADAGASCAR l'utilisation des énergies renouvelables et, en particulier, d'aider à l'adaptation, à la diffusion et à la fabrication des technologies appropriées.

Dans ce but, l'ONUDI a organisé une mission de dix jours à Antananarivo, à l'issue de laquelle j'ai rédigé un document de projet définissant les actions concrètes à entreprendre pour promouvoir l'adaptation de matériel approprié. Il s'agit :

- d'une part, de réaliser trois installations solaires de démonstration (chauffage d'eau chaude sanitaire, microcentrale hydroélectrique) ;
- d'autre part, d'évaluer les mesures à prendre dans le secteur industriel pour économiser l'énergie ;
- enfin, d'évaluer les possibilités d'utilisation des énergies renouvelables à Madagascar.

J'ai également défini les recommandations qu'il faudrait suivre pour assurer le succès du projet.

## 1 - INTRODUCTION

Ce document a pour but de rendre compte de la mission effectuée du 24 avril au 14 mai 1985 à Antananarivo (Madagascar).

Il s'agissait, au cours de cette mission, de rédiger le document de projet définissant les actions concrètes à entreprendre dans les secteurs Energie solaire - Biomasse - Energie éolienne, en vue de promouvoir l'adaptation de matériel approprié au contexte économique-social de Madagascar.

Le document résume les travaux exécutés et le déroulement chronologique de la mission. En conclusion, nous avons joint :

- le document de projet auquel nous avons abouti ;
- les recommandations à suivre pour assurer le succès du projet ;

## 2 - COMETE RENDU DE LA MISSION

La mission s'est déroulée en trois phases :

- une première phase d'évaluation de collecte et de synthèse des éléments d'appréciation du programme ;
- une seconde phase de construction du projet ;
- une troisième phase de négociation du projet avec les différents partenaires.

### 21 - DESCRIPTION DES TRAVAUX EXECUTES

Au cours de la première phase, j'ai :

- d'une part, évalué l'intérêt et les possibilités de développe-

ment de l'utilisation des énergies renouvelables à Madagascar (ressources - potentialités - besoins énergétiques...);

- d'autre part, évalué les potentialités et capacités technologiques et industrielles des partenaires du projet (Université d'Antananarivo - Centre Universitaire Régional de Diego-Suarez - Industries privées...);
- ensuite, identifié les programmes en cours à Madagascar et dans l'Océan indien dans le domaine de l'utilisation des énergies renouvelables et les programmes connexes (coopération française - coopération européenne - programme World Bank, etc...);
- enfin, évalué les objectifs des divers partenaires du projet (ONUDI Vienne - ONUDI Antananarivo - Ministère de la Recherche Scientifique et Technologique - Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines...).

Au cours de la seconde phase, j'ai :

- dans un premier temps, construit une esquisse du projet avec les futurs "leaders nationaux" du projet, membres de la Délégation universitaire des énergies nouvelles et renouvelables;
- dans un second temps, rédigé le projet détaillé ayant pour objectif la réalisation de trois installations solaires, l'étude diagnostic énergétique du secteur industriel, l'évaluation des possibilités d'utilisation des énergies renouvelables.

Au cours de la troisième phase, je me suis assuré, par des consultations, de l'acceptabilité du projet auprès des autorités gouvernementales.

## 22 - COMPTE RENDU CHRONOLOGIQUE DE LA MISSION

### 221 - DEROULEMENT CHRONOLOGIQUE DE LA MISSION

Jeudi 25 avril 1985

- 10 H Rencontre avec Monsieur Moschin (CCE Bruxelles), qui me présente les programmes en cours concernant les énergies renouvelables dans l'Océan indien et en particulier à Madagascar.

.../...

- 15 H Rencontre avec Monsieur Vuereu, Bureau d'études SPRL, qui me remet une étude faite en 1979, concernant l'évaluation des possibilités de réalisation d'installations solaires à Madagascar.
- 18 H Monsieur Razafindraoava, Responsable à la CDI (convention ACP-CEE de Lomé), me présente le programme de développement des énergies renouvelables dont il a la responsabilité à Madagascar.

Vendredi 26 avril 1985

Journée à l'ONU (Vienne) pour la présentation de la mission.

Samedi/dimanche 27/28 avril 1985

Voyage Vienne Madagascar - Arrivée à Madagascar.

Lundi 29 avril 1985

Journée à l'ONU (Antananarivo) - Rencontre avec Monsieur Stevens (SIDFA), Madame Andersen (JPO).

- 17 H Rencontre avec Monsieur Alexis, Responsable sur place du FED, qui me fait le point de leur intervention dans le domaine des énergies renouvelables.

Mardi 3 avril 1985

- 10 H Rencontre avec les responsables nationaux du projet de la DUEN, Messieurs Razafindrakoto, Rakotondrafara et Rasoldier, et Monsieur Daka Mosesy, Directeur d'Appui aux Recherches Technologiques. Ils nous rendent compte de leur voyage d'étude en Europe, effectué dans le cadre de ce projet.
- 14 H Visite, avec les membres de la DUEN, des locaux et ateliers, et évaluation de leurs moyens techniques et humains.

Mercredi 1er mai 1985

Férié. Visite d'installation de production de biogaz réalisée avec le concours de la DUEN (Notre-Dame de Clairvaux, Bevala, etc...).

Jeudi 2 mai 1985

- 9 H Journée de travail avec les membres de la DUEN pour rassembler les travaux et études permettant :
  - 1/ d'évaluer les ressources en énergies renouvelables à Madagascar pouvant être exploitées (solaire, bioénergétique, hydraulique, éolienne) ;
  - 2/ d'évaluer les besoins et consommations énergétiques nationaux.
- 14 H Point de l'état d'avancement de l'étude avec Madame Andersen, JPO ONUDI, et les membres de la DUEN.

Lundi 6 mai 1985

- 9 H CUR Diego-Suarez. Rencontre avec les responsables, des membres de la DUEN de Diego-Suarez, Monsieur Florent, Monsieur Fortunat. Ils nous présentent leurs travaux, en particulier, dans le domaine éolien et hydraulique ; et nous visitons avec eux leurs laboratoires et ateliers.
- 14 H Les responsables du CUR nous présentent quelques-unes de leurs réalisations (éolienne, turbine hydraulique, etc...).
- 18 H Les chercheurs du CUR nous présentent les thèmes de recherche dont ils ont la responsabilité, et l'état d'avancement de ces études.

Mardi 7 mai 1985

Rencontre avec différents Directeurs de projet UN à Madagascar (Monsieur Sainmont, Responsable projet maintenance industrielle -DP/82008-, Monsieur Cuenod, Responsable projet PNUD, etc...), afin d'évaluer l'environnement dans lequel le projet doit s'insérer.

- 11 H Rencontre avec Monsieur Randrianarisoa et Monsieur Jalou (Chef du service énergie au Ministère), afin de connaître les orientations du projet souhaitées par le service responsable des problèmes énergétiques.

Mercredi 8 mai 1985

- 15 H Point avec Monsieur Janone (Res. Rep.), Madame Andersen, de l'état d'avancement du projet et de ses orientations.
- 16 H Rencontre avec Monsieur Rea et Monsieur Prior (USA ID), afin de connaître les projets de l'USAID à Madagascar dans le domaine de l'utilisation des énergies renouvelables.

Jeudi 9 mai 1985

Journée de travail avec les membres de la DUEN. Prédéfini-  
tion du projet.

- 17 H Présentation, par les chercheurs de la DUEN, de leurs travaux et possibilité d'appui au projet.

Vendredi 10 mai 1985

Matinée de préparation du projet.

- 17 H Rencontre avec Monsieur Daka Mosesy, les membres de la DUEN et Madame Andersen, pour présenter le projet et recueillir l'avis des responsables nationaux. Le projet, dans l'ensemble, recueille leur approbation.

Samedi 11 mai 1985

Rédaction manuscrite du projet et frappe.

Dimanche 12 mai 1985

Rédaction manuscrite du projet et frappe.

Lundi 13 mai 1985

- 10 H Remise du projet à Monsieur Stevens, pour lecture.
- 14 H Correction, avec Monsieur Stevens, du document projet.
- 17 H Présentation aux membres de la DUEN et au Directeur du CUR du projet tel qu'il a été arrêté à ce jour. Le projet recueille leur approbation.

Mardi 14 mai 1985

Contact avec des partenaires locaux (Monsieur Polino, STEG, Monsieur Sainmont, UN) afin de connaître leur possibilité d'appui technique au projet et de leur définir le cadre de leur intervention.

Fin de la mission, retour via Paris domicile.

20, 21 et 22 mai 1985

Rédaction et frappe d'un projet de rapport final du 24 mai 1985.

Mercredi 29 mai 1985

Envoi du projet de rapport final à Monsieur Seidel, ONUDI Vienne.

222 - COMPTE RENDU DES RESULTATS DE LA MISSION

Pour définir le projet à réaliser, j'ai :

- d'une part, évalué les ressources énergétiques solaires, afin de savoir si elles étaient suffisantes pour être exploitées ;
- d'autre part, identifié et évalué les besoins et consommations énergétiques que l'utilisation de l'énergie solaire pouvait assurer ;
- enfin, évalué les facteurs socio-économiques favorables à la réalisation du projet.

2221 - Les consommations et besoins énergétiques

J'ai utilisé les documents que nous a remis le service de l'énergie, Situation énergétique à Madagascar (Réf. UNDP/ILOINT/82006A/01.11) et l'étude SPRL/LUX Conseil, remise par laCCE, et les résultats de l'étude énergétique faite conjointement dans le cadre PAME et PAGE par le PNUD et la Banque Mondiale. Les résultats sont résumés dans le tableau T1 ci-après.

.../...

SOURCE		UTILISATION		FORME DES BESOINS	
Désignation	%	Domestique Rurale %	Moderne Industrielle %	Désignation	%
Bois	63	98	2	Cuisson, eau chaude chauffage	45,5
Hydraulique	2,1			Conservation fourrage	1,5
Produit pétrolier	32	13	Transport : 60 Autre : 27	Conservation aliments : Amélioration sols :	4,5 3
Charbon	1,2	35	65	Artisanat	1,5
S/ produit agricole	0,6	5	95	Pompage : Irrigation : Eclairage :	1 1,5 3
S/ produit chimique	0,05	5	95	Ecole éducation : Motorisation : Transport : Industrie Résidentiel service :	1,5 1 20 14 2
Divers	0,45				
TOTAL	100	66	TRANSPORT 20 URBAIN 14		100

## T1 - REPARTITION DES CONSOMMATIONS ET BESOINS ENERGETIQUES

La consommation totale est de  $2.10^{-6}$  TEP/an, soit 20 Milliards de FMG.  
La consommation par habitant s'élève à 0,2 TEP/an.habitant.

.../...

## 2222 - Les ressources énergétiques solaires

J'ai essentiellement utilisé, pour cette évaluation, l'étude parue dans la revue de la COMPLES sur le gisement solaire de Tananarive G.HUG, l'étude effectuée par le CUR, par Monsieur Francesqua, sur le potentiel éolien à Antrirana, l'étude de SPR.Lux, l'étude du CUR sur les microcentrales hydrauliques.

J'ai résumé les résultats dans le tableau T2 ci-dessous.

FILIERE PHOTOTHERMIQUE HORIZONTAL	- 200 kWh/m2.an, soit 5,4 à 7 kWh/m2.jour - 2 000 à 3 000 heures de soleil par an -répartition annuelle et géographique à peu près uniforme-
FILIERE MECANIQUE	- 5 à 6 m/s - 1 000 à 2 500 kWh/m2.an dans le Sud - 1 000 à 2 000 kWh/m2.an dans le Nord
FILIERE MECANIQUE HYDRAULIQUE	- Evaluation : 2 500 MW à 4 500 MW -dont 80 sites de 50 à 500 kW-
FILIERE BIOENERGETIQUE	- Déchets de riz (paille, etc...) : 19 700 TEP/an - Bagasse : 93 000 TEP/an - Déchets de sisal : 30 000 TEP/an - Déchets de café et cacao : 27 800 TEP/an et 1 800 TEP/an - Déchets d'animaux : 1 900 000 TEP/an -répartition annuelle et géographique à peu près uniforme-

### T2 - RESSOURCES ENERGETIQUES RENOUVELABLES

L'importance et la répartition à peu près uniformes des ressources énergétiques renouvelables sont des facteurs très favorables à leur développement, et constituent donc une seconde justification de ce projet.

2223 - Les facteurs socio-économiques favorables

Au cours de la mission, j'ai évalué les facteurs socio-économiques parmi lesquels s'insère le projet.

La visite de l'université d'Antananarivo, du CUR d'Antriranana, les entretiens avec les responsables de la SERDI (Société d'Etude et de Réalisation pour le Développement Industriel), appuyée par l'ONUDI, avec les responsables du projet maintenance industrielle (Réf. DP/MAG/008), la visite de réalisation d'installation solaire, etc... m'ont permis d'apprécier l'appui technique et humain qui peuvent aider à la réalisation du projet.

L'université dispose d'une structure de recherche, développement et expérimentation de qualité, avec des moyens humains et matériels et une forte volonté d'aboutir.

+ 20 thèmes de recherche ayant trait aux énergies renouvelables sont approximativement développés avec la DUEN. 20 thèmes de recherche ayant trait aux énergies renouvelables sont approximativement développés au CUR d'Antriranana. Ces thèmes sont développés avec la collaboration du Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines (MIEM). Ils sont de qualité et bien conduits, souvent avec la collaboration de chercheurs français. Ils sont décrits dans la brochure "Projets énergies renouvelables", MIEM Avril 1985, et dans "Recherche et programme université de Madagascar et liste des travaux sur l'énergie éolienne".

+ L'université dispose notamment :

- d'un bureau d'études et méthodes (10 personnes),
- de moyens de tirage,
- de moyens administratifs,
- d'un laboratoire d'électrotechnique,
- d'ateliers de fraisage, tournage, formage, grignotage, soudure,
- d'un laboratoire moteur diesel et essence
- d'un laboratoire énergie solaire (10 personnes).

Elle intervient comme appui technique pour l'industrie locale.

+ Le CUR D'Antriranana dispose notamment, de son côté :

- d'un laboratoire électronique,
- d'un laboratoire informatique,
- d'un laboratoire électronique de puissance,
- d'un laboratoire résistance des matériaux,
- d'un laboratoire servomécanique,
- d'un laboratoire thermique,
- d'ateliers soudure, métrologie, mécanique.

L'ensemble de ces ateliers est en bon état et bien équipé.

J'ai également pu m'assurer qu'il existait une volonté technique et politique de développement des énergies renouvelables. Le projet de création, bien avancé, de la société Hery Vao, société de recherche, étude et fabrication de matériel solaire, décrite dans la brochure "Description de la société Hery Vao", en témoigne.

La visite des installations de fermentation méthanique de Clairvaux et Bevala, la visite des installations éoliennes d'Antriranana m'ont également montré qu'il existe des compétences nationales pour aider à la réalisation et au suivi des installations utilisant les énergies renouvelables.

L'ensemble de ces éléments sont repris dans le document projet.

### 23 - DESCRIPTION DU PROJET

En fin de ce document, j'ai annexé le projet de développement de l'utilisation des énergies renouvelables, dans un but d'industrialisation, tel qu'il pourrait être exécuté. J'ai volontairement précisé ce programme par des annexes.

o La première annexe indique les termes de référence du consultant international devant suivre ce projet.

o La seconde annexe constitue l'échéancier du projet.

.../...

o La troisième annexe est le plan de travail détaillé du projet.

### 3 - RECOMMANDATIONS CONCERNANT LA POURSUITE DU PROJET

#### 31 - RECOMMANDATIONS GENERALES

- 1 - Relayer en aval, par des initiatives et investissements de production et maintenance, les investissements et initiatives de recherche, développement, expérimentation, formation du projet.
- 2 - Relayer en amont, par des initiatives et investissements de recherche, développement et expérimentation, les initiatives de production, fabrication et maintenance qui doivent être prises.
- 3 - En l'absence d'une stratégie véritable de développement des utilisations des énergies renouvelables, entreprendre les actions du tableau ci-après (cf. Tableau T3 en page suivante).

.../...

LES ETAPES	LES CONTRAINTES	LA SITUATION DE LA REGION	LES ACTIONS POSSIBLES A COURT TERME	LES ACTIONS POSSIBLES A LONG TERME
<b>1/ RECHERCHE - DEVELOPPEMENT - EXPERIMENTATION</b>				
<u>RECHERCHE FONDAMENTALE</u>	Le volume minimum de moyens humains et matériels pour être efficace est élevé.	La R.D.M. a pris du retard et a peu de moyens.	La majeure partie se fera hors de la R.D.M. mais la R.D.M. doit être tenue informée de ce qui se fait dans le monde. → D.U.E.N.	A plus long terme la R.D.M. doit jouer un rôle et s'y préparer. → D.U.E.N.
<u>RECHERCHE APPLIQUEE ET EXPERIMENTATION</u>	Le volume minimum de moyens pour être efficace est moins important.	Il existe un début d'action à l'échelon national.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il est indispensable pour la R.D.M. d'être organisée pour orienter la recherche selon ses besoins.</li> <li>• Les actions sont à répartir entre le niveau national et le niveau régional.</li> <li>• A situer impérativement au niveau régional :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- information sur le monde</li> <li>- information sur la région</li> <li>- formation</li> </ul> </li> </ul> → D.U.E.N.	
<b>2/ FABRICATION - PRODUCTION</b>				
<u>PRODUITS SOPHISTIQUES</u> Ex: cristaux de silicium	Il faut une haute technicité et un volume de production très important pour être compétitif.	La R.D.M. est aujourd'hui mal placée (en plus il y a un risque d'obsolescence rapide).	La R.D.M. est condamnée à importer mais doit se documenter sur les fournisseurs. → D.U.E.N.	Production envisageable à l'échelon régional à plus long terme lorsque les technologies seront plus stables et mieux maîtrisées par la R.D.M. et que les marchés seront développés.
<u>PRODUITS SIMPLES</u> Ex: chauffe-eau	Il faut s'adapter aux besoins locaux. En outre, les frais de transport sont élevés.	Il existe un début d'industries nationales.	Production au niveau national	
<u>PRODUITS INTERMEDIAIRES</u> Ex: pompes	Un marché important est nécessaire pour être compétitif.		La production au niveau régional doit être envisagée chaque fois qu'un créneau sera identifié. → D.U.E.N.	
<b>3/ INCITATION</b>				
<u>DIFFUSION INGENIERIE</u>	Une expertise est nécessaire.	La R.D.M. est totalement dépendante de l'extérieur.	Elle doit être prévue au niveau national avec un support au niveau régional en ce qui concerne la formation et l'étude des questions difficiles. → D.U.E.N.	
<u>COMMERCIALISATION ET FINANCEMENT</u>	Les investissements coûtent cher.	La R.D.M. est dépendante des aides extérieures dans une large mesure.	Un système de crédit adapté est à mettre en place au niveau national, complété éventuellement par une structure régionale. → D.U.E.N.	
<u>FORMATION</u>	Il faut initier les utilisateurs à des techniques nouvelles.	Le système de formation de la région doit être complété et adapté.	Les activités spécialisées de formation sont à placer en grande partie au niveau régional. → D.U.E.N.	
<u>MAINTENANCE</u>	Indispensable pour rendre les énergies nouvelles compétitives.	C'est aujourd'hui un point faible en R.D.M.	A développer au niveau national. La formation peut être envisagée au niveau régional. → D.U.E.N.	

T3 - CONTRAINTES ET ACTIONS A ENTREPRENDRE POUR LE DEVELOPPEMENT DES E.N.R.

.../...

- 4 - Développer prioritairement les technologies suivantes (cf. Tableau T4 ci-dessous).

COURT TERME	1988	+ Production d'eau chaude + Production d'électricité photovoltaïque pour l'éclairage et la production de froid (petite quantité 100 litres) + Production de biogaz + Production d'électricité par des micro-centrales hydro-électriques
MOYEN TERME	1992	+ Séchage agroalimentaire + Pompage éolien + Production de chaleur/force électricité par des groupes électrogazogènes (pour substitution aux groupes électrogènes)
LONG TERME	1992	+ Production de froid par absorption + Etc...

#### T4 - PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT DE TECHNOLOGIES

- 5 - Développer rapidement une structure industrielle de maintenance et d'entretien des installations utilisant les énergies renouvelables, et s'associer pour cela avec les projets DP/MAG/82/007 et DP/MAG/82/008.
- 6 - Aider les structures de décision à définir la stratégie d'industrialisation (Programme - structure juridique - etc...).

#### 32 - RECOMMANDATIONS PARTICULIERES AU DEROULEMENT DU PROJET

- 1 - Réaliser rapidement ce projet.
- 2 - Associer au déroulement du projet, de manière structurelle, le MIEM, la future structure industrielle éventuelle (Hery Vao), des industries nationales et/ou privées, le SERDI, etc...
- 3 - Obtenir un cofinancement des trois actions du projet par les

.../...

partenaires intéressés :

- Réalisation d'installation : Partenaire PNUD
- Etude de marché : Partenaire DP/MAG/82/008 - SERDI

4 - Identifier de manière pragmatique les filières à développer industriellement selon le modèle suivant (cf. Tableau T5 ci-dessous).

Besoins énergétiques	TEP/an			...
Ressources énergétiques	Déchets végétaux TEP/an			...
Utilisation	Cuisson			...
Solution technologique	biogaz	cuisinière améliorée	cuisinière solaire	...
Maturité technique	commercial	pilote	pilote	...
Adéquation technique et financière	xx	x	x	...
Coût - Pouvoir d'achat	xx	x	x	...
Besoin annuel	200			...
Dimension moyenne	20 m <sup>3</sup>			...
Coût unitaire	2.10 <sup>6</sup> FMC			...

xxx très favorable

xx favorable

x peu favorable

#### T5 - MODELE D'ANALYSE DES FILIERES A DEVELOPPER

5 - Identifier de manière pragmatique les projets en cours selon le modèle ci-après (cf. Tableau T6).

.../...

Réalisation	Biogaz	...
Description	Biogaz type Chine	...
Lieu	Bevala Antananarivo	...
Date de démarrage	01.12.85	...
Dimension	20 m <sup>3</sup>	...
Coût d'investissement	2.10 <sup>6</sup> FMG	...
Coût du kWh	0,50 FMG	...
Besoin satisfait	cuisson repas 200/jour	...
Appréciation		...

T6 - MODELE D'ANALYSE DES INSTALLATIONS REALISEES

- 6 - Faire suivre les achats de matériel depuis le siège ONUDI.  
Prévoir l'envoi de matériel des trois réalisations en un seul container.

Prévoir l'achat de matériel de dépannage/entretien.

Associer le partenaire/réalisation/installateur à cet achat et à l'envoi, pour s'assurer que l'ensemble du matériel nécessaire est bien inclus.

Prévoir l'expédition à Antananarivo via Réunion ou Maurice.

Rechercher, peut-être, l'installateur à la Réunion parmi les industriels ayant une expérience dans ce domaine.

Prévoir un consultant hors projet pour suivre l'ensemble de ces opérations (1 mois environ).

- 7 - Utiliser la bibliographie réunie pour la poursuite du projet, et exploiter les contacts pris.

.../...

#### 4 - CONCLUSION

Compte tenu de la durée très restreinte, dix jours, de la mission sur place, il n'est pas possible de faire une analyse fine de la situation concernant les énergies renouvelables. A partir des documents identifiés et des contacts identifiés et pris, la poursuite du projet doit permettre une analyse détaillée et de qualité.

Cependant, on peut d'ores et déjà conclure qu'il est à peu près certain que les énergies renouvelables peuvent contribuer au développement du pays. Il faut, par le choix des actions engagées, asseoir leur crédibilité et leur donner la juste importance.

En ce qui concerne l'industrialisation, la phase vérifiable de création d'industrie est encore lointaine, probablement à moyen terme. Cette industrialisation nécessite encore un certain nombre de réflexion et d'études préalables, qui sont évoquées dans ce document.

En ce qui concerne le projet plus précisément, il est volontairement limité dans ses ambitions, il a donc de fortes chances de réussites. Il est cependant indispensable qu'il soit très surveillé et très suivi par des experts spécialisés, ayant une bonne expérience.

ANNEXE 1

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100

Abréviations utilisées

ONUDI - Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel

PNUD - Programme des Nations Unies pour le Développement

BM - Banque mondiale

MRSTD - Ministère de la Recherche Scientifique et Technologique pour le Développement

MIEM - Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines

DUEN - Délégation Universitaire aux Energies Nouvelles et renouvelables

CURE - Centre Universitaire Régional de Diego-Suarez (Antrirana)

CCE - Commission des Communautés Européennes

CDI - Centre de Développement Industriel (CCE Bruxelles)

RDM - République Démocratique Malgache

ENR - Energies Nouvelles et Renouvelables

Taux de change

1 FF 60 FMG (Franc français/Franc malgache)

1 EU \$ 660 FMG (Dollar Etat-Unies/Franc malgache)

ANNEXE 2

DOCUMENT DE PROJET

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT  
PROJET DU GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DE MADAGASCAR

---

DOCUMENT DE PROJET

Titre : Programme d'aide au développement de l'utilisation des énergies renouvelables (dans un but d'industrialisation).

Numéro : DP/MAG/84/007/D/01 37

Pays : Madagascar

Durée : 2 ans

Secteurs 03 : Ressources Naturelles (classement du PNUD)

Sous-secteurs : 0350 Energie (classement du PNUD)

Organisme gouvernemental chargé de l'exécution :  
Ministère de la Recherche Scientifique et Technologique pour le Développement

Organisme d'exécution :  
Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONU/IDI)

Date de démarrage :  
Mars 1985

Apport PNUD : 200.000 US Dollars

Apport Gouvernement malgache : p.m. en nature

.../...

## 1/ CONTEXTE LEGAL :

Ce document de projet représente l'instrument désigné comme tel dans l'article I, paragraphe 1, de l'accord d'assistance entre le Gouvernement de la République Démocratique de Madagascar et le Programme des Nations Unies pour le Développement Industriel signé entre les deux parties le 31 Mai 1962.

## 2/ LE PROJET :

A - OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT

Le projet a pour objectifs à long terme :

- 1- Le développement de l'utilisation des énergies renouvelables en remplacement partiel ou total des énergies traditionnelles pour économiser l'énergie.
- 2- La création d'industrie de fabrication des technologies permettant l'utilisation des énergies renouvelables.
- 3- Le développement économique général par une plus vaste mise à disposition de l'énergie.

B - OBJECTIFS IMMEDIATS

- 1- Réalisation d'installations utilisant des énergies renouvelables, intégrées à des programmes de développement, et permettant, pour une production industrielle future :
  - a) de démontrer la fiabilité et les performances des techniques ;
  - b) d'acquérir une expérience pratique d'ingénierie, maintenance et entretien.
- 2- Etude diagnostic énergétique du secteur industriel, évaluation technique et financière des investissements à réaliser pour économiser l'énergie.
- 3- Evaluation des possibilités d'utilisation des énergies renouvelables à Madagascar, et définition des conditions préalables à leur développement.

.../...

### C - CONSIDERATIONS SPECIALES

Le projet a été défini en l'absence d'une véritable programmation des économies d'énergie et d'utilisation des énergies renouvelables, compte tenu des projets de démonstration réalisés ou en cours, compte tenu des compétences et structure de recherche de développement et d'industrialisation à Madagascar, et compte tenu des études et travaux déjà réalisés dans ce domaine.

### D - DONNEES DE BASE ET JUSTIFICATION

#### Historique

Ce projet fait suite :

- d'une part, à un voyage d'étude de 3 membres de la DUEN en Europe et Moyen Orient en vue de recueillir les données techniques nécessaires à la poursuite du projet ;
- d'autre part, à la mission d'un consultant ONUDI à la formulation du projet.

#### Données de base et justification

Trois éléments notamment justifient la poursuite du projet :

- les consommations énergétiques et leurs conséquences,
- l'ampleur des ressources énergétiques solaires, et
- l'environnement socio-économique du projet.

#### 1- Consommation/besoin énergétique

La consommation d'énergie et la répartition des besoins en l'état des connaissances est la suivante (cf. Tableau T1 ci-après en page suivante).

SOURCE		UTILISATION		FORME DES BESOINS	
<u>Désignation</u>	%	Domestique Rurale %	Moderne Industrielle %	<u>Désignation</u>	%
Bois	63	98	2	Cuisson, eau chaude chauffage	45,5
Hydraulique	2,1			Conservation fourrage	1,5
Produit pétrolier	32	13	Transport : 60 Autre : 27	Conservation aliments : Amélioration sols :	4,5 3
Charbon	1,2	35	65	Artisanat	1,5
S/produit agricole	0,6	5	95	Pompage : Irrigation : Eclairage :	1 1,5 3
S/produit chimique	0,05	5	95	Ecole éducation : Motorisation : Transport : Industrie : Résidentiel service :	1,5 1 20 14 2
Divers	0,45				
TOTAL	100	66	TRANSPORT : 20 URBAIN : 14		100

T1 - REPARTITION DES CONSOMMATIONS ET BESOINS ENERGETIQUES

La consommation totale est de  $2.10^6$  TEP/an (Tonne équivalent Pétrole/an),  
soit 20 Milliards de FMG/an.

La consommation par habitant et par an s'élève à 0,2 TEP/an.habitant.

.../...

La consommation d'énergie moderne (pétrole, électricité...)

- est très faible (32 %) ;
- est réservée à une petite fraction (20 %) de la population ;
- est d'un coût élevé, entraînant une dépense nationale énergétique et financière importante ;
- est au-dessous du seuil d'industrialisation, 0,9 TEP/habitant (2/3 de la consommation de la Côte d'Ivoire, ou 17 fois inférieure à celle de la France, 22 fois inférieure à celle de la R.D.A.).

La consommation d'énergie traditionnelle

- est faite sous forme de bois ;
- assure 63 % du besoin du milieu rural ;
- entraîne une déforestation supérieure à la régénération ;
- limite le développement rural.

Les perspectives d'évolution montrent, en particulier, :

- que le prix du pétrole risque de monter, accentuant encore la dépendance énergétique, le déficit monétaire et le coût des autres produits importés ;
- que la consommation de bois augmentera avec la population et les besoins, avec ses conséquences écologiques ;
- que l'énergie moderne (pétrole, électricité...) sera encore inaccessible à la majeure partie de la population, du fait du coût de transport et de distribution.

Le scénario difficilement acceptable est une première justification de ce projet.

Le développement des énergies renouvelables et des mesures d'économie d'énergie, joint à d'autres initiatives, peut engendrer un autre scénario :

- où les populations, notamment rurales, disposeront de plus d'énergie ;
- où le déficit énergétique pourra être mieux contrôlé ;
- où les risques de déséquilibre écologique pourront être renversés ;
- où le développement rural conçu par le gouvernement pourra être aidé.

.../...

## 2- Ressources énergétiques solaires

FILIERE PHOTOTHERMIQUE HORIZONTAL	- 200 kWh/m <sup>2</sup> .an, soit 5,4 à 7 kWh/m <sup>2</sup> .jour - 2 000 à 3 000 heures de soleil par an -répartition annuelle et géographique à peu près uniforme-
FILIERE MECANIQUE	- 5 à 6 m/s - 1 000 à 2 500 kWh/m <sup>2</sup> .an dans le Sud - 1 000 à 2 000 kWh/m <sup>2</sup> .an dans le Nord
FILIERE MECANIQUE HYDRAULIQUE	- Evaluation : 2 500 MW à 4 500 MW -dont 80 sites de 50 à 500 kW-
FILIERE BIOENERGETIQUE	- Déchets de riz (paille, etc...) : 19 700 TEP/an - Bagasse : 93 000 TEP/an - Déchets de sisal : 30 000 TEP/an - Déchets de café et cacao : 27 800 TEP/an et 1 800 TEP/an - Déchets d'animaux : 1 900 000 TEP/an -répartition annuelle et géographique à peu près uniforme-

## T2 - RESSOURCES ENERGETIQUES RENOUVELABLES

L'importance et la répartition à peu près uniformes des ressources énergétiques renouvelables sont des facteurs très favorables à leur développement, et constituent donc une seconde justification de ce projet.

### 3- Environnement socio-économique

- a) Le développement de mesures d'économie d'énergie et de l'utilisation des énergies renouvelables est favorisé, au moins, par les éléments suivants :
- en amont, l'existence d'une structure de recherche de développement et expérimentation de qualité, avec des moyens humains et matériels, et une forte volonté (ateliers, école polytechnique, centre universitaire de recherche d'Antsirana, etc...)

.../...

- en aval, l'existence d'un début de structure d'industrialisation (Hery Vao...) ;
  - autour, des actions de recherche de développement d'industrialisation et d'expérimentation :
    - . installation prototype de fermentation méthanique,
    - . installation d'éolienne,
    - . installation de centrale hydroélectrique,
    - . contrat d'appui de maintenance industrielle (PNUD MAG/82/008),
    - . aide au développement énergétique de la Banque Mondiale (Programme PAME-PAGE), de l'USAID (aide de développement de micro-centrales hydromécaniques de démonstration de faisabilité.
- b) La formulation de plus en plus fréquente de demandes d'utilisateurs d'installations :
- centre des handicapés, pour la production solaire d'eau chaude,
  - centre national de recherche pharmaceutique, pour la réalisation d'un séchoir solaire de plantes médicinales,
  - centrales hydroélectrique pour le développement rural,
  - etc...
- c) L'existence de programmes nationaux et internationaux de développement dans lesquels l'économie d'énergie ou l'utilisation d'énergies renouvelables peuvent aider à une meilleure réussite des programmes :
- Programme d'assistance à la réinsertion et la formation des personnes handicapées (MAG/84/014 et MAG/85/001),
  - Programme d'assistance au Centre National de Recherches pharmaceutiques (MAG/84/017).
- d) L'impossibilité d'exploiter de rares études déjà faites, souvent trop générales.
- c) Enfin, et surtout, l'existence d'une volonté politique d'intervention avec la collaboration :
- du Ministère de la Recherche Scientifique et Technologique, avec la délégation universitaire aux énergies

.../...

nouvelles et renouvelables,  
- du Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines.

En conclusion, on peut affirmer avec certitude :

- 1° que le projet ne présente pas de risques techniques, du fait de la simplicité et de la maturité des technologies choisies ;
- 2° que les données énergétiques (besoins et ressources) et l'environnement socio-économique sont des justifications très favorables du projet.

La réalisation de ce projet constitue un préalable à tout développement industriel de diffusion et de fabrication des technologies utilisant les énergies renouvelables.

#### E - RESULTATS ATTENDUS

On disposera, à l'issue du projet :

- 1- de trois installations solaires de production d'eau chaude sanitaire et d'une microcentrale hydroélectrique ;
- 2- d'un rapport bilan des expériences réalisées ;
- 3- d'un rapport de définition des modifications, adaptations et améliorations à apporter à ces technologies, pour une éventuelle fabrication nationale ;
- 4- d'un manuel d'ingénierie de ce type d'installations ;
- 5- d'un manuel d'entretien et maintenance de ce type d'installations ;
- 6- d'une étude diagnostic énergétique du secteur industriel avec un programme précis et pratique technico-économique des investissements à réaliser ;
- 7- d'un rapport d'évaluation de l'intérêt du développement des énergies renouvelables (besoins, ressources, technologies, coût, maturité technique, acceptabilité sociologique ...) suivi d'un programme :

.../...

- des actions pratiques à entreprendre dans le domaine de la fabrication (objectif à court terme, moyen terme, long terme, marché de l'offre et de la demande, etc...);
  - des actions pratiques à entreprendre dans le domaine de la recherche, développement et expérimentation (axes de recherche-opération de démonstration...);
  - des actions pratiques à entreprendre dans le domaine de l'incitation (programme de formation, programme d'aide financière par une caisse de crédit, programme de diffusion...).
- 8- de la formation, à l'occasion de ces travaux, des cadres associés au projet ;
- 9- d'une réunion technique à Madagascar sur les méthodologies suivies et les résultats.

#### F - ACTIVITES DU PROJET

Les activités du projet consisteront :

- 1- à réaliser trois installations solaires d'énergies renouvelables :
  - une installation solaire de production d'eau chaude pour la piscine, les bains et besoins sanitaires du centre des handicapés d'Antsirabe ;
  - une installation solaire de production d'eau chaude sanitaire pour le centre psychiatrique d'Antananarivo ;
  - une micro-centrale hydroélectrique dans le secteur rural et artisanal (de Betafo?) ;
- 2- à évaluer les investissements à réaliser dans les industries petites et moyennes pour économiser l'énergie ;
- 3- à évaluer les possibilités d'utilisation des énergies renouvelables, et à définir les actions pratiques à entreprendre
  - dans le domaine de la recherche, développement et expérimentation,
  - dans le domaine de la fabrication,
  - dans le domaine de l'incitation.

.../...

## G - APPORTS DU PROJET

### 1- Apport du Gouvernement

#### a) Affectation du personnel

Affectation, à temps partiel, des cadres nationaux auprès des experts :

- 1 ingénieur chargé de l'ingénierie, du suivi de la réalisation et de la maintenance de l'installation solaire du centre des handicapés d'Antsirabe ;
- 1 ingénieur chargé de l'ingénierie, du suivi de la réalisation et de la maintenance de l'installation solaire de l'hôpital psychiatrique d'Antananarivo ;
- 1 ingénieur chargé de l'ingénierie, du suivi de la réalisation et de la maintenance de l'installation de la micro-centrale de Betafo ;
- 1 équipe de conception technique ;
- 1 équipe de maintenance pour ces installations ;
- 1 ingénieur assistant l'expert pour le diagnostic énergétique ;
- 1 ingénieur technico-économique ;
- 1 sociologue pour l'évaluation du développement possible des utilisations de l'énergie solaire.

#### b) Matériel

- Mise à disposition de bureaux adaptés pour le personnel du projet, y compris fourniture du mobilier de base pour les bureaux des experts du projet (petit matériel de bureau, machine à écrire, photocopieuse, tireuse de plans, table à dessin, machine à calculer, téléphone...).
- Mise à disposition, à temps partiel, de l'atelier de l'école polytechnique (tour, fraiseuse, matériaux...) et de son personnel.

#### c) Divers

- Participation des responsables du Ministère de l'In-

dustrie, de l'Energie et des Mines au projet.

- Association d'entreprises privées à la réalisation, à l'installation et à la maintenance des installations.
- Frais locaux relatifs à l'organisation de réunions techniques (salle de conférence équipée, secrétariat, frais de publicité...).
- Frais liés à la conception des installations, à la consultation des entreprises, etc...
- Frais liés aux déplacements du personnel national.

## 2- Apport du PNUD et de l'ONUDI

Le PNUD mettra à la disposition du projet un budget de 175 000 US \$, pour une durée de deux ans.

- a) Expert et Consultant (LM 11). Affectation d'un Consultant pour deux missions, l'une de 1 mois, l'autre de 1,5 mois (cf. Annexe I).

Au cours de la première mission, il effectuera le contrôle de l'ingénierie et le diagnostic énergétique.

Au cours de la seconde mission, il effectuera le contrôle des montages des installations et l'étude de l'évaluation des possibilités de développement des énergies renouvelables à Madagascar. Compte tenu des moyens de documentation nécessaires, cette étude sera rédigée en partie en Europe.

Le Consultant sera aidé durant ces deux missions par trois ingénieurs homologues nationaux pour une durée de 2,5 mois. Ils seront chargés, selon le programme et les méthodes du consultant, de l'assister dans son travail.

Montant total      21 750 \$ EU

Ces ingénieurs seront :

- un ingénieur chargé du suivi des réalisations,
- un ingénieur technico-économique assistant l'expert

.../...

- pour le diagnostic énergétique,  
 - un ingénieur technico-économique pour l'évaluation des possibilités de développement des énergies renouvelables.

b) Sous-traitance (LM 20)

Les installations seront réalisées par des entreprises nationales sous contrôle du Consultant et de la délégation universitaire aux énergies nouvelles et renouvelables.

Cette sous-traitance comprend notamment :

- la réception du matériel,
- le montage du matériel,
- les travaux de Génie Civil,
- les travaux de finition complète,
- les essais et la mise en route.

Montant total 35 000 ₣ EU

c) Formation (LM 30)

Il est prévu l'organisation sur place de réunions techniques de formation.

Montant total 4 950 ₣ EU

d) Matériel et équipements (LM 40)

Le matériel à acquérir est le suivant :

- 1 ensemble de capteurs solaires  
(simple vitrage, bâti aluminium, absorbeur cuivre, chromé noir, isolation laine de verre..., type SOGEN)
- 2 ensembles d'accessoires de montage  
(charpente de fixation galvanisée, raccords entre capteurs, purgeur, casse vide, vannes d'isolation, boulonnerie galvanisée, etc...)

Montant total 35 000 ₣ EU

- 3 ensembles de régulations différentielles photovoltaïques comprenant :

.../...

- . le thermostat différentiel, les sondes,
- . le module d'affichage de température,
- . la pompe de circulation 220 VAC/50 Hertz,
- . la vanne antigel,
- . les vannes d'arrêt

(type Pulstar, Independent Energy)

Montant total 4 500 ₣ EU

- 1 microcentrale hydroélectrique avec son armoire de régulation, les vannes de décharge, les tuyauteries d'arrivée, boulonnerie, etc...(type Leroy Sommer)

Montant total 35 000 ₣ EU

- 1 microordinateur 120 K avec imprimante et alimentation stabilisée, cardan, interface, 10 disquettes, ROM-RAM (type IBM PC)

Montant total 2 500 ₣ EU

- 1 ensemble de programmes en propriété :

- . Ø F. Chart,
- . Dimensionnement de microcentrale hydroélectrique
- . Programme d'évaluation du flux solaire
- . Programme de dimensionnement technico-économique

Montant total 1 500 ₣ EU

TOTAL GLOBAL matériel non consommable 93 500 ₣ EU

- 1 ensemble de documentation technique et financière de matériel (capteurs solaires et microcentrale...)

Montant total 1 000 ₣ EU

- 1 ensemble d'abonnement à des revues techniques (Solar Age, Bâtiment Energie, Comple...)

Montant total 500 ₣ EU

TOTAL GLOBAL matériel consommable 1 500 ₣ EU

.../...

c) Dépenses diverses (LM 50)

Il est prévu dans ce poste :

- les frais d'opération et d'entretien (location de véhicules, essence, entretien...);
- une provision pour imprévus

Montant total            7 500 ₣ EU

H - PLAN DE TRAVAIL

Le plan de travail détaillé pour l'exécution de ce projet figure en annexe III. Il sera, durant l'exécution du projet, détaillé par le Consultant ingénieur international avec le Directeur national du projet.

I - MESURE VISANT LA PLEINE ET ENTIERE PARTICIPATION AU PROJET DU PERSONNEL NATIONAL ET INTERNATIONAL

Les activités nécessaires pour obtenir les résultats escomptés et réaliser les objectifs immédiats seront menées conjointement par le personnel national et international affecté au projet. Les rôles respectifs des membres du personnel national et international seront déterminés, après discussion et accord mutuel, dans l'esprit du projet et des annexes I, II et III, et l'ensemble des décisions figurera en annexe IV du présent document. Les rôles respectifs du personnel national et international seront conformes aux règles établies et aux objectifs précis de la coopération technique.

J - COMMUNICATION AUX FINS DE L'APPUI AU DEVELOPPEMENT

Les moyens d'information du PNUD, de l'ONUDI, ainsi que ceux du Gouvernement seront utilisés,

- pour informer et former les ingénieurs et cadres aux méthodes de travail qui auront été suivies ;
- pour diffuser l'expérience acquise auprès des organismes nationaux et internationaux concernés.

K - CADRE INSTITUTIONNEL

Le projet sera placé sous la tutelle du Ministre de la Re-

cherche Scientifique et Technologique pour le développement, qui assurera le fonctionnement entre les différents organismes nationaux qui seront appelés à intervenir, et en particulier, la Délégation Universitaire aux Energies Nouvelles et renouvelables (DUEN).

Le projet coopèrera avec :

- 1- l'école polytechnique,
- 2- le Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines (Direction de l'Energie),
- 3- des entreprises locales d'installation, maintenance et entretien,
- 4- la Société d'Etude et de Réalisation pour le Développement Industriel (SERDI),
- 5- les chefs de projet ONUDI pour l'appui en matière de maintenance industrielle.

#### L - OBLIGATIONS PREALABLES

Le Gouvernement s'engage à mettre à la disposition, en particulier :

- un Directeur national au projet,
- les moyens humains et matériels, et en particulier, les enseignants, chercheurs et ingénieurs de la DUEN responsables des activités, et les moyens techniques de l'école polytechnique.

#### M - ASSISTANCE FUTURE DU PNUD

L'opportunité d'une assistance ultérieure du PNUD sera examinée à l'issue du projet, sur la base des résultats obtenus, et en particulier, des besoins prévisionnels.

#### N - PROGRAMME DE SURVEILLANCE, D'EVALUATION ET DE NOTIFICATION

- 1- Rapport tripartite et final - examen technique.

Le projet sera soumis à des examens périodiques conformément aux politiques et procédures appliquées par le PNUD pour la surveillance et la mise en oeuvre des programmes.

- 2- Evaluation.

Le projet sera soumis à une évaluation, conformément aux usages et procédures établies par le PNUD.

Les modalités, la nature et la date de cette évaluation seront déterminées en consultation par le Gouvernement, le PNUD et l'ONUDI.

3- Rapport sur l'état des travaux et rapports finaux.

Le Directeur national du projet rédigera des rapports trimestriels sur l'état d'avancement du projet sur des imprimés et selon les procédures prévues par le PNUD.

Le Consultant international rédigera les rapports prévus, conformément aux règles établies.

Un rapport final sera rédigé à l'issue du projet, conformément aux règles établies.

NUMERO DU PROJET : MAG/84/007/D-01-37

PAYS : REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DE MADAGASCAR

TITRE DU PROJET : PROGRAMME D'AIDE AU DEVELOPPEMENT DE L'UTILISATION DES ENERGIES RENOUVELABLES

DESIGNATION	TOTAL		1985		1986	
	m/h	₪ EU	m/h	₪ EU	m/h	₪ EU
<b>10 Personnel du projet</b>						
11-51 Consultant ingénieur	2,5	20 000	1	8 000	1,5	12 000
11-52 Consultants nationaux	2,5	1 750	1,5	750	2	1 000
13 Appui administratif		800		300		500
15 Frais de déplacement		2 500		1 000		1 500
16 Fonctionnaire du siège		3 000				3 000
19 TOTAL de l'élément .....	16 %	28 050		10 050		10 000
<b>20 Sous-traitance</b>	20 %	35 000		10 000		25 000
<b>30 Formation</b>						
33 Formation sur place	2,8	4 950		1 700		3 250
<b>40 Equipement</b>						
41 Matériel consommable		4 500		1 500		3 000
42 Matériel non consommable		93 500		30 000		63 500
43 Documentation technique		1 500		1 000		500
49 TOTAL de l'élément .....	57	99 500		32 500		67 000
<b>50 Eléments divers</b>						
51 Rapport entretien		2 500		1 000		1 500
52 Imprévus		5 000		1 500		3 500
59 TOTAL de l'élément .....	4,2	7 500		2 500		5 000
<b>TOTAL GENERAL .....</b>		175 000		58 250		116 750

ANNEXE I

MAG/84/007/D PROGRAMME D'AIDE AU DEVELOPPEMENT DE L'UTILISATION  
DES ENERGIES RENOUVELABLES

TERMES DE REFERENCE POUR LE CONSULTANT INGENIEUR INDUSTRIEL INTERNA-  
TIONAL A RECRUTER

---

## Formation :

- Ingénieur industriel ayant :

- . une bonne connaissance des techniques appropriées à l'utilisation des énergies renouvelables
- . une expérience des diagnostics énergétiques
- . une expérience d'ingénierie d'installations utilisant les énergies renouvelables

## Expérience souhaitée :

- 5 ans dans un bureau d'études spécialisé dans les énergies renouvelables et économies d'énergie.

- . Il aura une bonne connaissance et expérience des technologies d'utilisation de l'énergie solaire, en particulier, des techniques de production solaire de chaleur, des techniques photovoltaïques, des techniques éolienne et hydraulique, des techniques de gazéification, fermentation méthanique, etc...
- . Il aura la pratique de la fourniture d'installations solaires clefs en main. En particulier, il sera familiarisé avec la pratique de l'ingénierie (conception,

.../...

d'installations solaires, exécution des plans et cahiers des charges, appels d'offres consultation, suivi de réalisations, réception, etc...).

- . Il aura la pratique des bilans diagnostics énergétiques.

Attributions :

1/ Il devra :

- . assurer le suivi de la réalisation d'une installation solaire de production d'eau chaude et d'une microcentrale hydroélectrique ;
- . contrôler la rédaction d'un manuel d'ingénierie ;
- . contrôler la rédaction d'un manuel de maintenance et entretien ;
- . contrôler la rédaction d'un cahier des charges des composants à fabriquer localement.

2/ Il devra aboutir à un rapport indiquant clairement, par secteur d'industrie, et dans des cas précis d'industrie :

- . les mesures et investissements à réaliser pour réduire la consommation d'énergie ;
- . les conditions financières de réalisation de ces investissements.

3/ Il devra aboutir à un rapport indiquant clairement :

- . les besoins énergétiques,
- . les ressources énergétiques d'énergies renouvelables,
- . l'intérêt et les objectifs des programmes en cours de développement de l'utilisation des énergies renouvelables,
- . le marché potentiel par technologie,

.../...

. le programme éventuel d'actions.

Il évaluera, en particulier :

- . l'intérêt du développement de l'utilisation des énergies renouvelables,
- . la contribution possible de ce développement,
- . le coût des programmes à mettre en oeuvre.

o Un quart de son temps sera consacré au suivi des réalisations, trois quarts de son temps seront consacrés, soit au diagnostic énergétique, soit à l'évaluation du développement de l'énergie solaire.

o Il travaillera en collaboration avec la Délégation Universitaire aux Energies Nouvelles et renouvelables et, en particulier, les Consultants nationaux détachés auprès de lui.

Durée de la mission : - 2,5 mois à Madagascar  
(deux séjours de 1,25 mois)  
- 0,25 mois en Europe

Lieu d'affectation : Antananarivo, avec de fréquents déplacements dans le pays.

Connaissance linguistique : Français.

ANNEXE II

MAG/84/007/D PROGRAMME D'AIDE AU DEVELOPPEMENT DE L'UTILISATION  
DES ENERGIES RENOUVELABLES

## ECHEANCIER DU PROJET

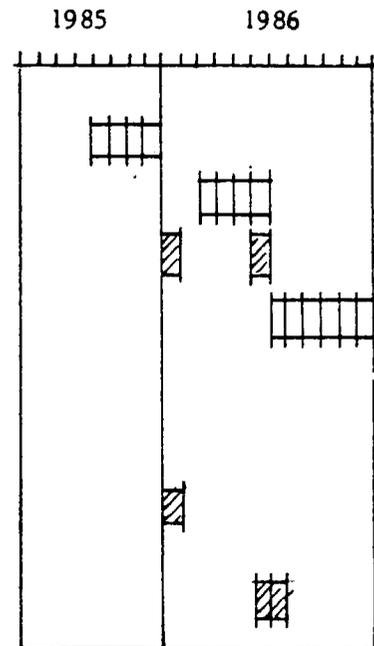
1/ Réalisation des installations solaires  
de démonstration

- 1ère phase : Ingénierie.
- 2e phase : Consultation, achat,  
installation, mise en  
route.
- 3e phase : Suivi, entretien

2/ Diagnostic énergétique

Evaluation des investissements pour  
économiser l'énergie dans le secteur  
moderne, diagnostic énergétique

3/ Evaluation du développement possible  
des utilisations de l'énergie solaire

Légende

- . 1 mois
- . personnel gouvernemental
- . personnel international

ANNEXE III

DP/MAG/84/007/0 01 37 PROGRAMME D'AIDE AU DEVELOPPEMENT DE L'UTILI-  
SATION DES ENERGIES RENOUVELABLES

PROJET DE PLAN DE TRAVAIL

---

1 - REALISATION DES TROIS INSTALLATIONS SOLAIRES

Les étapes d'exécution seront les suivantes, pour chacune des  
trois réalisations :

1ère phase :

- Choix et évaluation des sites.
- Evaluation des ressources énergétiques disponibles :
  - . mesure éventuelle mi situ,
  - . calcul informatique, collecte des données existantes.
- Evaluation des besoins énergétiques à satisfaire :
  - . quantification,
  - . mode de distribution.
- Evaluation sommaire du projet, justification technique et socio-économique du projet.
- Ingénierie des installations :
  - . exécution (calcul, plans, cahier des charges du matériel, cahier des charges des travaux Génie Civil).

2e phase :

- Consultation des fournisseurs.
- Consultation des entreprises exécutantes.

.../...

- Rédaction du rapport de synthèse de consultation.
- Achat du matériel.
- Suivi de la réalisation.
- Réception.
- Suivi, essais, mise en route avec un expert.
- Rédaction du rapport d'installation et réception.

3e phase :

- Maintenance, suivi.
- Rédaction d'un manuel d'ingénierie.
- Rédaction d'un manuel de maintenance et entretien.
- Synthèse avec un expert.

Délai : 2 ans.

Assistance requise : DUEN, CUR d'Antsiranana, un Expert international.

Coopération requise : Artisanat et industriels locaux.

Association requise : Ministère de la Recherche, de l'Industrie et des Mines -Direction de l'Energie.

2 - EVALUATION DES INVESTISSEMENTS A REALISER DANS LE SECTEUR MODERNE (PETITE ET MOYENNE INDUSTRIE) POUR REALISER DES ECONOMIES D'ENERGIE

Les différentes étapes de cette évaluation sont les suivantes :

- Identification des secteurs d'activité (type d'entreprise, lieu d'implantation, raisons, etc...).
- Evaluation des consommations énergétiques des trois dernières années (forme énergétique, utilisation, coût, investissements réalisés, etc...).
- Définition technique des améliorations (amélioration des rendements, solutions de substitution des énergies, utilisation des énergies renouvelables, etc...).
- Evaluation des coûts d'investissements.

.../...

- Evaluation de la rentabilité (amortissement, temps de retour, moyens de financement, etc...).
- Optimisation technico-économique.
- Evaluation technico-économique des études voisines faites (Banque Mondiale, Commission des Communautés Européennes...).
- Définition d'un programme global des investissements à réaliser (mesures à prendre : techniques, financières, etc...).
- Rédaction du rapport de synthèse.

Délai : 2 mois.

Lieu d'affectation : Antananarivo, avec déplacements fréquents dans le pays.

Assistance requise : 1 ingénieur malgache (DUEN).

Exécutant : Consultant international, ingénieur industriel-énergétique, avec une bonne expérience des diagnostics énergétiques.

### 3 - DEFINITION DE LA STRATEGIE DU DEVELOPPEMENT DES UTILISATIONS DES ENERGIES RENOUVELABLES

Les étapes de cette évaluation sont les suivantes :

- Evaluation des consommations énergétiques (forme, quantité, tendance, secteur de consommation, etc...).
- Evaluation des ressources énergétiques renouvelables dans les trois filières (photothermique, mécanique, bioénergétique).
- Identification des solutions technologiques :
  - . évaluation de la maturité technique (commercial pilote...),
  - . évaluation de l'acceptabilité sociologique,
  - . évaluation de l'adéquation coût/pouvoir d'achat,
  - . évaluation du coût de ces solutions,
  - . évaluation des contraintes.
- Identification et évaluation des études et programmes en cours (JIRAMA, Communauté Européenne, Banque Mondiale, Lux Conseil, etc...).
- Quantification du marché des besoins.
- Définition du programme d'action éventuel

- . dans le domaine de la recherche :
    - programme de développement à entreprendre,
    - programme de démonstration,
    - etc... ;
  - . dans le domaine de la fabrication :
    - définition d'un programme régional et national à entreprendre à court, moyen, long terme,
    - définition de la structure juridique et financière à mettre en place (joint-venture ou licence éventuels à définir, etc ...);
  - . dans le domaine de la diffusion :
    - définition d'un programme d'incitation (publicité...),
    - définition d'un programme de formation,
    - définition d'un programme d'incitation financière (caisse de crédit, subvention).
- Rédaction du rapport de synthèse.

Délai : 2 mois

Lieu d'affectation : Antananarivo, avec déplacements dans le pays.

Assistance requise : 1 ingénieur malgache (DUEN).

Assistance souhaitée : Un économiste et un sociologue malgaches.

Exécutant : Bureau d'études ou Consultant international autonome connaissant bien les énergies renouvelables et ses technologies, familiarisé avec les études économiques et stratégiques.

TABLE DES MATIERES DE L'ANNEXE 2 - DOCUMENT DE PROJET

	<u>PAGE</u>
Titre	24
1/ CONTEXTE LEGAL	25
2/ LE PROJET	25
A - OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT	25
B - OBJECTIFS IMMEDIATS	25
C - CONSIDERATIONS SPECIALES	26
D - DONNEES DE BASE ET JUSTIFICATION	26
E - RESULTATS ATTENDUS	31
F - ACTIVITES DU PROJET	32
G - APPORTS DU PROJET	33
H - PLAN DE TRAVAIL	37
I - MESURE VISANT LA PLEINE ET ENTIERE PARTICIPATION AU PROJET DU PERSONNEL NATIONAL ET INTERNATIONAL	37
J - COMMUNICATION AUX FINS DE L'APPUI AU DEVELOPPEMENT	37
K - CADRE INSTITUTIONNEL	37
L - OBLIGATIONS PREALABLES	38
M - ASSISTANCE FUTURE DU PNUD	38
N - PROGRAMME DE SURVEILLANCE, D'EVALUATION ET DE NOTIFICATION	38
 ANNEXE I - TERMES DE REFERENCE POUR LE CONSULTANT INGENIEUR INDUSTRIEL INTERNATIONAL A RECRUTER	 41
ANNEXE II - ECHEANCIER DU PROJET	44
ANNEXE III - PROJET DE PLAN DE TRAVAIL	45