



**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)

15419

Madagascar.

ENERGIES NOUVELLES ET RENOUVELABLES ;

DP/MAG/84/007

REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DE MADAGASCAR

RAPPORT TECHNIQUE\*

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

d'après les travaux de Monsieur René Collomp,  
Consultant ingénieur industriel,  
Sous le poste 11-52

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel  
Vienne

---

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

P R E F A C E

En vertu du contrat signé le 30 décembre 1985 entre l'O.N.U.D.I. et Monsieur René COLLOMP, Consultant Ingénieur Industriel, il a été demandé à ce dernier de :

- 1°) Assurer le suivi de la réalisation de deux installations solaires de production d'eau chaude et d'une micro-centrale hydro-électrique
  - contrôler la rédaction d'un manuel d'ingénierie
  - contrôler la rédaction d'un manuel de maintenance et d'entretien
  - contrôler la rédaction d'un cahier des charges des composants à fabriquer localement.
- 2°) Etablir un rapport indiquant par secteur d'industrie
  - les mesures et investissements à réaliser pour réduire les consommations d'énergie et introduire les énergies renouvelables
  - les conditions financières de ces investissements.
- 3°) Indiquer les
  - besoins énergétiques
  - ressources d'énergies renouvelables
  - l'intérêt et les objectifs de programmes en cours de développement
  - le marché potentiel par technologie
  - le programme éventuel d'action.
- 4°) Evaluer
  - l'intérêt du développement de l'utilisation des énergies renouvelables
  - la contribution possible de ce développement
  - le coût des programmes à mettre en oeuvre

5°) Organiser des réunions techniques concernant l'installation et la maintenance d'équipement en énergies renouvelables.

Dans un premier temps (la mission complète étant prévue sur 2,5 mois), il lui a été demandé une mission de deux semaines, à compter du 13 janvier 1986 (voyage et rapport compris). Cette première phase de la réalisation du projet a été néanmoins rallongée de 10 jours en cours de mission, afin de permettre la concrétisation des efforts entrepris.

Nous proposons, pour le présent rapport concernant cette mission, la procédure suivante qui, pour n'être pas traditionnelle, recherche un souci d'efficacité pour permettre une synthèse initiale, fort utile aux décisionnaires soucieux d'une vue globale constructive, appuyée sur une argumentation détaillée et précise justifiant tous les concepts ou arguments avancés.

Nous présenterons donc, en tête du rapport cette SYNTHÈSE, renvoyant aux divers chapitres détaillés apportant tous conceptions, précisions, calculs et justifications des descriptifs ou évaluations des exposés concernés.

Cette SYNTHÈSE PRELIMINAIRE comportera le SOMMAIRE de l'ensemble des opérations effectuées au cours de la mission et de leur résultat.

### S Y N T H È S E   P R E L I M I N A I R E

Le délai relativement court imparti à cette première phase de la mission imposait un choix dans la direction de l'action à entreprendre.

Monsieur le Représentant Résident JANNONE nous a dès notre arrivée orienté dans un sens pragmatique d'efficacité et, grâce à la collaboration de Monsieur STEVENS et de Madame ANDERSEN au niveau de l'O.N.U.D.I. et de l'apport logistique de la DUEN en la personne de Monsieur RAZAFINDRAKOTO et du Docteur Ingénieur RASOLDIER et son équipe, nous avons pu effectuer les travaux préconisés par Monsieur le Représentant Résident, dans le but d'assurer dans les moindres délais les réalisations réelles des installations projetées, savoir :

- Production d'eau chaude sanitaire aux deux sites d'ANTSIRABE et ANJANAMASINA

- Installation d'une MICRO-CENTRALE HYDRAULIQUE dans la région d'ANTSIRANANA (DIEGO-SUAREZ).

Ainsi que nous l'exposons dans notre rapport, l'installation de la micro-centrale ne peut être réalisée dans l'immédiat, alors que les deux installations solaires rassemblent les conditions permettant une exécution rapide, génératrice d'économies d'énergie et de perspectives concrètes de développement artisanal ou industriel.

Nous avons donc consacré l'essentiel de nos activités à assurer ces deux réalisations d'utilisation de l'Energie Solaire et nous présentons dans le présent document les éléments positifs permettant d'atteindre cet objectif. La conception, les plans et le descriptif joints permettront à l'O.N.U.D.I. de prendre une décision si notre proposition est jugée conforme aux objectifs poursuivis. Ce qui précède concerne les points (1) et (5) de notre mission. En ce qui concerne les points (2) (3) et (4) de notre mission concernant l'immense domaine des inventaires généralistes des évaluations et besoins énergétiques de Madagascar, nous avons établi une NOTE d'OBSERVATIONS faisant référence aux travaux déjà effectués ou en cours d'exécution en suggérant de ne pas nous faire effectuer des travaux complémentaires ou superflus, mais plutôt de nous consacrer aux domaines inexplorés des :

- gisements solaires efficaces
- besoins énergétiques solaires selon les priorités socio-économiques.

En conclusion de cette synthèse, il ressort donc qu'il convient de procéder à :

- la mise en deuxième phase du projet de micro-centrale hydraulique, la recherche des sites propices n'ayant pas encore produit des résultats permettant d'engager une réalisation concrète.
- Le réaménagement du programme de travaux relatifs à l'inventaire des besoins énergétiques et des ressources disponibles en énergies renouvelables ayant pour objectif le programme de développement industriel, afin de ne pas faire double emploi avec des études existantes ou en cours d'élaboration par d'autres chercheurs.
- La réalisation pratique, concrète et rapide de deux installations solaires de production d'eau chaude sur les sites choisis de  
ANTSIRABE = Centre de rééducation motrice des enfants polio

ANJANAMASINA = Hôpital Psychiatrique.

Un projet décrit et évalué est joint au présent rapport.

S O M M A I R E

	page
I. <u>CHRONOLOGIE des OPERATIONS</u> TOUS TRAVAUX DIVERS	7
II. <u>CONTENU des TRAVAUX</u> (avec documentation)	
2.01. REALISATION ANTSIRABE	10
2.02. REALISATION ANJANAMASINA	17
2.03. MICRO-CENTRALES HYDRAULIQUES	18
III. <u>CONCLUSIONS</u>	
3.01. GENERALITES	22
3.02. PROJET ANTSIRABE	22
3.03. PROJET ANJANAMASINA	23
3.04. MICRO-CENTRALES	24
3.05. EVALUATIONS des INVESTISSEMENTS ET BESOINS EN ENERGIE	24
 <u>ANNEXES</u>	
Annexe I - Evaluation du gisement solaire détermination du dimensionnement -	27
Annexe II - Caractéristiques nécessaires du matériel de captation solaire à utiliser -	29
Annexe III - Schéma système solaire d'Antsirabé -	32
Annexe IV - Liste d'équipement Antsirabé -	34
Annexe V - Schéma système solaire d'Anjanamasina -	39
Annexe VI - Caractéristiques techniques pour l'installation d'Anjanamasina -	43
Annexe VII - Liste d'équipement d'Anjanamasina -	44

I. CHRONOLOGIE des OPERATIONS

- Lundi 13.01 DRAGUIGNAN NICE PARIS ANTANANARIVO
- MARDI 14.01 Arrivée au P.N.U.D. 10h.30  
Mise en place CALENDRIER avec Monsieur STEVENS et Madame ANDERSEN en présence de Monsieur RAZAFINDRAKOTO et Monsieur RASOLDIER.  
Monsieur RAJAONA DAKA participe à la réunion ainsi que Ingénieur MILY Pierre, D.A.R.T.
- 14h.30 REUNION TRAVAIL salle Vogue :  
Constitution de l'équipe D.U. E.N. affectée au projet (2 ingénieurs - 1 technicien)  
. RASOLDIER Olivier  
. RAINAVO-HARISOA Rodolphe  
. RAFENOMANJATO Zaka.
- MERCREDI 15.01 Travail à D.U.E.N. ANKATSO.
- 14h.30 Visite à Monsieur JANNONE, Représentant Résident.  
MISE AU POINT DU PROJET dont les points forts sont :
- \* CENTRE POLIO ENFANTS ANTSIRABE C.R.M.M. et HOPITAL PSYCHIATRIQUE ANJANAMASINA pour PRODUCTION EAU CHAUDE SOLAIRE
  - \* REGION DIEGO  
MICRO-CENTRALE HYDRO-ELECTRIQUE.
- Monsieur JANNONE précise que le choix des deux sites ANTSIRABE et ANJANAMASINA est prioritaire sur le plan social : il rentre dans le cadre d'un projet P.N.U.D. d'assistance aux handicapés et doit être exécuté comme tel. Il demande que soit visité le F.E.D. et F.A.C.
- La DOCUMENTATION : rapport SCHOLLE et rapport DUEN de DIEGO sur 3 sites est remise par Madame ANDERSEN.
- 16h.30 Visite de RECONNAISSANCE DES LIEUX à ANJANAMASINA, Hôpital Psychiatrique où rendez-vous est pris pour la matinée du 23.01.
- JEUDI 16.01 Départ ANTSIRABE 07h.00
- 12h.15 Visite à Madame la Directrice Docteur RAKOTONDRAINIBE : ESTIMATION des BESOINS du CENTRE.



14h./18h. VISITE des LJEUX - RELEVES  
MESURES INSOLATION - CALCULS.

VENDREDI 17.01 TRAVAUX sur INSTALLATION et LOCAUX.  
Prise PHOTOS - SCHEMAS - MESURES.

16h.00 ESSAIS CHAUDIERE pour VERIFICATION CIR-  
CUITS EAU CHAUDE. On constate, contrai-  
rement aux affirmations, que l'eau n'arrive  
pas aux étages.  
RELEVES des ROBINETS.

MESURES INSOLATION tout le jour sur les deux  
versants de toiture (heure par heure).  
CALCULS des RAYONNEMENTS et RENDEMENT à  
l'ORDINATEUR HP 41.

SAMEDI 18.01 Arrivée ANTANANARIVO 19h.00

DIMANCHE 19.01 Le départ prévu pour DIEGO sur les sites des  
MICRO-CENTRALES HYDRO-ELECTRIQUES à 09h.00 est  
annulé sur ordre du P.N.U.D.

LUNDI 20.01 RAPPORT au P.N.U.D. avec Monsieur STEVENS et  
Madame ANDERSEN.

TRAVAIL PROJET à ANKATSO.

MARDI 21.01 Visite au F.E.D., Monsieur ALEXIS, avec Madame  
ANDERSEN.

TRAVAIL PROJET au Bloc Technique ANKATSO.

MERCREDI 22.01 Matin : TRAVAIL sur PROJET au Bloc Technique  
Université ANKATSO.  
Après-midi :

14h.30 REUNION avec le Représentant Résident  
JANNONE.

16h.00 REUNION au F.A.C. avec Madame ANDERSEN.

JEUDI 23.01 Matinée : Visite à l'Hôpital Psychiatrique d'ANJA-  
NAMASINA.

RECONNAISSANCE des LIEUX.

17h./19h. RENDEZ-VOUS TRAVAIL chez Monsieur JANNONE  
en présence de Monsieur TAKIZALA, Représen-  
tant le B.I.T., et de Madame  
RAYOTONDRAINIBE, Directrice du C.R.M.M.  
d'ANTSIRABE.

VENDREDI 24.01 \* SEMINAIRE de FORMATION des ETUDIANTS INGENIEURS destinés à la mise en oeuvre des projets d'ENERGIES NOUVELLES, sous la présidence de Monsieur RAZAFINDRAKOTO.

\* VISITE à la Direction D.A.R.T.

\* TRAVAIL à ANKATSO.

SAMEDI 25.01 TRAVAIL sur PROJET ANTSIRABE.

LUNDI 27.01 REUNION à la Direction de la JIRAMA.

TRAVAIL sur PROJET ANTSIRABE.

MARDI 28.01 CONFERENCE avec Monsieur JANNONE et Monsieur STEVENS.

TRAVAUX à ANKATSO.

MERCREDI 29.01 Visite au Ministère de l'Industrie et des Mines, Service des Ressources et Opportunités. Entrevue avec Monsieur RANDRIANARISOA Emmanuel, Directeur de l'Energie et de l'Eau.

JEUDI 30.01 10h.00 DEPART pour la France.

VENDREDI 31.01 TRAVAIL sur RAPPORT.

SAMEDI 01.02 TRAVAIL sur RAPPORT

LUNDI 03.02 TRAVAIL sur PROJET et RAPPORT

MARDI 04.02 TRAVAIL SUR PROJET

MERCREDI 05.02 TRAVAIL SUR PROJET ET RAPPORT

DIMANCHE 23.02 DRAGUIGNAN NICE ZURICH VIENNE

LUNDI 24.02 DEBRIEFING

MARDI 25.02 VIENNE ZURICH NICE DRAGUIGNAN

## II. CONTENU des TRAVAUX

### 2.01. INSTALLATION SOLAIRE du C.R.M.M. d'ANTSIRABE

Le projet demande la production d'eau chaude pour l'alimentation des bassins, baignoires et piscines, définis aux soins des enfants poliomyélitiques pensionnaires du Centre de Rééducation Motrice de Madagascar (C.R.M.M.).

Les besoins ont été définis dans une première approche, lors de notre visite sur les lieux, avec Madame la Directrice RAKOTONDRAINIBE et définitivement arrêtés lors de la conférence du 23.01.86 chez Monsieur JANNONE à 70.000 litres par semaine et au chauffage de l'aile occupée par les enfants au premier étage.

Il est évident que l'ENERGIE SOLAIRE étant aléatoire et alternative, du fait de la nébulosité et de la présence de l'obscurité nocturne, il est nécessaire de prévoir la présence d'un APPOINT d'ENERGIE qui, dans le cas présent, est assurée par une chaudière à FUEL pouvant servir en cas exceptionnel d'une absence prolongée et totale d'irradiation solaire ou de panne matérielle de l'installation ou de son alimentation en électricité (circulation et régulation). Il faut également attirer l'attention sur le fait que toute autre dépense d'énergie, telle que les CUMULUS ELECTRIQUES alimentant actuellement les Etages en eau chaude, sera supprimée définitivement. Nous allons définir ci-dessous les spécifications auxquelles les travaux exécutés à la D.U.E.N., sous notre direction, ont abouti.

#### 2.01.1. DIMENSIONNEMENT

-----

Une étude complète de l'irradiation solaire sur le site en fonction des renseignements météorologiques recueillis par la D.U.E.N. et une simulation informatique effectuée par nos soins ont permis de déterminer un dimensionnement de captation solaire par CAPTEURS PLANS de 120 m<sup>2</sup> de SURFACE TOTALE pouvant assurer la production d'ENERGIE nécessaire aux besoins annoncés.

Le STOCKAGE des CALORIES sera fait dans des CUVES assurant un volume de 7.000 litres, ce chiffre étant déterminé afin d'assurer un rendement maximum de récupération d'ENERGIE SOLAIRE.

Les éléments de calcul ayant abouti à ce dimensionnement sont annexés au présent rapport sous ANNEXE I.

Il en ressort une couverture "théorique" des besoins sur l'année de 82 %, mais les hypothèses de calcul étant relativement pessimistes, en l'absence de statistiques métriques exactes sur de longues périodes, nous pensons que l'utilisation raisonnée de l'eau chaude produite doit assurer la satisfaction des besoins avec une économie totale des autres sources (hors mis le cas de panne du système, que l'organisation de la maintenance prévue doit permettre d'éviter). En d'autres termes, une utilisation "judicieuse" de l'installation doit permettre une quasi-autonomie énergétique, quitte à moduler les prélèvements d'eau chaude en fonction de la disponibilité des calories = c'est l'adaptation au cycle solaire, générateur de l'économie totale.

Nous attirons l'attention sur le fait que ce dimensionnement a fait l'objet de nombreuses simulations et a abouti à une synthèse, fonction d'une part des besoins à satisfaire, de l'économie maximale d'énergie compatible toutefois avec un équilibre financier valable. En effet, dans ce genre d'étude, le montant à investir doit tenir compte essentiellement de la "PRODUCTIVITE SOLAIRE" du mètre carré de CAPTEUR INSTALLE. Cela doit être le souci constant du concepteur, sans lequel les installations solaires ne peuvent être économiquement valables.

Une seule chose compte = ECONOMISER LE PLUS D'ENERGIE POSSIBLE, tout en s'efforçant d'obtenir un prix de revient de l'énergie produite par le solaire inférieur à celui de l'énergie traditionnelle non renouvelable.

#### 2.01.2. CARACTERISTIQUES du MATERIEL de CAPTATION SOLAIRE

---

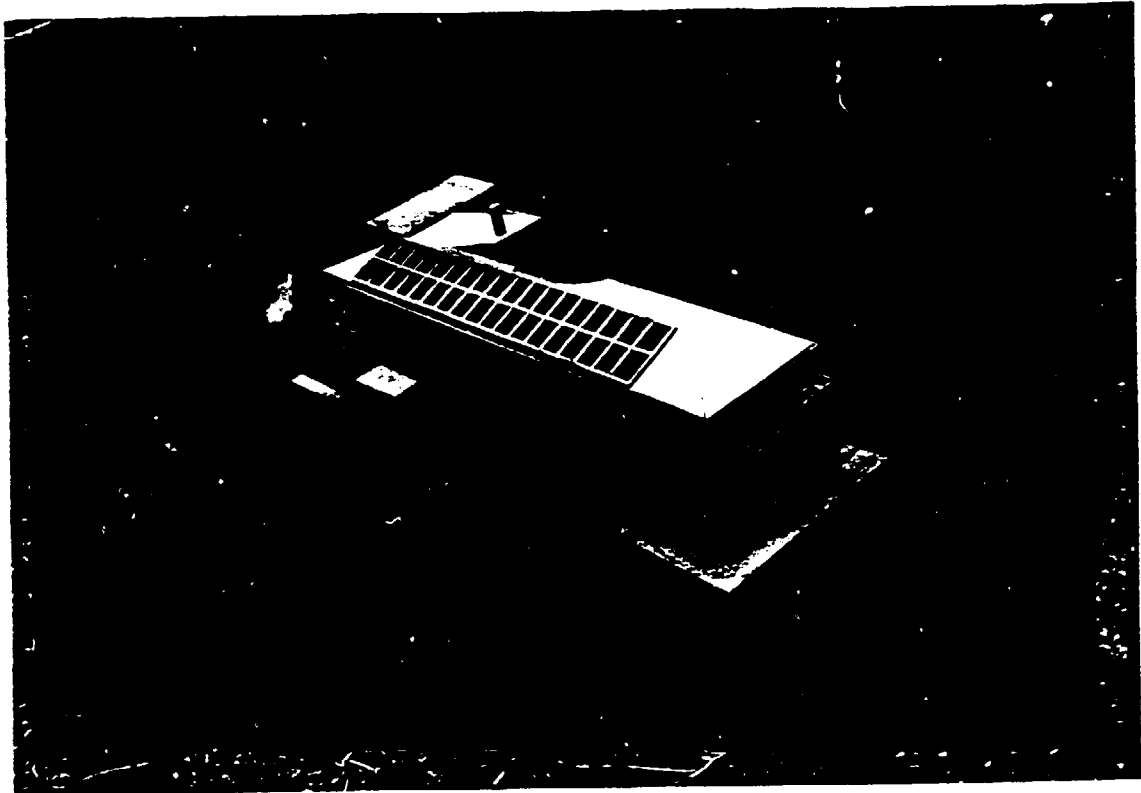
Deux impératifs commandent toute réalisation :

- Matériel fiable et adapté aux conditions locales.
- Matériel compatible avec la situation des lieux et de l'emplacement possible des capteurs.

Pour le cas présent, le seul emplacement possible est la toiture dont les deux versants inclinés à 18,5° sur l'horizontale sont orientés respectivement

vers N.W. 45° et S.E. 45°.

La maquette réalisée par la D.U.E.N. (voir cliché ci-dessous) a permis une approche commode



des dispositions à envisager.

## Une visite dans les combles du bâtiment



confirme qu'un renfort éventuel de la charpente devra être étudié , mais l'état des lieux laisse penser qu'aucune difficulté particulière ne se présentera dans cette éventualité.

D'autre part le CHOIX du MATERIEL de CAPTATION doit être dans ce cas :

- adapté aux conditions d'insolation très puissantes (nous avons mesuré 1.200 watts/m<sup>2</sup> avec notre solarimètre) qui peuvent provoquer des déformations dilatations entraînant des ruptures de soudures : nous optons donc pour un capteur comportant des ailettes massives non déformables, assurant la circulation d'eau sans soudure ni collage et possédant un système absorbant les dilatations longitudinales
- résister aux intempéries notamment les vents violents et les grêles d'hiver fréquentes à ANTSIRABE (verre trempé nécessaire)
- de manipulation commode pour le transfert sur la toiture à la main : donc éléments le plus légers possible

- de qualité garantie dans le temps par le constructeur.

Le type de matériel répondant à ces impératifs peut être représenté par le modèle C2 de la firme GIORDAN TOTAL, de dimensions 2,05 m x 0,36 m et pesant seulement 25 kg à l'unité. De plus ce matériel est livré avec tous les accessoires de fixation sur les bois de charpente. Il est garanti 10 ans.

Bien évidemment, un autre produit similaire reprenant toutes ces caractéristiques et ayant une équivalence de production énergétique, pourra être utilisé et nous donnons en ANNEXE II les caractéristiques essentielles que le produit à utiliser doit respecter à notre avis.

Afin de matérialiser l'installation de façon concrète nous avons fait faire les dessins du projet avec le matériel ci-dessus désigné, mais il est évident que l'utilisation d'un autre matériel de mêmes caractéristiques ne demanderait qu'une modification des dispositions présentées.

### 2.01.3. SYSTEME TECHNOLOGIQUE

-----

Le principal souci doit être la simplicité de l'installation.

On trouvera en ANNEXE III le SCHEMA de principe retenu dont nous indiquons ci-après les principales options ayant fait l'objet de nombreuses discussions et recherches.

A/ Des renseignements émanant des sources météorologiques et des ouvrages spécialisés tels que :

- CONTRIBUTION GEOGRAPHIQUE A L'ETUDE DU  
CLIMAT de MADAGASCAR  
du Professeur Docteur DONQUE

il ressort que les températures négatives sont possibles mais exceptionnelles à ANTSIRABE où les TEMPERATURES MINIMA MOYENS MENSUELS sont 4,5° en juin - 4,7° en juillet 4,8° en août.

Il a donc été décidé de prévoir une installation non protégée par de l'ANTIGEL, ce qui aurait entraîné l'obligation d'un ECHANGEUR, d'un DOUBLE

CIRCUIT, avec toutes les complications techniques et les pertes de rendement que cela entraîne.

De plus, nous avons effectué auprès de la JIRAMA une demande de résultats d'analyse de l'eau du réseau.

Les résultats fournis, savoir :

PH = 8,5

TH = 4

donnent satisfaction = eau non corrosive et non calcaire.

Toutefois, afin de se prémunir contre tout risque, une alerte sonore avisera aussitôt que la température de jour descendra à 4° de façon à vidanger manuellement les capteurs par la manoeuvre d'une simple vanne qui sera remise en place initiale le jour suivant.

Le MANUEL de MAINTENANCE donnera toutes instructions à cet effet.

- B/ L'eau chaude produite par les capteurs, grâce à un circulateur, se trouve stockée dans deux cuves de dimensions compatibles avec les ouvertures existantes du bâtiment.
- C/ L'eau chaude ainsi produite est utilisée dans la distribution de tout l'établissement. A cet effet elle est dirigée jusqu'au ballon utilisé actuellement avec le réchauffage par la chaudière à fuel. Cette dernière restera en service pour dépannage exceptionnel.
- D/ En période froide, l'eau chaude pourra être utilisée pour réchauffer un radiateur à ailettes situé dans le corridor du premier étage afin de tempérer les chambres.
- E/ Un système très simple de régulation électronique commande la mise en marche et l'arrêt en fonction de l'ensoleillement.

#### 2.01.4. LISTING du MATERIEL NECESSAIRE PROPOSITION OPERATIONNELLE

-----

Il nous est apparu indispensable de matérialiser par un LISTING précis les désignations et quantités de tout matériel ou pièce nécessaire à la réalisation



intégrale de l'opération.

Tout serait rassemblé et expédié sur place dans un seul CONTAINER permettant le montage dans des délais réduits donc plus économiques.

On trouvera donc, à titre d'exemple, le listing de l'installation étudiée avec les matériels que nous préconisons, pour en connaître l'usage et la fiabilité sur de nombreuses installations fonctionnant depuis des années.

Nous avons également indiqué notre estimation des prix en fonction des catalogues de constructeur, valeur janvier 1986.

Voir ANNEXE IV.

#### 2.01.5. FRAIS de MONTAGE

-----  
Les travaux de montage du matériel de capteurs solaires et accessoires et de réalisation des circuits hydrauliques avec leurs cuves de stockage seront exécutés par une entreprise qualifiée recrutée à Madagascar.

Ces frais peuvent être estimés à 6.500.000 FMG Hors taxes.

Le prix sera établi ferme et définitif par l'entreprise exécutante.

La surveillance du chantier en cours d'exécution devra être assurée, afin que les instructions du descriptif et du cahier des charges soient respectées avec soin.

#### 2.01.6. TRAVAUX ANNEXES

-----  
Nous devons attirer l'attention sur les points suivants dont l'exécution devra être assurée pour permettre la réussite du projet :

- \* Renforcement éventuel de la charpente bois.
- \* Vérification et révision du circuit de distribution de l'eau chaude (canalisations et robinets).
- \* Vérification et surélévation du paratonnerre existant, sur le faite de la toiture.
- \* Remise en ordre de l'évacuation de la piscine et des canalisations d'égoût des eaux usées.

L'ensemble de ces travaux devra être terminé avant que ne soient exécutés les travaux de montage du matériel solaire.

Nous prévoyons dans le budget de l'opération une provision pour cette rubrique.

## 2.02. INSTALLATION SOLAIRE de L'HOPITAL PSYCHIATRIQUE d'ANJANAMASINA

2.02.1. Relevés et mesures sur le site ont permis de déterminer les besoins en eau chaude de l'HOPITAL.

L'ensemble est constitué de plusieurs unités distantes les unes des autres. Le besoin est essentiellement constitué par l'alimentation des douches des malades.

### 2.02.2. SYSTEME TECHNOLOGIQUE

-----

L'installation préconisée consiste en unités autonomes de production d'eau chaude par thermosiphon avec des réserves de 200 litres par appareil permettant d'assurer le nombre de douches demandées sur chaque poste par les médecins du centre, savoir :

- 4 UNITES DE SOINS nécessitant chacune 1 unité  
de 200 litres
- 4 VILLAGES demandant chacun 1 unité de 200 litres
- 2 PAVILLONS de READAPTATION FONCTIONNELLE  
demandant chacun 1 unité de 200 litres.

L'avantage de ce système est qu'il ne demande aucune installation compliquée.

Il suffit d'alimenter en eau froide l'appareil monobloc convenablement disposé : l'eau chaude est distribuée à la sortie. De plus, en cas d'accroissement des besoins en eau chaude, un autre appareil peut être ajouté en série avec le premier sans difficulté.

On trouvera en ANNEXE V les plans de positionnement des divers appareils à mettre en place et en ANNEXE VI : le descriptif d'un appareil MONOBLOC à thermosiphon, destiné à équiper le centre. L'appareil sera choisi en fonction de sa qualité et de son prix.

L'estimatif joint à titre indicatif au tarif janvier 1986 pour un modèle donné permet de situer le budget de l'opération. ANNEXE VII.

### 2.03. MICRO-CENTRALES HYDRO-ELECTRIQUES

La présente mission prévoyant la mise en marche d'une micro-centrale dans la région de DIEGO-SUAREZ, à la suite des reconnaissances de 4 sites par la D.U.E.N. de cette ville, un déplacement était prévu du dimanche 19 au mercredi 23 janvier 1986. L'ordre de départ a été reporté pour diverses raisons. Nous avons étudié le dossier dans ses détails et rendu visite, successivement, aux instances préoccupées par le problème des micro-centrales hydro-électriques à Madagascar et ayant des travaux en cours dans cette discipline, savoir :

- F.E.D. Fonds Européen Développement  
Monsieur ALEXIS
- F.A.C. Fonds Assistance à la Coopération  
Monsieur SEXE
- JIRAMA Organisme National de l'Electricité et de l'eau
- MINISTERE de l'Industrie, de l'ENERGIE et des Mines,  
Service des Opportunités et des Eaux.

Nous donnons ci-dessous le compte-rendu de ces démarches.

#### 2.03.1. F.E.D.

-----  
Nous sommes reçus avec Madame ANDERSEN par Monsieur ALEXIS, Directeur, le 21.01.86 et de son exposé il ressort essentiellement :

A/ Un PROJET important du F.E.D. sur les ENERGIES RENEUVELABLES est en cours d'exécution sous forme d'Ateliers d'Experts pour :

- \* SECHOIR SOLAIRE
- \* EOLIENNE PILOTE
- \* GAZOGENE
- \* HABITAT Matériaux Locaux
- \* FROID SOLAIRE.

B/ En ce qui concerne l'EQUIPEMENT HYDRO-ELECTRIQUE un appel d'offres a été lancé pour aboutir actuellement :

- aux ETUDES PRELIMINAIRES de 3 MINI-CENTRALES  
(plusieurs MEGAWATTS)

ANDAPA  
AMBOSITRA  
AMBANJA

- à l'avant-projet de 4 MICRO-CENTRALES  
(inférieurs à 200 KVA)

ANJOZOROBE  
IHOZY  
FARAFANGANA  
VORIDIANA.

Le F.E.D. serait intéressé que ces travaux d'études puissent déboucher sur une réalisation par le D.U.E.N. d'ANTSIRANANA.  
Le projet ne sera pas en place avant 6 mois/1 an.

- C/ La JIRAMA est le pilote de ces productions d'électricité.

Une turbine fabriquée à Madagascar par SIMALTA-JEUMONT doit être mise en place prochainement à AMPESY (Lac ITASI) dans le cadre du programme USAID.

Un prototype de turbine BANKI a été fabriqué par la D.U.E.N. d'ANTSIRANANA.

#### 2.03.2. Le F.A.C.

-----  
nous reçoit le 22.01.1986 en la personne de Monsieur SEXE.

Il nous confirme la réalisation en cours du projet de la MICRO-CENTRALE de BEZA (TULEAR) d'une puissance de 100 KVA.

Maitre d'oeuvre : JIRAMA. Turbine : DUMONT assistée d'un groupe DIESEL de 100 KVA.  
Cet ouvrage a subi des retards dans sa réalisation par suite d'incidents (inondation, incendie...etc...)

#### 2.03.3. La JIRAMA

-----  
Compagnie Nationale de l'Electricité et de l'Eau, nous reçoit le 27.01.1986 en la personne de Monsieur le Directeur du Développement ANDRIANTSIFERANA et Monsieur RABARILALA, Chef de projet des micro-centrales hydrauliques.

Monsieur RABARILALA expose que voilà 3 ans un étudiant de DIEGO a présenté un projet de turbine CROSS-FLOW avec maquette et la JIRAMA a envisagé un prototype plus grand pour être installé sur un site voisin. Ils ont donc attendu la suite de la part du C.U.R. de DIEGO.

Il pense nécessaire que soit bien défini l'objectif du D.U.E.N., tant au niveau de la production d'énergie électrique que mécanique : il existe un site intéressant par exemple à AMBILOBE sur un canal, mais le C.U.R. estime que c'est trop loin de DIEGO.

Monsieur le Directeur ANDRIANTSIFERANA insiste sur le fait que la JIRAMA devrait être contactée pour tout projet concernant l'hydro-électricité : en effet, si par la suite il y a des problèmes techniques dans l'exploitation, la JIRAMA est obligée de reprendre des installations dans de mauvaises conditions.

#### Conclusion de cette entrevue

Pour les micro-centrales hydro-électriques il paraît indispensable qu'une concertation soit établie, dans le cadre d'un projet D.U.E.N., par un contact de la Direction d'Appui aux Recherches Technologiques (D.A.R.T.) du Ministère de la Recherche Scientifique auprès du Ministère de l'Industrie de l'Energie et des Mines (M.I.E.M.) pour en définitive organiser la réalisation des programmes dans le cadre des actions de la JIRAMA.

#### 2.03.4. Du MINISTERE de l'INDUSTRIE de l'ENERGIE et des MINES

-----  
Monsieur Emmanuel RANDRIANARISOA, Directeur de l'Energie et de l'Eau, nous a reçus le 29.01.1986. De cette réunion il ressort les points suivants :

- A/ Les projets énergétiques comprennent plusieurs phases et essentiellement une phase de recherche et une phase de diffusion.
- B/ L'Université doit s'arrêter à la recherche et le Ministère assurer la diffusion par d'autres organismes. Le manque de liaison entre la recherche et la mise en application peut faire avorter les opérations.

C/ Le Ministère a insisté pour être associé et tenu au courant de toute opération concernant l'ENERGIE. L'objectif actuel étant de tester les prototypes pour une diffusion ultérieure, il importe qu'avant la deuxième phase, le Ministère soit contacté pour préparer les objectifs à atteindre.

Notamment après avoir fait les mesures sur les prototypes d'ANTSIRABE et ANJANAMASINA, il appartiendra de prendre la décision de programme pour le chauffe-eau solaire à Madagascar.

Monsieur le Directeur précise également que l'étude des gisements solaire et éolien est en cours par le Ministère avec le concours du service METEOROLOGIE.

2.03.5. RAPPORT de la D.A.R.T. et du GROUPE ENERGIES NOUVELLES du CENTRE UNIVERSITAIRE REGIONAL d'ANTSIRANANA

-----  
Le rapport du GROUPE du C.U.R. en date du 21 novembre 1985 relatant les missions de reconnaissance des sites en octobre et novembre a fait l'objet de remarques de la part du responsable du projet. Un rapport a été établi par la D.A.R.T. en conclusion de ces travaux et il en ressort de façon certaine que :

A/ Des 4 sites visités comme potentiels en Energie Electrique, c.à.d.

MAHAVANONA  
BERAFIA  
SAJOAVATO  
ANIVORANO-NORD

aucun ne peut être retenu définitivement. Tout d'abord la "connaissance du cycle d'eau et les relevés topographiques des sites" n'ont pu être menés à terme, ainsi que l'écrit le responsable et il conclut en disant : "il serait nécessaire de procéder à des relevés hydrologiques s'étalant sur une période devant impérativement couvrir la saison sèche et la saison humide".

Cette conclusion de "compléter le recueil de données concernant chaque cours d'eau" est donnée dans le rapport D.A.R.T. qui ne trouve dans tous les sites, que celui de BERAFIA (léproserie médecine, centre élevage, ateliers artisanaux)

comme présentant tous les caractères requis.

B/ Malheureusement, sur le plan technique nous ne pouvons que constater que les relevés du site

15 m

100 l/s

aboutissent à une première évaluation de production énergétique inférieure à 10 KVA, ce qui ne permet d'envisager raisonnablement un projet dans ces conditions.

C/ Il est donc évident, en fonction de tout ce qui précède, que le projet actuel ne peut pas pour l'instant passer à la phase active de réalisation de la centrale avant que ne soient réalisés les relevés topographiques et hydrologiques indispensables à l'établissement du projet définitif.

La mise au point doit donc se poursuivre pour la détermination des sites valables, destinés à recevoir le prototype du C.U.R. d'ANTSIRANANA.

### III. CONCLUSIONS

#### 3.01. GENERALITES

Au cours des 16 jours de travaux sur les lieux, nous avons trouvé auprès de l'équipe de la D.U.E.N. les capacités requises pour mener à bien la réalisation des deux premiers projets de production d'eau chaude à ANTSIRABE et ANJAMASINA. Le manque d'expérience pratique pour ce genre de réalisation paraît devoir être rapidement comblé en fonction de l'assimilation observée au cours du séjour des enseignements que nous leur avons communiqués. Leur formation théorique est bonne et il conviendrait que l'équipe soit chargée de SURVEILLER les réalisations avec soin.

#### 3.02. C.R.M.M. d'ANTSIRABE

Le projet a été établi et dessiné à la D.U.E.N. à ANKATSO. Il figure ci-joint en ANNEXE III. Version initiale et modificative du 12/02/86  
Dimensionnement et Critères de choix figurent en ANNEXES I et II.

L'ANNEXE IV nous donnera le LISTING DESCRIPTIF et l'ESTIMATION de tout le matériel nécessaire à l'installation.

Le montant s'élève à  
Ces prix sont des PRIX CLIENT HORS TAXES DEPART 76.914  
Le prix du transfert par mer  
en C.I.F. TAMATAVE 61.000

Transfert TAMATAVE/ANTSIRABE MEMOIRE

Le délai d'acheminement ... 11 semaines après commande

Les frais de montage par une  
entreprise s'élèveront à 96.000

Les travaux annexes (renforcement  
charpente, génie civil, vérifica-  
tion de la distribution d'eau  
chaude..) 35.000  
ne peuvent être que provisionnés  
car ils pourront faire l'objet  
d'un devis d'entreprises locales.

CALENDRIER DE REALISATION

-----  
Si donc la décision d'exécution est prise il conviendrait  
d'agir au plus vite afin que le matériel puisse parvenir  
en JUIN 1986, c.à.d. pendant l'HIVER AUSTRAL, période à  
laquelle seront davantage possibles les travaux sur cap-  
tation solaire, pour lesquels l'ensoleillement puissant  
et les températures élevées sont un facteur de nuisance  
non négligeable générateur d'augmentation des COUTS.

3.03. HOPITAL PSYCHIATRIQUE D'ANJANAMASINA

De la même façon, nous obtenons pour ANJANAMASINA :

ANNEXE V Plans  
ANNEXE VI Descriptif TECHNIQUE  
ANNEXE VII LISTING descriptif  
ESTIMATIF du projet.

Matériel nécessaire 157.280  
Transfert C.I.F. COMPRIS ci-dessus  
Frais de Montage compris ci-dessus  
Transfert ANJANAMASINA mémoire

TOTAL GENERAL .....

826.194.00 FF  
-----

REMISE EVENTUELLE A DEDUIRE



### 3.04. MICRO-CENTRALES HYDRAULIQUES

Ainsi qu'il ressort de l'exposé ci-dessus au § 2.03. l'avancement des travaux préliminaires de reconnaissance des sites avec les relevés topographiques et hydrologiques ne permet pas d'envisager la phase de réalisation.

Il appartient donc au responsable du projet de décider de la marche à suivre.

Nous suggérons pour notre part qu'une demande précise soit faite à la Direction d'Appui aux Recherches Technologiques (D.A.R.T.), ainsi que nous l'avons exposé, pour que la concertation avec la JIRAMA, sous la tutelle du Ministère de l'Industrie de l'ENERGIE et des Mines (M.I.E.M.) permette d'aboutir rapidement à la détermination du site à équiper dans le cadre du projet D.U.E.N. d'ANTSIRANANA.

On peut dans ces conditions espérer en une mise en service dans les 2 mois après l'arrivée du matériel, sous réserve que l'entreprise exécutante soit retenue dans les meilleurs délais. Certains renseignements obtenus sur place nous permettent de penser qu'il n'y aura pas de difficulté majeure dans ce sens. Nous restons à la disposition de l'O.N.U.D.I. s'il était jugé utile que nous participions à la surveillance des travaux.

### 3.05. EVALUATION DES INVESTISSEMENTS ET BESOINS EN ENERGIE

Nous avons rédigé ci-après quelques observations concernant les compléments de notre mission que nous rappelons, savoir:

- MESURES et INVESTISSEMENTS POUR REDUIRE LA CONSOMMATION
- BESOINS ENERGETIQUES  
RESSOURCES en ENERGIES RENOUVELABLES
- EVALUATION de l'INTERET du DEVELOPPEMENT de  
l'UTILISATION des ENERGIES RENOUVELABLES.

Pour notre part, ces sujets nous apparaissent très généraux et faire double emploi avec d'autres projets achevés ou en cours, émanant d'autres organismes.

Un très gros travail a été effectué par des collègues d'experts sur ce sujet, dans une série publiée dans le cadre du Programme Conjoint P.N.U.D. (Banque Mondiale) et notre souci d'être efficace nous autorise à demander que nous soit confiée éventuellement une mission plus précise et dans un domaine pratiquement inexploré

3.05.1. En effet les RESSOURCES en ENERGIE SOLAIRE

-----  
sont toujours données d'une façon générale et imprécise, du style :

- nombre d'heures ensoleillement
- nombre de Kwh/m<sup>2</sup>

alors que ces chiffres peuvent être considérablement différents d'un point à un autre du territoire, parfois très voisins en fonction des microclimats existants.

Nous pensons donc, en fonction de notre expérience de terrain et des difficultés rencontrées dans l'estimation du GISEMENT SOLAIRE que l'établissement de la CARTE de ces GISEMENTS SOLAIRES de MADAGASCAR, établie au fur et à mesure des travaux de détermination (en harmonie avec les services scientifiques et météorologiques officiels) seront du plus grand intérêt, si l'exploitation de l'utilisation rationnelle de l'ENERGIE SOLAIRE doit être poursuivie et développée. Cette opération nécessiterait l'utilisation de l'ORDINATEUR et de STATIONS MOBILES AUTONOMES.

3.05.2. Les BESOINS en ENERGIE SOLAIRE

-----  
doivent faire l'objet, non pas d'une évaluation statistique mais d'une ETUDE CONCRETE des SITES à EQUIPER en production d'eau chaude ou d'air chaud en respectant les priorités de programmes des partenaires responsables au niveau :

- \* SOCIAL
- \* INDUSTRIEL
- \* AGRICOLE

c.à.d. HOPITAUX, ECOLES, ATELIERS,  
SPORTS, AGRICULTURE ... etc ...

Le rapprochement du SITE et du GISEMENT permettra de déterminer immédiatement si un projet peut ou ne peut pas être étudié dans un cas donné.

3.05.3. Les CAMPAGNES de MESURES

-----  
sur les installations modèles comme ANTSIRABE permettront de prévoir deux choses :

- \* Programme de Formation au niveau de

l'enseignement supérieur et des ouvriers spécialisés sur cette nouvelle discipline = l'ENERGIE SOLAIRE.

- \* L'ouverture sur la POSSIBILITE de CREATION d'ATELIERS de PRODUCTION ou d'ASSEMBLAGE permettant le DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL.

En effet, l'inventaire des gisements et des besoins permettra d'établir un plan du matériel nécessaire sur un programme multi-annuel permettant d'envisager les investissements industriels de production des composants nécessaires.

Il faut être convaincu que l'ENERGIE SOLAIRE couvrira en l'an 2000... 30% au moins de l'ENERGIE CONSOMMEE par les pays. Les avis des experts internationaux convergent sur ce point.

L'aide apportée par l'O.N.U.D.I. à MADAGASCAR dans ce sens est donc spécialement bénéfique et doit être poursuivie dans toute la mesure du possible car les perspectives sont très prometteuses, aussi bien au niveau de la

- conversion thermique de l'ENERGIE SOLAIRE (objet du présent projet)
- conversion photovoltaïque de l'ENERGIE SOLAIRE en ELECTRICITE, dont les résultats dans les lieux éloignés donnent dès aujourd'hui des résultats importants.

EVALUATION DU GISEMENT SOLAIRE  
DETERMINATION DU DIMENSIONNEMENT

-----  
LES CALCULS FAITS heure par heure pour le SITE EXACT  
c.a.d. Orientation géographique mesurée  
Pente du versant mesurée  
et CORRIGES en fonction de l'ensoleillement réel  
(statistique météorologique et mesure de contrôle)  
donnent les résultats suivants adoptés dans la suite des  
calculs :

KWH/M2

jan	fev	mrs	avr	mai	jun	jul	aoû	sep	oct	nov	dec
4.66	5.26	4.91	4.90	4.13	4.15	3.58	4.88	5.60	5.81	6.00	4.84

Leur application aux méthodes de mise en oeuvre de l'énergie collectée au moyen de CAPTEURS PLANS a permis de déterminer par plusieurs méthodes la SURFACE NECESSAIRE , la PRODUCTION ENERGETIQUE MOYENNE en KWH/M2 de capteur et le TAUX DE COUVERTURE DES BESOINS, MOIS par MOIS.

Nous donnons ci-joint les résultats par la Méthode F CHART internationalement admise.

Ces diverses simulations ont abouti à choisir 120 m2 de capteurs a surface selective dont les résultats sont les suivants :

Pour les besoins annoncés de	CHAUFFAGE	25647	KWH
	EAU CHAUDE SAN.	87723	

total 113.370 KWH

on obtient PRODUCTION CAPTEURS  
92.970 KWH

soit 774 KWH / m2 de capteur

TAUX DE COUVERTURE SOLAIRE MOYEN ANNUEL 82%

# CHOIX des DIMENSIONS



REF. ANTSIRABE

DON. INST

W/M2.C K= 8,25  
B= 0,83  
J/K.C CP= 4180  
K/M2.H M= 60  
CEP= 1,00  
CES= 1,00  
M2 S= 120  
L VS= 7000  
L Q= 10000  
C TEC= 40  
W/M3.C GB= 1,98  
M3 VB= 1275  
I= 0,85

DON. METEO

K	DJ	TA	TE	GJ
J	0	25,2	19	4,66
F	0	26,3	19	5,86
M	0	26,8	18	4,91
A	0	24,7	16	4,90
M	0	21,2	14	4,13
J	162	19,5	11	4,15
J	168	18,7	10	3,58
Q	168	20,1	10	4,88
S	0	23,5	11	5,60
O	0	26,5	14	5,81
H	0	26,7	16	6,00
D	0	26,5	18	4,94

AZ= 135DEG  
IN= 19DEG

BILAN

M	CHA	ECS	TC
J	0	7552	81
F	0	6821	96
M	0	7911	85
A	0	8352	83
M	0	9350	68
J	8343	10092	43
J	8652	10788	36
A	8652	10788	51
S	0	10092	98
J	0	9350	95
H	0	8352	98
D	0	7911	84

T 25647 107358 68

T = 133005KWH  
C = 751KWH/M2  
ER = 90129KWH

REF. ANTSIRABE

DON. INST

W/M2.C K= 8,25  
B= 0,83  
J/K.C CP= 4180  
K/M2.H M= 60  
CEP= 1,00  
CES= 1,00  
M2 S= 120  
L VS= 7000  
L Q= 3000  
C TEC= 40  
W/M3.C GB= 1,98  
M3 VB= 1275  
I= 0,85

DON. METEO

M	DJ	TA	TE	GJ
J	0	25,2	19	4,66
F	0	26,3	19	5,86
M	0	26,8	18	4,91
A	0	24,7	16	4,90
M	0	21,2	14	4,13
J	162	19,5	11	4,15
J	168	18,7	10	3,58
A	168	20,1	10	4,88
S	0	23,5	11	5,60
O	0	26,5	14	5,81
H	0	26,7	16	6,00
D	0	26,5	18	4,84

AZ= 135DEG  
IN= 19DEG

BILAN

M	CHA	ECS	TC
J	0	2870	100
F	0	2592	100
M	0	3006	100
A	0	3174	100
M	0	3553	100
J	8343	3835	59
J	8652	4099	50
A	8652	4099	70
S	0	3835	100
O	0	3553	100
H	0	3174	100
D	0	3006	100

T 25647 40796 77

BT = 66443KWH  
PC = 427KWH/M2  
ER = 51199KWH

REF. ANTSIRABE

DON. INST

W/M2.C K= 5,12  
B= 0,77  
J/K.C CP= 4180  
K/M2.H M= 60  
CEP= 1,00  
CES= 1,00  
M2 S= 120  
L VS= 7000  
L Q= 10000  
C TEC= 40  
W/M3.C GB= 1,98  
M3 VB= 1275  
I= 0,85

DON. METEO

M	DJ	TA	TE	GJ
J	0	25,2	19	4,66
F	0	26,3	19	5,86
M	0	26,8	18	4,91
A	0	24,7	16	4,90
M	0	21,2	14	4,13
J	162	19,5	11	4,15
J	168	18,7	10	3,58
A	168	20,1	10	4,88
S	0	23,5	11	5,60
O	0	26,5	14	5,81
H	0	26,7	16	6,00
D	0	26,5	18	4,84

AZ= 135DEG  
IN= 19DEG

BILAN

M	CHA	ECS	TC
J	0	7552	89
F	0	6821	100
M	0	7911	92
A	0	8352	89
M	0	9350	74
J	8343	10092	45
J	8652	10788	38
A	8652	10788	53
S	0	10092	93
O	0	9350	10
H	0	8352	100
D	0	7911	91

T 25647 107358 72

BT = 133005KWH  
PC = 794KWH/M2  
ER = 95340KWH

REF. ANTSIRABE

DON. INST

W/M2.C K= 5,12  
B= 0,77  
J/K.C CP= 4180  
K/M2.H M= 60  
CEP= 1,00  
CES= 1,00  
M2 S= 120  
L VS= 7000  
L Q= 3000  
C TEC= 40  
W/M3.C GB= 1,98  
M3 VB= 1275  
I= 0,85

DON. METEO

M	DJ	TA	TE	GJ
J	0	25,2	19	4,66
F	0	26,3	19	5,86
M	0	26,8	18	4,91
A	0	24,7	16	4,90
M	0	21,2	14	4,13
J	162	19,5	11	4,15
J	168	18,7	10	3,58
A	168	20,1	10	4,88
S	0	23,5	11	5,60
O	0	26,5	14	5,81
H	0	26,7	16	6,00
D	0	26,5	18	4,84

AZ= 135DEG  
IN= 19DEG

BILAN

M	CHA	ECS	TC
J	0	2870	100
F	0	2592	100
M	0	3006	100
A	0	3174	100
M	0	3553	100
J	8343	3835	62
J	8652	4099	54
A	8652	4099	72
S	0	3835	100
O	0	3553	100
H	0	3174	100
D	0	3006	100

T 25647 40796 79

BT = 66443KWH  
PC = 437KWH/M2  
ER = 52436KWH

CARACTERISTIQUES NECESSAIRES  
DU MATERIEL DE CAPTATION SOLAIRE A UTILISER

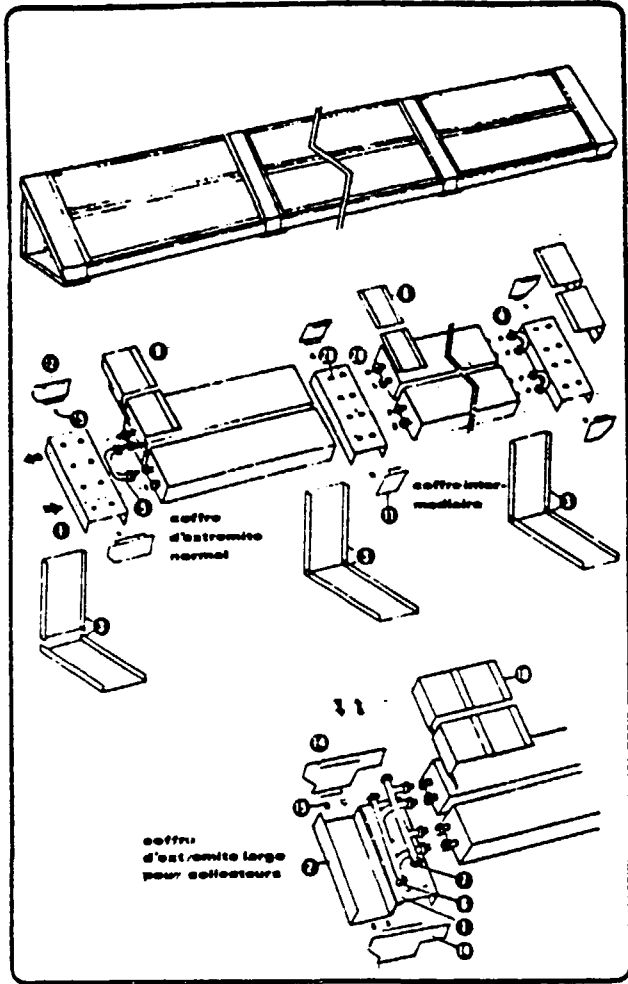
-----

LES CAPTEURS doivent impérativement, en fonction des conditions spécifiques de la météorologie locale et de la situation géographique du site, répondre aux critères suivants:

- 1 - RESISTANCE DES VITRAGES A LA GRELE
- 2 - SYSTEME DE MONTAGE FAISANT CORPS AVEC LE BATIMENT SANS PRISE AU VENT
- 3 - PRODUIT MODULAIRE DE FAIBLE POIDS , permettant le montage par transport manuel d'un élément par un homme seul.
- 4 - COMPOSITION DE L'ABSORBEUR EN METAL NON FERREUX ET MASSIF par éléments rigides de faible largeur afin de supprimer la possibilité de voilage par forte température.
- 5 - PRESENCE D'UN SYSTEME incorporé permettant la dilatation des absorbeurs
- 6 - PAS DE SOUDURE ENTRE LES ABSORBEURS ET LE CIRCUIT des tuyauteries contenant le fluide caloporteur
- 7 - Pas de SOUDURE dans la liaison entre capteurs , tout le montage se faisant par vissage ou raccords souples quand nécessaire.
- 8 - PRODUIT ROBUSTE SIMPLE ET FIABLE avec garantie de bonne tenue de 10 ans par le constructeur.
- 9 - Coefficients selon la NORME NF P 50 501 déterminant le rendement thermique de valeurs voisines de  $B = 0.77$   $K = 5.12$  permettant le même rendement

Nous joignons le bordereau d'essai du capteur C2S répondant a ces caracteristiques: ce produit existant sur le marché international a été monté par dizaines de milliers de mètres carrés sous toutes les latitudes.

Tout autre produit de mêmes caractéristiques et de prix égal ou inférieur pourra bien entendu être examiné



N°pièce	Désignation
1	« U » d'assemblage aluminium
2	« U » de capot large
3	Pieds supports
4	Boucle d'épingle
5	Jonction de capteur
6	Collecteur à piquages coudés 2 ou 3 lignes
7	Collecteur à piquages droits 2 ou 3 lignes
20	Joint d'étanchéité
8	Capot aluminium
9	Capot d'extrémité normal
10	Capot d'extrémité large
11	Obturbateur intermédiaire normal
12	Obturbateur normal
14	Obturbateur large
15	Clips tôle

Figure 5 Accessoires de montage

C. résultats d'essais

2. essais de performances thermiques

La rédaction du § 2 figurant au Dossier de Travail relatif aux essais de performances thermiques est complétée par l'additif suivant :

Essais de performances thermiques réalisés sur le capteur solaire C2S suivant les modalités définies par la norme NF P 50 501 par le laboratoire du Centre d'Énergétique de l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris sur le site de Sophia-Antipolis.

- Procès-verbal d'essais du : 31 janvier 1983.
- Type du capteur : C2S.
- Éclairement : ensoleillement naturel.
- Nature du fluide : eau.

Les résultats d'essais, extraits du procès-verbal figurent au tableau suivant.

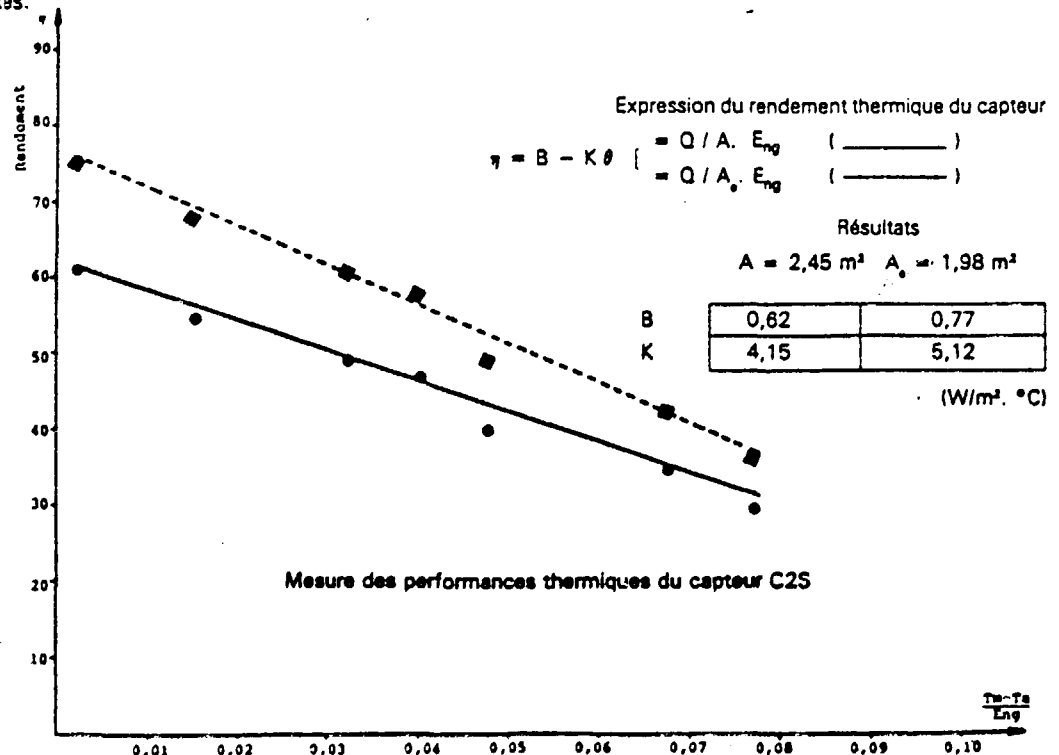
L'interprétation graphique des résultats est reproduite sur la courbe ci-après :

5. contrôles en usine

5.2. revêtement de surface des absorbeurs

La rédaction du § 5,2 figurant au Dossier de Travail relatif au revêtement de surface des absorbeurs est modifiée et remplacée comme suit :

Un contrôle par prélèvement est systématiquement effectué à la réception de chaque livraison d'ailettes.



L'expression du rendement thermique du capteur C2S, selon la norme NF P 50-501, s'écrit :

$$\eta = B - K \frac{T_m - T_a}{E_{ng}}$$

avec

$$\eta = \frac{Q}{A \cdot E_{ng}}$$

B = 0,62, K = 4,15 W/m<sup>2</sup>. °C et A = 2,45 m<sup>2</sup>

où :

A = superficie hors tout du capteur en m<sup>2</sup>

E<sub>ng</sub> = éclairement énergétique solaire en W/m<sup>2</sup>

T<sub>m</sub> = température moyenne du fluide dans le capteur en °C

T<sub>a</sub> = température de l'air ambiant en °C

Q = puissance thermique utile recueillie au capteur en W.

TABLEAU DES RÉSULTATS

	E <sub>nd</sub> (W/m <sup>2</sup> )	E <sub>ng</sub> (W/m <sup>2</sup> )	i (degré)	v (m/s)	d <sub>v</sub>	d <sub>a</sub>	T <sub>m</sub> -T <sub>a</sub> (°K)	T <sub>m</sub> -T <sub>a</sub> (°C)	T <sub>a</sub> (°C)	m 10 <sup>-2</sup> kg/s	Q (W)	η	φ x 10 <sup>2</sup>	T <sub>m</sub> (°C)	t <sub>1</sub> (s)	P <sub>10</sub> (W)
Essai n° 1		780		1	1	1	- 1,3	5,7	15,1	4,85	1 157	0,61	0,2			
Essai n° 2		818		1,5			9,6	5,4	16,2	4,84	1 094	0,55	1,5			
Essai n° 3		760		2			22,2	4,5	16,7	4,81	906	0,49	3,22			
Essai n° 4		773		1,5	1	2	28,7	4,3	16,5	4,91	884	0,47	3,99			
Essai n° 5		835		2			37,8	4	15,4	4,92	824	0,4	4,77			
Essai n° 6		765		1,5	1	1	49,9	3,2	13,2	4,90	656	0,35	6,73			
Essai n° 7		780		1,5	1	1	58,2	2,8	15,4	4,84	567	0,3	7,64			
Mesures des pertes arrière et latérales				1,5	1	1	38,0	0,6	17	4,88	122					122
				1,5	1	1	57,5	1,6	17,6	4,90	328					328
Mesure de l'inertie du capteur		815		1						4,84				21,8	89	

## extrait des délibérations du groupe spécialisé

Le Groupe spécialisé n° 14 a formulé son Avis sur les capteurs solaires C2 et C2S et a indiqué, dans le Cahier des Prescriptions Techniques, les conditions auxquelles cet Avis est subordonné.

Il a, en outre, fait les observations suivantes :

1. Les modifications apportées dans les caractéristiques dimensionnelles des profilés utilisés pour la fixation et l'étanchéité de la couverture transparente, dans la nature des matériaux constitutifs du coffre et de ses accessoires, dans le maintien et la fixation de l'absorbeur et dans l'origine des joints du capteur solaire C2, objet de l'Avis Technique n° 14/79-40, n'appellent pas de remarque particulière. Ceci vaut, en particulier, pour ce qui est de la satisfaction aux lois et règlements en vigueur ainsi que pour l'aptitude à l'emploi du capteur solaire C2 ou de sa variante C2S, dès lors que les dispositions définies au Cahier des Prescriptions Techniques sont respectées.
2. Le changement apporté aux caractéristiques du traitement de surface appliqué sur l'absorbeur du capteur C2 ne paraît pas de nature à mettre en cause la durabilité du revêtement absorbant. En ce qui concerne les performances thermiques du capteur C2, compte tenu que les coefficients d'absorption et d'émissivité du nouveau revêtement sont identiques à ceux de l'ancien procédé, la modification apportée n'apparaît pas susceptible de provoquer un écart appréciable de ces performances.

3. La durabilité des « pièces de bout » des capteurs, réalisées en polyamide chargé de fibres de verre au lieu et place de tôle d'acier galvanisée, a été estimée favorablement. Toutefois, compte tenu d'une certaine fragilité du matériau, le risque de bris de ces pièces ne pourrait être exclu dès lors que les dispositions des § 2,14 et 2,22 du Cahier des Prescriptions Techniques ne seraient pas respectées.

4. Le capteur C2S, équipé d'un absorbeur revêtu d'une surface absorbante sélective, possède les mêmes caractéristiques mécaniques, pondérales et dimensionnelles que le capteur C2 dont il est une variante ; à ce titre, il n'appelle aucune remarque particulière. Les résultats d'essais de performances thermiques réalisés sur le capteur C2S conformément aux modalités définies par la norme NF P 50-501 figurent au Dossier de Travail. Le maintien dans le temps des performances semble devoir être assuré.

5. Le marquage de l'ensemble des fabrications visées dans cet Avis devra être assuré, dans les conditions prévues au Cahier des Prescriptions Techniques, dans un délai n'excédant pas six mois à compter de l'enregistrement dudit Avis.

6. Le même délai de six mois vaut pour la mise en conformité des notices.

7. La Société GIORDANG S.A. informera le CSTB de toutes modifications intervenues dans la fabrication visée par cet Avis.

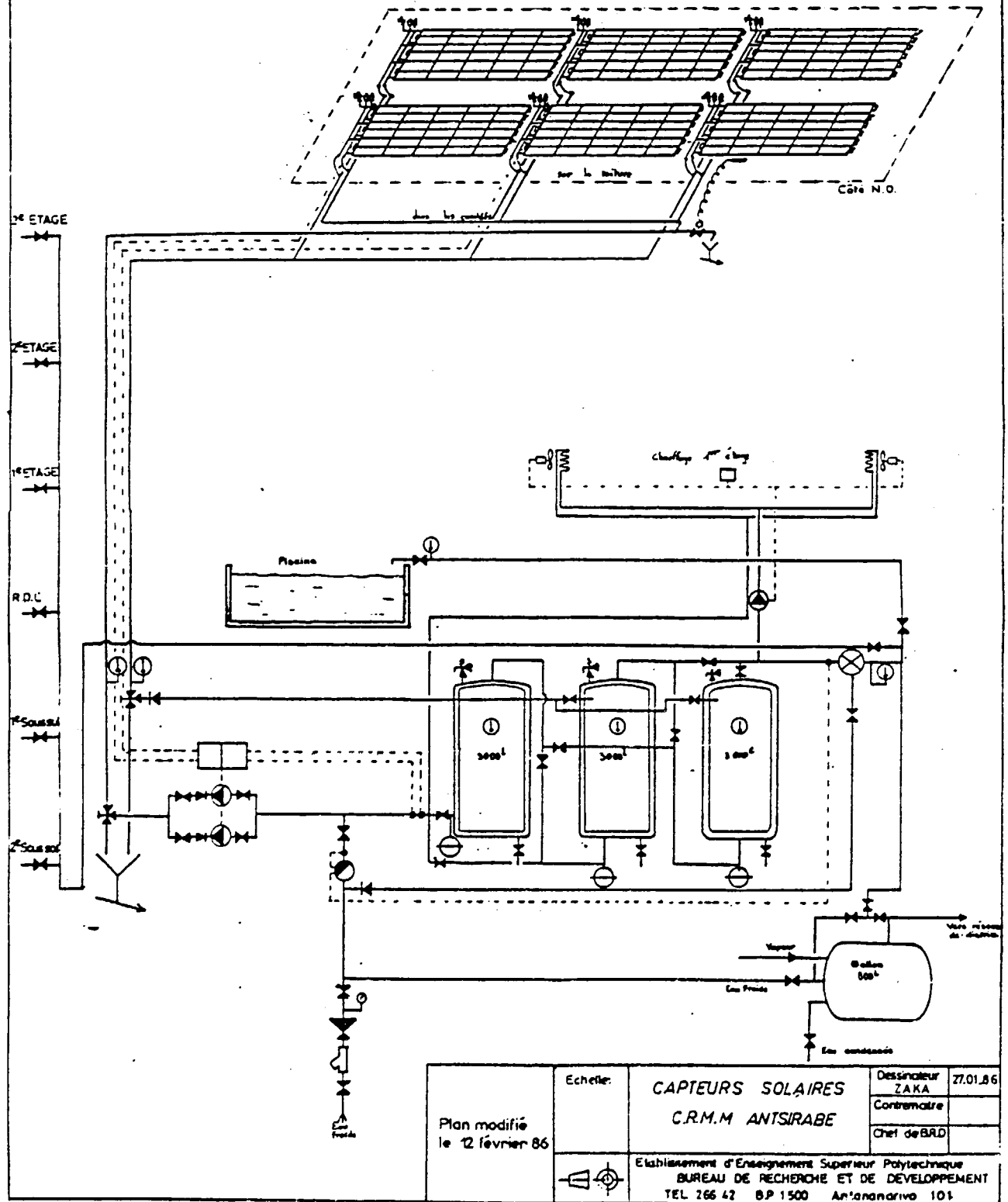
8. Conformément à ses décisions antérieures, le Groupe spécialisé n° 14 décide qu'il sera procédé à un essai d'exposition naturelle d'un an de deux capteurs solaires C2S, et que le présent Avis donnera lieu à réexamen à l'issue de cet essai.

Le Rapporteur  
du Groupe spécialisé n° 14  
D. BIENFAIT



ETUDE DEFINITIVE

SCHEMA SYSTEME SOLAIRE D'ANTSIRABE

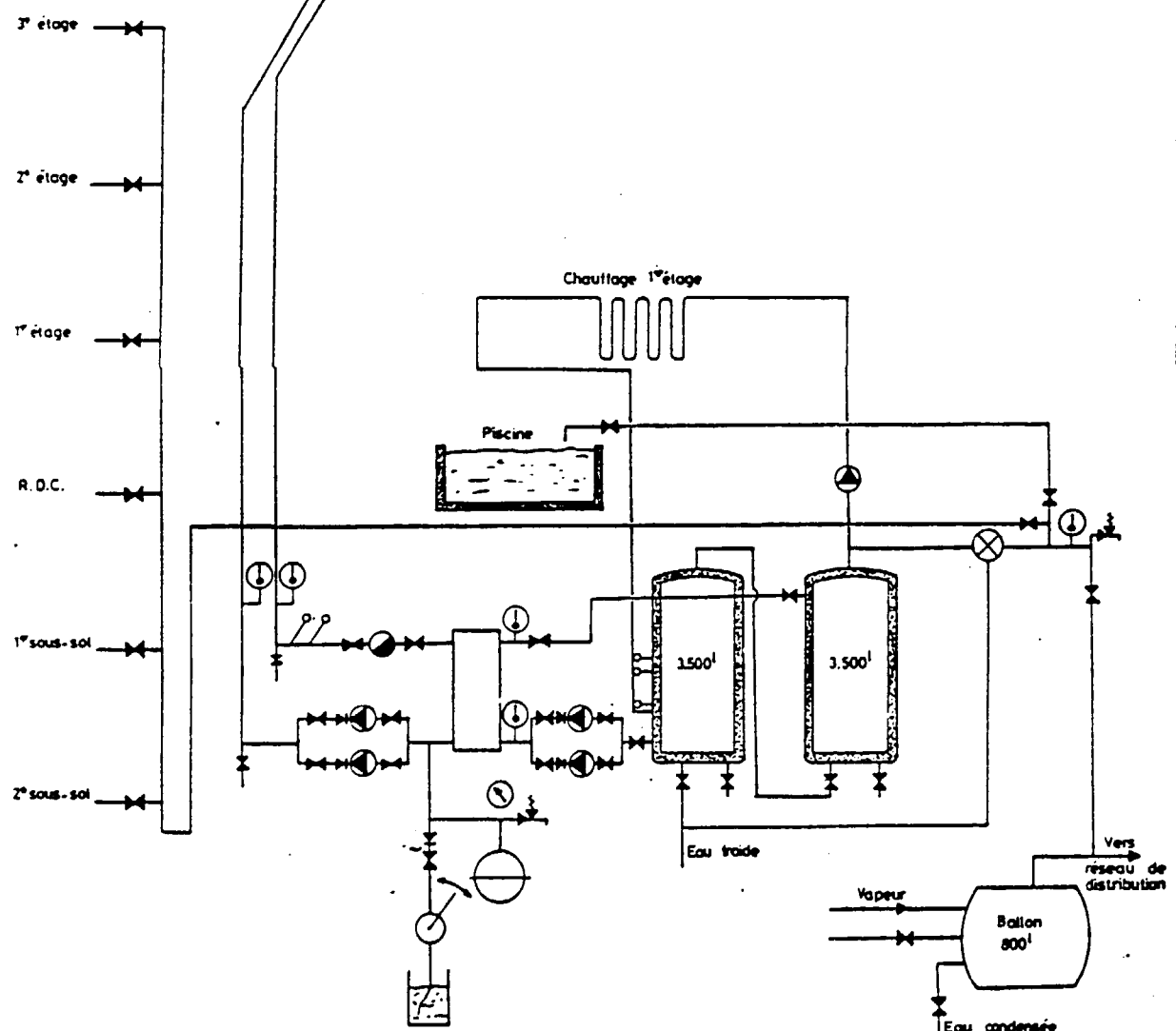
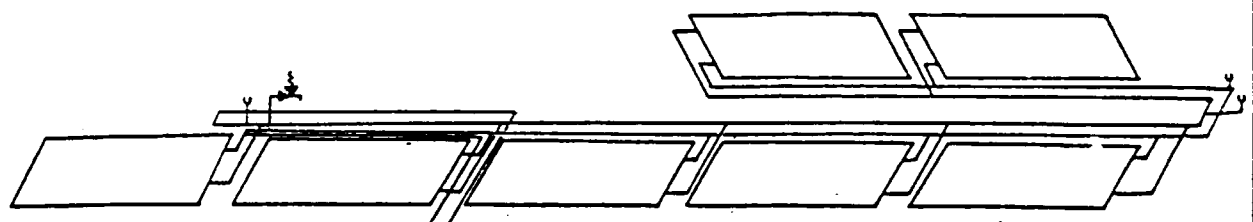


Plan modifié le 12 février 86	Echelle:	CAPTEURS SOLAIRES C.R.M.M ANTSIRABE	Dessinateur	27.01.86
			Contrôleur	
			Chef de BRD	
		Etablissement d'Enseignement Supérieur Polytechnique BUREAU DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT TEL 266 42 BP 1500 Antananarivo 101		

### PREMIERE ETUDE

Coté Sud-Est

Coté Nord-Ouest



Echelle:	CAPTEURS SOLAIRES	Destinateur	27.01.86
	C.R.M.M. ANTSIRABE	Contremaître	
		Chef de B.R.D.	
Etablissement d'Enseignement Supérieur Polytechnique BUREAU DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT TEL. 266.42 B.P. 1500 Antananarivo 101			

LISTE D'EQUIPEMENT (ANTSIRABE)

## DETAIL ESTIMATIF

N°	Désignation	Unité	Quantité	P.U.	Total HT
<b>EQUIPEMENT EN TERRASSE</b>					
<u>Capteurs solaires</u>					
1	type GIORDANO C2S verre trempé	Nb	180	1343	241 740
2	Vitrage trempé de rechange	Nb	30	261	7 830
3	Garantie bonne tenue 10 ans	Ens	1		14 504
<u>Accessoires hydrauliques</u>					
4	Boucle d'épingle	Nb	36	48	1 728
5	Jeu de collecteurs 2 lignes 0 16/18	Nb	18	416	7 488
6	Liaison souple collecteurs	Nb	24	97	2 328
7	Joints d'étanchéité	Nb	560	1,35	756
<u>Supports</u>					
8	Supports toiture 6 lignes	Nb	36	215	7 740
9	Gabarit d'écartements	Nb	3	168	504
10	U d'assemblage 6 lignes	Nb	30	295	8 850
11	Capot d'extrémité	Nb	36	39	1 404
12	Jeu d'obturateur intermédiaire	Nb	24	33	792
13	Jeu d'obturateur d'extrémité	Nb	6	49	294
14	U d'assemblage 6 lignes large	Nb	6	455	2 730
15	Capot d'extrémité large	Nb	36	65	2 340
16	Jeu d'obturateur d'extrémité large	Nb	6	72	432

N°	Désignation	Unité	Quantité	P.U.	Total HT
17	Bouchons Ø 20/27	Nb	12	19	228
	AILETTES ABSORBEUR	Nb	5	372	1 850
	SACHETS VISSERIE	Nb	20	21,40	428
	EMBOUTS REPARATION	Nb	50	11	550
18	BOULONS et ACCESSOIRES fixation à toiture	Ensemble	1		2 000
	<b>Sous Total H.T.</b>				<b>306 516</b>

## COLLECTEURS EN COMBLES

19	Collecteurs d'alimen- tation et retour en tube PVC.C 50 et 63 avec piquages, filet- tage, calorifugeage Tube 63	Ml	85	107	9 095		
		Tube 50	Ml	70	98	6 860	
		Té 90° 50/50	Nb	7	41	287	
		Té 90° 63/50	Nb	6	78	468	
		Coudes 90° 50	Nb	3	32	96	
		Manchons femelles 63	Nb	23	37	851	
		Manchons femelles 50	Nb	19	20	380	
		Écrous de raccorde- ment	Nb	13	64	832	
		20	Vannes d'isolement 26/34	Nb	12	50	600
21	Soupape de sécurité 15/21 4bars	Nb	6	94	564		
22	Bouteille de dégazage avec purgeurs d'air automatique et ma- nuel	Nb	12	220	1 760		
23	Vanne antigel DANFOSS AVTB	Nb	1	1150	1 150		
<b>Sous total H.T.:</b>				<b>22 943</b>			

## LIAISON TERRASSE-CHAUFFERIE

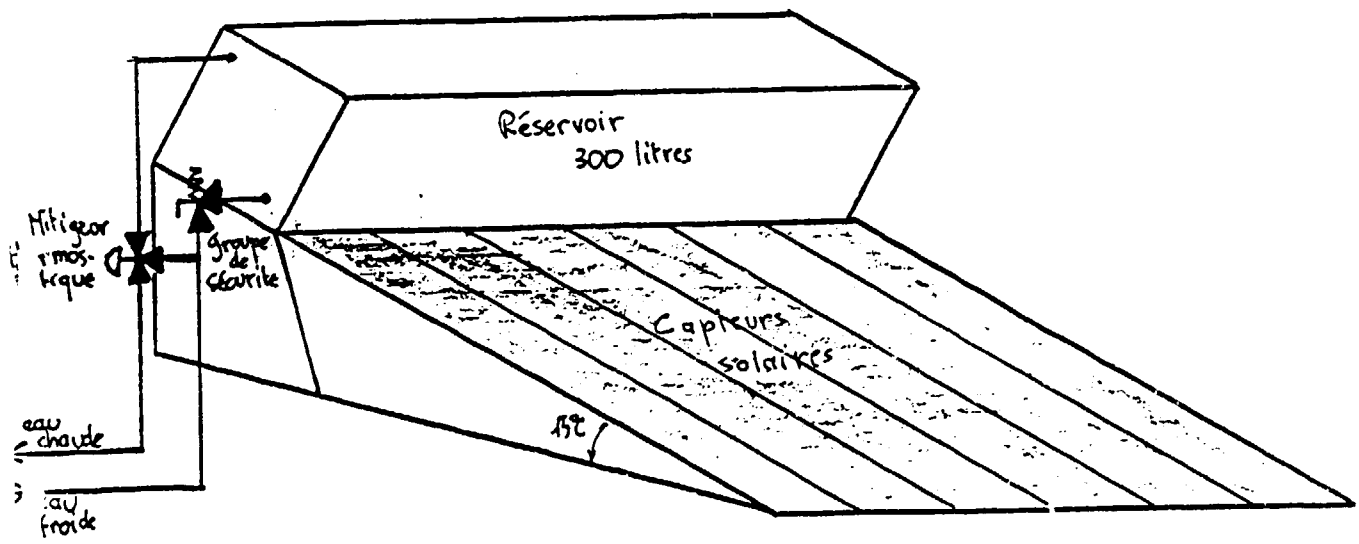
<u>Canalisations en PVC.C isolées</u>					
24	53/63	Ml	50	107	5 350
25	Manchons femelles 63	Nb	13	37	481
<b>Sous total H.T.:</b>				<b>5 831</b>	

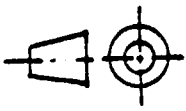
N°	Désignation	Unité	Quantité	P.U.	Total HT
<b>EQUIPEMENT EN CHAUFFERIE</b>					
<u>Réservoirs d'eau chaude</u>					
26	Capacité 3000 L Ø1,50m, hauteur 2,11 Revêtement intérieur anti corrosion et sa- nitaire . Vertical sur socle avec jaquette INIFLEX 60mm minimum	Nb	3	17 993	53 979
<u>Equipement des réservoirs</u>					
27	Vannes d'arrêt DN 60 ECS	Nb	10	159	1 590
28	Soupape de sécurité 7 bars , 26/34	Nb	3	450	1 350
29	Robinets de vidange 20/27	Nb	3	35	105
30	Thermomètres	Nb	7	55	385
31	Vase d'expansion à vessie alimentaire 40L/4bars	Nb	3	340	1 020
<u>Pompes</u>					
32	Type GRUNDFOSS UPS 40/60 ou équiva- lent; débit= 7,2 m3/h sous 2,6 m de C.E.	Nb	2	2330	4 660
<u>Equipement des pompes</u>					
33	Vannes d'arrêt DN60 ECS	Nb	4	159	636
34	Clapet anti retour DN 60	Nb	2	98	196
<u>Accessoires hydrauliques</u>					
35	Vanne d'arrêt DN 60	Nb	8	159	1 272
36	Filtre DN 60	Nb	1	202	202
37	Manomètre de contrôle 0 - 10 bars	Nb	1		50
38	Vanne 3 voies à billes DN 60	Nb	2	840	1 680
39	Clapet anti retour 50/60	Nb	1	98	98
40	Détendeur de pression DN 60	Nb	1	1800	1 800

N°	Désignation	Unité	Quantité	P.U.	Total HT
<u>Canalisations PVC.C isolées</u>					
41	53/63 GIRPI	Ml	80	118	9 440
42	Manchons femelles 63	Nb	13	37	481
43	40/50	Ml	30	98	2 940
44	Manchons femelles 50	Nb	9	20	180
<u>Divers</u>					
Reprise de l'alimen- tation EF,ECS de l'installation existante					
45	Vanne d'arrêt DN60 ECS	Nb	6	159	954
46	Clapet anti retour DN 60	Nb	1	98	98
47	Mitigeur thermostati- que DN 50 sur le départ d'eau chaude sanitaire	Nb	1		8 600
Sous total H.T.:					91 716
 CHAUFFAGE PREMIER ETAGE					
<u>Canalisations PVC.C isolées</u>					
48	40/50	Ml	70	98	6 860
49	Manchons femelles 50	Nb	19	20	380
<u>Aérothermes</u>					
50	Héliotherme CIAT 9453 N°1 avec moteur 220V	Nb	2	4436	8 872
<u>Divers</u>					
51	Type GRUNDFOSS UPS 20/60 ou équiva- lent; débit= 3,3 m3/h sous 1,5 m de C.E.	Nb	1	950	950
52	Vanne d'arrêt DN 50	Nb	2	156	312
53	Clapet antiretour DN 50	Nb	1	94	94
54	Thermostat d'ambiance LANDIS et GYR RAD 5r/1695 avec boîtier étanche	Nb	1	420	420
Sous total H.T.:					17 888

N°	Désignation	Unité	Quantité	P.U.	Total HT
<b>ELECTRICITE - REGULATION</b>					
	<u>Régulation</u>				
55	Régulation différentielle tout ou rien avec 2 sondes type LANDIS ET GYR RSA 22 + 2 sondes QAD 21 ou équivalent	Nb	2	1610	3 220
	<u>Electricité et divers</u>				
56	Compteur de calories avec intégrateur et sondes type SOMESCA S220 DN50	Ens	1	8800	8 800
57	Tableau électrique , raccords , alimentations , protection et mise à la terre	Ens	1		10 000
58	Mise en service, essais, réglages, notice de fonctionnement .	Ens	1		10 000
				Sous total H.T.:	32 020
				<b>TOTAL HORS TAXES</b>	<b>476 914</b>

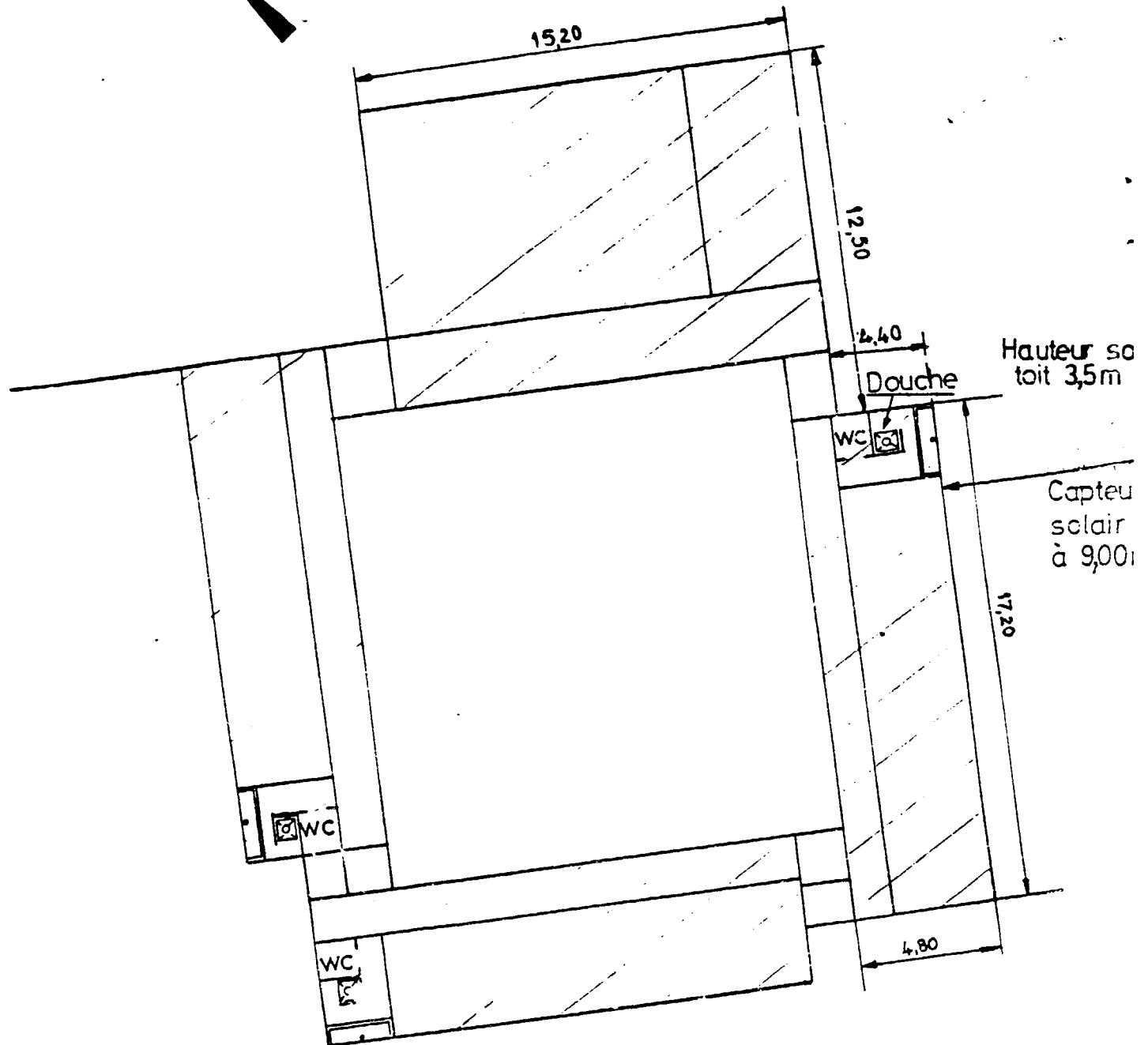
SCHEMA SYSTEME SOLAIRE D'ANJANAMASINA




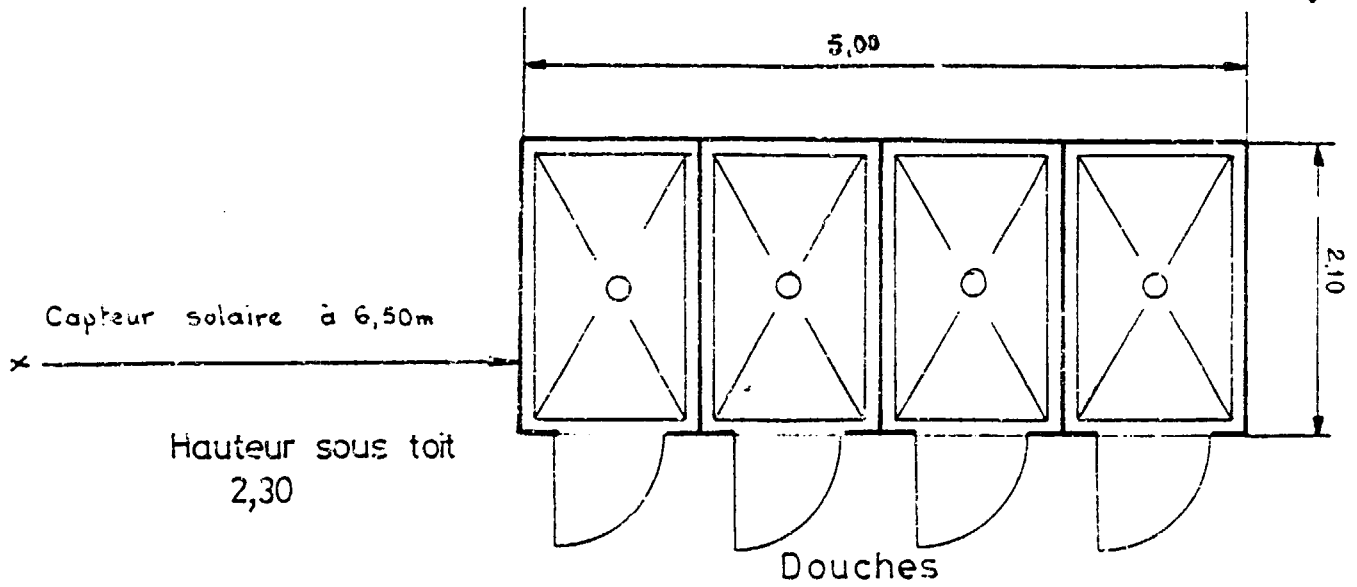
Echelle	CAPTEURS SOLAIRES HOPITAL PSYCHIATRIQUE d'Anjanamasina	Dessinateur	27.01.86
		ZAKA	
		Contremaitre	
		Chef de B.R.D	
		Etablissement d'Enseignement Supérieur Polytechnique BUREAU DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT TEL 266 42 B.P 1500 Antananarivo 101	




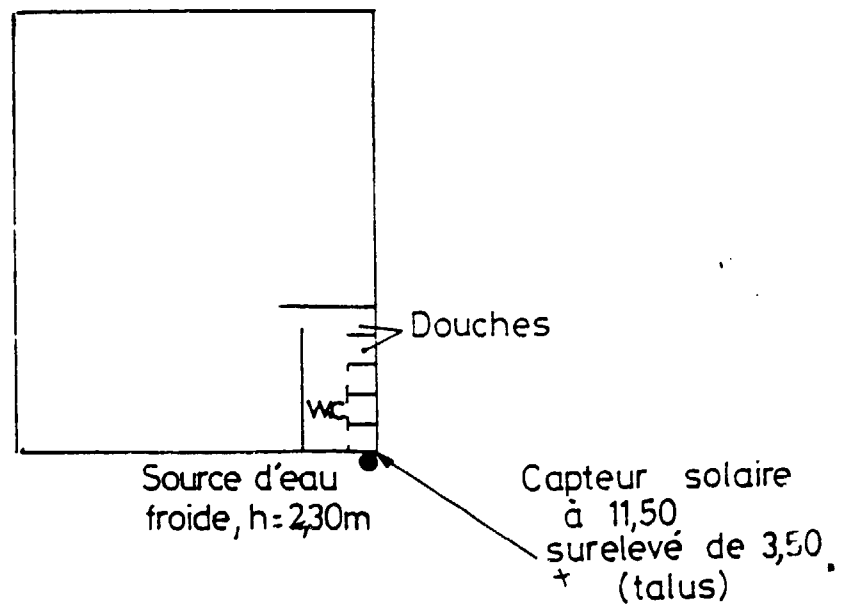
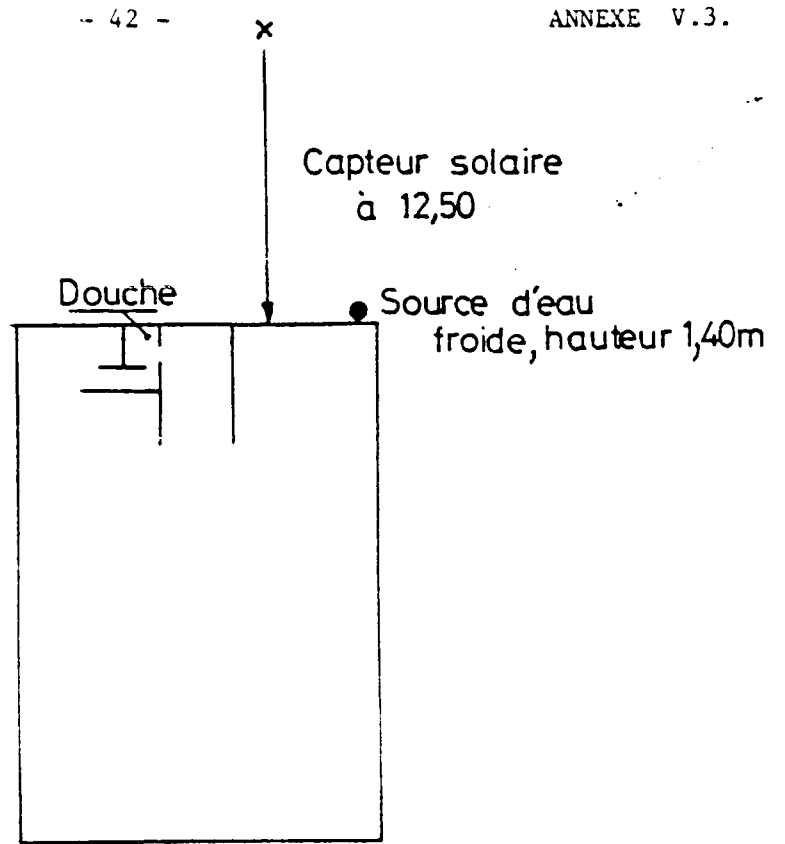
- 40 -



Echelle  1:200	CAPTEURS SOLAIRES  HOPITAL PSYCHIATRIQUE d'Anjanamasina	Dessinateur ZAKA	27.01.8
		Contremaitre	
		Chef de B.R.D.	
	Etablissement d'Enseignement Supérieur Polytechnique BUREAU DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT TEL 266 42 B.P 1500 Antananarivo 101		



Echelle  1:20	<b>CAPTEURS SOLAIRES</b>  HOPITAL PSYCHIATRIQUE d' Anjanamasina	Dessinateur ZAKA	27.01.
		Contremaitre	
		Chef de B.R.D	
	Etablissement d'Enseignement Supérieur Polytechnique BUREAU DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT TEL 26642 B.P 1500 Antananarivo 101		



Echelle:	<p><b>CAPTEURS SOLAIRES</b></p> <p>HOPITAL PSYCHIATRIQUE D'AMBOHIDRATRIMO</p>	Dessinateur Zaka	28.01.80
		Contremaître	
		Chef de B.R.D	
	<p>Etablissement d'Enseignement Supérieur Polytechnique BUREAU DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT TEL. 266.42 B.P. 1.500 Antananarivo 101</p>		

**CARACTERISTIQUES TECHNIQUES POUR L'INSTALLATION D'ANJANAMASINA**

## Fonctionnement simple sans énergie

La circulation se fait par thermosiphon (circulation naturelle).

2 modèles sont à votre disposition :

### 1 - Sans Echangeur

pour utilisation estivale ou région hors gel.

L'eau de consommation stockée dans le ballon circule directement dans les capteurs et retourne au ballon.

### 2 - Avec Echangeur

pour utilisation hivernale, dans les zones à risque de gel.

L'eau des capteurs, protégée par un fluide antigel, circule en circuit fermé à travers un échangeur situé dans le ballon qui transmet la chaleur reçue du soleil à l'eau de consommation stockée dans le ballon.

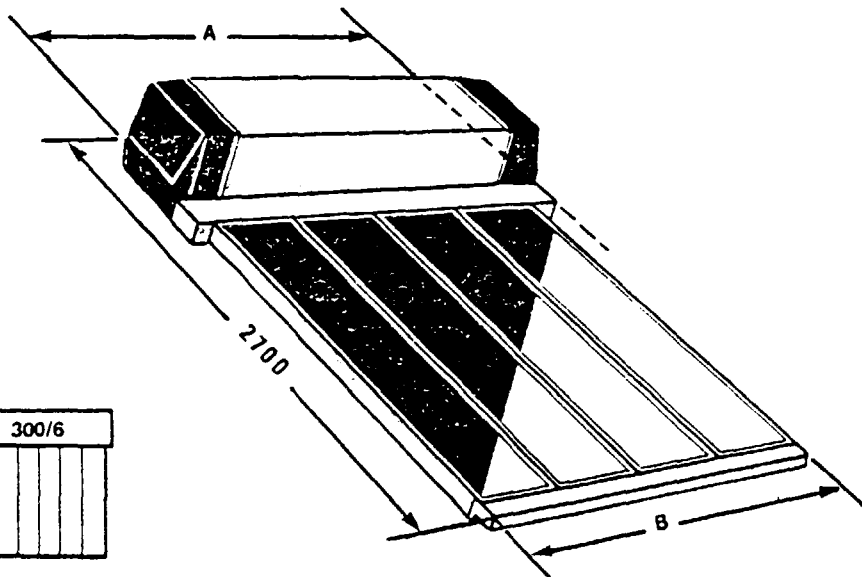
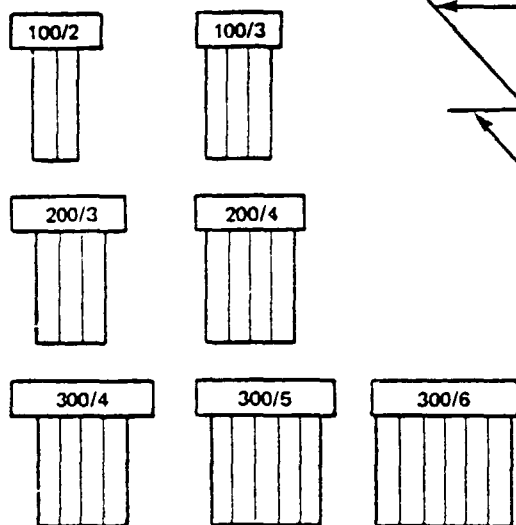
Le dosage de l'antigel se fera suivant les prescriptions du fabricant afin d'assurer la protection hors gel de l'appareil en fonction du site considéré.

## Encombrement et Caractéristiques techniques

Caractéristiques	MODELES KSH						
	100/2	100/3	200/3	200/4	300/4	300/5	300/6
Capacité	100 l	100 l	180 l	180 l	270 l	270 l	270 l
Nombre capteurs C2S	2	3	3	4	4	5	6
Surface capteurs en m <sup>2</sup>	1,3	2	2	2,7	2,7	3,3	4
Poids à vide en kg	115	140	170	197	228	252	277
Cote A en mm	1191	1191	1729	1729	2335	2335	2335
Cote B en mm	721	1082	1082	1443	1443	1804	2165

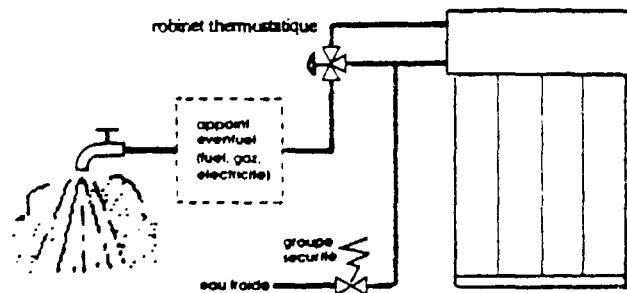
Résistance électrique complémentaire : 2 x 900 w

### Gamme K S H



## Installation

- Le kit solaire peut être livré avec un groupe de sécurité Ø 20 x 27.
- Le K.S.H. peut être branché sur un système d'appoint existant (gaz, fuel, électricité).
- Les instructions de montage et de raccordement sont jointes au kit (notice de montage KSH 57155).



LISTE D'EQUIPEMENT (ANJANAMASINA)

## DETAIL ESTIMATIF

N°	Désignation	Unité	Quantité	P.U.	Total HT
1	<u>Chauffe-eau solaire monobloc</u> type GIORDANO KSH 300 litres 4m2 de cap- teurs C2S sans échan- geur	Nb	10	13365	133 650
2	<u>Supports</u> Ensemble de supports 15° pour monoblocs	Nb	10	758	7 580
				Sous total H.T.:	141 230
	<u>Canalisations en PVC.C isolées</u>				
3	24/32	Ml	210	15	3 150
4	Douilles de raccorde- ment 32	Nb	40	10	400
5	Coudes 90° 32	Nb	30	26	780
6	Manchons femelles 32	Nb	50	10	500
7	Calorifugeage type ARMAFLEX	Ens	1	4620	4 620
				Sous total H.T.:	9 450
	<u>Acessoires</u>				
8	Groupe de sécurité 20/27	Nb	10	212	2 120
9	Mitigeur thermostati- que type CLESSE MANDET Clessotherm 550 20/27	Nb	10	266	2 660
10	Flexibles de raccor- ment 20/27	Nb	20	91	1 820
				Sous total H.T.:	6 600
				TOTAL HORS TAXES	157 280 FF.