



**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.

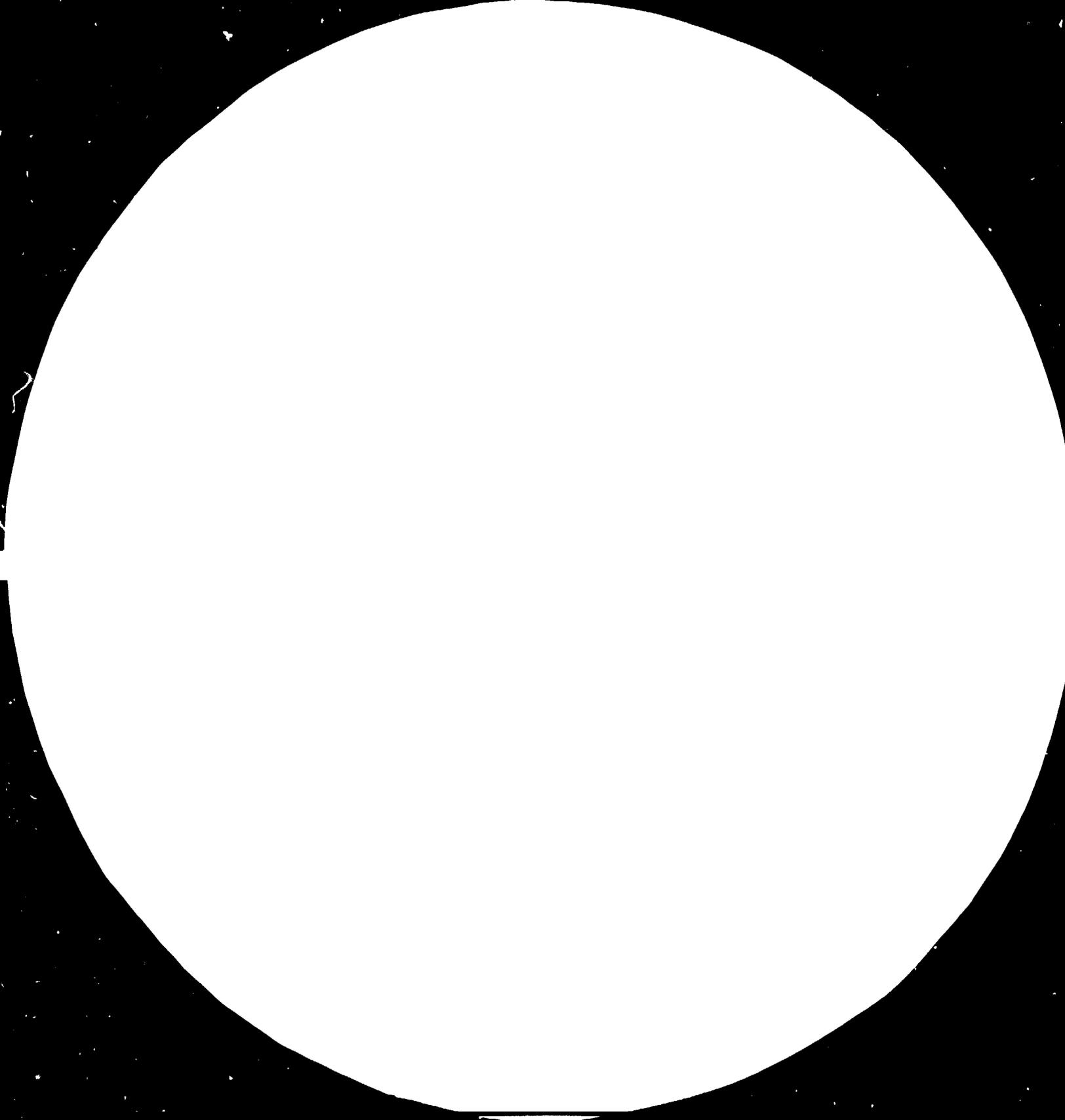
## FAIR USE POLICY

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)

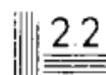




28



32



36



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS  
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1904  
ANSI AND ISO TEST CHART No. 2

---

# **Etude de faisabilité d'une unité industrielle de production de matériel solaire**

**Rapport final**

---

**Gouvernement de la république du Mali  
Organisation des Nations Unies pour le  
développement industriel**

Décembre 1984

14-250

Projet No. SA/MLI/81/002  
Montréal, Canada

**Lavalin International**

Mali.

# **Etude de faisabilité d'une unité industrielle de production de matériel solaire**

Rapport final

Gouvernement de la république du Mali  
Organisation des Nations Unies pour le  
développement industriel

Décembre 1984

14 250



# Lavalin International

LAVALIN INTERNATIONAL INC.  
1111 BROADVIEW STREET, SUITE 1100, TORONTO, ONTARIO, CANADA M4W 1R9  
TELEPHONE: (416) 461-1111 TELEFAX: (416) 461-1112  
FAX: (416) 461-1112

Le 21 décembre 1984

Monsieur Kulczyski  
United Nations Industrial Development  
Organisation (UNIDO)  
Vienna International Centre  
Boîte postale 300  
A-1400 Vienne, Autriche

OBJET: Etude de faisabilité d'une unité industrielle de production de  
matériel solaire (Projet SA/MLI/81/002)  
Notre dossier #39484

Cher Monsieur Kulczyski,

Nous avons le plaisir de vous transmettre dix (10) copies de notre rapport final sur le projet mentionné en rubrique.

Ce rapport incorpore les commentaires que vous nous avez fait parvenir sur le projet de rapport final transmis en avril 1984.

Il tient compte en particulier des remarques concernant la forme du chapitre sur l'évaluation financière et économique (chapitre 10), où les tableaux de base et les états financiers ont été préparés conformément au manuel de l'UNIDO.

En ce qui concerne les conclusions et recommandations de cette étude, elles demeurent essentiellement les mêmes que celles formulées dans notre rapport d'avril.

Espérant le tout à votre satisfaction, veuillez croire, Cher Monsieur Kulczyski, en l'expression de nos salutations distinguées.

LAVALIN INTERNATIONAL INC.

  
Raymond Leroux, Ing.  
Vice-président

ML/1g  
PJ

## TABLE DES MATIERES

Cette table des matières reflète la numérotation et la terminologie du Manuel de préparation des études de faisabilité industrielle de l'ONUDI (Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel)

	INTRODUCTION ET OBJECTIFS
1.	AIDE MEMOIRE D'EXECUTION
1.1	Conclusions
1.2	Recommandations
1.3	Sommaire
2.	CONTEXTE ET HISTORIQUE DU PROJET
2.1	Historique et promoteur du Projet
2.2	Contexte du Projet
2.3	Intervenants dans le secteur des énergies renouvelables en Afrique de l'ouest et au Mali en particulier
2.4	Revue des études et expériences de production d'équipements solaires dans la CEAO
2.5	Conclusions
3.	CAPACITE DU MARCHE ET DE L'USINE
3.1	Produits utilisant les énergies renouvelables
3.2	Produits évalués
3.3	Critères d'évaluation des produits
3.4	Choix des produits
3.5	Possibilités de fabrication pour les produits retenus
3.6	Etude de la demande et du marché
3.7	Stratégie de mise en marché
4.	MATERIAUX ET FACTEURS DE PRODUCTION
5.	LOCALISATION ET EMPLACEMENT
6.	ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET
6.1	Généralités
6.2	Produits retenus
6.3	Matériaux retenus
6.4	Procédés de fabrication

## TABLE DES MATIERES

- 6.5 Installations et équipements de fabrication
- 6.6 Bases de service et de formation
- 6.7 Besoins en espace de bureaux
- 6.8 Besoins en véhicules
- 6.9 Conclusions
  
- 7. ORGANISATION DU PROJET
  - 7.1 Principes de base
  - 7.2 Relations entre le Projet et le LESO
  - 7.3 Organigramme du Projet
  
- 8. MAIN-D'OEUVRE
  - 8.1 Besoins du siège social en main-d'oeuvre
  - 8.2 Besoins des bases de service en main-d'oeuvre
  - 8.3 Frais de personnel
  
- 9. CALENDRIER DE MISE EN OEUVRE
  
- 10. EVALUATION FINANCIERE ET ECONOMIQUE
  - 10.1 Evaluation financière
  - 10.2 Evaluation économique

ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE

# Introduction

ETUDE DE FAISABILITE D'UNE UNITE INDUSTRIELLE  
DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE

INTRODUCTION ET OBJECTIFS

Ce rapport final a été établi à partir des éléments contenus dans l'ébauche de rapport final soumis en avril 1984 et des commentaires reçus sur ce rapport.

Cette ébauche de rapport final faisait également suite à un rapport d'étape soumis en juin 1983.

La nécessité et les liens existants entre ces deux rapports peuvent être décrits en se basant sur les termes de référence de l'étude. Ces termes de référence stipulaient que l'analyse devrait être effectuée en deux phases:

Phase 1 : Etude de pré-faisabilité où les diverses options doivent être présentées avec une emphasis sur l'aspect de définition des produits. Cette analyse doit également prendre en compte:

- les limites entre une fabrication locale et les importations;
- les procédés de fabrication;
- l'intégration des moyens de production dans l'usine et par rapport à d'éventuelles sous-traitances.

Phase 2 : Etude de faisabilité proprement dite, se basant sur les conclusions et observations du gouvernement du Mali et de l'ONUDI au sujet du rapport de Phase 1.

Afin de réaliser la Phase 1 de l'étude, un rapport d'étape a été soumis en juin 1983. En plus des éléments mentionnés dans les termes de référence de la Phase 1, ce rapport d'étape discutait des objectifs généraux du Projet, de ses principales fonctions, de son organisation générale ainsi que de diverses options concernant sa mise en oeuvre.

Ce rapport (rapport final) constitue la Phase 2 de l'étude et correspond donc à l'étude de faisabilité proprement dite. Il incorpore les commentaires formulés sur le projet de rapport final transmis en avril 1984.

## 1 - AIDE MÉMOIRE D'EXÉCUTION

Ce rapport final fait suite d'une part au rapport d'étape soumis en juin 1983 et aux commentaires reçus de l'ONUDI et du gouvernement du Mali à l'automne 1983 et d'autre part au projet de rapport final transmis en avril 1984 et aux commentaires obtenus en août 1984.

Les diverses propositions et suggestions contenues dans ces commentaires ont été incorporées dans ce rapport final.

Les principales conclusions, recommandations et un sommaire du rapport sont présentés dans ce chapitre.

### 1.1 Conclusions

- 1.1.1 Compte tenu de la situation énergétique du Mali, il apparaît urgent de maximiser l'utilisation des sources d'énergies renouvelables, en particulier de l'énergie solaire et l'énergie éolienne.
- 1.1.2 Il ne semble pas exister au Mali de politique clairement établie en ce qui concerne l'utilisation des énergies renouvelables; un certain manque de coordination apparaît entre les divers groupes intéressés au domaine des énergies renouvelables.
- 1.1.3 Un certain nombre d'équipements utilisant les énergies renouvelables pourraient être fabriqués au Mali, tels les chauffe-eau, les distillateurs, les séchoirs, les éoliennes et des éléments pour d'autres systèmes utilisant les énergies renouvelables (par exemple pour les systèmes photovoltaïques).
- 1.1.4 Le marché des équipements utilisant les énergies renouvelables n'est pas encore réellement développé au Mali; les possibilités d'utilisation de ces équipements, le potentiel d'économies d'énergie et les besoins qui pourraient être satisfaits sont relativement méconnus des décideurs et des utilisateurs.
- 1.1.5 Ces équipements devraient surtout bénéficier aux populations rurales dont la capacité de payer est généralement très limitée.

1.1.6 Bien que la production industrielle d'équipements soit une question importante pour le Mali, les aspects de promotion des équipements utilisant les énergies renouvelables, de formation des utilisateurs et surtout de service après-vente sont fondamentaux.

Bon nombre de projets ont échoué pour ne pas avoir accordé suffisamment d'importance à ces questions.

1.1.7 Il n'existe pas actuellement au Mali d'organisation responsable du service après-vente des équipements utilisant les énergies renouvelables, ni de la formation requise pour l'entretien et la réparation de ces équipements.

1.1.8 Il existe actuellement à Bamako, une capacité de fabrication adéquate pour satisfaire aux besoins de fabrication requis dans le futur immédiat, par le Projet.

1.1.9 Un programme de subventions devra être mis sur pied par le gouvernement malien de façon à absorber les déficits financiers du Projet, qui devraient persister si celui-ci doit vendre ses produits aux prix actuellement pratiqués sur le marché.

1.1.10 Bien que, sur la seule base des bénéfices économiques quantifiables, le Projet ne réponde pas aux normes habituelles de viabilité économique, il devrait cependant être réalisé puisqu'il permettra de satisfaire un certain nombre de besoins, qui ne le seront pas s'il n'est pas réalisé, qu'il contribuera à l'amélioration des conditions de vie des populations maliennes, et qu'il constituera un des éléments dans la stratégie malienne et régionale de mise en oeuvre des énergies renouvelables.

## 1.2 Recommandations

1.2.1 Le gouvernement du Mali devrait formuler des objectifs et une politique spécifique en vue de la promotion et de l'utilisation des énergies renouvelables, incluant des encouragements financiers.

1.2.2 Une société, appelée pour les fins de ce rapport, la Compagnie Malienne des Énergies Renouvelables (CMER), devrait être mise sur pied. Une telle société serait responsable de la vulgarisation, de la promotion, de la fabrication, de la commercialisation, de l'installation et

du service après-vente des équipements utilisant les énergies renouvelables. Une telle société pourrait faire partie du Ministère d'État chargé de l'Équipement.

1.2.3 La fabrication des équipements utilisant les énergies renouvelables devrait être sous-traitée à des ateliers compétents ou au Laboratoire de l'Énergie Solaire de Bamako qui a une capacité de fabrication sous-utilisée. Ce laboratoire (organisme créé par l'État malien) est responsable de la conception de prototypes utilisant les énergies renouvelables et de leur évaluation;

1.2.4 Pour ses bureaux, entrepôt et base de service de Bamako, le CNER devrait acheter ou louer des installations actuellement inutilisées ou sous-utilisées.

1.2.5 Le programme de vente et d'installations devrait être contrôlé de très près et réalisé progressivement de façon à s'assurer que les utilisateurs soient formés à l'utilisation et à l'entretien des équipements. L'aspect formation des utilisateurs et service après-vente est jugé essentiel.

Les équipements offrant les meilleurs potentiels de marché apparaissent être l'éolienne, utilisée pour le pompage de l'eau, ainsi que les chauffe-eau solaires.

1.2.6 Une des conclusions fondamentales de l'étude de marché réside dans la nécessité de mettre sur pied un programme à long terme d'éducation, de formation des utilisateurs et d'entretien des équipements qui incluerait:

- la sensibilisation des populations à l'utilisation rationnelle des énergies renouvelables;
- la formation des utilisateurs:
  - . à l'opération et à l'entretien de ces équipements;
- la mise en place d'installations pilotes dans chacune des régions;
- la mise en place d'équipes d'entretien dans chaque région de façon à assurer que toutes les installations fonctionnent de façon satisfaisante.

1.3 Sommaire

1.3.1 Contexte et historique du projet

Historique du projet

En 1979, le gouvernement Malien sollicitait l'UNSO (Bureau des Nations unies pour la région soudano-sahélienne) pour le financement d'une étude de faisabilité sur la production d'équipements solaires.

Un appel d'offres était lancé en 1982 par l'ONUUDI (Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel) et le contrat octroyé au bureau d'études LAVALIN INTERNATIONAL (1130 rue SHERBROOKE OUEST, MONTRÉAL, CANADA) au début de 1983.

Une mission au Mali a eu lieu entre le 1er mai et le 23 juin 1983.

L'étude a été décomposée en deux étapes.

- Étude de préfaisabilité centrée sur l'aspect produits et marché ainsi que sur les options de politique générale du Projet. Un rapport d'étape a été soumis en juin 1983.
- Étude de faisabilité qui fait l'objet de ce rapport.

Termes de référence de l'étude

Les termes de référence comprenaient la préparation d'une étude de préfaisabilité, puis d'une étude de faisabilité sur les possibilités de fabrication au Mali de matériels et d'équipements utilisant une énergie renouvelable telle que le soleil ou le vent.

Ces termes de référence mettaient, en particulier, l'emphase sur:

- l'importance de l'aspect produits et marché (limité au seul marché Malien)
- le service après-vente
- les problèmes de formation
- les opportunités de collaboration avec les industries maliennes

- la séparation de la fonction de recherche-développement (devant être assurée en particulier par le Laboratoire de l'Énergie Solaire et le CRES) et de la fonction commerciale

#### Contexte du Projet

##### Contexte socio-économique

La république du Mali est un pays enclavé de 1 240 000 km<sup>2</sup> avec une population d'environ 7 millions d'habitants.

En 1980, le PNB/habitant était estimé à \$180 US, ce qui situe le Mali parmi les pays les plus démunis de la région CEAO-CILSS.

Les principales activités économiques du Mali sont:

- l'agriculture (mil, sorgho, arachide, coton, riz)
- l'élevage (bovins, ovins)
- la pêche (dans le fleuve Niger)

Très peu de ressources naturelles ont été découvertes à ce jour.

L'industrie manufacturière malienne est actuellement sous-utilisée, relativement peu développée et dominée par la présence de l'État. La plupart de l'activité industrielle est concentrée à Bamako, la capitale.

##### Contexte énergétique

Plus de 92% de l'énergie utilisée au Mali sont dérivés du bois et 7% des produits pétroliers importés. La consommation de bois dépasse sensiblement la productivité des forêts maliennes entraînant donc une sur-exploitation des forêts conduisant à l'érosion des sols et une accélération du processus de désertification.

Les principales énergies renouvelables du Mali sont les suivantes:

- L'énergie hydraulique dans la zone sud du Mali (ce type d'énergie a été exclu du champ d'étude dans les termes de référence)
- Biomasse dans la zone sud et le delta intérieur du Niger

- Énergie éolienne surtout au nord de Bamako
- Énergie solaire dans l'ensemble de pays

#### Intervenants dans le secteur des énergies renouvelables

Le secteur des énergies renouvelables au Mali se distingue par le grand nombre d'organismes gouvernementaux et régionaux et d'organismes non-gouvernementaux (ONG) qui s'intéressent ou oeuvrent dans ce secteur. Un certain manque de coordination est évident.

Les organismes les plus importants sont:

- Au niveau gouvernemental malien: la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Énergie et la Direction du Machinisme Agricole.
- Le Laboratoire de l'Énergie Solaire (LESO), sous la tutelle du Ministère d'État chargé de l'Équipement, effectue de la recherche et du développement dans les énergies renouvelables.
- Au niveau gouvernemental régional: le Centre Régional de l'Énergie Solaire (CRES)
- Au niveau para-gouvernemental: Mali Acqua Viva et l'Association Solaire ELF-Mali.

#### Expériences de production d'équipements solaires

##### Équipements fabriqués

Un certain nombre de chauffe-eau solaires ont été fabriqués et installés par le LESO avec des résultats mitigés du fait en particulier de problèmes de corrosion.

Environ 30-35 éoliennes ont été installées dans la région de GAO mais ne sont pas demeurées longtemps en fonctionnement du fait d'un manque d'entretien.

Des commentaires similaires peuvent être faits au sujet de l'ensemble des équipements utilisant les énergies renouvelables hormis les cellules photovoltaïques qui ont fonctionné d'une façon satisfaisante pour la production d'électricité nécessaire à l'exhaure de l'eau et à l'éclairage.

### Expériences de fabrication

L'ONERSOL, au Niger, est la seule unité de fabrication actuellement en fonctionnement dans la région. L'ONERSOL (qui incluait à la fois une section recherche-développement et une section fabrication-commercialisation) est aux prises avec certaines difficultés.

Une réorganisation de l'ONERSOL, devant en particulier créer une entité de fabrication-commercialisation indépendante de l'unité de recherche-développement, est actuellement en cours.

La SINAES, au Sénégal, importe pour le moment des équipements, tels les chauffe-eau solaires.

#### 1.3.2 Capacité du marché et de l'usine

##### Produits

Toute une gamme de produits a été évaluée et les produits suivants, qui pourraient être fabriqués au Mali, ont été choisis; le choix a été fait en se basant sur le degré de développement des produits, sur le marché potentiel et les possibilités de fabrication au Mali.

- chauffe-eau solaire
- distillateur
- séchoir
- éolienne
- poêle à charbon de bois
- bruleur et lampe à biogaz
- charpentes et supports pour systèmes photovoltaïques
- composants divers tels réservoirs et tuyauterie.

##### Marché

Le marché pour chacun des produits mentionnés plus haut a été segmenté en marché institutionnel, industriel et résidentiel.

En général, les marchés sont étroits et leur développement futur devrait être relativement lent du fait:

- de ressources financières locales limitées
- du manque d'une politique claire de mise en oeuvre des énergies renouvelables

- de la nécessité de sensibiliser les utilisateurs et des exigences d'entretien; les facilités d'entretien et de réparation de ces équipements devraient être mises sur pied avant le début du programme d'installation. Un programme pilote d'installations devrait être exécuté et évalué dans chaque région.

### 1.3.3 Programme et capacité de production

Selon les conclusions de l'étude, un intervalle de l'ordre de 5 à 7 ans (incluant la période d'exécution) est requis pour que la production annuelle atteigne l'équivalent de 150 tonnes/an en nouveaux équipements et pièces de rechange.

### 1.3.4 Matériaux et autres facteurs de production

Tous les produits retenus pour fabrication (section 1.3.2) sont fabriqués à partir de matériaux importés actuellement et d'une façon régulière au Mali; ils sont disponibles des grossistes locaux dans des délais courts.

Les matériaux requis sont:

- tuyau noir et galvanisé;
- tôle noire et galvanisée;
- cornière;
- fer plat;
- verre.

### 1.3.5 Localisation et emplacement du Projet

Un terrain, d'environ 1 hectare, situé dans la zone industrielle de Bamako a été mis à la disposition du Projet par le gouvernement malien. Ce terrain est adéquat pour recevoir l'atelier, les bureaux et la base centrale de service.

À ce niveau, il faut cependant noter que les capacités de production actuellement sous-utilisées ou inutilisées au niveau de fabrication dans la région de Bamako sont plus que suffisantes pour les besoins de fabrication du Projet et ceci tant pendant la période de démarrage du Projet que durant les premières années de son fonctionnement.

D'autre part, toujours dans la région de Bamako, il y a suffisamment d'espace d'entreposage disponible pour le Projet et ceci à proximité de sous-traitants potentiels.

Ces équipements et espaces sous-utilisés devraient être utilisés pour les activités du Projet de façon à minimiser les investissements requis.

### 1.3.6 Aspects techniques

Les procédés et les matériaux requis pour la fabrication des équipements retenus sont utilisés et disponibles au Mali.

Aucun procédé spécial n'est requis; les qualifications de la main-d'oeuvre et l'équipement nécessaires sont les mêmes pour la gamme des équipements qui devraient être fabriqués.

La décision sur les installations de fabrication proposées dans cette étude a été fortement influencée par a) les volumes de production relativement faibles et b) par la sous-utilisation actuelle des capacités de fabrication installées à Bamako.

Trois options de fabrication ont été évaluées dans cette étude:

#### 1. Construction d'un nouvel atelier de fabrication

Bien qu'un atelier de type artisanal pourrait être construit et équipé à un prix relativement bas, une installation moderne équipée convenablement pour le niveau de production requis coûterait approximativement US 2 303 000\$ (1770 000 000 FM) incluant le terrain et les aménagements, les véhicules et les bases de service, plus US 280 000\$ (20 300 000 FM) pour les dépenses de premier établissement et le fonds de roulement. La construction et l'équipement d'un tel atelier demanderait environ 2 ans.

Un tel atelier serait utilisé à environ 15-20% de sa capacité.

#### 2. Sous-traitance de la fabrication

Cette option permet la production des premiers équipements dans un délai le plus court possible, minimise l'investissement initial et offre la plus grande flexibilité dans le futur pour s'ajuster à l'évolution d'un marché (qui ne s'est pas encore développé et qui constitue probablement l'élément majeur du risque du Projet).

Puisqu'il existe actuellement dans la région de Bamako des capacités de fabrication industrielles inutilisées bien plus grandes que les besoins du Projet, c'est cette option qui est recommandée pour les aspects de fabrication.

L'investissement en actifs fixes avec cette option est estimé à US 861 000\$ (524 000 000 FM) plus US 250 000\$ (181 250 000 FM) pour les dépenses de premier établissement et le fonds de roulement.

3. Location ou achat d'installations actuellement utilisées.

Plusieurs options ont été considérées pour les bureaux et la base centrale de service de Bamako. Du fait de l'existence d'espace d'entrepôt inutilisé à Bamako (par exemple à BETRAM), il est recommandé que l'espace requis soit acheté ou loué à long terme.

4. Dépenses d'investissement pour l'option recommandée

L'option recommandée préconise de sous-traiter la fabrication auprès d'ateliers locaux et d'investir dans les bureaux de la direction générale de Bamako, la base centrale de service de Bamako, la base régionale de service, ainsi que dans les mobiliers, équipements et véhicules équipés. Les investissements sont estimés coûter environ US 861 000\$ (524 000 000 FM) aux conditions économiques de 1983.

Le financement devrait également couvrir les dépenses de premier établissement et les besoins en fonds de roulement pour un total estimé à US 250 000\$ (181 250 000 FM).

Une assistance technique durant les trois premières années du Projet est également jugée nécessaire.

Les investissements requis sont détaillées ci-après:

	<u>US\$ 000</u>	<u>FM 000</u>
Bureaux (Bamako)	101	73 000
Base centrale de service (Bamako)	124	90 000
Base régionale de service (à localiser)	124	90 000
Véhicules	330	275 500
Equipements:		
- bureaux	28	20 000
- base centrale de service	52	38 000
- base régionale de service	<u>52</u>	<u>38 000</u>
Investissement total (hors fonds de roulement)	861	624 225
- fonds de roulement	157	113 825
- dépenses de premier établissement	<u>93</u>	<u>67 425</u>
Sous-total	1 111	805 475
- assistance technique	<u>864</u>	<u>626 400</u>
	1 975	1 431 875

Compte tenu de la mise en place progressive, recommandée pour le Projet, les investissements devraient s'échelonner comme suit:

	<u>US 000S</u>
Années 1 et 2 Direction générale, Base centrale de service, dépenses de premier établissement, fonds de roulement	700
Année 4 Base régionale de service (Bâtiment, équipement, véhicule)	273
Année 6 Equipement de l'équipe de service no 1	69
Année 8 Equipement de l'équipe de service no 2	<u>69</u>
	1,111

1.3.7 Organisation du Projet

La création d'une nouvelle société, appelée pour les fins de ce rapport la Compagnie Malienne des Énergies Renouvelables (CMER), est recommandée; elle serait placée sous la tutelle du Ministère d'État chargé de l'Équipement.

Cette société devrait travailler parallèlement au LESO qui assurerait la fonction recherche-développement; leurs activités devraient donc être coordonnées étroitement. Cet aspect est également considéré comme essentiel.

Les activités principales de cette société devraient être la promotion, l'éducation des utilisateurs, l'installation et l'entretien des équipements utilisant les énergies renouvelables.

Les fonctions de base seraient les suivantes:

- fonction commerciale
- fonction administrative et financière
- fonction technique
- fonction opération incluant les activités d'entretien et de formation des utilisateurs.

1.3.8 Main-d'oeuvre

Un personnel de 31 personnes est requis pour la direction générale et la base centrale de service de Bamako au moment où le premier équipement devrait être installé. Ce personnel inclut 7 cadres maliens, 20 autres employés maliens et 4 expatriés (au titre de l'assistance technique).

Une base régionale de service type comprendrait un effectif de 6 personnes et au moins une équipe de service itinérante comprenant deux mécaniciens et un chauffeur.

1.3.9 Calendriers de mise en oeuvre

En se basant sur les recommandations présentées précédemment (en particulier l'option #2 de fabrication), les premiers équipements pourraient être installés dans un délai de 22 mois après la décision de réaliser le Projet.

Les premiers quatre mois du calendrier seraient consacrés à la mise sur pied de la nouvelle société et à la mise à jour de l'étude de faisabilité. Cette période devrait être suivie de l'achat et de l'installation des bureaux, de la

base centrale de service de Bamako et des bases de service secondaires. Cette activité devrait être terminée 15 mois après le début de l'exécution du Projet.

Parallèlement, les études de détail pour les produits et la commercialisation devraient être réalisées pour se terminer au mois 12; la préparation des manuels d'entretien et de réparation des équipements devrait être terminée au mois 15.

La livraison du premier équipement par le sous-traitant au Projet devrait être effectuée au 17ième mois de façon à ce que les équipes d'installation et d'entretien soient formées et prêtes à effectuer les premières installations au mois 22.

#### 1.3.10 Évaluation financière et économique

##### Évaluation financière

Les états des Recettes Nettes, des mouvements de trésorerie et le Bilan ont été établis pour chacune des trois options étudiées, selon le format proposé par l'UNIDO (manuel de préparation des études de faisabilité industrielle).

Les principaux indicateurs financiers pour ces trois options sont les suivants:

	<u>Principaux indicateurs financiers</u>		
	(coûts en US 000\$)		
	Option		
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
Année de la première installation	3	2	3
Investissement (hors assistance technique)*	2 593	1 111	2 521
Assistance technique	864	864	864
Dette à long terme requise	1 556	667	1 513
Apport des actionnaires	1 037	444	1 009

Principaux indicateurs financiers  
(coûts en US 000S)

	Option		
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
Subvention d'opérations (année 12)	342	266	335
Subvention totale requise sur 12 ans	3 443	2 773	3 465

\* Incluant actifs fixes, fonds de roulement et dépenses de premier établissement.

L'investissement (incluant les dépenses de premier établissement et le fonds de roulement) requis dans l'option de sous-traitance de la fabrication (qui est l'option recommandée) est estimé à US 1 111 000 \$ (805 475 000 FM) comparativement à 2 593 000 \$ (1 880 000 000 FM) pour l'option de construction et de réalisation de la fabrication des produits par le Projet.

La minimisation de l'investissement de base (par la mise en oeuvre de l'option recommandée - option 2) procurera au Projet la meilleure flexibilité financière, en réduisant sensiblement le montant de la dette à long terme et le service (remboursement de capital et intérêts) de cette dette.

Compte tenu des prix actuellement pratiqués sur le marché malien pour des produits essentiellement métalliques, il est à prévoir que le Projet ne pourra pas atteindre l'autonomie et la rentabilité financière. Un programme de subventions au Projet devrait donc être mis en place par le gouvernement du Mali. La subvention annuelle en régime de croisière, est estimée être de US 266 000 \$ (192 850 000 FM) pour l'option recommandée et de US 342 000 \$ (247 950 000 FM) pour l'option de construction et de fabrication des équipements par le Projet.

Un programme d'assistance technique durant les deux ou trois premières années du Projet devrait également être mis en place. Cette assistance technique comprendrait 4 expatriés.

#### Évaluation économique

L'évaluation économique du Projet, soit l'analyse du Projet du point de vue du Mali, a été effectuée en analysant les flux économiques, le taux interne de rendement économique du Projet ainsi qu'en analysant les points forts et les points faibles du Projet.

- Viabilité économique

En considérant uniquement les bénéfices raisonnablement quantifiables, le Projet ne présente pas un taux interne de rendement économique satisfaisant. Un programme continu de subventions apparaît donc requis; la subvention nette annuelle (après exclusion des droits et impôts perçus par le Trésor malien sur le Projet) est estimée être de US 175 000\$ (126 875 000 FM). Une telle subvention apparaît relativement modeste lorsque les bénéfices difficilement ou non quantifiables sont considérés.

- Points forts et points faibles du Projet

Le Projet, tel que recommandé, présente plusieurs points forts permettant de recommander sa mise en oeuvre. Ses points forts sont les suivants:

- . Encouragement à l'utilisation des énergies renouvelables
- . Économies d'énergie
- . Sensibilisation et promotion des produits utilisant les énergies renouvelables
- . Vulgarisation des travaux de recherche et développement effectués par le LESO
- . Mise en place d'une société orientée vers le service après-vente
- . Utilisation d'installations industrielles actuellement inutilisées
- . Flexibilité maintenue vis à vis l'évolution du marché et de la technologie

Ses points faibles tiennent essentiellement à:

- . L'étroitesse du marché
- . La rentabilité financière de l'unité.

---

# Contexte et historique du projet

## 2 CONTEXTE ET HISTORIQUE DU PROJET

### 2.1 Historique et promoteur du Projet

En 1979, le gouvernement malien sollicitait l'UNSO (Bureau des Nations Unies pour la région Soudano-Sahélienne) pour le financement d'une étude de faisabilité sur la production d'équipements solaires.

Un appel d'offres était lancé en 1982 et le contrat octroyé au début de 1983.

Un certain nombre d'activités se sont déroulées entre 1979 et 1982, et il est important d'en exposer les éléments principaux.

#### 2.1.1 Requête du gouvernement malien (à l'UNSO)

Dans sa requête, le gouvernement justifiait la création d'une unité industrielle par:

- le besoin d'assurer la vulgarisation des efforts entrepris au Mali par le Laboratoire de l'Energie Solaire (chauffe-eau, pompes thermodynamiques, pompes photovoltaïques);
- la disponibilité d'une énergie indigène et renouvelable;
- les problèmes liés à la désertification et à la surutilisation du bois qui constitue la principale source d'énergie au Mali.

Les objectifs assignés alors à l'Unité étaient de réduire le coût des installations par une fabrication sur-place (coût de main-d'oeuvre, frais de transport), de créer des emplois, et d'accroître la sécurité des approvisionnements.

Les activités principales envisagées alors étaient:

- la fabrication (capteurs, supports de panneaux);
- les importations et le montage des équipements;
- la commercialisation et l'installation;
- le service après-vente.

### 2.1.2 Termes de référence de l'étude

En février 1981, une mission financée par l'UNSO préparait les termes de référence de l'étude de faisabilité et un appel d'offres était lancé en 1982 par l'ONUDI (Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel).

En dehors des éléments mentionnés précédemment, les termes de référence insistaient sur:

- la séparation de la fonction de recherche - développement (devant être assurée en particulier par le Laboratoire de l'Energie Solaire et le CRES) et de la fonction commerciale;
- l'importance de l'aspect produits et marché;
- les opportunités de collaboration avec les industries maliennes;
- le service après-vente;
- les problèmes de formation.

### 2.1.3 Equipe de travail

Après appel d'offres, le bureau d'études LAVALIN INTERNATIONAL (1130 rue Sherbrooke Ouest, Montréal, Canada) a été sélectionné et une mission au Mali a eu lieu entre le 1er Mai et le 23 Juin 1983.

L'analyse a été décomposée en deux étapes:

- étude de pré-faisabilité avec emphase sur l'aspect produits et marchés ainsi que sur les options de politique générale du Projet;
- étude de faisabilité.

## 2.2 Contexte du Projet

Cette section présente les caractéristiques essentielles dans lesquelles s'inscrit le Projet, soit:

- le contexte physique et socio-économique malien;
- le contexte énergétique;
- les intervenants et réalisations dans le secteur des énergies renouvelables dans la C.E.A.O. et au Mali.

### 2.2.1 Contexte physique

La République du Mali est un pays enclavé de 1.240.000 km<sup>2</sup>, relativement étendu par rapport aux autres pays de la CEAO/CILSS (tableau ci-dessous).

Nom des pays	Superficie en 000 km <sup>2</sup>
<u>Mali</u>	<u>1.240</u>
Côte d'Ivoire	322
Gambie	11
Haute-Volta	274
Iles du Cap-Vert	4
Mauritanie	1.031
Niger	1.267
Sénégal	196
Tchad	1.294

La distance nord-sud et ouest-est est de l'ordre de 1.600 km. Le réseau routier bien que relativement dense n'est composé que d'environ 8% de routes bitumées (en particulier l'axe Bamako-Gao) et de 11.350 km de pistes dont 8.000 praticables en toute saison.

Le fleuve Niger constitue également une voie de transport.

Au niveau climat, l'année est partagée en deux saisons: saison sèche (novembre à mai) et saison des pluies (juin à octobre).

Le territoire malien est divisé en trois zones:

- Zone sud-saharienne (au nord de Gao) caractérisée par une absence presque totale de végétation et une pluviométrie de 200-250 mm/an.
- Zone sahélienne (entre Ségou et Gao) avec une végétation espacée et une pluviométrie de 300-350 mm/an. Cette zone inclut la Boucle du Niger et le Delta Central.
- Zone soudanienne (au sud de Ségou) avec une pluviométrie de 600-1.300 mm/an. Cette zone est propice à l'élevage et à la culture.

#### 2.2.2 Contexte démographique

En 1980, la population du Mali était estimée à plus de 7 millions d'habitants (dernier recensement: 1976). Les principales caractéristiques démographiques du Mali sont les suivantes:

- environ 17% de la population est urbanisée;
- la densité de la population est très variable. Les principales concentrations de population se situent dans la partie centre-est et sud-ouest du pays;
- un taux d'accroissement annuel moyen de 2.6%/an avec un fort courant migratoire vers les grandes villes et en particulier Bamako (taux de croissance estimé à 8%/an);
- les principales villes sont Bamako (environ 400.000 habitants), Ségou (environ 65.000 habitants), Sikasso, Mopti, Koulikoro, Kayes (entre 45.000 et 60.000 habitants), Gao et Tombouctou (entre 20.000 et 30.000 habitants).

2.2.3 Contexte économiqueSituation actuelle

En 1980, la P.N.B./tête au Mali était estimée à 190 \$ US (1980), ce qui situe le Mali parmi les pays les plus démunis de la région CEAO/CILSS (tableau ci-dessous):

Nom des pays	PIB/tête (US \$ 1980)
<u>Mali</u>	<u>190</u>
Côte d'Ivoire	1 150
Haute-Volta	210
Mauritanie	440
Niger	330
Sénégal	450
Tchad	120

(Source: Banque Mondiale)

Les principaux types d'activités économiques du Mali sont:

- l'agriculture qui constitue la source majeure de revenus pour plus de 85% de la population; les principales cultures sont le mil, le sorgho, l'arachide, le coton, le riz. Ces produits contribuent pour plus de 60% aux exportations. Cette activité dépend évidemment de la disponibilité en eau (pluies, irrigation et pompage);
- l'élevage (en 1978: 4.7 millions de bovins et 8.4 millions d'ovins).

Cette activité est également dépendante de l'eau et a été très affectée par la sécheresse de 1972-1973.

- La pêche dans le fleuve Niger et en particulier dans la région de Mopti;

En 1974 et 1980, la structure industrielle malienne était la suivante (en %) :

	<u>1974</u>	<u>1980</u>
Secteur primaire	35	35
Secteur secondaire	16	14
Secteur tertiaire	<u>49</u>	<u>51</u>
	100	100

Les données ci-dessus indiquent que la structure industrielle malienne ne s'est pas fondamentalement modifiée depuis 1974 et font également ressortir l'importance du secteur tertiaire dominé par le secteur d'Etat.

A noter également, la diminution relative du secteur secondaire traduisant entre autres les difficultés rencontrées par les entreprises publiques dont le nombre domine le secteur industriel malien.

Les principales caractéristiques de l'industrie malienne, outre celles mentionnées plus haut, sont :

- un grand nombre d'entreprises d'Etat dans l'agro-industrie, et dans les matériaux de construction (cimenterie - SOCIMA), céramique, cuirs, textiles, huileries;
- une forte orientation de l'industrie vers la valorisation des ressources locales;
- une orientation "sociale" impliquant généralement des effectifs excessifs dans les sociétés d'Etat;
- une forte concentration des industries au niveau de Bamako;
- une relative lourdeur des procédures administratives avec une très forte présence de l'Etat;

- un système de contrôle des prix et des marges bénéficiaires généralement considérées insuffisantes;
- des difficultés financières (fonds de roulement, obtention de financement à moyen et long terme, auto-financement insuffisant);
- un manque de personnel qualifié;
- un manque d'implantations nouvelles de grande dimension;
- la concurrence des produits importés (du fait entre autres d'entrées frauduleuses);
- des difficultés d'approvisionnement en matières premières locales et importées. Pour ce qui est des importations, le Mali est un pays enclavé situé à 1.290 km de Dakar (Sénégal) et 1.300 km d'Abidjan (Côte d'Ivoire).

#### Perspectives économiques

Les objectifs et stratégies globaux sont présentés dans le Plan Quinquennal de Développement Economique et Social - 1981 - 1985 - et dans le Programme Substantiel pour le Développement Accéléré du Mali - 1981 - 1990.

Les principaux objectifs visés sont:

- L'édification d'une économie moins vulnérable aux facteurs externes et climatiques;
- Le développement intégré de base;
- L'autosuffisance alimentaire;
- La maîtrise de l'eau (nécessaire à l'auto-suffisance alimentaire et à même de freiner l'exode rural);
- L'association du secteur privé au développement industriel et des mesures d'ordre fiscal, douanier et bancaire.

Sur la période 1981-1985, la PIB est estimée croître au taux moyen annuel de 5% avec un taux de croissance supérieur à la moyenne pour le secteur secondaire et une croissance moindre dans le secteur tertiaire.

#### 2.2.4 Contexte énergétique

##### Situation passée et présente

Bien qu'il soit d'usage de caractériser la situation énergétique d'un pays en comparant son PNB à sa consommation d'énergie, cette méthode est à proscrire au Mali, puisque comme dans la plupart des pays en développement, les énergies traditionnelles (en particulier le bois) dominent.

Tel que l'indique le tableau ci-dessous, plus de 92% de la consommation d'énergie au Mali est assurée par le bois et 7% par les produits pétroliers importés.

Source	Petajoules	%
Electricité hydroélectrique	0,2	0,3
Produits pétroliers	5,5	7,5
Bois	<u>68,0</u>	<u>92,3</u>
	73,7	100,00

La plus grande partie de cette énergie est destinée à la cuisson des aliments et au chauffage; l'électrification ne bénéficie qu'à quelques centres urbains. En 1981, Electricité du Mali alimentait 26.000 abonnés et Bamako absorbait plus de 80% de la production d'énergie.

En 1981, la puissance installée était de 53 MW et environ 75% de la production annuelle était d'origine hydroélectrique.

L'importance du bois en tant que source d'énergie conduit à une sur-exploitation des forêts avec une consommation de bois dépassant sensiblement la productivité des forêts maliennes.

Ceci entraîne - une accélération du processus de désertification.

- des conséquences sur la végétation, la faune et la flore.

## Disponibilité en énergies renouvelables

### Energie hydroélectrique

Actuellement 2 centrales sont en fonctionnement sur le Niger (Sotuba: 5,5 MW - Sélingué 44 MW) et une sur le Sénégal (Férou: 500 kW). Le gouvernement a entrepris un important programme de constructions de barrages à utilisation multiple (production d'électricité, irrigation et amélioration de la navigation fluviale).

Parmi les projets on note la Centrale de Manantali sur le Sénégal (environ 140 MW - mise en service 1988), Galougo (puissance installée environ 190 MW), Gouina et Férou sur le Niger, des aménagements sont également prévus à Sotuba (extension de l'installation actuelle), Markala, Nélié, Tossaye, Labbezanga.

### Energie solaire

Bien que l'on ne dispose que de mesures incomplètes, les informations actuellement disponibles montrent que le Mali est un des pays les mieux dotés en énergie solaire. Les annexes 2.1 et 2.2 présentent les informations disponibles pour le Mali.

Les vents de sable n'apparaissent pas comme facteurs limitatifs au niveau abrasion du verre ou du métal. Une bonne étanchéité et un nettoyage fréquent des surfaces doivent cependant être assurés.

### Energie éolienne

A ce niveau les données disponibles actuellement sur les régimes des vents au Mali ne sont pas complètes et des relevés additionnels sont en cours (en particulier par le Laboratoire de l'Energie Solaire).

Il apparaît cependant qu'au nord du 15<sup>ème</sup> parallèle, la vitesse moyenne des vents serait de 4 à 5 m/s. Entre Ségou et Tombouctou, la vitesse moyenne serait de 3 à 4 m/s et de 2 à 3 m/s au sud de Ségou (annexes 2.3 et 2.4).

### Biomasse

Tel qu'indiqué précédemment seule la partie sud du pays ainsi que le Delta du Niger sont recouverts de forêts ou sont le siège d'activités culturelles.

Compte tenu de la sur-exploitation actuelle du bois, les résidus de bois ne peuvent constituer une source de biomasse; seuls les résidus de cultures et de l'élevage constituent un potentiel

énergétique, à condition cependant que ces résidus soient concentrés dans une même zone géographique.

### Energie géothermique

En ce qui concerne le Mali, les conditions géologiques n'apparaissent pas favorables à la présence d'une énergie géothermique.

### Conclusion - disponibilité et distribution des énergies renouvelables

Energie hydraulique: surtout partie sud (la prise en compte de cette énergie est en dehors des termes de référence de cette étude).

Energie biomasse : partie sud et zone du delta intérieur du Niger (dans la mesure où elle est concentrée).

Energie éolienne : tout le pays - surtout zone au nord de Bamako.

Energie solaire : tout le pays.

Energie bois : surexploité - utilisation à réduire.

## 2.3 Intervenants dans le secteur des énergies renouvelables en Afrique de l'ouest et au Mali en particulier

### 2.3.1 Politiques et stratégies de développement des énergies renouvelables au Mali

Le plan Quinquennal de Développement Economique et Social (1981-1985) a inscrit les orientations énergétiques suivantes:

- encourager au maximum la valorisation des ressources énergétiques locales;
- promouvoir une meilleure utilisation de l'énergie sous toutes ses formes (bois, pétrole, hydroélectricité, énergie renouvelables, etc.)

Au niveau des énergies renouvelables, le Plan note qu'elles constituent l'une des ressources les plus importantes du pays et qu'elles sont adaptées aux conditions socio-économiques du pays (en particulier, facilement disponibles au niveau des villages).

Comme domaines d'applications possibles, le Plan cite:

- cuisine solaire
- séchage solaire des produits agricoles ou des poissons
- force motrice (pilage, artisanat)
- pompage de l'eau (hydraulique villageoise, pastorale, irrigation)
- réfrigération des produits agricoles
- fabrication de gaz de fermentation pour la cuisine
- distillation ou stérilisation de l'eau
- chauffage de l'eau à partir de chauffe-eau solaires
- charge de batteries pour radios.

Les projets retenus et les montants alloués dans le Plan sur la période 1981-1985 sont:

- pompe solaire à Dioila (en remplacement de la pompe thermodynamique - 3 kVA) - 60 MFM;
- centrale thermodynamique de Diré (pour compléter les installations existantes - 75 KVA) - 150 MFM;
- aide au développement de l'énergie solaire pour le développement économique du monde rural - 2.880 MFM.
- . installation de 10 pompes solaires dans les villages;
- . électrification de deux centres de santé;
- . électrification de la ville de Yélfané;
- . installation de deux stations de pompage pour l'irrigation;

- développement et utilisation des énergies renouvelables en particulier pour le pompage de l'eau 4.860 MFM
- digesteur à biométhane (besoins Ceema) 24 MFM
- digesteur à biométhane (prototype) 12 MFM
- gazogène à paille de riz 442 MFM

### 2.3.2 Cadre institutionnel:

Bien que sous la responsabilité de la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie (Ministère d'Etat Chargé de l'Equipe-ment), le domaine des énergies renouvelables au Mali peut se caracté- riser par:

- la multiplicité des intervenants tant au niveau recherche/développement qu'au niveau des mises en oeuvre;
- une coordination limitée des activités;
- relativement peu d'échanges d'informations entre les différents intervenants;
- sensibilisation faible des décideurs en particulier dans le secteur public, au potentiel énergétique des énergies renouvelables.

La nécessité d'un organisme coordonnant les actions entre- prises dans le domaine de l'énergie en général et en particulier dans le domaine des énergies renouvelables a été déjà ressenti par les autorités maliennes.

La création d'un Commissariat aux Energies Renouvelables avait été d'abord envisagée. Le courant de pensée actuel semble plutôt favoriser la constitution d'une Direction Nationale des Energies Renouvelables au sein du Ministère d'Etat Chargé de l'Equipe-ment qui assurerait ainsi la coordination de l'ensemble des efforts.

### 2.3.3 Intervenants dans le secteur des énergies renouvelables

Tel qu'indiqué précédemment, il y a actuellement un grand nombre d'intervenants dans le domaine des énergies renouvelables au Mali.

On peut affirmer que le Mali a fait figure de pionnier dans ce domaine et dispose d'un nombre substantiel d'installations.

Intervenants: énergie solaire (hors biomasse - et énergie éolienne)

- Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie - assure une coordination des interventions dans le domaine du pompage;
- Laboratoire de l'Energie Solaire de BAMAKO (LESO) -

Ce laboratoire a été créé en 1969 et fut le premier du genre en Afrique. Depuis environ deux ans, le Laboratoire bénéficie de l'apport de l'USAID lui permettant ainsi d'étoffer ses effectifs, d'améliorer leur formation, d'étendre son domaine de compétence et d'effectuer des évaluations sur le terrain.

Le LESO a une longue expérience de recherche et de développement, ainsi que de production (sur une échelle limitée cependant du fait de sa structure et de sa vocation de Laboratoire et non d'unité de production industrielle).

Depuis 1975, le LESO a réalisé ou testé les équipements suivants:

Commercialisés - chauffe-eau solaire (environ 100-150 chauffe-eau installés entre 1977 et 1981, de capacité 200 litres et 500 litres).

Non-commercialisés - distillateurs  
- cuisinières solaires (type parabolique)  
- foyers améliorés  
- biogaz  
- séchoirs solaires  
- pompe à dispositif photovoltaïque  
  
- réfrigérateurs  
- éclairage  
- participation à l'installation des centrales thermodynamiques de Diré, Dioïla, Katibougou, ainsi qu'à l'installation de pompes photovoltaïques.

Du fait de l'importance des relations entre le LESO et l'unité de production (objet de cette étude) les activités et la structure du LESO sont décrits avec plus de détails dans l'annexe 2.5.

- Direction du Machinisme Agricole (DMA)

Cette direction, qui relève du Ministère du Développement Rural, s'intéresse principalement à la biomasse, que ce soit par fermentation méthanique (Recherche à Samanko) ou par gazéification (en collaboration avec la CNDT et le CEEMAT).

- L'Association solaire ELF/Mali

L'Association solaire ELF/MALI a été créée à l'initiative du Gouvernement malien et du groupe français pétrolier ELF-Aquitaine et est rattachée au Ministère d'Etat Chargé de l'Équipement.

Cet organisme intervient surtout au niveau de l'installation de systèmes photovoltaïques, tel le générateur photovoltaïque de l'hôpital de Kolokani (à dispositif de concentration), à Magnambougou. L'Association s'attache maintenant à la mise en oeuvre d'opérations pour le compte de maîtres d'ouvrages nationaux ou internationaux.

- L'Ecole Nationale d'Ingénieurs et l'Ecole Normale Supérieure sont responsables de la formation d'ingénieurs en énergie solaire, et s'intéressent actuellement à la biomasse, à l'énergie éolienne et aux systèmes photovoltaïques.

- Mali Acqua Viva

Sous la Direction du R.P. Verspieren, ce groupe a réalisé en 6 ans plus de 800 forages et équipé une trentaine d'entre eux de pompes solaires photovoltaïques. Les activités sont localisées dans la région de San, Koutiala, Sikasso (Rayon d'action d'environ 200 km) et bénéficient d'une infrastructure sur place permettant l'installation, la mise en service, l'entretien et la maintenance des systèmes.

Cet organisme est récemment devenu un organisme officiel et fait partie maintenant de la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Énergie.

- L'Ile de Paix

Fondée par le Père PIRE, opère dans la région de Tombouctou. Ses activités sont liées au forage, irrigation et équipement des collectivités rurales. Là aussi, il faut noter que cet organisme bénéficie d'une autonomie totale (équipements de forage, génie civil, ateliers de réparation et d'entretien et de stocks de carburants).

- Les O.N.G. (Organismes Non-gouvernementaux)

Jouent également un rôle important dans la diffusion des équipements à base d'énergies renouvelables (foyers améliorés, digesteurs, éoliennes, pompes solaires ou non).

- Le CRES (Centre Régional de l'Energie Solaire)

La quatrième conférence des Chefs d'Etat de la CEAO, réunie à Bamako en Octobre 1978, avait pris la décision de réaliser un Centre Régional de l'Energie Solaire (CRES). L'étude de faisabilité réalisée en 1979 a conclu à la nécessité de créer un tel centre et la CEAO/CILSS a par la suite demandé aux Gouvernements de l'Allemagne de l'Ouest et de la France de l'aider à réaliser ce centre, qui sera situé à Bamako.

Selon l'étude d'ingénierie, le CRES devrait assurer les tâches suivantes:

- développer la recherche appliquée et soutenir les centres nationaux;
- développer la Coopération Nationale Africaine et Internationale en matière d'énergies nouvelles;
- participer à l'élaboration d'une stratégie énergétique globale pour les pays de la CEAO/CILSS;
- assurer la formation du personnel et l'élaboration des documents pédagogiques;
- centraliser l'information sur les problèmes énergétiques et assurer sa diffusion dans les pays membres;
- promouvoir des projets d'énergies renouvelables par des études d'ingénierie et en piloter la réalisation;

- concevoir et mettre en place les moyens de production à l'échelle industrielle pour les équipements répondant aux besoins des pays membres de la CEA0 et du CILSS.

Trois fonctions ont été retenues pour le CRES;

- une fonction technologie (Recherche, Formation, Ingénierie, Etude);
- Une fonction production (mise sur pied d'une production régionale, identification des projets industriels et investisseurs potentiels, activités de support);
- Une fonction finance (mobilisation de l'aide internationale, recherche de financement, création d'organismes de crédit, etc...).

#### 2.3.4 Relations entre intervenants

Du fait de la multiplicité des intervenants dans le domaine des énergies renouvelables, un problème de coordination risque de se poser, d'une part entre:

- les organismes nationaux maliens
- et d'autre part, entre les organismes régionaux et nationaux.

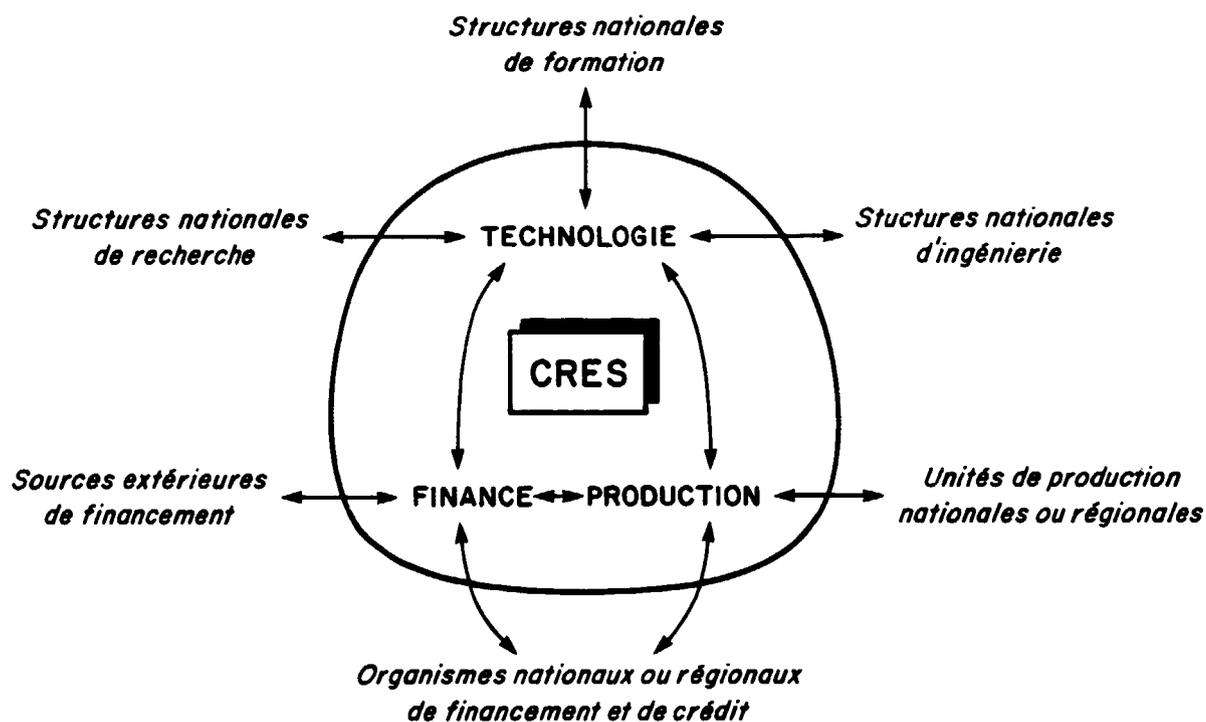
En ce qui concerne les organismes nationaux, cette question a été abordée au paragraphe 2.3.2.

Les relations entre les organismes régionaux (plus précisément le CRES) et les organismes nationaux méritent d'être analysées afin, en particulier, de s'assurer qu'il n'y aura pas de duplication entre les différents organismes.

Le CRES a été conçu comme un système formé de:

- centres nationaux (impliqués dans la recherche, production, financement)
- et d'un centre régional (qui supportera l'action mais ne se substituera pas aux organismes nationaux).

Le tableau ci-dessous (inspiré de l'étude d'ingénierie du CRES) décrit les inter-relations prévues entre le CRES et les centres nationaux.



## INTERRELATIONS CRES ET CENTRES NATIONAUX

Au niveau fabrication, les décisions définitives concernant les productions relevant des Centres Nationaux et celles à réaliser au niveau régional (CRES ou autres) n'ont pas encore été prises et varieront selon les pays. Un appel d'offres a été récemment lancé pour une analyse des productions à effectuer au niveau de la région CEA/CILSS.

Au niveau des productions nationales, l'étude de factibilité du CRES prévoyait que les centres nationaux assureraient la mise en oeuvre des capteurs, chauffe-eau, séchoirs, supports de systèmes photovoltaïques, éoliennes, foyers améliorés et digesteurs pour les systèmes biogaz.

Le CRES pourrait alors assurer la fabrication de produits nécessitant:

- une technologie de pointe
- des investissements lourds
- un marché vaste, régional

Ceci pourrait s'appliquer en particulier, aux photopiles, aux systèmes d'éclairage et aux réfrigérateurs.

2.4 Revue des études et expériences de production d'équipements solaires dans la CEA0

Cette section s'attache à présenter:

- les principaux résultats des évaluations effectuées sur les unités de production industrielle d'équipements solaires;
- les unités de production industrielle d'équipements solaires en Afrique de l'Ouest.

2.4.1 Etudes précédentes

- 1977 - Etude "Programme de Recherche relatif aux applications de l'énergie solaire au Sénégal, Mali et Niger" (UNIDO - M. MUSTACCHI et TAKLA).

Les principales conclusions d'intérêt pour notre étude peuvent être résumées comme suit:

- le niveau atteint dans le domaine de la recherche et du développement pour les chauffe-eau, cuisinières, distillateurs et séchoirs est satisfaisant;
  - les champs d'application les plus importants sont le pompage de l'eau et le chauffage;
  - les marchés sont limités, la mise sur pied d'usines fabriquant exclusivement de l'équipement solaire n'est pas justifiée et la fabrication doit être confiée à des usines existantes;
- 1979 - Document Sofretes portant sur le développement d'une industrie solaire au Mali. L'étude Sofretes n'a pas effectué d'étude de marché mais concluait que:
- . le seuil de rentabilité était de 3.000 m<sup>2</sup> de capteurs par an;
  - . l'unité devrait être basée sur la production de capteurs et permettre de produire des:

- . chauffe-eau
- . séchoirs solaires
- . éléments nécessaires aux pompes thermodynamiques
- . éléments requis pour la production de froid et la climatisation (système - boucles thermodynamiques)
- . éléments requis pour la production d'électricité (boucles thermodynamiques)

1982 - Etude technique et économique pour des équipements solaires (préparé pour la Commission mixte Niger-Nigeria) - UNIDO.

Les principales conclusions de cette étude étaient que:

- La gamme de produits alors fabriqués (chauffe-eau, distillateurs) devrait être élargie de manière à atteindre le seuil de rentabilité;
- une approche commerciale (promotion, contrats de vente et de service, etc...) devrait être mise en oeuvre.

#### 2.4.2 Revue des unités de production dans la CEAO

A notre connaissance, deux pays de la CEAO, le Niger et le Sénégal, ont mis sur pied des unités de production et commercialisation. Un certain nombre d'autres pays ont mis sur pied des unités dont le principal objectif est la recherche - développement.

##### LA SONIEN - ONERSOL (Niger)

##### Structure

En 1965, l'ONERSOL était créée comme établissement public doté de l'autonomie financière, avec pour objectifs:

- le développement de prototypes utilisant l'énergie solaire;

- la mise à disposition des résultats des expérimentations;
- la mesure des radiations solaires, etc..

En 1975, un nouveau texte accordait à l'ONERSOL le statut d'institution à caractère industriel et commercial, permettant ainsi la production, la commercialisation et la vulgarisation des équipements solaires.

Récemment, le gouvernement du Niger entreprenait de séparer l'ONERSOL en deux entités distinctes:

- une unité de recherche et développement
- une unité de fabrication et commercialisation (que l'on appellerait SONIEN).

Le financement du projet ONERSOL a été assuré à plus de 90% par le gouvernement du Niger.

#### Produits

Jusqu'à ce jour, l'ONERSOL s'était fixé comme champ d'action, les produits:

- utilisant la chaleur;
- utilisant des technologies pouvant être réinventées ou adaptées au Niger.

Sur cette base, l'ONERSOL a fabriqué ou commercialisé des:

- chauffe-eau (environ 250 chauffe-eau vendus depuis 1979);
- distillateurs (environ 20 vendus depuis 1979).

#### Problèmes

L'ONERSOL reconnaît que les problèmes actuels (l'utilisation de la capacité de production est de 20 à 30%) sont liés à:

- une gamme de produits trop restreinte
- un marché restreint
- une mauvaise commercialisation et service après vente.

LA SINAES (Sénégal)

Pour le moment, la SINAES se limite à importer des chauffe-eau et des pompes thermodynamiques (système Sofretes).

Le capital de la SINAES se répartit comme suit:

	<u>Participation (%)</u>
Gouvernement du Sénégal	30,0
Groupement Renault-Sofretes (France)	35,0
Caisse de Coopération économique (France)	7,5
Groupement Sofee (France)	7,5
Briau S.A. (France)	11,0
Autres	<u>9,0</u>
	100,0

## 2.5 Conclusions

### Energie

Le bilan énergétique malien montre la prédominance du bois et des produits pétroliers importés.

Le bois est surexploité et des mesures de conservation sont nécessaires.

Les principales sources d'énergies renouvelables (hors hydroélectricité) sont l'énergie solaire (dans tout le pays), l'énergie éolienne (en particulier dans la moitié Nord du pays et la biomasse (région du Delta intérieur du Niger et Sud).

### Economie

Le Mali se classe parmi les pays les plus démunis de la région CEAO/CILSS avec une économie essentiellement agricole. Le secteur industriel est peu développé avec une concentration des industries à Bamako et une prédominance des Sociétés d'Etat.

Les problèmes d'enclavement, d'étroitesse du marché, d'approvisionnement et de communications à l'intérieur du pays constituent des obstacles importants au développement économique.

### Démographie

83% des 7 millions de maliens sont situés dans les zones rurales; l'exode rural est important. Les principales villes sont Bamako (400,000), Ségou (65,000), Sikasso, Mopti, San, Kayes.

### Orientations socio-économiques

Les principaux objectifs du plan de développement économique et social sont l'auto-suffisance alimentaire, la maîtrise de l'eau, l'association du secteur privé au développement industriel.

Au niveau énergétique, le plan est orienté vers la valorisation des énergies renouvelables et une meilleure utilisation de l'énergie sous toutes ses formes.

### Secteur des énergies renouvelables

Au Mali, l'activité dans le secteur des énergies renouvelables est intense, impliquant plusieurs organismes maliens et internationaux.

Malgré des propositions de coordinations des activités, il s'agit encore essentiellement d'actions individuelles non coordonnées.

---

# Capacité du marché et de l'usine

### 3 CAPACITE DU MARCHE ET DE L'USINE

La capacité de production requise par le Projet est fonction:

- de la gamme des produits qui sera retenue et des activités de fabrication, assemblage etc. qui seront nécessaires;
- de l'importance des marchés.

Les principaux thèmes analysés dans ce chapitre sont les suivants:

- à titre d'introduction, les divers produits utilisant les énergies renouvelables et les besoins que ces divers produits peuvent permettre de satisfaire;
- la présentation de chacun des principaux produits;
- la sélection des critères d'évaluation et la gamme de produits devant être finalement retenue pour fabrication, commercialisation etc. au Mali;
- les possibilités de fabrication au Mali;
- des indications sur le potentiel de marché pour chacun de ces produits.

#### 3.1 Produits utilisant les énergies renouvelables

La gamme des produits utilisant les énergies renouvelables est relativement vaste; et leur mise en oeuvre devrait contribuer à la satisfaction des besoins économiques et sociaux considérés comme prioritaires au Mali.

Les priorités économiques et sociales mentionnées dans le Plan Quinquennal de Développement Economique et Social (1981-1985) sont:

- dans le domaine économique
  - . l'auto-suffisance alimentaire
  - . la maîtrise de l'eau (affectant à la fois le degré d'autosuffisance alimentaire et l'exode rural)

- . la reconstitution du cheptel et du couvert végétal
- dans le domaine social, plus précisément dans le domaine de la santé
- . la satisfaction des besoins de la population en soins et médicaments.

Le tableau suivant établit les relations entre besoins, activités humaines et produits fonctionnant à partir des énergies renouvelables.

	BESOIN/OBJECTIF	ACTIVITE	PRODUITS UTILISANT LES ENERGIES RENOUVELABLES	
Secteur traditionnel	Eau potable	Hydraulique villageoise (pompage)	Pompe photovoltaïque Pompe thermodynamique	
		Hydraulique pastorale (pompage)	Aérogénérateur Eolienne, Biogaz	
	Santé rurale (hôpitaux, dispensaires, centres vétérinaires)	Utilisation d'eau chaude, stérilisation, réfrigération, eau distillée, appareils électriques	Chauffe-eau Four solaire Réfrigérateur photovoltaïque Distillateur Système photovoltaïque Aérogénérateur Système thermodynamique	
			Education et formation	Photopile Aérogénérateur, Biogaz Système thermodynamique
			Communications	Radio, téléphone, réseau hertzien, signalisation Photopile Aérogénérateur Système thermodynamique
	Activités agricoles	Irrigation	Pompe photovoltaïque Pompe thermodynamique Eolienne Système photovoltaïque Système thermodynamique Aérogénérateur	
			Séchage, broyage, moulage	Séchoir Eolienne
Cuisson	Cuisine	Cuisinière solaire Foyer amélioré, Biomasse Poêle à charbon de bois Autres valorisations des résidus (ex. briquettes)		
Secteur moderne	Remplacement des énergies importées (industriel/domestique)	Utilisation d'eau chaude, climatisation, séchage	Chauffe eau Biomasse Photopile Séchoir	
	Transport	Eau distillée carburant	Distillateur Biomasse	

### 3.2 PRODUITS ÉVALUÉS

Les principales caractéristiques des produits évalués dans cette étude sont données ci-dessous.

Plus de détails sur ces produits sont disponibles dans les fiches techniques par produit présentées dans l'annexe 6.1.

Les critères de classification et de sélection des produits ainsi qu'un résumé de l'évaluation de chacun des produits sont présentés dans la section 3.3

Les produits analysés sont ceux pour lesquels, on peut considérer qu'il existe actuellement un potentiel d'installations au Mali et qui n'y sont pas actuellement fabriqués. On a également pris en compte la possibilité de fabrication au Mali de certains éléments qui pourraient être incorporés aux produits étudiés, tels les pompes "va et vient" produites par le Projet EMAMA (Projet PNUD à SIKASSO).

Bien que d'autres produits auraient pu être retenus et étudiés, les délais requis pour leur développement et les essais nécessaires, font qu'ils se situent en dehors de l'horizon temporel de cette étude.

En règle générale, on peut conclure qu'une grande partie, sinon tous les équipements, bénéficieraient d'une évaluation rigoureuse de la conception de produit et d'une étude de coûts afin de simplifier la fabrication, l'installation et réduire les coûts. Une analyse détaillée des besoins en entretien est aussi nécessaire afin de développer des programmes d'entretien qui assureraient un fonctionnement sans panne des équipements.

#### 3.2.1 Chauffe-eau solaire

Le chauffe-eau solaire comprend des capteurs plans solaires et un réservoir et utilise le principe du thermosiphon. Le LESO a développé deux modèles de capacités nominales respectives de 200 et 500 litres. Le modèle actuel de 200 litres nécessite deux capteurs celui de 500 litres, cinq capteurs.

Chaque capteur a une superficie de 1,28 m<sup>2</sup> et est fabriqué à partir de tôle, de tuyaux galvanisés, de l'isolant et une couverture en verre.

Les chauffe-eau solaires sont utilisés dans un grand nombre de pays avec succès. Environ 150 chauffe-eau ont été installés au Mali par le LESO avec des résultats mitigés.

La fiche technique détaillée des chauffe-eau conçus par le LESO est présentée dans l'annexe 6.1

### 3.2.2 Distillateur solaire

Les distillateurs solaires comprennent essentiellement une surface inclinée (avec une ou deux faces) recouverte de verre, montée sur un réservoir contenant de l'eau.

Sous l'effet du soleil, l'eau se vaporise, se condense sur la vitre, glisse le long du vitrage et est recueillie à l'extrémité inférieure du distillateur.

L'eau distillée ainsi produite est chimiquement propre mais n'est pas biologiquement propre. Elle est utilisable directement pour des produits tels les accumulateurs et après traitement additionnel pourrait être propre à la consommation humaine ou pour des applications pharmaceutiques.

Les expériences de fonctionnement au Mali de ces distillateurs sont très limitées mais sont relativement nombreuses et satisfaisantes dans d'autres pays.

La fiche technique d'un distillateur fabriqué par LESO est proposée dans l'annexe 6.1

### 3.2.3 Cuisinière solaire

Au Mali, du fait des habitudes d'utilisation de marmites "ouvertes", les cuisinières solaires qui ont été développées utilisent le principe de réflexion, pour concentrer l'énergie solaire sur la marmite.

Les réflecteurs sont de type parabolique, construits en matériaux divers et situés au-dessous de la marmite.

La fiche technique de la cuisinière solaire parabolique fabriquée par LESO est présentée dans l'annexe 6.1.

Au Mali et dans les autres pays, les cuisinières solaires ont enregistré un taux d'acceptabilité très faible du fait de difficultés d'utilisation et de la nécessité de modifier les habitudes alimentaires et sociales.

L'ONERSOL, au Niger, a testé également ce type d'équipement et une mission récente de la Banque Mondiale a recommandé que le Programme d'expérimentations avec ce produit soit terminé.

#### 3.2.4 Cuisinière à charbon de bois

Il s'agit d'une cuisinière simple en métal comprenant un manchon central (dans lequel le charbon de bois est brûlé), un régulateur d'air et un cendrier.

La marmite est placée au sommet de la cuisinière.

La fiche technique de la cuisinière à charbon de bois est proposée dans l'annexe 6.1.

Au niveau mondial, les expériences d'utilisation de ce produit ont été satisfaisantes.

#### 3.2.5 Foyer amélioré

Le foyer amélioré est fait normalement en céramique, en brique, banco ou béton, pour recevoir une, deux ou trois marmites.

Du fait de sa conception, son rendement thermique est supérieur au foyer à trois pierres généralement utilisé, permettant de réaliser ainsi une économie de bois, variant sensiblement d'un modèle à l'autre.

Un grand nombre de foyers améliorés sont actuellement utilisés au Mali et leurs performances en cours d'évaluation. Les foyers améliorés ont été également introduits dans plusieurs autres pays, avec des résultats satisfaisants.

La fiche technique de ce produit est présentée dans l'annexe 6.1.

#### 3.2.6 Réfrigérateur solaire

La chaleur solaire fournit la source d'énergie à un réfrigérateur utilisant un système d'absorption.

La fiche technique de ce produit est présentée dans l'annexe 6.1.

Au Mali et ailleurs, les résultats des expériences de fonctionnement de ce produit ont été généralement décevants. Il s'agit d'une technologie relativement complexe, et qui n'est pas suffisamment développée.

### 3.2.7 Éolienne

Une éolienne multipales à axe horizontal et opérant à basse vitesse a été développée par le Laboratoire de l'Energie Solaire de Bamako (LESO). Elle est équipée d'un système à came simple entraînant une pompe "va et vient" verticale.

Ce type d'éolienne, a été étudié afin d'être fabriqué au Mali; elle peut être érigée sur le site en n'utilisant que des outils à main.

Aucune éolienne de ce type ne fonctionne actuellement au Mali, en dehors de celle développée par le LESO, de deux autres installées dans la région de Bamako et de systèmes artisanaux conçus par le père Plasteig dans la région de Ségou.

La fiche technique de l'éolienne développée par LESO est présentée dans l'annexe 6.1.

### 3.2.8 Aérogénérateur

L'aérogénérateur consiste en une éolienne à axe horizontal, fonctionnant en général à haute vitesse; il est monté sur un pylone. L'hélice comprend généralement 2 ou 3 pales; un alternateur et un système de contrôle sont installés dans la tête de l'aérogénérateur.

Les aérogénérateurs sont généralement fabriqués dans une gamme de tailles et puissances allant jusqu'à 20-30 kW, pour des systèmes ayant atteint maintenant le niveau commercial et jusqu'à plusieurs centaines de kW pour des systèmes encore au stade de la recherche-développement.

La fiche technique de ce type de produit est présentée dans l'annexe 6.1.

Au Mali, aucun aérogénérateur n'a encore été installé; ailleurs un grand nombre de ces systèmes sont en place et donnent des résultats très satisfaisants.

### 3.2.9 Éolienne Savonius

Une éolienne Savonius est une éolienne simple à axe vertical d'un rendement bas; elle est utilisée pour des opérations telles que le pompage d'eau à faible hauteur de charge. Ses principaux avantages sont liés à des coûts bas et à sa fiabilité.

La fiche technique de ce type d'équipement est fournie dans l'annexe 6.1.

Bien que les éoliennes de type Savonius soient utilisées avec succès dans plusieurs pays aucune n'a encore été testée au Mali.

#### 3.2.10 Héliostats pour centrale à tour

L'énergie solaire est concentrée (à partir d'un grand nombre de miroirs spécialement conçus) vers une chaudière installée sur une tour. Les miroirs (concentrateurs) s'ajustent automatiquement selon la position du soleil.

La fiche technique de ce type d'équipement est fournie dans l'annexe 6.1.

Des prototypes expérimentaux ont été développés et testés en Europe et aux Etats-Unis.

#### 3.2.11 Système biogaz

Du biogaz peut être produit à partir de la digestion anaérobique de déchets végétaux et d'excréments d'animaux.

Les digesteurs de ces systèmes sont fréquemment construits en maçonnerie ou en béton.

Le gaz produit peut être utilisé dans des lampes, fours ou moteurs.

L'utilisation du biogaz est très répandue et satisfaisante, en particulier en Chine et en Inde. Seules quelques expériences sont en cours au Mali, en particulier au Laboratoire de l'Energie Solaire.

#### 3.2.12 Presse pour brique de combustible

Une presse est utilisée pour compresser des résidus végétaux secs (tel la paille) sous la forme de briquettes. Ces briquettes peuvent être alors utilisées comme combustible pour la cuisine, etc.

Leur degré d'acceptabilité par l'utilisateur a été généralement faible du fait de variations réelles ou perçues dans le potentiel de combustion de la brique. Son utilisation a été réduite ou suspendue.

### 3.2.13 Séchoir

Le séchoir solaire consiste essentiellement en des capteurs, où l'air est chauffé avant d'être dirigé vers une série de grilles ou d'étagères qui supportent les produits à sécher.

Des systèmes de circulation d'air, "naturelle" ou "forcée", peuvent être utilisés.

Les spécifications détaillées du séchoir varient suivant le produit à sécher. Une gamme de tailles différentes est généralement nécessaire afin de pouvoir s'ajuster aux quantités et aux types de produits à sécher.

La fiche technique d'un des prototypes développés par le LESO est présentée dans l'annexe 6.1.

Les expériences de fonctionnement des séchoirs solaires au Mali sont limitées, mais plus étendues dans d'autres pays. Leur vulgarisation est cependant relativement lente.

### 3.2.14 Pompe photovoltaïque

Des photopiles assemblées en modules sont utilisées, pour fournir de l'énergie électrique à une pompe centrifuge à moteur électrique. L'eau est généralement emmagasinée dans un réservoir et utilisée lorsque nécessaire.

Actuellement environ 50 systèmes photovoltaïques de pompage sont en service au Mali; la première installation date de 1977. En règle générale, les résultats ont été des plus satisfaisants.

La fiche technique d'une des pompes photovoltaïques installée au Mali est présentée dans l'annexe 6.1.

### 3.2.15 Générateur d'électricité photovoltaïque

Des modules photovoltaïques sont utilisés pour la production d'électricité pour des applications telles l'éclairage et le fonctionnement d'équipements d'hôpitaux. Des accumulateurs sont utilisés pour le stockage de l'énergie.

Les expériences au Mali et ailleurs dans le monde ont été satisfaisantes.

### 3.2.16 Réfrigérateur photovoltaïque

Des modules photovoltaïques sont utilisés pour fournir de l'énergie électrique à un réfrigérateur fonctionnant à partir d'un système de compression conventionnel. Des accumulateurs sont utilisés pour le stockage de l'énergie.

Ce type d'équipement n'est que très peu utilisé isolément au Mali et ailleurs dans le monde.

### 3.2.17 Système thermodynamique

Ces systèmes utilisent de l'eau chauffée (à partir de l'énergie solaire) pour vaporiser du fréon à des températures relativement basses. Le fréon vaporisé est utilisé pour actionner des turbines générant de l'électricité ou activant des moteurs de pompes.

L'expérience de fonctionnement au Mali, en particulier à Diré, montre que des efforts considérables de développement sont encore nécessaires avant qu'un prototype puisse fonctionner avec succès.

### 3.2.18 Pompes centrifuges

Ces pompes sont utilisées dans les systèmes photovoltaïques de pompage ainsi que dans les systèmes conventionnels; la grandeur et le type de ces pompes varient considérablement.

Des possibilités de fabrication de certaines composantes existent au Mali en utilisant des moulages et d'autres matériaux importés.

### 3.2.19 Matériaux divers

Des études additionnelles seraient nécessaires pour évaluer les possibilités de fabrication de matériaux utilisés en petite quantité dans les produits mentionnés précédemment, mais avec des potentiels plus vastes dans d'autres domaines.

À titre d'exemple d'application, on peut citer:

#### a) L'Isolation

La plupart des produits utilisant l'énergie solaire requièrent des isolants soit pour retenir la chaleur

soit pour l'exclure. En général, le type d'isolant requis peut être adapté aux conditions locales avec, prise en compte de son efficacité, de sa stabilité, du type et de la forme de matériaux, de son coût et des exigences propres du produit à fabriquer.

Les besoins en isolants pourraient donc faire partie d'une étude de marché plus vaste au niveau national ou régional.

b) Vitrage

Du verre ou des films transparents en plastique sont utilisés comme couverture pour les chauffe-eaux, (voir section 3.2.1), les distillateurs (voir section 3.2.2) et d'autres produits absorbant l'énergie solaire.

Du verre spécial trempé et des fibres de silicone conçus pour un transport efficace de l'énergie solaire sont fréquemment utilisés dans un bon nombre de pays.

Le choix entre les divers matériaux est basé sur les aspects économiques; aucun matériau ne semble actuellement clairement préférable à un autre.

### 3.3 Critères d'évaluation des produits

Plusieurs critères différents ont été élaborés et utilisés pour évaluer les produits dans le but de retenir ceux pour qui une activité de fabrication industrielle au Mali pourrait être envisagée dans le cadre de ce projet.

Ces critères ont été développés à partir des principes de base suivants:

- les produits retenus doivent refléter les objectifs et politiques du gouvernement malien soit:
  - . réduire l'utilisation de l'énergie;
  - . maximiser l'utilisation des énergies renouvelables;
  - . réduire les importations;
  - . contribuer à satisfaire les besoins fondamentaux du pays en eau, énergie et santé.
- le produit doit avoir démontré sa fiabilité et une durée de vie relativement longue ou avoir atteint un stade de développement tel qu'il est tout à fait raisonnable de croire que les problèmes observés pourront être résolus dans une période de temps bien définie.
- le produit doit être conçu de façon à permettre un entretien simple et standardisé dans des sites isolés.
- dans la mesure du possible, les matières premières et les procédés de fabrication doivent être actuellement disponibles au Mali.

Plus concrètement, les critères retenus pour l'évaluation des divers produits doivent permettre de répondre aux questions suivantes:

- L'expérience en fonctionnement sur le terrain au Mali a-t-elle été satisfaisante?
- L'expérience en fonctionnement sur le terrain dans les autres pays de la zone sahélienne a-t-elle été satisfaisante?

- La technologie requise pour la fabrication du produit est-elle déjà utilisée au Mali?
- Combien d'années apparaissent encore nécessaires avant d'obtenir un produit complètement développé et testé au Mali?
- Est-ce un produit dont le concept de production est simple?
- Est-ce un produit dont le fonctionnement est simple?
- Est-ce un produit fiable?
- L'entretien du produit doit-il être effectué fréquemment, selon un cycle normal ou rarement?
- Est-ce un produit facilement réparable?
- Quelle part du produit pourrait être fabriquée au Mali actuellement et dans le futur?
- La technologie de fabrication existe-t-elle actuellement au Mali ou de "nouveaux" procédés de fabrication sont-ils requis?
- Les exigences de fabrication sont-elles proches de celles requises pour d'autres produits? Pour ce faire, les procédés de fabrication ont été regroupés en:
  - M - métallique
  - E - électrique
  - N-M - non-métallique
  - S - spécial
- Les matières premières requises sont-elles indigènes au Mali?
- Les matières premières doivent-elles être importées et sont-elles disponibles actuellement au Mali?
- Des matières premières doivent-elles être importées spécialement pour ce type de produit?
- Quelles sont les matières premières principales nécessaires à la fabrication du produit (métal, plastique, céramique, etc.)?

- Quelle est la durée de vie probable du produit?
- Le coût du produit (incluant l'installation) est-il plus élevé ou moindre que celui d'un produit "conventionnel"?
- Le produit est-il bien accepté par l'utilisateur, moyennement ou mal?
- La fabrication de ce produit au Mali réduira-t-elle les importations?
- Quel est le principal "bénéfice" à attendre de l'installation du produit, ex. réduction de la consommation d'énergie, approvisionnement en eau, etc..?

Le tableau 3.1 intitulé "Résumé de l'évaluation des équipements" présente les résultats de l'évaluation des produits retenus, à partir des critères mentionnés précédemment.

Ce tableau indique également (en bas du tableau) les conclusions de l'évaluation. Les conclusions et considérations entrant dans ces conclusions sont discutées dans la section 3.4.

### 3.4 Choix des produits

Les divers produits présentés dans la section 3.2 ont été regroupés en 3 catégories:

#### Groupe I

Le groupe I inclut les produits considérés comme prêts pour une production commerciale ou ceux ayant atteint un niveau de développement tel qu'il est raisonnable de conclure qu'ils seront commercialement prêts dans les deux années à venir.

Cette période de deux ans correspond à un estimé du temps minimum requis entre la date du rapport final et le démarrage des activités de fabrication au Mali.

#### Groupe II

Le groupe II inclut les produits nécessitant des études et efforts de développement additionnels, mais pour lesquels il est raisonnable de penser qu'ils atteindront le stade de production commerciale dans environ 5 ans.

#### Groupe III

Le groupe III inclut des produits dont la fabrication au Mali n'apparaît pas faisable au moins dans la période retenue pour l'étude ou pour lesquels le niveau de développement actuel n'apparaît pas suffisant pour établir une prévision.

Pour chacun des produits, un certain nombre de commentaires sont exprimés avec les raisons de son classement.

Les besoins en fabrication pour les produits du groupe I sont discutés dans la section 3.5.

### 3.4.1 Groupe I - produits retenus pour fabrication immédiate

#### 3.4.1.1 Chauffe-eau solaire

Il s'agit d'un produit à bon potentiel au niveau économies d'énergie et qui semble offrir de bonnes perspectives de marché dans le secteur institutionnel, de la santé (hôpitaux, maternités etc.) ainsi que dans le secteur résidentiel.

Ce produit se prête également bien à la standardisation et au concept modulaire, permettant ainsi de proposer un produit adapté à l'utilisateur à partir de composantes standardisées.

Ce produit a déjà fait ses preuves dans beaucoup de pays.

Les modèles proposés au Mali (et développés par le Laboratoire de l'Energie Solaire) requièrent encore des efforts de développement, principalement au niveau résistance à la corrosion, amélioration du rendement et du fonctionnement, de façon à l'adapter aux besoins du consommateur. Aucun de ces ajustements ne devrait cependant présenter de difficultés majeures et il est raisonnable de croire que ces ajustements pourront être réalisés en moins de 2 ans.

Les besoins en matières premières et au niveau fabrication ne posent pas de difficultés et sont similaires à ceux des autres produits de ce groupe.

#### 3.4.1.2 Distillateur solaire

Il s'agit également d'un produit ayant fait ses preuves dans le monde entier et qui devrait permettre de réduire les importations d'eau distillée. Les distillateurs produits au Mali ne requièrent que quelques ajustements au niveau de la conception du dessin et du dispositif d'entretien.

Ils peuvent être utilisés séparément ou "additionnés" de façon à produire le volume d'eau distillée requis par l'industrie ou les garages.

Les besoins en matières premières et au niveau fabrications sont similaires à ceux des chauffe-eau.

#### 3.4.1.3 Séchoir solaire

Bien que les séchoirs solaires demeureront, à un degré plus ou moins fort, un produit "sur-mesure", devant être ajusté à chaque situation, et que la majeure partie de la construction s'effectuera sur le site d'une façon artisanale, certains éléments comme la charpente, les étagères métalliques pourraient être fabriqués par le Projet.

Les parties "chauffage" seront généralement faites en métal.

Ces éléments pourront tous être fabriqués par les équipements requis pour la fabrication des chauffe-eau.

#### 3.4.1.4 Eolienne

Les éoliennes à axe horizontal (basse vitesse), tel le prototype testé actuellement par le Laboratoire de l'Energie Solaire (LESO), sont utilisées très couramment dans le monde entier pour le pompage de l'eau et la mouture du grain.

Bien que les expériences précédentes au Mali n'ont eu qu'un succès limité (en particulier les 30-35 systèmes installés dans la région de Gao entre 1956 et 1960), ceci est généralement attribué à l'absence d'un système organisé d'entretien et de réparation.

Tel que mentionné dans la fiche technique sur les éoliennes (Annexe 6.1, page 9), le modèle testé par le LESO ne requiert qu'une optimisation, une étude des dessins pour la fabrication et l'entretien, ainsi que la réalisation d'un programme d'essais.

Il apparaît raisonnable de penser que ces activités seront terminées dans un intervalle de deux ans.

Les besoins en matières premières et fabrication ne présentent pas de difficultés et sont similaires à ceux des autres produits de ce groupe avec cependant quelques besoins additionnels au niveau machinerie.

#### 3.4.1.5 Poêle à charbon de bois

Des dessins et les prototypes correspondant ont été développés et seule une revue du dessin est nécessaire pour la mise en fabrication et permettre une réduction des coûts.

Ces poêles devraient permettre de réaliser des économies substantielles dans la consommation de bois dans des zones où le charbon de bois est disponible.

Les besoins en matières premières et fabrication sont similaires à ceux des autres produits de ce groupe.

#### 3.4.1.6 Brûleur et lampe à biogaz

Bien que le marché pour ces produits devrait demeurer limité au Mali pendant un certain nombre d'années, la demande pourra être aisément satisfaite à partir des installations requises pour les autres produits de ce groupe.

#### 3.4.1.7 Composantes diverses

Les installations requises pour les produits du groupe I devraient permettre également de fabriquer une grande variété de composantes d'équipements ou de systèmes qui ne sont pas actuellement fabriqués au Mali.

Parmi ces composantes, on peut mentionner:

- des réservoirs à eau ou pour le biogaz;
- de la tuyauterie pour les systèmes d'eau ou de biogaz;
- des charpentes et des supports pour les modules photovoltaïques et pour d'autres produits.

#### 3.4.2 Groupe II - Produits nécessitant des développements ou études additionnelles et à retenir dans un programme futur de production

A l'exception de l'éolienne type Savonius, aucun des produits de ce groupe ne peut être fabriqué en totalité au Mali.

De plus certaines technologies requises pour les produits de ce groupe n'ont pas encore été introduites au Mali.

Leur fabrication au Mali nécessitera donc la mise en place de nouvelles installations de production.

##### 3.4.2.1 Eolienne type "Savonius"

Dès que les tests sur le terrain auront été réalisés, ces éoliennes pourront être fabriquées avec les mêmes installations que celles requises pour les produits du groupe I.

Ces éoliennes fournissent une énergie à un coût très bas pour des forages à faible profondeur; du fait de sa simplicité, ce produit est facile à entretenir et à réparer.

##### 3.4.2.2 Module photovoltaïque

L'assemblage et l'encapsulation des photopiles en modules est une opération relativement simple pouvant être réalisée au Mali dans un atelier spécialisé mais relativement peu coûteux.

Ce produit n'a pas été inclus dans les produits du groupe I puisque la technologie de production des photopiles et des modules change actuellement extrêmement rapidement.

Il s'agit d'un produit dont la valeur ajoutée au Mali est extrêmement faible et il n'apparaît pas logique d'encourir des risques à ce niveau, particulièrement des risques d'obsolescence technologique.

D'autre part, il s'agit d'un produit dont la fabrication sera probablement assurée au niveau régional (par exemple au CRES).

#### 3.4.2.3 Aérogénérateur

Au Mali, les essais d'aérogénérateurs (ayant déjà atteint ailleurs dans le monde le stade commercial) devraient être terminés dans un intervalle de 2 à 5 ans.

A l'issue de ces essais, les possibilités de fabrication au Mali de certains éléments, devront être évaluées.

Parmi ces possibilités, on peut retenir:

- la fabrication des pales à partir de plastique renforcé de fibre de verre avec des procédés de fabrication manuels;
- la fabrication du pylône à partir de matériaux requis pour les produits du groupe I;
- l'assemblage de composants électriques tels les panneaux de contrôle (ceci en fonction évidemment du modèle d'aérogénérateur qui aura été retenu).

#### 3.4.2.4 Cuisinière solaire

Ce produit est d'une importance telle pour la réduction de la consommation de bois, qu'il apparaît nécessaire de poursuivre les efforts de développement de façon à assurer sa commercialisation.

Un programme d'essais d'environ 15-20 cuisinières de type parabolique pourrait être lancé dans des régions où le bois est rare; d'autres modèles devraient également être développés et testés de façon à s'assurer de la meilleure acceptation possible au niveau de l'utilisateur.

#### 3.4.2.5 Assemblage de composants électriques

Plusieurs systèmes déjà installés au Mali ou en cours d'essais, utilisent des composants électriques tels des panneaux de contrôle, des boîtiers, etc., qui pourraient être assemblés au Mali, à partir d'éléments importés.

L'assemblage de ces composantes au Mali devrait permettre une réduction des coûts.

Cette activité pourrait être réalisée par des sociétés déjà en place au Mali ou par d'autres à créer à partir des unités existantes. Il est cependant recommandé que les besoins soient analysés afin d'essayer de standardiser les composants et les sous-systèmes dans la mesure du possible évidemment. Ceci permettrait de simplifier les opérations d'entretien et de réparation, la fabrication et la tenue des stocks.

#### 3.4.3 Groupe III - Produits dont la fabrication n'est pas retenue (dans le cadre de cette étude)

##### 3.4.3.1 Réfrigérateur solaire

Les expériences à ce jour avec ce type de produit n'ont pas été concluantes. Il est recommandé de suspendre provisoirement les efforts sur ce produit jusqu'à ce que les essais effectués à l'extérieur du Mali soient concluants.

##### 3.4.3.2 Héliostat

Ce type d'équipement est encore au stade expérimental dans les pays développés et, à notre connaissance, nulle part dans le monde, une fabrication industrielle n'est envisagée pour le moment.

##### 3.4.3.3 Foyer amélioré

La fabrication de ce produit devrait être effectuée au niveau artisanal; une production industrielle de ce produit n'apparaît donc pas requise.

##### 3.4.3.4 Digesteur pour fabrication de biogaz

Les digesteurs seront probablement construits en maçonnerie ou en béton sur le site même. Dans la mesure où des éléments métalliques sont requis, ils pourront être fabriqués à partir des équipements nécessaires à la fabrication des produits du groupe I.

#### 3.4.3.5 Presse pour brique de combustible

Du fait des difficultés observées avec ce produit dans le monde entier, ce produit n'a pas été retenu pour fabrication par le Projet.

#### 3.4.3.6 Système thermodynamique

Après l'expérience malheureuse de la centrale thermodynamique de Diré, l'installation de systèmes thermodynamiques au Mali n'est plus envisagée actuellement.

#### 3.4.3.7 Matériaux d'isolation

De sérieuses considérations devraient être données à la production future au Mali de matériaux d'isolation thermique nécessaires aux équipements solaires et en général à la mise en oeuvre d'un programme national d'économies d'énergie. Des programmes de cette nature ont produit des résultats remarquables dans d'autres pays.

Une analyse détaillée (hors du contexte de ce projet) devrait permettre d'évaluer:

- le marché des matériaux d'isolation (les volumes requis pour les produits solaires sont relativement faibles);
- le type d'isolant le plus approprié compte tenu de la disponibilité de matériaux indigènes, par exemple, de résidus végétaux;
- les méthodes de fabrication.

#### 3.4.3.8 Vitrage

Plusieurs produits tels les chauffe-eau et les distillateurs utilisent une couverture transparente.

Jusqu'à ce jour au Mali, le verre a été utilisé avec des résultats mitigés du fait de sa fragilité et de la conductibilité relativement faible de l'énergie solaire.

Du verre spécial trempé ou des fibres en silicone récemment développées ont été suggérés comme des alternatives

possibles. Ces deux matériaux sont techniquement très acceptables; aucun de ces matériaux n'a été cependant retenu dans cette étude à cause d'un marché extrêmement réduit et de l'exigence d'un volume de production relativement important pour qu'une fabrication industrielle soit possible.

#### 3.4.9 Pompes centrifuges

L'absence au Mali d'une fonderie pour la production de moulages de bonne qualité en acier, fer ou bronze. l'étroitesse du marché et l'importance de l'investissement en moules rend la production de pompes centrifuges pratiquement impossible en ce moment au Mali.

Un certain type de pompes à moteur est cependant utilisé pour l'exhaure de l'eau pour la consommation domestique, industrielle et l'irrigation; ce type d'équipement se situe cependant en dehors des termes de référence de cette étude.

Certaines possibilités pourraient cependant exister pour l'usinage, l'assemblage de certaines composantes ou de pompes complètes à partir de moulages importés et d'autres matériaux.

Une étude détaillée de l'installation de pompes existantes ou projetées ainsi qu'un programme de standardisation est nécessaire afin de déterminer le potentiel d'un tel produit après comparaison des risques de fabrication et de la valeur ajoutée par une fabrication au Mali.

Il est probable qu'une licence de fabrication devrait être obtenue du fabricant de pompes avant d'introduire un tel programme.

La possibilité de faire effectuer cette fabrication par le projet EMAMA à Sikasso pourrait être envisagée puisque ce projet fabrique actuellement des pompes à mouvement alternatif.

3.5 Possibilités de fabrication pour les produits retenus

Tous les produits du groupe I requièrent des facilités de production similaires; l'éolienne demande cependant une capacité d'usinage plus importante.

Les activités de fabrication de base du Projet sont les suivantes:

- charpente
- chaudronnerie
- usinage.

Les matériaux requis pour la fabrication sont tous disponibles au Mali; les principaux matériaux sont:

- la tôle
- les tuyaux
- le fer plat
- les cornières
- le verre.

Les besoins en matériaux et les procédés de fabrication pour chacun des produits retenus sont présentés sous forme schématique dans le tableau 3.2.

La fabrication de ces produits pourrait être réalisée dans une unité spécialement conçue pour la production d'équipements utilisant les énergies renouvelables.

Elle pourrait également être totalement sous-traitée dans la région de Bamako; il apparaît en effet exister à Bamako suffisamment d'installations et de capacités de production sous-utilisées ou même inutilisées.

### 3.6 Etude de la demande et du marché

Tel que stipulé dans les termes de référence de l'étude, l'analyse de marché présentée dans ce rapport d'étape s'adresse uniquement au marché malien et exclut donc le marché d'exportation.

Il s'agit d'une évaluation du marché à moyen terme défini comme étant la période 1983-1990.

Parmi les produits retenus, et tel que mentionné dans les sections 3.4 et 3.5, certains seront fabriqués en totalité par le Projet (ex: les chauffe-eau); pour d'autres produits (ex: les systèmes photovoltaïques) seuls quelques éléments seront fabriqués par le Projet.

La sélection des produits devant être fabriqués par le Projet a été effectuée dans la section 3.4.1.

Pour mémoire, les produits qui ont été retenus sont les suivants:

- chauffe-eau
- éolienne
- séchoir
- distillateur
- poêle à charbon de bois
- brûleurs, lampes etc. - pour système biogaz

Pour d'autres produits, en particulier les systèmes photovoltaïques, le Projet pourra assurer la fabrication de certains éléments tels les supports, charpente, tuyauterie etc.

Il est important de noter que le Projet assurera le service après vente, ceci devant d'ailleurs être considéré comme une activité essentielle. Cet aspect est discuté plus en détails dans le chapitre 7, Organisation du Projet.

#### 3.6.1 Aspects méthodologiques

La méthodologie qui a été retenue pour cette étude de marché reflète les principales caractéristiques de l'activité dans le secteur des énergies renouvelables au Mali; ces principales caractéristiques peuvent être résumées comme suit:

- il n'y a pas encore actuellement au Mali de coordination effective des activités dans le secteur des énergies renouvelables. La création d'un Commissariat aux Energies Renouvelables avait été envisagée mais ce dernier n'a pas encore vu le jour.

- il n'existe pas encore de programme national d'équipement en produits utilisant les énergies renouvelables. Le Centre Régional de l'Energie Solaire (CRES) initie actuellement les réflexions sur un tel programme; les premiers résultats ne sont pas attendus avant la fin de 1984.
- la demande effective actuelle pour les produits qui ont été retenus est faible. Les seules installations réalisées en 1982 et 1983 concernent des systèmes photovoltaïques de pompage; des éoliennes sont fabriquées dans la région de Ségou, mais il s'agit de produits artisanaux. Bien qu'entre 1977 et 1981 environ 150 chauffe-eau ont été installés par le Laboratoire de l'Energie Solaire de Bamako, cette activité est arrêtée depuis 1981.

Pour les autres produits retenus pour le Projet (en particulier pour l'éolienne), de véritables lancements de produits devront être effectués après la fin des travaux de Recherche-Développement et la réalisation des ajustements techniques qui ont été recommandés (voir les fiches techniques des produits).

- les utilisateurs et les preneurs de décision dans ce domaine sont en général peu informés sur les produits, leurs caractéristiques et leurs performances.
- les marchés potentiels sont dominés par le segment institutionnel.

La méthodologie développée et suivie dans cette étude de marché reflète les observations précédentes et peut se résumer ainsi:

- sélection des produits, des utilisateurs potentiels et des preneurs de décision; segmentation du marché en segment institutionnel, segment industriel, et segment résidentiel.
- au niveau institutionnel, dans une première phase, la plupart des Ministères et Organismes d'Etat ont été visités dans le but de présenter le Projet et de connaître leur politique générale vis-à-vis les énergies renouvelables.

Dans une seconde phase, des séances de travail ont été tenues avec les responsables techniques de ces Ministères et Organismes afin d'identifier les installations utilisant les énergies renouvelables, les projets clairement identifiés (au stade de la mise en service, commande, appels d'offres, étude de faisabilité etc.) et les possibilités à plus long terme.

Des discussions complémentaires ont par la suite eu lieu avec les responsables des secteurs d'activité ou des opérations de développement à fort potentiel.

Parallèlement, pour le marché institutionnel, l'étude du Plan Quinquennal de Développement Economique et Social (1981-1985) et des programmes de financement des organisations internationales a aussi été effectuée.

- au niveau industriel, une enquête (par questionnaire) a été menée auprès des principales industries de Bamako. Une revue des projets nomologués et des perspectives a été également effectuée avec les responsables de la Direction Nationale des Industries.
- au niveau résidentiel (principalement pour les chauffe-eau) les données ont été dérivées des statistiques douanières, d'une enquête effectuée auprès des principaux vendeurs de chauffe-eau électriques de Bamako et des services de la Direction Nationale de l'Urbanisme et de l'Habitat.

#### Besoins et marchés

Les besoins qui pourraient être satisfaits à partir d'une utilisation des énergies renouvelables au Mali sont considérables, puisqu'ils adressent des besoins prioritaires généralement non satisfaits tels l'approvisionnement en eau, la santé, l'agriculture, la lutte contre la désertification, etc. (voir section 3.1).

Cette mise en valeur et le développement des marchés sont limités cependant par un certain nombre de contraintes, dont les principales sont:

- le faible pouvoir d'achat du pays et des utilisateurs potentiels et la dépendance envers les sources de financement extérieur;
- le coût des produits, en particulier au niveau de l'investissement initial;

- la concurrence des produits utilisant des énergies conventionnelles;
- l'acceptabilité sociale; certains produits requièrent des changements dans les méthodes de travail et les habitudes alimentaires;
- l'absence de planification au niveau national et de mesures encourageant la mise en oeuvre d'une politique d'énergies renouvelables;
- le manque d'information au niveau de la population en général et des preneurs de décisions en particulier. Des efforts de promotion, démonstration et diffusion d'information sont nécessaires;
- les obstacles techniques, en particulier au niveau du personnel qualifié nécessaire à la mise en place des systèmes, à leur fonctionnement et leur entretien.

### 3.6.2 Revue des programmes multilatéraux et bilatéraux

Les différentes données mises à notre disposition ainsi que les réponses obtenues lors de l'enquête effectuée auprès des organisations internationales, démontrent l'intérêt que ces dernières portent à la mise en oeuvre des énergies renouvelables.

#### Activités de la Banque Mondiale

Les activités de la Banque Mondiale au Mali couvrent plus ou moins tous les secteurs-clés du développement.

Depuis 1966, la Banque Mondiale et le Mali ont signé 32 projets dont 10 sont terminés, 13 en cours d'exécution et 9 au stade de la préparation.

Les priorités sectorielles définies par la Banque Mondiale sont: l'agriculture, le développement rural et l'énergie. Le secteur énergie représente environ le quart des activités de la Banque Mondiale.

Lorsque les énergies renouvelables ont été prises en compte dans les projets, ceci a été fait le plus souvent en conjonction avec d'autres projets ou sous formes d'études spéciales. Ces études s'intéressent généralement à une utilisation plus efficace du bois de chauffe, à l'identification des problèmes et à la définition de plan d'actions dans le secteur de l'énergie.

A notre connaissance, les seules installations (actuellement en fonctionnement) financées par la Banque Mondiale dans le secteur des énergies renouvelables (hors hydroélectricité) au Mali correspondent aux systèmes photovoltaïques de pompage d'eau de Boni et de Ségou.

Pour ce qui est des projets en préparation, plusieurs volets "énergies renouvelables" sont prévus.

Il s'agit des projets:

- énergie/eau avec initialement un volet de mise en place d'un système utilisant la biomasse à Mopti/Sévaré (sous financement OPEP) mais qui, à cause de difficultés techniques devrait probablement être reconverti en centrale thermique conventionnelle;

- de production d'alcool pour carburant et amélioration des rendements énergétiques dans les sucreries de Dougabougou et Siribaïa. L'utilisation de la biomasse devrait être substituée au combustible importé.

L'alcool devrait être produit par fermentation et distillation du surplus de mélasse (qui est actuellement jeté);

- de développement sanitaire avec construction de 5 centres de santé dans la région de Kayes équipés de générateurs photovoltaïques pour la production d'électricité et l'alimentation des pompes d'eau.

#### Activités des Nations Unies

Les projets du Système des Nations Unies peuvent être regroupés en deux catégories:

- collecte et diffusion d'informations à caractère général;
- fourniture directe d'assistance technique.

En ce qui concerne la FAO, le programme en cours comprend 14 projets nationaux et 5 projets régionaux et celui du PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement) inclut 6 projets.

La majeure partie des ressources de la FAO et du PNUD au Mali continue d'être dirigée vers le secteur de l'élevage, puis vers le secteur de l'agriculture et enfin vers la sécurité alimentaire et la planification. Ces projets ne semblent pas inclure de composantes "énergies renouvelables".

Le programme 1983-1985 du PNUD prévoit cependant la mise en service de 10 pompes photovoltaïques dans la région de Kolokani et Bougouni; leur installation devrait être effectuée par l'Association ELF-Mali.

#### Autres organismes internationaux et bilatéraux

Les activités des autres organismes internationaux et bilatéraux (ACDI, BAD, FED, FENU, Fonds Saoudien, etc.) dans le domaine des énergies renouvelables sont plutôt concentrées au niveau des applications type photovoltaïque. Certains pays (telle la République Populaire de Chine) ou des organismes internationaux (tel le FED) interviennent actuellement au niveau de projets pilotes en particulier dans la biomasse.

Le Japon et l'Italie apparaissent également s'intéresser aux pompes photovoltaïques.

#### Conclusions

Malgré les efforts et les priorités que le gouvernement malien accorde au secteur des énergies renouvelables, les réalisations restent cependant limitées.

Ces limitations tiennent en particulier à la faible capacité malienne de financement; la majorité des programmes et projets de développement actuels sont financés de l'extérieur.

Au niveau des énergies renouvelables, jusqu'à ce jour, la plupart des actions du gouvernement malien ont été orientées vers la recherche.

L'utilisation de l'énergie solaire proprement dite a prédominé jusqu'ici du fait de la vaste gamme des applications auxquelles cette énergie se prête.

A l'exception de la mise en valeur des ressources en bois de feu l'énergie éolienne et la biomasse ont bénéficié d'une attention à peu près identique.

Plus généralement, après une revue des activités des organismes internationaux, on peut conclure:

- que ces organismes apparaissent porter de l'intérêt à la mise en place d'une installation encourageant la mise en oeuvre des énergies renouvelables;
- qu'un stade de développement des énergies renouvelables a été maintenant atteint, et que les organismes internationaux devraient accorder la priorité à ce secteur;
- que l'accent devrait être mis sur l'intégration des énergies renouvelables dans les grands programmes de développement en particulier au niveau de l'économie rurale et de l'agriculture.

3.6.3 Identification des besoins en produits  
"énergies renouvelables" par secteurs  
d'activités économiques

Tel que mentionné précédemment, la plupart des Ministères ainsi que d'autres organismes ont été visités dans le cadre de cette étude de marché. Les secteurs d'activités qui ont été retenus comme offrant un potentiel intéressant pour le Projet sont:

- l'agriculture
- le secteur industriel
- les eaux et forêts
- l'hydraulique
- les télécommunications
- la défense
- la santé
- la météorologie
- l'habitat urbain et rural
- les transports
- l'élevage
- la radio - télévision.

### 3.6.3.1 Secteur: Agriculture

Principalement axé sur une production vivrière traditionnelle, le secteur agricole occupe une place prépondérante dans l'économie malienne. L'agriculture est principalement localisée dans le sud du pays et emploie 82% de la population active. Les terres actuellement cultivées ne représentent que le quart des terres cultivables qui, elles, ne couvrent que 7% du territoire malien. Les cultures vivrières fondamentales sont les céréales, le maïs et le sorgho qui représentent la base alimentaire des populations. La majeure partie de la production vivrière, surtout pour ce qui est du mil, riz et sorgho, est autoconsommée. Seule la culture de l'arachide a atteint un niveau industriel et figure parmi les exportations.

La faiblesse de la pluviométrie et son aspect saisonnier pourrait être compensé par une meilleure maîtrise de l'eau en particulier le long des grands axes hydrographiques du Mali. Si beaucoup de villages disposent de cuvettes naturelles où s'accumule l'eau durant la saison des pluies ou peuvent utiliser les crues des fleuves, il n'existe pas, sauf à l'Office du Niger, d'aménagements hydrauliques susceptibles de corriger les aléas climatiques et d'accroître les récoltes.

Cette dépendance de l'agriculture malienne vis-à-vis les conditions climatiques rend difficile une planification et explique, en grande partie les problèmes alimentaires observés durant les périodes de sécheresse.

En dehors de l'énergie humaine, les autres sources d'énergie sont relativement peu utilisées dans l'agriculture, ce qui explique en partie les faibles rendements observés.

Afin de mettre fin à cette situation, le gouvernement malien a assigné au secteur agricole, l'objectif de l'auto-suffisance alimentaire.

Pour y parvenir, les actions suivantes sont prévues:

- réalisation d'aménagements hydroagricoles;
- généralisation de la pratique de l'assolement;
- amélioration des techniques culturales;
- relèvement des prix aux producteurs.

Les projets d'aménagements hydroagricoles figurant au plan quinquennal de développement concernent essentiellement la production rizicole, maraîchère, sucrière et fourragère. Ils comprennent généralement deux volets: d'une part, l'amélioration des aménagements existants et d'autre part la création de nouveaux aménagements.

Les projets correspondant aux aménagements existants portent sur 76.000 ha dont 26.500 ha en irrigation et 49.500 ha en submersion contrôlée.

Il faut noter que parmi les projets agricoles financés par les organisations internationales il n'y a qu'un petit nombre qui sont des projets d'irrigation. En outre, il s'agit la plupart du temps de projets "conventionnels" où les énergies renouvelables ne sont appelées qu'à jouer un rôle limité. Il apparaît en effet que, du fait des faibles superficies cultivées, la poursuite d'une agriculture "à sec" ne permettra pas d'atteindre les objectifs d'auto-suffisance alimentaire. Seule une politique d'irrigation permettra d'augmenter les rendements et peut-être d'atteindre les objectifs fixés. Dans un tel programme de développement de l'irrigation les énergies renouvelables (énergie solaire ou énergie éolienne) apparaissent avoir un rôle considérable à jouer.

#### 3.6.3.2 Secteur Industriel

L'industrie malienne est basée essentiellement sur la transformation des matières premières agricoles, soit locales (coton, arachides), soit importées (blé, tabac, houblon).

Selon le Plan de Développement Economique et Social (1981-1985) le montant global des projets industriels s'élève à 99.7 millions de FM; le financement intérieur de ces projets est estimé être de 8% et le solde obtenu de l'extérieur.

La faible part du financement interne semble indiquer que les détenteurs de fonds n'investissent pas dans le secteur industriel malgré les avantages prévus au Code des Investissements.

La revue des projets industriels qui a été effectuée dans le cadre de cette étude indique que la plupart d'entre eux correspondent au secteur de la consommation finale (sucreries, minoteries, production d'eau gazeuse, d'eau minérale, boulangeries, fabriques de chaussures, de fournitures de bureau, etc.).

Etant donné que les investissements dans le secteur industriel sont nettement inférieurs aux besoins du pays, le gouvernement a progressivement libéralisé la politique à l'égard du secteur privé en introduisant en 1969 un premier code des investissements qui a été révisé en 1976.

Les investissements inférieurs à 20 millions de FM ne sont pas touchés par les dispositions de ce code.

En ce qui concerne l'énergie, le secteur industriel malien utilise actuellement des sources d'énergie conventionnelles et pourrait donc bénéficier d'une valorisation des énergies renouvelables.

Pour les besoins de cette étude une enquête par questionnaire a été réalisée auprès des principales industries de Bamako (la liste des entreprises faisant partie de l'échantillon est fournie dans l'annexe 3.6).

Les problèmes liés au coût élevé de l'énergie (entre 15 et 20% du coût de production selon l'enquête) et les coupures dans les approvisionnements pourraient inciter les industriels à rechercher une certaine autonomie énergétique.

Compte tenu de l'état d'avancement des technologies dans le domaine des énergies renouvelables, les produits qui pourraient être commercialisés dans l'industrie malienne sont les chauffe-eaux, les séchoirs et les distillateurs. Le potentiel de marché dans le secteur industriel est examiné dans la section 3.6.4.

Un certain potentiel existe également au niveau de la production de froid et pourrait intéresser l'Abattoir Frigorifique de Bamako; les responsables techniques de l'Abattoir suivent l'évolution de ces technologies qui se situent encore cependant au niveau d'unités pilotes et à des coûts prohibitifs.

### 3.6.3.3 Secteur: Eaux et Forêts

La production la plus importante de la forêt malienne est celle du bois de feu, dont la consommation annuelle par habitant était estimée en 1976 à 400-450 kg. Depuis cette date cette consommation n'a semble-t-il pas beaucoup varié.

Le Ministère du Développement Rural estime que dans le secteur domestique rural, 70% du bois est utilisé pour la cuisson des aliments. Les autres utilisations principales sont le chauffage de l'eau, le chauffage des maisons pendant la saison fraîche (2 à 3 mois par an), la préparation de l'huile de karité et l'éclairage.

L'artisanat consomme également du bois de feu pour:

- Le séchage et fumage du poisson. Selon les estimations de la Direction des Eaux et Forêts, la quantité de bois utilisé à cette fin serait de l'ordre de 5.000 tonnes/an soit 2% de la consommation totale du bois.
- La cuisson des briques.
- La fabrication du dolo (bière).
- Les forges et les fonderies artisanales.

Les usages industriels et collectifs ont été évalués pour la région de Bamako à 2% de la consommation totale de bois.

Cette grande consommation de bois a conduit à une sur-exploitation des forêts, aggravant ainsi les risques de désertification du pays.

Face à cette menace, le gouvernement a introduit plusieurs programmes tels le reboisement des forêts, la vulgarisation des foyers améliorés et le développement des sources d'énergies renouvelables.

Dans les zones où le bois est difficile d'accès ou cher certains ménages utilisent des sous-produits agricoles, de la paille ou de la bouse de vache. Cette dernière utilisation entre fréquemment en concurrence avec la fertilisation des terres.

Depuis quelques années, le Laboratoire de l'Energie Solaire de Bamako participe au développement et à la recherche au niveau des foyers améliorés et des cuisinières solaires.

En moyenne, le rendement énergétique de bois dans un foyer amélioré peut atteindre 21-22% comparativement à environ 9% pour un foyer traditionnel. Jusqu'ici les actions au niveau des foyers améliorés ont été relativement dispersées et sont regroupées sous la Direction Nationale des Eaux et Forêts (DNEF). La DNEF a la responsabilité de la construction des foyers améliorés dans les maisons.

En ce qui concerne la construction de ces foyers, l'approche actuelle est d'assurer la formation des maçons et de les mettre à la disposition du public qui doit acheter seulement les matériaux.

Le rythme de pénétration de ces foyers varie selon la région et la disponibilité en bois, qui, dans les zones rurales où il y a du bois, est accessible "gratuitement".

Il existe actuellement deux domaines principaux où les énergies renouvelables pourraient remplacer le bois, soit dans le séchage du poisson et dans la cuisson des aliments.

Au niveau du séchage du poisson, le projet Opération Pêche de Mopti prévoit utiliser des séchoirs solaires et un prototype en maçonnerie a été construit par le Laboratoire de l'Energie Solaire.

La production annuelle de poissons dans cette zone est de l'ordre de 90.000 t/an dont 40% consommé frais et 60% séché ou fumé.

Pour ce qui est des cuisinières solaires, plusieurs prototypes ont été élaborés. Ces produits nécessitent cependant un certain nombre d'améliorations techniques ainsi qu'un programme de démonstrations avant leur vulgarisation.

#### 3.6.3.4 Secteur de l'hydraulique

La Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie assume, entre autres, les responsabilités de recherche et de mise en valeur des ressources en eau.

A l'heure actuelle on compte une dizaine de projets et d'opérations de forages et d'équipements de puits. Une des tâches de la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie est d'éviter l'éparpillement des efforts et de coordonner les activités.

Depuis la sécheresse de 1973-1974 et pour répondre à l'urgence de la situation, la politique a été de mettre l'eau à la disposition des populations sans trop se préoccuper des consultations avec les bénéficiaires, des structures d'accueil et de prises en charge des infrastructures.

En réalité, ces problèmes suggèrent la définition d'une nouvelle politique nationale de l'eau qui s'attachera à l'évaluation des besoins, l'inventaire des ressources disponibles et des possibilités de mise en valeur.

La Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie est également responsable des politiques énergétiques (énergies conventionnelles ou renouvelables) et à ce titre inclut dans son organigramme, le Laboratoire de L'Energie Solaire de Bamako.

Les activités de ce secteur essentiel pour le Projet et les relations avec le Projet sont discutées plus en détails dans la section traitant du marché pour les éoliennes et les systèmes photovoltaïques (section 3.6.4).

### 3.6.3.5 Secteur des télécommunications

Malgré les efforts déjà entrepris par le gouvernement dans ce domaine, le réseau des télécommunications ne couvre qu'une très faible partie du pays et ne procure pas de recettes suffisantes pour donner aux télécommunications maliennes une capacité suffisante d'auto-financement.

Les télécommunications constituent cependant un élément indispensable de l'activité économique, ainsi qu'un outil privilégié de désenclavement des régions.

Afin de favoriser un développement équilibré du pays, le gouvernement, dans le plan quinquennal 1981-1985, a proposé un programme destiné à créer une infrastructure de base en reliant les centres régionaux et en réalisant un centre principal de télécommunications à Bamako.

En ce qui concerne les liaisons internationales, elles seront réalisées à partir de satellites. Le Plan prévoit à cet effet des dépenses totales de 14 millions de FM dont 12 millions financés par l'extérieur.

Le problème majeur dans les télécommunications au Mali se situe au niveau de l'alimentation en énergie des stations isolées. La plupart de ces stations ont une puissance d'environ 1.200 watts et sont alimentées par des groupes électrogènes et des turbogénérateurs qui consomment chacun environ 36.000 litres de carburant par an.

Pour des raisons de coût et de difficultés d'approvisionnement, les énergies renouvelables et en particulier l'énergie solaire ont un potentiel considérable au Mali.

Dans le secteur des télécommunications, une première installation de relais hertzien utilisant l'énergie solaire (système photovoltaïque) fonctionne déjà à Tianfala.

Plusieurs autres projets sont à l'étude et prévoient une alimentation en énergie solaire. On peut noter à ce titre, le projet Télécom II (Ségou-Mopti, Liptako-Gourma, Mopti-Tombouctou-Gao) et le projet PANAFTEL (tronçon malien).

Ces divers projets sont présentés dans l'annexe 3.1.

#### 3.6.3.6 Secteur: Défense

Les besoins de la défense nationale malienne sont liés à la répartition de ses infrastructures sur le sol malien.

Le secteur Défense bénéficie déjà d'installations photovoltaïques sous la forme de 14 stations de radio-communication en fonctionnement dans la zone urbaine de Bamako.

Bien qu'il n'y ait pas de projets où la composante "énergie renouvelable" soit prévue, on peut penser qu'en particulier l'alimentation des 100 stations radios et des 40 à 50 stations radar pourrait être assurée à partir des énergies renouvelables (systèmes photovoltaïques).

#### 3.6.3.7 Secteur: Santé

Sur le plan organisationnel, le secteur de la santé est découpé en régions et localités sanitaires suivant le découpage de l'Administration Générale.

L'infrastructure sanitaire malienne comprend:

- . 3 hôpitaux nationaux
- . 5 hôpitaux régionaux
- . 4 hôpitaux secondaires
- . 46 centres de santé de cercles
- . 281 centres de santé d'arrondissements
- . 183 dispensaires ruraux
- . 262 maternités rurales.

La capacité d'accueil de ces institutions est de 3.200 lits, soit 1 lit pour 2.251 habitants; ces équipements sont généralement de qualité médiocre et leur répartition régionale très inégale.

Les besoins et les priorités du secteur de la santé en matière d'infrastructure et de services de santé sont présentés dans le Plan Quinquennal de Développement Economique et Social (1981-1985) et dans le Plan Décennal d'Equipement (horizon 1990) de la Direction de la Santé.

Selon ces plans, les priorités dans l'infrastructure se situent au niveau des hôpitaux et des centres de santé de cercles. Actuellement seuls les 3 hôpitaux nationaux ont une alimentation continue en électricité; les hôpitaux régionaux et secondaires subissent actuellement des coupures fréquentes dans leur approvisionnement en énergie électrique, particulièrement durant la saison sèche.

Environ 80% des centres de santé de cercles n'ont pas d'électricité, ce qui empêche un fonctionnement satisfaisant de ces institutions.

Pour ce qui est de l'eau, en général la quantité d'eau disponible est insuffisante du fait des faibles capacités des moyens de pompage (pompe à main). Afin d'assurer un approvisionnement en eau satisfaisant du point de vue quantité et hygiène, des forages d'une certaine profondeur et équipés de systèmes de pompage relativement puissants sont nécessaires.

Du fait de la dispersion géographique des centres de santé, les coûts d'un approvisionnement en énergie électrique à partir du système interconnecté sont prohibitifs.

Bien que plusieurs sources d'énergie décentralisées soient disponibles au Mali (gaz, pétrole, vent, soleil), l'énergie solaire apparaît comme la mieux placée pour fournir de l'électricité.

Deux expériences concluantes semblent favoriser l'utilisation de l'énergie solaire dans le secteur de la santé au Mali. Il s'agit de l'hôpital de San et celui de Kolokani, tous deux équipés de systèmes photovoltaïques. Ces deux systèmes apparaissent donner satisfaction et requièrent relativement peu d'entretien.

En se basant sur les deux expériences mentionnées précédemment, la Direction de la Santé a demandé au Cres d'évaluer en détail les besoins du secteur de la santé qui pourraient être satisfaits à partir de l'énergie solaire. Cette évaluation vient de commencer et aucun résultat n'est encore disponible.

Les principaux besoins qui sont généralement exprimés dans le secteur de la santé sont:

- . l'électricité
- . les chaînes de froid (pour conservation des médicaments)
- . l'exhaure de l'eau et la stérilisation de divers équipements de salle d'opération.

Les projets de développement de l'infrastructure dans le secteur de la santé qui incluent une composante d'alimentation en énergie solaire et pour lesquels un financement extérieur est déjà assuré, sont les suivants:

- . centre de santé de Gao;
- . centres de santé de la région de Kayes (Kenièba, Kita, Bafoulabé, Diéma, Niro);
- . hôpital de Tombouctou;
- . hôpital de Koulikoro;
- . projet LIPTAKI-GOURMA avec les centres de santé d'Ansongo, Bourem, Gourma Rharous.

#### 3.6.3.8 Secteur: Météorologie

Pour faire face aux besoins de l'aéronautique et du développement rural, un programme météorologique a été établi comprenant en particulier le renforcement des services agro-météorologiques et hydrogéologiques (projet AGRHYMET).

Ces projets pourraient bénéficier des énergies renouvelables pour l'alimentation des équipements de mesure et des stations lorsque ces stations ne peuvent être raccordées de façon économique au réseau, ce qui est généralement le cas.

Leur alimentation pourrait être assurée à partir de générateurs photovoltaïques ou d'aérogénérateurs.

Dans le cadre du projet AGRHYMET, 31 stations climatologiques et 12 stations agro-météorologiques sont prévues. Cet effort est soutenu par le PNUD et l'USAID.

#### 3.6.3.9 Secteur: Habitat rural et urbain

Le manque de confort mesuré par le manque d'accès à l'éclairage, au réfrigérateur, etc... n'incite pas les cadres maliens à aller travailler en milieu rural, que ce soit pour enseigner, soigner ou encadrer les activités économiques en particulier dans l'agriculture.

Pour résoudre ce problème, le Génie Rural a envisagé un projet d'habitat solaire pour cadres ruraux qui prendrait en compte le confort thermique et l'alimentation électrique d'équipements ménagers.

La ruralisation de l'enseignement fondamental qui est envisagée dans les régions de Kayes et de Koulikoro pourrait également servir de base à la mise en oeuvre d'habitats "solaires" en milieu rural; 60 écoles sont prévues avec forages de puits et construction d'ateliers.

En ce qui concerne l'habitat urbain (villas individuelles, hôtels, restaurants, etc..) une plus grande utilisation de chauffe-eau solaires (plus économiques que les chauffe-eau conventionnels électriques) peut être envisagée.

Une participation active de l'Etat dans un programme de chauffe-eau solaires assurerait probablement une grande diffusion.

#### 3.6.3.10 Secteur: Transports

Selon les grandes orientations du Plan Quinquennal (1981-1985), les objectifs à atteindre en matière de développement de l'infrastructure et des moyens de communications visent:

- le désenclavement du pays par la construction et l'entretien des réseaux routiers, ferroviaires et aériens;
- l'accroissement de la capacité de transport par l'acquisition d'équipements;
- l'établissement de relations étroites entre ce secteur et les autres secteurs afin d'assurer l'intégration économique des différentes régions du pays.

L'amélioration des infrastructures aéronautiques et du trafic aérien pourrait être réalisée en faisant appel aux énergies renouvelables en particulier aux générateurs photovoltaïques et aux aérogénérateurs.

Au Mali, environ 10 aérodromes ont besoin d'équipements de navigation aérienne et de balisage de nuit.

Les générateurs photovoltaïques sont également adaptés à la signalisation routière, ferroviaire ou fluviale. 12 gares de chemin de fer sont déjà équipées de systèmes photovoltaïques et les projets de la Régie des Chemins de Fer du Mali prévoient d'équiper les autres gares avec le même système.

### 3.6.3.11 Secteur: Elevage

L'élevage constitue l'un des principaux secteurs de l'économie malienne, et en 1978, il représentait environ 20% du produit national brut et près de la moitié de la valeur des exportations. Le cheptel est évalué à 12,6 millions de têtes.

La possibilité ou l'impossibilité de pratiquer des cultures sans pluies et l'existence ou l'absence de ressources hydrauliques entraînent deux formes d'occupation de l'espace; d'une part, une utilisation agricole avec un habitat permanent et d'autre part, une économie pastorale basée sur la mobilité constante des troupeaux et des hommes.

Une certaine complémentarité entre ces deux types d'organisation conduit à une grande diversification des systèmes agro-pastoraux au Mali.

Bien que l'élevage conserve encore un caractère traditionnel, des améliorations ont été apportées au niveau des soins vétérinaires, des points d'eau et du croisement des races.

L'objectif du gouvernement est d'encourager la transformation des produits et sous-produits de l'élevage. Pour le réaliser, l'implantation d'abattoirs, de séchoirs, d'industries de cuirs et peaux devra être poursuivie.

Dans le secteur de l'élevage, les possibilités offertes par les énergies renouvelables sont intéressantes.

Au niveau de l'infrastructure sanitaire, les équipements "solaires" permettant l'entreposage des vaccins, la stérilisation des instruments et des distillateurs, pourraient être introduits.

Actuellement, tous les centres vétérinaires du pays sont équipés de réfrigérateurs; il y a 24 congélateurs régionaux et 300 réfrigérateurs au niveau des cercles.

La principale difficulté rencontrée dans l'utilisation des équipements mentionnés ci-dessus est liée aux questions d'approvisionnement en carburant.

Un programme de remplacement des réfrigérateurs conventionnels par des "réfrigérateurs solaires" ne semble cependant pas pouvoir se réaliser dans un avenir proche, puisque de telles installations, du fait des coûts, doivent être intégrées à un projet plus vaste (pompage, irrigation, électrification d'un hôpital, etc.).

Les autres applications des énergies renouvelables dans le secteur de l'élevage se situent au niveau des points d'eau (éoliennes, systèmes de pompage photovoltaïque) et dans l'industrie de cuirs (séchage).

#### 3.6.3.12 Secteur: Radio et télévision

A l'heure actuelle, il n'y a qu'une seule station de radio couvrant la région de Bamako.

Le programme d'équipement pour ce secteur prévoit la mise en oeuvre de sept stations de radio régionales et d'une station de télévision. L'alimentation de ces stations est actuellement prévue à partir d'une énergie conventionnelle.

Un émetteur radio FM pour la ville de Bamako, alimenté à partir de cellules photovoltaïques est cependant en cours d'acquisition.

Sur la base des rencontres tenues avec les techniciens maliens de ce secteur, on peut conclure que les possibilités offertes par les énergies renouvelables et en particulier l'énergie solaire sont mal connues des décideurs. Les problèmes de mise en oeuvre de ces énergies dans ce secteur doivent également être reliés aux contraintes imposées par les sources extérieures de financement et les fournisseurs étrangers.

### 3.6.4 Evaluation du marché

Les principaux produits qui ont été retenus pour l'évaluation du marché sont les suivants:

- chauffe-eau
- éolienne
- séchoir
- distillateur
- système photovoltaïque
- système biogaz

#### 3.6.4.1 Produit: Chauffe-eau solaire

Le marché des chauffe-eau solaires a été décomposé en 3 segments:

- . marché résidentiel
- . marché industriel
- . marché institutionnel.

Bien que pour ces marchés, certaines données sur le marché actuel des chauffe-eau soient disponibles, ces statistiques doivent être utilisées avec précaution et des recoupements à partir de différentes sources de données sont donc nécessaires.

#### A - Marché résidentiel

##### A.1 Marché actuel - Chauffe-eau solaires

Entre 1977 et 1981, environ 150 chauffe-eau solaires ont été installés par le Laboratoire de l'Energie Solaire (LESO) essentiellement dans des logements appartenant à l'Administration malienne et dans les hôpitaux de Bamako. Ce programme d'installations a été arrêté cependant en 1981.

Aucun autre organisme ou vendeur au Mali n'apparaît installer actuellement de chauffe-eau solaires.

##### A.2 Marché actuel - Chauffe-eau conventionnels

Il s'agit ici de chauffe-eau électriques importés. L'évaluation du marché pour ces chauffe-eau électriques est relativement difficile du fait de la qualité des données disponibles.

Pour cette raison, 3 approches ont été utilisées et les résultats comparés; ces approches sont fondées sur:

- les statistiques douanières;
- les résultats d'une enquête effectuée auprès des principaux vendeurs de Bamako;
- les statistiques de la Direction Nationale de l'Urbanisme et de l'Habitat.

i) Statistiques douanières

Les statistiques douanières relatives aux importations de chauffe-eau électriques ont été obtenues de la Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique au Ministère du Plan.

Ces statistiques sont regroupées dans une rubrique qui inclut d'autres produits d'importance mineure. La valeur et le poids de ces produits ont été obtenus pour la période 1971-1979.

A partir de cette série statistique, on peut conclure que les importations annuelles de chauffe-eau électriques au Mali se sont situées entre 1971 et 1979 à 150-170 chauffe-eau.

ii) Enquête auprès des principaux vendeurs de Bamako

Selon l'enquête menée à Bamako dans le cadre de ce projet, il apparaît qu'il y a environ 6 principaux vendeurs de chauffe-eau électriques: en moyenne, leur volume de vente se situe à environ 30 chauffe-eau/an. Sur cette base, le marché actuel des chauffe-eau électriques au Mali peut être estimé à environ 200/an.

iii) Statistique de la Direction Nationale de l'Urbanisme et de l'Habitat

Selon les statistiques obtenues de la Direction Nationale de l'Urbanisme et de l'Habitat (DNUC), il y a eu environ 585 constructions "en dur"/an à Bamako entre 1976 et 1982. La DNUC estime qu'environ 1/4 de ces constructions sont des immeubles de "luxe" dans lesquelles au moins un chauffe-eau électrique est installé.

A partir de cette approche, les nouvelles installations de chauffe-eau électriques sont estimées à 145/an.

### A.3 Prévisions de marché

En conclusion de l'analyse précédente, on peut estimer que le marché actuel résidentiel des chauffe-eau électriques au Mali est de l'ordre de 150 à 200 chauffe-eau/an.

En faisant l'hypothèse d'un taux de croissance de 5%/an, les ventes de chauffe-eau électriques pourraient être de l'ordre de 165-220 en 1985 et de 210-300 en 1990.

Pour la suite de l'étude de marché, seules les bornes supérieures de l'estimé ont été retenues.

Le marché "résidentiel" futur des chauffe-eau solaires est tributaire d'un certain nombre de facteurs tels:

- la qualité du produit et sa performance par rapport aux chauffe-eau électriques conventionnels;
- la promotion et en particulier les programmes gouvernementaux (facilités de crédit, subvention) qui pourraient être mis en place.

Comme mentionné précédemment le taux de pénétration actuel des chauffe-eau solaires est faible (environ 3% - aucune nouvelle installation depuis 1981). En supposant que les problèmes techniques actuels des chauffe-eau développés par le LESO soient résolus, on peut penser qu'un taux de pénétration de l'ordre de 50% en 1990 pourrait être atteint. Cet objectif d'équipement a également été retenu pour les études de programmation du CRES. Avec ce scénario, le marché résidentiel des chauffe-eau solaires en 1990 est estimé à 150 chauffe-eau/an (de 200 litres). Si les actions d'accompagnement préconisées pour les chauffe-eau solaires sont réalisées (promotion, subventions à l'achat, prêts bonifiés, etc.), il est probable que d'une part le marché s'accroîtra puisqu'il deviendra accessible à une clientèle qui ne pouvait auparavant s'offrir le produit et que d'autre part, le taux de pénétration sera plus élevé. Avec ces mesures d'accompagnements, le marché des chauffe-eau solaires dans le secteur résidentiel est estimé à environ 200 chauffe-eau de 200 litres/an.

## B - Marché industriel

Afin d'obtenir les informations nécessaires à l'évaluation du marché industriel, une enquête par questionnaire a été effectuée auprès des principales industries de Bamako. Cet échantillon représente pratiquement l'ensemble des industries du Mali.

Les principales conclusions de cette enquête sont qu'en général (exception faite des hôtels) les besoins de l'industrie malienne en eau chaude ou air chaud se situent à des températures bien supérieures à celles obtenues actuellement à partir des systèmes développés par le LESO. L'utilisation de capteurs à concentration pourrait permettre d'obtenir des températures plus élevées mais ces systèmes, qui ne se situent encore qu'au stade expérimental à l'extérieur du Mali, sont d'une utilisation difficile et d'un coût d'investissement élevé.

Les systèmes actuels permettraient donc un préchauffage; les chauffe-eau solaires devraient donc être conçus dans un système mixte "solaire-énergie conventionnelle ou bois".

Il est probable qu'un tel système ne soit pas économique et donc de peu d'attrait; il faut noter que, d'après l'enquête qui a été effectuée, peu de sociétés ont manifesté leur intérêt pour les chauffe-eau solaires.

Pour ces raisons, le scénario de base pour les chauffe-eau solaires ne prévoit pas d'installations dans le secteur industriel sur la période 1983-1990. Le scénario "volontariste" a cependant pris en compte d'éventuelles actions de l'Etat et a prévu l'installation de 10 chauffe-eau de 500 litres/an.

Pour ce qui est des hôtels, il apparaît peu probable que ces derniers s'équipent en chauffe-eau solaires. En dehors des questions de coûts, les caractéristiques de la demande d'eau chaude (le soir et le matin essentiellement) entraînerait l'installation de superficies importantes de capteurs.

## C - Marché institutionnel

Le marché institutionnel pour les chauffe-eau solaires correspond à la satisfaction des besoins en eau chaude des hôpitaux, maternités, internats, etc... et est donc étroitement lié à la politique gouvernementale dans ce domaine.

Compte tenu des besoins et priorités inscrits au Plan Quinquennal de Développement Economique et Social (1981-1985), on peut raisonnablement penser que l'Etat malien suivra une politique

d'équipement en chauffe-eau solaires, dans ce secteur. Deux scénarios ont néanmoins été développés: soit un scénario de base et un scénario "volontariste".

i) Hôpitaux et maternités

Le parc actuel d'hôpitaux et de maternités, ainsi que les prévisions de la Direction Nationale de la Santé figurant dans le plan décennal d'équipement (horizon 1990), permettent d'estimer que l'on passera d'une capacité actuelle d'environ 1.500 lits à 9.000 lits en 1990.

Selon les informations obtenues de la Direction Nationale de la Santé, l'équipement à l'horizon 1990 en chauffe-eau des hôpitaux de maternités devrait s'arrêter au niveau des hôpitaux de cercles, ce qui en 1990 devrait correspondre à environ 7.100 lits.

En retenant une consommation journalière moyenne d'eau chaude d'environ 5 litres par lit, la capacité installée en 1990 en chauffe-eau solaires serait de l'ordre de 80 chauffe-eau de 500 litres si tous les lits étaient équipés et de 40 chauffe-eau si 50% de ces lits étaient équipés.

Ceci conduit à un rythme moyen d'installations dans les hôpitaux et maternités entre 1985-1990 d'environ 15 chauffe-eau de 500 litres/an dans l'hypothèse "volontariste" et de 8 chauffe-eau/an dans le scénario de base.

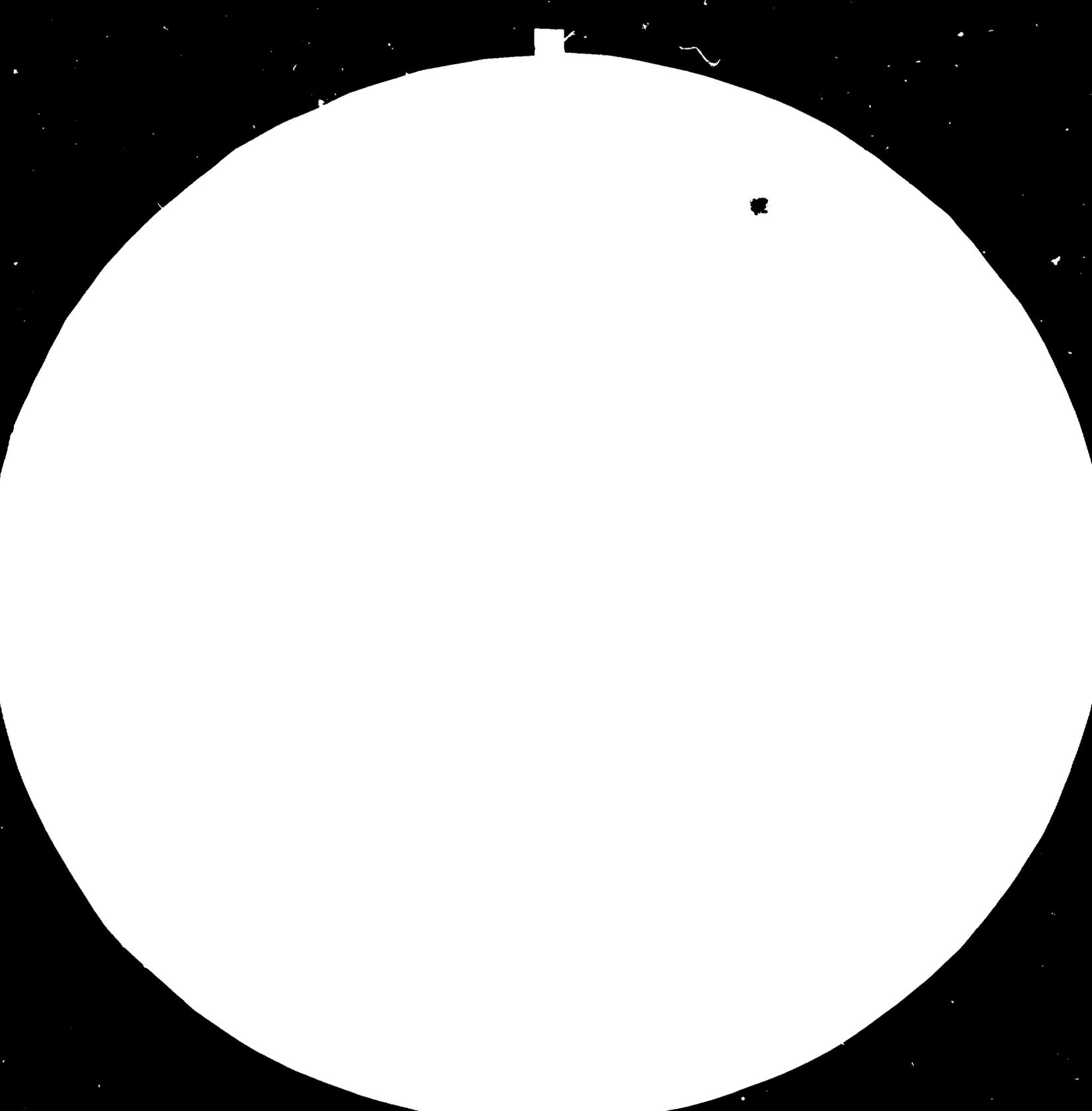
ii) Internats

Le plan d'équipements scolaires fourni par la Direction de la Planification des Equipements Scolaires prévoit l'utilisation d'eau chaude dans les internats seulement, ce qui correspond à un total d'environ 3.500 à 4.000 internes en 1990.

Pour une consommation moyenne par jour et par élève de 5 litres d'eau chaude et si tous les internats bénéficiaient d'eau chaude, la capacité requise en 1990 serait de 45 chauffe-eau solaires et de 20 chauffe-eau si 50% des internats étaient équipés.

Les installations annuelles seraient donc en moyenne de 8 chauffe-eau de 500 litres/an dans un scénario volontariste et de 4 chauffe-eau/an pour le scénario de base.

85.05.14





28



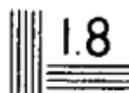
32



36



40



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART  
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-  
1963-A  
STANDARD REFERENCE MATERIAL 2500  
AND U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE: 1963-O-347-080

D - Résumé des prévisions de marché pour les chauffe-eau solaires

Les prévisions d'installation de chauffe-eau solaires (en régime de croisière, disons 1990) sont indiquées dans le tableau suivant:

Scénario	Base		Volontariste	
	200 litres	500 litres	200 litres	500 litres
<u>Segment</u>				
Résidentiel	150	-	200	-
Industriel	-	-	-	10
Institutionnel				
- hôpitaux, maternités	-	8	-	15
- internats	-	4	-	8
Total	150	12	200	33

3.6.4.2 Produit: éolienne

Le potentiel de marché pour les éoliennes de pompage a été estimé en se basant:

- sur les forages déjà réalisés;
- les programmes de forages et les taux de succès observés dans le passé;
- les objectifs d'équipement;
- une répartition des installations entre pompage conventionnel, éolien et photovoltaïque.

A - Marché actuel

Il n'y a actuellement aucune production industrielle d'éoliennes au Mali. Le Père Plasteig dans la région de Ségou a entrepris depuis quelques temps la diffusion d'éoliennes artisanales, à une échelle limitée cependant.

Un petit nombre d'éoliennes ont été installées il y a quelques années dans la région de Gao, mais il apparaît qu'aucune d'entre elles ne fonctionne actuellement; le manque de surveillance et d'entretien est reconnu comme responsable de cette situation.

B - Evaluation du marché

## i) Forages déjà réalisés et à équiper:

Jusqu'en 1981, un total d'environ 1 000 forages avait été réalisé au Mali, pour un taux de réussite d'environ 33%; à cette date, environ 1/3 de ces forages était équipé.

ii) Programme de forage

Le Plan Quinquennal de Développement Economique et Social (1981-1985) a prévu la réalisation de 5 000 forages, soit environ 1 000 forages/an. Pour cette étude de marché, une revue des projets de forages a été effectuée avec la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie.

Le programme de forages de chacun des projets est le suivant:

1.	Projet PNUD/ UNICEF (4 ateliers)	320/ an
2.	Projet Helvetas/ FENUL (1 atelier)	80/ an
3.	Projet Mali Aqua Viva (3 ateliers)	240/ an
4.	Projet Kita/ BIRD (2 ateliers)	160/ an
5.	Projet Kayes - Nioro/ CEAO (2 ou 3 atel.)	160/ an
6.	Projet Karta/ ACDI (1 atelier)	85/ an
7.	Projet Fonds Islamique de Solidarité/ GT Z (2 ateliers)	160/ an
8.	Projet japonais (2 ateliers)	160/ an
9.	Projet Maïi Sud II/ CMDT (2 ateliers)	160/ an
10.	Projet Sahel Occidental	<u>20/ an</u>
	Prévision de forages/ an	1.540/ an

Compte tenu du fait que les projets 4, 5, 7, 9, ne sont pas encore finalisés, une prévision de 1 000 forages/an en moyenne paraît raisonnable. Les données historiques de la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie indiquent qu'environ 30 à 33% de ces forages ont un débit inférieur à 5 m<sup>3</sup>/heure et leur équipement n'est pas justifié.

Sur une base annuelle un total d'environ 660 forages/an pourraient donc être théoriquement équipés.

iii) Objectifs d'équipements

Les objectifs à long terme (pour les fins de l'étude: 1990) de la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie en matière d'équipement de forages sont d'équiper 30% des forages positifs.

L'équipement pourrait être réalisé à partir d'installations conventionnelles de pompage (groupes électrogènes), d'éoliennes ou de systèmes de pompage photovoltaïques. Des pompes manuelles ou à pédales permettant des débits supérieurs à 5m<sup>3</sup>/heure ne sont pas actuellement disponibles au Mali.

Compte tenu des objectifs d'équipement à long terme mentionnés précédemment environ 200 forages pourraient être équipés par an.

iv) Répartition du potentiel d'équipement entre systèmes conventionnels, photovoltaïques et éoliens

Une base économique a été retenue pour la répartition des équipements entre les diverses possibilités.

Les analyses détaillées effectuées en 1982 par Intermediate Technology Power Ltd. révèlent que pour le type d'éolienne retenu dans cette étude (éolienne multi-pales à axe horizontal) les rapports entre la valeur présente des coûts pour les différents systèmes de pompage sont les suivants:

- système solaire/système diesel: 1.00
- système solaire/système éolien: 5.00 - 6.00

En utilisant ces résultats et compte tenu de l'objectif d'équipement à long terme visé par la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie, environ 140 éoliennes de pompage pourraient théoriquement être installées par an.

L'examen du potentiel d'équipement en éoliennes doit cependant prendre en compte le fait que l'énergie éolienne n'est pas distribuée uniformément sur le territoire malien. Les données actuellement disponibles sur les régimes des vents au Mali (annexe 2.3) indiquent qu'au Sud d'une ligne passant par Bamako et Kimparana, la valeur moyenne des vents est égale ou inférieure à 2m/s. L'analyse sur les technologies du vent effectuée par Intermediate Technology Power Ltd. pour le compte des Nations Unies, indique que pour le type d'éolienne qui a été retenu, ces systèmes ne sont plus économiques pour une vitesse de vent inférieure à 2m/s.

Pour ces raisons, le potentiel annuel maximum d'installations d'éoliennes au Mali apparaît être de l'ordre de 100 éoliennes/an.

#### v) Programmes d'installations d'éoliennes

Les programmes d'installations d'éoliennes au Mali doivent prendre en compte les éléments suivants:

- Le potentiel établi à partir des objectifs d'équipements à long terme de la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie. Cet objectif d'équipement est de 30% alors que le taux d'équipement actuel est de l'ordre de 10%.
- La mise en oeuvre d'un tel programme d'équipement devrait se réaliser par étapes en s'assurant que, toutes les activités nécessaires au succès du programme, en particulier que les activités d'entretien et réparations sont en place.
- Des données plus précises sur les régimes de vents au Mali sont nécessaires.

En se basant sur ces considérations, deux programmes d'installations d'éoliennes ont été élaborés:

Le premier programme "volontariste" est basé sur les objectifs de la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie, soit un taux d'équipement de forages de 30% en 1990. Dans un tel scénario, environ 100 installations d'éoliennes pourraient être réalisées par an (en régime de croisière).

Un second programme se fonde sur un taux d'équipement des forages en 1990 de 20%. Ce taux d'équipement correspond à celui retenu dans le Plan Quinquennal de Développement Economique et Social (1981-1985) qui a prévu la création de 5000 puits

et l'équipement de 1,000 d'entre eux. Dans ce scénario les installations annuelles d'éoliennes au Mali seraient d'environ 70/an (en régime de croisière).

#### 3.6.4.3 Produit: Séchoir solaire

Le séchage, le salage et le fumage sont les techniques généralement utilisées au Mali pour préserver les aliments. Au niveau de la cellule familiale, les produits sont, en général, étendus sur les rochers, le sol ou des nattes pour être séchés de façon à ce que le processus de décomposition soit retardé voire stoppé.

Lorsque les activités sont suffisamment importantes, de grands séchoirs fermés peuvent utiliser de l'air chauffé ou de la fumée produite par du bois, des résidus végétaux ou du charbon de bois. Le choix des techniques dépend essentiellement de la disponibilité en combustible, de la valeur ajoutée et des habitudes.

Plusieurs problèmes sont liés au séchage qui peuvent entraîner de sérieuses pertes et occasionner des problèmes de santé. D'abord, durant le processus du séchage le produit peut pourrir réduisant ainsi le volume final disponible. Ensuite les prix sur le marché peuvent également être affectés par cette diminution dans la qualité du produit. En troisième lieu, le produit séché peut être affecté par les insectes et la vermine. Enfin, des pertes peuvent être occasionnées par des animaux, etc., qui dispersent le produit exposé pour séchage.

Au Mali, en dehors des tests en Laboratoire et de quelques expériences effectuées en particulier par le Laboratoire de l'Energie Solaire (LESO), aucune installation de séchage à partir d'équipements solaires ne semble avoir été mise en place à ce jour.

Deux types de produits peuvent être séchés au Mali: le poisson et les fruits et légumes.

La production de poisson, principalement dans la zone de Mopti est de l'ordre de 90.000 t/an dont 40% consommé frais et 60% séchés ou fumés. Le potentiel de marché pour les séchoirs serait de l'ordre de 30.000 t de poisson/an, ce qui correspond au tonnage total séché de façon traditionnelle.

Actuellement, un seul projet de pêche, l'Opération Pêche de Mopti, envisage l'utilisation d'équipements solaires pour le séchage du poisson.

Les données disponibles sur le projet Opération Pêche de Mopti pour la période 1978 à 1980, indiquent une production de poisson séché d'environ 1.900 t/an.

En se basant sur les performances du prototype de séchoir solaire développé par le LESO pour le compte de l'Opération Pêche de Mopti (séchoir en maçonnerie - capacité de séchage d'environ 50 kg/jour) et pour un programme d'équipement en 10 ans, environ 10 à 15 séchoirs/an de ce type pourraient être installés pour assurer un volume de séchage équivalent à celui réalisé par le Projet entre 1978 et 1980.

Un objectif plus réaliste consistant à assurer un séchage solaire d'environ 50% de la production séchée conduit à une évaluation du marché d'environ 5 à 8 séchoirs/an.

En ce qui concerne le séchage des fruits et légumes produits au niveau familial, on ne prévoit pas d'ouverture de marché à court et moyen terme. Etant donné qu'une bonne partie des activités agricoles, se situe au niveau subsistance, le surplus de production qui est commercialisé est négligeable. De plus la possibilité d'un séchage "gratuit" en plein air, le coût d'achat du séchoir solaire et les difficultés d'acceptation du produit par l'utilisateur, devraient préclure le développement du marché pour ces produits. Ces observations s'appliquent également à d'autres pays où l'on observe que la mise en oeuvre de séchoirs solaires ne s'effectue que très lentement.

Au niveau des projets industriels, la revue qui a été effectuée n'a pas fait apparaître de projets où le conditionnement des produits par séchage était prévu.

Un certain nombre d'expériences ont été réalisées par le LESO et la Station de Recherche Agronomique de Bamako. Les produits testés sont principalement les oignons, les piments, poivrons, papayes et mangues.

Bien que les résultats soient encourageants, il ne devrait s'agir dans le futur immédiat que de projets pilotes destinés au marché local. La Station de Recherche Agronomique de Bamako tente actuellement de mobiliser les financements pour ces projets pilotes.

Pour ce qui est des marchés d'exportation, les mangues séchées (les variétés maliennes sont très appréciées) ont un certain potentiel. Il s'agit cependant de projets ambitieux et à long terme se situant en dehors du cadre de cette étude.

#### 3.6.4.4 Produit: Distillateur solaire

Aucun distillateur solaire n'a, à notre connaissance, été vendu au Mali; quelques prototypes ont été fabriqués et testés par le Laboratoire de l'Energie Solaire de Bamako.

L'évaluation du marché malien pour ce genre de produit est extrêmement difficile à effectuer et diverses approches ont été utilisées afin d'arriver à un estimé qui doit être considéré seulement comme un ordre de grandeur.

Les informations qui ont été recueillies et ont constitué les bases de l'estimé sont les suivantes:

- Les grands utilisateurs d'eau distillée au Mali se sont en général équipés en moyens de production d'eau distillée. Certains, telle la nouvelle unité de fabrication de produits pharmaceutiques ont une capacité de distillation bien supérieure à leurs besoins et sont en mesure de fournir probablement tout le marché malien.
- Le volume de ventes en 1982 du principal vendeur d'eau distillée de Bamako (Etaperu) était de l'ordre de 1 800 litres.
- L'utilisation de l'eau distillée dans les batteries est considérée comme un luxe; l'eau de pluie ou des puits est fréquemment substituée à l'eau distillée.
- Selon les statistiques obtenues de l'Office Nationale des Transports, le parc de véhicules lourds et légers en 1983 au Mali peut être estimé à environ 30 000 véhicules.

A partir de ces diverses informations, on a estimé qu'en 1983 le potentiel de marché pour des distillateurs de 1 m<sup>2</sup> de capteur produisant 5 litres d'eau distillée/jour était de 30 à 100 distillateurs.

En assumant une durée de vie moyenne de 10 ans pour ce produit, le marché potentiel des distillateurs solaires se situe entre 3 et 10/an. L'estimation de la capacité de production a été basée sur un marché de 10 distillateurs/an.

#### 3.6.4.5 Produit: Système photovoltaïque

Le premier système solaire photovoltaïque au Mali a été installé en 1977 à Nabasso, dans la région de San. Depuis cette date le nombre de systèmes photovoltaïques installés n'a cessé de s'accroître. Actuellement on compte plus de 60 installations photovoltaïques au Mali correspondant à une puissance totale installée de plus de 70 kw (la liste des installations photovoltaïques est fournie dans l'annexe 3.1).

Ces installations sont généralement utilisées pour l'alimentation en eau de collectivités rurales, l'abreuvement du bétail et pour l'irrigation. D'autres installations (moins nombreuses) fournissent de l'électricité pour l'éclairage d'établissements scolaires, l'alimentation en électricité d'hôpitaux ou de centres de santé.

D'un point de vue technique, ces projets ont donné généralement des résultats satisfaisants. On peut dire cependant que jusqu'ici ils ont eu un caractère pilote en raison essentiellement de leur coût élevé; le coût des pompes solaires installées en 1983 est de l'ordre de 21 000 FM du watt crête, soit entre 30 et 33 millions de FM (1983) pour une installation typique de 1.6 Kw.

La poursuite de ces installations se justifie par l'expérience acquise et la vulgarisation de ces équipements auprès des populations dans la perspective d'un abaissement des coûts. Pour certains sites isolés, ces systèmes sont cependant économiques par rapport à des systèmes conventionnels.

Au niveau des prévisions de demande, le facteur clé affectant le potentiel du marché pour ce type de produit est le pouvoir d'achat ou la capacité de financement au pays et les possibilités de financement externe.

Puisque la capacité de financement du gouvernement malien est limitée, les prévisions pour ces produits ont été établies en tenant compte des programmes et des projets de financement extérieurs.

Pour la période 1983-1985, il est prévu d'installer environ 40 systèmes photovoltaïques correspondant à une puissance installée additionnelle de 80 kw (annexe 3.1).

Les prévisions sur la période 1986-1990 ont été basées sur le taux de réalisation observé dans le passé ainsi que sur les informations obtenues lors de l'enquête réalisée auprès des divers ministères et organismes pouvant être intéressés par les systèmes photovoltaïques.

Sur ces bases, il a été estimé l'addition d'environ 116 installations sur la période 1986-1990 pour une puissance installée additionnelle de 89 Kw. Tel que l'indique l'annexe 3.1, plusieurs installations de petite puissance sont prévues dans les télécommunications et les gares de la Régie des Chemins de Fer du Mali.

#### 3.6.4.6 Produit: Système biogaz

Le marché des systèmes biogaz au Mali est limité pour des raisons techniques, de coûts et de disponibilité en matières premières. Pour le moyen terme, il est probable que seules quelques nouvelles unités pilotes seront installées.

Contrairement à certains pays (Chine et Inde par exemple) ces procédés n'ont pas encore atteint le stade commercial au Mali. Les efforts en cours dans ce domaine se situent au niveau de la recherche.

A ce niveau, plusieurs projets s'intéressent à la production de biogaz par digestion anaérobie d'excréments d'animaux ou de résidus végétaux.

Le Laboratoire de l'Energie Solaire de Bamako a fabriqué une installation expérimentale produisant du biogaz utilisé pour l'éclairage, la cuisson et l'alimentation d'un réfrigérateur à absorption. Le CEEMA a construit à Samanko plusieurs types de digesteurs à partir de matériaux de construction locaux.

La Compagnie Malienne de Développement des Textiles (CMDT) dans son centre de Koutiala a entrepris également la construction d'un digesteur de type chinois. Certaines difficultés techniques ont été rencontrées en particulier au niveau de la réalisation de la voûte en maçonnerie.

L'approvisionnement en combustible de ces systèmes pose le problème de la collecte du volume de matières premières nécessaire au bon fonctionnement du système. Les excréments d'animaux s'ils sont, en principe, relativement importants au Mali, lorsqu'on les estime à partir du cheptel malien, ne sont en fait réellement accessibles que dans les élevages intensifs ou dans certaines grandes exploitations familiales.

Le potentiel énergétique en biogaz à partir des résidus végétaux de cultures (mil, sorgho, maïs, arachide, coton, riz) correspond approximativement à l'équivalent énergétique de 10% de la production.

La valorisation des résidus de la culture de la canne à sucre et du riz devrait être limitée à la région du Delta intérieur du Niger et peut-être aux zones avoisinantes qui pourraient être irriguées.

Il faut aussi noter que dans certaines régions, il y a déjà utilisation de la biomasse (en dehors du bois) sous forme de bouses de vaches séchées et que, dans bon nombre de cas, il y a concurrence entre les utilisations (énergie ou fertilisation des terres par exemple).

Compte tenu du fait que pour les systèmes biogaz, le Mali se situe encore au stade de la recherche et qu'aucune technologie particulière n'a été retenue (type chinois, indien, fûts etc.), aucune évaluation réaliste du marché des brûleurs, lampes, tuyauterie, qui pourraient être fabriqués par le Projet, n'apparaît possible.

Les possibilités de fabrication d'éléments pour ces systèmes ont été cependant prises en compte lors du calcul de la capacité totale de fabrication à mettre en place, au niveau de la rubrique divers.

### 3.6.5 Conclusions: Evaluation de la capacité de fabrication

L'évaluation de la capacité de fabrication requise par le Projet a été basée sur un estimé des poids unitaires des équipements développés par le Laboratoire de l'Energie Solaire de Bamako.

Lorsque ces produits seront examinés pour fabrication industrielle, une analyse de génie des produits devra alors être réalisée ce qui pourra affecter le poids des produits à commercialiser.

Pour l'estimation de la capacité de production requise ces ordres de grandeur apparaissent cependant adéquats.

Les capacités de fabrication correspondant aux deux scénarios développés précédemment résumées ci-dessous:

Produit	Poids Unitaire (kg)	Scénario de Base		Scénario Volontariste	
		Quantité	Poids Total (Tonnes)	Quantité	Poids Total (Tonnes)
Chauffe-eau*	250*	185	46,3	300	75
Eolienne	1000	70	70,0	100	100
Distillateur	100	10	1,0	10	1
Séchoir (partie métallique)	200	5	1,0	10	2
Supports, charpente etc., systèmes photovoltaïques	200	25	5,0	25	5
Divers			10,0		10
			133,3		193
Imprévus (10%)			13,0		19
Total			146,3		212
<u>Total arrondi</u>			<u>150</u>		<u>210</u>

\* Equivalent 200 litres

La croissance des ventes, jusqu'aux niveaux proposés plus haut, devrait dépendre de la capacité du marché à absorber les produits, du rythme auquel les utilisateurs pourraient être formés, du temps requis pour la réalisation satisfaisante des projets pilotes destinés à démontrer les bénéfices de ces installations.

Le tableau 3.3 indique l'évolution de la production durant les cinq premières années d'installation.

### 3.7 Stratégie de mise en marché

Du fait de l'absence générale de sensibilisation des décideurs et des utilisateurs au potentiel des systèmes utilisant les énergies renouvelables, ainsi qu'aux exigences liées à leur fonctionnement et à leur entretien, la stratégie de mise en marché de ces équipements devrait être centrée sur:

- l'éducation des décideurs et des utilisateurs au sujet des capacités et de la rentabilité économique de ces produits.
- l'éducation de l'utilisateur sur les principes de fonctionnement et les besoins d'entretien de ces équipements.
- la mise en place d'un service après-vente et de réparation dans chaque région pour l'ensemble des installations de façon à obtenir le rendement attendu.

À partir de ces propositions, il est recommandé que le marché de chaque produit soit développé de la façon suivante:

- Sélection d'une ou plusieurs zones géographiques "cibles" en vue des installations initiales, préférablement dans les environs de Bamako de façon à faciliter le suivi des installations pilotes;

La sélection de ces zones devrait également tenir compte des exigences du produit.

- Mise en place des installations de service après-vente et initiation d'un programme de formation des utilisateurs potentiels et ceci, avant que les équipements ne soient installés;
- Lorsque les bénéfices des équipements auront été démontrés à partir des installations pilotes, des installations additionnelles pourront être alors réalisées dans les zones "cibles" en s'assurant que les utilisateurs ont été formés et que les infrastructures de service après-vente sont en place.
- La base de service installée dans chaque zone géographique sera responsable:
  - . de la formation sur le terrain des utilisateurs pour ce qui est de l'utilisation et de l'entretien des équipements;

- . des inspections régulières des équipements de façon à s'assurer qu'ils sont maintenus en bonne condition;
- . des dépannages;
- . de l'approvisionnement en pièces détachées.

Une telle stratégie devrait, bien entendu, s'inscrire dans un plan national d'économies d'énergie mis en place par le gouvernement du Mali; un programme de subventions gouvernementales devrait donc être disponible au moment de l'exécution de la stratégie de mise en marché des équipements proposés par le Projet.

TABLEAU 3.1 - Résumé de l'étude comparative des échantillons

Critères	Produits Chauffe- eau	Séchoir	Distil- lateur	Cuisinière solaire	Cuisinière à charbon	Foyer amélioré	Réfrigérateur solaire	Brou- leurs
<u>Le produit</u>								
- expérience satisfaisante - au Mali - autres pays sahéliers	non oui	non oui	non oui	non non	oui oui	oui oui	non non	non oui
- technologie existante au Mali	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non	oui
- années requises pour perfectionnement	1-2	1-2	1	inconnu	1-2	0	inconnu	2
- conception simple	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non	oui
- fonctionnement simple	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
- fiable	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non	oui
- besoin d'entretien (rarement, régulièrement, souvent)	rarement	rarement	réguli- èrement	rarement	rarement	rarement	souvent	ré- gulièrement
- réparations faciles	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non	oui
<u>Fabrication</u>								
- possible au Mali (%)	100	100	100	100	100	100	0	100
- technologie existante au Mali	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non	oui
- type Métallique/Non-Métallique/ Electrique/Special.	M	M + N-M	M	M + N-M	M	N-M	S	M
<u>Matières premières</u>								
- indigènes	non	oui	non	non	non	oui	non	oui
- importées standard/spécial.	standard	standard	standard	standard	standard	non	spécial.	spécial.
- composants principaux	tôle, tuyaux	charpen- tes	tôle	tôle ou PRF	tôle	céramique	divers	1 tôle
<u>Durée du vie - ans (estimée)</u>	10-15	15	10-15	5-10	5-10	5-10	inconnu	
<u>Coût initial du système (faible, moyen cher)</u>	moyen	cher	faible	moyen	moyen	moyen	cher	
<u>Acceptabilité par utilisateurs (bonne, moyenne, mauvaise)</u>	moyenne	moyenne	bonne	mauvaise	moyenne	bonne	-	
<u>Réduction des importations</u>	oui	non	oui	non	non	non	non	
<u>Bénéfice principal</u>	économie d'énergie + santé	qualité du produit	économie d'éner- gie	économie de bois	économie de bois	économie de bois	économie d'énergie + santé	économie d'énergie + santé
<u>Conclusion</u>								
- fabrication immédiate	X	X	X		X			
- fabrication future (hors horizon étude)				X				
- fabrication par autres						X		
- importation								
- rejeté (hors horizon étude)							X	

## SECTION 1

	Bio-gaz, brû- leurs, etc.	Eolienne multi-pale	Eolienne Savonius	Aéro- Générateur	Helio- stat	Brique- te combustible	Pompes P.	Gén. électrique PV	Réfrigé- rateur PV	Système thermo- dynamique	Charpen- te, chaudronnerie, tuyauterie
	non oui	non oui	non oui	non oui	non non	non non	oui oui	oui oui	non oui	non non	
	oui	oui	oui	non	non	non	oui	oui	non	oui	
	2-5	2	2-5	2-5	inconnu	inconnu	0	2	5	inconnu	
	oui	oui	oui	oui	non	oui	non	non	non	non	
	oui	oui	oui	oui	non	oui	oui	oui	oui	non	
	oui	oui	oui	oui	-	-	oui	oui	oui	non	
	régulière- ment	régulière- ment	régulière- ment	régulière- ment	-	-	rarement	rarement	rarement	souvent	
	oui	oui	oui	non	non	-	non	non	non	non	
	100	100	100	10	0	-	15	15	15	25	100
	oui	oui	oui	non	non	non	oui/non	non	non	oui	oui
	M + N-M	M	M	M+S	S	S	M+E+S	M+E+S	M+S	M+S	M
	oui	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non
	standard	standard	standard	spécial.	spécial.	spécial.	stand/ spéc	spécial.	spécial.	spécial.	standard
	tuyaux, tôle, béton	tôle, tuyaux	tôle	divers	divers	divers	divers	divers	divers	divers	tôle, tuyaux
	10-15	10-15	10-15	10-15	-	-	15	10-15	10-15	inconnu	
	moyen	faible	faible	moyen	cher	-	cher	cher	cher	cher	
	moyenne	bonne	bonne	bonne	-	mauvaise	bonne	bonne	bonne		
	non	non	non	non	non	non	non	non	oui	non	oui
	économie d'énergie	économie d'énergie + eau	économie d'énergie + eau	électri- cité	électri- cité	économie de bois	économie d'éner- gie + eau	électri- cité	économie d'énergie + santé	économie d'énergie	réduction d'importa- tions
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	X			X	X	X	X	X	X	X	
					X	X				X	

SECTION 2

Générateur	Héliostat	Briquelette combustible	Pompes P.	Gén. électrique PV	Réfrigérateur PV	Système thermodynamique	Charpent., chaudronnerie, tuyauterie	Préparation calorifuge	Verre Trempé	Film de Silicone	Pompe Centrifuge
non oui non 2-5 oui oui oui généralité non	non non non inconnu non non -	non non non inconnu oui oui -	oui oui oui 0 non oui oui rarement non	oui oui oui 2 non oui oui rarement non	non oui non 5 non oui oui rarement non	non non oui inconnu non non non souvent non					
10 non M+S	0 non S	- non S	15 oui/non M+E+S	15 non M+E+S	15 non M+S	25 oui M+S	100 oui M	non non S	0 non 5	0 non 5	10 non M
non spécial. divers	non spécial. divers	non spécial. divers	non stand/ spéc divers	non spécial. divers	non spécial. divers	non spécial. divers	non standard tôle, tuyaux	non spécial. plastique	non spécial. minéraux	non spécial. plastique	non spécial. fonte
10-15 moyen	- cher	- -	15 cher	10-15 cher	10-15 cher	inconnu cher					
bonne	-	mauvaise	bonne	bonne	bonne						
non électricité	non électricité	non économie de bois	non économie d'énergie eau	non électricité	oui économie d'énergie + santé	non économie d'énergie	oui réduction d'importations	oui réduction d'importations	oui réduction importa.	oui réduction importa.	oui réduction d'importa- tion
X			X X	X X	X		X	X			X
X	X	X	X	X	X	X			X	X importation	X

TABLEAU 3.2

ANALYSE DES MATIERES PREMIERES ET PROCEDES DE FABRICATION

PRODUITS DU GROUPE I	MATIERES PREMIERES						PROCEDES DE FABRICATION		
	Tôle	Tuyau	Verre	Cornière	Fer Plat	Charpen- terie	Chaudron- nerie	Tuyauterie	Usinage
Chauffe-eau	X	X	X			X	X	X	
Distillateur	X		X			X	X		
Séchoir	X			X	X	X	X		
Eolienne	X	X		X	X	X		X	X
Poêle à charbon	X				X	X	X		
Brûleurs, biogaz, etc.	X	X				X	X	X	
Fabrications diverses	X	X		X	X	X	X	X	X

TABLEAU 3.3

Produit	Evolution de la Production annuelle									
	Année									
	#3		#4		#5		#6		#7	
	Quantité	Poids Total	Quantité	Poids Total	Quantité	Poids Total	Quantité	Poids Total	Quantité	Poids Total
Chauffe-eau	20	5	40	10	80	20	160	40	185	46,3
Eolienne	10	10	20	20	40	40	70	70	70	70
Distillateur	1	0,1	2	0,2	4	0,4	8	0,8	10	1
Séchoir	1	0,2	1	0,2	2	0,4	4	0,8	5	1
Supports, charpente, etc.	10	2	25	5	25	5	25	5	25	5
Divers		2		4		8		10		10
Inprévus		1,7		3,6		7,2		12,4		16,7
		21		43		81		139		150

Note: les années 1 et 2  
correspondent à la mise  
en oeuvre du Projet

---

# Matériaux et Facteurs de production



#### 4 MATERIAUX ET FACTEURS DE PRODUCTION

Les produits, dont la fabrication a été retenue, utilisent tous des matériaux produits au Mali ou importés régulièrement et disponibles facilement chez des grossistes établis au Mali.

Quelques changements mineurs dans les matériaux à utiliser pourront se produire lorsque les études de conception détaillée seront entreprises de façon à réduire les coûts de production, faciliter l'entretien des produits et accroître leur durée de vie.

Ces études de détail ne devraient cependant pas introduire de matériaux très spécialisés et devraient plutôt au contraire réduire les besoins en matériaux.

Les quantités et la nature des matériaux requis pour le développement de production en régime de croisière (voir section 3.6.5) sont indiqués dans le tableau 4.1 qui suit.

Les matériaux requis et les procédés de fabrication sont aussi discutés dans le chapitre 3 (paragraphe 3.6.5), dans les tableaux 3.2 et 3.3 ainsi que dans le chapitre 6 (paragrapes 6.3 et 6.4) et le tableau 6.1.

Tel que le montre le tableau 4.1, les quantités requises de chaque matériau sont relativement faibles, reflétant l'étroitesse du marché.

Ceci est particulièrement évident pour la catégorie "Quincaillerie" qui inclut les boulons, écrous, vis, roulements, etc. et la catégorie "Divers" qui inclut les plastiques, peintures, joints d'étanchéité, etc.

Tel qu'indiqué précédemment, tous ces matériaux sont disponibles au Mali et en stocks chez les principaux importateurs de Bamako, y compris les matériaux spécialisés tels que les films de silicone plastique.

Lors des études d'optimisation de la conception de produits, il est possible que certains des matériaux spécialisés puissent être remplacés par des matériaux standards.

Le coût des matériaux de fabrication en régime de production de croisière, est estimé être de l'ordre de US 208 000\$/an (151 000 000 FM/an).

TABLEAU 4.1

ANALYSE DES MATÉRIAUX DE PRODUCTIONCONSUMATION PAR AN (Tonnes)

Produit	Poids Total	Tôle Noire	Tôle galvanisée	Raccords de tuyau	Tuyau Noir	Tuyau galvanisé	Fer Plat	Cornière etc.	Vitre	Quincaillerie	Divers
Chauffe-eau	46	14	4	10		10			3	3	2
Eolienne	70		6		50	3	4	5		2	
Distillateur	1		0,4			0,1			0,2	0,2	0,1
Séchoir (Partie métallique)	1		0,5					0,5			
Supports, charpente etc.	5		1			0,5	1	2		0,5	
Divers	27	5	8	0,5	3	2	2,5	2,5		1	0,5
Total	150	19	19,9	10	53	15,6	7,5	10	3,2	3,2	2,6

---

# Localisation et emplacement

## 5 LOCALISATION ET EMLACEMENT

Un terrain d'environ 1 hectare situé dans la Zone Industrielle de Bamako a été mis à la disposition du Projet par le gouvernement malien (décret no. 16 Pg.RM du 12 janvier 1979). Ce terrain pourrait donc être utilisé si la décision de construire des bureaux, atelier, base centrale de service, était retenue.

La localisation de ce terrain est indiquée sur la figure 5.1 tirée du livre foncier de Bamako (dessin #5948 du Livre foncier de Bamako). Ce terrain se trouve à proximité du site des nouvelles installations du Laboratoire de l'Énergie Solaire, dans la Zone Industrielle.

Il occupe une superficie d'environ 12 000 m<sup>2</sup> et a une valeur marchande d'environ US 50 000\$ (36 200 000 FM) sur la base de 300 FM/m<sup>2</sup>.

Tous les terrains de la Zone Industrielle de Bamako sont équipés des services publics de base (eau, électricité). Cet emplacement est suffisant pour recevoir les bâtiments nécessaires au Projet, ainsi que pour le stockage extérieur des matériaux pour la réception, et l'expédition des produits, etc.

Les surfaces requises pour les constructions sont les suivantes:

Atelier	: 500 m <sup>2</sup>
Bureaux	: 300 m <sup>2</sup>
Base de Service	: 400 m <sup>2</sup>

Cependant tel que discuté dans le chapitre 6 il apparaît préférable, au moins dans une première étape, de ne pas effectuer de nouveaux investissements dans la construction de bureaux, atelier et base centrale de service.

En effet dans la région de Bamako, les capacités de fabrication actuellement sous-utilisées ou inutilisées sont plus que suffisantes pour satisfaire aux besoins du Projet en fabrication et ceci tant pendant la période de démarrage du Projet que durant les premières années de son fonctionnement.

Les sous-traitants potentiels (qui ont été contactés lors de la mission au Mali) sont les suivants:

#### Métal Soudan-Bamako

Cette entreprise dispose d'un atelier bien équipé pour la fabrication de tous les produits du Groupe I.

L'atelier travaille actuellement l'acier et l'aluminium et fabrique des charpentes, de la chaudronnerie et de la tuyauterie.

La capacité excédentaire disponible est très supérieure aux besoins du Projet.

#### Betram-Bamako

Cette compagnie a tous les équipements nécessaires à la fabrication de matériel solaire, au moins dans les premières années du Projet. De plus, ces équipements sont actuellement inutilisés.

Pour un volume important de fabrication, une plieuse et une cisaille avec moteurs devront être achetés.

D'autre part, la BETRAM dispose actuellement d'espace inutilisé qui pourrait accueillir l'entrepôt, les bureaux et la base centrale de service.

#### Socoram-Bamako

Cette compagnie pourrait effectuer, lorsque nécessaire, l'assemblage des appareils électriques et des panneaux de contrôle.

#### Atelier central des chemins de fer Korofina-Bamako

Ces ateliers ont la capacité technique de fabriquer les matériels solaires du Groupe I. Ils ne sont cependant pas familiers avec ce genre de travail.

D'autre part, il apparaît que les nouveaux ateliers du LESO auront une capacité de fabrication tout à fait suffisante au moins pour la fabrication des prototypes de chacun des produits.

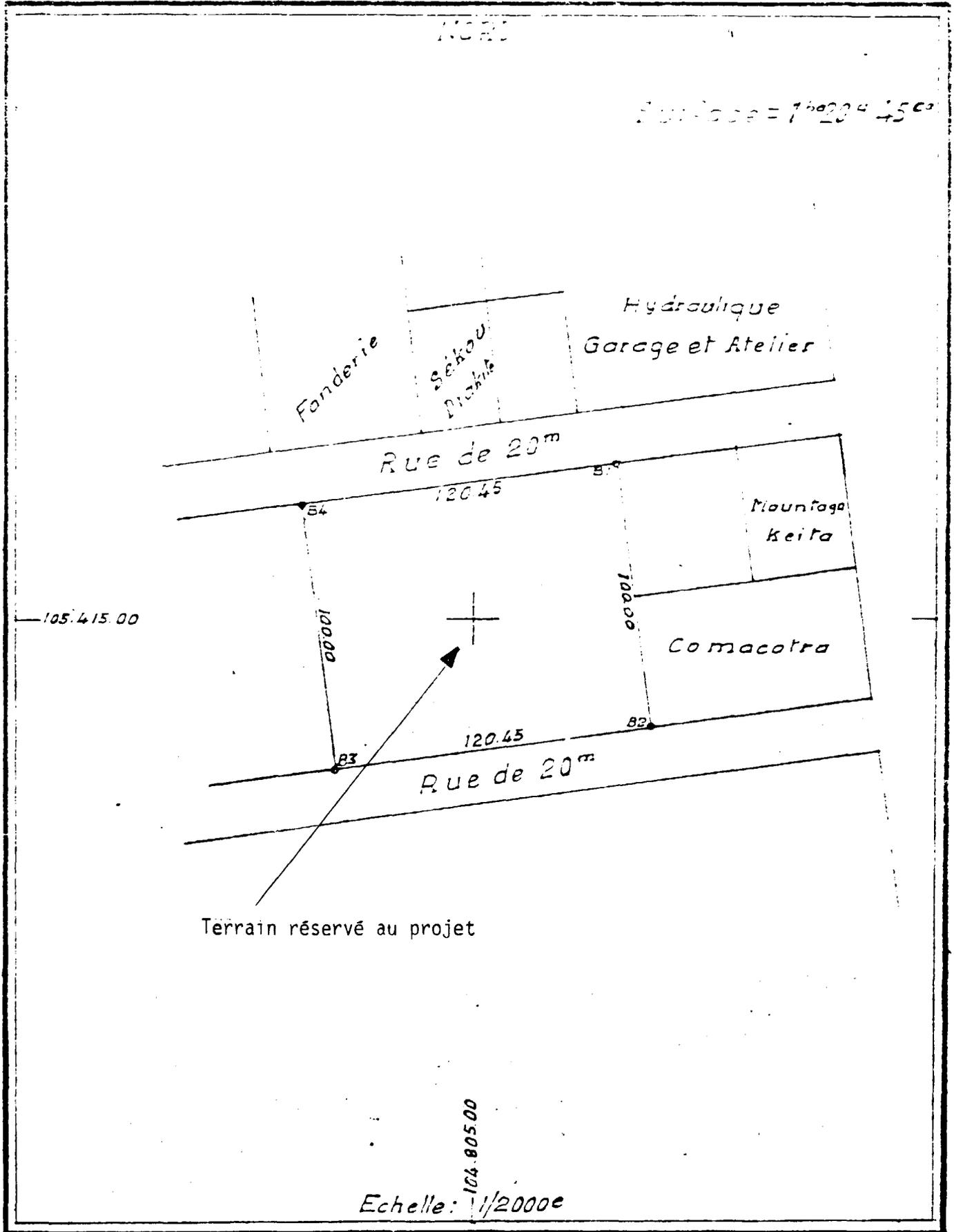
De plus, toujours dans la région de Bamako, il y a suffisamment d'espace d'entreposage disponible et ceci à proximité de sous-traitants potentiels.

Il est possible également que des capacités et des espaces inutilisés (quoique probablement de taille inférieure) soient disponibles dans d'autres régions du Mali.

On peut donc conclure que la disponibilité en terrain pour le  
Projet n'est pas une contrainte, que les emplacements disponibles,  
l'existence de sous-traitants et de capacité de fabrication sont tout  
à fait adéquats.

Plan de situation  
des MTP  
C N P C T

de Bamako  
Morcellement du 75000





## 6 ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET

### 6.1 Généralités

Le chapitre 3 a procédé à l'évaluation des produits afin de sélectionner ceux dont la fabrication pourrait être réalisée par le Projet. Ce chapitre a également procédé à l'évaluation du potentiel de marché pour chacun de ces produits.

De cette analyse, il ressort que le volume potentiel de production (en charpenterie, tuyauterie, chaudronnerie, etc..) et donc la capacité de production nécessaire sera probablement relativement petite, de l'ordre de 150 à 200 t/an.

Il s'agit d'un volume de fabrication pouvant être facilement réalisé par des industries déjà implantées au Mali, à Bamako en particulier, et disposant d'un surplus de capacité de production (voir chapitre 5).

En dehors des ateliers de fabrication, le Projet requiert un entrepôt servant également de magasin de pièces de rechange, une base centrale de service et des bureaux.

L'accès à un atelier de travail du métal est également nécessaire.

Des installations de ce type quoique plus petites pourraient également être requises pour les centres régionaux. Le Projet proposé dans ce rapport a prévu l'installation et l'équipement d'une base régionale de service.

### 6.2 Produits Retenus

Une grande gamme de produits et matériaux est considérée pour ce Projet. Ils ont été présentés et évalués rapidement dans la section 3.2 et en détail dans l'annexe 6.1

Les produits retenus pour cette étude sont ceux considérés mûrs pour une production commerciale ou ceux ayant atteint un niveau de développement tel, qu'il est raisonnable de conclure qu'ils seront commercialement prêts dans les deux années à venir.

Les produits sélectionnés sont les suivants:

- chauffe-eau
- éolienne
- séchoir

- distillateur
- poêle à charbon de bois
- brûleurs, lampes, etc. - pour systèmes biogaz
- fabrication des charpentes, supports, tuyauterie, etc., pour les autres produits, tels les systèmes photo-voltaïques.

Les critères d'évaluation des produits ont été élaborés dans la section 3.3 et le tableau 3.1 résume les résultats de l'évaluation de chaque produit.

### 6.3 Matériaux Requis

Les produits retenus pour fabrication requièrent tous des matières premières que l'on peut facilement obtenir à Bamako auprès des grossistes.

En général, le Mali ne produit aucune de ces matières premières. Compte tenu des quantités relativement faibles qui sont consommées au Mali, aucune production au Mali de ces matières premières ne peut être raisonnablement envisagée pour le futur.

Toutes ces matières premières doivent donc être importées.

Les principaux matériaux utilisés, tous de qualité commerciale, sont:

<u>TYPE</u>	<u>DIMENSIONS TYPIQUES</u>
Tuyau noir	15/ 21 + 26/ 24
Tuyau galvanisé	15/ 21 + 26/ 24
Tôle noire	8/ 10, 10/ 10, à 10 mm épaisseur
Tôle galvanisée	8/ 10, 10/ 10
Fer plat	10 mm épais, 20 à 60 mm largeur
Cornière	30 x 30 x 4, 40 x 40 x 4
Vitre	1m x 1m x 3mm
Quincaillerie (boulons, écrous, vis, etc.)	
Isolation, silicone plastique, etc.	

### 6.4 Procédés de fabrication

Les produits retenus pour fabrication par le Projet requièrent tous les mêmes procédés de fabrication et utilisent tous les mêmes types de matériaux.

Les procédés de fabrication requis sont ceux utilisés normalement dans un atelier de fabrication métallique et incluent du pliage, du cisaillement, de la soudure, de l'usinage et du montage.

Les principales opérations nécessaires à la fabrication de chaque produit sont données dans le tableau 6.1.

On notera dans ce tableau qu'il n'y a aucun procédé ou technique particulier; les qualifications du personnel et l'équipement requis sont utilisables pour une gamme très vaste de produits métalliques.

#### 6.5 Installations et équipement de fabrication

Les principaux facteurs affectant le choix des installations et de l'équipement de fabrication sont liés:

- Au volume limité de production; de l'ordre de 150 à 200 tonnes/an pour l'ensemble des produits en régime de croisière et moindre dans les premières années de démarrage.
- À l'existence, à Bamako et dans les environs, de plusieurs installations de fabrication sous-utilisées voire inutilisées; ces installations conviendraient au Projet.

En ce qui concerne l'organisation générale du Projet et en particulier l'organisation de la fabrication, plusieurs options furent présentées dans le Rapport d'Étape.

Les trois principales options discutées alors étaient les suivantes:

1. Construction d'un nouvel atelier, de bureaux et d'une base centrale de service sur le terrain réservé dans la zone industrielle de Bamako (voir chapitre 5).
2. Sous-traitance de la fabrication à un atelier de fabrication métallique de Bamako (ou des environs) ou au Laboratoire de l'Énergie Solaire.
3. Achat ou location à long terme d'une installation de fabrication actuellement inutilisée dans la région de Bamako.

Ces trois options sont à nouveau discutées en détail dans les paragraphes qui suivent de façon à étayer les recommandations proposées pour les opérations de fabrication.

#### 6.5.1 OPTION 1 - Construction d'un nouvel atelier, bureaux et base de service

Pour l'étude de cette option le volume relativement limité de la production a conduit à considérer deux alternatives pour l'atelier de fabrication.

Dans la première alternative, qui n'est pas celle recommandée dans cette étude, une installation minimum pourraient être prévue équipée de machines manuelles d'une capacité nominale de 250 tonnes/an. L'investissement requis pour un tel atelier est estimé être de l'ordre de US 325 000\$ (236 000 000 FM). Les dépenses d'investissement sont estimées hors-taxes en assumant que le Projet bénéficiera du Régime A du Code des Investissements (voir Chapitre 10). Un tel atelier, disons de type "artisanal" ajouterait peu au développement industriel du Mali; la capacité de production ne pourrait pas cependant être augmentée sans des investissements additionnels majeurs.

Dans la seconde alternative considérée, un atelier de fabrication métallique générale serait prévu et équipé de machines électriques aux capacités modestes. Pour l'analyse de l'option de fabrication 1 cette alternative est recommandée. La liste des principaux équipements pour un tel atelier est donnée dans le tableau 6.2.

La superficie nécessaire pour un tel atelier serait d'approximativement 500m<sup>2</sup> répartie comme suit:

- usinage	:	80 m <sup>2</sup>
- chaudronnerie	:	120 m <sup>2</sup>
- assemblage	:	200 m <sup>2</sup>
- bureaux et magasins	:	100 m <sup>2</sup>
		<u>500 m<sup>2</sup></u>

Les dépenses nécessaires à l'aménagement du site sont estimées être de US 292 000\$ (211 500 000 FM).

Le montant de l'investissement requis pour l'atelier proprement dit est estimé être de US 1 100 000\$ (797 500 000 FM) détaillé comme suit:

	<u>US\$</u> <u>000's</u>	<u>FM</u> <u>000's</u>
- Bâtiments	145	105 000
- Équipement	761	552 000
- Transformateurs	97	70 000
- Imprévus (10%)	<u>97</u>	<u>70 500</u>
TOTAL	1100	797 500

La capacité nominale de l'atelier serait d'environ 1000 tonnes/an pouvant être augmentée à 3000 tonnes/an si nécessaire, à un coût relativement faible pour les nouveaux équipements et l'espace de travail.

Le principal avantage d'une telle alternative est que toutes les activités seraient rassemblées en un même lieu géographique près des nouveaux locaux du Laboratoire de l'Énergie Solaire, dans la zone industrielle de Bamako, facilitant ainsi le fonctionnement, la coordination et le contrôle de l'ensemble des activités du Projet.

Les désavantages de cette alternative tiennent essentiellement:

- au montant des investissements qui devraient être effectués;
- à l'addition d'une capacité additionnelle de fabrication (alors qu'il y a actuellement relativement beaucoup de capacité de fabrication inutilisée);
- aux délais nécessaires à la préparation des plans, des appels d'offres et à la construction proprement dite. Ces délais sont évalués à environ deux ans (voir annexe 9.1);
- à la sous-utilisation des installations, en particulier durant les premières années du Projet.

#### 6.5.2 Option 2 - Sous traitance de la fabrication

D'après les investigations effectuées par l'équipe de travail, il existe dans la région de Bamako suffisamment de capacité de fabrication excédentaire dans des entreprises publiques ou privées. Ce surplus de capacité apparaît plus que suffisant pour satisfaire aux besoins du Projet dans un avenir proche.

Les nouveaux ateliers du Laboratoire de l'Energie Solaire de Bamako (LESO) auront également une capacité de fabrication bien supérieure à celle requise par les travaux de recherche-développement qui sont la responsabilité du LESO. La capacité de ces ateliers serait suffisante pour satisfaire les besoins en fabrication du Projet, au moins durant la phase initiale.

Les principaux avantages de cette option sont les suivants:

- démarrage rapide;
- investissement initial minimisé;
- flexibilité maximum vis-à-vis l'évolution du marché et des produits et donc des besoins de fabrication; tel qu'indiqué dans l'étude de marché une grande incertitude existe en ce qui concerne le rythme d'évolution du marché des produits retenus.

Les principaux désavantages de cette option sont liés à la réduction du degré de contrôle sur la fabrication ainsi qu'aux risques normaux de sous-traitance.

#### 6.5.3 Option 3 - Location ou achat d'installations actuellement inutilisées

Selon les enquêtes menées dans le cadre de cette étude, il existe dans la région urbaine de Bamako, au moins une unité actuellement partiellement inutilisée et en bonne condition (La Betram qui est unité relevant du Ministère des Transports). Cette unité offre suffisamment d'espace et de capacité d'entreposage; elle dispose également de la plupart des équipements et de la capacité de fabrication nécessaires aux activités de fabrication prévues pour le Projet.

Cette option semble devoir mériter une attention particulière puisqu'elle combine les avantages des deux options mentionnées précédemment tout en ne possédant pas certains des inconvénients.

#### 6.5.4 Recommandations - Fabrication

En considérant que le volume de fabrication requis par le Projet est relativement faible, en particulier durant la phase des installations "pilotes", il est recommandé de sous-traiter la fabrication. Dans la mesure du possible, les prototypes devraient être fabriqués dans les nouveaux ateliers du LESO de façon à tirer les bénéfices maximum de l'expérience du personnel du LESO qui a déjà participé à la fabrication de différents prototypes de produits utilisant les énergies renouvelables (chauffe-eau, distillateurs, séchoirs, éoliennes, installations de systèmes photovoltaïques).

Quant à la possibilité de sous-traiter toute la fabrication au LESO, cette décision devrait être prise en tenant compte de la disponibilité du personnel du LESO, et des comparaisons de coût et de qualité entre le LESO et d'autres sous-traitants.

La décision concernant l'achat ou la construction d'une nouvelle unité de fabrication locale, spécialisée dans des équipements utilisant les énergies renouvelables, devrait être remise à plus tard avec cependant des réévaluations périodiques en fonction:

- de la mise en oeuvre du programme national "énergies renouvelables" recommandée précédemment;
- du développement du marché des produits utilisant les énergies renouvelables;
- de l'évolution des technologies dans ce domaine.

Acquisition du matériel de fabrication ayant servi lors de la construction de la centrale de Diré

Lors de la construction de la centrale solaire thermodynamique de Diré (au nord du Mali) en novembre 1979, un certain nombre d'équipements de fabrication furent transportés et installés sur le site à Diré.

Certains d'entre eux auraient pu être d'intérêt pour le Projet et leur acquisition souhaitable.

L'enquête effectuée à ce sujet indique que deux types d'équipements auraient pu intéresser le Projet:

1) Sertisseuse

Cette sertisseuse est utilisée pour placer de l'aluminium ou du cuivre sur des tuyaux en acier.

Dans le cas de Diré, il s'agissait de tuyaux de 10 mm de diamètre extérieur utilisés pour les capteurs plans.

Cette dimension n'est pas utilisée dans les produits qui ont été retenus pour être fabriqués au Mali.

De plus, ce matériel ne se trouverait plus au Mali.

2) Matériel de préparation de l'isolant

Ce matériel n'a jamais fonctionné correctement à Diré et ne se trouverait plus au Mali.

6.6 BASES DE SERVICE ET DE FORMATION

Pour assurer le développement du marché des produits utilisant les énergies renouvelables, il est essentiel qu'une base centrale et des bases régionales de service et de formation ainsi qu'un entrepôt pour les pièces de rechange soient mis sur pied le plus rapidement possible.

C'est dans le centre de Bamako que les manuels d'installation, d'entretien et de réparation ainsi que les techniques de formation seront préparés et testés; les animateurs et les équipes de service seront également formés dans ce centre.

Dans certains cas, les personnes responsables de l'utilisation de certains produits devront suivre des cours de formation avant que les produits ne soient installés.

6.6.1 Base centrale de service et de formation de Bamako

Pour cette base centrale de service et d'entretien située à Bamako, environ 400 m<sup>2</sup> sont nécessaires. Cette base inclura des bureaux pour la direction et le personnel de secrétariat, un espace d'atelier permettant l'exécution de travaux de réparations mineures, un magasin de pièces détachées, une salle de classe et une salle pour le personnel de service affecté à cette base.

L'équipement requis pour cette base centrale, est le suivant:

- étagères, etc. pour le magasin
- grue manuelle mobile - IT  
établi avec étau
- tour 500 EP, 150 HP
- perceuse à colonne (12 mm diamètre)
- cisaille à main
- poste oxy de coupage

De plus, un camion de service équipé pour réaliser les installations et réparations mineures sur le terrain est nécessaire.

Des camions de service additionnels seront requis lorsque le nombre d'équipes de service augmentera.

Le montant d'investissement estimé pour cette base centrale de service (excluant les coûts du terrain et des véhicules de service) est indiqué ci-dessous:

<u>Base centrale de service</u>	<u>\$US</u> <u>000's</u>	<u>FM</u> <u>000's</u>
Bâtiment	124	90 000
Équipements	<u>52</u>	<u>38 000</u>
TOTAL	176	128 000

Cette base de service de Bamako pourrait être construite sur le terrain assigné au Projet dans la zone industrielle de Bamako; tel que mentionné précédemment (chapitre 5) il y a suffisamment d'espace sur ce terrain à la fois, pour les ateliers, les bureaux et la base de service.

Cependant, tel qu'indiqué dans le chapitre 6, il y a suffisamment d'espace inutilisé et disponible dans des ateliers modernes et des entrepôts existants de la région de Bamako. De plus, la location d'espace inutilisé à Bamako (plutôt que la construction) permettrait un démarrage accéléré du Projet.

Pour les raisons développées plus haut, il est donc recommandé de louer ou d'acheter un bâtiment existant dans la région de Bamako.

#### 6.6.2 Bases régionales de service et de formation

Une base de service devrait exister dans chaque région où de l'équipement est installé. La taille et le rôle de chaque base dépendra du type et du nombre d'installations qui auront été effectuées.

Les investissements nécessaires ne peuvent donc être raisonnablement estimés à ce niveau de l'étude. Cependant, dans le budget d'investissement du Projet une base régionale a été prévue.

La plupart de ces bases régionales de service et de formation nécessitent un type d'équipement similaire à celui de la base centrale de service de Bamako. Le montant des investissements (en bâtiments et équipements) pour ces bases régionales est donc estimé à US 176 000 (128 000 000 FM).

6.7 Besoins en espace de bureaux

Les besoins en espace de bureau pour les installations de Bamako sont approximativement les suivants:

Direction Générale et Secrétariat	40 m <sup>2</sup>
Section commerciale	40 m <sup>2</sup>
Section administrative	40 m <sup>2</sup>
Section technique	60 m <sup>2</sup>
Section opération	60 m <sup>2</sup>
Salle de conférence	20 m <sup>2</sup>
Divers	40 m <sup>2</sup>
TOTAL	300 m <sup>2</sup>

Le coût du bâtiment abritant les bureaux est estimé être de US 101 000\$ (73 250 000 FM).

Le coût du mobilier et de l'équipement de bureaux est estimé être, quant à lui, de US 28 000\$ (20 000 000 FM).

Les dépenses d'investissement nécessaires à la construction des bâtiments à usage de bureaux, à l'acquisition du mobilier et de l'équipement sont donc de l'ordre de US 129 000\$ (93 250 000 FM).

6.8 BESOINS EN VEHICULES

Les véhicules nécessaires au Projet sont les suivants:

6.8.1 Direction générale et base centrale de service

- . 1 véhicule pour la Direction Générale
- . 1 véhicule pour la section commerciale
- . 1 véhicule pour la section service après-vente
- . 1 véhicule de service (4 roues motrices) équipé d'outils, bancs de travail, armoires à pièces, etc.
- . 1 camion léger pour le transport des produits vers les bases régionales de service et les sites d'installation

Les coûts estimatifs de ces véhicules sont:

	<u>US\$</u> <u>000's</u>	<u>FM</u> <u>000's</u>
Autos (3)	48	35 000
Camion léger (1)	28	20 000
Véhicule de service (1)	69	50 000
TOTAL	145	105 000

6.8.2 Base régionale de service et équipes de service

<u>Base régionale de service</u>	<u>US\$</u> <u>000's</u>	<u>FM</u> <u>000's</u>
Camion léger (1)	28	20 000
Véhicule de service (1)	69	50 000
	97	80 000
<u>Equipe de service</u>		
Véhicule de service (1)	69	50 000

6.9 CONCLUSIONS

Les facteurs principaux affectant la stratégie recommandée pour les aspects de fabrication du Projet sont:

- Le volume de production limitée, en particulier durant les premières années du Projet;
- La nécessité de réaliser, le plus rapidement possible, un certain nombre d'installations "pilotes" supervisées par du personnel d'entretien et de réparation très qualifié.

6.9.1 Recommandations

## a) Fabrication

La fabrication des produits retenus dans cette étude devrait être sous-traitée. Au moins durant la période de démarrage, il serait avantageux de sous-traiter la fabrication au LESO afin que le Projet puisse bénéficier de l'expérience et de la capacité de LESO à produire des prototypes en volume limité.

Cette recommandation laisse donc beaucoup de flexibilité au projet dans un contexte de forte incertitude quant au marché. Elle devrait cependant être revue périodiquement au fur et à mesure que le marché se développe.

## b) Bureaux, entrepôt et base centrale de service

Les bureaux et la base centrale de service devraient être localisés dans des espaces modernes industriels et

d'entreposage actuellement inutilisés; ces espaces pourraient être achetés et ajustés aux besoins du Projet à un coût qui serait inférieur aux coûts de constructions neuves.

c) Terrain

La réservation du terrain de la zone industrielle devrait être maintenue au bénéfice du Projet; ce terrain pourrait recevoir des constructions futures lorsque la taille du marché pourra les justifier.

6.9.2 Dépenses d'investissement

OPTION 2 - OPTION RECOMMANDEE  
Sous-traitance de la fabrication

Les dépenses d'investissement correspondant à l'option recommandée sont de US 1 725 000\$ (incluant 864 000\$ d'assistance technique, 93 000\$ de fonds de roulement et 157 000\$ de dépenses de premier établissement). Elles sont détaillées ci-dessous:

	<u>US\$ 000's*</u>	<u>FM 000's</u>	<u>Section de référence</u>
Terrain **	0	0	
Préparation et aménagement	0	0	
Bâtiments - Bureaux	101	73 225	6.7
- Base centrale de service	124	89 900	6.6.11
- Base régionale de service	<u>124</u>	<u>89 900</u>	6.6.2
- Total	349	253 025	

\* 1 US\$ = 725 FM

\*\* Valeur marchande du terrain, cédé par l'Etat malien.

	<u>US\$ 000's</u>	<u>FM 000's</u>	<u>Section de référence</u>
Installations, machines équipements			
Véhicules - Base centrale	145	105 125	6.8.1
- Base régionale	97	70 325	6.8.2
- Equipe de service no 1	69	50 025	6.8.2
- Equipe de service no 2	<u>69</u>	<u>50 025</u>	6.8.2
- Total	380	275 500	
Equipements			
- Bureaux	28	20 300	6.7
- Base centrale de service	52	37 700	6.6.1
- Base régionale de service	<u>52</u>	<u>37 700</u>	6.6.1
- Total	132	95 700	
TOTAL	<u>861</u>	<u>624 225</u>	
Immobilisations incorporelles			
- Assistance technique	864	626 400	
- Dépenses de premier établissement	157	113 825	
- Fonds de roulement	<u>93</u>	<u>67 425</u>	
TOTAL	1 975	1 431 875	

Comme le montre le tableau précédent, ces investissements comprennent les investissements fixes (bâtiments, véhicules et équipements), les dépenses de premier établissement jusqu'à la mise en route, les besoins en fonds de roulement et les besoins en assistance technique durant les trois ou quatre premières années du Projet.

Les investissements proposés devraient d'autre part être répartis dans le temps, en particulier pour ce qui concerne la base régionale et les équipes de service.

Cette répartition des investissements dans le temps est la suivante:

Années 1 et 2	Bâtiments, véhicules et équipements pour les bureaux et la base centrale de service de Bamako
Année 3	Démarrage effectif des opérations de fabrication et d'installation.
Année 4	Bâtiment, véhicule et équipement pour la base régionale de service.
Année 6 et 8	Equipements des équipes de service.

OPTION 1 - Construction de nouvelles installations

Tel qu'indiqué précédemment, cette option n'est pas recommandée pour le moment.

Les dépenses d'investissement correspondant à cette option sont de US 3 457 000\$ (incluant 864 000\$ d'assistance technique 96 000\$ de fonds de roulement, 194 000\$ de dépenses de premier établissement). Elles sont détaillées ci-dessous:

	<u>US\$ 000's*</u>	<u>FM 000's</u>	<u>Section de référence</u>
Terrain **	50	36 250	5.0
Préparation et aménagement	292	211 700	6.5

\* 1 US\$ = 725 FM

\*\* Valeur marchande du terrain, cédé par l'Etat malien.

	<u>US\$ 000's</u>	<u>FM 000's</u>	<u>Section de référence</u>
Bâtiments - Hors base service	145	105 125	6.5
- Bureaux	101	73 225	6.7
- Base centrale de service	124	89 900	6.6.1
- Base régionale de service	<u>124</u>	<u>89 900</u>	6.6.2
- Total	494	358 150	
Installations, machines équipements			
Véhicules - Base centrale	145	105 125	6.8.1
- Base régionale	97	70 325	6.8.2
- Equipe de service no 1	69	50 025	6.8.2
- Equipe de service no 2	<u>69</u>	<u>50 025</u>	6.8.2
- Total	380	275 500	
Equipements			
- Fabrication	955	692 375	6.5
- Bureaux	28	20 300	6.7
- Base centrale de service	52	37 700	6.6.1
- Base régionale de service	<u>52</u>	<u>37 700</u>	6.6.1
- Total	1 087	778 075	
TOTAL	<u>2 303</u>	<u>1 669 675</u>	

	<u>US\$ 000's</u>	<u>FM 000's</u>	Section de référence
Immobilisations incorporelles			
- Assistance technique	864	626 400	
- Dépenses de premier établissement	194	140 650	
- Fonds de roulement	<u>96</u>	<u>69 600</u>	
TOTAL	3 457	2 506 325	

Cette option nécessite donc un investissement (hors les frais de l'assistance technique) de l'ordre de US 3 457 000\$, comparé à celui de US 1 975 000\$ estimé pour l'option recommandée (option 2).

La différence tient essentiellement aux frais d'aménagement du site et au coût des équipements de l'atelier de fabrication, qui ne figurent pas dans un scénario de sous-traitance.

OPTION 3 - Location ou achat d'installations actuellement inutilisées

Pour les raisons mentionnées précédemment cette option n'est pas non plus recommandée.

Les dépenses d'investissement correspondant à cette option sont de US 3 385 000\$ (dont 864 000\$ d'assistance technique, 96 000\$ de fonds de roulement et 173 000\$ de dépenses de premier établissement).

	<u>US\$ 000's</u>	<u>FM 000's</u>	Section de référence
Bâtiments - Hors base de service	437	316 824	6.5
- Bureaux	101	73 225	6.7
- Base centrale de service	124	89 900	6.6.1
- Base régionale de service	<u>124</u>	<u>89 900</u>	6.6.2
- Total	786	569 850	

	<u>US\$ 000's*</u>	<u>FM 000's</u>	<u>Section de référence</u>
Installations, machines équipements			
Véhicules - Base centrale	145	105 125	6.8.1
- Base régionale	97	70 325	6.8.2
- Equipe de service no 1	69	50 025	6.8.2
- Equipe de service no 2	<u>69</u>	<u>50 025</u>	6.8.2
- Total	380	275 500	
Equipements			
- Fabrication	954	691 650	6.5
- Bureaux	28	20 300	6.7
- Base centrale de service	52	37 700	6.6.1
- Base régionale de service	<u>52</u>	<u>37 700</u>	6.6.1
- Total	1 086	787 350	
TOTAL	<u>2 252</u>	<u>1 632 700</u>	
Immobilisations incorporelles			
- Assistance technique	864	626 400	
- Dépenses de premier établissement	173	125 425	
- Fonds de roulement	<u>96</u>	<u>69 600</u>	
TOTAL	3 385	2 454 125	



TABLEAU 6.2

OPTION 1 - Équipements principaux de l'atelier de fabrication

Rouleaux (2m x 12mm)  
Cisaille (2m x 12mm)  
Plieuse (2m x 12m)  
Perceuse radiale (2m x 2m x 50mm Ø)  
Perceuse colonne (12mm Ø)  
Tour parallèle (1000 EP, 200 HP)  
Meules (2)  
Postes de soudage 300A (2)  
Postes de oxy coupage (2)  
Scie alternative  
Tronçonneuse abrasive  
Poinçonneuse/cisaille  
Compresseur à air  
Machine à fileter les tuyaux

---

# Organigramme du projet



## 7 ORGANISATION DU PROJET

### 7.1 Principes de base

Il est proposé qu'une société - appelée pour les besoins de ce projet, la Compagnie Malienne des Énergies Renouvelables (CMER) - soit créée avec participation majoritaire de l'État malien et placée sous la tutelle du Ministère d'État chargé de l'Équipement.

Dans la mesure du possible, une société d'économie mixte devrait être créée regroupant à la fois l'Etat Malien et des intérêts privés. Ces intérêts privés pourraient représenter des sociétés fabriquant ou vendant des équipements utilisant les énergies renouvelables. Une telle participation pourrait également permettre un transfert technologique.

La Sinaes, au Sénégal, a retenu le principe d'une société mixte (voire section 2.4.2); l'Etat sénégalais ne détient cependant pas une participation majoritaire.

Les principes retenus pour la SONIEN, au Niger, sont également les mêmes.

La CMER serait une entité distincte du Laboratoire de l'Énergie Solaire (LESO); elle travaillerait cependant en étroite collaboration avec ce dernier et se rapporterait au même directeur général qui serait un des responsables de la Direction Nationale des Énergies Renouvelables qui devrait bientôt voir le jour (voir paragraphe 2.3.3).

Le LESO et la CMER seraient tous deux placés sous la tutelle du Ministère d'État chargé de l'Équipement.

L'organigramme montrant les relations entre les différents organismes est présenté dans la figure 7.1.

### 7.2 Relations entre le Projet et le LESO

Une séparation organisationnelle entre la CMER et le LESO est considérée comme essentielle. Une collaboration technique très étroite entre les deux entités est cependant considérée comme indispensable.

Les raisons portant à recommander une telle organisation sont les suivantes:

- Les chercheurs du LESO doivent pouvoir réaliser librement leurs activités de recherche-développement sans être préoccupés par des problèmes de production.
- Le personnel de fabrication et de commercialisation doit pouvoir se concentrer prioritairement sur la commercialisation de produits dont la durée de vie et la fiabilité seront assurées par un niveau satisfaisant de recherche-développement.
- Un style de gestion sensiblement différent. Le LESO se concentrera, comme c'est le cas actuellement, sur les activités de recherche et développement, sans objectifs de rentabilité financière. La CMER, elle, devra assurer au bout d'une certaine période, une certaine rentabilité financière, ou tout au moins minimiser ses coûts.

Le principe de la séparation des activités de recherche-développement des activités de production et de commercialisation est généralement celui retenu dans ces types de situation. (Voir paragraphe 2.4.2). Ainsi au Niger, l'ONERSOL (qui auparavant regroupait à la fois les activités de recherche-développement et les activités de production et de commercialisation) a été récemment séparée en deux activités distinctes. Une nouvelle entité, la SONIEN, s'occupera exclusivement de la production et de la commercialisation.,

En Haute-Volta, l'Institut des ENERGIES RENOUVELABLES entend, une fois que le produit aura passé le stade de la recherche-développement, mandater une société commerciale pour la production et la commercialisation des produits.

Comme indiqué plus haut, il est cependant essentiel que des liens très étroits existent entre le LESO et la CMER de façon à ce que chacune des entités bénéficie de la connaissance, de l'expérience et des ressources de l'autre. Par exemple, une copie de tous les rapports d'interventions après-vente effectuées relativement au fonctionnement des produits devrait être obligatoirement transmise au LESO.

Le LESO pourrait également se servir des équipes de service du CMER pour tester sur le terrain certains prototypes.

La résolution de certains problèmes devrait également être obtenue d'une collaboration entre les deux entités. De la même façon, une coopération technique durant la phase de commercialisation des produits est indispensable pour assurer que le produit final fonctionne de façon efficace, que la fabrication est faite économiquement, que le produit est facile à entretenir et offre une bonne durée de vie.

### 7.3 Organigramme du Projet

L'organigramme de la CMER (direction générale et base régionale de service) est proposé dans les figures 7.2 et 7.3. Ces organigrammes ont été établis à partir de l'hypothèse que l'ensemble des activités de fabrication sera sous-traitée et que l'unité assurera:

- la promotion des équipements utilisant les énergies renouvelables;
- l'assemblage;
- l'installation;
- l'entretien et la réparation des équipements.

Les sections qui suivent décrivent les fonctions et responsabilités assignées aux différentes directions de la CMER.

S'il est décidé que l'unité assure elle-même la fabrication, les ateliers correspondant pourront être inclus dans la section fabrication de la direction "opérations". (Voir figure 7.2).

#### 7.3.1 Direction commerciale

Les fonctions de la direction commerciale sont les suivantes:

- promotion des produits
- ventes
- crédit
- études de marché

Ses principales responsabilités sont:

##### i) Vulgarisation: Ceci inclut:

- . l'éducation du public en général et de sous-groupes cibles à définir (tels les services publics);
- . la détermination des besoins spécifiques de chaque application de façon à ce que la direction technique ajuste le produit aux besoins;

- . la promotion de tous les produits fonctionnant à partir des énergies renouvelables.
- ii) Ventes: cette fonction regroupe les activités suivantes menant à un contrat de vente, telles:
  - . la définition du produit et l'établissement de ses performances;
  - . l'établissement des prix de ventes;
  - . la mise à disposition de la clientèle de facilités de crédits, de subventions, etc.
- iii) Crédit: Cette fonction correspond aux activités de mise en place d'un système d'aides financières aux utilisateurs (crédits, subventions, etc.) compte tenu des possibilités financières du Projet et des programmes gouvernementaux dans le secteur des énergies renouvelables.
- iv) Etudes de marché: Cette fonction doit
  - . permettre de définir et connaître les marchés actuels et futurs et de suivre leur évolution.
  - . d'assurer que les produits correspondent bien aux besoins de marché;
  - . de fournir des données de base permettant de préparer les produits futurs;
  - . d'établir et maintenir les relations avec d'autres organismes impliqués dans la programmation des équipements utilisant les énergies renouvelables (LESO, ministères, CRES, organisations internationales, etc.).

### 7.3.2 Direction administrative et financière

Les fonctions assignées à la direction administrative et financière sont les suivantes:

- finance
- comptabilité
- juridique
- personnel

i) Fonction: Finance

Cette fonction inclut:

- . l'établissement et la mise en oeuvre de la politique financière de l'unité, la préparation et le suivi des plans de trésorerie;
- . la détermination et l'obtention des sources de financement;
- . la gestion des liquidités et du fonds de roulement.

ii) Fonction: Comptabilité

Cette fonction inclut:

- . la mise en place des procédures comptables généralement acceptées au Mali;
- . la préparation des états financiers périodiques;
- . la mise en place et le fonctionnement de la comptabilité analytique et des liaisons avec la comptabilité générale.

iii) Fonction: Juridique

Il s'agit essentiellement des contrats de vente et du règlement des litiges avec les fournisseurs, la clientèle et le personnel.

iv) Fonction: Personnel

Cette fonction inclut:

- . la mise en place de la politique du personnel et en particulier du barème des salaires;
- . la mise en place et le fonctionnement des systèmes d'évaluation;
- . la formation.

### 7.3.3 Direction technique

Cette direction assure les responsabilités de l'ingénierie et des aspects techniques, soit:

- la commercialisation
- le génie des produits
- les essais
- le contrôle de qualité
- les liaisons techniques
- l'entretien et les études sur la fiabilité des produits
- la préparation et la mise à jour des manuels de travail.

#### i) Fonction: Commercialisation

Cette fonction assure l'évaluation des prototypes destinés à la fabrication industrielle et la préparation des modifications jugées requises dans le but de:

- . réduire les coûts de production;
- . faciliter la fabrication;
- . standardiser les pièces, les matériaux, etc.;
- . obtenir des éléments modulaires;
- . augmenter la fiabilité et la durée de vie du produit;
- . faciliter l'entretien.

#### ii) Fonction: Génie des produits

Cette fonction inclut les activités d'analyse des prototypes, les modifications si nécessaires et la sélection des éléments à fabriquer.

#### iii) Fonction: Essais

Cette fonction inclut la préparation des tests à effectuer, leur réalisation et l'interprétation des résultats, soit au niveau de la fabrication, soit au niveau de la commercialisation.

iv) Fonction: Contrôle de qualité

Cette fonction inclut, la définition des critères de contrôle de qualité, la réalisation des contrôles et l'interprétation des résultats.

v) Fonction: Liaisons techniques

Cette fonction doit assurer les liaisons au niveau technique entre les différents intervenants dans le domaine des énergies renouvelables (Laboratoire de l'Energie Solaire, Ecole Nationale des Ingénieurs, CRES, etc.).

vi) Fonction: Entretien et fiabilité des produits

Cette fonction doit assurer que les produits mis sur le marché fonctionnent de façon satisfaisante dans l'utilisation et l'environnement prévus, et que leur entretien est effectué selon les normes prévues.

vii) Fonction: Manuels de travail

Cette fonction est responsable de la préparation et de la mise à jour des manuels d'installation, d'utilisation, d'entretien et de réparation des produits.

7.3.4 Direction opérations

Cette direction comprend deux services:

- le service: Fabrication;
- le service: Service et Formation.

Ces services assurent les fonctions suivantes:

i) Fonction: Fabrication

Cette fonction est responsable:

- . des approvisionnements pour la fabrication (que cette fabrication soit sous-traitée ou réalisée par l'unité), et pour l'assemblage;

- . du contrôle des activités de production en particulier au niveau échéanciers et délais;
- . du stockage des pièces détachées, matériaux, produits semi-finis ou finis, etc., de façon à assurer le contrôle des stocks.

ii) Fonction: Service et formation

Cette fonction est responsable:

- . de l'installation des produits sur leur lieu d'utilisation;
- . de la formation de l'utilisateur pour ce qui touche au fonctionnement du produit, à son entretien et à certains types de réparations;
- . de la fourniture des services d'entretien et réparation;
- . de la vérification périodique des installations pour assurer que le produit est correctement utilisé et entretenu;
- . de la gestion des bases régionales de service ainsi que des équipes d'entretien;
- . des liaisons avec les autres organisations oeuvrant sur le terrain (Direction de l'Hydraulique et de l'Energie, C.M.D.T., O.N.G., etc.) en particulier au niveau entretien et formation.

7.3.5 Contrôle de gestion

Cette fonction doit:

- assurer que les objectifs et politiques de l'Unité sont poursuivis de la meilleure façon possible;
- assurer que des procédures adéquates de contrôle ont été mises en place, qu'elles sont bien comprises et exécutées par le personnel;
- assurer la protection des ressources de l'Unité;
- aviser la Direction Générale sur les performances de l'Unité.

Figure 7.1

Relations Proposées entre le Laboratoire de l'Energie Solaire et le Projet

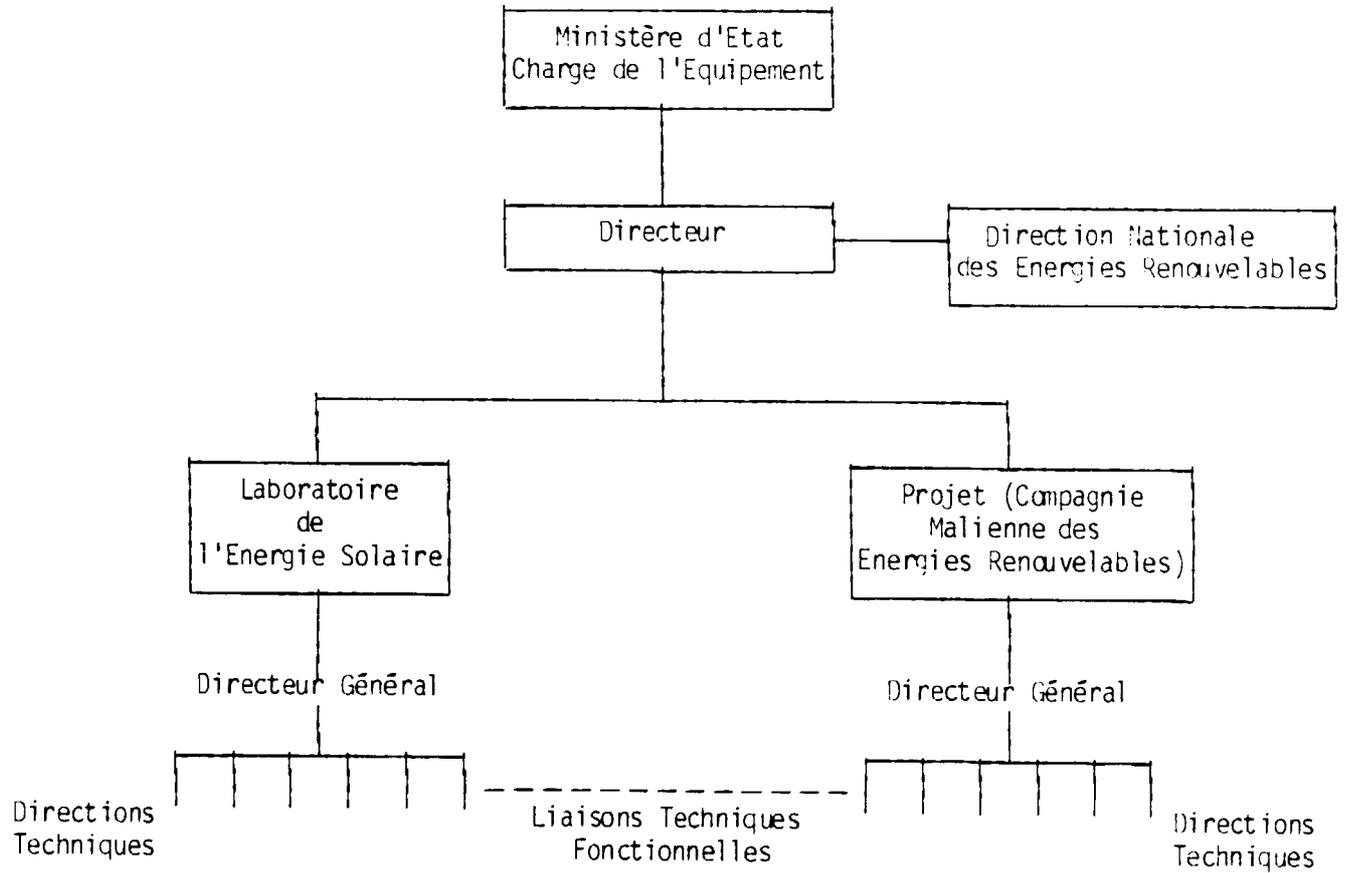


FIGURE 7.2

Organigramme de la Compagnie Malienne des Énergies Renouvelables  
(Direction Générale)

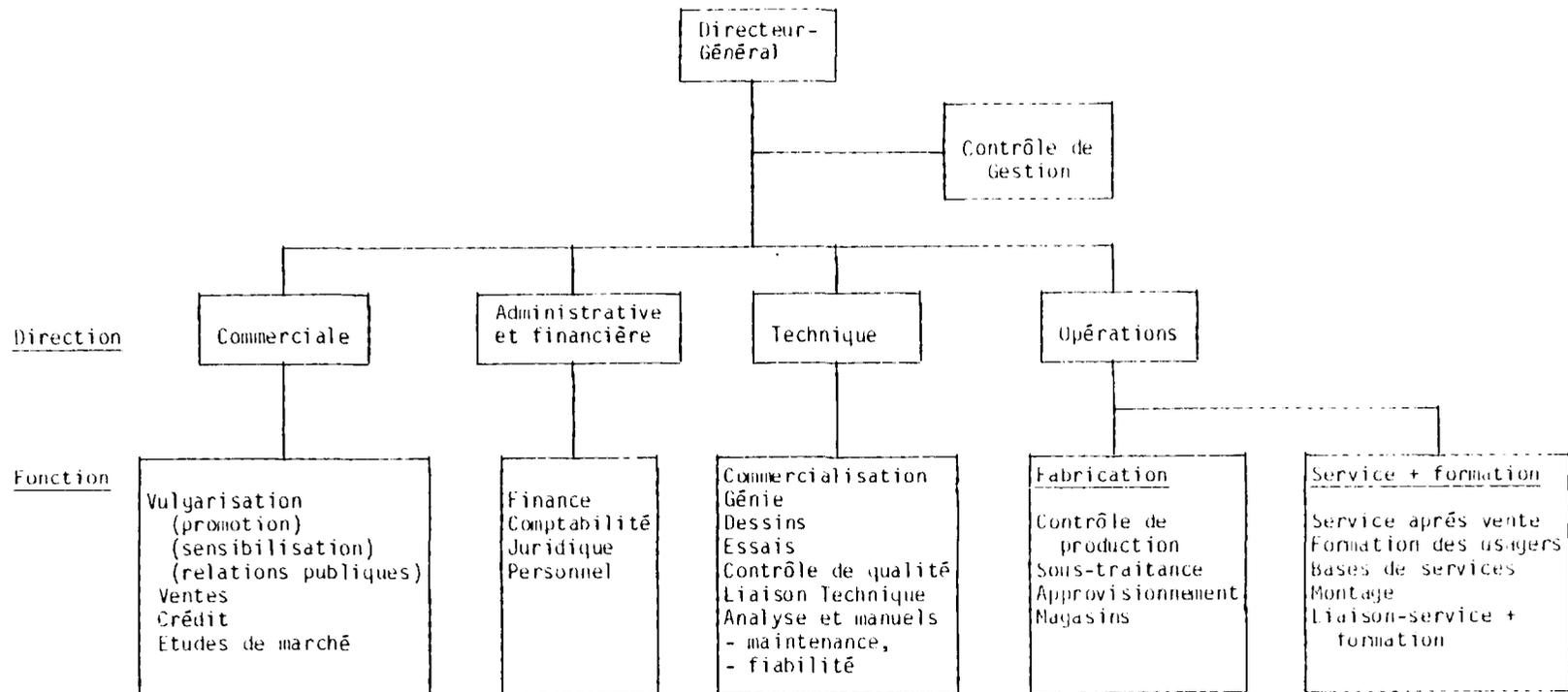
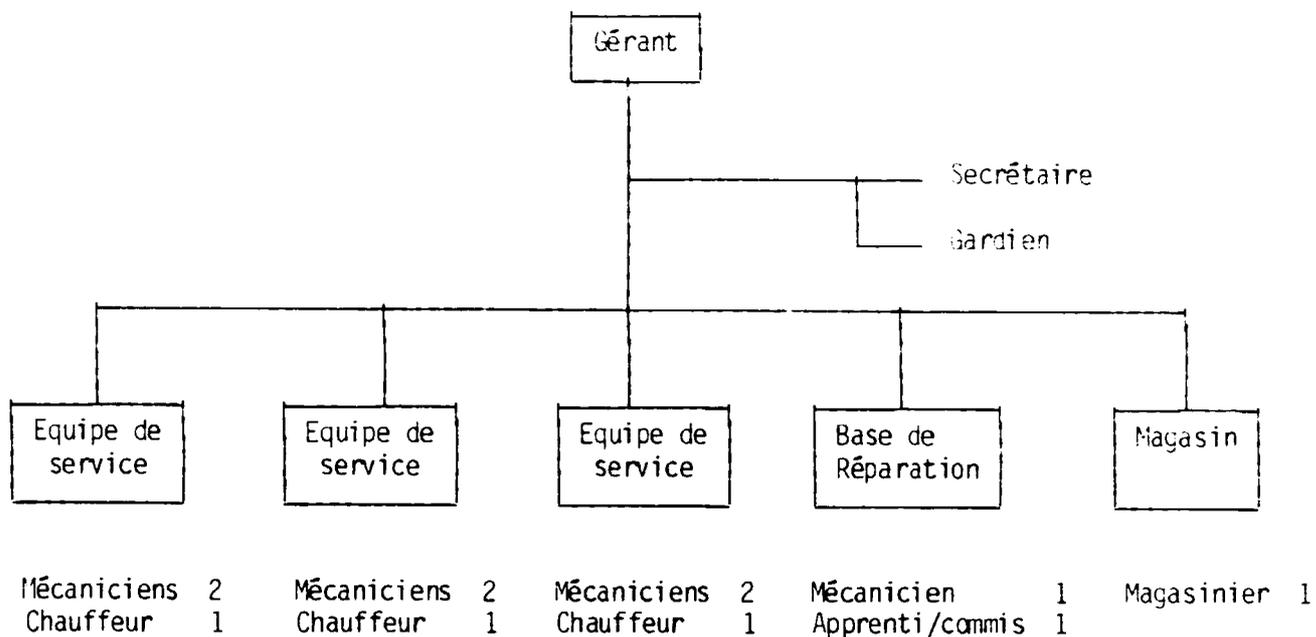


Figure 7.3

Base Régionale de service - organigramme type



Effectifs totaux: 15



## 8 MAIN D'OEUVRE

Les besoins en personnel sont présentés en détail dans les paragraphes suivants et ont été établis à partir de l'organigramme de la CMER (dont la création est recommandée) proposé dans les figures 7.2 et 7.3.

Il s'agit des effectifs nécessaires au moment où le Projet aura atteint son rythme de croisière. Au fur et à mesure que la production et la demande en entretien et réparation atteindront leur rythme de croisière les effectifs devront être progressivement ajustés pour atteindre les objectifs de main d'oeuvre.

### 8.1 Besoins du Siège Social en main-d'oeuvre

La figure 8.1 indique le personnel nécessaire au moment où le Projet atteindra son régime de croisière. La fabrication est réalisée par sous-traitance (selon les recommandations proposées pour la fabrication) et les premières installations d'équipement sont en cours de réalisation. Ainsi toutes les fonctions sont réalisées, même sur une échelle limitée. Par exemple, il y a une équipe de service.

Du fait de la nature et des fonctions assignées à la compagnie (fonctions qui n'existent pas actuellement au Mali), il est probable que l'assistance technique comptera un plus grand nombre de cadres expatriés qu'habituellement. La durée de cette assistance technique varierait entre 2 et 3 ans.

Quelques une des caractéristiques rendant cette compagnie unique dans l'environnement malien sont les suivantes:

- les produits fabriqués utilisent les énergies renouvelables;
- la nécessité de développer le marché de chacun des produits, avec parfois un changement des habitudes sociales;
- la nécessité de sensibiliser et d'éduquer différents niveaux de la population à l'utilisation de ces nouveaux produits;
- l'emphase à mettre sur l'entretien et le service après-vente.

Les principales fonctions du personnel expatrié prévu dans le cadre de l'assistance technique sont les suivantes:

Direction générale

- Définition des objectifs de la compagnie
- Mise sur pied des principales politiques
- Mise sur pied des principales procédures
- Formation du personnel de gestion
- Avec le gouvernement malien, définition des objectifs et de la politique de mise en oeuvre des énergies renouvelables au Mali
- Mise en place du contrôle de gestion

Direction Commerciale

- Développement de la stratégie de mise en marché des produits et des programmes de ventes
- Définition et mise en oeuvre d'un programme de vulgarisation des produits utilisant les énergies renouvelables
- Formation du personnel commercial

Direction Technique

- Commercialisation des produits
- Développement des méthodes et des procédures de fabrication
- Développement des procédures de contrôle de qualité
- Préparation des manuels d'entretien, listes de pièces détachées etc.
- Développement des procédures de service après-vente
- Formation du personnel technique

Direction Opérations

- Développement de procédures et méthodes pour l'entretien, les réparations et le service après-vente.
- Préparation des procédures d'achat, contrôle de production en particulier avec le (les) sous-traitant(s)
- Préparation des procédures de contrôle des matériaux
- Formation du personnel, plus particulièrement au niveau du service après-vente
- Mise sur pied de la base centrale de service et des bases régionales de service, selon l'évolution du marché.

## 8.2 Besoins des bases régionales de service main d'oeuvre

La figure 8.2 présente un organigramme type d'une base de service avec 3 équipes de service après-vente.

Le nombre d'équipes de service variera selon les besoins propres à chaque région. Chaque base de service devrait opérer comme une entité autonome fournissant, dans chaque région, les services suivants:

- Formation des utilisateurs dans l'opération et l'entretien de l'équipement
- Installation et mise en route de l'équipement
- Entretien des équipements sur une base régulière
- Approvisionnement des stocks et fourniture de pièces détachées
- Réparation des équipements.

Ces bases de service pourraient également être responsables d'équipements utilisant les énergies renouvelables, fournis par d'autres organismes, tels des génératrices photovoltaïques et des pompes.

## 8.3 Frais de personnel

Les frais annuels de personnel, incluant les charges sociales et les frais de déplacement pour le personnel du siège social (présenté dans la figure 8.1), sont estimés être comme suit:

- |                      |                               |
|----------------------|-------------------------------|
| - Personnel malien   | 71 000 000 FM (\$ 98 000 US)  |
| - Personnel expatrié | 313 200 000 FM (\$432 000 US) |

Le personnel expatrié présent au titre de l'assistance technique a été prévu durant environ deux années dans l'option recommandée pour la fabrication, et durant trois années pour les deux autres options envisagées.

Les frais annuels de personnel d'une base régionale de service (figure 8.2) sont estimés être de 11 500 000 FM (\$ 15 800 US).

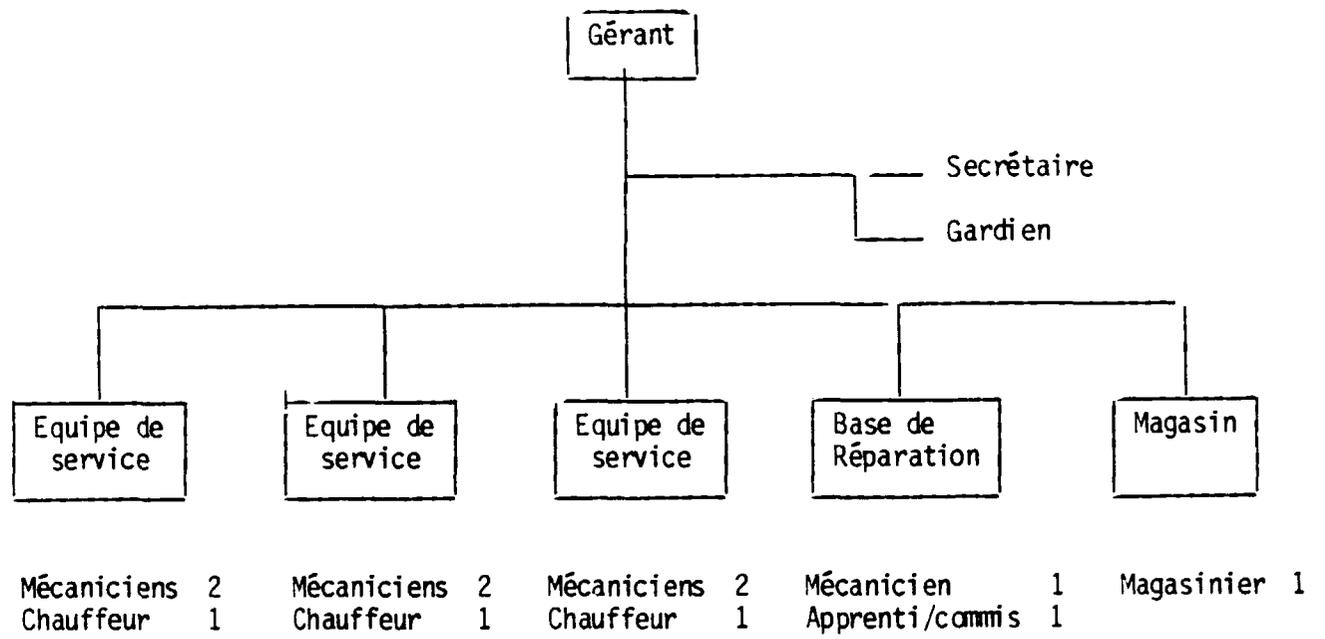
Figure 8.1

Effectifs de l'unité (effectifs de démarrage)

		<u>Direction-Générale</u>		- Directeur général	1			
				- Secrétaire	1			
				- Gardien	1			
				- Chauffeur	1			
				<u>Contrôle de gestion</u> - Directeur adjoint expatrié (2 ans)		1		
<u>Direction</u>	<u>Commerciale</u>		<u>Administrative et financière</u>		<u>Technique</u>		<u>Opérations</u>	
	Directeur	1	Directeur	1	Directeur	1	Directeur	1
	Secrétaire	1	Secrétaire	1	Ingénieur	2	Secrétaire	1
			Comptable	2	Dessinateur	2	Directeur adjoint expatrié (2 ans)	1
					Secrétaire	1		
					Ingénieur expatrié (1½ ans)	1		
					Ingénieur expatrié (6 mois)	1		
<u>Section</u>						<u>Fabrication</u>	<u>Service</u>	
						Acheteur	Surveillant	
						Commis (contrôle de production)	- montage	1
						Magasinier	Mécaniciens	2
						Entretien	Chauffeur	1
						Chauffeur		1
<u>Effectifs totaux:</u>								<u>31</u>
	dont:		Cadres nationaux	7				
			Autres nationaux	20				
			Expatriés - assistance technique	4				

Figure 8.2

Base Régionale de service - organigramme type



Effectifs totaux: 15

---

# Calendrier de mise en oeuvre



9 CALENDRIERS DE MISE EN OEUVRE

Le calendrier de mise en oeuvre correspondant à l'option recommandée est présenté dans la figure 9.1.

Ce calendrier reflète les hypothèses suivantes:

- Dès l'approbation de l'étude de faisabilité, le Laboratoire de l'Energie Solaire de Bamako se concentrera et s'engagera à terminer le travail de développement encore nécessaire pour les produits dont la fabrication au Mali a été retenue dans l'étude;
- Les produits retenus seront commercialisés dès que possible de façon à assurer un démarrage rapide des activités;
- La plus grande priorité sera accordée à l'équipement et à la formation des sections fabrication et service-formation de façon à obtenir les stocks de pièces de rechange nécessaires avant même que les premiers produits ne soient installés;
- le programme de vulgarisation devra être coordonné étroitement avec le programme de livraison.

Selon les situations, et en particulier dans les cas où des installations effectuées dans le passé n'ont pas donné les résultats escomptés (éoliennes, chauffe-eau), des installations de démonstration seront réalisées de façon à convaincre les utilisateurs actuels et potentiels que les problèmes antérieurs ont été résolus, et que les systèmes sont fiables.

Les réussites et les échecs d'un tel programme contrôleront en fait le rythme des installations futures.

Des calendriers de mise en oeuvre ont aussi été préparés pour les autres options de fabrication de façon à pouvoir effectuer des comparaisons avec l'option recommandée.

L'annexe 9.1 présente le calendrier de mise en oeuvre avec l'option de fabrication no. 1 - Construction d'un atelier de fabrication dans la zone industrielle de Bamako, ainsi qu'avec l'option de fabrication no. 3 - Achat ou location à long terme d'installations de fabrication actuellement inutilisées, dans les environs de Bamako et modifications éventuelles.

L'annexe 9.2 indique l'impact du choix de l'une ou l'autre des 3 options analysées, sur la date de livraison des premières éoliennes.

Par rapport à l'option 2, recommandée dans cette étude (soit sous-traitance de l'ensemble de la fabrication), la livraison des premières éoliennes interviendrait:

- dans le cas de l'option 1, un an après la livraison possible avec l'option 2;
- dans le cas de l'option 3, six (6) mois après la livraison possible avec l'option 2.





FIGURE 9.1 - 3

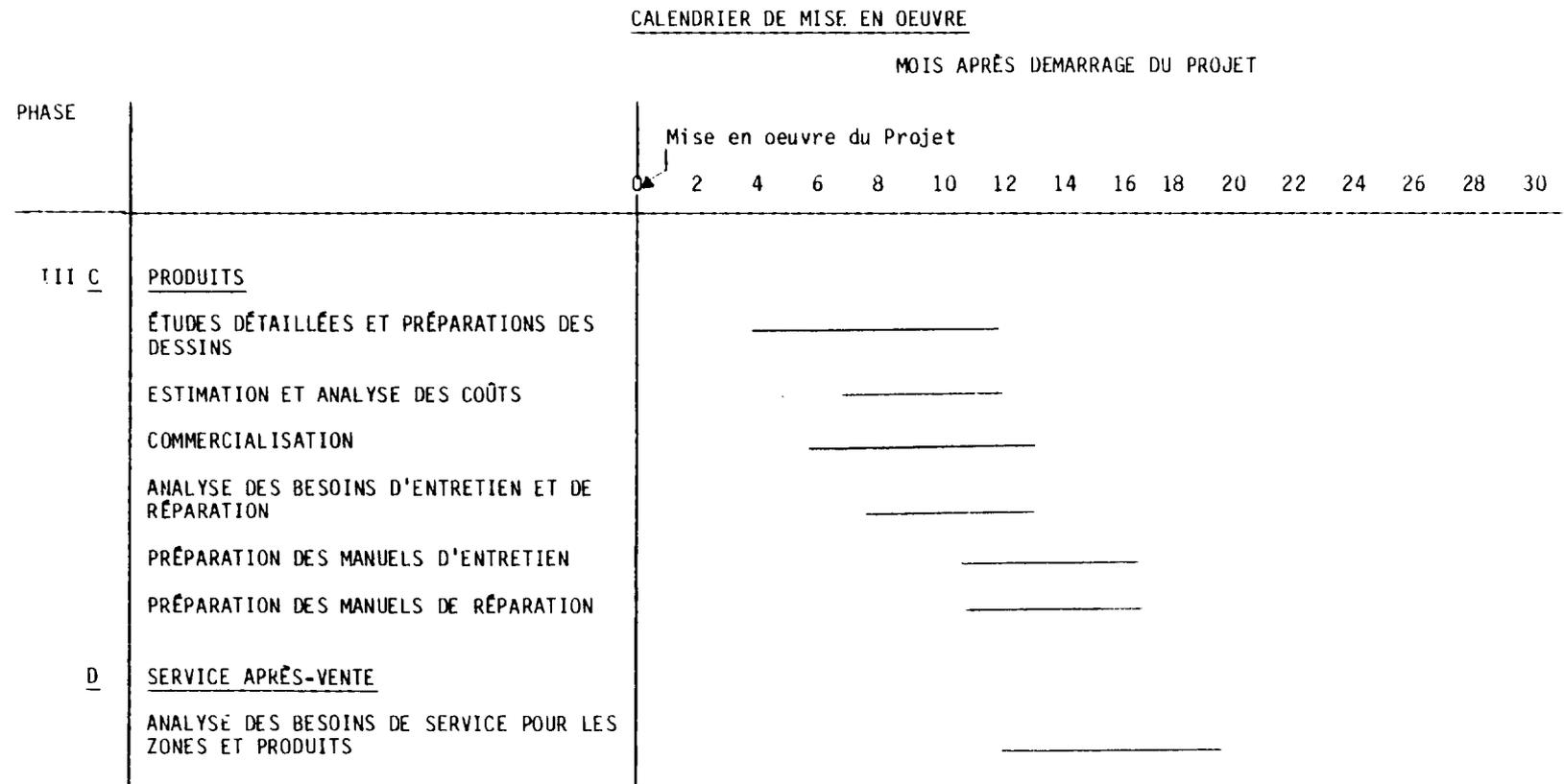




FIGURE 9.1 - 5

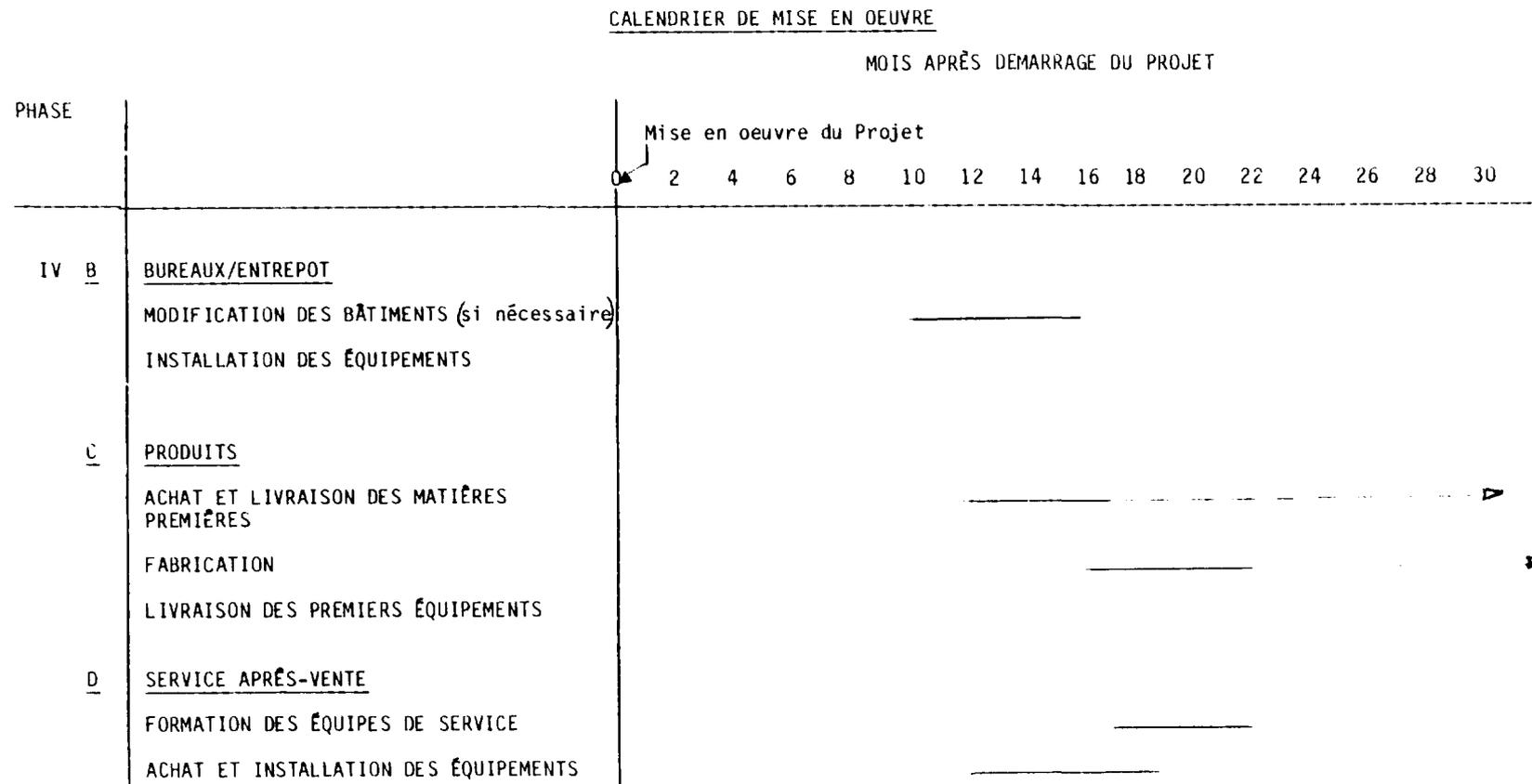
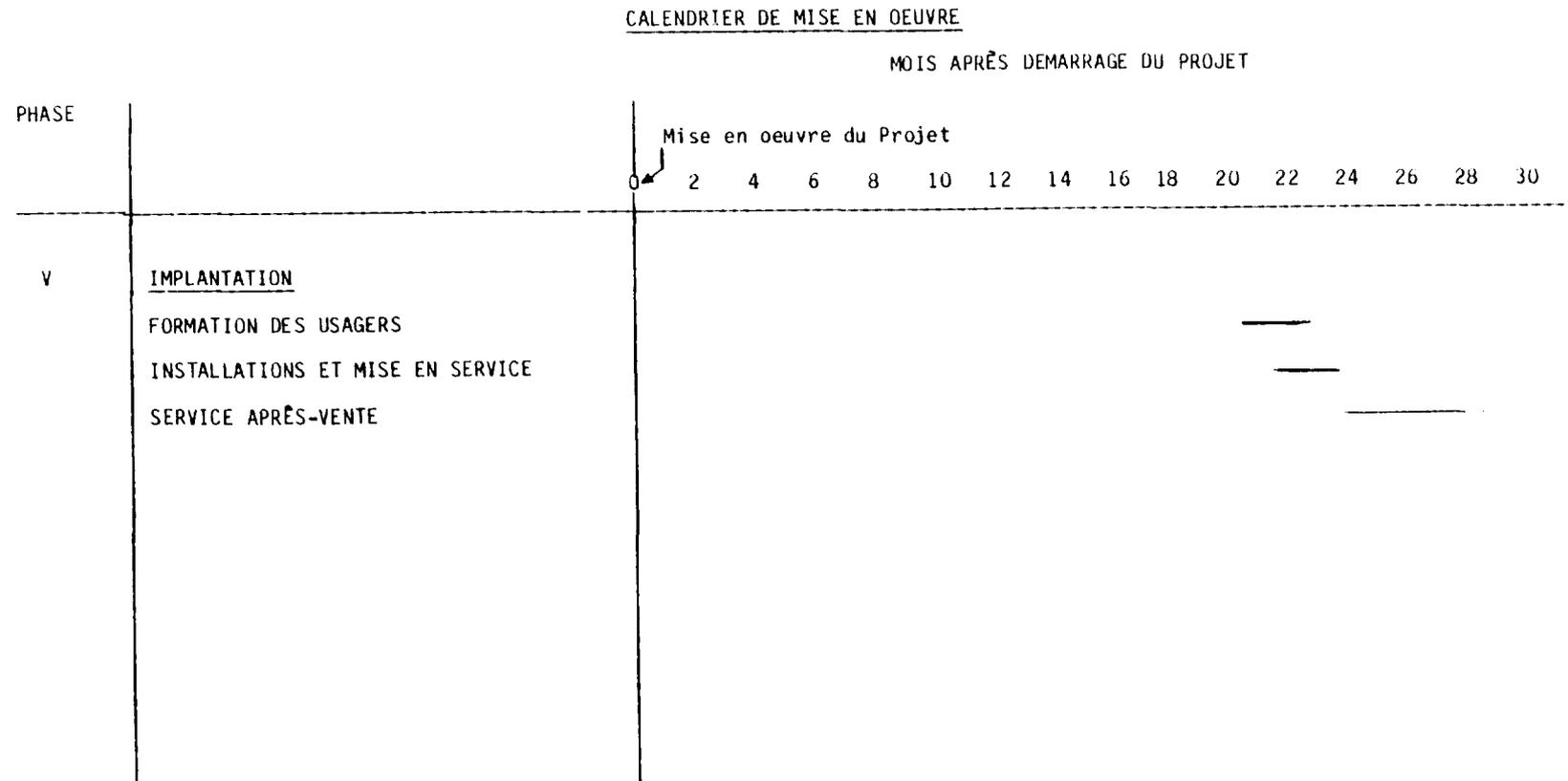


FIGURE 9.1 - 6



---

# Évaluation financière et économique

## 10 EVALUATION FINANCIERE ET ECONOMIQUE

Ce chapitre procède à la comparaison des principales variables financières et économiques pour les trois options envisagées. Ces trois options et les investissements correspondants ont été discutés dans le chapitre 6 - Aspects Techniques du Projet.

Les données requises pour ces évaluations ont été établies dans le chapitre 6, le chapitre 8 - Main d'oeuvre et le chapitre 9 - Calendriers de mise en oeuvre. Les données additionnelles nécessaires à l'évaluation économique et financière seront présentées dans les sections où elles sont requises.

Cette évaluation financière est basée essentiellement sur la préparation des trois états financiers standards pour la Compagnie Malienne des Énergies Renouvelables dont la création est recommandée (chapitre 7).

L'évaluation financière met une emphase particulière sur les investissements et les subventions qui seront nécessaires pour couvrir les déficits d'opération qui devraient se produire quelle que soit l'option de fabrication envisagée. Cette évaluation financière est réalisée dans la section 10.1.

L'évaluation économique (effectuée du point de vue de l'économie malienne) a été réalisée en excluant les paiements de transfert effectués à l'intérieur de l'économie malienne et en analysant les points forts et les points faibles du Projet pour l'économie malienne. Cette évaluation est effectuée dans la section 10.2.

### 10.1 Évaluation financière

Tel qu'indiqué plus haut les trois états financiers standards ont été simulés pour chacune des 3 options techniques discutées dans la Section 6.5.

Le format de ces états financiers et les tableaux intermédiaires suivront l'ordre, la numérotation et la forme proposés par l'UNIDO pour les analyses financières des projets (chapitre 10 - Manuel de Préparation des Etudes de Faisabilité Industrielle).

Les données financières présentées dans cette étude concernent:

- Le coût des investissements fixes initiaux, indiquant les montants en devises étrangères et en monnaie locale par catégorie d'investissement (terrain, préparation et aménagement, bâtiments, véhicules et assistance technique) - Tableau 10-1.
- Le coût des investissements fixes initiaux et des investissements de remplacement (en particulier pour les véhicules) sur une base annuelle - Tableau 10-1/2.
- Le calcul du fonds de roulement - Tableau 10-3/2.
- Le total des coûts d'investissement initiaux (incluant les investissements fixes initiaux, les dépenses de premier établissement et les besoins en fonds de roulement) - Tableau 10-6/1.
- Le total des coûts d'investissement initiaux et de remplacement annualisés - Tableau 10-6/2.
- Le total des actifs initiaux et les sources de financement (Tableau présenté dans le corps du texte).
- Les mouvements de trésorerie - Tableau 10-8/3.
- L'état des recettes nettes - Tableau 10-9.
- Les projections du bilan - Tableau 10-10.
- Le coût total de production et l'échelonnement des coûts de production - Tableau 10-12.

Tous ces tableaux ont été établis pour les trois options étudiées. Par souci de clarté, seuls les tableaux correspondant à l'option recommandée (option 2) seront présentés dans le corps du chapitre 10 et les tableaux correspondant aux options 1 et 3 en annexe (annexe 10).

Les 3 états financiers de base (mouvements de trésorerie, recettes nettes et bilan) ainsi que les besoins et les sources de financement pour les trois options sont cependant inclus dans ce chapitre.

Les principaux objectifs de ces simulations sont d'une part de comparer les résultats financiers probables de l'option recommandée (option #2) à ceux des deux autres options également discutées dans le chapitre 6 et d'autre part d'évaluer le montant des subventions requises pour couvrir les déficits financiers probables de la Société (excluant l'assistance technique).

Ces états financiers ont été établis en dollars US constant (conditions économiques de 1983) pour l'année financière malienne se terminant au 31 décembre.

Ils couvrent une période de 12 ans, répartis comme suit:

- Phase d'étude, exécution et démarrage - année 1 et 2
- Mise en route: volume de fabrication augmentant jusqu'au régime de croisière 150 t/an - années 3 à 6
- Production jusqu'au volume de 200 t/an (résultant d'une politique volontariste de l'État Malien) - années 7 à 10
- Régime de croisière: 200 t/an - années 11 & 12

L'étude du marché (Section 3.6.1) a en effet démontré que le marché effectif actuel pour le type d'équipement proposé était extrêmement limité et que les marchés potentiels seraient dominés par des clientèles à capacité de payer limitée. Le développement de marchés pour les produits retenus, passe donc par la disponibilité des subventions de façon à permettre à CMER de vendre à des prix reflétant la valeur des produits et comparables aux prix des produits de substitution.

Bien que l'on aurait pu établir des prix unitaires permettant d'obtenir la marge brute fixée par le décret gouvernemental régissant le montant de la marge brute, ceci risquerait d'affecter sensiblement la demande et, pour le marché institutionnel (hôpitaux, communautés rurales, etc.), reviendrait à subventionner indirectement les produits. Un prix de vente unitaire reflétant les prix pratiqués au Mali pour ce genre d'équipement a donc été retenu.

Les sources des données et les principales hypothèses utilisées seront d'abord présentées (Section 10.1.1) puis les principales conclusions de l'évaluation financière seront discutées (Section 10.1.2).

#### 10.1.1 Sources des données et principales hypothèses

- Progression des ventes jusqu'au régime de croisière

Le scénario volontariste de développement du marché a été retenu pour la préparation des états financiers proforma. Ce

scénario, proposé dans la section 3.6 sur l'étude de la demande et du marché, prévoit que les ventes atteindront l'équivalent de 150 t/an dans l'année 6 (ou 7 selon les options de fabrication) et 200 t/an dans l'année 10.

Cette progression correspond aux recommandations à l'effet que les installations des équipements devraient être effectuées progressivement de façon à former les utilisateurs et mettre en place le service après-vente (qui a souvent dans le passé constitué le point faible de ce type de projet).

Les prix de vente ont été obtenus à partir de consultations auprès de sociétés maliennes spécialisées dans la fabrication et la vente de produits métalliques.

Ces prix reflètent donc les prix actuels sur les marchés maliens et comme l'indiquent les états pro formas des recettes nettes (tableau 10-9) ne permettraient pas à la société mise en place de réaliser la marge brute autorisée de 11.1% (cet aspect est discuté plus en détail dans la section 10.1.2).

- Frais de fabrication

Afin que la société (la CMER dont la création est recommandé) puisse contrôler les matériaux importés pour la fabrication, on a retenu l'hypothèse que ces matériaux seraient achetés par la Société et dans le cas de l'option #2 (sous-traitance de la fabrication) cédés au sous-traitant au prix coûtant (La direction "Opérations" assumera la responsabilité de l'aspect Approvisionnement Voir Section 7.3.4).

- Taxes et impôts

Toutes les acquisitions de biens d'investissement sont assumées être effectuées hors taxes; le projet devant bénéficier des dispositions d'exonération prévues au Code des Investissements.

Le coût des matériaux nécessaires à la fabrication inclut des taxes équivalant à 25,5% de leur coût CIF.

La taxe IAS (impôt sur les affaires et services) basée sur les coûts des facteurs de production devra cependant être payée par la Société après une période d'exonération de 3 ans.

- Investissement et amortissement

Les investissements initiaux requis ont été discutés dans le chapitre 6.

Pour mémoire et pour l'option recommandée (option 2), ils se ventilent comme suit:

	<u>US 000\$</u>	<u>000 FM</u>
- Bâtiments	349	253 025
- Installations, machines, équipements	<u>512</u>	<u>371 200</u>
	861	624 225
- Dépenses de premier établissement	157	113 825
- Fonds de roulement	93	67 425
- Assistance technique	<u>864</u>	<u>626 400</u>
TOTAL	1 975	1 431 875

Pour les options 1 et 3, ces investissements sont respectivement de US 3 457 000\$ et de US 3 385 000\$. Ces investissements initiaux annualisés sont présentés dans le tableau 10-6/2 pour l'option recommandée et dans l'annexe 10 pour les deux autres options.

Compte tenu de la mise en place progressive recommandée pour le Projet, les investissements devraient s'échelonner comme suit:

	<u>US 000\$</u>
Années 1 et 2 Direction générale, base centrale de service, dépenses de premier établissement	700
Année 4 Base régionale de service (bâtiments, équipements, véhicule)	273
Année 6 Equipement de l'équipe de service no 1	69
Année 8 Equipement de l'équipe de service no 2	69
Années 1 à 3 Assistance technique	<u>864</u>
	1 975

En ce qui concerne l'option 3, (achat d'installations existantes), on a retenu l'hypothèse que ces installations seraient acquises au même coût que celui établi pour l'option 1 (hors la valeur marchande du terrain).

Pour ce qui est des amortissements comptables, la méthode de l'amortissement linéaire à taux constant a été retenue en conformité avec les pratiques comptables maliennes (Plan Comptable OCAM).

Les durées de vie utilisées pour le calcul de l'amortissement sont les suivantes:

Véhicules	:	4 ans
Équipement	:	10 ans
Bâtiments	:	20 ans
Préparation et aménagement du terrain	:	20 ans
Dépenses de premier établissement	:	10 ans

- Autres frais (Main-d'oeuvre)

Il s'agit des frais du personnel non directement affecté à la fabrication. Les organigrammes, le personnel requis et leurs fonctions sont présentés dans le chapitre 8.

En régime de croisière, la direction générale de Bamako regrouperait un personnel de 27 employés.

Durant les trois ou quatre premières années du Projet (selon l'option retenue pour la fabrication) une assistance technique est prévue. Quatre expatriés interviendraient au titre de l'Assistance Technique dans le contrôle de gestion (1), la direction technique (2), la direction des opérations (1) (Voir Figure 8-1).

- Plan de financement et service de la dette

Le plan de financement a été établi en prenant pour acquis que l'assistance technique serait financée par une subvention et que la dette à long terme financerait 60% des investissements, des dépenses de premier établissement et du fonds de roulement; le complément étant obtenu des actionnaires (public: l'État Malien et privés dans la mesure du possible - Voir le chapitre 7 recommandant la création d'une société d'Économie Mixte).

La dette à long terme est assumée être obtenue aux conditions suivantes:

Taux d'intérêt	:	8 % / an
Période de grâce	:	5 ans pour le capital, après le démarrage effectif du Projet (premier paiement: année 8)

Modalités et durée  
d'amortissement : annuités sur 10 ans

- Subventions d'opération

Compte tenu que le Projet est orienté vers le développement de l'utilisation des énergies renouvelables, on a retenu l'hypothèse que les déficits financiers seraient couverts par des subventions versées par l'Etat Malien.

- Fonds de roulement

Les comptes à recevoir ont été estimés équivaloir à deux mois de vente; les stocks (essentiellement des stocks de produits finis) ont été estimés correspondre à un mois de ventes.

Les comptes à payer correspondent à l'équivalent d'un mois de déboursés d'exploitation.

10.1.2 Conclusions de l'évaluation financière

Les états financiers pour les 12 premières années du Projet (Etat des Recettes Nettes, Etat des mouvements de Trésorerie et Bilan) correspondant à l'option de fabrication recommandée (Option 2) sont présentés respectivement dans les tableaux 10-8.3 (2), 10-9(2) et 10-10(2).

Tel qu'indiqué précédemment, ces états financiers ont été également établis pour les deux autres options de fabrication étudiées (tableaux 10-8.3, 10-9, 10-10 correspondant).

a) Principaux indicateurs financiers

La comparaison des principaux indicateurs financiers pour chacune des 3 options étudiées est effectuée dans le tableau suivant:

Principaux indicateurs financiers

<u>(En 000 FM)</u>	<u>Option</u>		
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
Année de la première installation	3	2	3
Investissement (hors assistance technique)*	2 593	1 111	2 521
Assistance technique	864	864	864
Dette à long terme requise	1 556	667	1 513
Apport des actionnaires	1 037	444	1 009
Subvention d'opérations Année 12	342	266	336
Subvention totale requise (sur 12 ans)	3 443	2 773	3 465

\* Incluant actifs fixes, fonds de roulement et dépenses de premier établissement

b) Plan de financement - Besoins et sources de financement

Les besoins et les sources de financement pour les investissements initiaux des trois options analysées sont indiqués ci-dessous:

<u>(En US 000\$)</u>	<u>Option</u>		
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
<u>Besoins de financement</u>			
- Investissements fixes	2 383	861	2 253
- Dépenses de premier investissement	194	157	173
- Fonds de roulement	96	96	96
- Assistance technique	<u>864</u>	<u>864</u>	<u>864</u>
Total	3 457	1 975	3 385

Sources de financement

Dette à long terme	1 556	667	1 513
Avoir des actionnaires	1 037	444	1 009
Subventions			
- assistance technique	<u>864</u>	<u>864</u>	<u>864</u>
Total	3 457	1 975	3 385

L'option 2 recommandée (sous traitance de la fabrication) requiert nettement moins d'investissements en actifs fixes, réduit donc les besoins de financement et par le fait même les risques financiers du Projet.

Dans cette option, le financement par la dette à long terme est estimé être de US 667 000\$ (483 575 000 FM), le capital souscrit et payé par les actionnaires de US 444 000\$ (321 999 000 FM), et le montant de l'assistance technique de US 864 000\$ (626 400 000 FM). Ce financement devrait donc permettre de financer les investissements initiaux, les dépenses de premier établissement, l'accroissement du fonds de roulement et l'assistance technique. La répartition dans le temps de l'utilisation des financements est donnée dans les tableaux des mouvements de trésorerie (tableaux 10-8/3(1), 10-8/3(2) et 10-8/3(3)).

Compte tenu de la mise en place progressive, recommandée pour le projet, les investissements devraient s'échelonner comme suit:

		<u>US 000\$</u>
Années 1 et 2	Direction générale, Base centrale de service, dépenses de premier établissement, fonds de roulement	700
Année 4	Base régionale de service (Bâtiments, équipements, véhicules)	273
Année 6	Equipement de l'équipe de service no 1	69
Année 8	Equipement de l'équipe de service no 2	69

c) Programme de subventions

Deux types de subventions sont envisagées pour le Projet: une subvention d'organismes internationaux pour couvrir les frais de l'assistance technique et un programme de subventions du gouvernement malien couvrant les déficits financiers du Projet.

. Assistance technique

Une assistance technique comprenant 4 expatriés a été prévue pour une durée moyenne de 2 années durant la phase de démarrage du Projet (Voir Chapitre 8). Le coût total de cette assistance technique estimé à US 864 000\$ (626 400 000 FM), pourrait être financé par des organismes internationaux.

. Couverture des déficits financiers

Compte tenu des prix actuellement pratiqués sur le marché malien, un programme continu de subventions de la part de l'État malien pour couvrir les déficits financiers du Projet, semble nécessaire.

Lorsque le Projet aura atteint son régime de croisière, il faudra prévoir, pour l'option recommandée, une subvention annuelle de US 266 000\$ (193 000 000 FM). Sur une période de 12 ans, le montant de la subvention est évalué à US 2 773 000\$.

Ce montant a été établi cependant de façon à couvrir les déficits financiers du Projet et inclut donc des droits et des taxes revenant au Trésor malien (taxes IAS et taxes incluses dans le coût des matériaux). Ces taxes seront exclues lors de l'évaluation économique (section 10.2).

L'adoption d'une ou l'autre des deux options discutées dans cette étude nécessiterait une subvention annuelle de US 342 000\$ pour l'option 1 et de US 336 000\$ pour l'option 3 (Tableaux 10-8/3(1) et 10-8/3(2)).

Cette situation s'explique essentiellement par deux facteurs:

1. La faiblesse de la marge brute, qui est fixée par décret gouvernemental. Cette marge brute était en 1983 de 11.1%. Cet aspect est fréquemment mentionné comme principal facteur explicatif de la performance financière médiocre des entreprises industrielles et commerciales implantées au Mali.

Un prix de vente de 1500 FM/kg a été retenu après consultations auprès des sociétés de fabrication métallique de Bamako.

Afin de résorber le déficit annuel enregistré, ce prix de vente devrait être porté à environ 2800 FM/kg. Un tel prix aurait cependant pour effet de rendre les produits non compétitifs.

2. L'importance des frais de main d'oeuvre hors fabrication.

Cet aspect reflète l'orientation recommandée pour le Projet à savoir la formation et le développement des marchés des produits utilisant les énergies renouvelables et le service après-vente.

En ce qui concerne le service après-vente, cette fonction est considérée comme essentielle et comme une condition sine-qua-non du succès d'un tel projet. Cet aspect a été fréquemment négligé dans le passé et a contribué aux difficultés observées.

d) Taux de rendement interne

Quelle que soit l'option envisagée, les taux de rendement interne financiers sont négatifs traduisant les déficits financiers observés durant toute la période d'évaluation de 12 ans qui a été retenue (voir Tableaux 10-8/3(1), 10-8/3(2), 10-8/3(3)).

10.2 Évaluation économique

L'évaluation économique du Projet a été effectuée en se plaçant du point de vue de l'économie malienne, éliminant donc les paiements de transfert à l'intérieur de l'économie malienne (pour ce projet, les taxes d'importation sur les matériaux et les taxes IAS).

L'évaluation économique a également pris en compte d'une façon qualitative les principaux points forts et faibles du Projet qui ne peuvent être quantifiés.

10.2.1 Viabilité économique du Projet

a) Taux de rendement économique interne du Projet

Tel que l'indique l'annexe 10.3, le taux de rendement économique interne du Projet est négatif.

b) Programme de subventions

En régime de croisière, le coût réel des subventions nettes devant être versées par l'État malien serait de l'ordre de US 175 000\$/an (126 875 000 FM) pour l'option 2 (voir annexe 10.3).

Pour mémoire, l'évaluation financière a établi que la subvention annuelle nécessaire pour couvrir les déficits financiers de la Société serait de l'ordre de US 266 000\$ (192 850 000 FM) cumulée sur 12 ans, cette subvention est évaluée à US 2 066 000.

Il s'agit donc d'une subvention annuelle qui n'apparaît pas considérable compte tenu des autres bénéfices difficilement quantifiables mais néanmoins extrêmement importants à attribuer au Projet. Ces éléments sont discutés dans la section suivante.

#### 10.2.2 Points forts et points faibles du Projet

L'évaluation économique, présentée précédemment, néglige cependant un certain nombre de points forts du Projet difficiles sinon impossibles à quantifier.

Ces points forts apparaissent déterminant dans la recommandation de réaliser le Projet.

##### 10.2.2.1 Points forts du Projet

- Encouragement à l'utilisation des énergies renouvelables

Les énergies renouvelables sont disponibles en quantité considérable au Mali en particulier l'énergie solaire et l'énergie éolienne.

Le Projet permettrait de mobiliser et d'exploiter ces ressources d'une façon coordonnée.

- Économies d'énergie conventionnelle

Les produits retenus dans cette étude (en particulier les chauffe-eau solaires et les éoliennes), permettront des économies d'énergies conventionnelles. Leur installation devrait réduire à la fois l'utilisation de l'énergie conventionnelle ainsi que certains des investissements futurs dans le secteur de l'énergie.

- Fourniture de service qui ne le serait autrement

La réalisation du Projet devrait rendre accessible aux populations (en particulier celles éloignées des principaux réseaux d'énergie) certains services.

On peut mentionner à ce chapitre et à titre d'exemple la disponibilité en eau chaude dans les centres de santé/dispensaires isolés à partir des chauffe-eau ou la possibilité d'irrigation de petits périmètres agricoles ou d'hydraulique villageoise et pastorale grâce à l'installation d'éoliennes.

- Sensibilisation et promotion des produits utilisant les énergies renouvelables.

Tel qu'indiqué dans les chapitres précédents, le développement de l'utilisation des énergies renouvelables passe en effet par un effort substantiel d'information, de sensibilisation et de promotion des énergies renouvelables. Un tel effort doit viser à la fois les personnes prenant les décisions d'équipement (en particulier dans les Ministères) et les utilisateurs.

Le Projet proposé assurerait cette fonction en particulier grâce à sa direction commerciale (voir Chapitre 7).

- Vulgarisation des travaux de recherche et de développement effectués par le LESO

L'organisme mis sur pied permettra de vulgariser dans de bonnes conditions les travaux entrepris depuis 15 ans par le Laboratoire de l'Énergie Solaire de Bamako (LESO). Une coopération très étroite entre les deux organismes est recommandée. Le LESO assurant la fonction recherche et développement et la CMER la fonction fabrication, installations, service après-vente.

- Développement de la stratégie régionale de mise en oeuvre des énergies renouvelables

Une stratégie régionale (au niveau de l'Afrique de l'Ouest) de développement de l'utilisation des énergies renouvelables est actuellement conçue par le CRES (Centre Régional de l'Énergie Solaire). Un des objectifs du CRES est la promotion et l'encouragement aux centres de production nationaux (voir section 2.3.3).

La société proposée, le CMER, doit être considérée comme un de ces maillons nationaux.

- Mise en place d'une société orientée vers le service après-vente

Un certain nombre d'équipements utilisant les énergies renouvelables (chauffe-eau solaires, systèmes photovoltaïques pour l'hydraulique villageoise) sont en opération au Mali.

L'analyse des Projets de développement indique que les échecs et les difficultés observés sont fréquemment liés à l'absence ou l'insuffisance des services après-vente.

Le Projet proposé assurerait cette fonction de service après-vente à la fois grâce aux bases régionales de service et à la base centrale de service, dont la mise sur pied est recommandée.

- Utilisation d'installations industrielles actuellement inutilisées.

Plusieurs options de réalisation du Projet, ont été évaluées dans cette étude (voir en particulier le chapitre 6).

Une option basée sur l'utilisation d'installations industrielles actuellement inutilisées a été recommandée. Cette approche permet ainsi de réaliser le Projet avec un investissement minimum en actifs fixes de l'ordre de US 861 000\$.

Les risques financiers sont donc minimisés.

- Flexibilité maintenue

Comme indiqué dans la section 3.6 traitant de la demande et du marché, un des facteurs principaux du risque du Projet, réside dans le rythme de développement du marché pour les produits utilisant les énergies renouvelables.

La demande effective actuelle est très limitée; la demande future sera de nature industrielle ou proviendra d'une clientèle dont la capacité de payer est limitée,

Le Projet ainsi proposé limite (au moins dans un premier temps) les investissements en actifs fixes et permet également d'effectuer les ajustements nécessaires au rythme d'évolution du marché; cette flexibilité est obtenue grâce à la sous-traitance de la fabrication.

Tel que mentionné dans l'étude, si le marché se développait plus rapidement qu'anticipé la recommandation de différer la construction des ateliers de fabrication et de recourir à la sous-traitance pourrait être réexaminée. Dans un tel contexte, des ateliers pourraient alors être construits.

Le Projet recommandé permet également de maintenir une grande flexibilité vis à vis l'évolution de la technologie de mise en oeuvre des énergies renouvelables. En effet, la plupart des technologies utilisant les énergies nouvelles ne sont pas encore stabilisées.

10.2.2.2 Points faibles du Projet

- Taille du marché

L'étroitesse du marché effectif actuel, la nécessité de développer le marché futur, et les capacités financières limitées des utilisateurs constituent un des principaux points faibles et principal risque du Projet.

- Rentabilité financière et économique

L'évaluation financière a indiqué, que même après avoir atteint son régime de croisière, des subventions seraient nécessaires pour couvrir les déficits financiers annuels du Projet.

Il ne s'agit pas cependant de subventions considérables. Lorsque les droits et taxes perçues sont prises en compte, la subvention nette annuelle est estimée à environ US 175 000\$ (126 875 000 FM).



Tableau 10-1/2

OPTION 1 UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE  
 GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI  
 TABLEAU 10-1/2 COUT DES INVESTISSEMENTS FIXES  
 (US 000\$)

ANNEE	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			TOTAL			
PROFONDURE DE PRODUCTION	0			21			43			81			139			150			165			180			190			200			200			200						
MOYENNE	D	F	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	a	b	c	
PERSONNEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FREQUENT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BATIMENT	60	160	220	0	0	0	0	0	0	30	94	124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95	214	249	
EQUIPEMENT MECANIQUE TECHNIQUE	14	0	304	432	0	432	108	0	108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124	0	664	
INSTALLATIONS MACHINES	48	14	62	143	20	163	0	0	0	136	13	149	48	0	48	166	0	166	0	0	0	166	0	166	0	166	48	0	48	166	0	166	0	166	0	0	0	611	47	596
COUT TOTAL DES INVESTISSEMENTS	427	174	611	575	20	595	108	0	108	166	107	173	48	0	48	166	0	166	0	0	0	166	0	166	0	166	48	0	48	166	0	166	0	166	0	0	0	124	214	2101

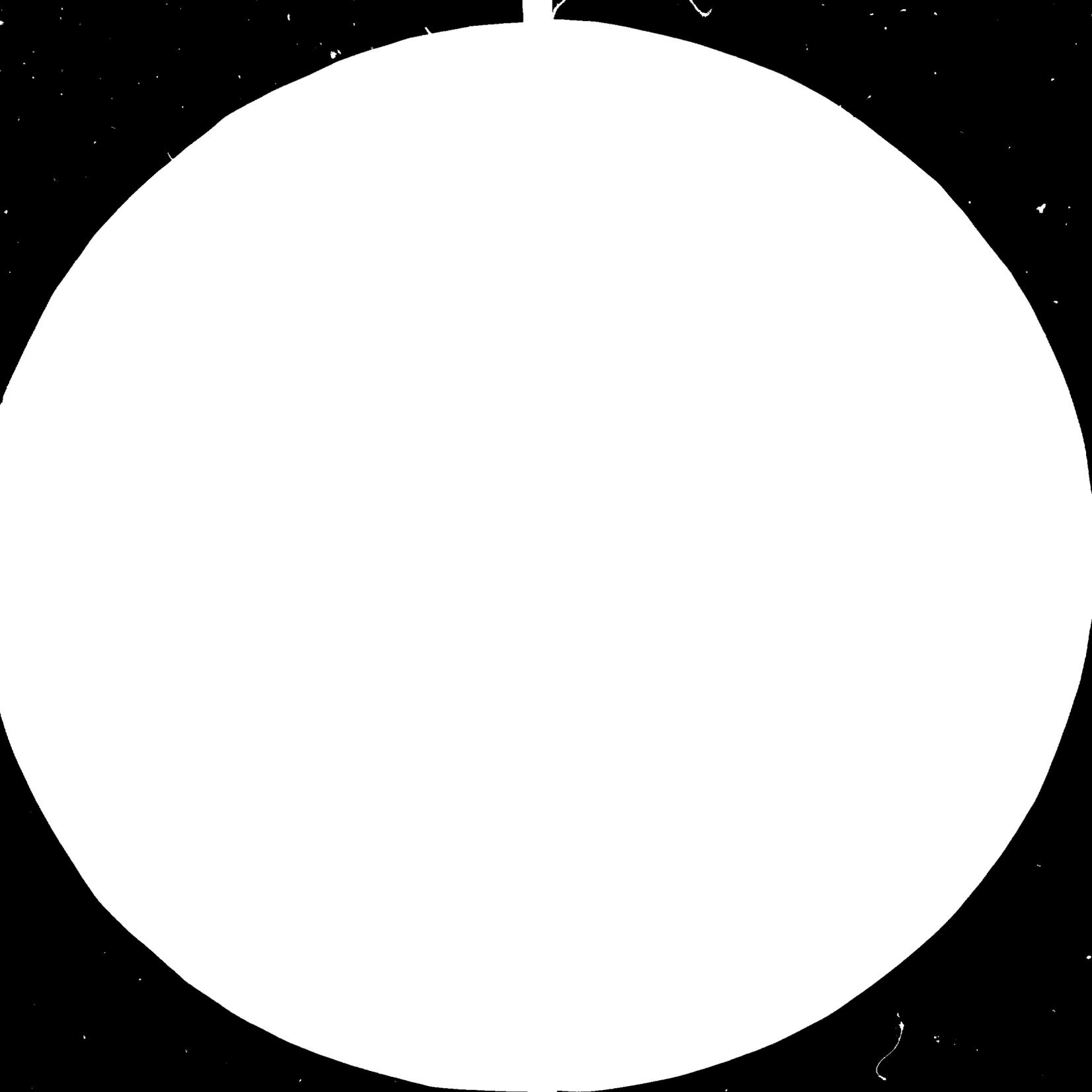
Tableau 10-3/2

*****												
OPTION 2		UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE										
		GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI										
		TABLEAU 10-3/2										
		CALCUL DU FONDS DE ROULEMENT										
		(US 000\$)										
*****												
ANNEE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
*****												
COMPTES A												
RELEVOR (3 MOIS)	0	11	22	42	72	78	85	93	98	103	103	107
STOCKS (11 MOIS)	0	4	7	14	24	26	28	31	33	34	34	34
TOTAL												
ACTIF CIRCULANT	0	14	30	56	96	103	114	124	131	136	138	138
COMPTES												
CREDITEUR	0	7	17	23	34	36	39	41	43	45	45	45
FONDS DE												
ROULEMENT	0	7	13	32	62	66	75	83	88	93	93	93
ACCROISSEMENT DU												
FONDS DE	0	7	6	19	30	6	7	6	5	5	0	0
ROULEMENT												
*****												





**RESOLVA**





28



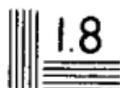
32



36



40



## MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS  
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1910  
ANSI and ISO TEST CHART No. 2



Tableau 10-8/3 (2)

Option 2		UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE BOUVENEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI TABLEAU 10-8/3 TABLEAU DES MOUVEMENTS DE TRESORERIE (CASH-FLOW) POUR LA PLANIFICATION FINANCIERE (US \$ MIL)													
PERIODE		EXECUTION			MISE EN ROUTE				PROSIFERE					TAUX DE LIQUIDATION	
SECTION	ANNEE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ANNÉE	TOTAL
PROGRAMME DE PRODUCTION (TONNES)		0	21	43	81	139	150	165	180	190	200	200	200	DERNIERE	1974
A. RENTREES DE TRESORERIE		695	718	203	460	318	385	348	449	398	419	414	414		5201
1. Total des ressources financières		695	675	114	292	30	75	7	77	5	5	0	0		1975
i) avoir des actionnaires		148	97	2	117	12	30	3	31	2	2	0	0		444
ii) Dette à long terme		223	146	4	175	18	45	4	46	3	3	0	0		667
iii) Subvention-assistance technique		324	432	108	0	0	0	0	0	0	0	0	0		864
2. Produits des ventes		0	43	89	168	288	310	341	372	393	414	414	414		3646
B. SORTIES DE TRESORERIE		695	762	375	641	562	682	555	803	709	851	680	680	1191	6994
1. Constitution du total des actifs (remplacement compris)		695	675	114	292	78	172	7	174	53	171	0	0	1191	2481
i) investissements (sans remplacement)		611	595	168	273	0	69	0	69	0	0	0	0		1725
ii) Dépenses de premier établissement		84	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		157
iii) Fonds de roulement		0	7	6	19	30	6	7	6	5	5	0	0		93
iv) Remplacements		0	0	0	0	48	97	0	97	48	166	0	0		456
2. Coûts d'exploitation		0	84	260	281	405	429	464	496	521	543	543	543		4509
3. Service de la dette		0	0	53	53	53	53	53	99	99	99	99	99		763
i) Intérêts		0	0	53	53	53	53	53	53	50	46	41	37		453
ii) Remboursement sur capital prêt		0	0	0	0	0	0	0	46	50	54	58	62		310
4. Impôts (IAS)		0	3	7	14	26	28	31	34	36	37	37	37		281
5. Dividendes		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
C. EXCEDENT OU DEFICIT		0	-44	-172	-181	-244	-297	-207	-354	-311	-432	-266	-266		-2193
D. EXCEDENT OU DEFICIT ACCUMULE		0	-44	-216	-397	-641	-938	-1146	-1499	-1810	-2242	-2508	-2773		-2773
E. CASH FLOW		-695	-719	-232	-419	-221	-319	-181	-352	-317	-432	-266	-266	1191	
E. TAUX DE RENDEMENT INTERNE		-14,20%													



Tableau 10-9 (1)

Up ton		UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI TABLEAU 10-9 ETAT DES RELEVES NETTES (US 000\$)											
SECTION	PERIODE	EXECUTION			MISE EN ROUTE				CROISIERE				
	ANNEE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	PROGRAMME DE PRODUCTION (TONNES)	0	0	21	43	81	139	150	165	185	200	200	200
	1. VENTES	0	0	43	89	168	288	310	341	383	414	414	414
	2. COUTS DE PRODUCTION	0	0	512	553	658	729	771	799	849	868	858	847
	3. BENEFICE BRUT OU IMPOSABLE	0	0	-469	-464	-490	-441	-461	-458	-466	-454	-444	-433
	4. IMPOTS (AS)	0	0	0	0	6	17	19	21	23	25	25	25
	5. BENEFICE NET	0	0	-469	-464	-496	-459	-479	-476	-489	-479	-469	-458
	6. DIVIDENDES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7. BENEFICES NON DISTRIBUES	0	0	-469	-464	-496	-459	-479	-476	-489	-479	-469	-458
	8. BENEFICES NON DISTRIBUES ACCUMULES	0	0	-469	-932	-1429	-1888	-2367	-2845	-3325	-3814	-4283	-4741
	RATIOS												
	A. Benefices bruts:ventes (%)	-	-	-10,90	-5,21	-2,92	-1,53	-1,49	-1,34	-1,22	-1,10	-1,07	-1,07
	B. Benefices nets:ventes (%)	-	-	-10,90	-5,21	-2,96	-1,59	-1,55	-1,40	-1,28	-1,16	-1,10	-1,11
	C. Benefices nets:avoir des actionnaires (%)	0,00	0,00	-0,56	-0,55	-0,52	-0,47	-0,48	-0,46	-0,47	-0,46	-0,45	-0,44

Tableau 10-9 (2)

Option 2		UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI TABLEAU 10-9 ETAT DES RECETTES NETTES (US 000\$)											
SECTION	PERIODE ANNEE	EXECUTION			MISE EN ROUTE				CROISIERE				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	PROGRAMME DE PRODUCTION (TONNES)	0	21	43	81	139	150	165	180	190	200	200	200
	1. VENTES	0	43	89	168	288	310	341	372	393	414	414	414
	2. COUTS DE PRODUCTION	0	84	325	441	565	606	641	691	712	730	726	721
	3. BENEFICE BRUT OU IMPOSABLE	0	-41	-236	-273	-277	-296	-300	-319	-319	-316	-312	-307
	4. IMPOTS IAS	0	3	7	14	26	28	31	34	36	37	37	37
	5. BENEFICE NET	0	-44	-243	-287	-303	-324	-331	-352	-355	-353	-349	-344
	6. DIVIDENDES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7. BENEFICES NON DISTRIBUES	0	44	-243	-287	-303	-324	-331	-352	-355	-353	-349	-344
	8. BENEFICES NON DISTRIBUES ACCUMULES	0	-44	-267	-575	-878	-1202	-1534	-1886	-2241	-2594	-2943	-3267
	RATIOS												
	A. Benefices bruts:ventes (%)	-	-0.95	-2.65	-1.63	-0.96	-0.96	-0.88	-0.86	-0.81	-0.76	-0.75	-0.74
	B. Benefices nets:ventes (%)	-	-1.03	-2.73	-1.71	-1.05	-1.05	-0.97	-0.95	-0.90	-0.85	-0.84	-0.83
	C. Benefices nets:avoir des actionnaires (%)	0	-0.18	-0.98	-0.79	-0.80	-0.80	-0.81	-0.80	-0.80	-0.80	-0.79	-0.77

Tableau 10-9 (3)

Option 3		UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI TABLEAU 10-9 ETAT DES RECETTES NETTES (US 000\$)											
SECTION	PERIODE	EXECUTION			MISE EN ROUTE				CROISIERE				
	ANNEE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	PROGRAMME DE PRODUCTION (TONNES)	0	5	26	52	91	140	150	165	185	200	200	200
	1. VENTES	0	10	54	108	180	290	310	341	383	414	414	414
	2. COUTS DE PRODUCTION	0	55	520	565	675	734	770	799	844	863	853	843
	3. BENEFICE BRUT OU IMPDABLE	0	-45	-466	-457	-487	-444	-460	-458	-461	-449	-439	-429
	4. IMPOTS IAS	0	0	0	1	7	17	18	20	23	25	25	25
	5. BENEFICE NET	0	-45	-466	-458	-493	-460	-478	-478	-464	-474	-464	-454
	6. DIVIDENDES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7. BENEFICES NON DISTRIBUES	0	-45	-466	-458	-493	-460	-478	-478	-484	-474	-464	-454
	8. BENEFICES NON DISTRIBUES ACCUMULES	0	-45	-511	-969	-1463	-1923	-2401	-2879	-3263	-3837	-4301	-4755
	RATIOS												
	A. Benefices bruts:ventes (1)	-	-4.50	-8.63	-4.23	-2.59	-1.53	-1.48	-1.34	-1.20	-1.08	-1.06	-1.04
	B. Benefices nets:ventes (2)	-	-4.50	-8.63	-4.24	-2.62	-1.59	-1.54	-1.40	-1.26	-1.14	-1.12	-1.10
	C. Benefices nets:avoir des actionnaires (3)	0.00	-0.06	-0.58	-0.56	-0.53	-0.49	-0.49	-0.49	0.46	-0.47	-0.46	-0.45

Tableau 10-10 (1)

.....													
Option 1		UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE											
		GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI											
		TABLEAU 10-10 PROJECTION DU BILAN (US \$000)											
.....													
PERIODE		EXECUTION			MISE EN ROUTE				CRUISE				
SÉLECTION	ANNÉE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PROGRAMME DE PRODUCTION (TONNES)		0	0	21	43	81	139	150	165	185	200	200	200
.....													
A. ACTIF TOTAL		970	2725	3162	3527	4143	4510	4821	5065	5519	5842	6118	6314
1. ACTIF COURANT (TOTAL ACCUMULE)		0	0	14	30	56	96	103	114	128	138	138	138
a) Solde de trésorerie		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
b) Actif circulant		0	0	14	30	56	96	103	114	128	138	138	138
Total (a+b)		0	0	14	30	56	96	103	114	128	138	138	138
2. ACTIFS FIXES		970	2725	2680	2565	2658	2527	2351	2105	2050	1891	1697	1475
a) Investissements fixes initiaux		886	2531	2678	2755	3029	3029	3098	3098	3167	3167	3167	3167
b) Remplacements		0	0	0	0	47	144	144	144	288	385	454	454
c) Dépenses de premier établissement		84	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194
d) Amortissements accumulés		0	0	192	385	612	840	1085	1331	1593	1855	2118	2380
3. PERTES		0	0	469	932	1429	1888	2367	2845	3335	3814	4263	4741
A. PASSIF (TOTAL)		970	2725	3162	3527	4143	4510	4821	5065	5519	5842	6118	6314
1. ENGAGEMENTS COURANTS		0	0	16	20	26	31	33	36	39	42	42	42
2. DETTE A LONG TERME		390	1251	1251	1258	1434	1455	1500	1397	1329	1208	1073	921
3. AVOIR DES ACTIONNAIRES		200	834	834	839	957	970	1000	1003	1020	1028	1028	1028
4. SUBVENTION-ASSISTANCE TECHNIQUE		320	640	787	864	864	864	864	864	864	864	864	864
5. SUBVENTIONS-OPERATIONS		0	0	274	546	862	1189	1424	1764	2251	2890	3101	3443
.....													

Tableau 10-10 (2)

Option 2		UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI TABLEAU 10-10 PROJECTION DU BILAN (US 000\$)											
SECTION	PERIODE	EXECUTION			MISE EN ROUTE				CROISIEME				
	ANNEE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	PROGRAMME DE PRODUCTION (TONNES)	0	21	43	81	139	150	165	180	190	200	200	200
	A. ACTIF TOTAL	695	1421	1717	2197	2481	2854	3073	3459	3728	4113	4320	4520
	1. ACTIF COURANT (TOTAL ACCUMULE)	0	14	30	56	96	103	114	124	131	138	138	138
	a) Solde de tresorerie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	b) Actif circulant	0	14	30	56	96	103	114	124	131	138	138	138
	Total (a+b)	0	14	30	56	96	103	114	124	131	138	138	138
	2. ACTIFS FIXES	695	1383	1400	1566	1507	1549	1425	1450	1358	1381	1240	1098
	a) Investissements fixes initiaux	611	1206	1314	1587	1587	1656	1656	1725	1725	1725	1725	1725
	b) Remplacements	0	0	0	0	48	145	145	242	240	456	456	456
	c) Depenses de premier etablissement	84	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157
	d) Amortissements accumules	0	0	71	178	265	409	533	674	816	957	1099	1240
	3. PERTES	0	44	287	575	878	1202	1534	1886	2241	2594	2943	3287
	A. PASSIF TOTAL	695	1421	1717	2197	2481	2854	3073	3459	3728	4113	4320	4520
	1. ENGAGEMENTS COURANTS	0	7	17	23	34	36	39	41	43	45	45	45
	2. DETTE A LONG TERME	223	368	372	547	565	610	614	615	568	517	457	40
	3. AVOIR DES ACTIONNAIRES	148	246	240	365	377	407	410	400	442	444	444	444
	4. SUBVENTION-ASSISTANCE TECHNIQUE	324	75	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864
	5. SUBVENTIONS OPERATIONS	0	44	210	577	841	978	1140	1477	1610	2242	2506	2777

Tableau 10-10 (3)

.....													
Option 3		UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI TABLEAU 10-10 PROJECTION DU BILAN (US 000\$)											
.....													
PERIODE													
		EXECUTION			MISE EN ROUTE				CRUISTIERE				
SECTION	ANNEE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
.....													
PROGRAMME DE PRODUCTION (TONNES)		0	5	26	52	91	140	150	165	165	200	200	200
.....													
A. ACTIF TOTAL		1463	2782	3217	3503	4119	4485	4795	5041	5492	5812	6085	6279
1. ACTIF COURANT (TOTAL ACCUMULE)		0	3	18	36	63	97	103	114	128	138	138	138
a) Solde de tresorerie		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
b) Actif circulant		0	3	18	36	63	97	103	114	128	138	138	138
Total (a+b)		0	3	18	36	63	97	103	114	128	138	138	138
2. ACTIFS FIXES		1463	2734	2688	2498	2593	2465	2291	2048	2000	1837	1646	1386
a) Investissements fixes initiaux		1379	2561	2705	2705	2978	2978	3047	3047	3116	3116	3116	3116
b) Remplacements		0	0	0	0	48	145	145	145	289	366	455	455
c) Depenses de premier etablissement		84	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173
d) Amortissements accumules		0	0	190	380	606	832	1074	1317	1578	1838	2098	2356
3. PERTES		0	45	511	969	1463	1923	2401	2879	3367	3837	4301	4755
A. PASSIF TOTAL		1463	2782	3217	3503	4119	4485	4795	5041	5492	5812	6085	6279
1. ENGAGEMENTS COURANTS		0	5	17	21	27	32	34	36	39	42	42	42
2. DETTE A LONG TERME		683	1208	1209	1217	1394	1411	1456	1356	1291	1174	1047	508
3. AVOIR DES ACTIONNAIRES		456	805	805	812	929	941	970	974	1005	1009	1009	1009
4. SUBVENTION-ASSISTANCE TECHNIQUE		324	720	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864
5. SUBVENTIONS-OPERATIONS		0	45	321	589	905	1237	1472	1811	2292	2725	3129	3465
.....													

Tableau 10-12

UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE  
 GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI  
 TABLEAU 10-12 ECHELONNEMENT DES COUTS DE PRODUCTION  
 (en 000\$)

ANNEE	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			TOTAL					
PROGRAMME DE PRODUCTION	0			21			43			81			139			150			165			189			190			200			200			200								
FINANCEMENT	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T			
MATERIAUX DIRECTS	0	0	0	16	6	22	32	12	44	61	23	84	105	40	145	113	45	158	124	47	171	136	52	188	143	54	197	151	57	208	151	57	208	151	57	208	1183	446	1629			
SOUS TRAITANCE	0	0	0	0	19	19	0	40	40	0	74	74	0	127	127	0	137	137	0	152	152	0	164	164	0	174	174	0	182	182	0	182	182	0	182	182	0	182	182	0	1423	1423
FRAIS GENERAUX DE FABRICATION	0	0	0	1	7	8	2	16	18	2	23	25	2	23	25	3	25	28	3	27	30	3	30	33	4	32	36	4	35	39	4	35	39	4	35	39	4	35	39	27	268	320
COUTS DE FABRICATION	0	0	0	17	32	49	34	68	102	63	120	183	107	190	297	116	205	321	127	226	353	139	246	385	147	250	407	155	274	429	155	274	429	155	274	429	11	109	3284			
FRAIS ADMINISTRATIFS	0	0	0	0	15	15	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	445	445
FRAIS DE VENTE ET DE DISTRIBUTION	0	0	0	0	20	20	0	55	55	0	55	55	0	65	65	0	65	65	0	68	68	0	68	68	0	71	71	0	71	71	0	71	71	0	71	71	0	71	71	0	567	567
COUTS D'EXPLOITATION	0	0	0	17	67	84	34	166	200	63	318	391	107	458	605	116	490	606	127	514	641	139	551	690	147	565	712	155	595	750	155	595	750	155	595	750	155	595	750	1015	3294	4509
FRAIS FINANCIERS	0	0	0	0	0	0	0	53	53	0	53	53	0	53	53	0	53	53	0	53	53	0	53	53	0	50	50	0	46	46	0	41	41	0	37	37	0	37	37	0	492	492
AMORTISSEMENT	0	0	0	0	0	0	0	71	71	0	107	107	0	107	107	0	124	124	0	124	124	0	141	141	0	141	141	0	141	141	0	141	141	0	141	141	0	141	141	0	1126	1126
TOTAL DES COUTS DE PRODUCTION	0	0	0	17	67	84	34	290	324	63	378	441	107	458	565	116	490	606	127	514	641	139	551	690	147	565	712	155	595	750	155	595	750	155	595	750	155	595	750	1015	3294	4509

---

# Annexes

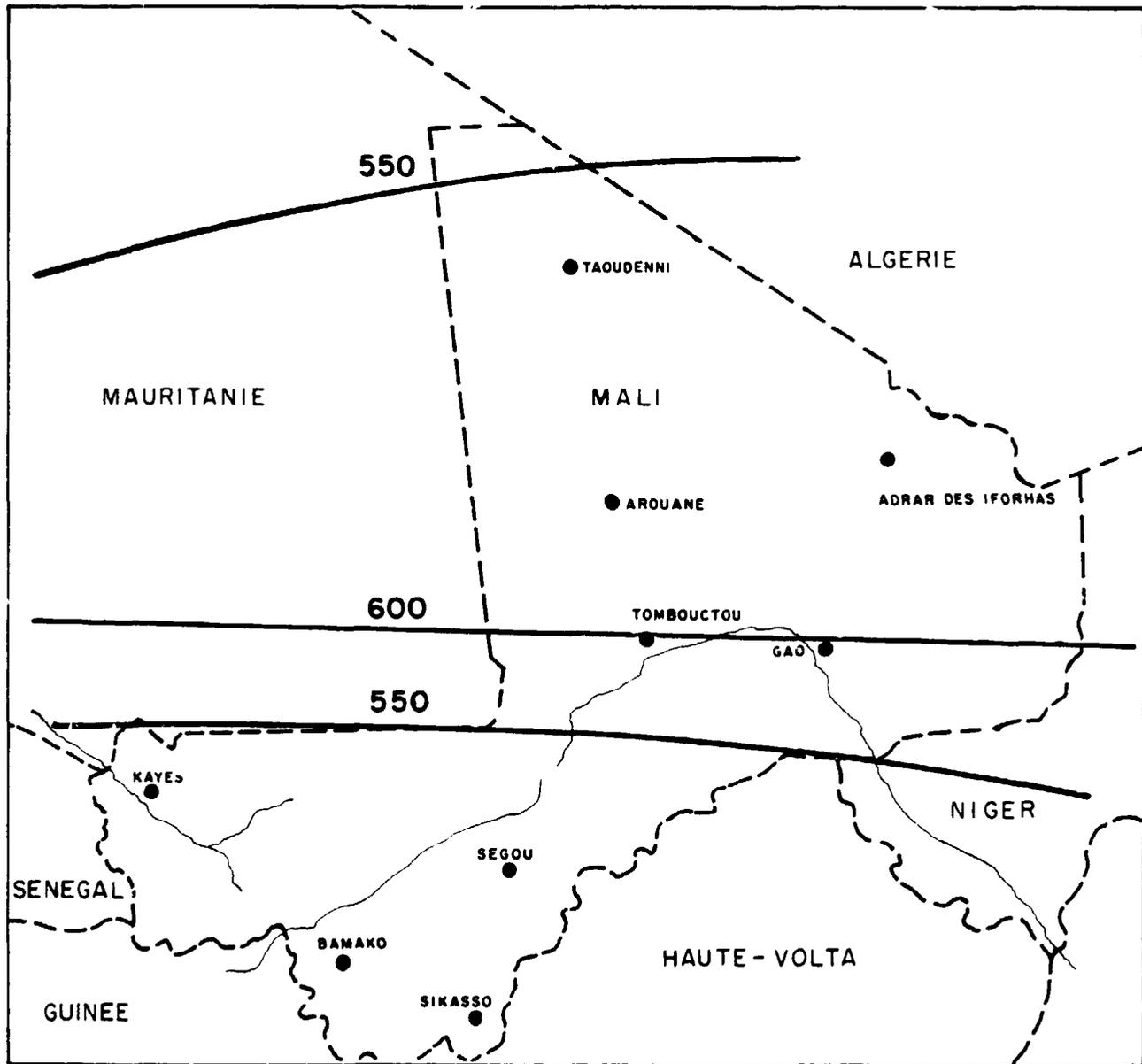
I  
I  
A  
B  
C  
D  
E  
F  
G  
H  
I  
J  
K  
L  
M  
N  
O  
P  
Q  
R  
S  
T  
U  
V  
W  
X  
Y  
Z

## LISTE DES ANNEXES

- 2.1 Valeurs moyennes de l'insolation au Mali
- 2.2 Rayonnement solaire
- 2.3 Valeurs moyennes annuelles de la vitesse du vent au Mali
- 2.4 Vitesses moyennes des vents à Mopti et Tombouctou
- 2.5 Le Laboratoire de l'Energie Solaire  
- Document de présentation -
- 3.1 Etude de marché - Installations photovoltaïques
- 3.6 Enquête industrielle - Entreprises de l'échantillon
- 6.1 Fiches Techniques
- 9.1 Echéanciers de construction
- 9.2 Echéancier de fabrication pour les éoliennes
- 10.1 Evaluation financière - Données de base pour l'option 1
- 10.2 Evaluation financière - Données de base pour l'option 3
- 10.3 Evaluation économique - Cash flows et subventions nettes

ANNEXE 2.1

Valeurs moyennes de l'insolation au Mali en cal/cm<sup>2</sup>



ANNEXE 2.2

Rayonnement solaire (en Wh/m<sup>2</sup>)

(calculé à partir des données météorologiques par un modèle  
mathématique sur les 6 années 1970 - 1975)

1. Direct normal

Mois	Ville						
	Bamako	Gao	Mopti	Nioro du Sahel	San	Tessalit	Tombouctou
Janvier	5 876	6 059	6 389	6 663	7 023	6 322	6 359
Février	5 931	6 620	6 770	7 116	7 318	7 203	7 107
Mars	5 278	6 256	6 151	7 228	6 261	6 646	6 617
Avril	5 041	5 843	5 802	6 553	5 748	6 743	6 503
Mai	5 045	5 702	5 551	6 312	5 858	6 536	6 057
Juin	5 177	5 315	5 565	6 005	5 445	5 366	5 653
Juillet	3 890	5 607	4 944	5 391	4 908	4 779	5 652
Août	3 295	5 725	4 666	5 027	4 575	4 814	6 029
September	4 057	5 940	5 433	5 790	5 092	5 806	6 201
Octobre	5 327	7 000	6 052	6 333	6 303	6 954	7 041
Novembre	5 154	6 331	6 126	6 176	6 724	6 172	7 041
Décembre	4 557	5 257	5 519	5 980	6 262	5 123	6 474

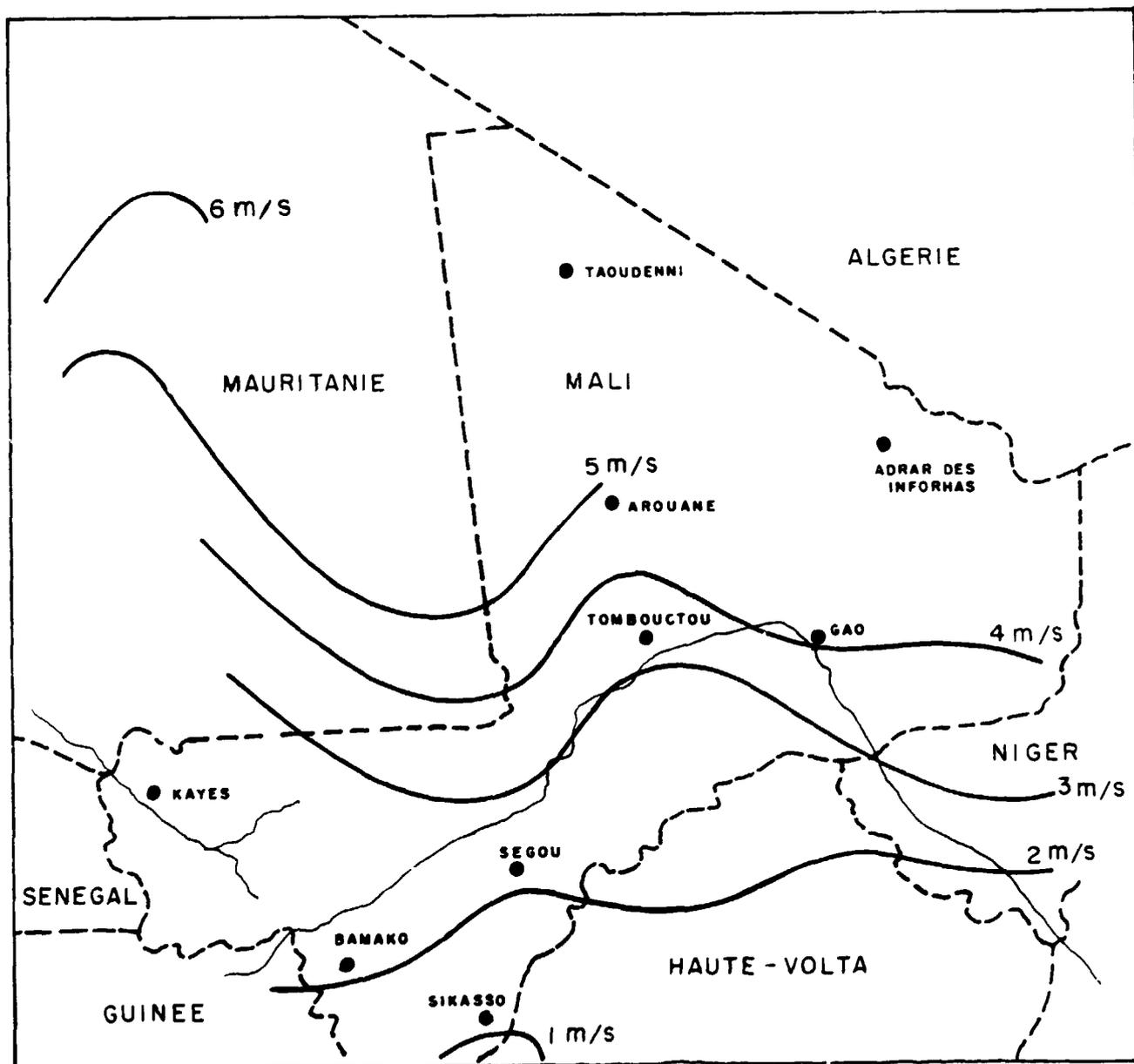
2. Global horizontal

Janvier	5 621	5 355	5 680	5 734	6 043	5 283	5 469
Février	6 151	6 172	6 376	6 482	6 668	6 090	6 319
Mars	6 181	6 643	6 685	7 131	6 714	67 602	6 783
Avril	6 131	6 671	6 703	7 068	6 658	7 120	7 065
Mai	6 074	6 664	6 522	6 990	6 660	7 090	6 834
Juin	6 107	6 399	6 421	6 741	6 221	6 493	6 594
Juillet	5 247	6 522	5 939	6 293	5 905	6 164	6 580
Août	4 864	6 406	5 726	6 004	5 716	5 305	6 650
September	5 267	6 406	6 081	6 321	5 935	6 309	6 524
Octobre	5 761	6 464	6 064	6 258	6 235	6 194	6 464
Novembre	5 449	5 631	5 655	5 631	6 017	5 207	5 659
Décembre	4 963	4 865	5 138	5 293	5 567	4 456	4 903

SOURCE: GDTA

ANNEXE 2.3

Valeurs moyennes annuelles de la vitesse du vent au Mali



ANNEXE 2.4

Vitesses moyennes des vents à Mopti et Tombouctou

Mopti (1970-1975)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septemb	Octobre	Novemb.	Decanb.	Moyenne annuelle
Vitesse moyenne instantanée (m/s)	5,2 m/s	5,0 m/s	6,0 m/s	5,7 m/s	5,5 m/s	6,5 m/s	5,7 m/s	4,2 m/s	3,6 m/s	3,3 m/s	4,5 m/s	5,2 m/s	5,6 m/s
Direction moyenne	NO		NO	NO et S	NO et S	SO			SO	O	S et NO	NO	
Directions extrêmes	NO/E		NO/E	réparti	réparti	SE/N	SE/O	SE/O	N/NO	S/N	NS/SE	NO/SE	
Nombre d'heures par jour de vent (4m/s)	17h/j	16h/j	17h/j	17h/j	17h/j	20h/j	19h/j	15h/j	14h/j	13h/j	14h/j	16h/j	16h/j
Nombre d'heures par jour de vent (6m/s)	12h/j	12h/j	13h/j	13h/j	12h/j	15h/j	14h/j	10h/j	8h/j	8h/j	10h/j	12h/j	12h/j
Nombre d'heures par jour de vent (8m/s)	8h/j	8h/j	9h/j	9h/j	8h/j	10h/j	9h/j	4h/j	4h/j	4h/j	7h/j	7h/j	7h/j

Tombouctou (1970-1975)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septemb	Octobre	Novemb.	Decanb.	Moyenne annuelle
Vitesse moyenne instantanée (m/s)	5,0 m/s	4,8 m/s	5,2 m/s	5,7 m/s	5,5 m/s	6,2 m/s	6,7 m/s	5,2 m/s	4,3 m/s	4,0 m/s	4,2 m/s	4,5 m/s	5,1 m/s
Direction moyenne	N/E				NS	O			O	SO	E	NE	NE
Directions extrêmes	NO/SE	NO/SE	NO/E	NO/E	réparti	S/N	S/NO	S/NO	S/N	réparti	NO/SE	NO/SE	
Nombre d'heures par jour de vent (4m/s)	12h/j	12h/j	12h/j	13h/j	12h/j	14h/j	14h/j	12h/j	10h/j	9h/j	10h/j	11h/j	12h/j
Nombre d'heures par jour de vent (6m/s)	16h/j	15h/j	16h/j	17h/j	16h/j	17h/j	18h/j	16h/j	14h/j	13h/j	14h/j	15h/j	16h/j
Nombre d'heures par jour de vent (8m/s)	7h/j	7h/j	8h/j	9h/j	8h/j	11h/j	11h/j	8h/j	6h/j	5h/j	7h/j	7h/j	8h/j

SOURCE: GDTA

ANNEXE 2.5

TRANSCRIPTION DU DOCUMENT DE PRESENTATION DU LABORATOIRE DE L'ENERGIE

SOLAIRE DE BAMAKO

MINISTERE D'ETAT CHARGE  
DE L'EQUIPEMENT

REPUBLIQUE DU MALI  
Un Peuple - Un But - Une Foi

DIRECTION NATIONALE  
DE L'HYDRAULIQUE  
ET DE L'ENERGIE

LABORATOIRE DE L'ENERGIE  
SOLAIRE

LE LABORATOIRE  
DE L'ENERGIE SOLAIRE

## LABORATOIRE ENERGIE SOLAIRE

Le LABORATOIRE DE L'ENERGIE SOLAIRE est une institution de recherche essentiellement en Energie Solaire. Mais d'une façon générale, il s'intéresse à d'autres sources d'énergies nouvelles: biomasse, éolienne. L'exposé bref qui va suivre vous donnera un aperçu de l'évolution, des activités et des projets de ce centre.

### HISTORIQUE

Le Laboratoire de L'Energie Solaire a été créé peu avant 1964. Il était alors incorporé au Laboratoire National des Travaux Publics, et confié à un contractuel français qui essayait avec les moyens existants et avec l'aide d'artisans locaux de réaliser quelques prototypes d'appareils solaires de démonstration à des fins de sensibilisation.

Ce n'est qu'en 1964 que le Laboratoire est devenu un service indépendant et qu'il lui a été affecté son bâtiment actuel composé alors de deux salles de bureau et d'un hangar, à l'entrée de la cour du Garage central du Génie militaire à Dar-salam.

Plus tard, M. Abdou Moumouni, un des pionniers de la recherche solaire en Afrique, docteur es-sciences, professeur agrégé de physique, succéda au contractuel français. Grâce à son dynamisme, à sa persévérance et à la sollicitude des autorités, il est parvenu à rassembler l'équipement nécessaire pour faire du hangar, d'ailleurs contigu à son bureau, un atelier de mécanique générale équipé de machines-outils dont l'achat a été assuré à l'initiative du Gouvernement par les subventions de quelques Sociétés d'Etat.

En 1968, malgré tous les efforts consentis, le chemin à parcourir restait encore long et difficile.

En mars 1969, M. Cheickna Traore, l'actuel Directeur du Laboratoire de l'Energie Solaire, thermo-physicien, ingénieur atomiste, fut nommé en remplacement de M. Moumouni, rentré définitivement dans son pays au Niger, au début de la même année.

Le Laboratoire a continué sa marche difficile. Il s'est structuré et équipé graduellement. Aujourd'hui, il se présente sous un visage plus nouveau et bénéficie de l'attention croissante des autorités de notre pays. C'est graduellement encore qu'il est arrivé à s'imposer en service capable de jouer un rôle-clé dans le développement du Mali.

## VOCATION

Le Laboratoire de l'Energie Solaire a pour vocation, la promotion de la recherche, principalement dans le domaine de l'Energie Solaire, mais aussi de toutes les nouvelles sources d'énergie. Nous considérons cette recherche comme un moyen de parvenir grâce à ces applications, à l'amélioration des conditions de vie des populations. Pour atteindre cet objectif, nos efforts tendent à introduire l'usage de procédés d'exploitation de l'Energie Solaire dans plusieurs secteurs de notre économie nationale.

C'est dans cette optique que nous avons entrepris, la fabrication et la vulgarisation de certains appareils solaires déjà mis au point, et que nous sommes chargés de la réalisation des projets d'installations solaires de pompage d'eau, de fourniture d'électricité solaire, ainsi que de leur bon fonctionnement.

## STRUCTURES ADMINISTRATIVES

Le Laboratoire de l'Energie Solaire (LESO) est rattaché à la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie (DNHE), qui relève du Ministère de l'Energie et des Mines.

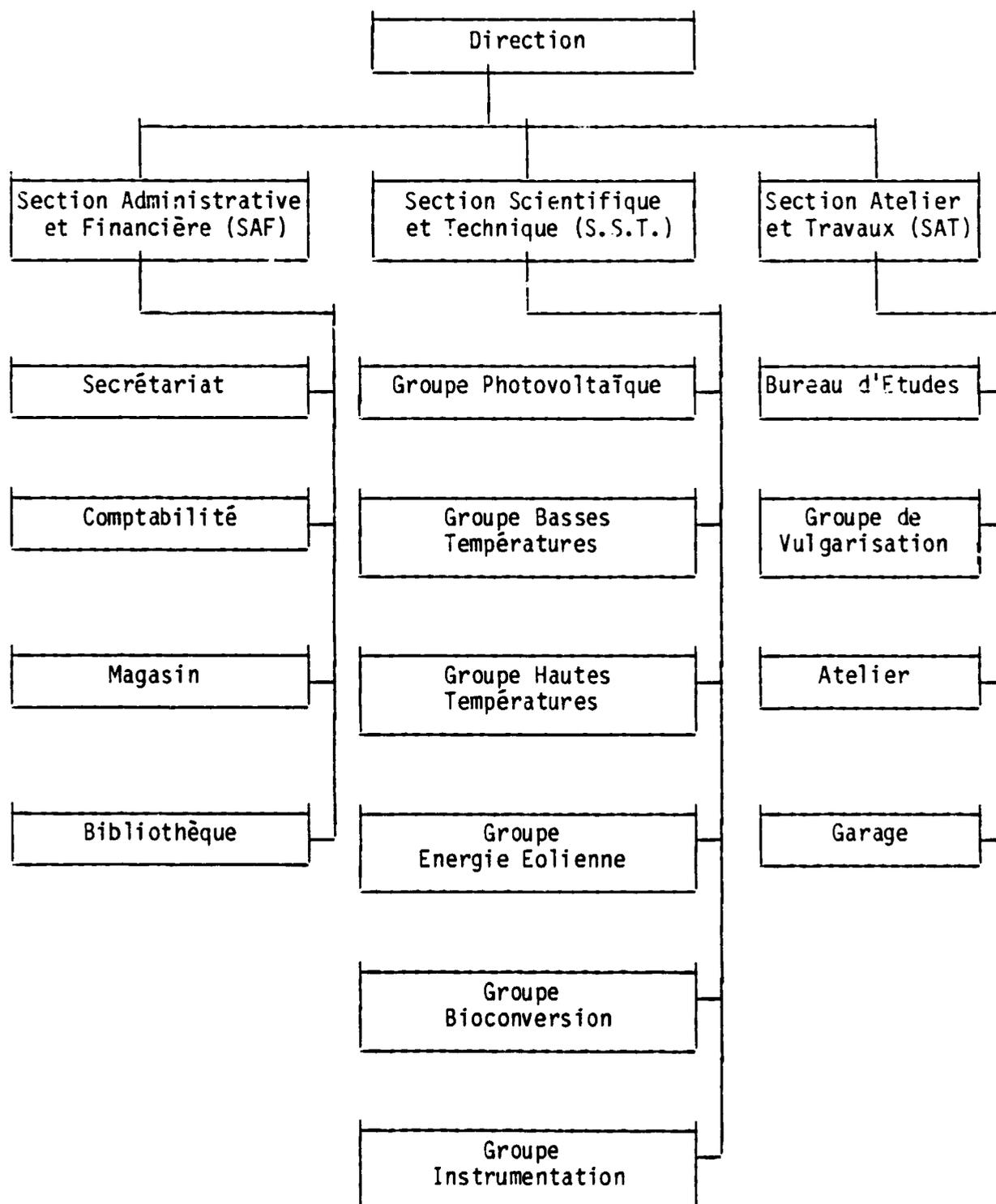
Par la Note de Service No. 1184 du 8 Octobre 1980, le Directeur Général a approuvé l'organigramme actuel du LESO (cf schéma).

Ainsi, trois sections constituent le LESO, la Section Scientifique et Technique (SST), la Section Administrative et Financière (SAF), la Section Atelier et Travaux (SAT).

Etant donné que la vocation du LESO est la Recherche et Développement (R&D), la SST en est la section la plus importante. C'est elle qui regroupe les cadres scientifiques, répartis en six Groupes de Travail.

- le Groupe "Photovoltaïque", s'occupe des tests de dispositifs photovoltaïques importés (pompes, réfrigérateurs, systèmes d'éclairage, etc.) et de la mise au point de chargeurs de piles;
- le Groupe "Hautes Températures", est occupé par les cuisinières solaires et la production de force motrice;
- le Groupe "basses Températures", s'occupe du chauffage d'eau, de la distillation, du séchage des produits agricoles et de la réfrigération;

- le Groupe "Energie Eolienne": s'occupe de la mise au point et des tests d'éoliennes à axe vertical ou horizontal;
- le Groupe "Bioconversion" est occupé par les foyers améliorés à bois et biogaz;
- le Groupe "Instrumentation et Mesures": chargé des mesures climatologiques, de l'installation et l'entretien des appareils de mesures.



## PERSONNEL

Le personnel du LESO se compose d'une cinquantaine d'agents partagés entre les trois sections.

La SST regroupe 4 ingénieurs principaux, titulaires du "Master of Science", et 11 ingénieurs du 2e degré, titulaires du Diplôme d'Ingénieurs de Sciences Appliquées. Plusieurs d'entre eux sont également titulaires du Diplôme Universitaire d'Energie Solaire de l'université de Perpignan. D'autres ont bénéficié de stages de formation aux USA.

La Section "Atelier et Travaux" (SAT) est composée de 7 techniciens et 17 contre-maîtres partagés entre l'atelier, le Groupe de Vulgarisation et les Groupes de recherche de la SST.

La Section Administrative et Financière (SAF) est dirigée par un administrateur civil qu'appuient des rédacteurs d'administration et des adjoints administratifs et financiers.

## MOYENS TECHNIQUES ET FINANCIERS

Le LESO est un service public et comme tel, ses dépenses de personnel et de fonctionnement sont couvertes par le budget national. Mais en plus il a bénéficié de plusieurs subventions extra-budgétaires consenties par des organisations extérieures gouvernementales, non-gouvernementales et internationales. Ce sont:

- 1a CIMADE
- 1'ONUDI
- 1'USAID
- 1e CRDI
- 1'ACCT

Grâce à ces subventions budgétaires et extra-budgétaires, le LESO s'est équipé en matériels scientifiques et techniques, il dispose actuellement d'un laboratoire bien fourni en instruments de mesures, d'un atelier bien équipé pour la fabrication des prototypes, d'une bibliothèque regroupant plus de 2000 titres.

## ACTIVITES

De par la position qu'il occupe dans les structures gouvernementales, le Laboratoire est amené à entreprendre des activités de plusieurs ordres allant de la recherche et développement aux applications sur le terrain.

Dans le domaine de la R&D, les activités comprennent la mise au point d'appareils originaux (chauffe-eau, séchoirs, éoliennes de pompage, digesteurs à méthane, chargeurs de piles, etc.), mais également les tests de matériels solaires importés (pompes, réfrigérateurs, etc.) en vue de leur vulgarisation.

Dans le domaine des applications pratiques, le Laboratoire fabrique et vulgarise les chauffe-eau solaires "CONFOSOL", installe dans le cadre de ses projets propres ou à la demande d'autres institutions, pompes, réfrigérateurs, systèmes d'éclairage solaires, etc., et assure leur entretien.

Ces activités se déroulent dans le cadre de "projets" généralement financés par des sources extérieures, mais bénéficiant d'une contre-partie malienne consentie par le budget national. Ceux en cours présentement sont:

1. Le Projet "Energies Renouvelables" (PER) financé par l'USAID, ce projet s'étale sur cinq ans et comprend 4 phases:
  - Phase 1: études socio-économiques (enquêtes sur l'énergie) dans 20 villages répartis en 4 zones;
  - Phase 2: R & D pour la mise au point de divers appareils d'énergies renouvelables;
  - Phase 3: test sur le terrain (équipement des 20 villages avec divers appareils et suiv pendant 2 ans);
  - Phase 4: évaluation et détermination d'une politique nationale en matière d'énergies renouvelables.

A l'heure actuelle, le LESO est en passe de commencer la Phase 3 du Projet.

2. Le Projet "Traitement du Poisson". Financé par le CRDI (Canada), ce projet a pour objectif l'étude et la réalisation de séchoirs à poissons pour l'opération Pêche Mopti. Il comporte une phase "Etude et Expérimentation" au LESO et une phase "Réalisation Pratique" à l'OPM. Une mission conjointe LESO-IER dans le secteur de pêche de l'OPM a permis en mai 1981 de déterminer les types et les dimensions des séchoirs adaptés aux besoins. Ces séchoirs sont actuellement à l'étude.
3. Le Projet "Vulgarisation de Cuisinières Solaires et du Biogaz". Financé par l'AGECOOP, ce projet poursuit l'introduction en milieu rural et le suivi de 50 cuisinières solaires et de 3 digesteurs à méthane. Pour le moment un digesteur de type Gobar, un digesteur à dôme de type chinois et trois petits digesteurs expérimentaux sont à l'essai au LESO. Quant au Volet Cuisinières, il demeure bloqué par les difficultés d'approvisionnement en résine synthétique à Bamako. Des dispositions sont prises pour lever ces difficultés. En cas d'échec, ce volet du projet risque d'être reconsidéré.
4. Le Projet "Systèmes de Pompage Solaire à Petite Echelle". Financé par le PNUD à travers la Banque Mondiale, ce projet a consisté dans sa 1ère Phase à l'installation, l'instrumentation et le suivi de 4 pompes solaires; la Phase 2 qui est en cours de négociation verra ce projet prendre plus d'ampleur.
5. Parachèvement du Complexe Solaire de Diré (Financement FAC). Il s'agit de la réflexion des capteurs de ce vaste complexe principalement destiné à l'irrigation des périmètres agricoles de l'Action - Blé.

#### RELATIONS AVEC LES INSTITUTIONS HOMOLOGUES

D'une façon générale, dans nos pays en développement, les rapports de collaboration et d'échange de points de vue sur la recherche sont très rares. Les institutions de recherche de chaque pays (elles mêmes peu nombreuses) poursuivent séparément leurs efforts de R & D dans des domaines qui souvent, se recoupent; ainsi les efforts dupliés, le temps et les ressources (rares) gaspillées! Conscient de ce problème, le Laboratoire tente de développer et d'entretenir des relations de collaboration et d'échange avec les institutions homologues tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du Mali.

A l'intérieur, des rapports privilégiés existent entre le Laboratoire et:

- les Ecoles Supérieures (ENI, ENSUP) où, chaque année, plusieurs étudiants soutiennent des mémoires portant sur des sujets "Energies Rencouvelables";
- La Division du Machinisme Agricole (Génie Rural), dans le domaine de la biomasse;
- le Centre de Technologie Adaptée, dans le domaine de l'utilisation des Energies Renouvelables dans l'habitat, la production des matériaux de construction, etc.;
- le Centre Régional d'Energie Solaire dont le Bureau d'Etude et de Réalisation vient d'ouvrir ses portes à Bamako.

A l'extérieur, le Laboratoire entretient des rapports avec les centres homologues des pays voisins (le CERER à Dakar, l'ONERSOL à Niamey, l'IVE et le CIEM à Ouagadougou), avec des sociétés s'occupant de la fabrication et de la vulgarisation d'appareils solaires, des instituts et des personnes privées qui s'intéressent aux mêmes domaines en France, aux Etats-Unis et au Canada en particulier.

Nous pensons que la création du Centre Régional d'Energie Solaire (CRES) permettra de renforcer la collaboration entre les institutions s'intéressant aux énergies renouvelables dans la sous-région.

Etude de Marché  
Installations photovoltaïques

	Nombre d'installations		Puissance installée (Watts)	
	Nouvelles	Total	Additionnelles	Total
1977	2	2	-	1 800
1978	2	4	2 600	4 400
1979	4	8	11 500	15 900
1980	13	21	15 400	31 300
1981	11	32	16 660	47 960
1982	11	43	19 600	67 560
-	22	65	1 320	71 320

SOURCE: Annexe 3.2, page 4

Prévisions d'installations photovoltaïques (1985-1990)

Prévision pour la période 1983-1985 (revue des installations)	40	105	79 800	151 120
Taux de croissance annuel - période 1983 (%)		18		28
Prévision pour la période 1986-1990	116	221	89 100	240 220
Taux de croissance annuel (%)		16		10

SOURCE: Annexe 3.2, pages 5 et 6

Installations Photovoltaïques (1977-1982)

Installateur initiateur	Nature	Date d'installation	Quantité	Puissance (W)	Localisation	Source d'informations
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1977	1	900	Nabasso	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1977	1	900	Noni 1	Rapport transénerg. - Janv. 1983
			2	1 900		
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1978	1	1 300	Tomnian 1	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1978	1	1 300	Yangasso 1	Rapport transénerg. - Janv. 1983
			2	2 600		
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1979	1	1 000	Hôpital de San	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1979	1	1 300	Yangasso 2	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Hôpital de San	Electricité	1979	1	8 000	Hôpital de San	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Ile de Paix	Pompage eau	1979	1	1 200	Kabara	Rapport transénerg. - Janv. 1983
			4	11 500		
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1980	1	1 300	Djéma	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1980	1	1 300	Safalo	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1980	1	1 300	Kimparana	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1980	1	1 300	Bé	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1980	1	1 300	Wabasso	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1980	1	600	Tion	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1980	1	1 300	Bossoni	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1980	1	400	Koni 2	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1980	1	1 300	Koro	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1980	1	2 600	Yassa (Cercle Boni)	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1980	1	1 300	Mopti	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Banque Mondiale	Pompage eau	1980	1	200	Ségou	Rapport transénerg. - Janv. 1983
ELF/Mali	Electricité	1980	1	1 200	Kolokani 1	Rapport transénerg. - Janv. 1983
			21	15 400		

Installations Photovoltaïques (1977-1982)

Installateur initiateur	Nature	Date d'installation	Quantité	Puissance (W)	Localisation	Source d'informations
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1981	1	5 200		Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1981	1	1 300	Ban Markala	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1981	1	1 300	Looloni	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1981	1	1 300	Niougesso	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1981	1	900	Tominian 2	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1981	1	1 800	Sinzana	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Ecole Kimparana	Electricité	1981	1	900	Kotobe	Rapport transénerg. - Janv. 1983
ELF/Mali	Electricité	1980	1	160	kimparana	Rapport transénerg. - Janv. 1983
ELF/Mali	Pompage eau	1980	1	2 500	Kolokani 2	Rapport transénerg. - Janv. 1983
ELF/Mali	Pompage eau	1980	1	1 300	Mazambougou	Rapport transénerg. - Janv. 1983
			10	16 660		
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1982	1	900	N'Tiessso	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1982	1	200	Sourountouna	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1982	1	600	N'Toba	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1982	1	600	Tominian 3	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Mali Aqua Viva	Pompage eau	1982	1	1 300	Ménaka	Rapport transénerg. - Janv. 1983
USAID	Pompage eau	1982	1	5 200	Bankass (pays Dogon)	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Ile de Paix	Pompage eau	1982	1	5 800	Bourem Inaley	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Kolokani dispensaire	Pompage eau	1982	1	600	Kolokani disp.	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Laboratoire Energie Solaire	Pompage	1982	1	600	Dioila	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Euro Action	Electricité	1982	1	3 000	Hôpital Gao	Rapport transénerg. - Janv. 1983
Laboratoire Energie Solaire	Pompage eau	1982	1	800	Samanko	Rapport transénerg. - Janv. 1983
			11	19 600		

Installations Photovoltaïques (1977-1982)

Installateur initiateur	Nature	Date d'installation	Quantité	Puissance (W)	Localisation	Source d'informations
<u>Autres installations</u>						
Direction des télécommunications internationales (TIM)	Relais Hertzien	?	1	50	Tianfala (près Bamako)	Visite TIM
Régie des chemins de fer	Radio téléphone	?	10	50	Gares	Visite Régie
Aviation civile	Radiobalise	?	1	100	Aéroport Sénou	Visite Aviation Civile
Ministère de la défense	Radio urbaine	1982	10	1	Ville de Bamako	Visite Ministère de la Défense
<u>Total des installations à la fin 82</u>			<u>65</u> =====	<u>71 320</u> =====		

Installations Photovoltaïques (1983-1985)

Installateur initiateur	Nature	Date d'installation	Quantité	Puissance (W)	Localisation	Source d'informations
Ile de Paix/FED	Pompage	1983	1	1 300	TINA/ELHADJ	Rapport transénerg.
ELF/Mali - PNUD	Pompage	1983-85	10	600 - 1 500	Kolokani/Bougoni	Rapport transénerg.
Kolokani marché	Pompage	1983	1	1 300	Kolokani	Rapport transénerg.
5 centres de santé BIRD/FAC	Pompage/électricité	1983-85	5	1 300	Région de Kayes (Kéniéba-Kita- Bafoulabé - Djéma-Nioro)	Rapport transénerg.
Hôpital Tombouctou/BAD	Pompage/électricité	1983-85	1	3 000	Tombouctou	Rapport transénerg.
Hôpital Koulikoro/BAD	Pompage/électricité	1983-85	1	3000	Koulikoro	Rapport transénerg.
6 centres santé/FENU	Pompage/électricité	1983-85	6	1 300	Ansonga - Bouren, etc	Rapport transénerg.
Zone pastorale Dilly/OMBEVI/USAID	Pompage/électricité	1983	1	1 800	Zone pastorale Dilly	Rapport transénerg.
Camp Modibo Dilly/USAID/Nara-Est/Fonds Saoudien	Pompage/électricité	1983	1	2 600	Camp Modibo Dilly	Rapport transénerg.
FAC	Pompage/électricité	1983	83	10 000	Zone pastorale de Nara Est	Rapport transénerg.
Projet Mali Aqua Viva/FED/COMES	Pompage/électricité	1983-85	12	1 600	Cercle San, Tominian	Rapport transénerg.
<u>Total - installations période 1983-85</u>			<u>40</u> =====	<u>79 600</u> =====		

Prévisions d'installations photovoltaïques (1986-1990)

Installateur initiateur	Nature	Quantité	Puissance (W)	Localisation	Source d'informations
Direction des Télécom.	Faisceaux Hertziens	5	100	Liaison Mopti-Bandiagara, Ouaga, Gao, Ansongo, Niamey	Direction des télécom.
Télécom 2	Faisceaux Hertziens	8	100	Ségou - San - Mopti	Direction des télécom.
Panaftel/ACDI	Faisceaux Hertziens	16	1 500	Tronçon malien	Direction des télécom.
Régie des Chemins de fer	Radio-téléphone	22	50	22 gares non équipées	Régie des Chemins de fer
Régie des Chemins de fer	Radio-téléphone	13	500	13 passages à niveau Bamako	Régie des Chemins de fer
Aviation Civile	Radiobalises	17	100	Aérodromes	Aviation Civile
Direction Hydraulique (2 équipes)	P.V.	30	1 600	Pompes solaires	Direction Hydraulique
Direction de santé	P.V.	5	1 300	Centres de santé	Direction de santé
<u>Total - installations période (1986-1990)</u>		<u>116</u> =====	<u>89 100</u> =====		

Enquête industrielle

Entreprises de l'échantillon

- Société Mamadou Sada DIALLO et Fils (Produits ménagers et emballages et articles en plastiques)
- FAMAC (Fabrique Malienne d'Accumulateurs)
- Union Laitière de Bamako
- Abattoir Frigorifique de Bamako
- SONATAM (Société Nationale des Tabacs et Allumettes du Mali)
- Société d'Emallage et de Galvanisation du Mali
- Société Auto-Sport (mécanique automobile)
- ITEMA (Industrie Textile du Mali)
- Maligaz (Société Malienne de Gaz Industriels)
- TAMALI (Société des Tanneries Maliennes)

\* Enquête par questionnaire effectuée début juin 1983 à Bamako

ANNEXE 6.1      FICHES TECHNIQUES

Les fiches techniques qui suivent ont pour objectifs principaux de:

- Décrire les produits retenus dans l'étude
- Indiquer les expériences en fonctionnement
- Résumer la situation actuelle au niveau Recherche  
- Développement
- Indiquer les efforts à fournir avant que la production et les possibilités de fabrication au Mali puissent être considérées.

Les commentaires mentionnés dans ces fiches en ce qui concerne les actions nécessaires avant commercialisation, ont été conçus seulement comme guide pour l'appréciation des efforts restant à fournir, et ne doivent pas non plus être considérés comme exhaustifs.

#### A 6.1.1 Fiche technique - chauffe-eau

Le système de chauffe-eau solaire comprend des capteurs plans solaires et un réservoir. Le fonctionnement du chauffe-eau développé par le Laboratoire de l'Energie Solaire de Bamako (LESO) est basé sur le principe du thermosiphon.

Le LESO a fabriqué deux modèles de capacités nominales de 200 et 500 litres. Le modèle actuel de 200 litres nécessite deux capteurs et celui de 500 litres cinq capteurs.

Chaque capteur a une superficie de 1.28 m<sup>2</sup> et est fabriqué à partir de tôles et tuyaux galvanisés; de l'isolant et une couverture de verre complètent le système.

Le réservoir est en tôle galvanisée et équipé d'une soupape type "flotteur" et est isolé.

Le revêtement extérieur du réservoir est en tôle peinte.

#### Expérience

Les chauffe-eau solaires sont utilisés dans un grand nombre de pays. Environ 150 chauffe-eau ont été installés au Mali par le LESO entre 1977 et 1981 et les résultats sont mitigés, essentiellement pour les raisons suivantes:

- la vie utile du réservoir n'est que 1 à 5 ans (problème de corrosion);
- le temps requis pour le chauffage de l'eau est long;
- la vitre (en verre) se casse facilement;
- du point de vue de l'utilisateur, le système n'est pas facile à opérer.

#### Situation au niveau recherche-développement

Un programme de recherche-développement destiné à remédier aux problèmes mentionnés précédemment est en cours avec pour objectifs principaux d'augmenter le rendement des capteurs, de résoudre le problème de corrosion du réservoir et d'optimiser la circulation de l'eau dans le système.

### Action nécessaires avant commercialisation

afin: Un certain nombre d'actions devraient être entreprises,

- d'assurer une vie utile au réservoir d'au moins 10 ans, préférablement 15 ans.

A cet effet, l'utilisation de revêtements plastiques ou de la fibre de verre pourrait être envisagée.

- d'améliorer le rendement des capteurs. Le problème principal actuellement est le manque de contact entre les tuyaux et la tôle absorbante.
- d'optimiser le circuit "thermosiphon".
- d'utiliser du verre trempé.
- de modifier le réservoir afin de permettre une meilleure utilisation, par exemple en installant une entrée d'eau froide au bas du réservoir.
- d'obtenir une réduction substantielle du prix de revient. Cette analyse de génie industriel devrait être réalisée, ce qui en plus des éléments mentionnés précédemment, devraient permettre de réduire les coûts de fabrication.
- de développer, un chauffe-eau à usage industriel assurant une fourniture continue d'eau chaude à une température plus élevée que celle obtenue actuellement.

Une approche consisterait à utiliser les capteurs actuels et un système de circulation d'eau forcé agissant comme préchauffage pour un chauffe-eau conventionnel.

### Possibilités de fabrication au Mali

Le chauffe-eau solaire peut être fabriqué en totalité au Mali à partir de matières premières actuellement importées au Mali.

## A 6.1.2 Fiches Techniques: distillateur

### Description

Les distillateurs solaires comprennent essentiellement une surface inclinée (avec une ou deux faces) recouverte de verre, montée sur un réservoir contenant de l'eau.

Sous l'effet du soleil, l'eau se vaporise, condense sur la vitre, glisse le long du vitrage et est recueillie à l'extrémité inférieure du distillateur.

Du tissu, du charbon de bois ou d'autres matériaux peuvent être utilisés afin d'accroître la surface d'évaporation.

L'eau distillée ainsi produite est chimiquement propre mais pas biologiquement propre. Elle est utilisable directement pour des produits tels les accumulateurs et après traitement additionnel pourrait être propre à la consommation humaine ou pour des applications pharmaceutiques.

### Expérience de fonctionnement

Les expériences de fonctionnement au Mali de ces distillateurs sont très limitées mais sont relativement nombreuses et satisfaisantes dans d'autres pays.

### Situation au niveau recherche-développement

Les prototypes développés par le Laboratoire de l'Energie Solaire fonctionnent d'une façon satisfaisante et des tests additionnels sont en cours afin d'accroître leur rendement.

Des tests à longue durée sont nécessaires pour évaluer l'efficacité des surfaces pour augmenter l'évaporation.

### Actions nécessaires avant commercialisation

Ces produits devraient être réexaminés afin de:

- réduire les coûts et simplifier la fabrication;
- faciliter le nettoyage intérieur;
- simplifier l'utilisation, par exemple en assurant un approvisionnement continu en eau par l'adjonction d'un flotteur.

### Possibilités de fabrication au Mali

Ces systèmes peuvent être fabriqués au Mali à partir de matériaux actuellement importés.

### A 6.1.3 Fiche technique: cuisinière solaire

#### Description

Au Mali, du fait de l'utilisation de marmites "ouvertes", les cuisinières solaires qui ont été développées utilisent le principe de réflexion, pour concentrer l'énergie solaire sur la marmite.

Ces réflecteurs sont de type parabolique, construits en matériaux divers et situés au-dessous de la marmite.

#### Expérience de fonctionnement

Au Mali et dans les autres pays, les cuisinières solaires ont enregistré un taux d'acceptabilité très faible du fait de difficultés d'utilisation et de la nécessité de modifier les habitudes alimentaires et sociales.

#### Situation au niveau recherche-développement

Des prototypes de cuisinières solaires ont été développés et utilisés pour la cuisson dans des conditions de laboratoire.

#### Actions nécessaires avant commercialisation

Du fait de l'importance de ce produit dans la lutte pour réduire la consommation de bois au Mali et aussi pour tenter de résoudre les problèmes d'acceptabilité du produit par l'utilisateur, il est recommandé d'entreprendre un programme pilote de démonstration d'au moins 15-20 prototypes dans une zone géographique bien délimitée où le bois est une ressource rare (la zone 7 par exemple).

L'acceptabilité d'autres produits tels les fours "telkes" pourrait également être évaluée.

#### Possibilités de fabrication au Mali

Si ces produits sont acceptés par la population, les possibilités de fabrication au Mali sont excellentes.

A 6.1.4 Fiche technique: cuisinière à charbon de bois

Description

Il s'agit d'une cuisinière simple en métal comprenant un manchon central dans lequel le charbon de bois est brûlé, un régulateur d'air et un cendrier.

La marmite est placée au sommet de la cuisinière.

Expérience de fonctionnement

Au niveau mondial, les expériences d'utilisation de ce produit ont été satisfaisantes. Au Mali, la marmite traditionnelle à fond rond entraîne une perte sensible de rendement.

Situation au niveau recherche-développement

Divers modèles ont été étudiés et des prototypes fonctionnent actuellement au Mali.

Actions nécessaires avant commercialisation

Des spécifications détaillées devraient être préparées afin de simplifier la fabrication et d'en réduire les coûts.

Le rendement de la cuisinière pourrait être accru de façon significative en développant une marmite à fond plat.

Possibilités de fabrication au Mali

Les cuisinières à charbon de bois pourraient être entièrement fabriquées au Mali à partir de matériaux actuellement importés.

#### A 6.1.5 Fiche technique: foyer amélioré

##### Description

Le foyer amélioré est fait normalement en céramique, en briques, banco ou béton, pour une, deux ou trois marmites.

Du fait de sa conception, son rendement thermique est supérieur au foyer à trois pierres généralement utilisé, permettant de réaliser ainsi une économie de bois.

##### Expérience de fonctionnement

Un grand nombre de foyers améliorés sont actuellement utilisés au Mali et leurs performances en cours d'évaluation. Les foyers améliorés ont été également introduits dans plusieurs autres pays.

##### Situation au niveau recherche-développement

La phase de développement des foyers améliorés peut être considérée comme terminée, bien que des recherches additionnelles pourront permettre une amélioration du rendement thermique.

##### Actions nécessaires avant commercialisation

Certaines modifications mineures pourraient être effectuées à partir des observations sur le terrain.

##### Possibilités de fabrication au Mali

Ces foyers devraient être réalisés par des artisans établis dans les régions ou les villages. Leur fabrication par le Projet n'a donc pas été retenue.

A 6.1.6 Fiche technique: réfrigérateur solaire

Description

La chaleur solaire fournit la source d'énergie à un réfrigérateur utilisant un système d'absorption.

Expérience de fonctionnement

Au Mali et ailleurs, les résultats des expériences de fonctionnement ont été généralement décevants. Il s'agit d'une technologie relativement complexe.

Situation au niveau recherche-développement

Quelques systèmes ont été testés au Mali et les résultats sont décevants.

Les recherches au niveau mondial se poursuivent afin d'obtenir un système fiable.

Actions nécessaires avant commercialisation

Il est recommandé que les efforts de développement au Mali soient pour le moment suspendus; lorsqu'un système aura été développé et qu'il aura fait ses preuves à l'extérieur du Mali, il pourrait être alors évalué dans l'environnement malien.

Possibilités de fabrication au Mali

Aucune fabrication par le Projet n'est envisagée dans l'horizon de temps retenu pour l'analyse.

#### A 6.1.7 Fiche technique: éolienne

##### Description

Une éolienne multipales (16 pales) à axe horizontal et opérant à basse vitesse a été développée par le Laboratoire de l'Energie Solaire (LESO). Elle est équipée d'un système à came simple entraînant une pompe "va et vient" verticale.

L'éolienne, la tête et le pylone ont été étudiés afin de permettre une érection sur le site en n'utilisant que des outils à main.

La vitesse de démarrage est d'environ 2 m/s et cette éolienne a été conçue pour de basses vitesses.

Le dessin des pales peut cependant être adapté à des vitesses de vent plus élevées.

##### Expérience de fonctionnement

Aucune éolienne de ce type ne fonctionne actuellement au Mali, en dehors de celle développée par le LESO, de deux autres installées dans la région de Bamako et de systèmes artisanaux conçus par le père Plasteig dans la région de Ségou.

##### Situation au niveau recherche-développement

Un prototype est en train de subir une seconde série de tests à la suite des modifications intervenues après la première série. Les résultats enregistrés à ce jour sont satisfaisants et un programme d'installation de 5 unités est prévu en 1983.

##### Actions nécessaires avant commercialisation

Des études techniques devraient permettre:

- d'optimiser le dessin des pales afin d'obtenir le rendement aérodynamique maximum;
- d'améliorer les mécanismes de tête pour accroître le rendement mécanique, la vie utile du système et faciliter d'entretien;
- d'obtenir une réduction des coûts en particulier au niveau du pylone.

##### Possibilités de fabrication au Mali

Le système complet peut être fabriqué au Mali à partir de matériaux actuellement importés.

A 6.1.8 Fiche technique: aérogénérateur

Description

L'aérogénérateur consiste en une éolienne à axe horizontal, fonctionnant en général à haute vitesse, monté sur un pylone; l'hélice comprend généralement 2 ou 3 pales; un alternateur et un système de contrôle sont installés dans la tête de l'aérogénérateur.

Les aérogénérateurs sont généralement fabriqués dans une gamme de tailles et puissances allant jusqu'à 20-30 kW, pour des systèmes ayant atteint maintenant le niveau commercial et jusqu'à plusieurs centaines de kW pour des systèmes encore au stade de la recherche-développement.

Expérience de fonctionnement

Au Mali, aucun aérogénérateur n'a encore été installé; ailleurs un grand nombre de ces systèmes sont en place et donnent des résultats très satisfaisants.

Situation au niveau recherche-développement

L'importation d'un aérogénérateur pour essais au Mali par le Laboratoire de l'Energie Solaire a été décidée récemment.

Actions nécessaires avant commercialisation

La commercialisation de cet équipement dépendra des résultats d'un programme d'essais sur le terrain.

Possibilités de fabrication au Mali

Selon le modèle retenu, la fabrication du pylone pourrait être possible au Mali. Les pales pourraient y être éventuellement construites, à partir de matières plastiques renforcées de fibre de verre; cependant, les installations requises pour une telle fabrication n'existent pas encore au Mali.

#### A 6.1.9 Fiche technique: éolienne Savonius

##### Description

Une éolienne Savonius est une éolienne simple à axe vertical d'un rendement bas; elle est utilisée pour des opérations telles que pompage d'eau à faible hauteur de charge. Ses principaux avantages sont liés à des coûts bas et à sa fiabilité.

##### Expérience de fonctionnement

Bien que les éoliennes de type Savonius soient utilisées avec succès dans plusieurs pays, aucune n'a encore été testée au Mali.

##### Situation au niveau recherche-développement

La construction et le test d'un prototype par le Laboratoire de l'Energie Solaire de Bamako sont prévus dans un proche avenir.

##### Actions nécessaires avant commercialisation

Suite à la réalisation du programme de test du prototype mentionné ci-dessus, une étude de concept devrait être réalisée, afin de faciliter la fabrication et l'entretien et de permettre une réduction des coûts.

##### Possibilités de fabrication au Mali

Les éoliennes Savonius pourraient être réalisées entièrement au Mali, à partir d'équipements existants et de matériaux importés disponibles au Mali.

A 6.1.10 Fiche technique: héliostats pour centrale à tourDescription

L'énergie solaire est concentrée (à partir d'un grand nombre de miroirs spécialement conçus) vers une chaudière installée sur une tour. Les miroirs (concentrateurs) s'ajustent automatiquement selon la position du soleil.

Expérience de fonctionnement

Aucune expérience de fonctionnement n'a encore été réalisée au Mali.

Situation au niveau recherche-développement

Des prototypes expérimentaux ont été développés et testés en Europe et aux Etats-Unis.

Il est généralement admis que le développement de cette technologie complexe demandera encore plusieurs années.

Actions nécessaires avant commercialisation

Une commercialisation au Mali ne semble pas devoir intervenir durant l'horizon d'analyse retenu pour cette étude.

Possibilités de fabrication au Mali

Aucune fabrication n'est envisagée au Mali durant la période d'évaluation retenue pour le Projet.

### A 6.1.11 Fiche technique: système biogaz

#### Description

Du biogaz peut être produit à partir de la digestion anaéro-bique de déchets végétaux et à partir d'excréments d'animaux.

Les digesteurs sont fréquemment construits en maçonnerie ou en béton.

Le gaz produit peut être utilisé dans des lampes, fours ou moteurs (après élimination des sulphides d'hydrogène).

#### Expérience de fonctionnement

Aucune expérience réelle au Mali n'a été tentée en dehors de quelques projets pilotes.

L'utilisation du biogaz est cependant très répandue et satisfaisante hors Mali, en particulier en Chine et en Inde.

#### Situation au niveau recherche-développement

Deux modèles de digesteurs ont été réalisés par le Laboratoire de l'Energie Solaire (LESO) à partir de modèles développés dans d'autres pays. Les digesteurs et les équipements nécessaires à l'utilisation du gaz sont en cours de tests au LESO.

Un programme de tests sur divers sites au Mali est prévu pour 1983.

#### Actions nécessaires avant commercialisation

Les principes de fonctionnement et l'équipement requis pour l'utilisation du gaz ont été testés et fonctionnent actuellement dans d'autres pays tels la Chine et l'Inde.

Les développements additionnels devraient donc être limités à:

- assurer, par des tests sur le terrain, que la technologie est utilisable dans le contexte malien, et qu'elle est acceptée par les utilisateurs.
- assurer une formation au niveau construction et fonctionnement de ces systèmes.

Possibilités de fabrication au Mali

Les digesteurs, qui sont la composante principale du système, seront probablement construits sur le site même et faits en maçonnerie ou béton.

Si nécessaire, des digesteurs en métal pourraient être fabriqués au Mali par l'unité de fabrication de même que les brûleurs, lampes, poêles, etc.. à partir des équipements et matériaux actuellement disponibles au Mali.

A 6.1.12 Fiche technique: presse pour briquette de combustible

Description

Une presse est utilisée pour compresser des résidus végétaux secs (telle la paille) sous forme de briquettes. Ces briquettes peuvent être alors utilisées comme combustible pour la cuisine, etc.

Expérience de fonctionnement

Les expériences d'utilisation de ces briquettes au Mali sont en général très limitées, voir inexistantes.

Leur degré d'acceptabilité par l'utilisateur a été généralement faible du fait de variations réelles ou perçues dans le potentiel de combustion de la briquette. Son utilisation a été réduite ou suspendue.

Situation au niveau recherche-développement

Ce produit n'est pas complètement développé.

Actions nécessaires avant commercialisation

Des efforts additionnels au niveau de la recherche-développement et des essais sur le terrain sont nécessaires avant vulgarisation au Mali.

Possibilités de fabrication au Mali

Les possibilités de fabrication au Mali ne pourront être établies avant que le développement du produit ne soit complètement terminé.

### A 6.1.13 Fiche technique: séchoir

#### Description

Le séchoir solaire consiste essentiellement en des capteurs, où l'air est chauffé avant d'être dirigé vers une série de grilles ou d'étagères qui supportent les produits à sécher.

Des systèmes de circulation d'air "naturelle" ou "forcée" peuvent être utilisés.

Les spécifications détaillées du séchoir varient suivant le produit à sécher. Une gamme de tailles différentes est également nécessaire afin de s'ajuster aux quantités et aux types de produits à sécher.

#### Expérience de fonctionnement

Les expériences de fonctionnement des séchoirs solaires au Mali sont limitées, mais plus étendues dans d'autres pays, bien que leur vulgarisation soit relativement lente.

Les succès de ce produit paraissent dépendre d'une part, du niveau de connaissance de l'utilisateur en ce qui concerne les avantages des séchoirs, et d'autre part de l'adéquation du système à chaque situation et en particulier au produit à sécher.

#### Situation au niveau recherche-développement

Plusieurs modèles sont actuellement testés au Laboratoire de l'Energie Solaire et des expériences sur le terrain ont été réalisées. Certaines résistances à l'utilisation de ce produit ont été observées.

#### Actions nécessaires avant commercialisation

Les actions à entreprendre avant commercialisation concernent:

- la spécification et la fabrication de séchoirs ajustés aux besoins du marché;
- des tests sur le terrain, l'information et la formation des utilisateurs;
- un programme de réduction des coûts et de standardisation des éléments, dans la mesure du possible.

Possibilités de fabrication au Mali

Tous les types de séchoirs peuvent être entièrement fabriqués au Mali, exception faite des ventilateurs pour les séchoirs à ventilation forcée.

Une partie des matériaux requis (bois, pierre) sont des matériaux indigènes et le reste est actuellement importé au Mali (charpente, grillage, isolant).

#### A 6.1.14 Fiche technique: pompe photovoltaïque

##### Description

Des photopiles assemblées en modules sont utilisées, pour fournir de l'énergie électrique à une pompe centrifuge à moteur électrique. L'eau est généralement emmagasinée dans un réservoir et utilisée lorsque nécessaire.

##### Expérience de fonctionnement

Actuellement environ 50 systèmes photovoltaïques de pompage sont en service au Mali; la première installation date de 1977. En règle générale, les résultats ont été des plus satisfaisants.

##### Situation au niveau recherche-développement

Le développement de ce type de produit peut être considéré comme terminé. Des améliorations sont cependant attendues au niveau des rendements et des coûts (en particulier des photopiles).

##### Améliorations nécessaires avant commercialisation

Les actions suivantes devraient être entreprises afin d'améliorer les systèmes actuels:

- développer des normes afin d'assurer que les installations futures bénéficient des expériences passées;
- effectuer une analyse de coûts afin de réduire le coût total du système; le coût des photopiles n'est plus aujourd'hui l'élément principal du coût du système en place.
- développer une pompe mieux adaptée aux systèmes photovoltaïques.

##### Possibilités de fabrication au Mali

Les structures de support des modules photovoltaïques, la tuyauterie, le réservoir peuvent être ou sont déjà fabriqués au Mali à partir de matériaux actuellement importés au Mali.

L'encapsulation des photopiles au Mali peut également être envisagée dans le futur si un atelier spécialisé était mis en place.

A 6.1.15 Fiche technique: générateur d'électricité photovoltaïque

Description

Des modules photovoltaïques sont utilisés pour la production d'électricité dans des applications telles l'éclairage et le fonctionnement d'équipements d'hôpitaux. Des accumulateurs sont utilisés pour le stockage de l'énergie.

Expérience de fonctionnement

Les expériences au Mali et ailleurs dans le monde ont été satisfaisantes.

Situation au niveau recherche-développement

Les systèmes actuels sont bien développés pour des applications en 15 ou 24 V.D.C.

Actions nécessaires avant commercialisation

Un convertisseur est nécessaire pour obtenir du 220 V - 50 Hz et permettrait ainsi une utilisation par des équipements électriques standards.

Possibilités de fabrication au Mali

Les structures de support des modules photovoltaïques peuvent être fabriquées au Mali à partir de matériaux actuellement importés. Les boîtiers de contrôle pourraient probablement être assemblés au Mali à partir de composantes importées.

L'encapsulation des photopiles est possible au Mali si un atelier spécialisé était mis en place.

A 6.1.16 Fiche technique: réfrigérateur photovoltaïque

Description

Des modules photovoltaïques sont utilisés pour fournir de l'énergie électrique à un réfrigérateur fonctionnant à partir d'un système de compression conventionnel et opérant en 24 V - D.C. Des accumulateurs sont utilisés pour le stockage de l'énergie.

Expérience de fonctionnement

Ce type d'équipement n'est que très peu utilisé isolément au Mali et ailleurs dans le monde. Lorsqu'un système d'alimentation est conçu pour un projet plus vaste (ex. électrification d'un hôpital), des réfrigérateurs sont alors parfois installés.

Situation au niveau recherche-développement

Au Mali, des prototypes sont en cours de préparation pour être testés sur le terrain. Les chances de succès sont généralement considérées comme bonnes.

Actions nécessaires avant commercialisation

La commercialisation d'un tel produit dépend:

- de résultats positifs au programme d'essais sur le terrain;
- d'une revue des spécifications afin de réduire les coûts, faciliter l'entretien, etc.

Possibilités de fabrication au Mali

Tel que mentionné pour les autres équipements photovoltaïques, les possibilités de fabrication sont limitées aux structures de support des modules, à l'assemblage des systèmes de contrôle et éventuellement à l'encapsulation des photopiles.

A 6.1.17 Fiche technique: système thermodynamique

Description

Ces systèmes utilisent de l'eau chauffée (à partir de l'énergie solaire) pour vaporiser du fréon à des températures relativement basses. Le fréon vaporisé est utilisé pour actionner des turbines générant de l'électricité ou activant des moteurs de pompes.

Expérience de fonctionnement

Les petits systèmes thermodynamiques apparaissent fonctionner de façon assez satisfaisante. L'expérience de fonctionnement au Mali, en particulier à Diré, indique que des efforts considérables de développement sont encore nécessaires avant qu'un prototype puisse fonctionner avec succès.

Situation au niveau recherche-développement

Le développement de ces produits est incomplet.

Actions nécessaires avant commercialisation

La commercialisation de ce produit au Mali ne devrait intervenir que lorsque le stade de développement du produit sera terminé.

Possibilités de fabrication au Mali

Aucune possibilité de fabrication au Mali ne doit être envisagée dans un avenir proche.

ANNEXE 9.1

Echéanciers de construction (options 1 et 3)

	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
	mois après démarrage																
<u>Option 1 - Construction de bureaux, entrepôt et atelier</u>																	
Etudes détaillées	-----																
Appels d'offres, commandes et constructions	-----																
Installation des équipements et machinerie	-----																
Mise en marche et début de fabrication	-----																
<u>Option 3 - Utilisation d'un atelier existant</u>																	
Etudes détaillées	-----																
Négociations	-----																
Achats des équipements et livraison	-----																
Mise en marche et début de fabrication	-----																





Annexe 10.1  
10-1/2

OPTION 1 UNITÉ INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATÉRIEL SOLAIRE  
GOUVERNEMENT DE LA RÉPUBLIQUE DU MALI  
TABLEAU 10-1/2 CÔÛT DES INVESTISSEMENTS FIXES  
(US 000\$)

ANNÉE	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			TOTAL					
PROGRAMME DE PRODUCTION	0			0			21			43			81			139			150			165			185			200			200			200								
MONNAIE	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T			
TERRAIN	0	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50
PREF. AMEN	62	138	200	30	62	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	200	292
BÂTIMENT	40	90	130	80	160	240	0	0	0	0	0	0	30	94	124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	344	494
SUBVENTION ASSISTANCE-TECHNIQUE	320	0	320	320	0	320	147	0	147	77	0	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	664	0	664
INSTALLATIONS & MACHINES	165	21	186	680	113	793	0	0	0	0	0	0	184	13	197	97	0	97	69	0	69	0	0	0	213	0	213	97	0	97	69	0	69	0	0	0	0	0	0	174	147	321
CÔÛT TOTAL DES INVESTISSEMENTS	587	159	746	1310	375	1685	147	0	147	77	0	77	214	107	321	97	0	97	69	0	69	0	0	0	213	0	213	97	0	97	69	0	69	0	0	0	1880	147	2027			

\*\*\*\*\*

OPTION 1      UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE  
 GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI  
 TABLEAU 10-3/2      CALCUL DU FONDS DE ROULEMENT  
 (US 0004)

\*\*\*\*\*

ANNEE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
*****												
COMPTES A												
RECEVOIR (3 MOIS)	0	0	11	22	42	72	78	65	96	103	103	103
STOCKS (1 MOIS)	0	0	4	7	14	24	26	28	32	34	34	34
TOTAL ACTIF CIRCULANT	0	0	14	30	56	96	103	114	128	138	137	137
COMPTES CREDITEUR	0	0	16	20	26	31	33	36	39	42	42	42
FONDS DE ROULEMENT	0	0	-2	10	30	64	70	78	88	96	96	96
ACCROISSEMENT DU FONDS DE ROULEMENT	0	0	-2	12	20	34	6	8	10	8	0	0

\*\*\*\*\*



Annexe 10.1  
10-6/2

OPTION 1 UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE  
GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI  
TABLEAU 10-6/2 TOTAL DES COUTS D'INVESTISSEMENT  
(US 000\$)

ANNEE	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			TOTAL					
PROGRAMME DE PRODUCTION	0	0	0	0	0	0	21	0	0	43	0	0	81	0	0	139	0	0	150	0	0	165	0	0	185	0	0	200	0	0	200	0	0	200	0	0	1090					
MONNAIE	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T
INVESTISSEMENTS FIXES INITIAUX	567	299	886	1310	335	1645	147	0	147	77	0	77	167	107	274	0	0	0	69	0	69	0	0	0	69	0	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1426	741	3167
REMPLACEMENTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	0	47	97	0	97	0	0	0	0	0	0	144	0	144	97	0	97	69	0	69	0	0	0	0	0	0	454	0	454
COUT DES INVESTISSEMENTS FIXES	567	299	886	1310	335	1645	147	0	147	77	0	77	214	107	321	97	0	97	69	0	69	0	0	0	213	0	213	97	0	97	69	0	69	0	0	0	1880	741	3621			
DEPENSES DE PREMIER ETABLISSEMENT	0	64	64	0	110	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154	194	348
ACROISSMENT DU FONDS DE ROULEMENT	0	0	0	0	0	0	-2	-2	0	12	12	0	20	20	0	34	34	0	6	6	0	8	8	0	10	10	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94	56	150
COUT TOTAL DES INVESTISSEMENTS	567	363	950	1310	445	1755	147	-2	145	77	12	89	214	127	341	97	34	131	69	6	75	0	8	8	213	10	223	97	0	97	69	0	69	0	0	0	1980	821	3511			

Annexe 10.1  
10-12

SECTION 1  
VALIE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE  
GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI  
TABLEAU 10-12  
EHELONNEMENT DES COUTS DE PRODUCTION  
(US 000\$)

ANNEE	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			TOTAL								
	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T												
PROGRAMME DE PRODUCTION	0			0			21			43			81			139			150			165			185			200			200			200											
FINANCEMENT	0			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0					
MATERIENX DIRECTS	0	0	0	0	0	0	16	6	22	32	12	44	61	23	84	105	40	145	113	43	156	124	47	171	139	53	192	151	57	208	151	57	208	151	57	208	1042	295	1438						
MAIN D'OEUVRE DIRECTE	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	4	4	0	7	7	0	12	12	0	12	12	0	13	13	0	15	15	0	16	16	0	16	16	0	16	16	0	16	16	0	113	113			
FRAIS GENERAUX DE FABRICATION	0	0	0	0	0	0	7	66	73	9	81	90	11	96	107	11	101	112	12	110	122	13	121	134	15	135	150	16	146	161	16	146	161	16	146	161	116	1145	1271						
COUTS DE FABRICATION	0	0	0	0	0	0	23	74	97	41	97	138	72	126	198	116	153	269	125	165	290	137	181	318	154	203	357	167	216	365	167	216	365	167	216	365	1169	1653	2672						
FRAIS ADMINISTRATIFS	0	0	0	0	0	0	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43			
FRAIS DE VENTE ET DE DISTRIBUTION	0	0	0	0	0	0	0	55	55	0	55	55	0	55	55	0	65	65	0	65	65	0	68	68	0	68	68	0	71	71	0	71	71	0	71	71	0	71	71	0	71	71	0	660	660
COUTS D'EXPLOITATION	0	0	0	0	0	0	23	172	195	41	195	236	72	234	306	116	261	377	125	276	401	137	292	429	154	317	471	167	331	489	167	331	489	167	331	489	1169	1743	2612						
FRAIS FINANCIERS	0	0	0	0	0	0	0	124	124	0	124	124	0	124	124	0	124	124	0	124	124	0	124	124	0	124	124	0	124	124	0	124	124	0	124	124	0	124	124	0	1150	1150			
AMORTISSEMENT	0	0	0	0	0	0	0	176	176	0	176	176	0	213	213	0	213	213	0	213	213	0	231	231	0	231	231	0	231	231	0	231	231	0	231	231	0	231	231	0	2135	2135			
TOTAL DES COUTS DE PRODUCTION	0	0	0	0	0	0	23	474	497	41	497	538	72	571	643	116	598	714	125	631	756	137	647	784	154	681	835	167	687	854	167	687	854	167	687	854	1169	6129	7298						

.....

OPTION 3      UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE  
 GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI  
 TABLEAU 10-1/1      COUT TOTAL DES INVESTISSEMENTS  
    FIXES INITIAUX  
    (HORS FONDS DE ROULEMENT)  
    (US 000\$)

.....

CATEGORIE	DEVISES ETRANGERES (D)	MONNAIE LOCALE (F)	COUT TOTAL
-----------	------------------------------	--------------------------	---------------

.....

TERRAIN	0	0	0
PREPARATION & AMENAGEMENT	0	0	0
BATIMENTS	30	756	786
SUBVENTION: ASSISTANCE-TECHNIQUE	864	0	864
INSTALLATIONS, MACHINES, EQUIPEMENTS	1319	147	1466

.....

TOTAL	2213	903	3116
-------	------	-----	------

.....

Annexe 10.2  
10-1/2

OPTION 3 UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE  
GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI  
TABLEAU 10-1/2 COUT DES INVESTISSEMENTS FIXES  
(US 000\$)

ANNEE	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			TOTAL								
PROGRAMME DE PRODUCTION	0			5			26			52			91			140			150			165			185			200			200			200											
MONNAIE	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T
TERRAIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
FREP.AMEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
BATIMENT	0	662	662	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	94	124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	756	786			
SUBVENTION ASSISTANCE-TECHNIQUE	324	0	324	396	0	396	144	0	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	624	0	624			
INSTALLATIONS & MACHINES	348	45	393	657	89	786	0	0	0	0	0	0	164	13	197	97	0	97	69	0	69	0	0	0	213	0	213	97	0	97	69	0	69	0	0	0	0	0	0	1774	147	1921			
COUT TOTAL DES INVESTISSEMENTS	672	307	1379	1093	89	1182	144	0	144	0	0	0	214	107	321	97	0	97	69	0	69	0	0	0	213	0	213	97	0	97	69	0	69	0	0	0	2658	803	3571						

\*\*\*\*\*

OPTION 3      UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE  
GOVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI  
TABLEAU 10-3/2      CALCUL DU FONDS DE ROULEMENT  
(US 0000)

\*\*\*\*\*  
ANNEE            1   2   3   4   5   6   7   8   9   10   11   12  
\*\*\*\*\*

*****												
COMPTES A												
RECEVOIR (3 MOIS)	0	3	13	27	47	72	78	85	96	103	103	103
STOCKS (1 MOIS)	0	1	4	9	16	24	26	28	32	34	34	34
TOTAL ACTIF CIRCULANT	0	5	18	36	63	97	103	114	128	138	137	137
*****												
COMPTES CREDITEUR												
	0	5	17	21	27	32	34	36	39	42	42	42
FONDS DE ROULEMENT	0	-1	1	15	35	64	70	78	88	96	96	96
ACCROISSEMENT DU FONDS DE ROULEMENT	0	-1	2	14	21	29	6	8	11	8	0	0
*****												

OPTION 2      UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE  
GOVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI  
TABLEAU 10-1/1      COUT TOTAL DES INVESTISSEMENTS



OPTION 3  
UNITE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATERIEL SOLAIRE  
GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DU MALI  
TABLEAU 10-12  
Echelonnement des Coûts de Production  
(US 000\$)

ANNEE	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			TOTAL								
	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T	D	L	T												
PROGRAMME DE PRODUCTION	0			5			26			52			91			140			150			165			185			200			208			206											
FINANCEMENT	0			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0					
MATERIAUX DIRECTS	0	0	0	4	1	5	20	8	28	39	15	54	71	27	98	107	40	147	113	43	156	124	47	171	139	53	192	151	57	208	151	57	208	151	57	208	1979	405	1475						
MAIN D'OEUVRE DIRECTE	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	5	5	0	8	8	0	12	12	0	12	12	0	13	13	0	15	15	0	16	16	0	16	16	0	16	16	0	16	16	0	116	116			
FRAIS GENERAUX DE FABRICATION	0	0	0	3	25	28	8	73	81	10	87	97	11	103	114	12	108	120	13	114	127	14	126	140	15	135	150	16	145	161	16	145	161	16	145	161	16	145	161	134	1206	1340			
COÛTS DE FABRICATION	0	0	0	7	27	34	28	83	111	49	107	156	82	138	220	119	160	279	126	169	295	138	186	324	154	203	357	167	218	385	167	218	385	167	218	385	1204	1707	2931						
FRAIS ADMINISTRATIFS	0	0	0	0	0	0	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	43	43	0	430	430			
FRAIS DE VENTE ET DE DISTRIBUTION	0	0	0	0	21	21	0	55	55	0	55	55	0	65	65	0	65	65	0	68	68	0	66	66	0	71	71	0	71	71	0	71	71	0	71	71	0	71	71	0	601	601			
COÛTS D'EXPLOITATION	0	0	0	7	48	55	28	181	209	49	205	254	82	246	328	119	268	387	126	280	408	138	297	435	154	317	471	167	332	495	167	332	495	167	332	495	167	332	495	1204	1608	4042			
FRAIS FINANCIERS	0	0	0	0	0	0	0	121	121	0	121	121	0	121	121	0	121	121	0	121	121	0	121	121	0	113	113	0	104	104	0	94	94	0	87	87	0	87	87	0	110	110			
AMORTISSEMENT	0	0	0	0	0	0	0	190	190	0	190	190	0	226	226	0	226	226	0	243	243	0	243	243	0	260	260	0	260	260	0	260	260	0	260	260	0	260	260	0	260	260	0	260	260
TOTAL DES COÛTS DE PRODUCTION	0	0	0	7	48	55	28	492	520	49	516	565	82	593	675	119	615	734	126	644	770	138	661	815	154	690	844	167	695	870	167	686	850	167	671	841	167	671	841	1204	5016	7500			

Option 1

 UNITÉ INDUSTRIELLE DE PRODUCTION DE MATÉRIEL SUCRIER  
 GOUVERNEMENT DE LA RÉPUBLIQUE DU MALI  
 TABLEAU 10-8/3 TABLEAU DES MOUVEMENTS DE TRÉSORERIE  
 POUR LA PLANIFICATION FINANCIÈRE

SECTION	PERIODE ANNEE	EXECUTION						MISE EN ROUTE						MOYENNE			ANNUAL DEBIT	ANNUAL CREDIT
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
PROGRAMME DE PRODUCTION (TONNES)		0	0	21	43	81	139	150	155	165	200	200	200					
<b>A. RENTREES DE TRÉSORERIE</b>		970	1755	190	178	462	322	385	347	462	422	414	414					6007
1. Total des ressources financières		970	1755	147	89	294	34	75	8	79	8	0	0					1450
1) Avoir des actionnaires		280	574	0	5	118	14	50	3	32	3	0	0					1070
1) Dette à long terme		390	861	0	7	176	26	45	5	47	5	0	0					1550
1) Subvention-assistance technique		320	320	147	77	0	0	0	0	0	0	0	0					804
2. Produit des ventes		0	0	43	89	168	288	310	341	383	414	414	414					1864
<b>B. SORTIES DE TRÉSORERIE</b>		970	1755	459	438	750	595	561	625	877	783	747	678	1531				9208
1. Constitution du total des actifs (remplacement compris)		970	1755	145	89	341	131	75	8	223	105	95	0	1531				3911
1) Investissements (sans remplacement)		886	1645	147	77	274	0	69	0	69	0	0	0					3167
1) Dépenses de premier établissement		84	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					194
1) Fonds de roulement		0	0	-2	12	20	34	6	8	10	8	0	0					96
1) Remplacements		0	0	0	0	47	97	0	0	144	97	69	0					494
2. Coûts d'exploitation		0	0	189	225	265	340	361	385	422	446	446	446					1645
3. Service de la dette		0	0	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124					1092
1) Intérêts		0	0	124	124	124	124	124	124	124	116	107	97					1150
1) Remboursement sur capital net		0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	27	27					200
4. Dividendes		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0
<b>C. EXÉDENT OU DÉFICIT</b>		0	0	-269	-260	-288	-273	-176	-278	-415	-361	-333	-334					-2975
<b>D. EXÉDENT OU DÉFICIT ACCUMULÉ</b>		0	0	-269	-529	-817	-1091	-1268	-1546	-1961	-2318	-2651	-2985					-2975
<b>E. CASH FLOW</b>		-970	-1755	-291	-225	-458	-183	-126	50	67	-137	-101	-101					1531
<b>E. TAUX DE RENDEMENT INTERNE</b>		-10.42%																





---

# Bibliographie

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20

## BIBLIOGRAPHIE

- Plan Quinquennal de Développement Economique et Social 1981-1985  
Ministère du Plan - République du Mali
- Energies Nouvelles et Développement - SEMA - Ministère de la  
Coopération - France - 1978
- Evaluation des Energies Renouvelables pour les pays en développement  
- Ministère de la Coopération - Commissariat à l'Energie Solaire  
- France - 1980
- Rapport d'étude sur la Planification de l'Energie - Secteur Energies  
Renouvelables (Projet) TRANS ENERG - Janvier 1983
- Centre Régional d'Energie Solaire (CRES) - bureau d'études et de  
réalisation - Proposition pour une méthodologie de programmation  
des équipements (CEAO/CILSS)
- Centre Régional d'Energie Solaire (Etude d'ingénierie) - Activités de  
Formation au CRES (CEAO/CILSS) - Septembre 1982
- Centre Régional d'Energie Solaire - Rapport de faisabilité  
- Septembre 1981
- Expertise sur la Planification, la mise en valeur et l'utilisation des  
ressources en énergies renouvelables - Mali - P. verstraete  
- ONUDI - Août 1982
- Centre Régional d'Energie Solaire (CRES) - Etude d'ingénierie -  
Septembre 1982 - (CEAO/CILSS)
- Technologie appropriée - Coopération entre les pays de la CEAO -  
Rapport sur journées d'études - 1979
- Programme substantiel d'action pour le Développement Accéléré du Mali  
- 1981-1990 - Ministère du Plan - Août 1981
- Conférence Internationale des bailleurs de fonds pour le redressement  
économique et le développement de la République du Mali  
Vol I - Rapport de synthèse; Vol II - Présentation des projets
- L'Energie Solaire au Mali - Ministère du Développement Industriel et  
du Tourisme et Association solaire Elf/Mali
- Programme de la Banque Mondiale au Mali - Janvier 1983

- Propositions pour une politique de développement industriel - CEPI -  
Juillet 1980
- Programme de recherches relatif aux applications de l'énergie solaire  
au Sénégal, au Mali et au Niger - ONUDI - Janvier 1978
- Infrastructure sanitaire du Mali - Division de la planification  
Ministère de la Santé Publique et des Affaires Sociales  
année 1981
- Rapport sur les activités des Organisations non Gouvernementales en  
République du Mali - PNUD - Août 1982
- Projet d'une unité pilote pour la production d'équipement simple à  
énergie solaire - ONUDI - 1979
- Programme pour l'utilisation de l'énergie solaire dans les pays  
Soudano - Sahéliens - PNUD - 1975
- Annuaire des entreprises du Mali - Chambre de Commerce d'Agriculture  
et d'Industrie de Bamako - Mali - 1972
- Convention Collective Fédérale des Industries de la "Mécanique  
Générale" - Office National de la main d'oeuvre - Bamako
- Le séchage solaire des produits maraîchers au Sénégal - C.E.R.E.R. -  
Sénégal - Département de séchage solaire
- Le potentiel de développement industriel à partir des ressources  
naturelles dans les pays les moins avancés - no. 4 - Mali - ONUDI  
- Juin 1982
- Projet pilote pour la valorisation énergétique des sous-produits  
végétaux au Mali-Bonnenberg, Drescher (FED) Mars 1983
- Mali - Planification du secteur Energie - Rapport de mission - Tecsub  
- Avril 1983
- Annuaire des Sociétés et des principaux importateurs - exportateurs du  
Mali (CMCE)
- Pochette d'information sur les énergies nouvelles et renouvelables  
dans les pays du Sahel. (Agence Canadienne de Développement  
International - Corporation de Recherche Exergie - Canada) -  
Janvier 1983
- Résumé de la coopération technique au Mali sur financement extérieur -  
PNUD - 1981

- Diagnosics et projet programme de réhabilitation des entreprises industrielles et commerciales relevant du Ministère de Tutelle des Sociétés et entreprises d'Etat - Ministère du plan (P.A. conseiller de Direction - France)
- Bilan et diagnostics des entreprises industrielles et perspectives de développement industriel au Mali - ONUDI - Ministère du développement industriel (Bureau africain de recherches appliquées) 1979
- Energy Development and Industrialisation - prepared by the Special Advisory Group on Energy in the office of the Executive Director - Octobre 1982
- Guide de l'investisseur au Mali - Centre d'Etudes et de Promotion Industrielles - Ministère d'Etat chargé de l'équipement
- A Handbook on Appropriate Technology - Canadian Hunger Foundation - Brace Research Institute (Canada) - 1979
- The Relative Economics of Wind Pumps Compared with Diesel Engine and Solar Photovoltaic Powered Pumps on Boreholes in Kenya - Intermediate Technology Power Ltd. - May 1983
- Testing and Demonstration of Renewable Energy Technologies - Wind Technology Assessment Study - Intermediate Technology Power Ltd. - December 1982
- Renewable Energy Resources in the Developing Countries - World Bank - November 1980
- Technological Information Profile on Solar Energy Applications - Usaid - September 1982
- Renewable Energy Project - Field Report - Usaid - March 1983
- Energy Use in the Region of San - Mali Renewable Energy Project - Mali Renewable Energy Project - USAID - March 1983.
- Installed Renewable Energy Technologies in Africa - An Assessment of Field Experience and Future Directions - USAID - March 1983.
- Cost comparison of diesel and photovoltaic pumps for the 'Action Blé' Project in Mali.
- Solar Energy Office - Ministry of Higher Education and Research - Republic of Niger.

Mali Renewable Energy Project - A Mid-Project Evaluation Report for  
USAID - Bamako - July 1982.

Mobilizing Renewable Energy Technology in Developing Countries -  
Strengthening Local Capabilities and Research - World Bank - July  
1981.

The Economic Costs of Renewable Energy - Development Sciences Inc. for  
AID - April 1981.

