



**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)

08175

Distr. LIMITE

UNIDO/IOD-193  
4 janvier 1978

Français

ORGANISATION DES NATIONS UNIES  
POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

---

PROGRAMME DE RECHERCHES RELATIF AUX APPLICATIONS  
DE L'ENERGIE SOLAIRE AU SENEGAL, AU MALI et AU NIGER,

RP/RAF/77/014 .

Rapport final .

5 - JUN 1978

D'après les travaux de M. Assad Takla  
et M. Carlo Mustacchi, experts de l'ONUDI

### Notes explicatives

Sauf indication contraire, le terme "dollar" (\$) s'entend du dollar des Etats-Unis d'Amérique.

Les sigles suivants ont été utilisés dans la présente publication:

CEA	Commissariat à l'énergie atomique
DGRST	Délégation générale à la recherche scientifique et technique
IPM	Institut de physique météorologique
ITA	Institut de technologie alimentaire
LNES	Laboratoire national de l'énergie solaire
ONERSOL	Office national de l'énergie solaire
SINAES	Société industrielle pour les applications de l'énergie solaire
SOFRETES	Société française d'études thermiques et d'énergie solaire

---

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

La mention dans le texte de la raison sociale ou des produits d'une société n'implique aucune prise de position en leur faveur de la part de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel.

## RESUME

La mission relative au projet RP/RAF/77/014, "Programme de recherches relatif aux applications de l'énergie solaire au Sénégal, au Mali et au Niger", organisée par l'ONUDI, a eu lieu au Sénégal, au Mali et au Niger et a duré deux mois, du 13 août au 17 octobre 1977, nécessitant l'envoi de deux experts.

Les experts étaient chargés d'évaluer le travail réalisé dans le domaine de la recherche et du développement relatif à l'énergie solaire dans les trois pays visités et de fournir une assistance à la préparation de programmes nationaux en mettant l'accent sur la fabrication locale d'équipement solaire.

Toute une série de recommandations ont été mises au point concernant notamment la coopération régionale et une liste d'équipement pour le Laboratoire national de l'énergie solaire au Mali a été établie.

La création d'un Centre régional pour l'énergie solaire a été projetée et l'ONUDI devra apporter son assistance - notamment par l'envoi d'un conseiller en énergie solaire.

Le niveau atteint dans le domaine de la recherche et du design dans les trois pays est satisfaisant en ce qui concerne les chauffe-eau, les cuisinières, les distillateurs et les séchoirs. Les champs d'application les plus importants sont le pompage d'eau et le séchage. Des efforts sont faits pour convertir l'énergie solaire en énergie mécanique et électrique. L'ONUDI devra aider les gouvernements des trois pays à définir un programme de recherches pour rationaliser les efforts dans ce domaine.

L'établissement d'usines fabriquant exclusivement l'équipement solaire n'est pas justifié car le marché est limité. Il faudra, le plus possible faire appel aux installations déjà existantes, à l'utilisation de matériaux locaux, à la production locale de certains composants (vitres de façon à réduire les coûts.

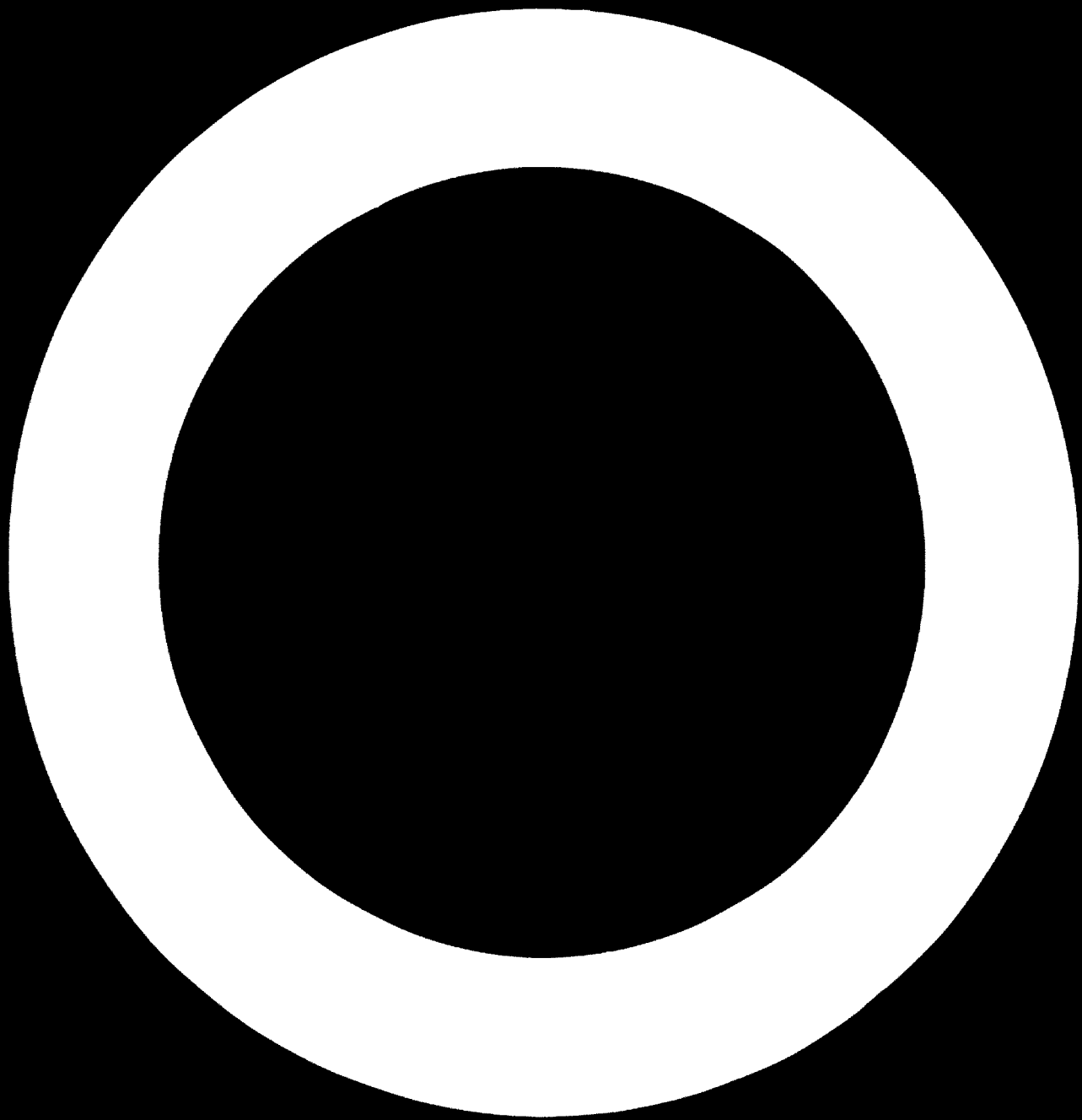


TABLE DE MATIERES

<u>Chapitres</u>	<u>Pages</u>
INTRODUCTION.....	6
I. RESULTATS ET CONCLUSIONS.....	7
A. Sénégal.....	7
B. Mali.....	11
C. Niger.....	14
II. RECOMMANDATIONS.....	16
A. Recommandations générale.....	16
B. Recommandations par pays.....	17
<u>Annexes</u>	
I. Données solaires des pays du Sahel.....	19
II. Pompes solaires.....	21
III. Equipement pour le laboratoire national de l'énergie solaire du Mali.....	22

## INTRODUCTION

Le Sénégal, le Mali et le Niger sont les trois pays du Sahel à avoir commencé des activités de recherche et de développement dans le domaine de l'énergie solaire. Ils ont déjà acquis un niveau satisfaisant dans le domaine de la technologie solaire, particulièrement en ce qui concerne les chauffe-eau, cuisinières, distillateurs d'eau et séchoirs. Ils sont en train d'essayer d'acquérir ou d'améliorer la technologie de conversion de l'énergie solaire en énergie mécanique et électrique.

Continuer les activités de recherche et de développement et passer de ce stade à celui de la production industrielle, requiert des efforts, des moyens, et des investissements importants. Cela suppose également un effort national conjugué avec une coopération régionale et une aide extérieure.

Les objectifs de la mission de l'ONUDI sont les suivants:

Fournir une assistance à la préparation des programmes nationaux du Sénégal, du Mali et du Niger en mettant l'accent sur la fabrication locale d'équipement solaire;

Définir des directives pour la coopération régionale, en particulier dans les domaines de la recherche appliquée et du développement, de la fabrication locale, de la formation, etc.;

Evaluer les activités du Laboratoire national de l'énergie solaire du Mali et dresser une liste des équipements à acheter dans le cadre du projet RP/MLI/77/002.

La mission organisée par l'ONUDI a duré deux mois, du 18 août au 17 octobre 1977 et deux experts en ont été chargés. Le projet RP/RAF/77/014 est intitulé "Programme de recherches relatif aux applications de l'énergie solaire au Sénégal, au Mali et au Niger".

## I. RESULTATS ET CONCLUSIONS

### A. Sénégal

Le Sénégal est, parmi les pays du Sahel, un consommateur important d'énergie. La consommation annuelle d'énergie électrique est d'environ 30 kWh/habitant. Cependant, les trois quarts de cette énergie sont distribués et consommés à haute tension (90,30 et 6,6 kV) par quelques grandes industries (phosphates). La production alimentaire de base est centrée autour de trois produits: le poisson, le mil et l'arachide. La production des deux derniers est fortement liée aux conditions météorologiques. La saison des pluies (août à décembre) fournit de 300 à 900 mm d'eau, en quantité croissante du nord (désertique) au sud (forêt tropicale). La nappe aquifère est abondante et généralement accessible (30 m au-dessous du niveau du sol) et les grands fleuves pourraient fournir l'eau nécessaire à une irrigation suffisante si l'on disposait d'énergie pour la pomper, ce qui n'est pas le cas puisque le réseau électrique, y compris le réseau de basse tension ne peut approvisionner que 120 000 consommateurs dans l'ensemble du pays.

L'étendue des routes, goudronnées ou non, est telle que les prix de transport par camion sont relativement bon marché (0,06 dollars/t/km) et les tarifs de transport de la seule ligne de chemin de fer (Dakar-Bamako) sont également acceptables (0,04 dollars/t/km).

Les récoltes de mil et d'arachide subissent des fluctuations considérables, non seulement à cause des pluies mais aussi à cause de la destruction causée par les moisissures et les insectes (jusqu'à 30 %).

Le poisson, source importante de protéines animales pour la population, est séché sur la côte et distribué à l'intérieur du pays. Le temps nécessaire à la distribution est relativement long et dure parfois des semaines. Faute de moyens de transport réfrigéré, on utilise le séchage par exposition au soleil. Ce procédé entraîne des pertes qui peuvent aller jusqu'à 50% du produit à cause des insectes ichtyophages dont les oeufs et larves ne sont pas détruits à la température de séchage.

De ce qui précède on peut déduire que les champs d'application importants pour toute source renouvelable d'énergie (solaire, éolienne) sont le pompage d'eau et le séchage. Le chauffage de l'eau, et la climatisation peuvent être



considérés dans les conditions actuelles comme des applications de moindre intérêt. Les données d'insolation pour Dakar ont été enregistrées pendant les dix dernières années; Dakar, en effet, dispose d'un équipement complet pour les mesures solaires (y compris la spectrométrie des rayons bêta et des neutrons solaires). Dans l'annexe I sont indiquées : l'insolation moyenne, les heures d'ensoleillement, la moyenne de l'insolation totale sur un plan horizontal relevée pendant les dernières dix années et le rapport insolation diffuse/insolation totale qui est 0,33 environ. L'étude de l'annexe I permet de constater qu'un jour totalement nuageux (100 % de couverture) n'est que très rarement observé, même en hiver. Les activités de recherche et développement relatives à l'énergie solaire au Sénégal sont coordonnées par la Délégation générale à la recherche scientifique et technique (DFRST). La recherche s'effectue dans les trois institutions suivantes :

Institut de physique météorologique (IPM)  
Laboratoire des semi-conducteurs de la faculté des sciences  
Institut de technologie alimentaire, à Dakar

Les activités de ces instituts sont les suivantes :

A l'IPM, le système de pompage fourni par l'ONUDI et fabriqué par SOFRETES est utilisé comme installation pilote pour les études d'amélioration. Les capteurs plans ont été munis d'un double verre et le fréon est en train d'être substitué au butane. Le programme de recherche a pour objet l'évaluation de l'ébullition directe du fluide (butane ou fréon) dans les capteurs, l'effet de la configuration et la constitution des échangeurs, les paramètres d'opération (hauteur de la nappe aquifère, température de l'eau, etc.). Pour ces études, des boucles ont été réalisées localement et des capteurs ont été assemblés ou modifiés sur place. Jusqu'à présent on ne constate pas une amélioration remarquable des systèmes; cependant le développement de routine continue et il est soutenu par un atelier assez bien équipé et une main-d'oeuvre qualifiée.

Un autre domaine de recherche est centré autour d'un séchoir pilote en bois, avec capteurs plans et tirage naturel. Ce séchoir peut travailler avec des températures d'entrée de l'air dans la chambre de 55 à 90°C environ. Cette dernière température, qui pourrait être atteinte pendant une durée très courte en diminuant le débit d'air, est considérée comme suffisante pour assurer la désinfection complète des produits (insectes) et la stérilisation (spores des

moisissures). Cette phase est suivie d'une période de séchage à environ 55°C, humidité relative de l'ordre de 50 %. Le but des programmes actuels est d'améliorer les capteurs (ailetage ...), et d'étudier l'effet de la recirculation de l'air chaud et du tirage. L'Institut de technologie alimentaire de Dakar (ITA) collabore à ces études. Le séchage des plantes d'arachide sera également étudié dans le but d'améliorer par de simples moyens d'interaction solaire les méthodes actuelles d'exposition à l'air et de fournir aux villages des connaissances exploitables localement.

Une partie du travail concerne l'observation du fonctionnement d'un petit distillateur solaire en aluminium de 2 m<sup>2</sup> (10 l/jour).

Quelques prototypes de capteurs plans sont à l'étude ou à la phase d'essai. Ce sont des réalisations avec simple ou double vitrage, un élément capteur en cuivre ou aluminium en roll-bond, un boîtier en amiante-ciment ou fibre de verre - polyester. Un système de chauffe-eau pour 100 et 200 l avec réservoir et circulation naturelle a été mis au point pour applications commerciales et pourrait être produit en série par la société industrielle pour les applications de l'énergie solaire (SINAES). Ce système n'a pas été étudié pour fonctionner à la tension du réseau et doit fonctionner à la pression atmosphérique.

Le personnel de l'IPM compte actuellement 20 personnes. Après de ce laboratoire le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) a installé et fait fonctionner les appareils français de mesures des neutrons solaires (compteur BF3) et des particules chargées (spectromètre bêta). Des mesures de routine d'insolation globale, température ambiante, humidité, vitesse et direction du vent sont effectuées régulièrement. L'IPM, jusqu'à présent, dépendait de la faculté des sciences mais il va être incessamment détaché pour constituer un institut autonome pour les sources renouvelables d'énergie; son personnel et son atelier sont en cours d'expansion- ceci grâce à une allocation de la DGRST d'environ 80 000 dollars. Le deuxième foyer de recherche solaire est le laboratoire des semi-conducteurs de la faculté des sciences. Les essais en cours concernent des cellules monocristallines au silicium de production française (Radiotechnique) ou américaine (Solar Development Corporation). On mesure la réponse spectrale, les effets de vieillissement dus à la température, l'humidité, le vent et la poussière. Pour le moment, on a observé une forte chute des performances après des périodes de six mois, même à des températures qui ne dépassent pas 45°C. Ceci est dû à l'opacification des résines utilisées pour coller les cellules

aux plaques de verre de protection. Les essais ne sont pas concluants pour les cellules mêmes. Une série de cellules (4 éléments de 7 cellules chacun) a été connectée à un groupe moto-pompe à courant continu (48V 250 W) avec ajustage manuel de l'impédance. L'opération n'est pas satisfaisante à cause des difficultés mentionnées ci-dessus. Le laboratoire étudie également des éléments photovoltaïques polycrystallins CdS et Cd Se (diodes Schottky) déposés sur support plastique. Jusqu'à présent, les éléments ne fonctionnent pas à cause de la mauvaise configuration des chambres de déposition. Le laboratoire est équipé de tout ce qu'il faut pour les mesures spectrographiques et optiques (jusqu'à 50 microns), photoélectriques, fluorescence, phosphorescence, courant stimulé thermique. Il peut sur demande mesurer l'émissivité et l'absorptivité des surfaces. Le personnel comprend de 4 à 6 chercheurs avec un budget très limité (quelques milliers de dollars par an) par rapport à l'ampleur des activités. La seule institution qui s'occupe de la production d'équipement solaire est la SINAES. Les actionnaires sont les suivants :

	<u>Participation</u> <u>en %</u>
Gouvernement du Sénégal	30
Groupement de Renault-SOFRETES	35
Caisse de coopération économique	7,5
Groupement français SOFEE	7,5
Briau SA (11 %)	11
Autres	9

Pour le moment SINAES se limite à importer de France des systèmes de chauffe-eau et des pompes. Cependant elle espère dans l'avenir construire des composants sur place. Les systèmes de chauffe-eau (SOFEE) sont à capteur plan, plaque en cuivre, boîtier en fibre de verre résine et simple vitrage. La circulation est forcée, avec un réservoir de 100 ou 200 l. Le système avec réservoir de 100 l est vendu environ 830 dollars celui de 200 l, 1 350 dollars. Ces prix comprennent le réservoir, la pompe et la tuyauterie mais pas le montage. La SINAES est exempté des droits de douane et estime que le marché sénégalais peut atteindre 500-600 chauffe-eau par an (on importe 2 500 chauffe-eau électriques par an). Le chauffe-eau de 100 l est équipé d'une résistance auxiliaire de chauffage de 1,5 kW. Un système constitué par 1 m<sup>2</sup> de collecteur, pompe, contrôles

électriques, etc., est vendu 408 dollars départ usine. Au besoin la SINAES peut fournir un adoucisseur d'eau ( $10 \text{ m}^3/\text{jour}$ ) au prix d'environ 2 400 dollars. Le second matériel que la SINAES compte importer est le système de pompage solaire SOFRETES (fabrication française). Les cinq installations déjà implantées au Sénégal sont toutes de 1 kW nominal. Elles fonctionnent avec du butane chauffé par échange avec l'eau des collecteurs plans. ( $70\text{-}80 \text{ m}^2$ ) Le butane se détend d'environ 10 bars ( $55^\circ\text{C}$ ) jusqu'à 3,5 bars ( $40^\circ\text{C}$ ) dans un moteur volumétrique à piston. La pompe de soulèvement de la eau est mue par transmission hydraulique (presse couplée au moteur). La mise en marche journalière, l'arrêt, l'entretien et les réparations nécessitent un opérateur par installation. Les performances varient de  $10 \text{ à } 15 \text{ m}^3$  d'eau par jour pour une hauteur manométrique de l'ordre de 40 m d'eau. Deux de ces installations visitées par la mission n'étaient pas en fonctionnement à midi et les châteaux d'eau étaient vides. Dans les deux systèmes, la pression du butane était trop basse (8 à 9 bars) pour l'opération, bien que l'insolation totale soit relativement intense. Une mise en marche de courte durée montrait des fuites importantes à la presse et une de ces deux pompes avait besoin d'amorçage manuel. La troisième pompe solaire ONUDI était démontée.

#### B. Mali

Les activités du Mali en matière d'énergie solaire se déploient au Laboratoire national de l'énergie solaire (LNES), qui a aussi une fonction consultative en matière d'énergie nucléaire. C'est une institution publique rattachée à la Direction nationale de l'hydraulique et de l'énergie au Ministère du développement industriel et du tourisme. Le laboratoire est divisé en quatre sections: études fondamentales, énergie solaire, atelier, et administration et finances. Son effectif est de 26 personnes dont 6 ingénieurs, 3 techniciens, 5 contre-maîtres et des ouvriers qualifiés. On utilise pour le moment comme source de données solaires le Service de météorologie du Mali et les archives nationales (voir en annexe I B quelques données d'insolation). Le laboratoire dispose d'un certain nombre de bureaux, d'un terrain d'essai, d'un petit atelier mécanique. Ce dernier est équipé d'une machine à souder par points, d'un groupe de soudage électrique 250A, d'un tour parallèle à chariotier et à fileter ( $1\ 200 \text{ mm}$  entre pointes) d'une scie pour métaux, d'une petite forge, d'une perceuse, d'un four ( $1\ 700^\circ\text{C}$  maximum) d'une meule et d'un petit outillage. L'atelier a reçu dernièrement, une machine à cintrer les tôles, une

plieuse, une cisaille guillotine, un compresseur à air, une presse hydraulique et un poste de soudage à atmosphère contrôlée (argonarc). Les activités du laboratoire sont les suivants :

Développement et production sur petite échelle de système chauffe-eau à capteur plan et circulation naturelle. Le capteur, son boîtier et le réservoir sont en acier au carbone galvanisé. La surface de l'ensemble standard est de  $2,6 \text{ m}^2$  et se vend à 500 dollars, environ, installé, y compris l'installation. Des unités plus grandes (500 à 2 000 l) sont assemblées à partir des capteurs standards. Environ 250 chauffe-eau de 200 l ont été fabriqués, dont 80 environ sont encore invendus.

Un séchoir prototype à circulation naturelle d'air et capteur plan de  $1,3 \text{ m}^2$  a été fabriqué. Sur ce séchoir des essais de perte en poids de mangues, viande et poisson ont été effectués, toutefois sans mesures thermiques, psychrométriques ou solaires, faute de moyens. Les essais ont porté sur environ 5 kg de produit pour 20 jours.

Quatre distillateurs solaires à bassin sont aussi en cours d'essai (un en métal et trois en béton).

Deux prototypes de cuisinières (un à paraboloïde et plusieurs petits miroirs plans) ont été fabriqués et expérimentés.

Un concentrateur cylindro-parabolique en tôle d'aluminium avec orientation réglée par un jeu de niveaux d'eau servira à des essais calorimétriques de concentration. Une pompe solaire SOFRETES de 1 kW nominal a été installée près de Dioila, à 175 km de Bamako. Cette pompe a été examinée par la mission.

A part les activités entreprises sur terrain d'essai du LNES, des essais sont conduits au Centre pédagogique supérieur de l'école normale supérieure de Bamako en utilisant une boucle frigorifique de  $1 \text{ m}^2$  de capteur plan (radiateur en acier pour chauffage central), condenseur à air, fluide ammoniac-eau. Les composants (évaporateur, condenseur) ont été récupérés d'un groupe commercial. Les essais ont montré de fortes limitations au flux thermique de l'absorbeur ( $350 \text{ kcal/m}^2/\text{h}$ ).

Le Centre pédagogique supérieur, disposant d'un solarimètre avec intégrateur, mesure habituellement l'insolation globale et diffuse et la durée d'ensoleillement. Le laboratoire du centre dispose de pompes à vide, cloches, fours, oscilloscope, alimentation stabilisée, pont à thermocouples, enregistreurs (X,T) et (X,Y). Le travail actuel concerne la mesure des propriétés de cellules photovoltaïques au Si (Radiotechnique) achetées ou fournies localement.

#### Programme national

##### Chauffe-eau :

Amélioration de la qualité des produits pour assurer une bonne tenue aux intempéries, amélioration des performances et réduction du coût de production

## Distillateurs d'eau

Passage des petits aux grands modèles, sélection de matériaux de construction, étanchéité, comparaison techno-économique de différentes solutions concernant aussi bien la forme que les matériaux (briques cuites, briques ciment, parois métalliques, polystyrène renforcé avec de la fibre de verre, etc.).

Cuisinières:

Etude des matériaux pour production en série et de différents modèles et montages;

Chauffage industriel:

Préchauffage du fuel lourd avant son introduction dans les brûleurs. Chauffage d'eau pour tanneries, industries alimentaires, etc.

Réfrigération et climatisation:

Architecture solaire, couleur, orientation, forme, matériaux, etc.

Climatisation passive

Climatisation active: (choix de fluides, choix et opération de boucles, calcul de projet, etc.)

Conversion de l'énergie solaire en énergie mécanique et électrique: comparaison techno-économique de différents systèmes (diesel, photovoltaïques).

## Discussion

Les chauffe-eau produits au Mali ont encore besoin d'être améliorés. Les problèmes concernent surtout la tenue des peintures qui ne sont pas adaptées à un service à haute température, la corrosion du circuit où la soudure entame la galvanisation, la tenue du mastic qui reste mou.

De plus, les dilatations différentielles de la plaque capteuse et des tubes à eau augmentent les résistances thermiques (distorsion) du système. Les courbes de rendement des capteurs n'ont pas été relevées, faute de moyens de mesurage. Par conséquent, les performances ne sont pas connues.

Pour le séchage, les produits les plus importants sont le poisson, la viande, les mangues, les noix de karité. Les paramètres qui devront être étudiés sont l'épaisseur des tranches, le taux de remplissage, le programme temps-température. Du point de vue des réalisations pratiques, des études de construction des cabinets et des collecteurs avec évaluation des coûts doivent être réalisées pour différents matériaux.

Quant aux cuisinières (deux types), le travail expérimental, qui n'est plus en cours, devrait être repris.

En ce qui concerne la réfrigération, on reprendra les mesures sur le circuit d'essai existant en remplaçant les composants actuels par d'autres composants fabriqués localement, notamment les évaporateurs et les condenseurs en acier au carbone. Ceci pour acquérir la technologie de fabrication et du dimensionnement ainsi que la réduction des coûts de production. Des essais devraient porter sur d'autres systèmes (par exemple les systèmes salins NaSCN,  $\text{CaCl}_2$ , LiBr, etc.).

En ce qui concerne le pompage d'eau - le système existant sera comparé à d'autres systèmes de pompage: diesel, photovoltaïque, dont l'acquisition est prévue dans un proche avenir. Le LNES a en vue l'installation d'un groupe de pompage solaire de 60 kW pour l'irrigation de 100 ha. Le financement de ce projet n'est pas bien défini. Voir annexe II).

Quant aux distillateurs, leur technologie est déjà bien établie et le laboratoire a suffisamment d'expérience dans ce domaine. Le marché est très limité en tous cas pour des pays sans côte ni sources saumâtres. L'usage très limité d'eau distillée pour les accumulateurs, etc., ne justifie pas un effort spécial de recherche ou de développement.

### C. Niger

Les activités de recherche et développement dans le domaine de l'énergie solaire au Niger sont coordonnées par l'Office national de l'énergie solaire (ONERSOL). Ces activités ont commencé il y a une dizaine d'années.

L'ONERSOL emploie une dizaine de personnes dont le directeur, 3 chercheurs, 1 ingénieur, des techniciens et des ouvriers. L'effectif est en cours d'expansion. Les activités comprennent:

Chauffe-eau (200 l) à circulation naturelle avec capteur et réservoir en aluminium

Cuisinière à concentration parabolique (1,6 m de diamètre) dont quelques unités sont exposées ou utilisées

Distillateurs à bassin de 2 m<sup>2</sup> avec structure et fond en aluminium

Construction et expérimentation d'un circuit d'essai en vue de la génération d'énergie mécanique. Ce circuit comprend 14 m<sup>2</sup> de capteurs plans (en partie à deux et en partie à trois vitres) et 10 m<sup>2</sup> de capteurs cylindrico-paraboliques orientables manuellement. Environ 100 l (150 kg) de fréon passent de 35°C à 130°C dans les capteurs plans et doivent se surchauffer à 180°C (21 bars) dans le capteur à concentration. Pour le moment le circuit se referme à travers un condenseur à eau et une pompe de circulation du fluide.

Le laboratoire est équipé de pyranomètres et solarimètres permettant la mesure de routine de l'insolation diffuse, totale, directe, durée d'insolation, anémométrie avec enregistrement et intégration. Le laboratoire dispose également d'un petit atelier suffisamment équipé. La réalisation d'un four solaire de 40 - 50 kW (1 700°C) est en cours pour études de métallurgie, céramique, mutation etc. La charpente métallique existe déjà. Ce four coûtera environ 700 000 dollars financés par un fonds d'affectation spéciale UNESCO/Arabie saoudite.

La fabrication industrielle des chauffe-eau et distillateurs se fait à la section de fabrication (détachée) d'ONERSOL. Cet atelier dispose des machines-outils suivantes:

Une cisaille guillotine pour épaisseur de 4 mm et largeur de 2 500 mm;

Une plieuse universelle (2 500 mm)

Une machine universelle pour tôle jusqu'à 4 mm d'épaisseur et 1 250 mm de largeur pour grignotage, cochage, soyage, nervurage... etc.

Une cintrreuse pour tôles 4 mm, largeur 2 500 mm

Deux postes de soudage à l'argon

Un poste de peinture

L'atelier compte 10 ouvriers et peut produire et installer (d'après l'ONERSOL) deux systèmes de chauffe-eau et deux distillateurs par jour. Les chauffe-eau de 200 l sont vendus à un prix de 800 dollars auquel s'ajoute 65 dollars pour l'installation. Les chauffe-eau et les distillateurs sont difficiles à écouler à cause de leurs coûts élevés, les cuisinières solaires sont mal acceptées par la population.

Les données relatives à l'ensoleillement figurent dans l'annexe.



## II. RECOMMANDATIONS

### A. Recommandations générale

1. Un conseiller en énergie solaire pour assister à la préparation des projets communs du centre régional projeté, à une date fixée en accord avec la CEA, devra être mis à la disposition de la CEAO par l'ONUDI.
2. En attendant la décision politique de la CEAO sur la création du Centre régional pour l'énergie solaire et le démarrage des activités de ce centre, des réunions périodiques (2 à 4 par an) devraient être instituées entre les responsables et les techniciens des laboratoires existants. Ces réunions comprendraient des représentants des pays voisins qui n'ont pas encore de laboratoires solaires. L'ONUDI pourrait prêter son aide technique et financière pour stimuler ces réunions.
3. Le marché limité de l'équipement solaire (chauffe-eau, distillateurs, cuisinières) et la rentabilité économique non confirmée encore, d'autres applications (pompes, groupes photovoltaïques) ne justifient pas la création d'usines dédiées à la fabrication exclusive de ces matériels. Il est recommandé que ces fabrications soient confiées à des usines existantes qui travaillent les métaux en feuille pour d'autres applications (portes, fenêtres, mobilier métallique, petite chaudronnerie, etc.). Quant aux ateliers déjà mis sur pied pour la fabrication exclusive d'équipement solaire, il faudrait diversifier la production pour rentabiliser leurs produits.
4. Les coûts locaux des matériaux principaux de construction des capteurs (vitres, tôle d'acier et d'aluminium, etc.) sont très souvent injustifiables sur la base des seuls coûts de transport et de douane. Il est recommandé que l'ONUDI mène une enquête pour localiser des fournisseurs appropriés de ces matériaux et mette les résultats à la disposition des pays intéressés.
5. Un matériel clef dans les applications solaires étant la vitre à fenêtre, il serait souhaitable que l'ONUDI assiste ces pays en entreprenant une étude de faisabilité de production locale de ce produit. Cette étude devrait localiser les sources appropriées des matières premières nécessaires (sable, calcaire, soude).
6. Une des difficultés majeures qui limite la diffusion des chauffe-eau et des cuisinières solaires est l'investissement initial qui serait de l'ordre respectivement de 800 et de 100 dollars. Il est recommandé que les gouvernements des trois pays établissent des systèmes de crédit-vente de ces produits. Les payments ne

devraient pas être proportionnels au revenu de l'acheteur, mais plutôt aux dépenses énergétiques mensuelles évitées par l'achat de l'équipement solaire.

7. Il est recommandé que les trois gouvernements, si possible par une action conjointe, par des démonstrations dans les villages et villes et à travers les moyens de diffusion de masse, encouragent l'usage des cuisinières solaires déjà mises au point et des séchoirs solaires.

8. Il est recommandé aux trois gouvernements de limiter l'investissement en groupes de pompage solaire pour des raisons de démonstration ou d'étude de rentabilité à un seul groupe. Toutes les installations déjà existantes relèvent de la même technologie. Elles sont pour le moment suffisantes pour l'analyse des performances dans le milieu local avec une base statistique suffisamment ample. Les circuits déjà installés auprès des laboratoires serviront à l'amélioration variationnelle des circuits et aux essais de substitution avec des composants de fabrication locale.

9. L'un des trois centres de recherches devrait s'occuper de l'essai de différents matériaux locaux susceptibles d'être utilisés comme isolants dans l'équipement solaire. Il serait d'un très grand intérêt de substituer les isolants traditionnels tels que les fibres de verre, les fibres de roches, le polyuréthane, etc., par les matériaux locaux.

10. Etant donné l'importance de la conversion de l'énergie solaire en énergie mécanique (pompes solaires, par exemple) il est recommandé d'organiser une réunion des trois laboratoires avec la participation de l'ONUDI pour définir un programme de recherche en vue de rationaliser les efforts et les dépenses relativement importantes.

#### B. Recommandations par pays

##### Sénégal

1. Il est recommandé que les activités d'expérimentation des pompes solaires thermiques soient limitées aux installations actuelles sans nécessité d'élargir les bases statistiques d'observation.

2. Il est recommandé d'intensifier les activités de recherche et développement en matière de séchoirs solaires pour parvenir à des prototypes viables. matériaux et les techniques de construction sont particulièrement à étudier.

3. Il est recommandé de développer la fabrication locale des chauffe-eau et de construire quelque prototypes d'échangeurs thermiques, en vue d'expérimentation.

4. Il est recommandé d'encourager les recherches et vérifications expérimentales des moteurs photovoltaïques au centre universitaire, moyennant un financement suffisant du Gouvernement sénégalais.

5. Il est proposé à l'ONUDI de faire obtenir une bourse d'étude à M. M'Bow, technicien de l'Institut de physique météorologique, pour l'étude des techniques de fabrication de composants thermiques (échangeurs) des pompes solaires.

### Mali

1. Il est recommandé d'intensifier les études de séchage, qui ont un haut potentiel dans ce pays.

2. Il est recommandé d'opérer une révision de la conception du chauffe-eau, notamment en ce qui concerne les matériaux et les techniques de construction.

3. Il est recommandé au Gouvernement malien d'accélérer la construction de laboratoires et ateliers pour être en mesure d'abriter l'équipement déjà existant et non monté faute de place et celui qui sera fourni par l'ONUDI.

4. Il est recommandé à l'ONUDI de fournir le plus tôt possible les appareillages, outillage et matériaux dont la liste figure dans l'annexe III.

5. Il est recommandé à l'ONUDI de fournir une bourse d'étude à M. Traore (chef d'atelier) du Laboratoire national de l'énergie solaire du Mali, pour qu'il puisse se perfectionner dans les techniques de soudage et d'utilisation du fibre de verre-résine.

### Niger

1. Il est recommandé que l'ONUDI envoie un technicien expérimenté dans le travail des tôles métalliques pour une durée de trois mois auprès de l'atelier dépendant de l'Office national de l'énergie solaire au Niger.

Ce technicien aurait pour tâches:

D'étudier l'outillage et l'ordonnancement en vue d'améliorer la productivité (capteurs, distillateurs)

De participer au "redesign" des chauffe-eau et distillateurs en vue de simplifier la fabrication

De définir des petites machines qui pourraient augmenter la production avec un investissement limité, de l'ordre de 10 000 dollars, que l'ONUDI pourrait fournir

De participer à la formation sur place des ouvriers spécialisés

Annexe I

DONNEES SOLAIRES DES PAYS DU SAHEL

A. Sénégal (Dakar)

<u>Mois</u>	<u>Insolation totale sur plan horizontal kcal/m<sup>2</sup>/jour</u>	<u>Diffuse/totale</u>	<u>Moyenne des heures d'insolation par jour</u>	<u>Insolation totale sur surface inclinée de 15° kcal/m<sup>2</sup>/jour</u>
Janvier	451,0	0,258	8,2	523,0
Février	510,0	0,249	8,75	561,0
Mars	610,0	0,245	9,7	634,0
Avril	610,0	0,274	10,7	692,0
Mai	588,0	0,337	9,75	541,0
Juin	561,0	0,385	0,6	511,0
Juillet	508,0	0,445	7,35	467,0
Août	463,0	0,462	6,55	440,0
Septembre	475,0	0,407	7,2	474,0
Octobre	478,0	0,334	8,05	483,0
Novembre	454,0	0,288	8,50	514,0
Décembre	415,0	0,295	7,85	489,0
En moyenne	510,0	0,332	8,38	527,4

B. Mali

Insolation totale sur surface horizontale kcal/cm<sup>2</sup>/jour

<u>Mois</u>	<u>Du 1 au 10</u>	<u>Du 11 au 20</u>	<u>Du 21 au 30</u>	<u>En moyenne</u>
Janvier	1 717	1 846	1 885	1 816
Février	2 080	2 023	2 181	2 094
Mars	2 271	2 008	2 202	2 160
Avril	2 412	2 190	2 323	2 308
Mai	2 069	1 811	2 144	2 008
Juin	2 001	2 084	2 239	2 108
Juillet	937	1 973	1 107	1 672
Août	-	-	-	-
Septembre	-	-	-	-
Octobre	-	-	-	-
Novembre	-	2 148	1 492	-
Décembre	1 665	1 575	1 589	1 609

C. Niger (Niamey)

Insolation globale sur surface horizontale  
(moyenne mensuelle sur 7 heures par jour) kcal/m<sup>2</sup>

<u>Mois</u>	<u>Insolation</u>	<u>Diffuse totale</u>
Janvier	597,7	0,36
Février	600,3	0,44
Mars	662,2	0,61
Avril	670,8	0,44
Mai	635,5	0,41
Juin	641,5	0,51
Juillet	561,6	0,47
Août	508,3	-
Septembre	584,8	-
Octobre	590	-
Novembre	578,8	-
Décembre	578,8	-

Annexe II

POMPES SOLAIRES<sup>a/</sup>

La majorité des groupes thermiques solaires (moteurs solaires) utilisés à présent pour la commande de pompes ont une puissance de l'ordre de 1 kW. Il existe actuellement au moins une cinquantaine d'installations. La technologie n'est pas encore bien établie et le constructeur principal de ces groupes n'est pas encore arrivé à une solution qui lui permette de réduire les coûts et l'encombrement ou d'éviter les pannes.

Aucune des quatre pompes visitées, dont trois au Sénégal et une au Mali ne fonctionnait. Au Sénégal, la pompe du projet ONUDI à l'Institut de physique météorologique de Dakar était démontée pour modification, la seconde était en panne et la troisième ne fonctionnait pas par manque d'ensoleillement, de même que la pompe du Mali. Ces pompes ne répondent pas aux performances annoncées par le constructeur, dans le meilleur des cas: 15 m<sup>3</sup>/jour sous 40 m environ de hauteur manométrique). D'après les documents et les discussions de la réunion d'experts mentionnée ci dessous, on pourrait dire: dans la gamme de 1-10 kW et en première approximation, un moteur thermique solaire commence à être rentable quand son prix ne dépasse pas 1 000 dollars/kW et un moteur solaire photovoltaïque à partir de 2 000 dollars/kW. Il est clair que ces deux valeurs dépendent largement des facteurs locaux.

L'économie d'échelle ne joue pas pleinement dans le cas des moteurs solaires, car la surface des collecteurs, qui représentent un pourcentage important du coût du moteur, est à peu près proportionnelle à la puissance

Les moteurs thermiques solaires occupent une grande surface (50 à 80 m<sup>2</sup>/kW)

Le financement des moteurs solaires est beaucoup plus difficile vu le coût élevé de premier établissement

On pourrait améliorer la rentabilité des moteurs thermiques solaires en utilisant les collecteurs comme toiture

Le stockage de l'énergie solaire pourrait améliorer la rentabilité, mais les problèmes technologiques de stockage ne sont pas encore résolus

La quantité de pétrole économisée est très petite dans le cas d'utilisation de petits moteurs solaires; elle est de l'ordre de 400 kg/an pour un moteur de 1 kW

Il en résulte que l'utilisation de pompes solaires est encore économiquement prématurée et il est recommandé à présent de limiter leur utilisation à des fins de recherche et développement et de ne pas lancer une campagne massive d'utilisation qui conduirait à des dépenses inutiles pour des petits pays en voie de développement

---

a/ Pour plus de détails, voir: "Expert Group Meeting on the Existing Solar Technology and the Possibilities of Manufacturing Solar Equipment in Developing Countries, UNIDO/IOD.73 14-15 February 1977 et aussi le document "The Development of Solar Energy Utilization in Developing Countries, UNIDO/IOD.59.

Annexe III

**EQUIPEMENT ET MATERIAUX PROPOSES POUR LE LABORATOIRE NATIONAL DE L'ENERGIE SOLAIRE DU MALI**

<u>Quantité</u>	<u>Appareillage, outillage et matériaux</u>	<u>Coût estimé en dollars</u>
1	<p>Cisaille universelle pour nervurage, soyage, rainurage                      découpage circulaire et carré extérieur et intérieur,                      bordage, etc. avec l'outillage standard</p> <p>pour tôle jusqu'à 3-5 mm                      découpage disques 1200 mm                      découpage bandes 600 mm                      soyage 1000</p> <p>P. Sertorio                      V. le Veneto 18                      Milan</p> <p>TRUMPF and Co.                      Stuttgart                      TAS-500</p>	9 000
2	<p>Perceuse électrique portative pour des forets jusqu'à                      12 mm de diamètre avec jeu de forets, support le banc                      et accessoires</p>	300
2	<p>Perceuse électrique portative sans support avec un jeu                      de forets</p>	150
1	<p>Moulinet électrique pour polissage, ébarbage etc.                      250 W environ</p>	250
1	<p>Riveteuse pneumatique portative pour rivets jusqu'à 4 mm                      de diamètre avec 2 kg de rivets Al et acier au C</p>	150
1	<p>Cintreuse universelle de profilés et tubes pour acier et                      aluminium: tube jusqu'à 25 mm de diamètre, plat jusqu'à                      100 x 7 mm barre jusqu'à 25 mm et carré jusqu'à 23 mm</p>	500
1	<p>Filière à tube mâle et femelle jusqu'à 2 pouces et demi                      avec jeu complet d'outils accessoire: trépiéd de support</p>	400

<u>Quantité</u>	<u>Appareillage, outillage et matériaux</u>	<u>Coût estimé en dollars</u>
2	Coupe-tube manuel jusqu'à 2 pouces et demi	200
1	Machine à faire des nervures circulaires pour tôle jusqu'à 2 mm d'épaisseur. col de cygne > 300 mm	500
2	Caisse d'outils de mécanique Clefs, pinces, tournevis, marteau, etc.	200
2	Pied à coulisse-verniers précision 1/20 mm	50
1	Micromètre précision 1/100 mm, course 25 mm	50
10	Double mètre à ruban métallique	50
4	Décimètre à ruban métallique	50
	Chalumeaux pour soudure et oxycoupage avec détendeurs	500
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• oxygène</li> <li>• hydrogène</li> <li>• acétylène</li> <li>• gaz liquide</li> </ul>	
	pour coupe jusqu'à 10 mm	
1	Table à dessin 120 cm x 90 cm avec technigraphe et socle lesté	600
1	Refroidisseur-fontaine d'eau pour atelier, disponible sur le marché local	300
1	Réfrigérateur 250 l environ pour conservation de produits chimiques, monomères durcisseurs, films, peintures, etc., disponibles sur le marché local	400



<u>Quantité</u>	<u>Appareillage, outillage et matériaux</u>	<u>Coût estimé en dollars</u>
6	Lunette de sûreté blanches	100
6	Visière pour soudeur	
3	Casque-visière d'atelier	
3	Circulateur pour eau chaude (90°C) min 3 m <sup>3</sup> /h, 3 m de hauteur manométrique	300
2	Pompe mécanique rotative (50 hz 220V) pour vide meilleur que 100 micron Hg avec ballast Débit 150 l/min/avec tête Pirani et mesureur (champ de mesure : 500 - 0,1 microns), avec 20 l d'huile (Leybold, Balzers, Edwards, Galilei ou équivalent)	1 300
2	Pompe manuelle volumétrique en acier au C ou fonte (chargement ammoniac, butane, etc.) (10 l/min) tenue à 30 atm	300
6 m <sup>2</sup>	Six éléments métalliques de 1 m <sup>2</sup> chacun environ pour capteurs, dont :	200
	2 en tôles d'acier au C (éléments de radiateurs de chauffage central)	
	2 en roll-bond aluminium	
	2 en cuivre (tubes et tôle)	
1	Cabinet-séchoir (étuve) avec fenêtre vitrée. Capacité : environ 20 l Température maximum : 120°C. Chauffage électrique avec thermostat et mesure de l'humidité relative	300
1	Machine manuelle à trancher (jambon, viande, fruits) à épaisseur variable	100
1	Balance, sensibilité 0,01 g capacité 300 g	100
300 kg	Polyester monomère avec accélérateur et durcissant nécessaire	600

<u>Quantité</u>	<u>Appareillage, outillage et matériaux</u>	<u>Coût estimé en dollars</u>
20 kg	Gel-coat de cinq ou six couleurs	
100 m <sup>2</sup>	Glass-mat pour verre-résine (200 gr/m <sup>2</sup> )	200
15 m <sup>2</sup>	Tôle 18/8 0,5 mm	
15 m <sup>2</sup>	Tôle 18/8 1 mm	
15 m <sup>2</sup>	Tôle cuivre électrolytique 0,3 mm	
15 m <sup>2</sup>	Tôle cuivre électrolytique 0,6 mm	
60 m <sup>2</sup>	Tôle Al 99,5 0,5	
60 m <sup>2</sup>	Tôle Al 99,5 1	4 500
60 m <sup>2</sup>	Tôle Al 99,5 2	
150 m	Al-feuille (quelques centimètres)	
60 m	Tubes en Cu ½ pouce	
60 m	3/8 pouce	
60 m	3/4 pouce	
150 tubes (15 kg)	Mastic silicone de 100 g environ chacun	750
150 tubes (15 kg)	Polysulfure de 100 g environ chacun	300
10 kg	De bande de goudron pour joints de dilatation	50
20 kg	Peinture noire "flat black" avec bonne tenue à 120°C, de trois marques au choix	100
5 kg	Colle au néoprène ou caoutchouc liquide	50

<u>Quantité</u>	<u>Appareillage, outillage et matériaux</u>	<u>Coût estimé en dollars</u>
10 m <sup>2</sup>	Bande en: néoprène, amiante graphitée, téflon, pour joints	100
10 kg	Liquide pour galvanisation à froid "spray" confection ½ kg	100
100 m <sup>2</sup>	Vitre pour fenêtre (3 mm) achat local	1 000
1	Pyranomètre spectral de précision Eppley mod. PSP avec hémisphères Schott WG7 (WG295) ou équivalent	1 100
1	Pyranomètre blanc et noir Eppley mod 8-48 A ou équivalent	700
1	Bande à masquer Eppley mod. SBS ou équivalent	800
1	Pyrhéliomètre à incidence normale Eppley mod. NIP ou équivalent	950
1	Solar tracker (220 V, 50 hz) Eppley mod. ST 1 ou équivalent	850
1	Montage équatorial (220 V, 50 hz) Eppley EQM en équivalent	1 500
1	Pyrhéliomètre Angstrom Eppley ANG ou équivalent	1 600
2	Enregistreur à 6 canaux (points) ajustable entre environ 2 et 50 mV fond échelle. Speedomax Leeds and Northrup mod. H ou W ou équivalent	4 000
10	Thermocouple chromel-alumel gainés inox, 3 mm diam. extérieur, 20 cm de longueur	300
2	Jeu de crayons sensibles à la température	20
1	Thermomètre de contact à thermistor avec sondes et	550

<u>Quantité</u>	<u>Appareillage, outillage et matériaux</u>	<u>Coût estimé en dollars</u>
	instrument indicateur. Deux ou trois fonds échelles pour températures de - 10°C à 200°C - 8502 - 20 Cole-Palmer ou équivalent	
60 m	Fil de chromel-alumel isolé téflon ou amiante ou laine de verre 24 B and S gauge	600
2	Sélecteur - commutateur thermocouple à 6 circuits à basse résistance de contact	200
20	Connecteurs pour thermocouples mâle- femelle	200
1	Jeu d'accessoires (kit) pour thermocouples N-965	350
2	Jeu (kit) pour cimenter les thermocouples Thermcoat kit	100
4	Compensateur de référence pour thermocouples chromel-alumel 0°C ou 60°C (précision environ $\pm \frac{10}{2}$ C)	500
2	Mesureur digital, pour thermocouples chromel-alumel résolution à 4 chiffres, erreur $\pm 30$ C avec 0,1% compensation interne modèle 2809 C ou équivalent	2 000
2	Fer à souder pour électronique, un de 50 W et l'autre de 200 W environ	25
2 kg	Alliage étain-plomb pour soudures électroniques avec noyau de résine	50
10	Manomètre Bourdon avec fonds échelles variés	200
2	Calculateur Hewlett-Packard HP25 ou équivalent	300
1	Cabine de séchage en inox volume 20 l environ	200

<u>Quantité</u>	<u>Appareillage, outillage et matériaux</u>	<u>Coût estimé en dollars</u>
2	Multimètre digital, à $\pm 1\%$ , avec accessoires	250
1	Jeu de mesureurs de débit à flotteur pour eau et gaz (eau max: 2 l/min; gaz max: 50 l/min)	200
1	Psychromètre à thermistor (précision 1%)	500
2	Enregistreurs de température et humidité relative avec papier et encre	500
2	Chronomètres pour laboratoire	250
	Verrerie pour laboratoire (béchers, pipettes, etc.)	200
1	Anémomètre (portatif)	50
1	Potentiomètre universel pour thermométrie type K - 5 Leeds Northrup ou équivalent	1 500
1	Anémomètre avec enregistreur	800
2	Manomètres micrométriques fond échelle 20 mm eau, jeu sondes Pitot à pression et statique totale sensibilité 0,02 mm	250
10	Jeu de thermomètres à mercure à $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ avec fonds échelle variés	150
2	Double thermomètre (sec et humide)	50
2	Thermomètre atmosphérique (maximum et minimum)	50
1	Oscilloscope Tektronix double trace, basse fréquence avec accessoires	2 000
1	Enregistreur x - y, fond échelle variable de 1 à 100 mV (impédance entrée $> 100\ \text{k}\ \Omega$ avec papier, encrer, plumes recharge)	1 500

Quantité                      Appareillage, outillage et matériaux                      Coût estimé en dollars

1                      Générateur de vapeur, 0 - 7 bars, 10 kg/h, électrique (6 kW)                      700

5 litres le  
chaque                      Solvants:  
trichloroéthylène  
chloroforme                      pureté  
acide acétique                      industrielle  
alcool méthylique  
acétone

2 bouteilles  
standard de  
chaque                      Fluides  
acétylène                      500  
oxygène  
hydrogène  
fréon  
ammoniac  
argon  
mercure, pour une valeur de :

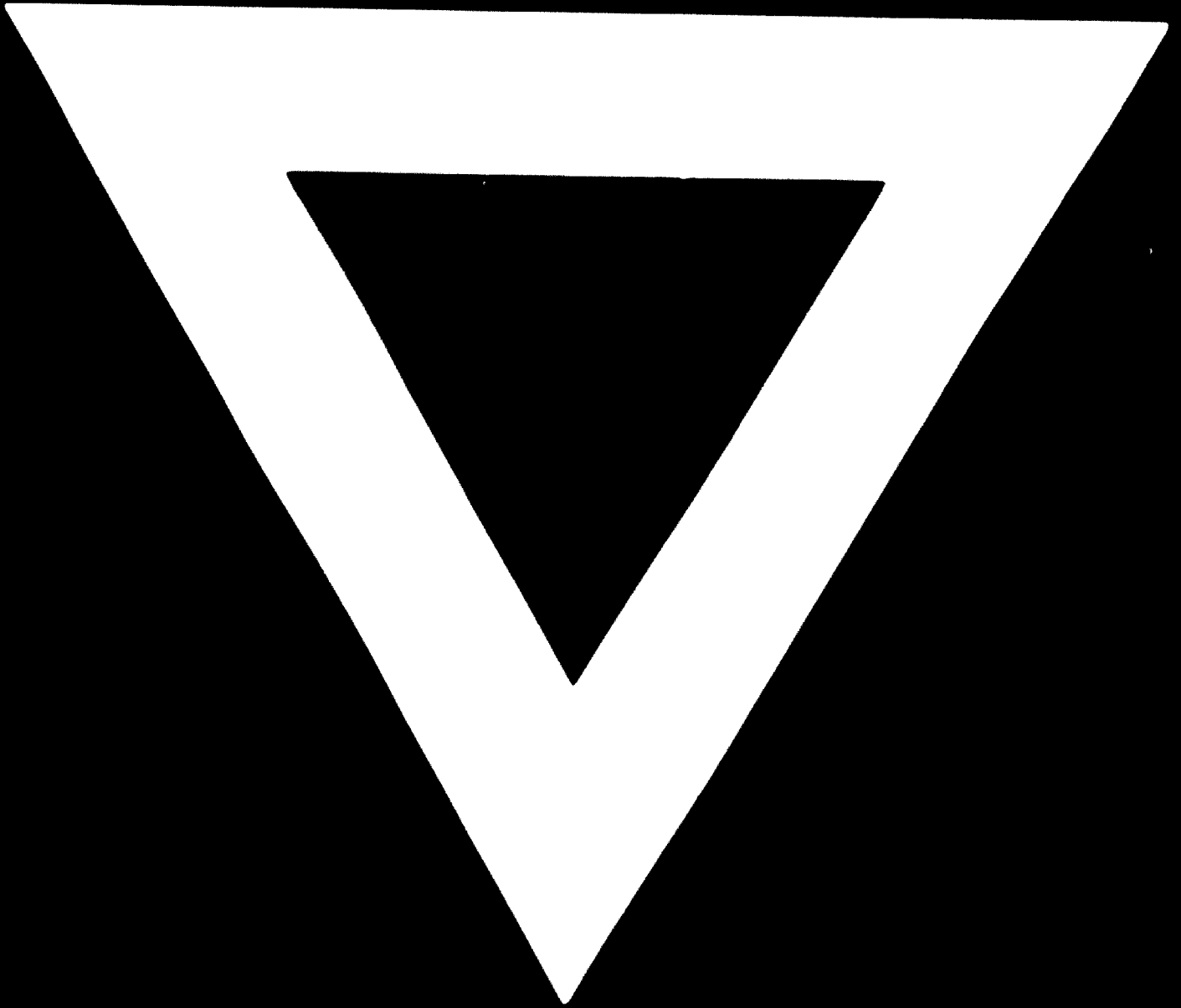
50 kg                      Tubes en polyéthylène transparent et clips (colliers de serrage)                      150  
fittings et valves } bronze  
jonctions et vannes } et acier au C                      300

5 kg de chaque:                      Na SCN, LiCl 3, LiBr                      150

Remarque: Les matériaux, appareils de mesure et équipement de laboratoire cités ci-dessus peuvent se trouver dans les catalogues des sociétés suivantes:

- 1) Leeds and Northrup International General Catalog  
North Wales, Pa. 19454  
United States of America  
Telex 846350
- 2) OMEGA Engineering, Inc.  
Temperature Measurement handbook 1977  
P.O. Box 4047  
Stanford, Connecticut 06907
- 3) COLLE-PARMER Instrument Co. Catalog 1977-78  
7425 North Park Ave. Chicago Illinois 60648  
Telex 28-9405
- 4) EPPLEY SCIENTIFIC INSTRUMENTS  
12, Sheffield Avenue  
Newport, Rhode Island 02840

**B-37**



**79.12.05**