

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT  
INDUSTRIEL ET DU TOURISME

DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE  
ET DE L'ENERGIE

LABORATOIRE NATIONAL DE  
L'ENERGIE SOLAIRE  
DU MALI

REPUBLIQUE DU MALI  
UN PEUPLE - UN BUT - UNE FOI

10889



# **LES PROBLEMES ENERGETIQUES DANS LES PAYS DE L'AFRIQUE DE L'OUEST**

**L'ENERGIE SOLAIRE ET L'AVENIR ENERGETIQUE  
DE L'AFRIQUE DE L'OUEST**

( Extrait d'une conférence donnée en Janvier  
1976 à Bamako par Cheickna TRAORE )

( Colloque CEAO de Bamako )  
Septembre - Octobre 1976

S O M M A I R E

11 00000000 00 00000000 00 00000000 00 00000000 00 00000000 00 00000000

## LES PROBLEMES ENERGETIQUES

### DANS LES PAYS DE L'AFRIQUE DE L'OUEST

#### L'Energie Solaire et l'Avenir énergétique de ces Pays

##### INTRODUCTION

Généralement la notion d'énergie est liée et reste limitée, pour les moins avertis, à la seule notion de source d'électricité si ce n'est à celle d'électricité tout court. Quelquefois, elle est étendue aux hydrocarbures utilisés dans le transport et dans l'industrie. Mais rarement, cette extension touche aux sources primaires d'abord de chaleur (bois, engrais animal,...) et ensuite d'énergie mécanique (force musculaire,...)

Considéré dans toutes ces formes et implications, il devient clair pour chacun que les problèmes énergétiques sont des problèmes fondamentaux qui nous concernent en tant que membres d'une Société, mais également en tant qu'individus. En effet, tout le monde reconnaît qu'il n'y a pas d'industrialisation, donc pas de progrès, sans énergie. Mais touchant chacun de nous individuellement, donc de plus près est la nécessaire présence de cette énergie jusque dans nos foyers, depuis l'électricité (qui s'y introduit de plus en plus si on habite en ville) en passant par le carburant pour nos engins, le pétrole pour l'éclairage, le bois et ses dérivés pour la cuisine et le chauffage.

Dans ces conditions, les problèmes énergétiques ont été, sont, et seront toujours d'une importance particulière, voire vitale pour la société de l'homme, à la campagne comme en ville.

D'ailleurs, ceci se confirme également par le fait, que parmi les grandeurs qui servent à mesurer le niveau d'industrialisation ou le développement d'un pays, la notion de Kwh consommé par habitant, figure en bonne place ; les autres notions étant le PNB (revenu national brut), le PIB (produit intérieur brut) le revenu par habitant ou depuis récemment le BB (bonheur brut) et le DP (degré de pollution) qui est (aujourd'hui en tout cas, mais pour combien de temps encore ?) directement proportionnel au degré d'industrialisation.

C'est pourquoi, traiter un sujet (fut-il restreint au cadre d'un seul pays) sur les problèmes énergétiques, en un temps caractérisé par la crise énergétique précisément, relève d'un dessein plutôt ambitieux. Aussi les spécialistes décèleront d'autant plus certainement les limites et les insuffisances de l'étude que je vais vous exposer dans un instant.

.../...

Mais d'abord l'importance du problème sur le plan mondial et surtout pour nos Pays en développement (ce qui implique la nécessité que tout le monde en prenne conscience), puis sa pérennité (qui fait qu'il est toujours d'actualité) et enfin le souci de contribuer, même modestement, à entretenir la louable tradition des conférences, innovée à Bamako par le Centre Djoliba, ont eu raison de mes appréhensions devant ce risque.

Devant la complexité, le nombre, les implications des problèmes énergétiques, nous avons limité le sujet au cadre géographique de notre Région, l'Afrique de l'Ouest.

Par ailleurs, pour éviter que cette étude <sup>ne</sup> soit qu'un exposé froid fait de vérités plus ou moins bien connues et de chiffres statistiques qui n'ont de valeur que s'ils servent à tirer des conclusions et à indiquer des démarches, mais aussi et surtout parce que la dépendance énergétique est le lot commun de la plupart des Pays de notre Région, et que partant la hausse du prix du pétrole grève dangereusement le décollage de nos industries naissantes, il nous a semblé indispensable de préconiser une voie quant à notre avenir énergétique et face à la crise énergétique mondiale.

Ainsi nous aborderons successivement les points suivants :

- l'inventaire des sources classiques d'énergie (y compris l'énergie nucléaire)
- les limites de celles-ci
- les nouvelles sources d'énergie
- l'énergie solaire, voie vers l'indépendance énergétique de nos pays.

## I - INVENTAIRE DES SOURCES CLASSIQUES D'ENERGIE

### A - Les sources fossiles d'énergie

Il s'agit de tous les combustibles solides, liquides ou gazeux qui sont utilisés soit dans les centrales dites thermiques pour la production d'électricité, soit dans l'industrie, le transport et le reste de l'économie.

Avant de faire le point sur chacune de ces sources, j'ai estimé que certains ici seraient intéressés de savoir par quel processus ces combustibles deviennent-ils en effet des sources d'énergie électrique.

Les combustibles fossiles sont utilisés dans deux catégories d'installation de production électrique :

.../...

### - la centrale thermique à turbine

Dans le cas de la centrale thermique, le combustible (charbon pulvérisé, gaz etc...) alimente régulièrement une chaudière où il transmet sa chaleur à un fluide (généralement de l'eau) qui se vaporise. Cette vapeur est dirigée vers une turbine à vapeur qu'elle actionne. Le générateur couplé à la turbine produit de l'électricité...

### - le groupe thermique

Le groupe thermique est un moteur thermique couplé à un alternateur. Il s'agit d'alimenter ce moteur en carburant : généralement du fuel-oil. Ce genre d'installation va des groupes autonomes (avec les groupes électrogènes) aux centrales avec bassins et tours de refroidissement, comme c'est le cas pour notre Centrale à Darsalam.

A présent, voyons les différentes sources classiques d'énergie thermique. Elles se présentent toutes sous forme fossile donc organique, d'où leur appellation de combustibles fossiles ou organiques. Elle proviennent de la fossilisation des plantes depuis la période cambrienne, dont le début remonte à 600 millions d'années. Certes, le phénomène de fossilisation se déroule encore, mais sa lenteur fait qu'il faut attendre des millions d'années pour que ses résultats soient exploitables. C'est pourquoi, les combustibles organiques sont classés dans la catégorie des ressources non renouvelables, donc épuisables. Le monde dispose d'un potentiel global donné, réparti d'ailleurs, d'une manière très inégale entre les régions.

#### 1. Le charbon (et la lignite)

Le charbon est une des premières sources d'énergie utilisée à grande échelle par l'homme des temps modernes. Il a d'ailleurs donné son nom à la civilisation qui correspond à l'époque du démarrage industriel sur le globe. Bien que depuis cette époque, sa part dans le bilan de la consommation énergétique mondiale n'ait cessé de baisser, on peut affirmer, qu'il restera, peut-être pour longtemps encore, une source importante d'énergie, pour l'homme.

Ainsi en 1913, le charbon fournissait 95 % de l'énergie consommée dans le monde. Ce pourcentage en 1959 tombait à 60. Mais déjà dans certains pays comme aux Etats Unis, il ne représentait en 1958 que 23,6 % contre 46 % pour le pétrole, 26,4 % pour le gaz et 4 % pour l'énergie d'origine hydraulique.

Sur le plan africain, le charbon est produit par seulement 6 pays, parmi lesquels seule la Zambie a une production relativement importante, qui approche le million de tonnes par an. Le Nigéria (seul parmi les Pays de notre Région) en produit 350.000 tonnes par an et le Zaïre : 100.000. Les 3 autres producteurs sont le Soudan, la Tanzanie et Madagascar qui, d'ailleurs a arrêté sa production à la fin des années 60.

Par rapport au tonnage mondial, la production des houillères de l'Afrique dans son ensemble reste plus que modeste, alors que celles de notre Région peuvent être considérées comme insignifiante. En effet en 1972, les houillères africaines ont produit 1,4 millions de tonnes contre 2.046 millions de tonnes pour l'ensemble du monde, soit nettement moins de 1 pour mille...

Malheureusement, le tableau ne varie guère, si l'on passe aux réserves connues : celles-ci sont en effet de  $\frac{1}{2}$  milliard de tonnes pour l'Afrique contre 6.641 milliards pour l'ensemble du globe.

Par ailleurs les centrales thermiques à turbines sont très peu répandues dans notre région - et pour cause -. Aussi les importations de houille sont-elles plutôt inexistantes.

A partir de ces considérations, on peut qualifier de mineur, le rôle actuel de la houille dans les bilans énergétiques de notre région. Toutefois, compte tenu de toutes les fluctuations et modifications possibles dans les conditions générales d'approvisionnement de l'économie énergétique mondiale, on ne doit pas, (on ne peut pas !) en dire plus ....

## 2. Le pétrole

Appelé "or noir", auteur de tant de miracles et objet de tant de convoitises, de marchandages, d'alliances et peut-être demain, de conflits, le pétrole est extrait de gisement à terre ou en mer. Après une série d'opérations de traitement (distillation-cracking-raffinage), il donne les essences, le butane et le propane, le gaz-oil et le fuel domestique, le fuel lourd, les graisses et bitumes.

C'est lui qui a pris la place du charbon en devenant il y a quelque temps, la principale source d'énergie. Du coup la civilisation que nous vivons est devenue celle du pétrole : En effet, on a vu qu'en 1958 déjà, il rentrait pour 46 % de l'énergie consommée aux Etats Unis.

Les plus gros producteurs de pétrole sont le Proche-Orient (Arabie Saoudite et Iran en tête) avec tout ce que le Golfe persique (qu'on voudrait d'ailleurs rebaptiser golfe arabe) abrite comme Emirats et Sultanats Arabes, puis les Etats Unis, l'URSS et bientôt la Chine et peut-être la Grande Bretagne.

Si depuis les années 60, l'Afrique au Nord du Sahara, avec l'Algérie et surtout la Libye, fait partie des régions productrices de pétrole, à l'échelle mondiale, ce n'est que récemment que le Continent Noir a pris, lui, une importance, dans ce domaine.

En effet les Pays au Sud du Sahara, viennent juste d'entrer en scène, à l'exception peut être du Nigéria dont la production pétrolière, commencée en 1957, a déjà dépassé en 1973, le chiffre annuel de 100 millions de tonnes;

ce qui lui vaut la 8ème place mondiale parmi les producteurs ! Au Gabon (7,52 millions de tonnes en 1973) et au Congo (1,7 millions la même année), on note une remarquable expansion de la production, pour des réserves estimées respectives de 214 et 700 millions de tonnes. Citons en passant le Zaïre dont la production a démarré en 1974 et enfin le Benin (ex-Dahomey et 2° pays de notre Région) qui se prépare à entrer en scène. Enfin, puisque le Cabinda est considéré comme le Koweït de l'Afrique (ce que les événements en cours en Angola confirment bien !), on ne saurait omettre dans cette revue, l'Angola, bien que je ne dispose d'aucun chiffre le concernant.

Quant aux réserves africaines prouvées, elles ont connu une évolution fort intéressante. Le tableau suivant les indique en millions de tonnes.

	1963	1965	1970	1974
Nigéria	55	137	679	2860
Gabon	25	25	70	214
Congo	-	1	1	700
Zaïre	-	-	-	28

Pour le reste de l'Afrique, on a relevé ça et là, et en partie depuis longtemps, des indices sûrs de la présence de gisements. Pour notre Région c'est le cas du Benin d'abord, puis du Sénégal et du Ghana. Ensuite c'est le cas du Cameroun et de l'Ethiopie. Mais/<sup>pour</sup>tous ces Pays, l'importance et la possibilité d'exploitation de ces gisements restent à être établies.

Quant aux recherches, elles se poursuivent activement dans toute l'Afrique : en terre ferme pour les pays continentaux, et en "offshore" en plus pour les pays littoral. Dans notre Région seules la Guinée et la Haute-Volta ne sont pas concernées par ces prospections, qui en Afrique Centrale, sont entreprises au Burundi, Guinée Equatoriale, R.C.A. et Rwanda et, en Afrique de l'Est et Océan Indien, au Botswana, Lesotho, Malawi, Ile Maurice, Swaziland et Ouganda.

Par ailleurs, bien que non producteurs de pétrole pour la plupart, beaucoup de Pays Africains ont implanté sur leur sol des raffineries, en application de la politique du moindre mal, qui consiste à importer à la place du produit fini, le pétrole brut qui coûte beaucoup moins cher.

Ainsi des raffineries existent dans les pays suivants, avec en regard les capacités de raffinage en millions de tonnes métriques par an pour 1974.

RCI	- 2,2
Ghana	- 1,3
Libéria	- 0,5
Nigéria	- 3,0
Sénégal	- 0,9
Sierra-Léone	- 0,5

Ce qui fait pour notre région une capacité de raffinage de 8,4 millions de tonnes métriques, contre 3.176 millions de tonnes pour l'ensemble du monde, soit moins de 0,26 %.

Compte tenu de l'importance particulière du pétrole parmi les sources d'énergie, nous allons, comme nous l'avons fait jusqu'ici, donner la situation complète pour le reste de l'Afrique.

Afrique Centrale :

Gabon	0,850
Zaïre	0,8

Soit 1,650 millions de tonnes métriques/an.

Afrique de l'Est :

Ethiopie	0,72
Kenya	2,40
Madagascar	0,50
Soudan	1,10
Tanzanie	0,80
Zambie	1,23

Soit 6,75 millions de tonnes métriques/an.

Enfin, gardant présent à l'esprit, le fait que nos pays ne produisent pas ou presque pas de pétrole, nous allons maintenant faire ressortir l'importance de ce produit dans nos économies et du coup, évaluer notre degré de dépendance énergétique vis à vis de l'étranger. Pour ce faire, un seul indice suffit : la part du pétrole en pourcentage dans nos consommations totales d'énergie primaire. Les données concernent l'année 1972 :

%	Afrique de l'Ouest	Afrique Centrale	Afrique de l'Est
100 %	Benin, Gambie, Hte-Volta, Mauritanie, Niger, Sénégal Sierra-Léone, Togo, Mali	Tohad	Somalie
99-95 %	RCI, Guinée, Libéria		Ethiopie Soudan Tanzanie

.../...



%	Afrique de l'Ouest	Afrique Centrale	Afrique de l'Est
94-90 %		Burundi; Gabon RCI	Kenya, Ouganda Madagascar
89-80 %	Nigéria	Congo	
79-70 %	Ghana	Cameroun	
54-50 %		Zaire	
39-30			Zambie

Au sujet de ce tableau, nous remarquerons qu'il convient de n'accorder à ces chiffres qui sont de source onusienne qu'une valeur indicative. En effet, pour le Mali par exemple, comme nous le verrons plus loin, l'énergie hydraulique bien qu'<sup>énergie d'appoint,</sup> a une contribution d'au moins 10 % ce qui n'apparaît pas <sup>dans</sup> le tableau. Peut-être pareil rectificatif est à faire pour d'autres pays...

Ceci dit, ces chiffres illustrent quand même, d'une manière, on ne peut plus saisissante, la place prédominante du pétrole dans les bilans énergétiques de nos Pays. Mais en clair, ceci veut également dire que les économies des Pays de notre Région sont entièrement tributaires des importations de pétrole.

Précisons que le Nigéria fait exception encore une fois. Mais, ce n'est pas pour longtemps, puisque même au rythme de sa production annuelle actuelle, ses réserves devront s'épuiser dans 25 ans.

Toutefois et pour ne pas finir ce chapitre sur la triste note des chiffres et pourcentages que je viens de donner, disons que des perspectives assez prometteuses existent quant à la découverte de nouveaux gisements, non seulement dans notre Région mais également dans le reste de l'Afrique. En effet les spécialistes considèrent la zone au large des côtes africaines descendant de la Méditerranée au Cap de Bonne Espérance, et remontant à travers le détroit du Mozambique jusqu'à la Mer Rouge, comme renfermant très probablement des gisements d'hydrocarbures. Et la récente découverte d'importants gisements de pétrole au large des côtes de la Mer du Nord vient renforcer cette idée.

Pour notre part nous ne pouvons que souhaiter qu'il en soit ainsi et en attendant, notre dépendance énergétique continuera de bloquer inexorablement notre développement.

### 3. Le gaz naturel

Le Gaz Naturel, comme le pétrole, provient du sous-sol. Et généralement ils se rencontrent ensemble, ou dans des formations proches. Le gaz naturel aussi, avant d'être utilisé, subit certaines opérations (épuration et désulfuration).

En ce qui concerne notre Région qui n'en produit pas ou presque pas, son rôle dans les bilans énergétiques est insignifiant. Cependant de sérieuses perspectives de développement intéressantes existent dans certains Pays Africains.

Tout d'abord le Nigéria. Seul producteur de gaz dans notre région, ce Pays a commencé depuis les années 50, l'exploitation de son gaz naturel, en rapport (on pouvait s'en douter) avec celle de son pétrole. Ses réserves de gaz naturel sont estimées à 1.120 milliards de m<sup>3</sup> exploitables. Cependant, la production actuelle est maintenue à un niveau faible, alors qu'aucune indication précise n'est disponible quant à l'exploitation future.

Par ailleurs, en Afrique Centrale, les même pays, le Gabon et le Congo, et toujours en liaison avec la mise en valeur de leurs ressources pétrolières, ont commencé depuis 1966, à produire du gaz naturel.

Du reste, dans ces deux Pays, la production est en pleine expansion, puisque de 1960 à 1971, elle a plus que décuplé. Le Gabon a produit en 1973, 55 millions de m<sup>3</sup> alors que ses réserves estimées en 1974 s'élevaient à 182 milliards de m<sup>3</sup>. Les réserves du Congo sont plus modestes puisqu'elles étaient estimées en 1974 à 28 milliards de m<sup>3</sup>.

Ainsi nous pouvons dire qu'aussi bien au plan de la production, et de la consommation, qu'à celui des réserves, l'importance du gaz en Afrique en général et dans notre région en particulier, est plus que modeste.

Toutefois, n'auraient été d'une part l'absence de débouchés et d'autre part l'insuffisance des réseaux de gazoducs, cette production allait tout de même connaître une plus forte expansion.

### 4. Les schistes bitumineux

La dernière source d'énergie thermique naturelle commercialisable que nous allons voir, est le schiste bitumineux. Il se présente sous forme de roche, de laquelle, il faut extraire les hydro-carbures liquides. D'ailleurs, c'est précisément parce que le problème de cette extraction n'a pas encore été résolu d'une manière correcte, que l'utilisation de ces ressources n'a connu qu'un développement restreint.

Mais les travaux de recherche en cours permettront certainement de trouver les voies conduisant à une exploitation rationnelle et économique de ces grandes ressources dont regorgent certaines parties du monde.

.../...

De toute façon, à ce rendez-vous également, l'Afrique risque de se présenter avec très peu d'arguments. En effet dans toute l'Afrique, on ne rencontre de schistes bitumineux qu'à Madagascar dont les gisements sont (quand même) placés directement après les plus importants du monde qui sont en Amérique.

#### B - Les sources hydrauliques d'énergie

On appelle communément énergie d'origine hydraulique ou hydro-électricité, l'électricité produite dans une centrale hydraulique, à partir de l'énergie cinétique des chutes d'eau. La source d'énergie est en effet l'eau qui après le barrage ou retenue, entraîne dans sa chute un turbo-alternateur qui à son tour produit de l'électricité.

L'énergie hydraulique est une énergie propre et souple. Liée à l'eau, on peut être tenté de dire qu'elle est inépuisable au contraire des sources d'énergie fossiles. Par ailleurs, les centrales hydrauliques sont relativement simples dans leurs structures et leur frais d'exploitation sont relativement très bas. Enfin, les barrages permettent de régulariser le cours des fleuves pour le plus grand bien de la navigation, tout en favorisant l'irrigation.

En voilà assez, pour se demander, pourquoi alors dans ces conditions un pays comme le Mali qui a de grands et longs fleuves, reste-t-il sur le plan énergétique, si tributaire du pétrole ?

La réponse est simple : c'est que la présence de cours d'eau, si nombreux et si géants soient-ils, est certes une des conditions de l'exploitation de l'hydro-électricité, mais hélas pas la seule...

En effet, on ne construit pas un barrage sur le cours d'un fleuve, au hasard. Son site est déterminé par des conditions topographiques, géologiques, géographiques et économiques bien précises.

Ensuite la construction d'une centrale hydro-électrique nécessite très souvent de lourds investissements, une infrastructure déjà développée (en raison des constructions en béton à réaliser) et une technologie avancée. Evidemment, on peut, plus ou moins partiellement, contourner cette difficulté, en installant, comme il a été fait en Chine, des barrages de type masse en terre, ce qui nécessite simplement une main-d'œuvre nombreuse.

Enfin, si l'on construit une centrale hydro-électrique, il faut créer dans cette zone, des industries grandes consommatrices de cette énergie bon marché (ce qui nécessite à nouveau des investissements) ou alors transporter l'énergie produite aux lieux d'utilisation. Or le transport d'énergie, à partir d'une certaine distance, fixée aux environs de 200 km, n'est plus rentable, compte tenu des investissements et des pertes.

.../...

A ce sujet, il a été calculé que le transport sur 500 km de 150 kw revient une fois et  $\frac{1}{2}$  plus cher que la construction d'une centrale de même puissance !

C'est donc certainement à cause de tous ces problèmes, que l'énergie hydro-électrique ne représente qu'une part modeste dans le bilan énergétique mondial.

En effet, bien que le potentiel hydro-électrique mondial soit énorme, puisqu'il représente pour l'ensemble des cours d'eau de notre planète quelques 3 milliards de kw, soit le  $\frac{1}{3}$  de la consommation d'énergie actuelle du monde, seulement 8,5 % de ce potentiel sont exploités. Il est vrai que ce pourcentage serait certainement plus élevé, si ce potentiel ne se trouvait essentiellement concentré dans les 3 régions les moins industrialisées du globe, à savoir, l'Amérique du Sud, l'Asie du Sud-Est et l'Afrique, qui a elle seule en détient les  $\frac{2}{5}$ . Quelle mauvaise répartition !

Mais quelle mauvaise répartition sur le plan africain aussi, puisque 90 % de ces ressources sont concentrés dans les zones tropicales et surtout équatoriales, avec 50 % sur le sol du seul Zaïre, ce qui représente 13 % du potentiel mondial. Ainsi, si elles étaient exploitées, les ressources hydro-électriques de cette seule zone, fourniraient autant d'énergie que les productions actuelles cumulées de pétrole et de charbon pour l'ensemble du Continent.

Mais elles ne le sont pas et sont même très loin de l'être, puisque le Zaïre, par exemple, n'exploite que moins de 5 % de son énorme potentiel. Il est vrai toutefois, que la situation va prochainement changer avec la mise en route, (après celle d'Inga I), d'Inga II ou Grand Inga qui sera la plus grande centrale hydro-électrique du monde avec une puissance installée de 34.500 MW. !

Malgré tout cela, il ressort des prévisions jusqu'en l'an 2000, que la part de l'hydroélectricité restera faible dans le bilan énergétique mondial.

Le tableau suivant le prouve, qui donne en milliards de tonnes de pétrole ou d'équivalent énergétique, l'offre hydroélectrique et l'offre globale.

	Offre hydro-électrique	Offre globale	%
1970	0,300	5	6
1980	0,500	11	5%
2000	0,700	20	3,5 %

Voyons à présent la situation au niveau de notre région.

-Au Ghana, près de 20 % de la consommation énergétique vient de la fameuse centrale hydroélectrique d'Akossombo, qui permet au pays d'exporter de l'électricité au Togo et au Benin.

-Au Nigéria, ce chiffre est de 5 %, au Libéria 4 % ;

-Pour la RCI : en 1976, la puissance installée était de 360 MW dont 224 hydraulique fournis à Kyamé I et II et Kossou soit plus de 62 %. En 1976 quand les centrales thermiques de Vridi I et II rentreront en service, la puissance installée du pays sera portée à 510, ce qui fera baisser la part de l'hydraulique à près de 44 %.

En plus, d'ici 1980, la RCI a décidé la construction de 2 nouveaux barrages hydro-électriques à Taabo 210 MW (sur le Bandama) et à Buyo 160 MW (sur le Sassandra), ce qui représentera une production supplémentaire de près de 1,8 milliards de Kwh, et qui correspondra à peu près au potentiel attendu avec la construction de Vridi III et IV en 1978.

Donc, en 1980, alors que la puissance installée du Pays <sup>sera</sup> de 1.250 MW, la part de l'hydraulique sera de 48 %, part qui devra croître avec la construction du barrage de Soubré à partir de 1980 et dont la puissance installée sera de 280 MW, pour une productibilité de 1,5 milliard de kwh.

-Pour le Niger,

Deux ouvrages hydroélectriques sont en projet :

- le barrage de la Mekrou : 520 millions de m<sup>3</sup> de retenue, pour une puissance de 26 MW. et une productibilité de 93 millions KWh.

-Le barrage de Kandadji, qualifié déjà comme "l'un des <sup>plus</sup> grands barrages d'Afrique Noire", pourrait produire 1,8 milliard Kwh/an, ce qui permettrait l'exploitation éventuelle de gisements, notamment les manganèses de Tambao, ainsi que l'irrigation de 100.000 ha de terre.

-Pour le Mali aussi, il existe de très ambitieux projets d'aménagement hydro-agricole.

C'est d'abord dans le cadre de l'O.M.V.S. (1<sup>o</sup> phase) la réalisation de 2 ouvrages hydro-électriques dont la productibilité totale sera de 1 milliard de Kwh. Un de ces ouvrages, le barrage hydroagricole <sup>de</sup> Manantali, sur le Bafing, avec 10 milliards de m<sup>3</sup> de retenue, une productibilité de 650 millions de kwh pour 240 MW, sera la plus importante réalisation de l'O.M.V.S. Son énergie servira à l'exploitation des mines de fer de la Falémé ; et 300.000 ha de terre seront irrigués grâce à lui.

Il y a ensuite le projet du barrage de Sélingué sur le Sankarani, affluent du Niger, dont les travaux devront debiter en 1976. La centrale qui doit fonctionner en 1980, produira quelques 200 millions de kwh, pour

.../...

une puissance installée de 45.000 KW. Selingué permettra en outre, pendant les périodes d'étiage, d'accroître la production des centrales au fil de l'eau (c'est à dire des usines sans retenue d'eau). Ce faisant la capacité actuelle de l'usine de Sotuba à Bamako pourra être doublée avec quelques 5.000 KW de puissance installée en plus.

Il ne fait pas de doute que ces projets constituent une voie logique et économique, pour un Pays aux riches potentialités hydro-électriques. Mais en attendant leur réalisation, quelle est la situation qui prévaut actuellement au Mali ?

Avec une centrale thermique dans chacune des 6 chefs Lieux de Région, plus une dans 3 autres Villes, une à Markala et une centrale hydro-électrique à Kayes, il est remarquable de noter que malgré tout, près de 80 % de la consommation d'énergie revient à la seule Zone de Bamako, dont les prévisions de besoins sont représentées dans le tableau suivant en millions de kwh.

1974	75	78	80	84	88	90
49,2	56,2	81,5	106,1	158,5	224	263

Au regard de ces chiffres, on s'aperçoit que la centrale thermique de Dar-Salam (25.000 KVA) et l'Usine de Sotuba (5800 KVA) seront insuffisantes et que Selingué devrait bientôt, leur venir au secours.

Et pour finir, rien ne résume mieux la nécessité de l'hydro-électricité pour notre développement industriel, que cet extrait d'un discours prononcé en Avril 1975 par le Président SENGHOR :

"La réalisation du seul barrage de Manantali rendra disponible une quantité d'énergie de l'ordre de 800 millions de KWH. Lorsque par la suite, les barrages de Gombassi, Calougo, Koutoutamba, Boureya, Petit-Gouina et Félou seront opérationnels, nous aurons à notre disposition, quelques 4 milliards 800 millions de KWH, alors qu'en 1971 la production totale d'énergie de la Mauritanie, du Mali, du Sénégal n'était que de 528 millions de KWH".

Et il est évident que c'est dans les mêmes termes qu'il faut comprendre les conséquences économiques des réalisations hydro-électriques prévues dans les autres Pays de notre Région.

#### C - Les sources d'énergie nucléaire

Les sources d'énergie nucléaire se trouvent à cheval dans la classification des sources d'énergie entre les classiques et les nouvelles. Elles peuvent déjà être considérées comme classiques, eu égard à la part de plus en plus grande qu'elles prennent dans les bilans énergétiques.

Mais elles sont aussi sources nouvelles d'énergie dans la mesure où, leur utilisation qui donne lieu à la forme d'énergie la plus moderne actuellement, est relativement récente, et que des travaux de recherche se poursuivent encore dans ce domaine.

L'uranium enrichi est le combustible des réacteurs à fission, et ceux dits sur-régénérateurs utilisent l'U naturel ou le thorium, ce qui est plus économique. En effet le traitement d'enrichissement de l'U est très complexe et très cher.

Avec ces 2 genres de réacteurs, le schéma de production de l'électricité est exactement le même que pour les centrales classiques, car l'U joue dans le réacteur le même rôle que le charbon dans la chaudière. La différence se trouve d'une part dans l'énorme pouvoir calorifique de l'U (dont 1 kg est l'équivalent énergétique de 25000 tonnes de charbon) et d'autre part, dans la production de radioactivité qui accompagne les réactions de fission.

Mais dans le domaine du niveau de production de chaleur, on peut trouver mieux avec les réactions de fusion nucléaire. Cependant, <sup>là</sup> des problèmes irrésolus demeurent. C'est <sup>pourquoi,</sup> si l'homme arrivait à contrôler la réaction qu'il sait provoquer dans les bombes H, tout comme il est arrivé à le faire avec les bombes A dans le cas des réacteurs de fission, alors, un nouveau tournant de l'histoire énergétique du monde serait atteint. En effet, si par l'imagination, nous supposons que l'on extrait le deutérium de manière à en faire baisser le taux de concentration à 1 % dans tous les océans, sa fusion produira 500.000 fois plus d'énergie que n'en procurent les combustibles fossiles de toute la terre.

En Europe et dans le monde développé en général, avec la crise de l'Energie, beaucoup de pays ont opté pour cette source d'énergie en vue d'atteindre une certaine indépendance énergétique. C'est ainsi que les plans prévoient que la France produira dans 25 ans, autant d'électricité d'origine nucléaire qu'elle en consomme globalement aujourd'hui.

Mais l'investissement des centrales atomiques est élevé, leur réalisation suppose une technologie extrêmement avancée et leur exploitation, un personnel très hautement qualifié. Par ailleurs, le seuil de rentabilité pour leur puissance installée se situe aux environs de 400 MW, ce qui est une taille plus que grande pour l'économie de nos Pays au stade actuel.

C'est dire qu'il est presque sûr, que cette source d'énergie n'aura pas un rôle significatif à jouer en Afrique dans un avenir prévisible.

Avant de finir, il convient toutefois de signaler les potentialités de l'Afrique en la matière.

.../...

En Afrique de l'Ouest, seul le Niger produit actuellement de l'Uranium. En outre, il semble qu'on ait mis en évidence au Sénégal, des gisements d'uranium, en liaison avec les gisements de phosphate. Par ailleurs, la prospection est en cours en Mauritanie, en Guinée, au Togo et au Nigéria.

#### D - Les sources d'énergie non commercialisables

Pour les Pays de notre Région où le transport, la mécanisation dans l'agriculture et dans bien d'autres secteurs, la production d'électricité et partant l'industrialisation sont peu développés et où de surcroît, il n'existe presque pas de combustibles fossiles, il est des sources d'énergie dont on ne peut pas ne pas parler ici : ce sont les sources d'énergie non commercialisables.

Il s'agit, essentiellement du bois, de l'engrais animal, utilisés à des fins de cuisine et de chauffage, de la force musculaire et de la traction animale utilisées surtout dans l'agriculture.

En effet, bien qu'il n'existe ni données statistiques suffisantes, ni documents exploitables, il est facile d'admettre que ces formes d'énergie, jouent encore dans les bilans énergétiques de nos Pays, un rôle extrêmement important. D'ailleurs certains auteurs n'hésitent pas à avancer des chiffres. Ainsi, ils pensent que le bois à lui seul, entre pour près de 80 % dans la consommation énergétique de la plupart des pays en développement, pays en général à civilisation sans machinisme.

A ce propos, il convient de faire remarquer que ce chiffre en lui-même n'est en rien en contradiction avec les statistiques des bilans qu'on a déjà vues. Le fait est que ces dernières ne concernent que les énergies commercialisables.

Et pour prouver que ce chiffre peut être plausible, notons que malgré l'introduction relative de la civilisation moderne à Dakar par exemple, la consommation de charbon de bois est de 75.000 quintaux par an.

Mais en dehors de toute considération en rapport avec le coût et la pollution, et dans le cadre général des problèmes énergétiques, il faut remplacer au plutôt l'utilisation du bois dans nos régions, puisqu'elle provoque la déforestation, l'avance du désert, avec tout ce ces notions comportent comme risques.

.../...



## II - LIMITES DES SOURCES D'ENERGIE CONVENTIONNELLES

Nous venons de passer en revue l'arsenal des sources conventionnelles d'énergie dont dispose l'homme pour satisfaire ses besoins présents. Mais est-ce qu'il doit compter uniquement sur elles pour satisfaire ses besoins de demain ? Pour répondre à cette question fondamentale, il convient de connaître les limites de chacune d'elles.

1. D'abord sur le plan quantitatif, voyons ce que représentent ces ressources en face des besoins future de la demande énergétique.

Il est généralement admis que l'an 2000 verra le doublement de la population du globe. A partir du taux mondial de croissance de la consommation par habitant qui est de 1,3 %/an, on s'attend en l'an 2000 à ce que la demande d'énergie soit triplée sans pour autant <sup>considérer</sup> que le niveau de vie de la population du globe enregistre une quelconque augmentation. Cette demande aura triplé en raison essentiellement de la croissance de la production industrielle et alimentaire.

En ce qui concerne la seule consommation mondiale d'énergie par l'industrie, elle a presque atteint le taux du doublement tous les 10 ans alors que les besoins totaux du monde eux, doublent tous les 15 ans. Et si le rythme d'industrialisation changeait assez vite pour permettre aux pays en développement d'atteindre vers l'an 2000, le niveau de vie américain actuel, les chiffres d'aujourd'hui seraient à multiplier par 100. Ceci se comprend aisément, puisque les Etats Unis, bien que ne représentant que 6 % de la population mondiale, absorbent 31 % de la consommation globale d'énergie !

L'Annuaire Statistique des Nations Unis 1972 donne en regard des régions du monde suivantes, le facteur de multiplication de la demande d'énergie de 1970 à 2000.

Amérique du Nord	x	2,5
Europe de l'Ouest	x	3
Japon	x	3,5
URSS et Europe de l'Est	x	3,5
Pays en développement	x	8,5
Autres pays	x	3,5

Le même annuaire donne les estimations de 1971 pour les réserves mondiales des principales sources classiques d'énergie. Ces estimations sont des moyennes entre les chiffres les plus optimistes et les chiffres les plus pessimistes.

.../...

Dans le tableau suivant est donnée l'échéance prévue d'abord par une étude du n° de septembre 1971 de "Scientific American", puis par le "Rapport du Club de Rome 1972".

Réserves mondiales 1971	Année d'épuisement	
	au plus tard	au plus tôt
<u>Charbon</u> 6.641.200 millions de tonnes	2500	2080
<u>Pétrole</u> 76.200 millions de tonnes	2100	1992
<u>Gaz naturel</u> 49.900 milliards de m <sup>3</sup>	2015	1994

Pour l'Uranium dont les réserves sont estimées à 761.400 tonnes, l'échéance est prévue entre 1980 et l'an 2000. Mais comme nous l'avons déjà vu l'avènement des réacteurs sur-régénérateurs pourrait largement la repousser. Mais c'est l'introduction de la fusion nucléaire dans l'industrie énergétique qui serait décisive. Et à ce propos, bien qu'il soit prématuré de se préoccuper de l'épuisement des "matières premières" que va nécessiter ce nouveau procédé, il est bon de savoir que la fusion par le moyen de la réaction deuterium-tritium ne nous mène au delà du milieu du 21<sup>è</sup> siècle.

Quant à l'énergie hydraulique, il convient seulement de retenir que si en tant que ressource, elle est illimitée, son utilisation pratique, on l'a vue, comporte des contraintes limitatives.

Ainsi, d'après les analyses les plus optimistes, il est prévu que la production de pétrole dans le monde passera par un sommet entre 1885 et 2000. Ceci étant, alors que la consommation annuelle d'énergie en l'an 2000 sera seulement 3 fois plus élevée qu'aujourd'hui, la moitié des réserves mondiales de pétrole aura déjà été employée. Et si rien n'était fait, il est plus que certain que vers le premier quart du 21<sup>è</sup> siècle, pétrole et gaz cesseront d'être des sources d'énergie appréciables.

Pour le charbon, l'objectivité nous commande de reconnaître que la situation paraît nettement plus favorable, tant au plan de l'estimation des réserves qu'à celui de la confiance à accorder à ces estimations.

Mais si le pétrole et le gaz arrivaient à s'épuiser et que seul le charbon doive faire face aux besoins énergétiques, il est certain alors que ses réserves restantes, n'en auraient pas pour longtemps.

Enfin pour l'Uranium, selon un rapport de l'Agence de l'Organisation de Coopération et de Développement Economique pour l'Energie Nucléaire (OCDE) et l'AIEA (Agence Internationale de l'Energie Atomique), il

...../.....

faut prévoir que le monde (sans compter l'Europe de l'Est, l'URSS et la Chine) aura besoin de 430.000 tonnes entre 1970 et 1980.

Si l'on se rappelle le chiffre des réserves mondiales correspondantes, on est tenté d'admettre que l'échéance prévue pour leur épuisement pourrait advenir plus tôt que prévu, à moins que d'ici là, les recherches sur les réacteurs sur-régénérateurs et sur la fusion contrôlée n'aient abouti.

Ainsi donc, sur le plan strictement quantitatif, doit-on attendre passivement que prochainement le pétrole et le gaz naturel s'épuisent d'abord, précipitant ensuite l'épuisement du charbon et de l'uranium, et l'exploitation jusqu'à la limite du potentiel hydraulique mondial, pour commencer à se préoccuper de leur trouver des solutions de remplacement ?

En attendant, une bonne partie de l'humanité semble n'être pas concernée par cette question et continue son gaspillage de l'énergie. Témoin, la trop grande disparité du niveau de la consommation d'énergie par habitant. Exprimée en kg équivalent - charbon, elle était en 1971 de 11.200 pour les Etats Unis, 4.500 pour l'URSS, 3.900 pour l'Europe de l'Ouest, 3.300 pour le Japon, et inférieur à 100 pour l'Afrique. La moyenne mondiale était alors de 2.000 kgs. Remarquons au passant, la singulière ressemblance ces chiffres et ceux correspondants relatifs au revenu par habitant.

## 2. Autres considérations

Par ailleurs, nous savons que les combustibles organiques (pétrole, gaz, charbon) sont utilisés comme matières premières dans l'industrie alimentaire, synthétique et pharmaceutique.

Alors, rien n'illustre mieux l'aspect anti-économique<sup>aléatoire</sup> et absurde de leur emploi dans l'industrie énergétique que cette réflexion de ce Spécialiste qui considère que : "l'homme en brûlant le pétrole ou le charbon dans la chaudière des centrales thermiques, agit comme cet imaginaire et richissime banquier qui décide de chauffer maison et bifteck avec un feu entretenu par des billets de banque !".

En fait il est aberrant de confiner les combustibles organiques dans ce rôle banal de pourvoyeur de chaleur, même si leur pouvoir calorifique ne les recommande pas particulièrement, même si on leur a trouvé des utilisations plus nobles, plus économiques.

Enfin, l'utilisation de toutes les sources conventionnelles sauf l'énergie hydraulique, s'accompagne de ce phénomène qui menace homme, faune et flore et ce jusque dans leur existence et qui a pour nom : pollution. Celle qui est dans les eaux sous forme de déchets de toute sorte, dans l'air sous forme de fumée de poussière et de gaz est bien dangereuse. Mais elle n'est rien à côté de la pollution radioactive.

Cependant, si l'homme peut lutter avec plus ou moins de fortune contre toutes ces pollutions (bien sûr en investissant des trésors pour ce faire), il est une forme de pollution peut-être la forme la plus insidieuse, contre laquelle il est difficile de lutter : c'est la pollution thermique, qui accompagne tout emploi énergétique des combustibles organiques et nucléaires et qui conduit à un relèvement progressif de la température globale de notre globe. Et les conséquences de ce phénomène sur la vie sont telles qu'on ne peut pas encore les évaluer complètement.

### III - LES NOUVELLES SOURCES D'ENERGIE AU SECOURS des SOURCES CLASSIQUES

#### - Position du problème

Après avoir exposé les limites des sources conventionnelles d'énergie au plan quantitatif et écologique notamment, il n'est plus besoin d'insister sur la nécessité de trouver de nouvelles solutions face aux besoins énergétiques croissants de la société. Par contre l'urgence de cette nécessité, n'est pas toujours perçue.

Pour introduire cette question, je pose à mon tour, ce problème que l'on soumet souvent aux petits écoliers français et que Peter Glaser a repris dans son introduction à un article du Courrier de l'UNESCO de janvier 1974.

C'est le problème du fermier, de l'étang et du nénuphar. Sur un étang, un nénuphar double de taille tous les jours.

En trente jours, la totalité de l'étang sera couverte et plus aucune créature ne pourra y vivre. Le fermier voudrait bien empêcher cette invasion, mais il a trop de choses à faire : il décide d'attendre pour agir que la plante ait couvert la moitié de l'étang.

Question : quel jour le nénuphar en sera-t-il là ?

Réponse : le vingt-neuvième jour ! C'est-à-dire que le fermier aura juste un jour pour sauver son étang.

Il y a une moralité que Mr. Glaser n'a pas tirée de cette image. C'est que l'étang sera perdu si pendant ce dernier jour le fermier tombait malade ou ne retrouvait pas l'outil avec lequel il devait travailler.

De toutes les façons, cette situation est étrangement similaire au genre de problème devant lequel notre société se trouve déjà placée. Je ne dis pas bien sûr, qu'elle en a pris totalement conscience, ni, encore moins, hélas qu'elle a pris ou accepté de prendre les dispositions conséquentes.

.../...

En effet, l'humanité, c'est notre fermier. Et, existence exige elle a trop de choses à faire. Dieu merci. L'étang qui se couvre, ce sont les réserves en sources classiques d'énergie qui s'épuisent rapidement, très rapidement.

Et bien, il devient qu'il ne faut pas que l'humanité attende que l'échéance de l'épuisement de ses réserves soit imminente, pour entreprendre d'arrêter le rythme de croissance exponentielle de leur exploitation. Il lui faut leur trouver une ou des solutions de rechange sans attendre.

Une fois que le danger est connu, l'humanité doit intervenir aussitôt. Elle doit faire, sans y être plus contrainte qu'aujourd'hui, une option économique et politique en faveur de la promotion des nouvelles sources d'énergie. Le cas échéant, son action, toujours sous la contrainte bien sûr, pourrait intervenir trop tard.

En tout état de cause, pour la survie de notre civilisation technique tant décriée, mais que nous subissons tous, bon gré, mal gré, pour l'équilibre du monde et l'avenir des générations futures, la société doit immédiatement consentir à la recherche dans le domaine des sources nouvelles d'énergie, les investissements qu'elle a consentis dans le domaine des sources d'énergie en passe de s'éteindre. Ceux-ci seraient inférieurs et en tout cas plus utiles que ceux accordés aux recherches dans le domaine militaire et aux entreprises de prestige national. C'est pour elle, une question d'éthique, mais également et surtout répons-le, une question de survie pure et simple. Si on ne peut plus eluder le problème, il reste cependant à s'y attaquer, et, le meilleur délai serait le mieux sans aucun doute.

### Les nouvelles sources d'énergie

#### I- Énergie éolienne

L'énergie éolienne, c'est l'énergie cinétique des vents utilisée à produire d'autres formes d'énergie. Actuellement pour un vent de 5 m/s de vitesse, on peut produire une vingtaine de W/m<sup>2</sup> ce qui veut dire que l'utilisation de petits aérogénérateurs (de l'ordre de 5 kw) est rentable dès que la moyenne annuelle du vent, atteint cette vitesse. De là, il ressort qu'elle ne peut pas convenir partout, étant donné que sa rentabilité est liée à la vitesse du vent.

.../...

Aux Etats-Unis par exemple, les vents qui soufflent sur le pays et ses eaux côtières, transportent une énergie potentielle de 10 fois supérieure aux besoins électriques prévisibles de ce pays en l'an 2000. Et les vents, il faut le dire, sont un phénomène qui se repète, donc que l'on peut prévoir. D'ailleurs dans les années 40, une installation expérimentale de 1000 kw fonctionnait dans l'Etat de Vermont aux Etats-Unis. Mais l'utilisation pratique de l'énergie éolienne date de plus longtemps encore, car en 1915, une éolienne produisait déjà 100 Mw au Danemark.

Selon les prévisions, l'énergie éolienne pourrait assurer 20 % de la production d'électricité de l'an 2000, grâce à l'emploi de turbines allant de 2 à 100 MW.

Pourtant cette énergie n'a pas trouvé encore d'application vraiment utile en Afrique de l'Ouest. C'est que les moyennes des vitesses du vent dans la plupart des régions considérées est basse. Par contre, sur les côtes de l'Océan Indien et en Afrique de l'Est où 80.000 éoliennes fonctionnent déjà cette forme d'énergie pourra jouer à l'avenir un rôle non négligeable.

## 2 - L'Energie marémotrice

C'est l'énergie que l'on peut tirer du mouvement du flux et du reflux dans des marées. Cette forme d'énergie est d'utilisation fort récente et la réalisation la plus connue dans ce domaine, est l'usine de la Rance en France.

Son rendement est généralement bas. Et son potentiel est estimé à quelques 567 milliards de KWH d'énergie par an, chiffre qui représente moins de 1 % de l'énergie consommée dans le monde en 1970.

C'est dire que son impact ne sera pas grand dans les bilans énergétiques du monde, y compris l'Afrique.

## 3 - L'Energie géothermique

Elle provient de la chaleur du magma terrestre. Il s'agit, en ce qui concerne son utilisation, de trouver un moyen d'extraction de cette chaleur que l'on rencontre dans les volcans ou dans les eaux chaudes présentes dans les sables des bassins sédimentaires profonds.

Cette forme d'énergie est exploitée depuis longtemps, puisque dans la région de Lardello en Italie, elle l'était déjà en 1904.

Cependant, son potentiel estimé actuellement à quelques 370.000KW ne semble guère de nature à peser lourd dans la balance des bilans énergétiques mondiaux. De surcroît elle ne se trouve pas partout. Les 3 grands centres de production sont la Californie du Nord, dans la Zone des geysers, Wairakei en nouvelle Zélande et l'Islande.

Cependant, si le procédé est convenablement appliqué, on pourrait exploiter une quantité d'énergie calorifique fabuleuse. Rien que dans le golf Stream, on estime la production possible à quelques 26 trillions de KWH/an.

Alléchante perspective, mais il reste à vaincre les écueils qui nous séparent d'elle.

### 5 - Energie solaire

L'Energie solaire, source d'énergie dont l'Afrique regorgent le plus et dont le cas est particulier, va être traité dans le chapitre qui suit. Même les pays industrialisés les moins ensoleillés s'y intéressent. Nous allons voir, si ce n'est pas la source qui résoudrait complètement et définitivement les problèmes énergétiques les plus importants ? Dans ce cas, elle serait la source et la seule, capable de mener nos Pays à l'indépendance énergétique.

## IV - ENERGIE SOLAIRE, VOIE POUR L'INDEPENDANCE ENERGETIQUE DE L'AFRIQUE

### L'Energie solaire, Voie pour l'indépendance énergétique de l'Afrique.

L'Energie solaire c'est la chaleur que le Soleil dispense à la terre, mais aussi la lumière qu'elle lui fournit. Cette chaleur et cette lumière peuvent être plus ou moins importantes selon les saisons, les conditions atmosphériques, mais elles existent toujours. Il est utile de préciser que la chaleur qui parvient au sol a deux composantes : l'une directe et prépondérante par temps clair et l'autre diffuse et prépondérante par temps couvert.

Cette chaleur provient des réactions dites thermonucléaires dont le soleil est le siège. Ce sont des réactions de synthèse ou de fusion atomique, au cours desquelles, l'hydrogène se transforme en hélium avec des masses atomiques respectives de 1 et 4. Ce cycle appelé Cycle de Bethe, produit une immense chaleur, puisque la température dans la masse de l'astre peut atteindre plusieurs dizaines de millions de degrés, alors que sa périphérie se comporte comme un corps noir porté à plus de 6000° C.

L'Energie Solaire est considérée comme une source nouvelle d'énergie, mais en fait, son utilisation est plus ancienne que celle de bien de sources classiques. En effet, sans remonter jusqu'au temps des Romains avec l'histoire de la flotte romaine incendiée par les "miroirs ardents" d'Archimède, on peut signaler que déjà en 1878 une machine à vapeur solaire avait été présentée lors d'une exposition, et que des installations similaires avaient été réalisées en Californie en 1901 et en Egypte en 1913.

Du point de vue rayonnement, la puissance rayonnée du Soleil est de  $8 \text{ Kw/m}^2/\text{S}$ . ~~En~~ <sup>Ainsi</sup> en considérant la superficie de la Terre, on pourrait se laisser aller à des extrapolations qui nous mèneraient à des chiffres vraiment fabuleux.

En effet, les radiations solaires qui parviennent au sol représentent un potentiel de 173 mille milliards de Kw dont :

- 30 % réfléchis vers l'atmosphère
- 47 % absorbés par l'atmosphère, la surface des terres et des mers et convertis en chaleur ;
- 23 % sont impliqués dans le cycle hydrologique : évaporation, convection, précipitation et écoulement.
- 0,2 % est responsable des divers mouvements atmosphériques et océaniques et des vagues.
- 0,02 % est absorbée par la chlorophylle des plantes vertes et devient par la photosynthèse, la source essentielle de l'énergie nécessaire à la croissance de toute vie.

Cette quantité de chaleur est énorme puisqu'elle représente 167000 fois la consommation mondiale actuelle, ce qui représente comme on l'a vu, près de 50.000 fois la consommation mondiale dans les 50 ans à venir !

Pour suffire aux besoins énergétiques d'une famille, il faut l'énergie recueillie et convertie par  $300 \text{ m}^2$  de convertisseurs placés sur le toit. Pour couvrir les besoins énergétiques de la France, il suffirait de l'énergie dispensée sur  $1000 \text{ km}^2$  : soit 0,2 % de sa superficie. Et pour couvrir ceux des Etats Unis, en l'an 2000, il faudrait couvrir 2 % de la superficie de ce pays avec des convertisseurs qui n'auront pas besoin d'avoir un rendement supérieur à 40 %, ce qui n'est évidemment pas, hors de portée.

Une surface de  $100 \text{ m}^2$  reçoit en moyenne  $1.000 \text{ Kcal/mn}$  soit pour une moyenne journalière de 8 h d'ensoleillement, près de 500.000 Kcal jour, soit l'équivalent thermique de 78 kg de charbon ou 55 litres d'essence.

Enfin la terre reçoit du Soleil l'équivalent de l'énergie contenue dans les 6.600 milliards de tonnes de réserves de chaleur, en l'espace, tenez vous bien ... d'une dizaine de jours.

Assurément du point de vue potentiel, aucune source d'énergie au monde (et le Soleil n'est pas d'ici bas) n'est comparable à l'Energie solaire.

A ce premier atout, qui parle en fait de son inépuisabilité, on peut ajouter d'autres :

- son universalité, c'est-à-dire que de toutes les sources d'énergie c'est la seule que l'on trouve sur place, là où on en a besoin.



premiers engins diesel, construit eux aussi sous forme de prototypes dans de très petits ateliers.

Donc tous ces inconvénients, s'ils sont et demeurent des obstacles réels, c'est simplement, comme on l'a souligné à la Conférence de Paris de 1973, parce que pour les lever deux comportements sont indispensables :

- le premier est d'ordre psychologique et il consiste à vouloir sortir des sentiers battus.

- le second est d'ordre économique et politique et consiste à vouloir se libérer des pressions exercées par les monopoles actuels d'extraction et de commercialisation énergétique. Assurément trop d'intérêts seront compromis avec l'avènement de l'énergie solaire. Voilà pourquoi le chien énergie solaire est accusé de rage.

Pourtant, déjà pour les chauffe-eau, les distillateurs, le chauffage des immeubles dans plusieurs parties du monde, sont devenus compétitifs. C'est ainsi qu'à l'heure actuelle, le Japon compte à lui seul plus de 5.000.000 de chauffe-eau en fonctionnement. En Australie, en Israël, aux Etats Unis, en URSS, leur utilisation est également courante.

- Au Mali une opération de vulgarisation des chauffe-eau solaires est en cours : plus de 100 appareils fonctionnent déjà. Des travaux sont en cours sur la distillation, le séchage, la cuisine....

En outre dans certaines régions deshéritées du monde, particulièrement en Afrique, le problème de l'exhaure de l'eau pour les besoins pastoraux est un problème crucial. Dans ces régions reculées et loin de toute civilisation le pompage solaire (par le moyen du moteur ou des cellules solaires) est devenu économique. En effet, les difficultés d'entretien et d'exploitation (acheminement des pièces de rechange, du personnel d'entretien, du carburant) font que les groupes motopompes cèdent du terrain un peu partout en Afrique et dans le monde : Témoins la centaine de pompes solaires et la centrale solaire d'irrigation de 30 kw que le Mexique a installées, témoin aussi l'option qui commence à se dessiner en Afrique de l'Ouest avec les pompes solaires du Niger, Mauritanie, Tchad, Haute-Volta, Sénégal, Mali et les centrales d'irrigation de 50 kw projetées pour le Sénégal et le Mali.

Dans le domaine de la production d'électricité, la première cellule solaire réussie date de 1953. Ces cellules ont connu un réel développement grâce à leur utilisation dans le domaine de la recherche spatiale. Mais leur coût est encore excessif pour les utilisations terrestres.

.../...

Par ailleurs les recherches continuent péniblement un peu partout à travers le monde, dans le domaine de la conversion directe de l'énergie solaire en froid, des centrales thermiques solaires, de la climatisation solaire.

A ce propos, on expérimente en Turkménie des installations héliotechniques, valables pour des immeubles de quatre étages et qui assurent le conditionnement de l'air, la production d'eau chaude (300 litres par famille et par jour) et le chauffage des appartements. Le coût global de construction en est augmenté de 4 à 6 %. Mais grâce aux économies de combustible et d'électricité, l'investissement est amorti en 2 ou 3 ans.

Mais pour imposer l'énergie solaire, il faut arriver à une consommation massive, ce qui va correspondre à une exploitation massive. C'est le sens de ce projet de la Nasa, qui consiste à satelliser des convertisseurs géants qui pourraient ainsi recevoir plus de rayons solaires que sur terre et ce, 24 heures 24. L'électricité produite sous forme de micro-ondes serait transmise à la Terre. Mais ce projet coûterait excessivement cher.

Donc là, comme dans beaucoup d'autres domaines encore, l'énergie solaire se heurte à un problème d'investissement, de coût, de compétitivité.

Car l'industrie, et elle le reconnaît, n'est pas prête à investir sans marché assuré. Or le marché ne se matérialise qu'une fois devenu compétitif, le coût du matériel : Excellent dilemme, d'où ne pourra sortir l'énergie solaire que si les gouvernements et l'opinion publique prenaient conscience de l'enjeu que représente l'énergie solaire pour l'avenir énergétique du monde.

Et cette prise de conscience doit se faire au plus tôt parce que si l'énergie solaire doit s'imposer demain comme la solution aux problèmes énergétiques, ce ne sera peut être pas à cause de son inépuisabilité (puisque d'ici la fin des combustibles fossiles, on aura espérés-le) résolu le problème des réacteurs sur régénérateurs et peut être même celui de la fusion contrôlée). Elle s'imposera parce qu'elle ne pollue pas, et que si on peut lutter contre toutes les sortes de pollution (en engloutissant bien sûr des trésors) on ne peut pas lutter contre la plus incidieuse d'elles : la pollution thermique.

A notre avis, l'énergie solaire constitue en tout état de cause, la solution future des grands problèmes énergétiques : énergie première, énergie par excellence, elle est la seule dont le potentiel et les qualités répondent à ce grand dessein, tout en reconciliant l'homme avec son milieu ambiant, avec son environnement.

.../...

## CONCLUSION

-:-:-

L'examen des différentes sources d'énergie nous a montré que parmi toutes les sources d'énergie, seule l'énergie hydraulique jouera un rôle appréciable dans l'avenir énergétique de nos Pays.

Mais en fait, la solution globale des problèmes énergétiques mondiaux (au plan quantitatif et qualitatif) se trouve dans l'exploitation de l'énergie solaire. Et puisque la plus prodigieuse richesse de notre continent est l'énergie solaire, seule, elle pourra assurer notre indépendance énergétique. Et nous y croyons parce que la crise de l'énergie a mis davantage en relief l'importance primordiale de l'énergie, sans laquelle, il n'y a point de développement. Elle a également mis en relief l'importance primordiale de l'énergie, sans laquelle, il n'y a point de développement. Elle a également mis en relief la fragilité de nos économies qui sont loin d'être indépendantes et qui ne seront prospères que

## CONCLUSION

L'examen des différentes sources d'énergie nous a montré que parmi toutes les sources d'énergie, seule l'énergie hydraulique jouera un rôle appréciable dans l'avenir énergétique de nos Pays.

Mais en fait, la solution globale des problèmes énergétiques mondiaux (au plan quantitatif et qualitatif) se trouve dans l'exploitation de l'énergie solaire. Et puisque la plus prodigieuse richesse de notre Continent est l'énergie solaire, seule elle, pourra assurer notre indépendance énergétique. Et nous y croyons/<sup>par ce</sup> que la crise de l'énergie a mis davantage en relief l'importance primordiale de l'énergie, sans laquelle, il n'y/<sup>a</sup> point de développement. Elle a également mis en relief la fragilité de nos économies qui sont loin d'être indépendantes et qui ne seront prospères que si elles le devenaient. Mais comment le devenir sans sources d'énergie garanties, suffisantes et propres ?

Nous y croyons parce que nous croyons en l'avenir de la science. Et les premières réalisations solaires sont encourageantes. A ce propos, à ceux qui, chantres du progrès, ont oublié jusqu'à l'origine de ce progrès lui même et s'obstinent à ne voir dans les installations héliotechniques que, des improvisations ingénieuses certes, mais sans grand avenir, nous disons que l'erreur est humaine et partant excusable. Mais ce n'est pas tout, je voudrais leur rappeler pour finir, que la machine de WATT aussi, le moteur de Diesel aussi, la turbine de Laval aussi, les fusées de Tsiolkovski aussi, ont paru n'être que des bricolages à ceux des contemporains qui avaient comme eux, il faut le dire, une vue plutôt courte des choses et de l'avenir.

=====

Bamako, 16 Janvier 1976

Cheickné TRAORE.

## COMPTE-RENDU DES DEBATS DE LA CONFERENCE

Au terme de son Exposé, le Conférencier a bien voulu répondre aux nombreuses questions qui lui ont été posées par l'assistance et qui portèrent notamment sur :

I - question : Le principe du fonctionnement de l'Energie solaire en général et des Pompes Solaires en particulier.

Réponse - Le Conférencier a répondu au moyen de schémas reproduits en annexe au texte de la Conférence :

- (1) Centrale thermique classique (page        )
- (2) Centrale nucléaire (page        )
- (3) Schéma du turbo-alternateur solaire (page        )
- (4) Pompe Solaire de KW (type Diofila) page

Il souligna deux aspects de l'utilisation de l'Energie solaire : la lumière et la chaleur. L'utilisation de la lumière se rencontre dans les photopiles. Quant à celle de la chaleur, il existe deux moyens d'y parvenir : avec ou sans concentration des rayons sur le récepteur.

2 - question : Les piles solaires.

Réponse - Ces piles qui ne sont pas des piles ordinaires mais qui sont constituées de cellules composées de matériaux semi-conducteurs permettent la récupération de l'énergie et sa transformation en courant électrique. Ces piles peuvent stocker une quantité limitée d'électricité dans des batteries pour une utilisation ultérieure.

3 - question : La situation de la Recherche au Mali.

Réponse - La Recherche, commencée depuis 1969, a abouti à des résultats concrets en ce qui concerne essentiellement les chauffe-eau, les cuisinières, les appareils de distillation et les séchoirs. Bien que les résultats soient directement exploitables dans tous ces domaines, il n'est guère possible de vulgariser tout à la fois. Aussi le Laboratoire a-t-il mis l'accent sur les chauffe-eau. Une centaine sont déjà en exploitation, et plus de 150 sont actuellement disponibles. Pourtant tous les domaines sont riches de possibilités. Ainsi le séchage des fruits et notamment des mangues, permettrait de remédier aux ruptures de stocks ; le séchage du poisson, au phénomène d'insecticidation ; celui de la viande, d'améliorer l'alimentation en protéines. Aussi l'impact sur l'économie du Pays serait-il décisif.

Le Gouvernement ayant pris conscience de l'importance de l'énergie solaire, le Laboratoire installé à Darsalam est en train de s'équiper. Si les crédits peuvent être considérés comme insuffisants sur le plan absolu, il n'en est pas de même au niveau relatif. Le problème de la Recherche est essentiellement un problème de moyens. Un Organisme extérieur privé la CIMADE nous vient en aide pour certains de nos programmes. Le Laboratoire s'intéresse actuellement aux problèmes de la climatisation. Mais les domaines de la recherche sont vastes : réfrigération, séchage, production d'électricité, etc...

4 - question : Les dangers de l'Energie Solaire ?

Réponse - Le Conférencier a montré, à partir de l'exemple de la cuisinière solaire, que les dangers de l'énergie solaire sont moindres et pratiquement même inexistantes : l'énergie, si elle est importante (450 à 500 degrés), est concentrée à l'intérieur de la zone focale qui représente une surface très limitée. Il n'y a rien à craindre non plus pour la vie végétale.

5 - question : Les possibilités de lutte contre le chauffage au charbon de bois et la déforestation, le Conférencier voit une possibilité de solution dans la vulgarisation de petits appareils à énergie solaire.

6 - question : La compétitivité de l'énergie solaire.

Réponse - Le problème de la compétitivité de l'énergie solaire, compte-tenu de son stade d'expérimentation, est pour l'instant un faux problème. Le vrai problème est pour lui, le problème technologique : il convient de subventionner l'énergie solaire pour compenser son manque de compétitivité actuelle afin de préserver l'avenir. Le Conférencier n'en pense pas moins que les prix des chauffe-eau, qui doit être fixé par des Textes au niveau du Laboratoire, n'excéderait pas 200.000 francs maliens. Ce qui fait que cet appareil est plus économique que n'importe quel autre utilisant toute autre source de chaleur.

7 - question : La pompe solaire de DIOILA.

Réponse - Cette question fait l'objet d'une Note en Annexe (page )

8 - question : Le stockage de l'énergie solaire.

Réponse - On conçoit Généralement deux types de stockage de l'énergie solaire :

- le stockage thermique qui consiste à porter et conserver un fluide caloporteur à une certaine température, en vue d'une utilisation ultérieure ou immédiate du potentiel thermique ainsi obtenu.

C'est le cas par exemple des chauffe-eau solaires : des capteurs exposés au soleil contribuent à chauffer l'eau qui sera stockée dans des féservoirs que l'on calorifuge pour limiter les déperditions (le réservoir devient une sorte de thermos). C'est cette eau chaude stockée que l'on peut utiliser ultérieurement quand il n'y a plus de soleil pour faire fonctionner l'appareil.

- le stockage électrique que l'on réalise au moyen de cellules solaires débitant dans des batteries spéciales conçues à cet effet. Contrairement au premier principe, le stockage électrique permet de constituer une réserve d'énergie (sous forme électrique).

- signalons un autre mode de stockage différent des deux premiers. Dans ce cas, on stocke non pas l'énergie mais le produit obtenu grâce à un système mû par l'énergie solaire pendant le jour. Citons en exemple le pompage solaire qui permet de pomper et de stocker dans le château d'eau suffisamment d'eau et pour l'utilisation diurne et pour l'utilisation en l'absence de soleil.

9 - question : les possibilités d'irrigation par les pompes à énergie solaire.

Réponse - Le pompage grâce à l'énergie solaire peut s'avérer fort intéressant dans nos Régions dépourvues d'énergie conventionnelle, mais dont les possibilités agricoles sont immenses. En effet, la maintenance d'une telle installation solaire n'exige pas une main d'oeuvre importante et qualifiée. Une visite technique périodique tous les 6 à 12 mois suffirait pour en assurer le bon fonctionnement. Les possibilités d'irrigation par l'énergie solaire sont illimitées au Mali.

10 - question : Le transport de l'énergie.

Réponse - Le problème ne se pose plus en énergie solaire quand on sait que l'énergie solaire existe et est exploitable sur place là où on en a besoin ; quand on sait aussi qu'il est souvent plus économique d'installer des petites centrales pouvant desservir les localités à partir de grosses centrales en vue d'une distribution de l'énergie électrique à des localités situées à des centaines de kilomètres des dites centrales.

11 - question : La durée de chauffage pour avoir de l'eau à 100°.

Réponse - Elle dépend d'un certain nombre de facteurs :

- . l'ensoleillement, donc de la climatologie.
- . du système de captation (système plan, système focalisant, ou système combinant les deux premiers.
- . de la surface et de la conception du dispositif de captation
- . bien sûr du volume d'eau à chauffer.

Exemple : Aux mois d'avril et mai nos chauffe-eau de 180 litres peuvent atteindre des températures de l'ordre de 80° centigrades au bout de 7 heures de fonctionnement pour une surface de captation de 2,56 mètres carrés environ.

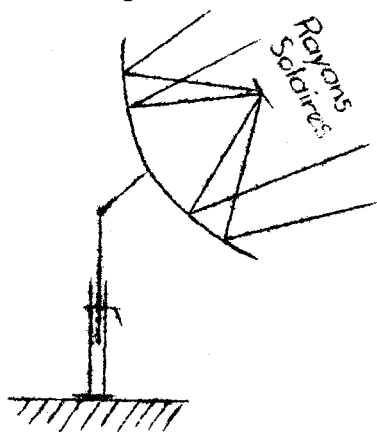
Avec les chauffe-eau il n'est pas nécessaire d'atteindre 100°. Mais pour y parvenir il faudrait apporter des améliorations au système de captage de l'énergie solaire (capteur à vitrage multiple ou avec surface sélective).

Dans le cas de la cuisinière solaire (avec le système utilisant la concentration) : une marmite de 10 litres environ remplie d'eau, placée au foyer de notre prototype de cuisinière, donnera de l'eau bouillante (100°) en moins d'une demi heure au mois de mars avril.

.....  
 ....  
 ....  
 ....

## ANNEXE : PRINCIPES DE CAPTATION DE L'ENERGIE SOLAIRE

Deux principes de captations sont principalement utilisés  
énergie solaire :



### a) Captation avec concentration

Le procédé utilise une surface réfléchissante de forme appropriée pour concentrer le rayonnement solaire direct dans la zone d'utilisation. Ce mode permet d'obtenir de grande puissance, mais ne fonctionne qu'avec la présence effective du soleil.

Application : cuisinière, four solaire, etc....

Cette captation permet d'obtenir de hautes températures qui sont fonction d'ailleurs de la surface du récepteur. Cependant le procédé n'est opérationnel que par temps découvert.

### b) Captation sans concentration

C'est le procédé utilisé pour nos chauffe-eau " CONFOSOL ", c'est-à-dire confort solaire. Le captateur ou insolateur se compose de trois parties :

- le vitrage
- la surface absorbante
- l'isolation

Le rayonnement solaire diffus, direct ou global traverse le vitrage et arrive à la surface recouverte d'une couche sélective ( qui peut être un dépôt métallique, ou tout simplement de la peinture noire ) absorbe le rayonnement solaire et

s'échauffe à une température élevée. Un fluide ( eau, chlorure de méthyl, etc... ), en contact avec la surface absorbante sert de colporteur de celle-ci à l'utilisation.

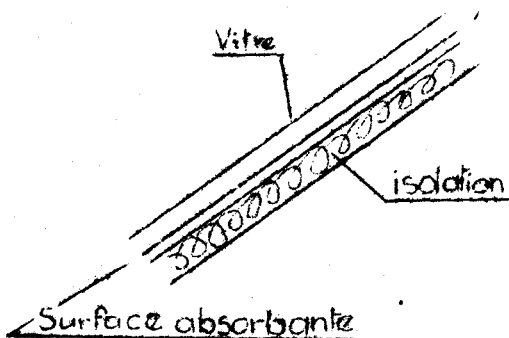
Le vitrage protège la surface réfléchissante contre la poussière et la pluie. Il possède aussi la propriété de ne pas se laisser traverser par la chaleur qu'émet un corps chauffé, de ce fait il sert d'écran à chaleur de la surface absorbante qu'il ne laisse pas passer à l'extérieur. C'est cette propriété de la vitre qu'on appelle effet de serre. L'isolation permet de garder la chaleur de la surface chauffante.

La captation sans concentration est utilisée pour l'obtention de basse température.

Les pompes solaires, type MASSON GIRARDIER, les distillateurs, les chauffe-eau " CONFOSOL ", les séchoirs, etc... utilisent les capteurs sans concentration ou capteurs plans. Ce type de captation présente l'avantage par rapport au type avec concentration d'une entretien et d'une utilisation facile. Effect ces capteurs ne nécessitent pas la poursuite du soleil dans sa course, et son entretien se limite seulement au nettoyage du vitrage. En plus, les capteurs plans peuvent être utilisés même par temps peu ensoleillé.

Pour la production d'électricité à partir du rayonnement solaire il existe plusieurs possibilités :

- l'utilisation de la lumière solaire pour les photopiles
- l'utilisation de la chaleur solaire dans les thermopiles
- l'utilisation de la chaleur solaire avec concentration dans les centrales solaires à vapeur et sans concentration....





ANNEXE : PRINCIPES SOMMAIRES D'UNE STATION DE POMPAGE SOLAIRE  
A COLLECTEURS PLANS

DESCRIPTION :

Les pompes solaires à collecteurs se composent essentiellement de :

1. Une batterie d'insolateurs destinée à chauffer de l'eau circulant en circuit fermé par thermo-siphon et qui peut servir utilement de toiture
2. Un moteur solaire mécanique qui fonctionne grâce à un cycle thermique à basse température.
3. Un hydropompe destiné à l'exhaure, comprenant une presse hydraulique située près du moteur, et une pompe à piston commandant la pompe hydraulique au fond du puits.

L'accès du puits n'est absolument pas gêné car la commande de la pompe du puits est hydraulique et ainsi le moteur solaire peut être installé à plus de 50 mètres de ce dernier.

FONCTIONNEMENT

Les pompes solaires fonctionnent grâce à un cycle thermodynamique. La chaleur solaire est captée sur une surface plane noircie ou capteur. Dans le capteur circule de l'eau qui s'échauffe. Cette eau chauffée circulant en circuit fermé vaporise dans le bouilleur du cutane dont la vapeur fait tourner le moteur à piston. Le moteur transmet par courroie son mouvement à la presse hydraulique et à la pompe à réinjection. La vapeur à sa sortie du moteur est liquéfiée dans le condenseur, refroidi lui aussi par l'eau pompée du puits. Une pompe réinjecte le butane liquide du condenseur au bouilleur et le cycle recommence.

Le complexe solaire installée à DIOILA par la SOFRETES est, pour l'hydraulique villageoise, un exemple particulièrement intéressant d'intégration des pompes solaires à l'habitat. A DIOILA, un dispensaire a été construit dont le toit est constitué par les capteurs qui fournissant l'énergie nécessaire au fonctionnement de la pompe.

CARACTERISTIQUES DE LA STATION

Surface du collecteur : 80 m<sup>2</sup>  
 Débit : 3 m<sup>3</sup> /H en moyenne  
 Hauteur manométrique : 30 m  
 Durée de fonctionnement : 5 H en moyenne  
 Réservoir de stockage : 23 m<sup>3</sup>  
 Date de mise en route : le 16 Avril 1975

BIBLIOGRAPHIE

- Notices publicitaires des pompes solaires
- Centrales de pompage I - 25 - 50 - 100 KW ; aspects techniques
- Fiche de renseignements pour l'installation de station de pompage solaire SOFRETES
- " Les Pompes Solaires " par J.P. GIRARDIER ( Thèse )

BIBLIOGRAPHIE

In : Courrier de l'Association, n° 29,, Janvier-Evriier 1975

In : Le Courrier de l'UNESCO, Janvier 1974

Rapport du Club de Rome 1972

Rôle et importance de l'énergie solaire dans les Pays en voie de développement

In : Une étude du Laboratoire Solaire de Bamako, Octobre 1975

IM : Industries et Travaux d'Outre-Mer , Décembre 1974

BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

- Consulter la Bibliothèque du Laboratoire de l'Energie Solaire à Darsalam.  
B.P. 134 BAMAKO Tél. 230. 41

- Salle de Documentation du Centre DJOLIBA :  
PETER, J.E.

Un impératif pour l'Afrique la construction de barrages hydro-électriques  
Une énergie totalement nationale.

In : Industrie Infrastructure n°102 , I/II/75, p.29-62

Crise de l'Energie et Avenir du monde

In : Informations et Commentaires n°7, 1973 - 1974, p. 1-60

Sergent, Jean-Pierre  
Branchez vous sur le soleil

In : Le Sauvage , n°8, Décembre 1973 p. 34-44

ALEXANDROFF, J.M. et G. , GUENNEC, M. , GIRARDIER, P.

L'Energie solaire au service de l'agriculture : pompage de l'eau en zones arides ( Rapport établi à la suite des travaux du Professeur Masson; Université de DAKAR )

In : Planification, Habitat, Information ( SMUH ) n° 80, Juin 1975, p.34-49

Beauventre, Jean-Jacques  
Une pompe solaire à la disposition des Pays Sahéliens

In : Sciences et Techniques , n°13, Avril 1974, p. 48-52

CAMARA, Djibril  
Une énergie venue du ciel

In : Afrique Nouvelle ( DAKAR ) n°1303, 19/25 Juin 1974 p. II-15

COT, Ginette  
Demain, le soleil ?

In : L'Economiste du Tiers-Monde, n°9, Octobre Novembre 1975, p.38-40

ARRICHI de CASANOVA, Jacques  
Eau et soleil. Les pompes solaires à usage agricole sont-elles déjà opérationnelles ?

In : Actuel Développement, n°5, Janv.-Févr. 1975, p. 27-32

Energie solaire - Mission d'Etude du PNUD dans les pays du Sahel

In : Marchés Tropicaux, n° 1538, 2 Mai 1975, p. 1307

Opération "Le soleil contre la famine"

In : Croissance des Jeunes Nations, n° 145, mars 1974, p.37.

DESVIGNES, Michel

Dans quelques années l'énergie solaire pourrait transformer la vie au Sahel.

In : Le moniteur Africain, n°717, 26 Juin 1975, p.5-6

BERARD, Jean-Pierre

Une technologie au service du Tiers-Monde.

In : Sciences et Avenir, n° 343, Septembre 1973 p.815-816

L'Énergie solaire, chance de l'Afrique ? Lz FED a son mot à dire ?

In : Telex-Afrique, n° 36, 23 Mai 1975, C 3 et 4.

Énergie solaire. Possibilités d'utilisation dans les pays du Sahel

In : Etudes et Documents, Ministère de la COOPÉRATION, N°18 Juin 1975  
p. 45

La Station de pompage de Chingetti ( Mauritanie )

In : Europe Outre Mer, mai 1973, p; 44-46.

L'utilisation de l'énergie solaire pour les pompages d'eau dans les régions arides ou semi-arides. - Les applications en Afrique de l'Ouest et du Nord.

In : Industries et Travaux d'Outre Mer, mai 1974, p. 464-467

Le texte des résolutions adoptées par la Conférence des Ministres ONU/CEA, mars 1975 sur : Utilisation de l'énergie solaire dans les Pays Africains.

POLGARS; S.

L'énergie solaire au service de la formation : la télévision scolaire au Niger.

In : Planification; Habitat, Information ( SMUH ), n° 80, Juin 1975 p.27-33

RENEAU, Jean-Pierre

En Afrique, des pompes solaires combattent la sécheresse.

In : Croissance des Jeunes Nations, n°153, Nov.1974,P.31-32

VERGUESE; Dominique

La technique française au Mexique et au Sahel.

Des pompes solaires à tout faire.

In : Le monde, 9 Juillet 1975, p. 9-10

Solar Energy in developing countries : perspectives and prospects.

In Ekistics, N°225, August 1974, p.88-104

Nex sources of energy and economic development

Solar energy. Tidal energy. Wind energy. Geothermic energy. Thermal energy of the seas.

In : United Nations. p.3-43

Un conventional energy sources

A select Bibliography : 680 entries, 63 pages, February 1974

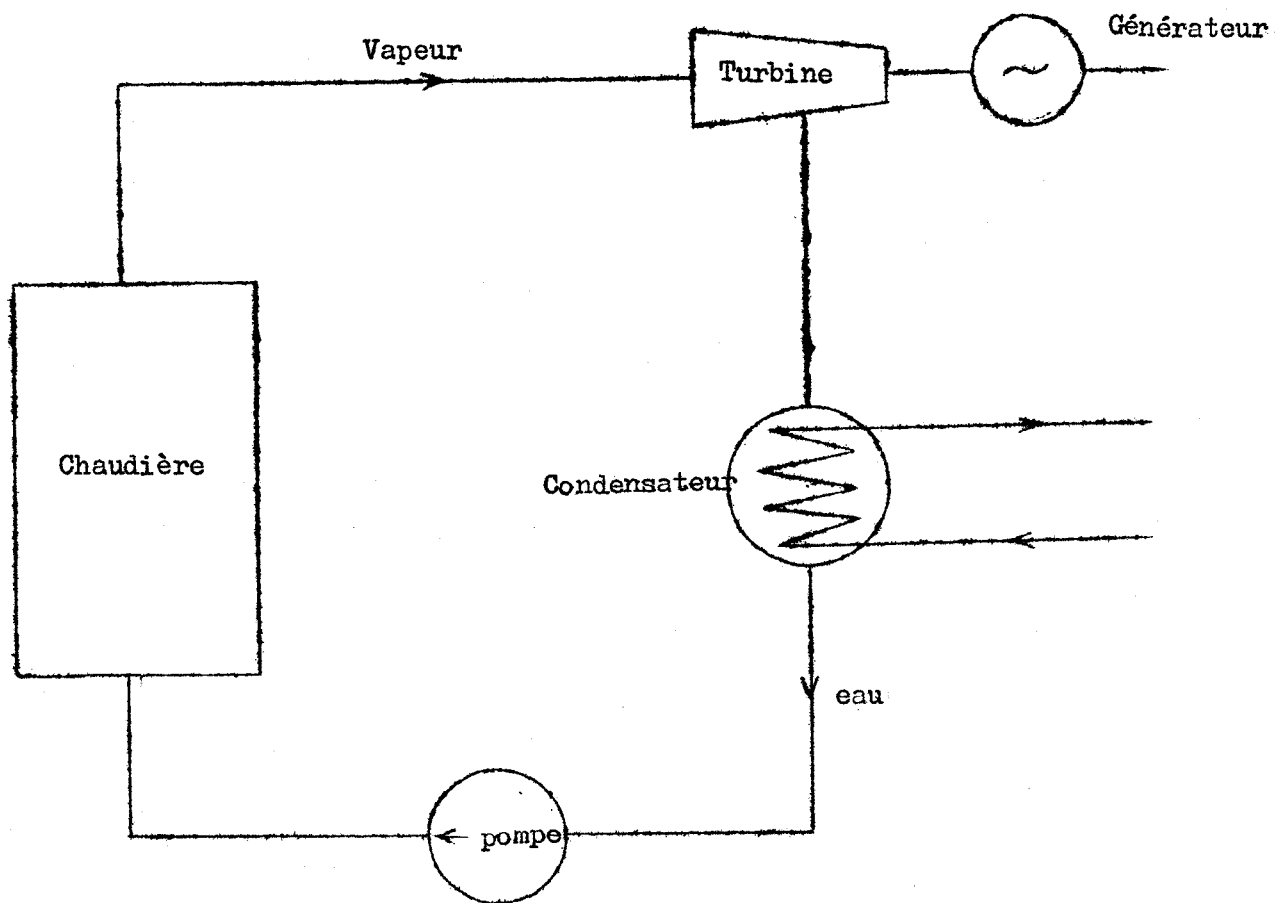
Compiler LAPEYSEN, E.

Institutions susceptibles de fournir des renseignements sur les possibilités d'application de l'Energie Solaire :

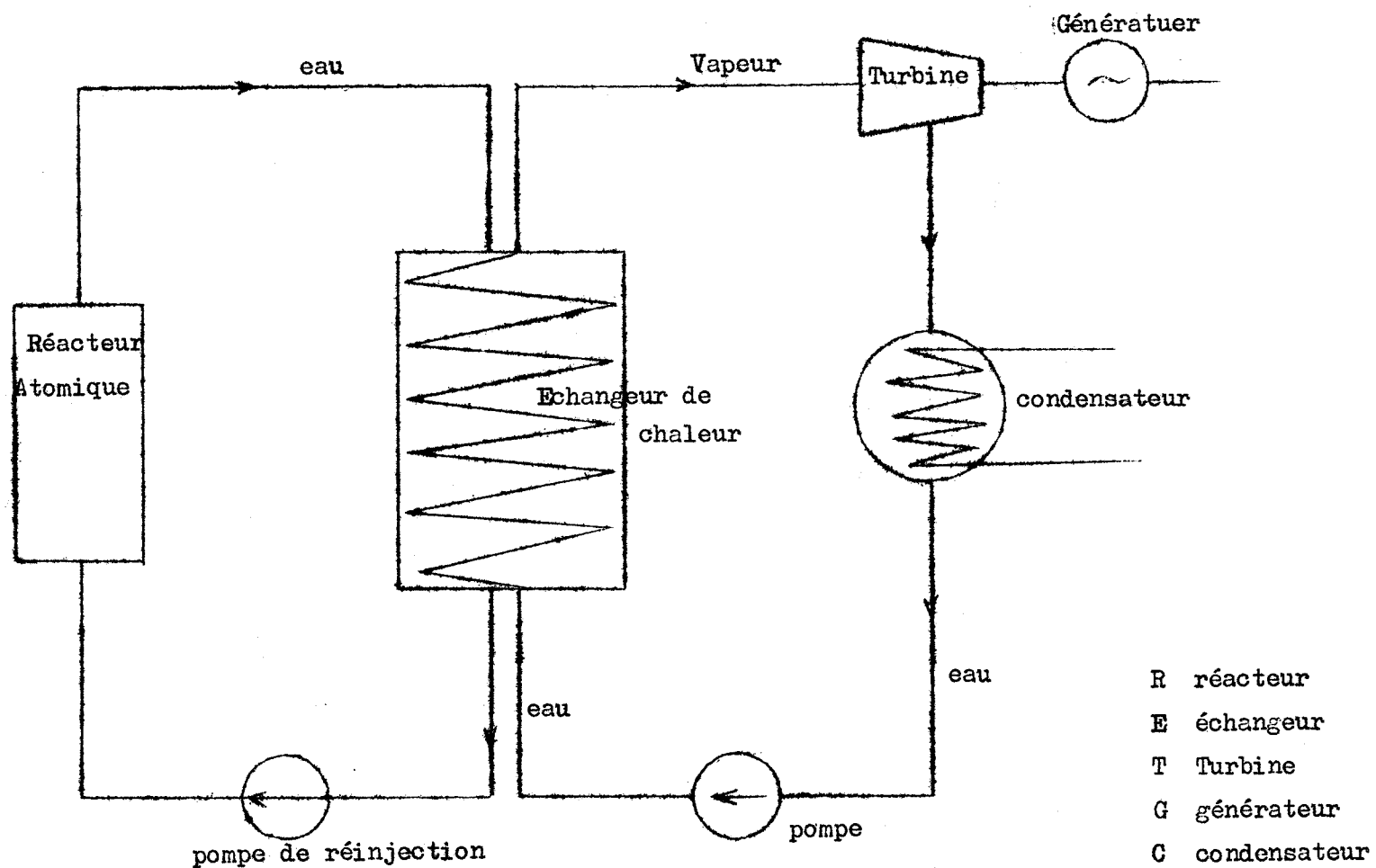
Laboratoire d'Hélio-Technique de la Faculté de Provence  
Annexe St-Jérôme  
Marseille 13.

Ets MENGIN ( Pompe Solaire )  
220, rue Emile Mengin  
45. MONTARGIS

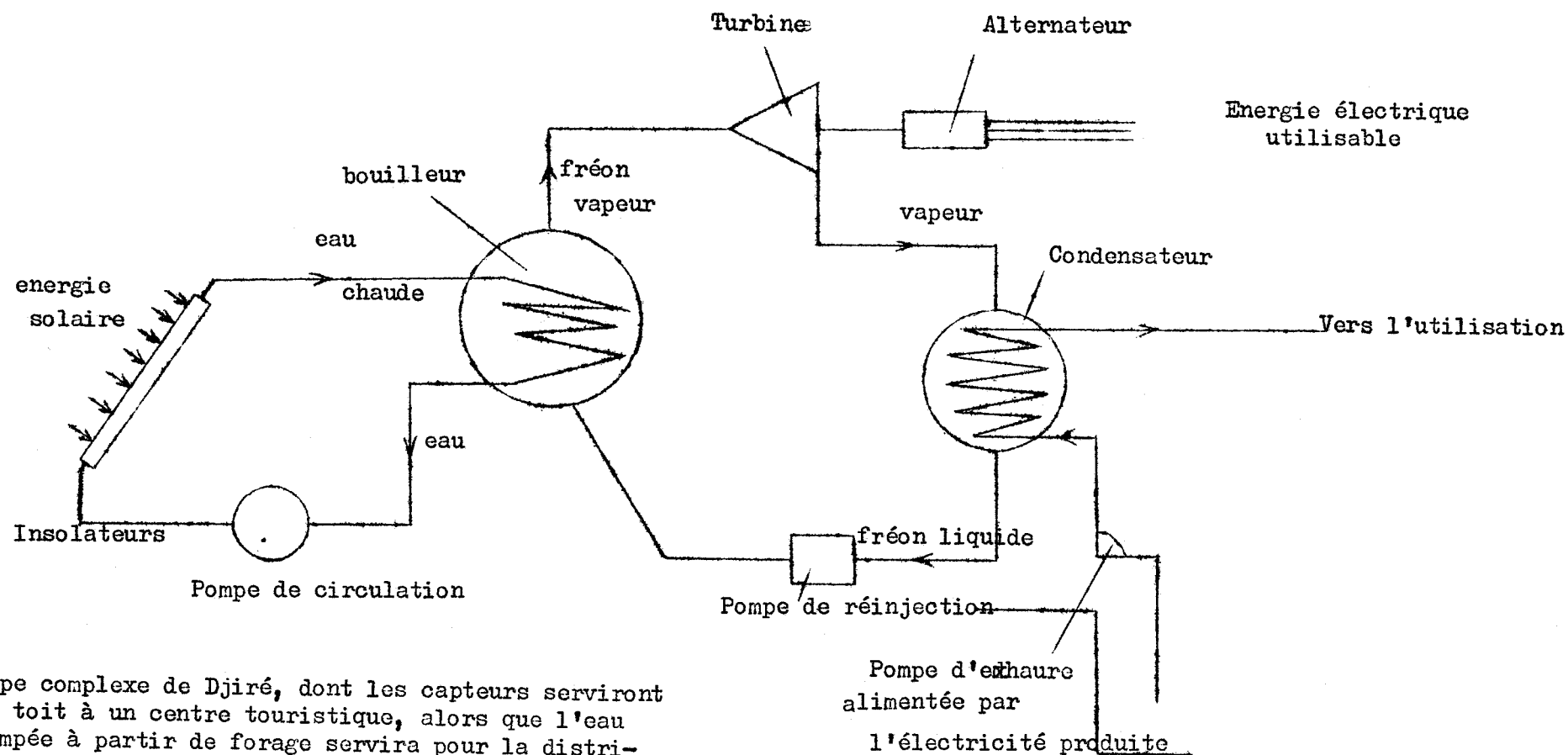
CIREO, Centre International de Recherches sur l'environnement et le Développement. Maison des Sciences de l'Homme  
54, Boulevard Raspail  
Paris 6ème



CENTRALE THERMIQUE CLASSIQUE

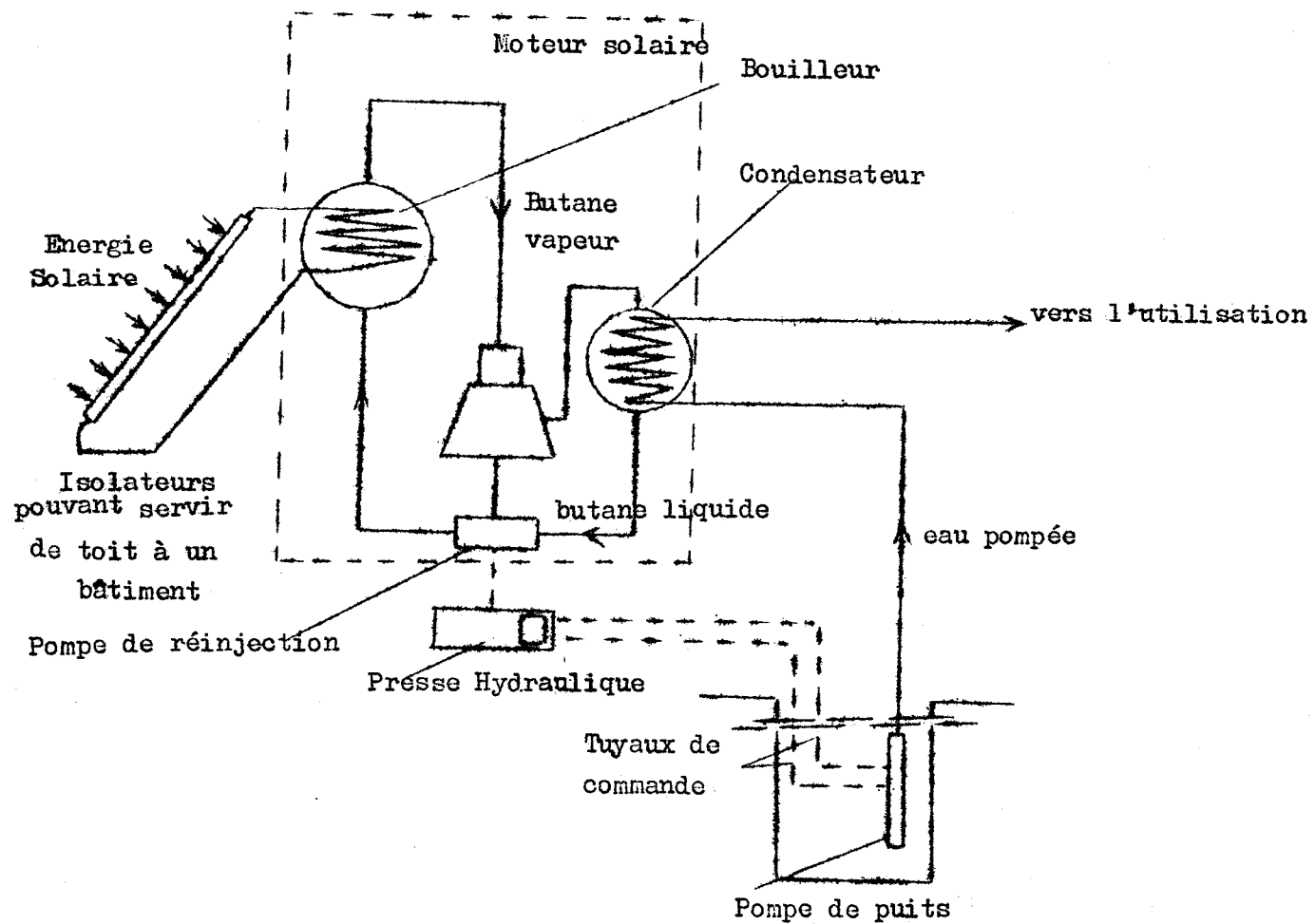


CENTRALE NUCLEAIRE  
avec échangeur de chaleur unique



Type complexe de Djiré, dont les capteurs serviront de toit à un centre touristique, alors que l'eau pompée à partir de forage servira pour la distribution d'eau courante à la population et l'eau pompée du fleuve à l'irrigation de plus de 100 ha.

REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU TURBO  
ALTERNATEUR SOLAIRE



POMPE SOLAIRE DE 1 KW

( type Diofla )