

PN-AA4-571  
5282

L'ENERGIE RENOUVELABLE AU CAMEROUN :  
POSSIBILITES DE PROJETS

Rapport à l'intention de l'Agence des Etats-Unis pour le  
développement international indiquant les mesures à prendre pour  
évaluer les besoins énergétiques du Cameroun

Etabli par  
Charles Steedman

Ann Arbor, Michigan

1er août 1979

Contrat No Afr-C-1542 ✓

Projet No 698-0135

## PREFACE

A la suite d'une demande du Ministre des Affaires économiques et du Plan de la République-Unie du Cameroun, en date du 28 décembre 1978, l'Agence des Etats-Unis pour le développement international (US-AID) m'a engagé, dans le cadre d'un contrat de services techniques, pour identifier les mesures à prendre afin d'évaluer les besoins du Cameroun en énergie renouvelable. Il s'agissait :

1. De préparer un rapport qui devra servir de base à la mise au point d'un Document d'identification de projet. Ce rapport devait porter sur les questions suivantes :

a) Mesures à prendre pour évaluer les besoins énergétiques du Cameroun et mettre au point les procédures permettant de mesurer, le cas échéant, la vitesse du vent et les rayons solaires. Cette section du rapport devait également broser les grandes lignes de propositions visant à mettre au point des projets appropriés d'énergie solaire et d'autres projets d'énergie de remplacement dans la région des montagnes du Mandara.

b) Le rapport devait surtout indiquer comment les activités indiquées au paragraphe 1.a) pourraient être exécutées par le Centre des recherches sur les énergies de l'ONAREST et quelle aide pourrait être apportée à l'ONAREST pour s'acquitter de ces tâches.

2. Le rapport servira de base à l'élaboration d'un Document d'identification de projet (15 exemplaires). Un rapport préliminaire devait être fourni au Directeur de la Mission de Yaoundé avant le départ de l'expert.

L'auteur du présent rapport a séjourné au Cameroun du 7 au 21 juin 1979.

Charles Steedman  
Ann Arbor, Michigan  
1er août 1979

## TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
Préface .....	
Remerciements .....	
Introduction .....	1
Observations générales concernant un programme possible .....	4
Examen et recommandations .....	8
Mesure des données solaires .....	8
Enquête sur l'énergie .....	11
Formation .....	13
Construction et essai de prototypes .....	16
Assistance technique des Etats-Unis .....	19
Essais pratiques des techniques d'énergie renouvelable .....	20
Fourneaux à bois .....	21
Energie éolienne .....	24
Cellules photovoltaïques (cellules solaires) .....	26
Pyrolyse .....	35
Bio-méthane .....	38
Séchage solaire de produits de l'agriculture et de la pêche ....	42
Références .....	46
Appendice A - Bibliographie .....	48
B - Abréviations .....	50
C - Liste des fonctionnaires et autres personnalités rencontrés	52
D - Mesures solaires .....	55
E - Résumés de rapports précédents concernant les énergies renouvelables au Cameroun .....	61
F - Liste d'établissements appropriés d'enseignement et de formation aux Etats-Unis .....	67
G - Le Bio-méthanier familial chinois .....	70
H - Lettre à l'ERU .....	74

## REMERCIEMENTS

Grâce à l'aide remarquable de Marcel Ngué, membre de la mission de l'US-AID, il y a été beaucoup plus facile qu'on aurait pu le croire de recueillir des informations et de prendre des avis pour préparer le présent rapport. Marcel Ngué a, durant toute ma mission, été un guide et un camarade précieux. Il est parfaitement au courant de la situation de l'énergie renouvelable au Cameroun; son aide n'aura pas de prix si le projet est mis en oeuvre. Il peut en effet lui imprimer un sens précis de continuité.

L'IRTISS, qui relève de l'ONAREST, a été également très serviable et plein d'attentions. MM. Malende et Simo, de l'Unité de recherche sur les énergies et MM. Soba Djallo et Ebenezer Epié, de l'IRTISS, ont apporté une excellente coopération. Le CRESS, qui dépend à son tour de l'IRTISS, a mis une voiture à notre disposition pour nos déplacements à Garoua et à Maroua et pour voyager entre ces deux villes. Le chauffeur s'est transformé, à ma grande joie, en un parfait interprète quand nous avons rendu visite à un producteur d'oignons à Meskin, tout près de Maroua.

Je souhaite également remercier Jack Huxtable et Norm Green, de la Mission de l'US-AID, pour leur aide, leurs conseils et leur hospitalité. La Mission a eu la bonté de fournir d'excellents moyens de transport à Yaoundé, ce qui nous a permis de beaucoup nous déplacer en un laps de temps réduit.

Clarence Kooi, à Palo Alto, en Californie, a été particulièrement utile dans son rôle de conseiller technique pour préparer le présent rapport; cependant, il n'a pas vu le texte définitif et les erreurs techniques qu'il renferme sont donc à inscrire à mon actif : il n'en est aucunement responsable. Jane McCormick a fait un excellent travail pour dactylographier le rapport dans des délais très brefs.

NOTE : On trouvera l'explication des abréviations à l'Appendice B, page 50.

## INTRODUCTION

Doté d'un vaste potentiel hydro-électrique et de gisements pétroliers offshore, le Cameroun ne s'est guère préoccupé d'employer les sources d'énergie renouvelables, telles que le soleil, le vent et la biomasse. Comme l'a fait observer un fonctionnaire du Ministère des mines et de l'énergie, il n'existe aucun programme d'Etat concernant ces nouvelles sources d'énergie et personne ne sait comment on pourrait les utiliser. Cependant, on commence à s'apercevoir qu'elles peuvent présenter une importance.

1. L'un des instituts qui relève de l'Office national de la recherche scientifique et technique (ONAREST) a constitué une Unité de recherche sur les énergies (ERU). Cette unité n'est dotée que d'un budget d'environ 25.000 dollars, qui doit couvrir les traitements, la location de locaux et les autres frais de fonctionnement; cependant, cette unité fait preuve d'une remarquable volonté d'action.

2. Quelques professeurs de l'Ecole nationale supérieure polytechnique travaillent, ou ont l'intention de travailler, avec des étudiants à des projets de production de bio-méthane et de séchage solaire, bien que le programme d'étude ne comporte pas ces matières.

3. Un technicien d'Allemagne occidentale a construit sept installations expérimentales de bio-méthane ménager à Douala ou aux environs. Plusieurs autres sont en projet.

4. Quelques installations industrielles qui transforment des produits agricoles (canne à sucre, coton, huile de palme) emploient les sous-produits pour produire elles-mêmes leur électricité. Des scieries en font de même.

5. D'ici quelques mois, deux ou trois pompes solaires photovoltaïques seront installées dans la région nord du Cameroun. Il s'agit d'appareils isolés que financent

la France, le Fonds européen de développement et les Nations Unies. Malheureusement, les services du Gouvernement camerounais ne sont guère au courant de ce projet. Une pompe thermo-dynamique du modèle SOFRETES fonctionne à Makari.

6. Un consultant de la Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique, un élève ingénieur français et un consortium français ont adressé séparément au Gouvernement du Cameroun des recommandations concernant la conception de programmes d'énergie renouvelable.

7. Le Gouvernement a présenté à l'US-AID une demande d'aide pour mettre sur pied un tel programme.

8. Des panneaux de cellules photovoltaïques vont alimenter la signalisation des chemins de fer et les relais téléphoniques entre les gares de la ligne Douala-Yaoundé. Des éléments expérimentaux sont en cours d'installation à Belabo.

Ces premiers signes d'activité montrent que le Cameroun possède les moyens d'employer les sources d'énergie renouvelable. Le pays a un climat divers, allant de la zone sahélienne déséchée à l'extrême nord jusqu'à la forêt humide du sud, qui offre toute une série de possibilités. La variation considérable de la densité de population ouvre également la possibilité d'utilisation viable de sources décentralisées d'énergie renouvelable dans les zones à faible densité, même s'il y existe des sources d'énergie classique.

Jusqu'ici, on connaît mal ce potentiel. A l'exception de certaines mesures prises à Yaoundé il y a quelques années par un professeur d'université, on ne possède aucune donnée concernant l'intensité des radiations solaires. La Météorologie nationale possède des statistiques au sujet de la durée d'insolation dans plusieurs stations depuis 1955, mais ces données sont beaucoup moins utiles que celles concernant l'intensité.

On ne connaît pas grand chose, sinon rien, dans tout le pays des besoins énergétiques de la population rurale et de la façon dont elle emploie l'énergie. Le recensement de 1976 comportait une question intéressant la consommation d'énergie : comment le ménage s'éclaire-t-il? Dans l'ensemble du pays, la plupart des ménages emploient des lampes à pétrole, mais dans les campagnes de la Province du Nord, près des deux tiers des ménages utilisent du bois à brûler. Le tableau ci-après montre comment le nord diffère à cet égard du reste du pays.

Tableau 1 : Source d'énergie, pour l'éclairage, ménages des campagnes  
(en pourcentage)

	<u>Tout le pays</u>	<u>Province du Nord</u>
Electricité	0,5	0,2
Pétrole	71,0	31,4
Bois à brûler	26,7	65,0
Autres	<u>1,0</u>	<u>3,4</u>
	100,0	100,0

Source : Direction de la Statistique et de la Comptabilité nationale, Recensement général de la Population et de l'Habitat, avril 1976

Bien entendu, l'éclairage n'est que l'un des nombreux usages de l'énergie dans les zones rurales. La cuisson au bois, aux résidus de récoltes et au fumier séché est une forme extrêmement importante de consommation; on ne semble guère la connaître au Cameroun. Nous n'avons trouvé aucune donnée ou estimation concernant la consommation de bois à brûler. Un bref examen des publications de l'Institut des Sciences humaines n'a révélé aucune étude de la question par les spécialistes de l'Institut. Nous avons eu encore moins de temps pour connaître l'existence de déchets forestiers et agricoles servant à la pyrolyse; il est probable, cependant, qu'il y a encore beaucoup à découvrir.

### OBSERVATIONS GENERALES CONCERNANT UN PROGRAMME POSSIBLE

Les deux premiers éléments d'un programme possible d'énergie renouvelable découlent du fait que l'intensité solaire n'a été mesurée, brièvement, que dans un seul endroit, et qu'on ne semble pas s'être préoccupé de son emploi dans les campagnes comme source d'énergie. Très certainement, si le Cameroun veut employer l'énergie solaire de façon rationnelle, même s'il n'en ressent véritablement pas le besoin pendant un certain nombre d'années, il lui faudra posséder une série chronologique de mesures des radiations solaires. Le moment est venu de commencer.

Il faut par ailleurs mieux connaître le rôle de l'énergie (autre que l'énergie animale et humaine) dans le milieu rural. Cette carence de données est générale dans l'ensemble de l'Afrique occidentale, où l'on cite toujours la même étude de la consommation de bois à brûler (en Gambie) parce qu'il ne semble pas y en avoir d'autres. Cependant, comme on connaît si peu de choses, on risque de disperser les efforts pour essayer d'en savoir trop à la fois. Ce qui serait le plus utile, si l'on veut répondre aux besoins énergétiques du Cameroun, c'est de faire porter les études directement sur les problèmes plus urgents, en les appuyant par des données solides obtenues à la suite d'enquêtes.

On peut se lancer dans ces deux entreprises - la mesure des radiations solaires et les enquêtes sur l'utilisation de l'énergie dans les zones rurales - que l'on envisage ou non d'autres éléments d'un programme. Si ces études sont bien faites, elles augmenteront de façon considérable les chances de réussite des efforts ultérieurs, qu'ils soient modestes ou ambitieux.

Un troisième aspect d'un programme possible mérite qu'on en fasse mention à ce stade. Il serait souhaitable en effet qu'un élément de l'Organisation nationale de

la recherche scientifique (ONAREST) soit bien informé au sujet des efforts entrepris dans le pays en matière d'énergie renouvelable et que, en même temps, il participe activement aux essais et aux démonstrations. L'ERU ne semble pas encore être en état de jouer ce rôle ni d'en avoir les moyens.

Malgré le petit nombre relatif d'activités concernant l'énergie renouvelable, nous avons découvert des cas où divers participants n'avaient pas conscience de ce qui se faisait ailleurs. On peut citer ici l'exemple des pompes photovoltaïques. L'ERU ne connaissait pas l'existence de deux d'entre elles et n'avait été consulté que sur des points de détail au sujet de la troisième. Elle avait participé au début au projet financé par la France visant à installer une pompe d'abord à Waza, puis à Koza, mais avait été court-circuitée quand une équipe française arriva pour procéder à l'installation. Or, il s'avéra que la pompe ne fut pas installée parce que le puits de Koza n'avait pas la dimension correspondante. Quant aux autres, nous avons appris par accident à Maroua que le Fonds européen de développement (FED) avait l'intention de financer une pompe photovoltaïque. Le délégué du FED à Yaoundé a confirmé plus tard qu'une pompe doit irriguer les rizières de Logone Birni, près de Kousseri. La pompe financée par l'ONU, qui doit être installée sous l'égide de la Commission du Lac Tchad, représente elle aussi un projet qu'entache le manque d'information.

Le manque de participation de l'ERU aux travaux concernant les pompes solaires est un peu plus grave que son absence des recherches sur le biogaz qui sont entreprises à Douala et à l'Ecole polytechnique. Jusqu'ici, on ne s'est peut-être guère préoccupé de tenir l'Unité au courant des progrès de ces programmes; cependant, au fur et à mesure que ces derniers prolifèrent, l'absence d'un centre de contact pourrait se faire vivement sentir. L'ERU a besoin de recevoir l'appui moral et les moyens

de se tenir informé et, s'il le faut, de prendre l'initiative. Un troisième élément d'un programme possible consisterait donc à voir comment on pourrait parvenir à un tel état de choses.

Il convient ici de citer une observation de quelqu'un qui participe depuis longtemps aux recherches sur l'énergie solaire au Sénégal; il est important que les responsables des recherches abordent celles-ci du point de vue de l'utilisateur de préférence à celui du chercheur. En effet, l'utilisateur doit répondre à un besoin, doit résoudre un problème. Le chercheur peut préférer voir comment une idée théorique se traduit dans la pratique ou résoudre un problème un peu différent, mais mieux susceptible de solution. Afin de maintenir les travaux dans la perspective de l'utilisateur, l'ERU aurait intérêt à s'orienter vers les recherches sur le terrain, sans avoir à achopper sur les obstacles que pose un ensemble compliqué de laboratoire central et d'atelier. Elle n'a pas ces moyens à l'heure actuelle et ne cherche peut-être pas à les acquérir; mais le danger existe et il faut l'éviter. On devrait trouver une formule pour fournir à cette Unité l'appui dont elle a besoin, sous forme d'un ensemble modeste de matériel de mesure et d'essai, d'une certaine formation de son personnel, et, au début, de la présence d'un spécialiste/conseiller étranger.

La question de standing est peut-être plus importante qu'elle ne le semble de prime abord. Si elle doit réussir à prendre la tête d'un effort de recherche et de conception, l'Unité doit avoir un certain pouvoir vis-à-vis d'autres services d'Etat. Le dilemme qui se pose pour d'autres efforts de R/D dans des pays qui ne sont pas sans ressembler au Cameroun est que l'organisation de recherche n'a pas les moyens d'effectuer sur le terrain des essais réalistes, alors que les services qui disposent des moyens nécessaires s'intéressent davantage à exécuter leurs propres programmes. Ces

services peuvent intervenir dans plusieurs secteurs différents (agriculture, santé publique, travaux publics) et relever de ministères différents. Or, leur collaboration volontaire est souvent essentielle. La complexité des rapports administratifs exige qu'une organisation de recherches énergétiques ait le standing lui permettant de s'acquitter de sa tâche. Au Cameroun, la position de l'ONAREST, de ses cinq instituts et des centres qui leur sont rattachés devrait rendre la chose possible.

Après ces observations générales, les sections suivantes du présent rapport vont examiner les divers éléments d'un programme possible en les assortissant de recommandations. Peut-être ces éléments n'ont-ils rien de neuf ou de surprenant. Plusieurs d'entre eux ont déjà été proposés par ceux qui ont examiné la situation de l'énergie renouvelable au Cameroun. Les lecteurs qui souhaitent connaître leurs recommandations en trouveront de brefs résumés à l'Appendice E.

Les principaux thèmes qui forment l'armature du présent rapport sont les suivants :

1. Les travaux de mesure, les enquêtes et la constitution d'une unité de recherche sur les énergies doivent être entrepris dès que possible, quelles que soient les autres décisions.
2. Les premiers efforts visant à adapter les techniques d'énergie renouvelable au contexte camerounais devraient être modestes. Il faut choisir les applications dont l'ambition est limitée mais qui ont une forte probabilité de réussite. Les recherches devraient se poursuivre jusqu'à ce que des applications pratiques prouvent leur valeur sur le terrain.
3. La Province du Nord devrait être une zone de concentration, non seulement en raison de la faiblesse relative des revenus et des engagements que l'US-AID a déjà pris à son égard, mais aussi parce qu'elle dispose des ressources solaires les plus

grandes et se heurte au problème le plus grave de bois à brûler. On peut supposer en toute sécurité que les principales villes du nord seront électrifiées d'ici quelques années mais que la plupart des régions rurales ne recevront probablement jamais d'électricité provenant d'une centrale unique (1).\*

4. Si l'on décide de mettre un projet sur pied, on devrait alors, dans la mesure du temps et des ressources disponibles, examiner un certain nombre d'options - dont certaines sont proposées ici et tandis que d'autres ont sans aucun doute été oubliées - mais il faudra probablement faire preuve de discrimination dans le choix des projets à retenir.

Les sections ci-après examinent à tour de rôle les questions suivantes : mesure des données, enquête sur les besoins et utilisations de l'énergie rurale, formation, construction et essai de prototypes et, de façon plus détaillée, choix possibles de techniques susceptibles d'être employées sur le terrain.

#### EXAMEN ET RECOMMANDATIONS

##### Mesure des données solaires

Les seules mesures solaires qui soient prises actuellement au Cameroun sont celles de la durée d'ensoleillement en heures par jour. La durée est mesurée par un héliographe, dont la brûlure perce un trou dans une bande de papier quand le soleil brille. Ce n'est une mesure ni exacte ni très utile mais elle est simple et peu coûteuse. On dispose de données comparables sur la durée d'ensoleillement dans huit stations de la Météorologie nationale depuis 1955. Les données concernant les provinces anglophones sont relevées depuis 1971 seulement; en effet, avant cette date, elles étaient envoyées au Nigéria. A l'heure actuelle,

---

\* On trouvera les références pages 46, 47.

la Météorologie nationale publie des mesures prises dans 18 stations; les stations du Nord sont à Maroua-Salak, Garoua et Ngaoundéré. La Météorologie nationale a fourni des données indiquant les heures mensuelles moyennes d'ensoleillement au cours d'une période de dix ans à Maroua-Salak, Garoua, Ngaoundéré, Batouri, Koundja et Yaoundé; on les trouve à l'Appendice D, qui indique aussi les distributions de fréquence à Maroua et à Garoua.

L'intensité des radiations solaires, ou insolation, est une mesure beaucoup plus importante. Elle détermine, avec l'aide d'un pyranomètre, les unités d'énergie qui tombent sur une surface horizontale donnée durant une période donnée. On peut la mesurer en calories au  $\text{cm}^2$  à l'heure ou en watts au  $\text{m}^2$  à l'heure; on peut en faire la moyenne par jour, mois ou année. Les seules mesures de l'insolation qui aient été prises au Cameroun l'ont été par le Professeur Guy Lacaze, de la Faculté des Sciences, qui a recueilli pendant trois ans et demi des mesures de l'insolation globale (radiations directes et diffuses) à Yaoundé, depuis novembre 1969 jusqu'en mai 1973. Malheureusement, son "solarigraphe" Kipp et Zonen s'est détraqué en 1973 et n'a pas été utilisé depuis lors. Avec un collègue, Lacaze a écrit pour les Annales de la Faculté des Sciences un article donnant les résultats de l'analyse statistique des données obtenues (2). Il nous a aimablement fourni un exemplaire de son article qui est encore inédit. On trouvera à l'Appendice D des graphiques montrant la distribution de fréquence des jours où les radiations globales étaient comprises entre 400 et 500 langleys, ou calories au centimètre carré, et où elles étaient supérieures à 500 langleys.

Les mesures du Professeur Lacaze sont au moins un commencement; il espère obtenir un matériel lui permettant de poursuivre ses études; sans aucun doute, on a besoin de façon urgente d'une série chronologique de mesures à d'autres emplacements.

Le Professeur Armand Morabin, également de la Faculté des Sciences, a suggéré l'installation d'une station de mesure des radiations solaires dans chaque Province (3). Il a recommandé un enregistrement automatique sur cassette qu'il ne faudrait remplacer que tous les deux mois. Il propose d'employer les appareils fabriqués par Enertec-Schlumberger; cependant, nous estimons qu'il s'agit-là d'un appareil plus compliqué et plus cher qu'il n'est nécessaire. Il suffirait d'équiper six ou sept stations de la Météorologie nationale avec une série de deux pyranomètres chacune (un pour mesurer le total des radiations et l'autre les radiations par diffusion) et d'un enregistreur sur bande à deux voies. Ces appareils coûteraient environ 3.600 dollars à l'usine pour chaque station. Il faut y ajouter les frais d'expédition, de câbles, d'installation et de papier.

En ce qui concerne les emplacements, nous avons convenu à titre provisoire avec l'ERU qu'une liste minimum comporterait Maroua-Salak, Ngaoundéré, Yaoundé, Bertoua, Bafoussam et Douala. Il serait souhaitable que la station de Yaoundé se trouve à l'ERU ou à un lieu proche, et soit placée sous son contrôle, de façon que le personnel de l'ERU ait une expérience pratique du matériel et apprenne à en connaître les faiblesses. Kribi pourrait être ajouté à la liste, étant donné que son climat est, paraît-il, différent de celui de Douala. Ces stations sont en fait les sept que proposait le Prof. Morabin. Nous ne pensons pas, toutefois, qu'il soit nécessaire d'équiper des sous-stations (il en recommande 37) d'héliographes. En effet, les 18 héliographes existants devraient suffire.

L'étalonnage des pyranomètres pourrait poser des difficultés, mais on pourrait obtenir l'aide du programme AGRHYMET du Sahel, qui a installé du matériel de mesure des radiations solaires dans les huit pays du Sahel. Le directeur du projet OMM se trouve à Niamey, au Centre régional de formation et d'application en agrométéorologie

et hydrologie opérationnelle, B.P. 11011. Il y a également à l'étude une proposition visant à doter de matériel d'étalonnage le Centre de recherches sur l'énergie renouvelable qui doit être ouvert à Dakar. Entre les deux, le Cameroun devrait pouvoir obtenir suffisamment d'aide pour obtenir les services recherchés. L'ERU devrait être responsable de l'étalonnage, de la réparation des instruments et des inspections périodiques du matériel.

Alors que les pyranomètres relèveraient sans doute de la Météorologie nationale, il est important d'instituer un système qui donne à l'ERU un ensemble complet de données solaires de façon qu'elle puisse les traiter, les conserver, les analyser et les vérifier pour dépister les mauvais fonctionnements éventuels du matériel. Il serait utile que l'ERU dispose d'un intégrateur, qui donne le total des radiations pour un jour donné à partir des informations fournies par un pyranomètre.

#### Recommandations

1. Que l'US-AID envisage de fournir rapidement le matériel de base permettant de mesurer les radiations solaires de la manière décrite ci-dessus, sans attendre que d'autres programmes soient entrepris.

2. Qu'un système soit établi de manière que l'ERU reçoive directement les données de radiation solaires enregistrées aux stations de la Météorologie nationale.

#### Enquête sur l'énergie

Le présent rapport indique dans une autre section la rareté des informations qui semblent être disponibles au sujet de l'emploi de l'énergie dans les zones rurales. Il faut savoir, dans le cas de villages et ménages représentatifs, quelle est la nature et la quantité d'énergie employée et demandée par les villages pour des opérations comme la cuisson des aliments, l'éclairage, le pompage de l'eau, le

séchage des produits agricoles, le chauffage pendant les mois frais, le repassage et l'écoute de la radio. L'emploi de l'énergie humaine et animale pour la production agricole est une question qu'il est préférable d'examiner dans un autre contexte.

Quelle est la meilleure façon de réaliser ces enquêtes? On a suggéré de s'adresser à l'Université de Yaoundé. Les étudiants d'économie de la Faculté de Droit et d'Economie, par exemple, pourraient être orientés vers cette matière lorsqu'ils ont à choisir leurs sujets de thèse. Comme il faudrait se rendre dans les villages et y séjourner, ce qui entraîne des frais, et comme il faudrait aussi en théorie rémunérer des enquêteurs, il faudrait envisager d'apporter une aide à ces étudiants. Des crédits devraient aussi être ouverts pour l'analyse et la publication des résultats.

L'Institut des Sciences humaines (ISH) est un candidat logique pour participer à ces enquêtes sur l'emploi de l'énergie dans les villages. S'il le fait dans aucun autre contexte, l'ISH pourrait entreprendre une telle enquête dans le cadre de l'une des matières à étudier au titre du Programme de recherche et de formation en sciences sociales que vient de financer l'US-AID. Les travaux sur le terrain qui relèvent de ce programme doivent avoir lieu, de toute façon, dans le Nord. Si la question n'est pas encore entièrement réglée, il conviendrait d'envisager de faire exécuter des enquêtes sur l'énergie par une ou plusieurs équipes de recherche travaillant pour le programme. Comme l'ISH est un homologue de l'IRTISS, il devrait être possible d'instituer une collaboration étroite entre les deux organismes.

Si l'ISH ou l'Université de Yaoundé n'ont ni le personnel ni les ressources, on pourrait alors envisager un contrat avec une université américaine. On pourrait utiliser des diplômés américains, sous la direction de professeurs de leur université et travaillant en tandem avec des étudiants ou des chercheurs camerounais. Ils

devraient relever de l'ISH ou de l'Université, mais la plus grande partie de leurs fonds seraient fournis par l'US-AID.

L'ERU devrait participer de près aux travaux de recherches sur le terrain, de façon que les résultats puissent servir à orienter l'Unité dans ses travaux de mise au point de prototypes. En fait, il serait souhaitable que le personnel de l'ERU participe de temps à autre aux enquêtes afin d'être mieux à même de comprendre quels sont véritablement les problèmes d'énergie qui se posent au niveau des villages. Ceci nous ramène à l'idée de placer la R/D dans l'optique de l'utilisateur.

#### Recommandations

1. Que l'US-AID cherche à inclure les enquêtes sur l'énergie au niveau des villages dans la zone septentrionale du Cameroun parmi les questions à étudier dans le cadre du programme de recherche et de formation en matière de sciences sociales.
2. Que, en outre, l'US-AID envisage de fournir des crédits modestes à l'université afin de permettre à des étudiants d'effectuer de telles enquêtes dans le cadre de leurs thèses.
3. Si ces deux possibilités ne sont pas réalisables, que l'US-AID envisage de passer un contrat avec une université américaine pour faire réaliser rapidement une série d'enquêtes sur l'énergie au niveau des villages.

#### Formation

A l'encontre des pays du Sahel, comme le Mali, le Niger et le Sénégal, où les recherches sur l'énergie solaire se poursuivent depuis un certain nombre d'années et où un certain nombre de ressortissants ont étudié l'énergie solaire, le Cameroun ne fait que commencer dans cette voie. Il semble qu'il n'y ait que deux camerounais qui se soient spécialisés dans des questions relevant de l'énergie renouvelable à l'Université du Cameroun. L'un d'entre eux est Augustin Simo, qui a reçu un D.E.A.

à Perpignan après une année d'études de perfectionnement sur l'énergie solaire dans cette ville et qui est actuellement employé par l'Unité de recherche sur les énergies. Il doit consacrer une autre année à une thèse pour obtenir un doctorat du 3ème cycle. Il ne peut préparer cette thèse au Cameroun car le seul professeur capable de diriger ses travaux, le Professeur Morabin, devait quitter définitivement le Cameroun à la fin juillet. Le deuxième étudiant qui se soit occupé d'énergie renouvelable est M. Fotso, qui vient de terminer sa cinquième et dernière année à l'Ecole polytechnique. M. Fotso a consacré sa thèse à un biodigesteur; il devait la soutenir le 2 juillet.

Avec le départ du Professeur Morabin et du conseiller de Fotso, il semble qu'il n'y ait que quelques professeurs de l'Ecole polytechnique (et aucun à la Faculté des Sciences) qui s'intéressent à l'énergie renouvelable et aient l'intention de travailler avec des étudiants à des projets dans ce domaine. Il convient de noter que l'Université ne semble donner aucun cours portant sur des questions d'énergie renouvelable. C'est l'Ecole polytechnique qui, dans le cadre de certains projets, a fourni un enseignement dans ce domaine. Les professeurs qui souhaitent entreprendre des projets sont les suivants :

1. Charles Minka et Nzumbe-Mesape Ntoko. En octobre prochain, ils vont diriger deux étudiants de génie mécanique et électrique de 5ème année qui s'occupent (a) d'un projet de séchage solaire, et (b) d'un projet de chauffage solaire de l'eau. Cependant, les heures qu'ils doivent consacrer à l'enseignement ne semblent pas devoir laisser beaucoup de temps à Minka et Ntoko pour s'occuper des questions d'énergie solaire.

2. Gérard Capolino est responsable d'un groupe de recherche sur l'électrotechnique et l'électronique de puissance (GREEP) qui espère pouvoir effectuer des

expériences sur la conversion du courant produit par des cellules photovoltaïques de continu en alternatif. Cependant, ils ont besoin de se procurer des panneaux photovoltaïques pour leurs expériences. Ce groupe réunirait trois étudiants camerounais et deux autres professeurs français.

3. Alain Lefèvre, un professeur qui vient d'arriver, veut lui aussi travailler à un projet de chauffage solaire de l'eau.

Il semble important que Simo puisse terminer aussitôt que possible ses études. Un professeur de Perpignan est prêt à diriger sa thèse. Simo voudrait se rendre dans cette ville le plus tôt possible mais se demande aussi s'il n'y aurait pas quelque chose de mieux aux Etats-Unis. Il serait sans doute préférable qu'il aille à Perpignan de façon à être prêt à entreprendre un projet. S'il y va maintenant, il devrait certainement être de retour avant le démarrage d'un projet. Cela voudrait dire qu'il serait absent quand on mettrait au point un document d'identification ou un document de projet; cependant, il est plus important qu'il obtienne pendant qu'il est encore temps une formation supplémentaire.

En ce qui concerne la formation qui s'inscrit dans le cadre d'un projet, il semblerait approprié d'envisager des programmes de formation de trois à six mois, aux Etats-Unis ou en Afrique, pour deux des quatre personnes que doit recruter l'ERU. Les nouveaux postes suivants sont envisagés :

a. Un spécialiste de l'électronique, qui pourrait être recruté parmi les trois étudiants de cinquième année de l'Ecole polytechnique qui vont travailler l'année prochaine avec le groupe de Capolino.

b. Une chimiste pour s'occuper des projets de bio-méthane. Ce pourrait être Fotso.

c. Un physicien spécialisé dans les applications thermales. Cette personne pourrait être recrutée parmi les étudiants de Minka à l'Ecole polytechnique.

d. Un autre physicien, qui soit un généraliste bon en statistiques, de préférence à un ingénieur. Il pourrait être recruté à la Faculté des Sciences.

Les deux premières personnes pourraient utilement recevoir un complément de formation à l'étranger. G. Saunier, consultant en matière d'énergie auprès de la Commission économique pour l'Afrique, a suggéré certaines possibilités après sa visite de 1977 (voir Appendice E). On peut trouver dans le National Solar Energy Education Directory publié en janvier 1979 (4) par le Solar Research Institute (SERI) de Golden, dans le Colorado, toute une série d'établissements post-secondaires des Etats-Unis qui offrent des cours liés à l'énergie solaire. L'Appendice F du présent rapport contient également une brève liste d'établissements d'enseignement et de formation des Etats-Unis qui correspondent aux diverses technologies de l'énergie renouvelable.

#### Recommandations

Au lieu de préciser dès maintenant le programme et le lieu de formation, il serait plus prudent d'attendre la mise au point d'un projet, s'il doit y en avoir un, et de laisser l'équipe de conception du projet désigner les options de formation à la lumière de la teneur du programme. William Mackie, du bureau des programmes internationaux du SERI, a indiqué que ce dernier serait disposé à choisir des programmes de formation appropriés pour des camerounais aux Etats-Unis.

#### Construction et essai de prototypes

Nous avons déjà dit qu'il serait souhaitable de renforcer l'Unité de recherche sur les énergies. Le recrutement d'un personnel supplémentaire et le perfectionnement du personnel existant font partie de ce processus. La responsabilité des mesures de l'intensité solaire à Yaoundé, de surveillance de la collecte de statistiques

nationales, et de leur analyse donnera à l'ERU une dimension nouvelle. L'Unité a également besoin d'organiser une bibliothèque de référence sur les questions d'énergie renouvelable. En effet, l'ERU ne dispose guère aujourd'hui de documents sur ce sujet. Elle n'est abonnée qu'à deux journaux scientifiques : l'un est Solar Energy, de la Société internationale de l'énergie solaire, et l'autre est le Bulletin signalétique 730- Combustibles énergie, publié par le Conseil national de la recherche scientifique (CNRS) de France. Des exemplaires de certains articles en anglais et en français ont été envoyés à l'Unité (on en trouvera la liste à l'Appendice H), mais il faut un crédit permettant de réunir de façon systématique des ouvrages, documents et articles de référence.

Dotée d'un personnel bien formé, munie de l'autorité voulue, armée d'ouvrages de référence, informée des enquêtes énergétiques, auxquelles elle participerait, l'Unité de recherche en énergies serait prête à prendre part à la construction et aux essais de divers prototypes. Ce faisant, les membres du personnel pourraient suivre le processus d'adaptation des techniques de l'énergie renouvelable aux conditions camerounaises. Des expériences se poursuivront également à l'Ecole polytechnique, comme ce fut le cas du bio-méthanier et comme ce sera le cas de diverses applications solaires l'année prochaine. Cependant, l'Ecole polytechnique est un établissement d'enseignement, et les travaux qu'elle réalise ont pour but de faire mieux comprendre les disciplines aux étudiants. On ne peut lui demander de se préoccuper avant tout des utilisateurs des techniques d'énergie renouvelable. C'est un rôle qui doit être dévolu à l'ERU. L'Unité est une organisation de recherche, mais dont la mission peut consister à mettre les applications de l'énergie renouvelable à la portée des populations rurales du Cameroun.

S'il est rationnel que des étudiants et des professeurs de l'Ecole polytechnique construisent des appareils solaires à partir de zéro, en se fondant par exemple sur leurs notions théoriques de l'effet de thermosyphon, il n'en va pas de même de l'ERU. Le rôle de l'Unité doit être clair : prendre les techniques où qu'elles soient - les séchoirs solaires de poisson du Sénégal ou les bio-méthaniers de la Chine - et les adapter aux conditions locales. Point n'est besoin de réinventer quoi que ce soit. Comme l'élément économique est si important, il faut étudier dans tous ses détails la construction d'appareils fiables qui utilisent autant que possible des matériaux d'origine locale.

La dotation de l'ERU en appareils pour construire et essayer des prototypes devrait être modeste (5). Nous croyons savoir que l'Unité a déjà accès à l'atelier de l'Ecole polytechnique à condition de fournir des propres matériaux sacrificiables. Si cet arrangement peut marcher, il devrait être prorogé d'au moins trois à quatre ans, ou jusqu'à ce qu'on ressente mieux le besoin d'un programme plus ambitieux.

En fait, ce serait une bonne idée que de fournir à l'Ecole polytechnique un modeste matériel pour encourager l'enseignement des questions intéressant l'énergie renouvelable par le truchement de projets réalisés par les étudiants. Les professeurs qui souhaitent entreprendre des projets ont actuellement des difficultés à se procurer des machines et du matériel. Il conviendrait sans aucun doute de les encourager à se faire aider par des étudiants. On pourrait éventuellement susciter un intérêt suffisant pour qu'on puisse inscrire ces matières au programme d'études.

A court et à moyen termes, une solution possible consisterait donc à ajouter du matériel à l'atelier de l'ENSP, étant bien entendu qu'il devrait servir à la fois aux professeurs et aux étudiants de l'ENSP et au personnel de l'Unité de recherche en énergies qui s'occupe de la mise au point de prototypes.

Recommandations à l'intention d'une équipe de conception d'un projet :

1. Examiner le matériel dont est doté actuellement l'atelier de l'Ecole polytechnique et voir dans quelle mesure il serait souhaitable d'y ajouter des appareils qui serviraient à la fois à l'ENSP et à l'Unité de recherche en énergies. Le droit d'accès au matériel devrait être nettement défini.

2. Si la première recommandation peut être mise en oeuvre, déterminer les matériaux sacrificiables qui seraient nécessaires pour que l'ERU puisse construire les prototypes qu'envisage son programme.

Assistance technique des Etats-Unis

A l'occasion de notre dernière rencontre avec le Directeur général adjoint de l'ONAREST, ce dernier a demandé que l'US-AID envisage de détacher un spécialiste en matière d'énergie renouvelable qui travaillerait avec le personnel de l'ERU. Il est très difficile de trouver des spécialistes de ce domaine qui parlent aussi français et veulent faire un séjour en Afrique. Etant donné que l'énergie non conventionnelle est en train de prendre de plus en plus d'importance aux Etats-Unis, il est facile de comprendre que les physiciens et ingénieurs de talent hésitent à quitter leur pays pour un séjour à l'étranger qui peut durer jusqu'à deux ans. Il semble donc plus réaliste d'envisager l'affectation de deux ou trois spécialistes qui apporteraient leur collaboration et leurs conseils à l'ERU pendant de brèves périodes, au lieu d'affecter un spécialiste pendant deux ans, ce qui est la norme. En fait, il serait souhaitable que ces spécialistes reviennent périodiquement au Cameroun pour évaluer les progrès accomplis et formuler des recommandations nouvelles. Leur premier séjour pourrait durer de quatre à six semaines, ce qui représente un temps suffisamment long pour se familiariser avec la situation, mettre sur pied un plan de travail avec les collègues de l'ERU, et formuler des recommandations concernant la commande de

matériel et de fournitures. Deux ou trois autres visites, à intervalles de six à neuf mois, seraient la solution idéale. Dans chaque cas, deux ou trois semaines de séjour pourraient suffire.

Le choix des spécialistes devrait être laissé à une équipe de conception de projet et devrait se faire à la lumière de la teneur et de l'orientation du programme.

Des volontaires du Corps de la Paix pourraient aider à la mise au point du fourneau à bois; en fait, on les a déjà encouragés à le faire, comme on l'explique plus loin. Si l'on pouvait faire venir au Cameroun, pendant une semaine ou deux, un spécialiste du bois à brûler et du charbon de bois, comme Ed Karch, un volontaire du Corps de la Paix au Sénégal, il pourrait donner d'excellents conseils et des indications pratiques au personnel de l'ERU, aux volontaires du Corps de la Paix et aux autres personnes qui souhaitent s'occuper des fourneaux à bois et du charbon de bois.

#### ESSAIS PRATIQUES DES TECHNIQUES D'ENERGIE RENOUVELABLE

Cette phase du programme devrait être le point d'aboutissement logique de tous les travaux antérieurs. Elle suppose au préalable que les autres mesures ont été couronnées de succès. Nous examinons ci-après les diverses techniques dont on pourrait envisager l'inclusion dans un programme. La liste est loin d'être complète. Les possibilités qui n'ont pas été retenues, en raison du manque d'information, sont les micro-projets de houille blanche dans le Cameroun occidental, notamment sur les hauts plateaux de la Province du Nord-Ouest, et la production de gasool à partir de la canne à sucre (il existe déjà deux centres de production de canne à sucre et un troisième est prévu dans le Nord). Une équipe de conception de projet pourrait vouloir examiner ces omissions, et d'autres encore, au moment voulu.

### Fourneaux à bois

On ne connaît pas les dimensions du problème du bois dans le Nord. Il est probable que la situation est analogue à celle qui existe dans la plus grande partie du Sahel. Le rapport sur l'énergie du CILSS/Club du Sahel (6) a souligné combien il est urgent de combattre l'épuisement du bois à brûler. Au lieu d'essayer d'imposer des fourneaux solaires, dont on n'a pas encore mis au point de modèle facilement acceptable, de nombreux experts estiment qu'il serait préférable d'encourager la production de fourneaux à bois efficaces. L'adoption de ces fourneaux réduirait d'environ de moitié, peut-être davantage, la consommation de bois à brûler, laissant ainsi plus de temps aux efforts de reboisement.

Dans l'immédiat, il faut mettre au point des modèles de fourneaux à bois qui puissent être entièrement fabriqués avec des matériaux locaux, tels que des briquettes de boue et du métal de rebut travaillé par les forgerons locaux. Les travaux peuvent et doivent commencer sans délai. Il conviendrait de construire plusieurs modèles dans le Nord, et de les mettre à l'essai pour voir leur efficacité de combustion et leur compatibilité avec les coutumes de cuisine locale. Un certain nombre de groupes et de personnes pourraient s'attaquer au problème en même temps en des lieux différents. Ce qui est important, c'est qu'ils puissent être en mesure de comparer souvent leurs observations et se tenir au courant des innovations apportées dans les pays du Sahel et ailleurs. L'ERU serait logiquement l'organisme chargé de coordonner ces travaux et devrait faire partie d'un réseau composé du Centre des recherches sur les énergies renouvelables de Dakar, du Laboratoire de l'énergie solaire de Bamako, etc.

Dans l'espoir de faire démarrer quelque chose, j'ai envoyé des jeux de documents concernant les fourneaux à bois à l'ERU, aux trois volontaires du Corps de la Paix

qui travaillent au développement communautaire (Miriam Bergman à Yaoundé, Deborah Coates à Garoua et Kate Farnsworth à Maroua), ainsi qu'à Rick Embry, de la Fondation pour le développement communautaire, qui travaille à un projet-pilote de développement communautaire à Doukoula-Karhay, au sud-est de Maroua.

Le Centre technique de Maroua est d'une aide précise sur le plan local. Vieux de trois ans, le centre fut construit par l'Eglise baptiste du Cameroun et fonctionne avec l'aide de son homologue d'Allemagne de l'Ouest. Il est en train de créer des outils et du matériel utilisant les techniques appropriées, par exemple un tour à pédale et une charrette à âne fabriquées avec des matériaux locaux et dont l'essieu et les appuis sont remplaçables. Le Centre s'occupe également d'améliorer les fours à pain, qui gaspillent la chaleur. Le Directeur du Centre nous a dit que, s'il existait de bons modèles, il serait disposé à travailler à la construction de fourneaux à bois.

Une nouvelle source de modèles est une publication du Appropriate Technology Project of Volunteers for Asia. Ayant pour titre Lorena Owner-Built Stoves : A Construction Manual for Highly Efficient Low-Cost Stoves that Can Save at least Half the Firewood Normally Used in Cooking, ce petit livre de 80 pages contient un certain nombre de dessins et de photographies pratiques. Il se fonde sur la réussite des fourneaux d'argile au sable au Guatemala en 1976-77. J'ai envoyé des exemplaires de ce livre à l'ERU, à Rick Embry et à Kate Farnsworth. D'autres sources de modèles de fourneaux sont le Village Technology Handbook, qui est bien connu, et un rapport établi en 1961 pour la FAO, par H. Singer, ayant pour titre Improvement of Fuelwood Cooking Stoves and Economy in Fuelwood Consumption. Je me suis enquis, jusqu'ici sans succès, pour savoir si cet ouvrage était disponible.

Le bureau du Corps de la Paix de Bamako a fait des expériences avec divers modèles de fourneaux à bois et un groupe de quatre volontaires affectés au projet d'énergie renouvelable de l'AID au Mali va bientôt s'occuper du même problème. On les a encouragé, ainsi que les volontaires affectés au Cameroun dont il a été question plus haut, à correspondre et à comparer leurs notes.

Le CENEEMA, qui est le centre technologique approprié de l'IRTISS, a élaboré un fourneau en métal qui utilise le charbon et le bois, en s'inspirant d'un modèle conçu à Bamenda durant les années soixante. Ce dernier modèle a joui d'une certaine popularité parmi les fonctionnaires de la Province du Nord-Ouest; cependant, il est fabriqué en béton et en métal, coûte cher (de 75.000 à 95.000 CFA)\* et ne se prête évidemment pas à une large diffusion. Il est intéressant de noter que la Société nationale d'Investissement (SNI), entreprise d'Etat qui prend des participations dans des entreprises nouvelles, est à la recherche d'un modèle de fourneau à charbon de bois qui soit à portée de bourse du grand public. Elle a commandé une étude de la question à la CITACO, un bureau d'étude italien.

Recommandations à l'intention d'une équipe de conception de projet :

1. Faire le point des travaux de conception et d'essai de fourneaux à bois dans les pays du Sahel au moment de la conception; voir quels progrès ont pu être réalisés par les volontaires du Corps de la Paix, Rick Embry, SNI et d'autres groupements du Cameroun; vérifier dans quelle mesure l'ERU a réussi à obtenir des informations sur l'état de la question.

2. Voir quel soutien nouveau de l'AID pourrait accélérer la mise au point de modèles efficaces et acceptables et/ou encourager leur adoption sur une grande

---

\* 215 CFA = \$ 1.

échelle. A ce dernier propos, il serait nécessaire de voir quelle(s) organisation(s) s'intéressant au développement rural pourraient se charger de la vulgarisation.

### Energie éolienne

La Météorologie nationale prend des mesures du vent dans 39 stations météo dispersées dans tout le pays. Huit de ces stations sont dans la Province du Nord : Maroua-Salak (où se trouve l'aéroport de Maroua), Kaélé, Garoua, Poli, Banyo, Tibati, Mjiganga et Ngaoundéré. Seules les deux premières se trouvent dans les quatre Départements les plus septentrionaux.

Des anémomètres placés à la surface du terrain sont lus toutes les trois heures par le personnel de la station météo; on calcule chaque mois la vitesse moyenne du vent. A priori, les emplacements de l'extrême nord devraient avoir les moyennes les plus fortes. En 1978, les moyennes enregistrées à Maroua-Salak ont été les suivantes :

Tableau 2. Moyenne mensuelle des vitesses du vent en surface à Maroua-Salak, 1978 (en mètres/seconde)

Janvier	3,1	Juillet	2,1
Février	3,0	Août	1,5
Mars	3,1	Septembre	1,7
Avril	2,8	Octobre	1,7
Mai	2,6	Novembre	3,0
Juin	2,4	Décembre	3,4

Source : Météorologie nationale, Douala.

Bien qu'il serait plus utile d'avoir une série chronologique plus longue, d'avoir les mesures du vent à au moins dix mètres de hauteur et de connaître la distribution de fréquence des vitesses des vents, les chiffres ci-dessus montrent qu'il n'y a pas assez de vent à Maroua pour actionner des systèmes éoliens. En règle générale, on a besoin de vitesses moyennes de 4,5 mètres à la seconde (10 milles).

Cette conclusion préliminaire n'élimine pas la possibilité d'employer l'énergie éolienne dans le Cameroun septentrional; elle estime néanmoins qu'elle n'a guère de chances de réussir. Le chef du garage du Génie rural, à Maroua, nous a informé qu'il existe un "corridor éolien" dans la région et qu'on y avait jadis employé deux moulins à vent. Ces moulins restent debout mais ne fonctionnent pas. L'un d'entre eux, à Moulfoudai, tourne mais semble avoir été débranché de sa pompe à eau. L'autre, à Pette, serait complètement hors service.

Il est peu probable que ce corridor éolien soit suffisamment venteux pour faire fonctionner des systèmes éoliens. Il est possible d'y mesurer les vitesses - on devrait probablement le faire - mais des mesures qui coûteraient cher ne seraient pas justifiées. Le garage du Génie rural manifeste un certain intérêt à son égard. Si on achetait un anémomètre et un appareil d'enregistrement, le chef de garage (Gérard Pellegrini) pourrait être disposé à les installer et à surveiller la collecte des données au nom de l'ERU.

On ne connaît pas la vitesse du vent dans les montagnes du Mandara. Bien qu'elle puisse être sensiblement plus grande sur les hauteurs que dans la plaine du nord, il semble néanmoins improbable qu'il soit possible de maîtriser l'énergie éolienne pour pomper de l'eau, qui représente le besoin fondamental de la population; en effet, des sources d'eau souterraines dans les montagnes elles-mêmes sont inaccessibles. Une équipe de conception de projet pourrait cependant vouloir examiner cette possibilité afin de trouver un moyen d'employer une source d'énergie renouvelable dans les Montagnes du Mandara.

Recommandations à l'intention d'une équipe de conception de projet :

1. Si des dispositions n'ont pas encore été prises, envisager d'installer un appareil de mesure des vents dans le "corridor éolien" sous l'égide de l'ERU et avec l'aide du garage du Génie rural de Maroua.

2. Envisager la possibilité que (a) il y ait plus de vent dans les Montagnes du Mandara que dans la plaine du Nord et que (b) il puisse y avoir des applications viables de l'énergie éolienne en fonction des besoins de la population locale.

#### Cellules photovoltaïques (cellules solaires)

A l'heure actuelle, l'obstacle qui entrave une plus grande utilisation des cellules photovoltaïques est leur coût, plutôt que leur fiabilité, bien que ce dernier élément continue à poser certaines questions. Les applications terrestres sont encore relativement nouvelles - et elles le sont encore plus dans les pays en développement - si bien qu'il faudra attendre un certain temps pour qu'on sache comment les cellules se comportent à longue échéance. A ce jour, tout semble montrer que la fiabilité est à tout le moins satisfaisante; elle est probablement bien meilleure que cela. C'est ce que pensent des spécialistes du Lewis Research Centre de la NASA à Cleveland, où d'importants travaux ont été réalisés au sujet de l'emploi des cellules photovoltaïques (7). En Afrique, des panneaux photovoltaïques ont été installés au Mali, au Sénégal et en Haute Volta au cours des deux dernières années. Au début, il s'est posé quelques petits problèmes de résine et de lamination des panneaux au Sénégal et au Mali, respectivement, mais ils ont été résolus. Il reste à voir comment se comporteront d'ici 10 à 15 ans les panneaux qui servent actuellement à pomper l'eau (et à moudre les grains en Haute Volta). On ne sait pas si les rigueurs du climat africain auront de l'effet.

La question du coût est importante. Les systèmes de cellules photovoltaïques coûtent cher au début, mais deviennent relativement bon marché par la suite. Cependant, l'énergie photovoltaïque présente de tels avantages que, dans de nombreuses régions rurales des pays en développement, elle pourrait bientôt se révéler

préférable aux autres options. Ces avantages, que précise le rapport de la NASA Lewis, sont "la modularité (qui la rend susceptible d'être ajusté à échelle); aucun élément mobile; un entretien modique; et une possibilité de longue vie utile" (8). Les options sont en général des pompes à pédale, à main, diesel ou à essence. S'il s'agit de les employer pour l'irrigation au lieu de les utiliser pour la consommation humaine ou animale, les options possibles sont en général des pompes diesel ou à essence.

Les pompes à main et à pédale sont beaucoup moins chères qu'une pompe à cellules photovoltaïques. Les pompes Vergnet à pédale et Briau à main que le FSAR est en train d'installer dans les quatre Départements les plus septentrionaux du Cameroun coûtent, respectivement, 200.000 CFA (\$ 930) et 300.000 CFA (\$ 1.395). Les panneaux photovoltaïques d'une pompe solaire peuvent coûter jusqu'à dix fois plus cher. Mais les pompes à main et à pédale ont des éléments mobiles qui sont constamment soumis à diverses tensions et n'ont donc pas une très longue vie utile. Au Mali, le programme Aqua Viva du Père Verspieren installe des pompes à main ou à pédale et des pompes solaires. L'expérience lui a enseigné que les premières tombent en panne à peu près une fois par mois et à tout le moins tous les deux mois (9). Le coût des réparations, s'il faut faire venir un technicien qualifié, peut être extrêmement élevé (10). Par contre, les pompes Guinard à cellules photovoltaïques qui sont installées au Mali et au Sénégal n'ont eu à ma connaissance aucune panne.

Le coût des cellules photovoltaïques est en train de baisser. Il n'est pas besoin de répéter ici les projections bien connues d'une réduction des prix. A titre d'indication générale, on pense que le coût d'un watt de pointe (11) tombera d'environ \$ 10-12, à l'usine 1979 à environ 60-70 cents, en dollars constants, en 1986. Ces coûts sont ceux des modules proprement dit de cellules photovoltaïques.

Il s'y ajoute un certain nombre d'autres coûts si l'on veut installer un système complet. Ces autres coûts, appelés coûts du reste du système (CRS), sont ceux d'éléments tels que les pièces électriques, les montures et les supports, de l'installation et de l'emmagasinage de l'électricité ou de l'eau. La NASA Lewis estime que les réductions de ces CRS ne seront pas faciles à obtenir mais que ces coûts tomberont probablement en 1986 au tiers de leur niveau de 1978 (12). D'autres pensent que si l'on veut utiliser les cellules photovoltaïques en Afrique, plus qu'ailleurs, il faut - et on peut - réduire sensiblement les CRS (13).

Entre-temps, les coûts d'exploitation des ensembles au diesel et à l'essence augmentent avec la hausse des prix du pétrole. A la pompe de Maroua, en juin 1979, le diesel coûtait \$ 1,68 le gallon (92,2 CFA/litre) et l'essence ordinaire \$ 1,87 le gallon (106 CFA/litre). Ces prix vont probablement augmenter, bien que le Cameroun produise désormais du pétrole. Dans l'hypothèse d'un prix de \$ 2 le gallon de diesel (et dans l'hypothèse d'autres coûts qui ne sont pas précisés ici), la NASA Lewis projette que, en 1981, un système photovoltaïque consommant moins de 17.000 kWh par an coûtera moins cher, durant sa vie utile, qu'une solution diesel. En reprenant une fois encore les hypothèses NASA Lewis, cela veut dire que les pompes photovoltaïques à tension nominale de moins de 10,6 kW (pointe) devraient bientôt devenir compétitives. Les pompes installées jusqu'ici en Afrique ont été de l'ordre de 1 kW (pointe).

Qu'est-ce que cela veut dire pour la région Nord du Cameroun et pour un programme d'énergie solaire qui y serait éventuellement installé? En premier lieu, en raison des coûts élevés actuels - panneaux de cellules photovoltaïques, autres coûts d'installation en Afrique et à la suite du caractère nouveau de la technologie - les pompes photovoltaïques que prévoient actuellement la France, le FED

et les Nations Unies ne soutiendront certainement pas la comparaison avec les autres options. Cependant, si l'ERU peut surveiller leur performance, elles fourniront de précieuses indications sur l'exploitation dans les conditions locales.

Etant donné qu'il devrait y avoir trois pompes photovoltaïques en exploitation dans le Nord, il serait prudent d'attendre trois ou quatre ans avant d'en installer de nouvelles. Il est plus important que les premières installations soient étudiées de près d'un point de vue à la fois économique, social et technique. En même temps, on pourrait envisager la possibilité d'inclure dans la deuxième phase du projet du FSAR un élément solaire; cette phase doit commencer dans deux ans. On éviterait ainsi de donner trop de responsabilités à l'ERU, tout en laissant du temps pour intégrer soigneusement toute entreprise de pompage solaire dans les structures qui fonctionnent dans le Nord. Un conseiller technique français au Ministère de l'Agriculture de Yaoundé (M. Audebert) a été mentionné comme le responsable de la mise au point des éléments qui doivent entrer dans la seconde phase du projet du FSAR.

Une autre raison d'attendre pour s'occuper de l'alimentation des villages en eau est le fait qu'en Afrique les coûts CRS sont beaucoup plus élevés qu'ils ne devraient l'être. Chaque fois que possible, il convient d'employer la main-d'oeuvre (forgeons et menuisiers) et les matériaux (par exemple, pour les haies) locaux au lieu de biens et services importés. Il est presque certain que les trois premières pompes photovoltaïques n'y parviendront pas. Cependant, en trois ou quatre ans, quand le coût des panneaux photovoltaïques aura sensiblement diminué, on pourra alors sérieusement envisager de réduire les autres coûts CRS. L'ERU pourrait attacher de

l'importance à cette tâche, qu'elle pourrait réaliser en étudiant la première génération de pompes en collaboration avec le Génie rural et d'autres services de développement rural. S'il y a des crédits, on pourrait construire et essayer des prototypes de certaines structures de support, sans les panneaux, le moteur et la pompe. On pourrait apprendre à des techniciens à brancher et à installer les pompes. Une partie du personnel à former pourrait être choisi parmi les employés actuels du FSAR.

On a suggéré que le FSAR II pourrait comporter un important élément d'irrigation. En un sens, c'est là le domaine le plus prometteur des applications photovoltaïques. Les pompes photovoltaïques offrent des avantages certains pour l'irrigation de petites parcelles où la nappe phréatique est proche de la surface et pour l'irrigation en goutte à goutte lorsque la pression exigée est modeste. En effet, la modularité des photovoltaïques leur donne une grande souplesse. Nous parlons ici d'éléments de taille assez réduite. L'étude que Smith a faite de la micro-irrigation porte sur des unités de 200-400  $W_p$ , capables d'irriguer un hectare avec une hauteur de chute de 4,5 mètres (14). Une note de la NASA Lewis sur les marchés des pompes photovoltaïques estime qu'il ne faudrait que 200  $W_p$  pour soulever suffisamment d'eau sur 6 mètres pour irriguer un acre (0,4 ha) par la méthode du goutte à goutte.

L'irrigation par goutte à goutte n'est peut-être pas encore pratiquée dans la zone nord du Cameroun, mais on trouve des régions, près des lits de cours d'eau, dans la plaine, où la nappe phréatique est proche de la surface. Le lit du Mayo Tsanaga, qui passe juste au sud de Maroua, est un bon exemple. On cultive actuellement sur ses rives des légumes et notamment des oignons. Quelques agriculteurs emploient le chadouf traditionnel pour puiser l'eau manuellement. D'autres se servent de pompes actionnées à l'essence. Quelques autres ont utilisé collectivement des pompes diesel. L'inconvénient du chadouf est qu'il ne peut irriguer qu'une toute petite surface.

Les pompes Honda et Bernard dont on se sert actuellement posent des problèmes : elles exigent des soins constants (par exemple, leurs conduites d'essence se bouchent), il y a en général des retards dans la livraison des pièces détachées qui viennent du Nigéria et le prix de l'essence est en hausse.

Le marché des légumes semble être bon. On produit deux récoltes par an dans la saison morte, aussitôt après les pluies. Selon un fonctionnaire du FSAR, la production d'oignons a atteint 300-400 tonnes métriques. Ce fonctionnaire estime que les agriculteurs cultivant un hectare peuvent obtenir 300-400.000 CFA (\$ 1.395-1.860) avec deux récoltes. Une grande partie de la production d'oignons est expédiée vers le Sud. D'autres légumes sont vendus localement, et les services publics voudraient encourager la production. Le responsable du centre IRAF à Maroua estime qu'avec 25 à 30 km de terrains plats le long du Tsanaga, la production de légumes pourrait être réalisable en un certain nombre d'emplacements.

A partir d'octobre, le FSAR consentira aux agriculteurs des prêts à échéance de quatre ans et à 10 % d'intérêt pour leur permettre de creuser un puits peu profond et d'acheter une pompe actionnée à l'essence; ces prêts vont de 150 à 360.000 CFA (\$ 700 - \$ 1.675). C'est là une étape préliminaire à de plus grands travaux d'irrigation dans le cadre du FSAR II.

Les producteurs d'oignons de Meskin ont fait la preuve de leur esprit d'initiative et de leur dynamisme. Quelques-uns sont prospères. La mise en place de trois ou quatre pompes de faible volume et de faible hauteur de chute actionnées par de petits panneaux photovoltaïques pourrait être une innovation extrêmement excitante. Les agriculteurs qui les emploient devraient probablement rembourser leurs prêts dans les mêmes conditions (et pour un montant comparable) que les prêts servant à acheter à crédit des pompes actionnées à l'essence. En théorie, les agriculteurs

choisis pour utiliser les pompes photovoltaïques seraient ceux qui ont employé jusqu'alors le chadouf, même s'ils ne sont pas en mesure de respecter les conditions de crédit. D'un autre côté, il y aura un certain intérêt à pouvoir comparer les résultats obtenus avec les pompes solaires et avec les pompes actionnées à l'essence, quand la plupart des autres conditions (par exemple, les compétences et l'ardeur au travail de l'agriculteur) sont les mêmes. Le FSAR pourrait être chargé d'administrer le programme dans le cadre des prêts pour l'achat des pompes actionnées à l'essence, étant entendu que l'ERU et l'Institut des sciences humaines auraient régulièrement accès aux champs pour observer et mesurer la performance. En fait, des chercheurs de ces deux établissements pourraient être affectés au centre local de l'IRAF et travailler sous l'égide de ce dernier.

On pourrait envisager aussi une autre application des cellules photovoltaïques à l'agriculture; il s'agit d'une application plus modeste, mais intéressante. On a mis au point en effet des pulvérisateurs d'insecticides et d'herbicides à faible volume qui utilisent des piles de lampes de poche; on s'en sert par exemple dans les champs de coton et de riz. Les piles ordinaires coûtent cher dans les pays africains et sont rapidement épuisées par les opérations de pulvérisation. On pourrait employer de petits panneaux photovoltaïques si l'on dotait les pulvérisateurs de piles au nickel-cadmium; on rechargerait ces piles durant les temps morts ou on utiliserait un système portatif. M. Ray Wijewardene, de l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA) d'Ibadan, a écrit un article sur la réussite qui a couronné un essai de pulvérisateur portatif à cellules photovoltaïques à l'IITA (15). Le centre de l'IRAF à Maroua pourrait vouloir utiliser expérimentalement quelques-uns de ces pulvérisateurs dans le contexte de ses programmes visant à faire augmenter la production de produits textiles et alimentaires. Owen Gwathmey, qui est affecté au Centre de

Maroua dans le cadre du programme de la SAFGRAD, connaît M. Wijewardene et s'est entretenu avec lui du pulvérisateur photovoltaïque.

Le dernier emploi des cellules photovoltaïques à proposer est dans le domaine de la santé publique. Sacha Lainovic, étudiant d'ingénierie de Lyon, a proposé, après s'en être entretenu avec le Ministère de la santé publique, d'employer dans les dispensaires des campagnes des ensembles de réfrigération fonctionnant sur cellules photovoltaïques. Il a fait ressortir que la plupart des dispensaires ruraux du Nord n'avaient pas de vaccins. Ils manquent aussi, presque certainement, de produits pharmaceutiques. Il y aurait un certain risque à fournir des vaccins et produits médicaux réfrigérés à un personnel médical en poste dans des endroits éloignés qui n'a pas appris à s'en servir proprement. Il serait donc indispensable de bien choisir les emplacements et de lier un élément de réfrigération solaire à des dispositions permettant d'assurer la formation du personnel et de prendre des sauvegardes suffisantes.

L'une des contraintes qui gênent l'emploi des cellules photovoltaïques pour la réfrigération est le problème du courant continu. Cependant, les appareils de réfrigération maritime emploient du courant continu. Un fabricant de réfrigérateurs pour la marine a mis au point, spécialement à l'intention du village de Schuchuli, dans le sud-ouest de l'Arizona, un ensemble d'électricité photovoltaïque (16). L'expérience ainsi acquise pourrait être utile pour décider s'il est pratique, sur le double plan technique et économique, d'envisager des appareils de réfrigération photovoltaïques dans les dispensaires ruraux.

Recommandations à l'intention d'une équipe de conception de projet :

1. Vérifier dans quelle mesure l'ERU a réussi à surveiller la performance des pompes photovoltaïques qui doivent être installées dans le Nord. S'il le faut,

suggérer les moyens permettant à l'ERU de participer plus efficacement aux essais de ces pompes.

2. Examiner la possibilité de fournir trois ou quatre pompes photovoltaïques de faible hauteur de chute et de faible volume aux producteurs de légumes et d'oignons de Meskin ou à un emplacement analogue voisin. S'il le faut, voir si le FSAR pourrait administrer l'élément prêt du programme tout en permettant à l'ERU d'effectuer des mesures et des essais. Avant d'aller au Cameroun, il serait bon de se renseigner auprès de fournisseurs tels que Jenson Pump Co., au Kansas, et Shurflo, en Californie, pour savoir s'il existe des pompes à courant continu susceptibles d'être utilisées dans ces conditions.

3. Chercher dans d'autres régions du Nord d'autres projets d'irrigation par goutte à goutte et par pompes à faible hauteur de chute où il serait possible d'employer des pompes photovoltaïques.

4. Examiner la possibilité de fournir au centre de l'IRAF à Maroua, à des fins d'expérience, quelques pulvérisateurs à très faible volume actionnés par cellules photovoltaïques.

5. Examiner s'il serait souhaitable d'installer à une date ultérieure une ou deux pompes photovoltaïques de village afin de les comparer avec les pompes manuelles ou à pédale qui doivent être fournies au titre du FSAR II. Il convient de prendre un premier contact avec M. Audebert, au Ministère de l'agriculture. S'il l'on juge bon d'aller de l'avant, il faudrait s'efforcer de réduire les coûts CRS en utilisant chaque fois que possible la main-d'oeuvre et les matériaux locaux. Des crédits pourraient être ouverts à l'ERU pour lui permettre de commencer à travailler immédiatement avec les organismes provinciaux afin de mettre sur pied des structures de support peu coûteuses.

6. Envisager la possibilité de fournir à un certain nombre de dispensaires ruraux de la région Nord des appareils de réfrigération à cellules photovoltaïques. Magna Kold, Inc., 1970 Monrovia Ave., Costa Mesa, Ca. 92627, est l'une des sources possibles de renseignements techniques et de prix.

### Pyrolyse

La pyrolyse est la méthode par laquelle les déchets de l'agriculture et des forêts peuvent être transformés en combustibles à forte énergie : charbon de bois, pétrole et gaz. Tze Chiang et John Tatom, de la Engineering Experiment Station de Georgia Tech, et d'autres spécialistes, viennent de réaliser au Ghana pour l'AID une étude de faisabilité de la conversion pyrolytique. Les résultats ont été publiés en juillet 1976 (17). Tatom et Chiang ont effectué par la suite une étude analogue, mais plus détaillée, en Indonésie (18).

La production de charbon de bois est, en fait, une conversion pyrolytique. Telle qu'on la pratique traditionnellement dans de nombreux pays africains, c'est une méthode qui utilise le traitement par lot et qui ne permet pas la récupération des huiles et des gaz. Une méthode en continu, comme la recommande l'étude du Ghana, permet de récupérer ces combustibles mais, comme l'étude le fait ressortir, présente le risque de panne par suite du manque de pièces détachés; elle exige aussi le traitement préalable de la charge. Le système recommandé pour le Ghana est simple et résistant, mais il exige environ \$ 26.000 de dépenses d'équipement et entraîne jusqu'à \$ 43.000 par an de frais d'exploitation avec deux ou trois équipes de 11 ouvriers chacune. Cependant, la rentabilité devrait être élevée. L'usine devrait être installée près d'une source constante de déchets : copeaux de scieries ou balles de riz dans une rizerie, par exemple. Une exploitation à deux équipes exige de quatre à huit tonnes de déchets par jour, selon leur teneur en humidité.

Peut-être existe-t-il entre le Ghana et le Cameroun quelques différences qui rendent ce dernier pays moins susceptible de recevoir une telle installation. En premier lieu, on estime qu'au Ghana la production et la consommation de charbon de bois sont élevées. Des services ghanéens ont situé en effet la demande annuelle du pays entre 250 et 300.000 tonnes en 1975; c'est ce qu'indique l'étude de la Georgia Tech. Presque tout le charbon de bois du Ghana est produit dans des fours de terre. Une petite production utilise des fours plus perfectionnés (19). Le Ghana importe aussi du charbon - 24.000 tonnes métriques en 1975 - pour alimenter les chaudières d'usines, de trains et de bacs.

Au Cameroun, par contre, nous n'avons pu obtenir de données au sujet de la production et de la consommation de charbon de bois. Ni le Service des forêts ni le Fonds des forêts et des pêches n'avaient la moindre information à nous communiquer. Notre contact à la SNI, qui s'intéresse au charbon de bois, déclare qu'on ne sait rien. Quand on leur pose des questions, les camerounais répondent que la production de charbon de bois est dispersée et artisanale, et qu'il n'y a pas de production organisée. Il n'y a pas de doute qu'il faudra procéder à de nouvelles enquêtes; on pourra ainsi savoir s'il existe une consommation significative; cependant, on n'en a pas trouvé d'indication. Nous ne possédons pas non plus d'indication concernant les importations de charbon. Quelles qu'elles soient, elles sont comprises dans une rubrique générale des statistiques d'importations publiées.

Pour pouvoir servir à la cuisson et au chauffage, le charbon en poudre obtenu par la méthode en continu doit être transformé en briquettes. Sinon, il ne se prête qu'aux utilisations industrielles, tout comme le pétrole. Le gaz qui est produit est généralement employé sur place; en effet, l'entreposage et le transport posent de graves problèmes. Si un programme possible des énergies renouvelables du

Cameroun se donne pour but des applications relevant du développement rural, le genre d'installation de pyrolyse qui est recommandé pour le Ghana ne serait probablement pas le bon.

Ce qui pourrait être mieux approprié est l'amélioration de la production de charbon de bois pour les usages domestiques dans la région nord du pays, où les ressources forestières sont loin d'être aussi abondantes que dans le sud. Le Cameroun possède en fait quelque 20 millions d'hectares de forêts, ce qui représente l'une des plus grandes réserves du monde. Une toute petite partie de ces forêts est exploitée commercialement; on trouve néanmoins dans le pays une soixantaine de scieries, dont la plus importante produit jusqu'à 88.000 mètres cubes de sciages par an (20). Une petite production de charbon de bois utilisant les émondages et la sciure pourrait fort bien valoir la peine qu'on l'entreprene. Ed Karch, un volontaire du Corps de la Paix qui travaille dans une scierie du sud du Sénégal sous les auspices du PNUD/FAO, fait depuis deux ans des expériences avec une cornue jamaïcaine et d'autres méthodes de production améliorée de charbon de bois. Il s'est également servi de matériaux locaux comme liant des briquettes de charbon de bois. S'il était disponible, il serait tout-à-fait qualifié pour évaluer la possibilité d'inclure dans un projet éventuel un élément de pyrolyse.

Recommandations à l'intention d'une équipe de conception de projet :

1. Obtenir des informations sur les lieux de production de charbon de bois, les méthodes de fabrication et la quantité produite et consommée afin d'évaluer s'il est souhaitable de prévoir un élément de pyrolyse. La SNI (M. Ngassa Batonga) est une source possible d'informations. Voir si la SNI continue à s'intéresser à la production de charbon de bois.

2. Examiner l'utilisation qu'on fait actuellement de la sciure et des produits d'émondage des scieries et de la balle de la rizerie de la SEMRY à Yagoua de façon à chiffrer le volume de ces déchets.

3. Examiner comment on pourrait organiser et soutenir une entreprise visant à transformer les déchets forestiers et agricoles en charbon de bois pour usage domestique.

### Bio-méthane

La production de méthane par fermentation anaérobie du fumier, des déchets de cuisine et des produits de fauche est l'une des formes d'activités relevant de l'énergie renouvelable dont le Cameroun est actuellement en train de faire l'essai. Le Professeur Morabin, de la Faculté des sciences de l'Université de Yaoundé, préconise l'emploi du bio-méthane dans la région sud du Cameroun; on pourrait ainsi fournir de l'énergie aux habitations dispersées tout en produisant un engrais plus hygiénique et en interrompant le cycle de la bilharziose.

En avril 1978, Jean-Gérard Galvez, professeur à l'Ecole polytechnique et un étudiant du nom de Fotso ont construit un petit méthanier de 800 litres servant à faire fermenter du fumier de vache, de cochon et de poulet en même temps que des produits de fauche, fournis par l'école d'agriculture de Nkolbisson. La production de gaz prenait quatre jours et le cycle était terminé en 40 jours. L'appareil a coûté 30.000 CFA (\$ 140) à construire. Galvez a calculé qu'il pourrait produire 550 litres de gaz par jour s'il était rempli jusqu'au bord chaque jour avec 11,5 kilos de fumier et 10 litres d'eau (21). Le méthanier a fonctionné continuellement pendant un an, puis a été endommagé au cours d'une opération de nettoyage. Un autre méthanier plus grand (3 mètres cubes) était construit et prêt à démarrer à la fin juin 1979. Malheureusement, Galvez et Fotso allaient tous deux quitter l'ENSP en juillet et personne ne savait qui allait s'occuper du nouvel appareil.

Des expériences plus nombreuses ont lieu à Douala et aux environs sous la direction de Rainer Wesenberg, un conseiller détaché par l'Allemagne de l'Ouest au CENEEMA (22). Il a dirigé la construction de sept méthaniers de modèles différents et espère savoir vers la fin de l'année quel est celui qui est le plus prometteur. A ce jour, les installations sont les suivantes :

1. Bamenda : 12 m<sup>3</sup>, vieux d'environ deux ans.
2. Village à 40 km de Douala; modèle employant trois tambours de 200 litres reliés les uns aux autres. Un quatrième tambour, inversé, sert de cloche qui recueille le gaz. Les matières en fermentation sont brassées périodiquement avec un arbre qui traverse tout le méthanier. L'appareil a été chargé au début avec 600 litres de matière première; un mois après, on a ajouté ensuite 20 litres par jour. Production : 1 m<sup>3</sup> de gaz par jour. Wesenberg estime que ce modèle est, jusqu'ici, le plus prometteur.
3. Douala : dans une maison particulière, 9 m<sup>3</sup>, de forme rectangulaire, employé en Allemagne à la fin de la deuxième guerre mondiale. Comporte trois compartiments et un arbre à brasser les matières. Emploie un tambour métallique inversé à l'intérieur d'un autre qui est réservé comme cloche. Dans le tambour du bas, un produit anti-rouille est ajouté à l'eau. Les matières premières sont de la sciure de bois vieille d'un an qui a servi de litière à des élevages de poulets. Coût: environ 300.000 CFA (\$ 1.395).
4. Douala : chez Wesenberg, à Bonaberi. Ce modèle est lui aussi rectangulaire. Il produit beaucoup de gaz provenant de déchets ménagers et de l'effluent d'une latrine adjacente. Des échappements de gaz ont posé des problèmes.
5. Douala : installation circulaire de 12 m<sup>3</sup> près d'un poulailler particulier. Fonctionne depuis environ deux mois. Coût : environ 300.000 CFA, dont la

moitié a servi à acheter une cloche de  $6\text{m}^3$  forgée dans un atelier du voisinage sous la direction d'un volontaire hollandais. A moins qu'on ne remue la cloche plusieurs fois par jour, elle adhère à la boue et ne descend pas, abaissant ainsi la pression du gaz. A l'observation, une partie de la maçonnerie était rompue, parce que le trou autour de la conduite d'amenée n'avait pas été rempli de terre, comme l'avait suggéré Wesenberg et s'était érodée sous l'action du ruissellement d'eau de pluie.

6. Douala :  $6\text{ m}^3$ , construit entièrement au-dessus du sol, avec un bouchon près du fond pour faciliter le nettoyage.

7. Douala : modèle analogue, mais plus petit. Aucun de ces deux modèles n'a été observé. Il paraît que l'un d'entre eux a été beaucoup mieux entretenu que l'autre parce que le propriétaire en a payé une partie.

Dans le cas de la plupart de ces méthaniers, l'Allemagne occidentale a pris à sa charge une partie des coûts et les camerounais qui s'en servent ont payé le reste. Wesenberg a trouvé des particuliers qui sont en général très intéressés; il croit cependant que leur intérêt, risque de se dissiper une fois disparu l'élément de nouveauté, quand ils commencent à s'apercevoir que l'entretien (et notamment le nettoyage) représente des travaux pénibles. Il a constaté dans certains milieux une attitude selon laquelle c'est une autre de ces idées folles de l'Occident qu'imposent aux Africains des professionnels de la bonté.

Il a constaté que le climat chaud et humide de Douala est idéal pour produire du biogaz. Selon lui, la littérature a mésestimé deux grands problèmes : le nettoyage des bio-méthaniers et la corrosion de la cloche métallique. Il estime que les cloches utilisées à Douala rouillent en un an et demi, au maximum, au contact du gaz et après avoir été constamment trempées dans le mélange en fermentation. L'acier galvanisé pourrait résoudre le problème mais serait trop coûteux; par ailleurs, la

peinture anti-rouille n'a pas donné de bons résultats. Wesenberg se rend également compte que les Camérounais qui peuvent se payer des bio-méthaniers n'en ont vraiment pas besoin parce qu'ils tirent assez d'argent de l'élevage des poulets et d'autres sources pour acheter du butane en bouteille.

Néanmoins, il est en train de poursuivre une série d'expériences intéressantes et précieuses. De nouveaux bio-méthaniers doivent être installés à divers emplacements le long de la route qui va vers le nord jusqu'à Bafoussam. Les différences provoquées par un changement de climat et d'autres conditions seront observées.

Une région qui, de prime abord, semblait être un candidat possible pour des bio-méthaniers simplifiés, peut-être du modèle à trois tambours mentionné ci-dessus (No 2), était celle des montagnes du Mandara. Il semble que la population de cette région utilise des bouts de bois et de la bouse sèche pour alimenter les feux de cuisine et a également pour coutume d'engraisser le bétail dans des enclos où il est maintenu pendant longtemps; il serait donc facile d'y faire la collecte du fumier. Cependant, il se pose deux problèmes, dont l'un n'est peut-être pas impossible à résoudre, mais dont l'autre ne manquera certainement pas d'être difficile. En premier lieu, la plupart des familles du Mandara ne gardent qu'un animal pour l'engraisser. La deuxième raison est que l'eau est si rare que la méthode de digestion anaérobie humide est probablement peu réalisable.

Un modèle plus simple et beaucoup moins coûteux de bio-méthanier destiné à l'usage familial a été conçu et construit en Chine; cependant, on le connaît encore assez mal. Clarence Kooi a obtenu quelques renseignements intéressants au sujet du modèle chinois. On en trouvera une brève description à l'Appendice G.

Recommandations à l'intention d'une équipe de conception de projet :

1. Voir quels résultats Rainer Wesenberg a obtenus à la suite de ses expériences et quelles recommandations il pourrait formuler pour continuer les travaux concernant le bio-méthane.

2. Envisager la possibilité de soutenir l'ERU dans ses expériences avec des bio-méthaniers peu coûteux, faciles à entretenir, et de voir quelles sont éventuellement les régions du pays qui pourraient avoir (a) suffisamment de matières premières récupérables, (b) suffisamment d'eau et (c) un intérêt économique à l'égard de la production de bio-méthane.

Séchage solaire de produits de l'agriculture et de la pêche

Le Cameroun s'intéresse un peu au séchage des produits agricoles. Simo Augustin s'est surtout occupé de la dessiccation du cacao et Charles Minka, de l'ENSP, a l'intention à l'automne prochain de travailler avec des étudiants à un collecteur solaire simple qui permettrait de sécher des produits agricoles. Minka a reçu un exemplaire du rapport technique du Brace Research Institute au sujet des sécheurs solaires (T99).

Le Cameroun pourrait se servir de techniques améliorées de dessiccation du cacao. Cependant, on peut se demander si un appareil solaire est approprié. La solution doit être simple et peu coûteuse, tout en donnant une protection contre la pluie. A l'heure actuelle, on emploie deux méthodes. L'une consiste à sécher le cacao dans un four à bois; c'est une méthode qui est rapide (12 à 18 heures) mais qui risque de donner aux fèves de cacao une saveur de fumée qui en abaisse la qualité. L'autre méthode consiste à sécher les fèves au soleil. La méthode naturelle prend une semaine, car la teneur en eau doit être réduite de 40 à 50 % après la fermentation jusqu'à seulement 18 %. Or, pour la plus grande partie de la récolte de cacao, l'opération doit avoir lieu entre septembre et décembre, quand les pluies tombent dru dans la zone de

production, qui a pour centre la province du Centre-Sud. Un appareil astucieux de séchage naturel - appelé séchoir autobus artisanal - est composé de quatre bacs à chariot transportés sur des rails de bois se dirigeant dans quatre directions à partir d'un entrepôt couvert. Les bacs se trouvent chacun à des niveaux différents, de façon que, quand la pluie tombe, le producteur de cacao peut tous les mettre sous abri. Quand le soleil réapparaît, on les fait ressortir. En général, c'est le producteur qui construit lui-même le système avec des produits locaux. Il est efficace, mais le producteur doit prendre garde aux averses soudaines, sans quoi les fèves peuvent se mouiller.

La SODECAO, constituée en 1974 par le Gouvernement pour encourager la production de cacao dans le cadre d'un projet touchant 30.000 producteurs, estime que le séchage pose un grave problème. Elle vient de faire des expériences avec des feuilles de plastique qui recouvrent les bacs sur chariot. Le directeur technique de la SODECAO a fait ressortir que, dans le cadre du programme, le producteur de cacao s'endette déjà de 21.200 CFA pour obtenir un pulvérisateur, un fendeur de fèves, un tamis et une caisse de fermentation. Il ne croit pas que le producteur puisse acheter un séchoir qui coûte plus de 10.000 CFA (\$ 46,50). Il s'agit donc de voir s'il est possible de trouver un appareil simple qui réponde de façon satisfaisante aux besoins. Heureusement, une méthode qui fait passer l'air à travers les fèves de cacao et au-dessus d'elles à une température légèrement supérieure à la température ambiante est tout ce dont on a besoin pour réduire la durée de séchage. Simo a l'intention de poursuivre ses travaux sur un sécheur de cacao; il verra s'il est plus pratique de faire utiliser un sécheur solaire par un groupe ou une coopérative de producteurs au lieu de le faire acheter par un exploitant.

On a déjà parlé de la production d'oignons près de Maroua. On produit également des oignons à Kousseri, en face de N'Djaména, de l'autre côté du fleuve, dans l'extrême nord. On estime souhaitable d'améliorer la préservation des oignons car, vers la fin de la saison, le marché est généralement saturé et le prix du sac de 80 kg tombe d'environ 11.000 CFA à l'époque des primeurs, en décembre, à 2.500 CFA après la deuxième récolte en mars. Les oignons s'expédient par camion vers les marchés du sud. Le producteur avec lequel nous avons parlé à Meskin affirme qu'en séparant ses oignons et en les séchant soigneusement au soleil, il n'a aucun déchet; cependant, ses confrères ont des problèmes. La préservation des oignons est donc une application possible du séchage solaire, mais elle a besoin elle aussi d'une méthode simple et peu coûteuse.

Ce qui est plus coûteux et plus compliqué, c'est qu'il faut porter la température à 60 degrés C afin de tuer les larves d'insectes qui infestent d'ordinaire le poisson quand on le fait sécher au soleil. On estime que les pertes provoquées par les insectes sont en général très élevées. L'Institut de Physique Météorologique (qui va bientôt devenir le CERER), au Sénégal, est en train de construire un prototype de sécheur de poisson, avec un collecteur solaire de 20 m<sup>2</sup> de surface, capable de sécher 20 kilos de poisson par jour. Il coûtera encore très cher (environ \$ 4.650) mais si le IPM réussit à le faire bien fonctionner pendant ces prochains mois et peut en réduire le prix de revient, le Cameroun pourrait envisager la possibilité d'adapter le modèle pour sécher les prises obtenues sur le Logone. Il serait souhaitable que l'ERU se mette en contact direct avec l'IPM pour suivre la situation.

Recommandations à l'intention d'une équipe de conception de projet :

1. Déterminer les progrès réalisés par l'adaptation des techniques de séchage solaire à l'ERU et à l'ENSP. Apprendre, si possible avant le départ pour le Cameroun, comment ont évolué les techniques de séchage solaire du poisson au Sénégal.

2. Envisager la possibilité de fournir un certain soutien à l'ERU et/ou à l'ENSP pour la fabrication et l'essai de sécheurs simples de cacao, d'oignon et d'autres produits agricoles, dans un environnement réaliste.

3. Décider si le séchage solaire du poisson a réalisé suffisamment de progrès pour qu'on donne un appui à cet élément d'un programme d'énergie renouvelable, visant à préserver le poisson dans l'extrême-Nord.

## REFERENCES

1. Les centres administratifs du Nord seront électrifiés. Une ligne de haute tension de 90 KV sera établie entre Garoua et Maroua. Le barrage de 72 MW en cours de construction à Lagdo, près de Garoua, doit commencer à fournir de l'électricité en 1981. Entre-temps, la centrale thermique de Garoua verra sa capacité augmentée de 10 MW; elle produit actuellement 13,7 MW. Les gros villages situés le long des lignes à haute tension recevront de l'électricité, mais on ne pense pas que le niveau d'électrification rurale du Nord dépasse 5 % en l'an 2000.
2. Lacaze, G., articles cités dans la bibliographie, Appendice A, page 48.
3. Morabin, A., "Projet d'étude", voir bibliographie.
4. On peut se le procurer au U.S. Government Printing Office, Stock number 061-000-00210-3. \$ 4,75.
5. L'Unité est censée avoir un budget de 4,5 millions CFA (\$ 21.000) pour son matériel, mais les loyers sont également à imputer à cette somme. On nous a dit que l'EF vient de passer une commande de 1,5 million CFA (\$ 7.000) de matériel pour mesurer le débit de collecteurs à panneaux plats. L'Agence internationale de l'énergie atomique a fourni à l'Unité certains appareils pour analyser les substances radioactives.
6. CIISS/Club du Sahel, L'énergie et la stratégie de développement du Sahel : situation, perspectives, recommandations. Octobre 1978.
7. Rosenblum, L. et coll., rapports cités dans la bibliographie.
8. Rosenblum, L. et coll., "Photovoltaic Power Systems", p. 2.
9. Entretien avec un expert du PNUD au Mali, publié dans Afrique Agriculture; février 1979, p. 35.
10. "En 10 ans, une pompe à main coûtera environ \$ 35.000 de réparations, d'entretien et de remplacement (tous les deux ou trois ans)". The White Fathers of Africa, Washington, D.C., "Missionaries of Africa Report", janvier/février 1979.

11. Un panneau solaire qui produira un watt une fois illuminé à 1.000 W/m<sup>2</sup> à 28 degrés C a une tension nominale de 1 watt (pointe).
12. Rosenblum, L. et coll., op. cit. p. 14.
13. CRED "Working Papers", cité dans la bibliographie. Une nouvelle révision englobera un article sur les coûts CRS, par Clarence Kooi.
14. Smith, D. et Allison, rapport cité dans la bibliographie.
15. Wijewardene, R., article cité dans la bibliographie.
16. Rosenblum, L., op. cit. p. 8.
17. Chiang, T. et coll., étude citée dans la bibliographie.
18. Tatom, John W. et coll. Pyrolytic Conversion of Agricultural and Forestry Waste to Alternate Energy Sources in Indonesia : A Feasibility Study. Atlanta, Engineering Experiment Station, Georgia Institute of Technology, février 1977.
19. Le Forest Products Research Institute de l'University of Science and Technology de Kumasi, au Ghana, semble être une bien meilleure source d'information au sujet de la production de charbon de bois au Ghana que tout ce que nous avons trouvé au Cameroun.
20. Afrique Agriculture, juin 1979, p. 13.
21. Galvez, J-G, "Production de Bio-Gaz", voir bibliographie.
22. Wesenberg n'a pas le téléphone. On peut le voir en personne en allant chez lui à Bonaberi. Se rendre au Centre équestre, près de la rue principale, tourner à gauche immédiatement après, dans une petite rue, puis tourner à droite. La maison est la troisième à droite.

APPENDICE A

BIBLIOGRAPHIE

Arnold, J.E.M. et Jongma, Jules. "Fuelwood and Charcoal in Developing Countries", dans UNASYLVA, vol. 29, No 118, pp. 2-9.

Center for Research on Economic Development. Working Papers for a Renewable Energy Project in Senegal. Ann Arbor, mars 1979.

Chiang, Tze I. et coll. Pyrolytic Conversion of Agricultural and Forestry Wastes in Ghana - A Feasibility Study. Préparé pour l'AID. Atlanta, Engineering Experiment Station, Georgia Institute of Technology, juillet 1976.

Evans, Ianto. Lorena Owner-Built Stoves. Stanford CA, Volunteers in Asia, 1979.

Galvez, Jean-Gérard. Production de bio-gaz et d'engrais par fermentation des déchets agricoles et animaux : Réflexions sur les possibilités d'implantation de cette technologie en République Unie du Cameroun. Yaoundé, ENSP, juin 1978.

\_\_\_\_\_. Déboisement et désertification : alternatives énergétiques à la coupe du bois de chauffe. Yaoundé, ENSP, janvier 1979.

Lacaze, Guy. "Les durées d'insolation 'normales' au Cameroun" et "Etude sur l'énergie solaire à Yaoundé : I - La durée d'insolation", dans Annales de la Faculté des Sciences de Yaoundé, 1977, No 23-24, pp. 3-36.

\_\_\_\_\_. "Variations géographiques et saisonnières du 'gisement' solaire au Cameroun : I - Evaluation par la durée d'insolation" et "L'insolation dans la région de Yaoundé : II - Premières mesures de rayonnement global : Comparaison et corrélation avec la durée d'insolation". A paraître dans les Annales de la Faculté des Sciences de Yaoundé, No 25.

Melende Abate et Simo Augustin. Rapport d'activité de l'Unité de recherche sur les énergies, année 1977-1978. Yaoundé, ONAREST/IRTISS, septembre 1978.

Morabin, Armand. Projet d'étude des éventuelles contributions que peuvent apporter au développement de la République Unie du Cameroun les énergies solaire, éolienne et bio-méthanique. Yaoundé Université de Yaoundé (Faculté des Sciences), décembre 1977.

Rosenblum, Louis et coll. Photovoltaic Water Pumping Applications : Assessment of the Near-Term Market. NASA Technical Memorandum 78847, mars 1978.

\_\_\_\_\_. Photovoltaic Power Systems for Rural Areas of Developing Countries. NASA Technical Memorandum 79097 (révisé), février 1979.

Smith, Douglas V et Allison, Stephen V. Micro Irrigation with Photovoltaics. MIT Energy Laboratory Report - MIT-EL-78-006, avril 1978.

Wijewardene, Ray. "Solar Energy Powers Light Crop Sprayer", dans Appropriate Technology, Vol. 4, No 4, février 1978, p. 9.

APPENDICE B

ABBREVIATIONS

- CENEEMA Centre national d'études et d'expérimentation du machinisme agricole, relevant de ONAREST/IRTISS, B.P. 1040, Yaoundé, Tél. 22-32-50.
- CRESS Centre de recherches sur le sol et le sous-sol, relevant de ONAREST/IRTISS, B.P. 333, Garoua.
- ENSP Ecole nationale supérieure polytechnique. Fait partie de l'Université de Yaoundé, B.P. 728, Yaoundé.
- ERU Unité de recherche sur les énergies, relève de ONAREST/IRTISS/CRESS. B.P. 4110, Yaoundé.
- FSAR Fonds spécial d'action rural, B.P. 201, Maroua.
- GREEP Groupe de recherche en électrotechnique et électronique de puissance. A l'Ecole polytechnique.
- IRAF Institut de recherches agricoles et forestières. L'un des cinq Instituts de l'ONAREST. A Ekona, près de Buea. Le Centre pour les cultures textiles et alimentaires de l'Institut se trouve à Maroua.
- IRTISS Institut de recherches sur les techniques, l'industrie et le sous-sol. L'un des cinq Instituts de l'ONAREST. B.P. 4110, Yaoundé. Tél. 22-00-08.
- ISH Institut des sciences humaines. L'un des cinq Instituts de l'ONAREST. B.P. 193, Yaoundé.
- ONAREST Office national de la recherche scientifique et technique. B.P. 1457, Yaoundé. Tél. 22-44-92.
- SODECAO Société de développement du cacao.
- SNI Société nationale d'investissement du Cameroun. B.P. 423, Yaoundé. Tél. 22-44-22.

SONEL Société nationale d'électricité du Cameroun. B.P. 4077, Douala.

SOFRETES Société française d'études thermiques et d'énergie solaire, Montargis,  
France.

APPENDICE C

Liste des fonctionnaires et autres personnalités rencontrés, 7-21 juin 1979

ONAREST

Dr. F. A. Gandji, Directeur général

M. Nelle, Directeur général adjoint

IRTISS

Soba Djallo, Directeur de l'IRTISS

Ebenezer Epié, Chef de Centre, CRESS

Melende Abate, Coordinateur des recherches énergétiques, ERU

Simo Augustin, Attaché de recherche/chercheur, ERU

M. Henke, Section des constructions, CENEEMA

Emmanuel Mofor, Section des constructions, CENEEMA

Institut des sciences humaines

Samuel Ndoumbe-Manga, Directeur

Université de Yaoundé

Faculté des Sciences

Armand Morabin, Professeur

Guy Lacaze, Laboratoire de météorologie

Ecole nationale supérieure polytechnique

Charles Minka (Ph. D., Université de Pennsylvanie)

Gérard Capolino, responsable, GREEP

Jean-Gérard Galvez, adjoint

Alain Lefevre, Directeur technique, projet chauffe-eau solaire

Ministère des mines et de l'énergie

Samuel Mbakop, sous-directeur de l'énergie

SODECAO

Daniel Assoumou Mba, Directeur technique

Société nationale d'investissement

Ngassa Batonga Louis-B., Département des études

Programme des Nations Unies pour le développement

M. Coppens

Fondation pour le développement communautaire

Alan Miller, Directeur

Météorologie nationale

E. Bibiang, Chef de station météo principale de Yaoundé

DOUALA

Rainer Wesenberg, Attaché au CENEEMA. B.P. 9172.

Martin Pokan, Ingénieur d'application de la météorologie

GAROUA

Théophile Mba Mpongo, Chef de service hydrogéologique, Ministère des mines et de l'énergie

Medjo Salomon-Félix, Chef de service provincial du Génie rural du Nord

Deborah Coates, Volontaire du Corps de la Paix, Service du Génie rural

M. Gourlemond, Délégué provincial de l'agriculture

M. Mohamadou, Délégation régionale du Nord, SONEL

Mme. Bourgeat, US-AID, Directrice du projet de multiplication des semences

MAROUA

Chau Minh Thien, Chef de division des opérations, FSAR

Pius Massok, Ingénieur agronome, FSAR (élevage, production d'oignons)

Joseph Bindzi-Tsala, Ingénieur agronome/pédologue, Chef du Centre des cultures textiles et alimentaires, IRAF

Gérard Pellegrini, garage du Génie rural

M. Bouecke, Chef du Centre technique de Maroua

Richard Carron, US-AID, projet d'élevage

Kate Farnsworth, Volontaire du Corps de la Paix, Délégation départementale de l'agriculture

Bud Lane, US-AID, IRAF

Bouba, Producteur d'oignons, Meskin

Rick Embry, Fondation de développement communautaire, B.P. 216

Owen Gwathmey, Programme SAFGRAD, IRAF.

APPENDICE D

MESURES SOLAIRES

Mesures de la durée d'insolation

Moyennes mensuelles, 1961-1970  
(heures par mois)

	Batouri	Garoua	Koundja	Ngaoundéré	Maroua	Yaoundé
JANVIER	161,1	285,5	260,9	285,5	288,5	179,1
FEVRIER	177,4	276,0	241,5	258,2	274,2	180,6
MARS	174,4	273,5	215,5	225,3	263,1	165,0
AVRIL	184,1	240,2	197,1	169,3	223,5	168,7
MAI	205,7	255,4	209,5	180,6	238,7	172,0
JUIN	145,5	210,0	177,8	148,2	207,1	126,5
JUILLET	104,3	191,4	118,8	118,2	185,7	103,7
AOUT	83,0	172,9	117,8	102,7	164,8	81,8
SEPTEMBRE	113,8	193,6	129,5	124,5	194,5	101,7
OCTOBRE	141,0	267,7	183,7	166,6	255,9	129,6
NOVEMBRE	184,4	287,4	138,3	260,0	282,8	177,0
DECEMBRE	176,6	301,1	270,9	296,9	303,3	188,8

Source : Direction de la météorologie nationale, Douala.

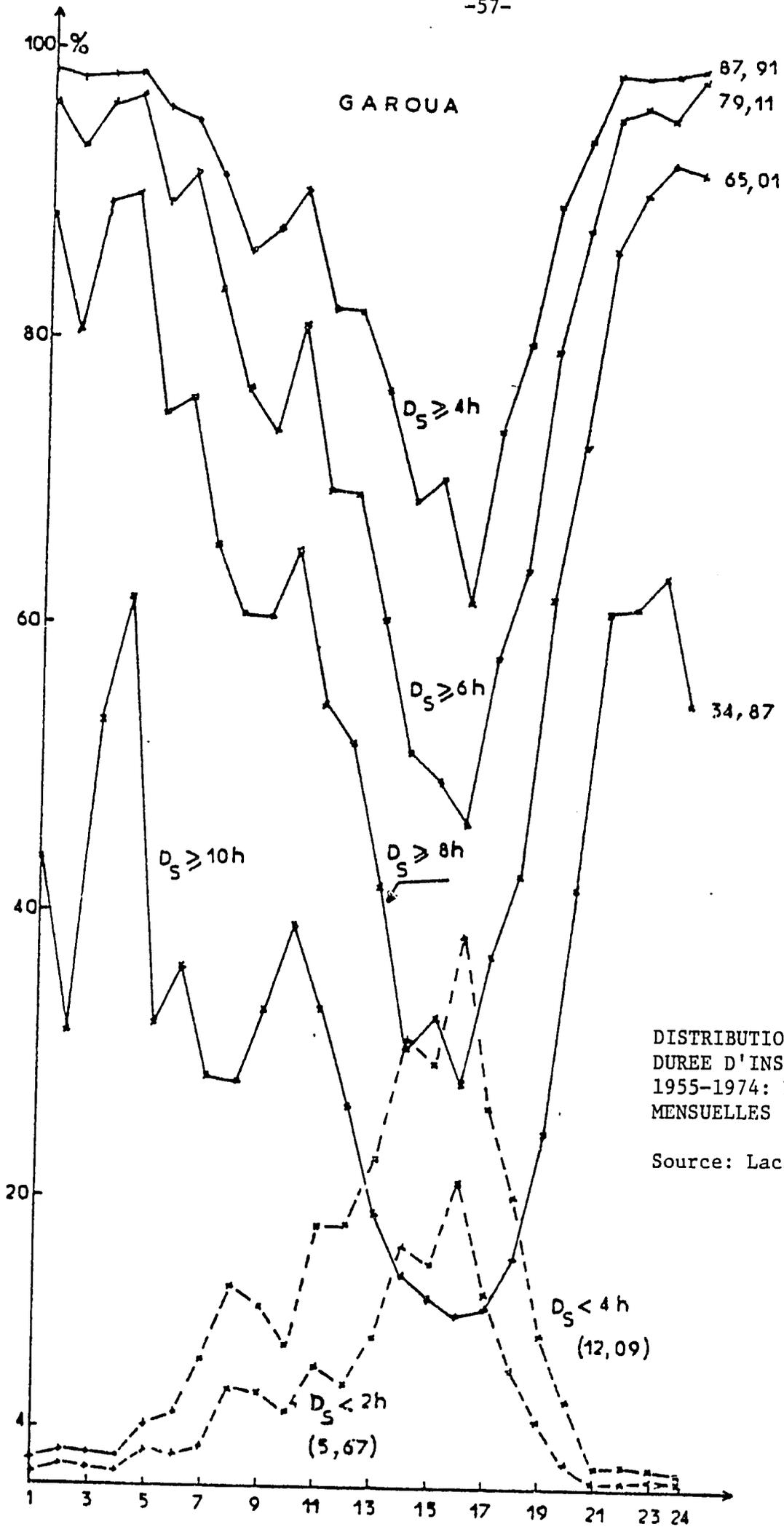
Les données concernant Yaoundé portent sur les années 1967-1976; elles ont été fournies par la station météo principale de Yaoundé.

OBSERVATIONS DE LA DUREE D'INSOLATION A 8 STATIONS, 1955-1974 : CARACTERISTIQUES DE LA STATION, DUREE MOYENNE D'INSOLATION ET DISTRIBUTION DE FREQUENCE

Stations	latitu- de N	longitu- de E	altitu- de (m)	$\bar{D}_S$ (h).	$D_S = 0$	$0 \leq D_S < 2h$	$2 \leq D_S < 4$	$4 \leq D_S < 6$	$6 \leq D_S < 8$	$8 \leq D_S < 10h$	$10h \leq$
DOUALA	4° 01'	9° 43'	13	4,4	7,95	27,23	16,38	19,39	24,30	11,55	1,15
YAOUNDE	3° 52'	11° 32'	760	4,6	2,38	17,66	23,02	25,93	22,70	10,00	0,69
BATOURI	4° 25'	14° 24'	665	5,2	4,78	17,42	18,13	20,65	20,70	18,17	4,93
YOKO	5° 33'	10° 22'	1031	6,3	1,40	10,58	14,15	17,41	20,96	25,01	11,89
NKOUNDJA	5° 37'	10° 45'	1217	6,5	0,67	9,42	13,81	16,41	18,54	30,43	11,49
NGAOUNDERE	7° 17'	13° 19'	1119	6,6	1,55	9,33	14,47	17,67	18,05	22,04	18,44
GAROUA	9° 29'	13° 25'	249	8,1	1,35	5,67	6,42	8,80	14,10	30,14	34,87
MAROUA	10° 28'	14° 16'	404	8,0	1,02	5,65	6,43	9,68	15,49	28,86	33,95

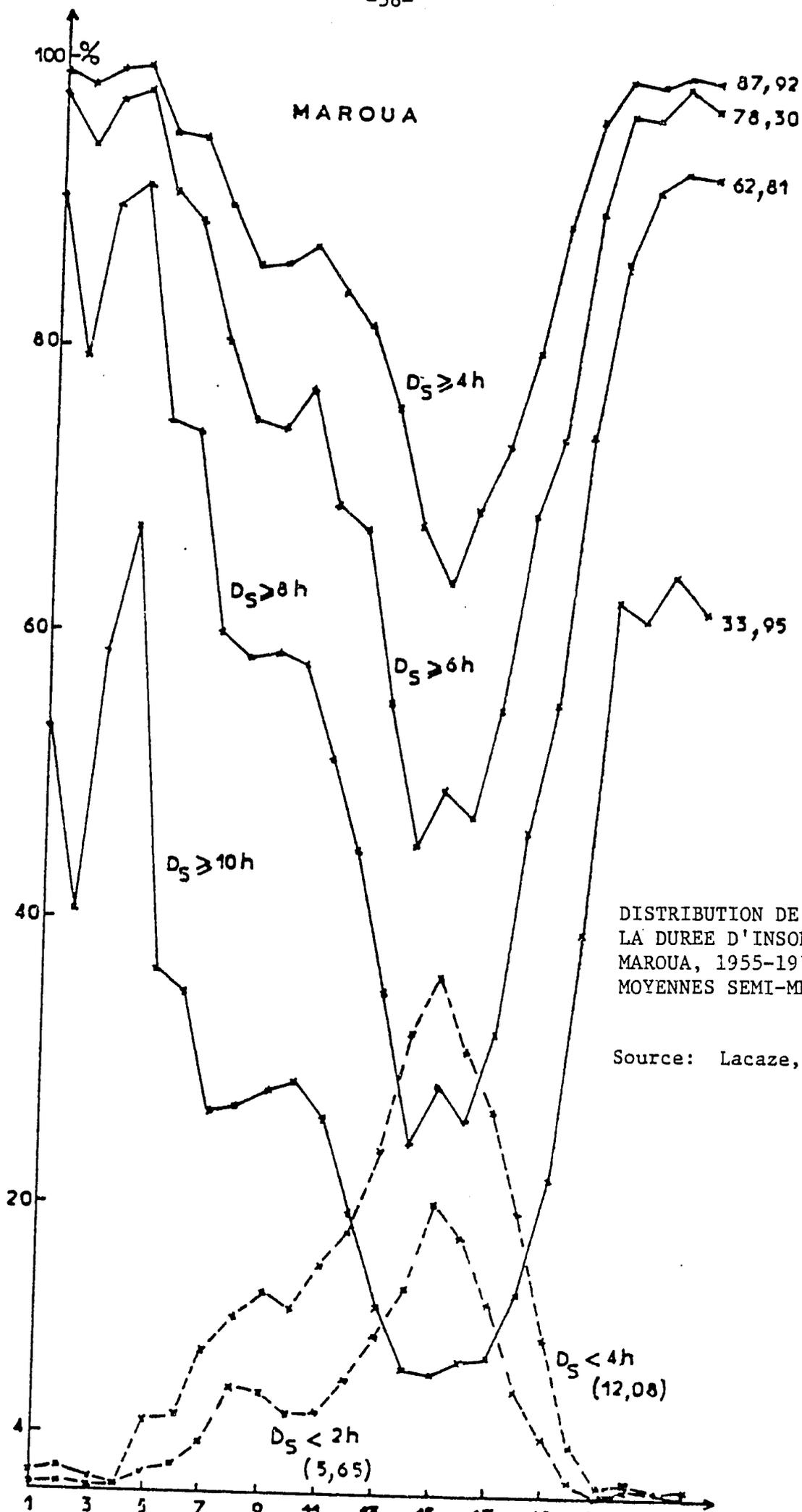
LEGENDE:  $D_S$  = Heures quotidiennes d'insolation en surface.  
 $\bar{D}_S$  = Heures moyennes quotidiennes en surface.

SOURCE: Lacaze, G. "Variations géographiques et saisonnières du 'gisement' solaire au Cameroun".



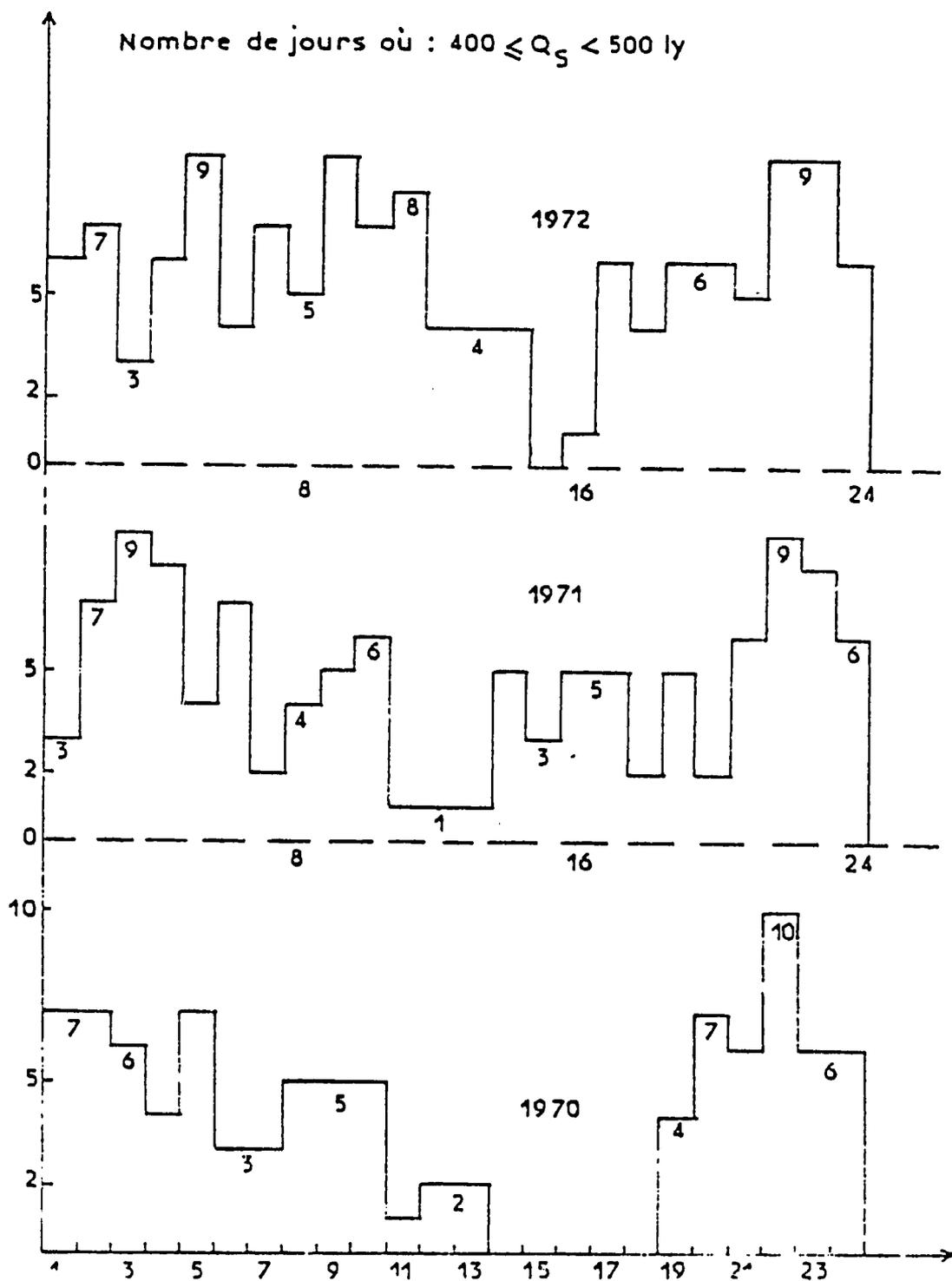
DISTRIBUTION DE FREQUENCE DE LA DUREE D'INSOLATION A GAROUA, 1955-1974: MOYENNES SEMI-MENSUELLES

Source: Lacaze, G. op. cit.



DISTRIBUTION DE FREQUENCE DE LA DUREE D'INSOLATION A MAROUA, 1955-1974: MOYENNES SEMI-MENSUELLES

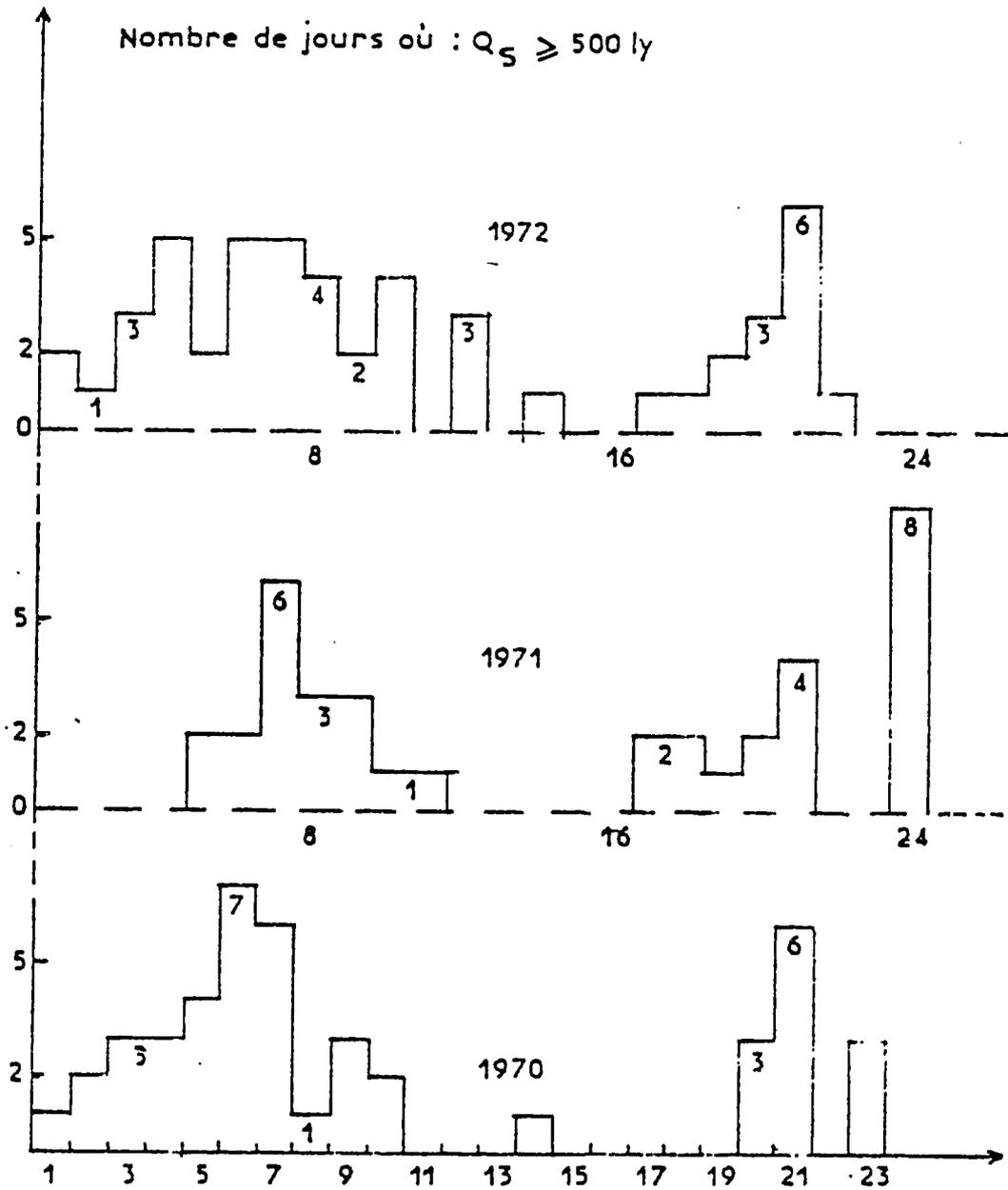
Source: Lacaze, G. op. cit.



DISTRIBUTION DE FREQUENCE DU RAYONNEMENT SOLAIRE GLOBAL A YAOUNDE, 1970-1972:  
 NOMBRE DE JOURS PAR PERIODE SEMI-MENSUELLE OU  $400 \leq Q_S < 500 \text{ cal/cm}^2$

LEGENDE:  $Q_S = \text{cal/cm}^2/\text{jour}$

SOURCE: Lacaze, G. "L'insolation dans la région de Yaoundé: II - Premières mesures de rayonnement global".



DISTRIBUTION DE FREQUENCE DU RAYONNEMENT SOLAIRE GLOBAL A YAOUNDE, 1970-1972:  
NOMBRE DE JOURS PAR PERIODE SEMI-MENSUELLE OU  $Q_s \geq 500 \text{ cal/cm}^2$

Source: Lacaze, G. op. cit.

## APPENDICE E

### RESUMES DE RAPPORTS PRECEDENTS CONCERNANT LES ENERGIES RENOUVELABLES AU CAMEROUN

#### 1. RAPPORT SAUNIER :

"Recherche et développement en matière d'énergie solaire au Cameroun", par G. Saunier, Conseiller régional en énergie solaire, Division des ressources naturelles, Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique, B.P. 3005, Addis Abéba, Ethiopie.

Saunier s'est rendu au Cameroun du 22 au 29 novembre 1977, afin d'aider le Gouvernement de ce pays à mettre sur pied un programme concret de R/D portant sur l'énergie solaire. Il a formulé les propositions suivantes :

a. Création d'un comité technique chargé de définir les objectifs énergétiques nationaux, par exemple l'énergie solaire, éolienne et la bio-masse (SEB) destinées à fournir en 1985, 15 pour cent de la consommation nationale de combustibles fossiles pour la production de chaleur.

b. Nomination d'un "délégué" aux nouvelles sources d'énergie, qui aurait pour tâche :

1. d'assister aux réunions techniques portant sur des projets de développement qui prévoient la consommation d'énergie,
2. de veiller à ce qu'on étudie l'emploi possible de l'énergie SEB dans les projets,
3. de suivre les projets de SEB et d'en mesurer la performance, et
4. d'encourager l'emploi de l'énergie SEB.

c. Soutien de l'ERU à titre d'organisme spécialisé, y compris :

1. envoi d'un ingénieur chimiste ou agronome pour un stage sur la production de bio-méthane, par exemple pour passer un an à étudier des problèmes concrets dans un centre africain tel que le Centre d'étude et d'application de l'énergie au Rwanda, suivi de deux brefs stages de 3-4 mois dans des établissements de pays développés, tels que la Georgia Tech, afin d'y connaître les progrès les plus récents et d'y rencontrer des spécialistes.

2. Envoi d'un titulaire d'une licence de physique ou d'un ingénieur électricien pour recevoir une formation en matière de cellules photovoltaïques : série de stages spéciaux dans des établissements de technologie, suivie de brefs cycles d'études de 1 à 2 mois dans des usines qui fabriquent des cellules photovoltaïques, dans des stations d'énergie solaire, au Niger (télévision solaire) et au Zaïre (télécommunications).

3. Affectation de deux techniciens étrangers (un spécialiste des cellules photovoltaïques et un spécialiste du bio-méthane) à l'ERU durant l'absence des stagiaires.

d. Exécution de plusieurs projets sous la direction de l'ERU :

1. collecte de données scientifiques et économiques.

2. Etude de factibilité concernant la production de méthanol à partir de déchets d'émondage de bois. Pyrolyse du bois dans des régions isolées pour alimenter des générateurs et des véhicules.

3. Etude et fabrication de bio-méthaniers en collaboration avec les services de chimie de l'Université, du Ministère de l'agriculture et des instituts de recherche agronomique :

a. modèle de 200 litres à titre de démonstration,

b. modèle de 10 m<sup>3</sup>,

c. modèle de 100-300 m<sup>3</sup>.

4. Evaluation des coûts et avantages des pompes solaires, par exemple de la pompe thermo-dynamique installée à Makari. Les donateurs, dont la Banque mondiale, doivent être convaincus du bien fondé de l'installation de pompes de plus de 15 kW dans le nord pour l'irrigation.

5. Evaluation de l'emploi des cellules photovoltaïques pour les télécommunications :

a. envoi d'une mission au Niger et au Zaïre;

b. projet de recharge de batteries.

6. Etude des ressources en énergie solaire et éolienne :

a. toutes les stations de météo devraient être dotées d'un anémomètre et d'un héliographe;

b. 6 ou 7 stations devraient mesurer les radiations directes et diffuses et procéder à une analyse statistique afin de fixer la corrélation qui existe entre la durée et l'intensité.

7. Constitution de dossiers techniques :

a. l'ERU doit entrer en contact avec des fabricants;

b. étudier la possibilité de fabriquer des chauffe-eau en aluminium;

c. faire l'essai des collecteurs plats qu'on trouve sur le marché local.

8. Enquêtes pour évaluer les besoins en énergie :

a. centres urbains qui ne seront pas reliés à un réseau quelconque. Identifier les besoins susceptibles d'être satisfaits avec les chauffe-eau solaires et les bio-méthaniers;

b. installer des bio-méthaniers et des distillateurs dans les dispensaires;

c. évaluer les coopératives et fermes d'État où des bio-méthaniers et des pompes solaires pourraient répondre aux besoins;

d. déterminer les produits agricoles susceptibles d'être séchés.  
Ces enquêtes pourraient être réalisées par des étudiants surveillés de près.

## 2. RAPPORT LAINOVIC

"Energie solaire et réfrigération en République Unie du Cameroun". Sacha Lainovic, élève-ingénieur au Département de Génie énergétique, l'Institut national des sciences appliquées de Lyon, octobre 1978.

Lainovic a séjourné au Cameroun du 14 juillet au 9 septembre 1978. Il a noté les installations solaires suivantes :

- la pompe de la SOFRETES à Makari;
- le chauffe-eau du Lycée français (inutilisé maintenant);
- une dizaine de chauffe-eau fabriqués un peu à l'aventure;

Il mentionne deux projets en cours :

- une pompe photovoltaïque Guinard pour Kosa;
- des signalisations photovoltaïques et des relais téléphoniques pour le chemin de fer reliant Douala à Yaoundé. 600 panneaux ont été commandés à la RTC en France.

Autres observations :

- a. Potentiel hydro-électrique : 31,6 GW  
barrage de Sanaga : 19,7 GW
- b. Barrages en construction : Lagdo

Song Loulou - 288 Mw

c. Centres du Nord ayant l'électricité 24 heures par jour : Ngaoundéré, Garoua, Maroua, Kousséri, Yagoua, Kaélé, Mokolo, Mora et Guider.

d. Réfrigération : les réfrigérateurs au pétrole ne sont pas beaucoup employés.

1. dans le Nord, le poisson est soit séché au soleil soit fumé sur feux de bois;

2. il se pose un problème de conservation des légumes, notamment des oignons et des tomates;

3. projets de production de légumes :

a. périmètre de Maroua : barrage sur le Mayo Tsanaga, irrigation de 7.000 ha dans la plaine de Maroua;

b. Logone et Chari : plusieurs parcelles irriguées, de 1.000 ha chacune;

c. SEMRY II; mise en valeur de 55.000 ha dans la région de Pouss.

4. Le Ministère de la santé publique est particulièrement intéressé à la possibilité de réfrigération solaire pour les dispensaires ruraux.

5. production locale de glace : bien connue et appréciée, mais l'eau est un produit précieux dans le Nord.

### 3. PROPOSITION DE BCEAM/BRGM/GEW

"Proposition d'implantation d'équipements solaires au nord Cameroun : étude de factibilité régionale - Définition d'opérations pilotes". Février 1979.

BCEOM - Bureau central d'études pour les équipements d'outre-mer.

BRGM - Bureau de recherches géologiques et minières

GEW - Guinard - Elf - Wonder.

Cette étude semble avoir été écrite en France d'après des informations qu'on trouvait dans ce pays. Elle propose :

- a. de dresser l'inventaire des besoins énergétiques;
- b. d'étudier l'adaptation de nouvelles techniques énergétiques afin de répondre à ces besoins; et
- c. de mettre en œuvre deux premières opérations-pilotes :
  1. Garoua : petit périmètre irrigué dans la vallée de la Benoué - 15 ha de production de légumes. 3 puits. Besoins : 60 m<sup>3</sup>/ha/jour.
  2. Nord-Est de Benoué. Alimentation en eau et en électricité de centres villageois et d'un dispensaire : 80-100 villages à étudier. Premier programme des opérations-pilotes : pompes pour 5 villages et fourniture d'eau et d'électricité à un dispensaire (Tcholliré, Sorombeo ou Mandingrinn).
- d. Deuxième partie : alimentation en eau et en électricité d'un dispensaire et d'un campement (campement du Rhinocéros dans le Parc national de Doubandjah).

APPENDICE F

LISTE D'ETABLISSEMENTS APPROPRIES D'ENSEIGNEMENT ET DE FORMATION  
AUX ETATS-UNIS

Séchage des produits agricoles

Solar Applications Laboratory  
STATE UNIVERSITY OF COLORADO  
Fort Collins, CO 80521

Charles C. Smith

Agricultural Engineering Department  
CALIFORNIA POLYTECHNIC STATE UNIVERSITY  
San Luis Obispo, CA 93407

E. J. Carnegie

Bio-digestion

OASIS 2000  
University of Wisconsin Center - Barron County  
Rice Lake, WI 54868

T. P. Abeles

Department of Civil and Environmental Engineering  
CORNELL UNIVERSITY  
Ithaca, NY 14850

R. C. Loehr

New York State College of Agriculture and  
Life Sciences  
CORNELL UNIVERSITY  
Ithaca, NY 14853

W. J. Jewell

Department of Civil Engineering  
Sanitary Engineering Research Laboratory  
Richmond Field Station  
UNIVERSITY OF CALIFORNIA  
Richmond, CA 94804

C. G. Golueke

Agricultural Engineering Department  
UNIVERSITY OF CALIFORNIA  
Davis, CA 95616

John Goss  
Dave Hill

Department of Agricultural Economics  
MICHIGAN STATE UNIVERSITY  
East Lansing, MI 48823

L. J. Connor

Department of Civil Engineering  
UNIVERSITY OF ILLINOIS  
Urbana, ILL 61801

J. T. Pfeffer

THE NEW ALCHEMY INSTITUTE - EAST  
Box 432  
Woods Hole, MASS 02543

L. John Fry

Fourneaux à bois et combustion du bois

Sanitary Engineering Department  
UNIVERSITY OF CALIFORNIA, DAVIS  
Davis CA 95616

Bob Kemmerle

APPROVECHO INSTITUTE  
359 Polk Street  
Eugene, ORE 97402

Ianto Evans

WILLIAMS COLLEGE  
Williamstown, MASS

Jay W. Shelton

GEORGIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
Engineering Experiment Station  
Atlanta, GA 30332

J. D. Walton

VITA  
3706 Rhode Island Avenue  
Mt. Ranier, MD 20822

Henry Norman

Systemes photovoltaïques

MIT/Lincoln Laboratory  
P.O.Box 73  
Lexington, MASS 02173

M. D. Pope

SANDIA LABORATORIES  
Albuquerque, NM 87185

K. L. Biringer

NEW MEXICO SOLAR ENERGY INSTITUTE  
Los Cruces, NM 88003

H. S. Zwibel

UNIVERSITY OF DELAWARE  
Newark, DE 19711

K. W. Boer

ARIZONA STATE UNIVERSITY  
College of Engineering and Applied Sciences  
Tempe, AZ 85281

C. E. Backus

UNIVERSITY OF NEW HAMPSHIRE  
Electrical Engineering Department  
Dover, NH

F. K. Manasse

SOLAR ENERGY RESEARCH INSTITUTE  
1536 Cole Boulevard  
Golden, CO 80401

Sigurd Wagner

NASA/Lewis Research Center  
Cleveland, OHIO 44135

Bill Bifano

## APPENDICE G

### LE BIO-METHANIER FAMILIAL CHINOIS

Les pays en développement ont beaucoup travaillé à la mise au point de bio-méthaniers familiaux mais, sauf en Chine, ces appareils ne sont guère en usage aujourd'hui. L'une des raisons de cet état de choses est que le coût initial est trop élevé pour une famille moyenne ou pauvre. French (Réf. 1) examine les paramètres économiques d'un modèle indien de trois mètres cubes par jour. Il coûte \$ 375; il conclut que seules les familles rurales les plus riches peuvent l'acheter. L'observation par l'auteur du présent rapport de deux bio-méthaniers villageois au Sénégal appuie cette conclusion (Réf. 2).

Le bio-méthanier familial du modèle indien comporte deux éléments relativement coûteux (Réf. 3). Ce sont le ciment et les matériaux de construction, d'une part, et la chambre à gaz, en acier, de l'autre, qui flotte sur la boue dans le fosse du digesteur. Comment réduire ces coûts?

Les Chinois y sont parvenus en éliminant les matériaux de construction coûteux et la chambre en acier (Réf. 4, 5). Le ciment est mince et se compose de matériaux indigènes. Le gaz, au lieu de monter dans un tambour d'acier, comme dans le modèle indien, soulève le niveau d'eau d'une chambre voisine. A la suite de ces modifications de conception, les matériaux ne coûtent plus que 30 dollars. Cependant, il semble qu'il faille posséder certaines connaissances et avoir un certain métier pour choisir et employer les matériaux indigènes et construire le digesteur.

La construction, telle que la décrit le Dr. Wu (Réf. 4) commence par l'excavation d'un trou un peu plus grand que celui qui est nécessaire pour contenir tout l'appareil. Ce trou est revêtu d'un mélange sable-argile-chaux, qui est ensuite

tassé. On se sert d'un moule en briques pour former les cavités et les trous. On enlève ensuite le moule pour s'en servir à d'autres occasions. Toute la surface interne est recouverte d'un ciment de matériaux indigènes analogues à ceux qu'on emploie pour la construction de bâtiments. Il s'agit d'un mélange d'environ 30 % de chaux, de 40 % de sable et de 30 % d'argile. On applique de l'eau salée à la surface, qu'on frotte avec une pierre. On brûle ensuite de la "paraffine" à l'intérieur de la cavité. Un tube de plastique relié au sommet pour éliminer le gaz semble être le seul produit manufacturé.

Selon le Dr. Wu, ces digesteurs ont une vie utile de dix ans, coûtent 30 dollars de matériaux et produisent de 1,5 à 2,0 mètres cubes de gaz par jour (1 mètre cube = 2,35 pieds cubiques). Selon le Dr. Wu, cette quantité est suffisante pour une famille de 4 à 6 personnes.

La charge est composée, en général, de 10 % de fèces et d'urine humaines, de 10 % de fumier et d'urine animaux, de 30 % de matières végétales et de 50 % d'eau. On ne sait pas si les solides sont exprimés en poids sec. Il convient de noter la forte proportion de matières non animales; en effet, on dit souvent qu'une famille pauvre n'a pas suffisamment d'animaux pour charger le digesteur. Cependant, si le cinquième seulement de la charge organique est composée de déchets animaux, cette situation peut ne pas poser de difficultés.

Le pH de la boue est ajusté à 7-8,5 grâce à de la chaux et au réglage du taux de charge. Il se pose des problèmes de fuite, probablement à cause des fentes du ciment. Le nettoyage des résidus (sans doute roches et terre au fond et écume non digérée au sommet) se fait une fois l'an. Le liquide (boue) est enlevé continuellement et sert d'engrais.

Selon le Dr. Wu, il y a 7 millions de ces bio-méthaniers en exploitation en Chine. Par contre, il n'y a qu'environ 36.000 bio-méthaniers en Inde (Réf. 1) et une vingtaine en Afrique (Réf. 6). Le bas prix et un effort national pour diffuser les capacités et techniques assez considérables nécessaires pour construire et exploiter ces digesteurs semblent être la raison de leur usage courant en Chine. Il devrait être possible de transférer cette technologie au reste du monde.

C. F. Kooi, juin 1979

#### REFERENCES

1. David French, "The Economics of Renewable Energy Systems for Developing Countries" al Dir'iyyah Institute, Arlington, VA et USAID Washington, D.C. (janvier 1979).
2. Les bio-méthaniers de N'Dioukh Fissel et de Nianing. Aucun de ces appareils ne fonctionnait bien au moment de notre visite (décembre 1978).
3. Le coût de la main-d'oeuvre pour construire le bio-méthanier peut être très bas étant donné qu'on peut le construire pendant la morte-saison quand il y a un gros excédent de main-d'oeuvre agricole.
4. Les renseignements concernant les bio-méthaniers familiaux chinois ont été obtenus du Professeur Tseng Tei Wu, Département du génie architectural, Université Tsinghua, Pekin, Chine, et de Chen Ru-Chen, Chef de la division de la bio-masse, Institut Guangshou des sources d'énergie, Académie des Sciences de Chine, 81 Central Martyrs' Road, Guangzhou, Chine, durant leur séjour à Atlanta, en mai-juin 1979 (Conférence de l'ISES). Ils ont une littérature en chinois concernant le bio-méthanier et ont dit qu'ils la mettraient à la disposition du Département de l'énergie des Etats-Unis.

5. Michael G. McGarry et Jill Stainforth, Compost, Fertilizer and Biogas Production from Human et Farm Wastes in the People's Republic of China, Rapport IDRC-TS8e, Centre international de recherche sur le développement, Ottawa, Canada (1978).
6. Philip Langley, "Utilisation du gaz méthane en Afrique en fin 1978", Environnement africain, No 21F (novembre 1978). Disponible à International African Institute, 210 High Holborn London WC1V 78W. Examine les bio-méthaniers en Afrique - mais, semble-t-il, pas en Afrique du Sud.

The University of Michigan  
CENTER FOR RESEARCH ON ECONOMIC DEVELOPMENT

909 Monroe Street  
Ann Arbor, Michigan 48109, U.S.A.  
Telephone: (313) 764-9490  
Cable Address: CREDMICH



APPENDIX H

Le 19 juillet 1979.

Monsieur Melende Abate  
Coordinateur des Recherches Energétiques  
IRTISS  
B. P. 4110  
Yaoundé, United Republic of Cameroon

Cher collègue,

Toujours en train de rédiger mon rapport définitif sur ma mission au Cameroun, je tiens quand même à vous envoyer un peu de documentation sur les énergies renouvelables. Vous devez recevoir sous peu, par pli séparé, les articles suivants.

1. extraits du numéro de novembre 1978 d'Industries et Travaux d'Outre-Mer sur l'énergie solaire et éolienne.
2. extraits de la revue anglaise Appropriate Technology sur les séchoirs solaires et la cuisinière à bois "Lorena".
3. extraits du Monde au sujet des recherches françaises sur les piles solaires (décembre 1978) et des énergies nouvelles aux Etats-Unis (avril 1979).
4. "La Grange Solaire d'Illinois" -- Actuel Développement, No. 28, 1979.
5. extraits du numéro de décembre 1978 d'Agecop Liaison sur les énergies nouvelles.
6. "Energie Solaire: de l'eau pour les pays arides" -- Afrique Agriculture du 1er mai 1978.
7. "Energie Solaire: les photopiles" -- Sciences et Avenir, No. 388, juin 1979.
8. "Utilisation du Gaz Méthane en Afrique en Fin 1978" -- Environnement Africain, supplément No. 21F.
9. extrait de Technology for Solar Energy Utilization (ONUDI) sur les séchoirs solaires.

En plus, je me suis permis de suggérer à l'Université des Nations Unies à Tokyo qu'ils vous envoient directement des renseignements sur leur publication mensuelle qui s'intitule Abstracts of Selected Solar Energy Technology. Comme promis, j'ai aussi écrit à Monsieur Bernard Meunier de

Page 2

la SEMA lui demandant s'il peut vous aider à obtenir un exemplaire de l'étude du CILSS portant sur la stratégie énergétique des pays du Sahel. Vous trouverez, ci-inclus, copies de mes lettres.

En ce qui concerne l'ouvrage dont M. Meunier est l'auteur (Evaluation des Energies Nouvelles, SEMA, 1977), il semble que le meilleur procédé serait que vous vous adressiez à la mission d'Aide et de Coopération à Yaoundé. Les exemplaires sont à commander au Service d'Édition, Ministère de la Coopération, Paris.

Je vous serais très reconnaissant de bien vouloir exprimer mes remerciements les plus sincères à Monsieur Soba Djallo pour le dîner d'adieu qu'il eût la gentillesse de m'offrir. Ce fut une réunion très agréable, détendue et amicale, et j'en garde un très bon souvenir.

En vous priant de transmettre mes salutations cordiales à MM. Soba, Epié et Simo, je vous prie de croire, cher collègue, à l'expression de mes sentiments les meilleurs.



Charles Steedman  
Directeur Adjoint

CS/ao