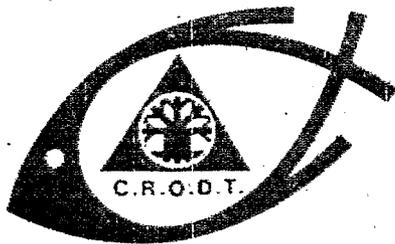


ISSN 0850-1602

UN APPOINT D'EAU DOUCE DANS LES ILES DU SALOUM ?
ETUDE EXPERIMENTALE DES POSSIBILITES
DE PRODUCTION LOCALE D'EAU DOUCE

J. PAGES
C. CHABOUD
F. LALOË
P. SAGNA
I. SOW



22 AVR. 1992

ORSTOM Fonds Documentaire
N° : 35.230 ex 1
Cote : B

DOCUMENT
SCIENTIFIQUE

CENTRE DE RECHERCHES OcéANOGRAPHIQUES DE DAKAR - TIAROYE

* INSTITUT SÉNÉGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES *

NUMÉRO 112
DÉCEMBRE 1988

UN APPOINT D'EAU DOUCE DANS LES ILES DU SALOUM ?

ETUDE EXPERIMENTALE DES POSSIBILITES

DE PRODUCTION LOCALE D'EAU DOUCE

p a r

J. PAGES(*), C. CHABOUD(*), F. LALOE(*)

P. SAGNA(**), I. SOW(**),

R E S U M E

La pénurie d'eau douce dans les îles du Saloum (Sénégal) est décrite en comparant la structure démographique des populations aux ressources en eau (puits et forages) généralement saumâtres.

Le principe général des distillateurs solaires est rappelé. Nous présentons deux modèles réalisés avec des matériaux peu sophistiqués, nous en avons testé un en fonctionnement réel sur le terrain. Ces modèles, ou des variantes améliorées, seraient réalisables par les populations concernées.

La rentabilité financière reste assurée avec un remplacement total du vitrage tous les 4 ans. Les autres facteurs de décision (approvisionnement indépendant en eau potable) ne sont pas chiffrables.

A B S T R A C T

FRESHWATER FOR THE SALOUM ISLANDS ?

THE POSSIBILITIES OF SOLAR STILLs

Several islands dot the Saloum pseudo-delta (Senegal, West Africa). This "inverse estuary" is hyper saline. Fresh water is becoming scarce, mostly due to a prolonged drought. We describe the extent of this scarcity, comparing the population needs with the available water supply (wells or borings, generally brackish).

After a reminder of the general principles of solar stills, we describe two models built from traditional materials, one of

(*) chercheurs ORSTOM affectés au CRODT. (ISRA)
(**) techniciens au CRODT.

these has been run under realistic conditions in the bush. These models, with further possible improvements, could be built and used by populations.

Financial analysis shows that such a still remains competitive if the whole glass cover lasts for more than 4 years. Availability of an independant supply of pure water is a factor which cannot be quantified as a decision orienting factor.

I N T R O D U C T I O N

Dans les îles du Saloum, assez marécageuses, se pose paradoxalement un problème d'eau douce pour les populations. Ceci est le cas également pour d'autres villages lacustres (Ganvier, au Bénin). Le problème est ici d'autant plus accusé que les eaux environnantes sont salées (eau de mer). Les puits traditionnels, exploitant l'eau des nappes phréatiques, sont devenus insuffisants. L'évolution démographique ne semble jouer qu'un faible rôle ; la diminution des pluies a été le facteur prépondérant.

Dans les sociétés urbanisées, la distribution de l'eau douce est centralisée et organisée par la collectivité. Pour une population moins concentrée, la satisfaction des besoins individuels peut être organisée à petite échelle, éventuellement avec une technologie - et des investissements - relevant de l'individu ou de la cellule familiale.

Dans les îles du Saloum, divers programmes ont été réalisés, ou sont en cours, afin de fournir de l'eau par forages ou par récupération des eaux de ruissellement. Cette solution n'est cependant que partielle, à la fois par la quantité (nombre de forages réalisables) et par la qualité de l'eau obtenue (souvent saumâtre, parfois trop fluorée).

Il serait donc souhaitable de pouvoir exploiter l'eau saumâtre ou salée disponible en abondance. La faible densité de population rendrait plausible l'utilisation de l'énergie solaire diffuse. La solution des distillateurs solaires semblerait ainsi parfaitement adéquate.

Nous rendons compte ici des essais préliminaires que nous avons menés sur des réalisations possibles dans le domaine des distillateurs solaires employables à petite échelle.

1 . L E S B E S O I N S E T L E S R E S S O U R C E S

1.1. RAPPEL DU CADRE GEOGRAPHIQUE

1.1.1 Topographie

L'estuaire du Saloum (fig. 1) a été formé par le remblaiement d'une vallée lors de la dernière transgression marine. Les sédiments déposés (sables fins, vases sableuses) sont

parcourus par une multitude de chenaux, les "bolons", souvent bordés par la mangrove.

Les quelques 1500 km² de ce pseudo-delta présentent un relief très faible qui, joint au débit négligeable du fleuve, permet à l'eau de mer d'occuper les chenaux. Une forte évaporation entraîne une sur-salure nette de l'eau vers l'amont (fig. 2) : 35 ‰ à l'embouchure, 55 ‰ à Foundiougne (Saos, 1983). Ce phénomène a été décrit dans son principe général sous le nom d'"estuaire inversé" (Pritchard, 1958).

1.1.2. Climat

Le climat est "soudanien", avec une saison sèche, relativement fraîche (20°C) et une saison des pluies plus chaude (32°C) (fig. 3). Les variations diurnes de température sont fortes en saison sèche (environ 15°C d'amplitude). L'énergie solaire est importante, surtout durant la saison sèche (près de 4 kWh.m⁻² par jour sur l'ensemble du spectre*) ; la variation annuelle liée à l'ascension du soleil est assez réduite. Mais la nébulosité de saison des pluies, et les vents de sable de saison sèche (janvier à mars) diminuent l'énergie annuelle disponible au sol.

Les précipitations, dans les bonnes années, sont de 700 mm environ (moyenne 1945-1959 pour Dakar) alors que l'évaporation est de 1050 mm par an (moyenne 1945-1959 pour Dakar). Le bilan hydrique, déjà déficitaire, s'est aggravé depuis 20 ans par la diminution des pluies (325 mm à Dakar, moyenne 1968-1984). L'alimentation des nappes aquifères de sub-surface est ainsi compromise. C'est à ce niveau - beaucoup plus que pour la salinité de l'estuaire - que la sécheresse persistante a un effet, net et de plus en plus prononcé, sur les ressources en eau.

1.1.3. Les populations

Les îles du Saloum (fig. 4) se subdivisent en deux ensembles distincts, tant du point de vue ethnique que socio-économique. Dans chacun de ces ensembles, le problème de la pénurie en eau douce va se poser en termes différents.

Au Nord du Diomboss, les îles yominka formant la région historique du Gandoum, sont peuplées par des paysans pêcheurs regroupés dans 17 villages d'inégale importance. Leur histoire a été analysée par LAFONT (1938), PELISSIER (1966), VAN CHI BONNARDEL (1977), MARTIN et BECKER (1978), CHAUVEAU (1983). Les Nyominka forment un groupe social homogène, appartenant à l'ethnie sérère.

Au Sud du Diomboss, les îles socé ou bétanti constituent un ensemble peuplé par des populations d'origine mandingue. A la différence des îles nyominka, le nombre de villages est restreint.

(*) Dans la bande 400-700 nm, où le verre et la vapeur d'eau sont bien transparents, l'irradiance maximale est de plus de 2000 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

(1) Les salins du Sine-Saloum sont installés à Kaolack depuis 1929.

Lors du recensement général de 1976, l'ensemble de la population "de droit" (c'est-à-dire l'ensemble des individus recensés à leur lieu de résidence habituelle, y compris les résidents absents pour moins de six mois) s'élevait à 17800 habitants.

A partir de projections effectuées pour les années 87 et 95 en utilisant un taux de croissance naturelle de 3 % (moyenne sénégalaise), nos estimations sont de l'ordre de 24000 et 30400 habitants pour les deux années considérées.

Ces chiffres n'ont pourtant qu'une signification très relative en raison de l'importance des mouvements migratoires qui sont un élément fondamental de l'organisation socio-économique de ces populations. Bien décrites par VAN CHI BONNARDEL (1978), les migrations nyominka semblent s'être amplifiées au cours de la décennie passée en raison du déclin des activités agricoles et du manque désormais chronique en eau potable. La réduction des terroirs villageois, constatée par un survol aérien réalisé en 1984, est frappante. L'abandon de la riziculture paraît lié à la sur-salure de plus en plus prononcée de l'eau de l'estuaire, qui n'a plus connu de lessivage par l'eau douce depuis les années 50 (PAGES et CITEAU, en proj.).

Lors du recensement de 1976, le taux d'émigration de l'arrondissement de Niodior a pu être estimé à 60 %. La situation est plus accusée dans les villages de Diogane, Siwo, Thialane, Djirnda, Baout où VAN CHI BONNARDEL estime le taux d'émigration à 70 %. Ces informations sont confirmées par nos enquêtes de terrain réalisées en janvier et février 1985 : seuls les vieux restent en permanence, avec les jeunes enfants dont on leur confie la garde.

Dans les îles socé, les phénomènes migratoires semblent beaucoup moins marqués.

Afin d'évaluer la demande en eau, il convient donc avant tout d'estimer la "population résidente moyenne" en tenant compte du fait migratoire. Pour les îles nyominka, nous la supposons égale à 40 % de la population de droit, et pour les îles socé, à 80 %. Les résultats figurent au tableau I.

1.2. LES BESOINS ET LES RESSOURCES EN EAU

1.2.1. La situation actuelle :

Les ressources en eau douce ont quatre origines :

- les puits villageois,
- les forages profonds,
- l'eau de pluie recueillie,
- l'eau transportée du continent en pirogue.

L'importance relative de ces sources d'approvisionnement est très variable selon les villages et les zones (Tabl. II). Dans l'ensemble des îles nyominka (à l'exception des villages de Dionewar, Niodior et Falia), la situation est très critique. Les forages profonds réalisés dans les années soixante ne sont pas

suffisants pour satisfaire la demande. De plus, l'eau qu'ils fournissent est légèrement salée. En 1985, lors de nos enquêtes, nous avons constaté que les forages de Djirnda et Ngadior sont utilisés pour l'approvisionnement des villages environnants, tandis que celui de Thialane n'est utilisé que par ce village car il est trop éloigné de la plage où accostent les pirogues. En 1987, le forage de Djirnda n'a fournit qu'une eau saumâtre, considérée comme impropre à la consommation.

Les puits villageois sont rarement utilisables toute l'année. Enfin, certains d'entre eux seraient insalubres comme à Diogane et Moundé où les villageois leur attribuent l'origine de troubles digestifs très graves.

Le transport d'eau par pirogue s'impose dans l'ensemble de cette zone. Selon la position géographique des villages ils sont approvisionnés à partir de Sokone, Ndangane, Simal et, plus rarement, à partir de Kaolack ou de la Gambie.

Durant l'hivernage, l'eau de pluie est recueillie dans de grands canaris (jarres) en ciment. Cette eau ne peut être consommée que pendant 20 à 30 jours ; au delà, les proliférations de bactéries et moisissures bien que non pathogènes le plus souvent, rendent l'eau impropre à la consommation.

L'enquête réalisée en 1985 nous a permis de recueillir des informations précises sur l'organisation de l'approvisionnement en eau dans quelques villages.

L'exemple de Diamniadio est très significatif. Peuplé d'environ 800 habitants au moment de l'enquête, ce village dépend entièrement de l'extérieur pour l'eau. Celle-ci vient de Simal, village situé à une dizaine de km au Nord-Est. Le puits de Simal qu'ils utilisent est d'ailleurs plutôt une "séane" où l'eau semble de qualité très moyenne. Lorsque l'eau est transportée au moyen d'une pirogue empruntée, les villageois doivent payer le carburant et remplir deux fûts allant de droit au propriétaire de la pirogue qui perçoit en plus deux bassines d'eau pour chaque fût transporté. Par contre l'accès au puits est gratuit : "l'eau ne se vend pas, elle se prête ou se donne". Au moment de l'enquête les arrivages étaient estimés par les villageois à 80 fûts de 200 litres soit 20 l par personne, ce qui semble proche des besoins théoriques estimés en milieu rural.

Dans les villages approvisionnés à partir de Sokone ou de Kaolack, la situation est différente dans la mesure où l'eau fait l'objet d'un commerce dans ces localités. Le prix du fût est de 400 à 500 F CFA soit 2 à 2,5 F CFA par litre auxquels s'ajoutent les frais de transport. On peut estimer qu'en moyenne le litre d'eau revient à 4 F CFA.

Ce prix n'est cependant qu'une moyenne, établie en 1985. La situation a empiré rapidement : des prix de vente de l'eau de 125 F CFA le litre ont été constatés à Djirnda en début d'hivernage 1987, au moment où la plupart des moyens de transport - dont surtout les animaux de trait - sont mobilisés pour les travaux des champs, alors que les réserves en eau sont au plus bas.

Enfin la situation des campements de culture et de pêche où migrent saisonnièrement les villageois est très difficile. Ainsi les campements de Diofandor, Bakhalou et Gouk situés au Nord du Diomboss dépendent exclusivement de Sokone pour leur

approvisionnement en eau.

Pour l'ensemble des villages visités, les résultats de l'enquête figurent au tableau II. Ils sont particulièrement éloquentes : sur 13 villages visités seulement 6 disposent de puits potables, et dans un seul les puits sont suffisants pour toute l'année. Seuls trois villages disposent de forages profonds (un forage extérieur, celui de Fimela, contribue, via Ndangane, à l'approvisionnement des îles).

Comme déjà relevé, la situation générale va en empirant : les nappes aquifères sont de plus en plus contaminées (le cas de Djirnda n'est pas isolé). Les forages ne sont donc pas une solution réelle : au mieux, ils fournissent une eau saumâtre ; au pire, la contamination des nappes est accélérée et accentuée par le pompage.

1.2.2. Estimation de la demande en eau :

La population a été estimée selon la méthode décrite précédemment. Les besoins quotidiens théoriques en eau douce sont de 25 l par tête en milieu rural (source : schéma d'Aménagement du Territoire, p. 299). Cette estimation concerne la totalité des besoins domestiques. Sur cette base, la consommation quotidienne de la population résidente moyenne peut être estimée à 203 m³ en 1987 et 257 m³ à l'horizon 95. Une deuxième estimation, tenant seulement compte des besoins "incompressibles" (eau de boisson, cuisine) évalués à 10 l par jour et par tête ramène la consommation de la zone à 110 et 140 m³/j pour les mêmes années.

2 . L E S D I S T I L L A T E U R S S O L A I R E S

Pour séparer l'eau des substances dissoutes (ici le sel), de nombreux procédés ont été mis au point ; la congélation, l'osmose inverse, l'échange d'ions figurent parmi les techniques récentes. La distillation est cependant le procédé le plus ancien, encore le plus courant, et parmi les plus faciles et économiques (AVISSAR et MAHRER, 1986). La source de chaleur et celle de froid, la géométrie du dispositif et les conditions physiques (pression) sont autant de variables plus ou moins indépendantes, dont les combinaisons sont innombrables. Le distillateur solaire utilise -comme son nom l'indique- l'énergie solaire comme source de chaleur.

2.1. PRINCIPES GENERAUX

Là encore les modèles sont nombreux. Leur principe commun est cependant simple (fig. 5) : à l'intérieur d'une enceinte limitée à sa face supérieure par une paroi transparente (A), de l'eau salée (B) est chauffée par le soleil (C). La vapeur d'eau résultante (D) se condense -nous rappellerons que la vapeur d'eau

(poids moléculaire 18) est plus légère que l'air (poids moléculaire moyen 30)- sur la paroi transparente, plus froide, et sera collectée (généralement par ruissellement).

La production théorique maximum est fonction de l'énergie solaire. En admettant une irradiance de 3 kWh.m^{-2} par jour, et une énergie de vaporisation de 550 cal.g^{-1} (pour H_2O), nous arrivons à $4,7 \text{ litres.m}^2.\text{jour}^{-2}$. Au niveau de l'application pratique, divers détails se révèlent importants :

a) étanchéité de l'enceinte : les déperditions de vapeur d'eau sont évidemment à éviter.

b) piégeage de l'énergie solaire : la paroi transparente devra avoir une absorption lumineuse minimale, à la fois pour transmettre l'énergie à l'eau et, surtout, pour jouer son rôle de paroi froide ; les parois latérales seront, idéalement, réfléchissantes vers l'intérieur.

c) isolement thermique : le distillateur constitue une machine thermique dont le rendement, selon les principes de Carnot, est fonction de la différence de température entre sources chaude (l'eau) et froide (la vitre) (fig.6) ; deux options existent pour la conduite de la distillation :

- gradient faible, prolongé : l'eau, présente sur forte épaisseur ($>60 \text{ cm}$), fonctionne comme accumulateur de chaleur ; le fond ne peut pas être isolant thermiquement, le refroidissement nocturne peut être mis à profit.

- gradient fort, bref : afin d'obtenir une température élevée, la couche d'eau est réduite ($1-5 \text{ cm}$), le fond est isolant, la production suit d'assez près l'énergie solaire.

d) diffusion et refroidissement : la diffusion de la vapeur d'eau se fait par convection et diffusion (moléculaire) ; le refroidissement a lieu de façon passive vers l'atmosphère. Le trajet des molécules de vapeur d'eau serait idéalement le plus court possible, à condition de pouvoir évacuer les calories produites par la condensation. En réalité, une distance optimale existe entre l'eau (salée) et la vitre.

e) collecte du distillat : l'eau condensée, très proche de l'"eau distillée", peut se collecter par ruissellement le long de la paroi transparente, convenablement inclinée (les pentes sont de 10 à 20 %). L'efficacité de la collecte dépend beaucoup -outre la température de la paroi- des propriétés de surface (tension superficielle), à la fois intrinsèques au matériau et fonction de sa finition et de sa propreté.

f) vidange : la distillation est le plus souvent menée en discontinu, ce qui entraîne une augmentation de la salinité de l'eau résiduelle. L'évaporation diminue légèrement aux fortes salinités (fig.7). Il sera donc préférable de renouveler l'eau ; les dépôts de sel, fortement réfléchissants (albédo jusqu'à 0,8) devront être évités.

2.2. MODELES EXISTANTS

Nous ne tenterons pas ici un inventaire exhaustif des installations fonctionnant en routine, ni a fortiori des modèles

possibles décrits. Les modalités pratiques sont en effet fonction à la fois des moyens (financiers et matériels) et des buts poursuivis (échelle, marché) qui contrôlent eux-mêmes partiellement les moyens.

2.2.1. Les dispositifs mobiles

Un des appareils les plus légers est le distillateur individuel de secours de l'U.S. Air Force, sphère de polyéthylène gonflable fournissant une ration de survie. La réfrigération est améliorée par l'eau de mer ambiante.

De forme sphérique aussi, mais plus lourd, un distillateur en Altuglas est réalisé par les établissements J. Bertucat. Un essuie-glace (optionnel) améliore la collecte de l'eau condensée, palliant le mauvais coefficient de ruissellement de l'Altuglas.

Des distillateurs relativement légers sont implantés au Bostwana par le RIIC sous l'égide du CRDI. Ce "modèle mexicain" a un corps de résine armée ("F.R.P."). Un distillateur à corps "sandwich" (fibrociment et polystyrène) a été réalisé par le CERER de Dakar. Ces deux modèles rectangulaires présentent une face supérieure vitrée à deux pentes ; pour une même inclinaison, ce dispositif divise par deux la distance moyenne entre l'eau et la vitre. Le dispositif du CERER, destiné à purifier de l'eau douce, n'a pas de vidange ; les problèmes d'étanchéité au niveau du fond sont alors aisément résolus par une bâche plastique noire.

2.2.2. Les dispositifs fixes

Un modèle semi-mobile (50 kg), en ciment armé, a été produit en série (150 exemplaires) par la branche mauritanienne de Caritas pour distiller l'eau de mer.

Une installation de plusieurs dizaines de m² a été construite en Haïti ; cette installation, en béton, traite de l'eau de mer (LAWAND et ALWARD, non daté).

Plusieurs installations, comparables tant pour l'échelle que pour la technique, fonctionnent en routine dans les zones tempérée-chaude et inter-tropicale.

2.3. REALISATIONS DU CRODT

Après quelques essais sur un modèle expérimental ("MKO"), nous avons réalisé deux modèles apparentés successifs. Le modèle "MKI" est le plus simple ; le "MKII" en est la modification par adjonction de gradins. Dans les deux cas, nous avons utilisé le ciment comme matériau de base.

Nous avons posé pour principe de départ que les populations devraient être directement impliquées ; de cet a priori découlent :

- la recherche de technologies simples : la mise en oeuvre

de matériaux "de pointe" (fibre de verre, plastiques,...) est délicate en milieu rural tropical, et risque d'amener une centralisation que nous voulons éviter. Inversement, le recours à des matériaux bien connus et simples (ciment, bois) permet aux populations d'être indépendantes, à tous points de vue, des ressources et/ou de l'aide extérieure.

- la recherche d'un prix réduit : les dons doivent être évités, pour des raisons de morale publique autant que de motivation. Idéalement, seule la motivation de l'individu devrait décider.

Ces deux principes complémentaires n'excluent pas une recherche de la production maximale, mais celle-ci doit rester secondaire en cas de conflit. Nous rappellerons que, dans les conditions du Sénégal, la production théorique maximum possible est d'environ 4,5 litres par m² par jour (cf 2.1).

En outre, nous avons tenu compte d'autres aspects, complémentaires :

- Les distillateurs solaires ne trouveront d'application réelle que dans des zones relativement isolées, avec une densité (et un nombre total) faible d'habitants.

- Ils seront surtout employables près des côtes où l'eau salée et l'espace libre ne sont pas limitants.

- Il est exclu de recourir à des procédés de fabrication impliquant une organisation centralisée ; il est impératif que les populations concernées participent réellement à l'opération.

- Les ressources matérielles et financières, autant que les connaissances technologiques, des villageois concernés interdisent l'emploi de "technologies de pointe". Les techniques de la maçonnerie sont bien connues partout en brousse: le "banco" est employé dans certaines régions ; la chaux est encore fabriquée et utilisée dans plusieurs villages côtiers ; l'emploi des parpaings (sable et ciment) est courant.

- L'entraide est une réalité et une obligation sociale au sein des populations des îles.

2.3.1. Modèle expérimental ("MKO") (fig.8)

Le dispositif a été réalisé en contre-plaqué "marine". L'étanchéité du fond était assurée par deux couches d'enduit caoutchouté ("Rubson liquid rubber") noir. Le rendement d'un tel montage était nécessairement faible (géométrie, nature des parois etc...) ; mais le matériau nous a permis divers essais :

- Nature de la paroi transparente. Les résines acryliques (Altuglas, Plexiglas) ont une absorption lumineuse forte dans le spectre visible. En outre, les gouttes d'eau condensée ruissellent mal, même avec une pente de 26 %. Une feuille de polyéthylène teinté (Polyane, 0.18 mm) s'est révélée inadéquate, surtout par sa très forte absorption lumineuse. Les panneaux poly-carbonate (double paroi, thermoclear), intéressants parce qu'auto-portants et incassables, sont trop absorbants et leurs caractéristiques de surface sont peu favorables.

- Collecte du distillat. Un profilé léger (clinquant d'aluminium anodisé), collé à la paroi transparente, joue le rôle de "retour de goutte", réduisant les problèmes d'étanchéité et

favorisant la chute des gouttes dans la gouttière de collecte.

- Condenseur auxiliaire. La paroi nord a été modifiée par adjonction d'un condenseur (tôle d'acier ou feuille de résine acrylique), refroidi ou non par évaporation. Les résultats ont été peu probants ; une telle surface condense la moitié d'une surface égale de vitre, sans effet net du matériau ou de la réfrigération. Il est certain que la distance entre l'eau et le condenseur était excessive ; une circulation forcée aurait sans doute amélioré le rendement.

- Etat des parois internes. Des parois réfléchissantes (clinqant d'aluminium anodisé) multiplient par 1,5 le rendement par rapport à des parois absorbantes (noir mat).

2.3.2. Modèle "MKI" :

Sur la base de nos résultats antérieurs, et en fonction des impératifs énumérés, nous avons construit un premier distillateur. L'ensemble (fig. 9) est fait avec des matériaux existant en dehors de l'agglomération de Dakar, et qu'on pourra souvent obtenir par récupération. Seul le vitrage doit être acheté.

Nous avons pu tenter, avec ce distillateur, un bilan comparatif sur le coût et la production.

A = Le coût de l'exemplaire construit ici a été grevé par des tâtonnements et des dépenses imposées par les conditions locales. Le coût réel (tab. IV) d'un distillateur construit d'après ce modèle sera d'environ 18000 FCFA (sans main d'oeuvre); le vitrage (1) représente le poste principal (10 000 F CFA).

B = La production d'eau douce a été de 2.0 à 2.6 l. par jour durant une période peu favorable (vent de sable). Par temps clair, une production de 2.9 à 3.0 l. est atteinte. Deux essais ont été faits pour améliorer la production :

a.- un petit ventilateur (5 W) fixé à l'intérieur, et donc en circuit fermé, accroît le débit de 30 à 40 %,

b.- l'addition d'un colorant noir soluble dans l'eau augmente le débit de plus de 30 % (3,5 l par jour). L'encre de seiche, testée aussi, se dépose et n'est pas efficace.

Nous voyons (tabl. III) que le "MKI" est dans l'ensemble compétitif, par rapport à la plupart des modèles pour lesquels nous disposons de données chiffrées. La production se situe à 53 % du maximum théorique (cf. 2.1).

Ce modèle de 1,25 m² en eau a fonctionné à partir de novembre 1986. Alimenté en eau de mer, il a produit 2,5 l d'eau douce par jour sous ensoleillement moyen (vent de sable) ; par "grand beau temps", nous avons atteint 3,0 l (soit 2,4 l.m-2)(2).

(1) Vitre de 3 mm, en une seule épaisseur. Nos essais ont montré que le coût et la complexité de montage d'un double vitrage ne se justifient pas au niveau du rendement dans les conditions présentes.

(2) un extrême a été enregistré, à 6 l par 24 h dans des conditions exceptionnelles. Nous estimons qu'une production de 5 à 6 l est possible en saison sèche.

2.3.3. Modèle "MKII" :

Le rendement d'un condenseur dépend (toutes choses égales par ailleurs) de la distance entre source chaude (l'eau de mer) et source froide (la vitre) avec une distance optimale. Des gradins, rapprochant les deux par un artifice géométrique, devraient améliorer la production. Nos calculs ont ainsi démontré que 3 ou 4 marches représentaient un optimum ; nous avons donc modifié le "MKI" en construisant à l'intérieur 2 gradins supplémentaires (fig.10).

En septembre 1987, malgré des conditions peu favorables (nébulosité forte et température de l'air élevée) la production a oscillé entre 2,6 et 4,0 litres par 24 h (2.2 à 3.3 l.m⁻²). L'amélioration du rendement par rapport au "MKI" est donc de 30 %, pour un coût identique.

2.4. ESSAIS SUR LE TERRAIN :

Avec la collaboration de CARITAS-Sénégal, nous avons construit un distillateur de type "MKI" à Fambine (fig.11), dans les îles du Saloum. Les responsables de la construction n'étaient pas spécialement qualifiés ; dans des conditions de travail réalistes, la construction du bassin a pris deux jours.

Le détail marquant a été l'isolement thermique du fond, au moyen de 10 cm de son de mil et 10 cm de coquillages damés.

Ce distillateur, d'une surface de 1,9 m² (1), a été mis en service en juillet 1987 (période défavorable), la production journalière a atteint 6 l, soit 3,1 l.m⁻². L'isolement thermique, bien que rudimentaire, est donc efficace.

Le coût de ce distillateur s'élève à 21.380 F CFA : là encore, inévitablement, le vitrage représente le poste principal de dépense.

(1) Afin de réduire les effets de paroi, les dimensions ont été augmentées. Cette décision s'est avérée discutable quant au vitrage : (a) les vitres les plus courantes ont 72 cm de large (b) des vitres de 1 m x 1 m sont et de 3 mm d'épaisseur sont très fragiles.

2.5. DEVELOPPEMENTS ULTERIEURS

Bien que les deux derniers modèles semblent déjà satisfaisants, des améliorations seraient souhaitables encore, sur le coût et sur la production :

A.- Diminution du coût : le poste principal (le vitrage) est à peu près incompressible. Le ciment pourrait être remplacé, pour une grande part, par du banco, les premiers essais de fabrication de briques sont prometteurs. L'étanchéité entre les parois et le vitrage pose encore des problèmes (le mastic, butyl ou silicone, est trop cher ; le mastic de vitrier ne résiste pas à l'humidité permanente ; la bougie fondue vieillit très mal aux fortes températures).

B.- Augmentation du débit : la mise en solution dans l'eau salée d'un colorant améliore nettement la production ; il faudrait trouver un colorant peu coûteux (puisque non récupérable). La géométrie même du distillateur peut être améliorée :

a) un dispositif à deux pentes réduit de moitié la hauteur, donc la distance entre source chaude et source froide ; le point délicat dans le dispositif serait la réalisation de deux gouttières parfaitement parallèles.

b) une plus grande longueur diminue les effets de paroi, et surtout l'ombre portée des murs latéraux.

C.- modifications de détail : la saumure résiduelle doit être évacuée et il faut pouvoir assurer un nettoyage. Ces deux impératifs compliquent la réalisation pratique, mais pourraient être contournés :

a) une évacuation par "siphonage" (et non par simple gravité) résoud les problèmes d'étanchéité au niveau de la jonction entre la sole et le tuyau de vidange/remplissage. La nécessité d'une chappe étanche, en ciment, disparaît alors et une simple bâche noire devient suffisante ; cette solution n'est réaliste que sur le "MKI".

b) les dimensions de la trappe de visite ont été déterminées par un a priori finalement peu justifié : la "nécessité" de pouvoir passer un bras par cette trappe. L'emploi d'un outil à long manche, réalisable avec des matériaux simples, permettrait de diminuer les dimensions - surtout verticales - de la trappe et donc la hauteur totale. La fabrication serait également simplifiée.

L'ensemble de ces modifications devrait être testé dans des conditions réelles.

3 . A S P E C T S E C O N O M I Q U E S

Une des conditions pour que les distillateurs solaires soient adoptés par les villageois est, a priori, que l'eau soit produite à un prix concurrentiel par rapport aux sources alternatives d'approvisionnement. Un calcul simple permet de vérifier si cette condition peut être remplie.

3.1. METHODE DE CALCUL

Nous utiliserons la méthode dite "du cash-flow actualisé", permettant d'estimer la valeur actualisée nette générée par un investissement selon certaines hypothèses de coût et de prix. L'analyse de sensibilité permettra de définir un "prix critique" de l'eau produite, P^* , à partir duquel la valeur actualisée nette est positive. En comparant ce prix P^* aux prix en vigueur pour les apports extérieurs, nous pourrons juger de l'intérêt économique du distillateur.

La valeur actualisée nette, VAN, est calculée par la relation :

$$VAN = - IN + \sum_{t=1}^n \left[\frac{Q \cdot P^* - C}{(1 + TA)^t} \right]$$

avec IN : investissement initial
Q : production annuelle
P* : prix "critique"
C : coût de l'entretien, par an
TA : taux d'actualisation (% par an)
n : nombre d'années (t = 1...n)

3.2. ELEMENTS DU CALCUL

Certains postes sont bien connus ; pour d'autres, nous avons dû faire des estimations raisonnées :

- IN : 20.000 F CFA
- Q : 1 410 litres par an
4 litres/jour en période ensoleillée (330 j/an)
3 " " " nuageuse (30 j/an)
- TA : 12 % (Cette valeur peut paraître élevée en période de ralentissement de l'inflation, mais tient compte de la rareté du capital en milieu rural)
- n : 10 ans

- C : 12.000 F CFA (prix de remplacement du vitrage entier en cas de bris.)

3.3. RESULTATS

Le prix "critique" ainsi estimé est très sensible au rythme de remplacement de la vitre:

FREQUENCE	1 an	2 ans	5 ans	10 ans
DE				
REPLACEMENT				
P*	11	6,8	3,3	2,6
:(F CFA/litre)				

La figure 12 montre l'évolution de la valeur actualisée selon différentes hypothèses d'entretien (lignes obliques). Leur intersection avec la droite verticale, prix de l'eau "extérieure" (estimé à 4 F CFA/litre) représente le gain (ou la perte) total actualisé. Ainsi, une durée de vie de 10 ans pour la vitre permet d'espérer un gain actualisé de 12.000 F CFA, et un gain par litre de 1,4 F CFA. Au contraire, un remplacement tous les 2 ans entraîne un déficit.

Le calcul précédent admet comme hypothèse simplificatrice, que l'ensemble du vitrage serait brisé d'un seul coup. Il serait intéressant de rechercher quelle incidence sur le coût aurait une multiplication des panneaux élémentaires (diminution de la probabilité d'un bris intégral). Nous n'avons pas, non plus, tenu compte de l'augmentation probable du prix de l'eau douce, consécutive à sa raréfaction - inéluctable dans les conditions climatiques actuelles.

4 . D I S C U S S I O N

Dans l'état actuel, les distillateurs proposés par le CRODT peuvent être compétitifs. Des améliorations semblent cependant possibles sur la production, sur le coût et sur la conception globale.

4.1. PRODUCTION

Un isolement thermique plus poussé augmentera le gradient (1). Mais la mise au point d'un colorant peu coûteux soluble (2) dans l'eau de mer accroîtrait la production, nous l'avons vu, en diminuant l'importance de l'isolement thermique. Une circulation forcée en circuit fermé, bien qu'améliorant la production (30 % de gain avec un ventilateur de 5 W), ne semble guère réalisable dans les conditions rustiques prévues. Le recours à des gradins qui semble efficace, devra être optimisé quant à l'équilibre entre le travail nécessaire et la production.

4.2. COUT

Le poste le plus important, le vitrage, semble incompressible (3). Pour diminuer la quantité de ciment utilisé, l'emploi du banco serait à développer ; des briques en terre, cuites de préférence, pourraient recevoir une simple chappe de mortier blanc (4). Une solution de remplacement pour le mastic reste à trouver (5).

4.3. CONCEPTION GLOBALE

L'évacuation des saumures est une nécessité. Une trappe de visite semble utile (sinon indispensable) pour le nettoyage, mais la disposition en gradins en complique sérieusement la réalisation.

Il est probable qu'une fabrication à assez grande échelle par "éléments modulaires" permettrait quelques économies, sans pourtant modifier nettement la rentabilité finale.

Il semble peu probable que l'obtention de sel à partir des saumures résiduelles soit une perspective réellement intéressante. Il est de toute façon exclu de laisser les croûtes de sel se former dans le distillateur, ce qui impliquerait des installations supplémentaires.

(1) La production, D (en $l \cdot hr^{-1}$), est fonction linéaire de la différence de température T (en $^{\circ}C$) entre l'intérieur et l'extérieur : $D = 0,13 \cdot T + 0,12$ (mesures faites sur le "MKI").

(2) L'encre de seiche, qui est une émulsion, se dépose rapidement, puis se décompose (attaque bactérienne ?).

(3) Toutes les matières plastiques essayées laissent mal ruisseler l'eau de condensation, sauf à des pentes trop importantes (distance accrue entre eau et paroi froide). Leur résistance aux UV est variable, la tenue à l'abrasion (sable) est faible.

(4) Les premiers essais de fabrication de briques, à partir de terre argileuse (sols bruns de Joal) étaient prometteurs.

(5) Les mastics industriels (vinyl, butyl ou silicone) sont chers, bien que très performants. Le mastic de vitrier ne résiste pas à l'humidité saturante permanente. La bougie fondue, qui semblait adéquate, a une mauvaise tenue mécanique aux températures élevées de milieu de journée. Un moulage soigneux du ciment, en utilisant les vitres elles-mêmes comme coffrage, peut être une solution si l'on évite l'adhérence.

5 . C O N C L U S I O N

Nous avons vu qu'un distillateur solaire relativement rudimentaire peut être compétitif, dans les conditions qui règnent dans les îles du Saloum. Trois remarques découlent de cela :

a.- Amélioration :

L'expérimentation et la vulgarisation des solutions techniques présentées dans cette étude pourraient être confiées à une O.N.G. ou à tout autre organisation responsable de la mise en oeuvre de projets ruraux.

b.- Compétitivité du procédé :

Ce n'est que dans les zones souffrant d'une pénurie modérée d'eau douce potable qu'un distillateur solaire pourra s'implanter. L'eau produite restera un appoint, sinon un produit de luxe (thé des adultes, boisson des enfants,...).

c.- Extension possible :

Les commentaires spontanés des populations dans les îles du Saloum indiquent que, malgré la nouveauté du dispositif installé à Fambine :

- le principe de base est bien compris, à la fois quant au fonctionnement et, surtout, quant aux possibilités et aux limitations d'un tel montage volontairement rustique,
- la réalisation locale ne poserait pas de problème majeur,
- les populations sont très intéressées, et prêtes à participer,
- le problème majeur est la démonstration, l'explication, donc finalement le "transfert de technologie" souvent mentionné, mais rarement possible.

Un distillateur solaire, à l'échelle où nous l'avons envisagé, ne se justifie que dans des circonstances assez bien définies, où l'infrastructure (distribution d'eau potable...) reste insuffisante. Nous avons vu que certains points des îles du Saloum sont dans ce cas, et qu'un apport d'eau douce serait à envisager. Nous avons présenté une solution partielle possible.

Il est bien évident que, par la nature même des distillateurs solaires, ceux-ci ne sauraient résoudre le problème de l'eau sur tout le Sénégal. Cependant, une solution localisée n'est pas obligatoirement à rejeter, surtout quand elle est la seule plausible à moyen terme. Nous pouvons par ailleurs remarquer que le problème de l'eau potable au niveau des îles du

Saloum nous est apparu du fait de travaux de terrain menés sur cette région. Il est a priori probable que d'autres régions du Sénégal présentent des caractéristiques de population et d'infrastructure analogues tout au long du littoral.

Cependant, l'exemple inverse des Imraguen, en Mauritanie, montre qu'une telle technique n'est pas obligatoirement comprise et acceptée, surtout si la population n'est pas directement impliquée et ne se sent pas concernée.

En résumé, les distillateurs solaires pourraient amener une aide ponctuelle, au prix de quelques améliorations, à condition de privilégier des technologies simples. Ils ne sauraient pourtant - évidemment - résoudre l'ensemble du problème de la sécheresse au Sahel. Mais, surtout, la condition sine qua non de la poursuite d'une telle expérience est une action concrète, associant les populations.

R E M E R C I E M E N T S

Le collaboration de CARITAS-SENEGAL (succursale de Kaolack), et tout spécialement de Monsieur D. VALENCE a été précieuse, tant du point de vue matériel que pour l'appui moral venant de l'intérêt manifesté pour nos essais.

Tableau 1.- Populations et demande en eau dans les îles du Saloum

	POPULATION					BESOINS EN EAU (en m ³ /jour)			
	Population "de droit"			Population théorique résidente moyenne		Hypothèse 1 (25 l/j)		Hypothèse 2 (10 l/j)	
	1976	1987	1995	1987	1995	1987	1995	1987	1995
Villages	1976	1987	1995	1987	1995	1987	1995	1987	1995
Baout	430	578	732	231	292	5.7	7.3	2.3	2.9
Bassar	832	1118	1416	447	566	11.1	14.1	4.4	5.6
Bassoul	2180	2930	3711	1172	1484	29.3	37.1	11.7	14.8
Diamniadio	598	804	1018	321	407	8	10.1	3.2	4
Diogane	606	874	1031	349	412	8	10.3	3.4	4.1
Dionewar	2639	3547	4493	1418	1797	35.4	44.9	14.1	17.9
Djirnda	1323	1778	2252	711	900	17.7	22.5	7.1	9
Falia	348	468	592	187	236	4.6	5.9	1.8	2.3
Fambine	159	214	271	85	108	2.1	2.7	0.8	1
Fayako	176	237	300	94	120	2.3	3	0.9	1.2
Félir	233	313	397	125	158	3.1	3.9	1.2	1.5
Moundé	841	1130	1432	452	572	14.3	14.3	4.5	5.7
Ngadior	574	771	977	30	390	0.7	9.7	0.3	3.9
Niodior	3022	4061	5145	1624	2058	40.6	51.4	16.2	20.5
Rofandé	144	194	245	77	98	1.9	2.4	0.7	0.9
Sivo	239	321	407	128	162	3.2	4	1.2	1.6
Thialane	765	1028	1302	411	520	10.2	13.0	4.2	5.2
Velingara	2	3	3	1	1	-	-	-	-
Total îles Nyominka	15111	20308	25726	8123	10290	203	257	81	102
Betanti	1739	2337	2960	1869	2368	46.7	59.2	18.6	23.6
Bossinkang	434	583	739	466	591	11.6	14.7	4.6	5.6
Djinack	587	789	999	631	799	15.7	19.9	0.6	7.9
Total îles Socé	2760	3709	4698	2966	3758	74	93.9	29	37
Total îles du Saloum	17871	24017	30424	11089	14048	277	350	110	140

Tableau 2.- Disponibilités en eau en février 1985

	DISPONIBILITES LOCALES				APPORTS EXTERIEURS		
	PUITS		FORAGES		Origine (2)	Volume	Coût
	eau douce ?	toute l'année ?	si oui : assez ?	si oui : O/N			
Baout *							
Bassar	0	N	--	N	--	Sok, Nda, Thi	2.5-5
Bassoul	N	N	--	N	--	Sok, Gam	30 : 2.5-5
Diannadio	N	N	--	N	--	Sim	30 : 2
Diogane	N	N	--	N	--	Fou, Kao	4.5
Sionewar	0	0	N	N	--		
Djirnda	N	N	--	0	0		
Falia	0	0	0	N	--		
Fambine *							
Fayako *							
Fékir *							
Moundé	N	N	--	N	--	Nda, Fal	? : ?
Ngadior	N	N	--	0	N**	Sok	? : ?
Niodior	0	0	N	N	--		
Rofandé *							
Sivo *							
Thialane	N	N	--	0	N**		
Velingara *							
Total îles Nyominka (1)	4/11	3/11	1/11	3/11			
Betanti	0	0	N	N			
Bossinkang	0	N	--	N		"brousse"	
Djinack *							
Total îles Socé (1)	2/2	1/2	0/2	0/2			
Total îles du Saloum (1)	6/13	4/13	1/13	3/13			

N.B.:

- * : non visité au cours des enquêtes
- (1): total des "oui"
- (2): Sok=Sokone, Nda=Ndangane, Thi=Thialane, Gan=Gambie, Fou=Foundiougne, Kao=Kaolack, Fal= Falia, Sim=Simal
- ** : Légèrement salée (3-5 %) d'après les villageois et nos constatations.

Tableau III. Quelques modèles de distillateurs solaires

	Origine	Dimension	Matériau	Prix	Production	
					l.jour ⁻¹	l.jour ⁻¹ m ⁻²
	U.S. Air Force	0 - 0.4	polyethylene	?	0.4	3.2
	Ets. Bertucat	0 - 0.6	Altuglas	80.000	?	?
Mobiles:	R.I.I.C (C.R.D.I.)	0.9 x 1.5	F R P	?	4	3.0
	CERER (Dir)	1.0 x 2.7	Cordosite	100.000	15 (?) (x)	6,0 (x)
	Mc Master-Carr	1.0 x 1.8	F R P ?	38.000	6	>2
	Caritas (Mauritanie)	0.8 x 1.5	Ciment araé	50.000	2 - 4	1.7 - 3.3
	Univ. Cl. Bernard					
Fixes	(Lyon)	1.0 x 1.0	polystyrene	?	6 - 8	6 - 8 ()
	CRODT	0.8 x 1.5	Béton maigre	18.000	2,5 - 3	2.1 - 2.5
NOS	MKI					
	Terrain	0.9 x 1.9	" "	25.000	4 - 6*	2.3 - 3.5
ESSAIS						
	MKII CRODT	0.8 x 1.5	Béton maigre	18.000	3 - 4*	2.5 - 3.3

* pendant la saison chaude, défavorable
x d'après Bédard (comm. pers., avril 1983), semble optimiste.

Tableau IV. Estimation des coûts pour le modèle MKI
(F CFA)

Ciment	1 sac	2.339
Peinture noir mat		1.000
Peinture blanc laqué		2.000
Diluant		700
Bougie pour joints		300
Tuyaux, ferrailles, etc.		1.500
Vitres (2 x (80 x 80))		10.000
		17.839

R E F E R E N C E S

- Anon., 1972.- La distillation solaire. Publ. Nations Unies, ST/ECA/121 : 92 p.
- Anon., 1984.- Schéma national d'aménagement du territoire, version préliminaire. Secrétariat d'Etat chargé de la décentralisation, République du Sénégal. 750 p.
- AVISSAR (R.) et MAHRER (Y.), 1986.- Water desalinization in solar earth stills: a numerical study. Water Resource Research, Vol 22, 7, pp 1067-1075.
- BRESLIN (W.R.)(non daté). Solar still. Publi. by : Volunteers in technical Assistance (3706 Rhode Island Ave, Mt. Rainer - 20822 USA).
- CHAUVEAU (J.P.), LALOE (F.), 1983.- Eléments sur la pêche et l'agriculture dans les îles du Saloum. Atelier d'études mangroves du sud de l'estuaire du Saloum, Diomboss, Bandiala (Sénégal). UNESCO, Rappel final, déc. 1983 : 211-217.
- DUNHAM (D.C.), 1978. Fresh water from the sun. Off. Health, USAID 176 p.
- LAFONT (T.), 1938.- Le Gandoul et les nyominka. Bulletin du comité d'études historiques et scientifiques de l'AOF, juillet-septembre 1938, n°3, pp 485-458.
- LAWAND (T.A.) et ALWARD (R.)-(non daté). Plans for a glass and concrete solar still. Brace Res. Inst., Mac Donald Coll. (sans n°) : 18 p.
- MARTIN (V.), BECKER (C.), 1979.- Documents pour servir à l'histoire des îles du Saloum. Bulletin de l'IFAN, T41, série B, n°4, oct. 1979 pp 722-772.
- PELISSIER (P.), 1966.- Les paysans du Sénégal. Les civilisations agraires du Cayor à la Casamance. Imprimerie Fabregue, Saint-Yrieix.
- PRITCHARD (D.W.), 1967.- What is an estuary : physical viewpoint. in Estuaries, G.H. Lauff(ed.); Am. Assoc. Adv Sci. Publ., 83 : 3 - 5.
- VAN CHI BONNARDEL (R.), 1977.- Exemples des migrations multiformes intégrées : les migrations des Nyominka (îles du bas Saloum, Sénégal), Bulletin de l'IFAN, T39, série B, n°4, oct. 1977, pp 836-890.

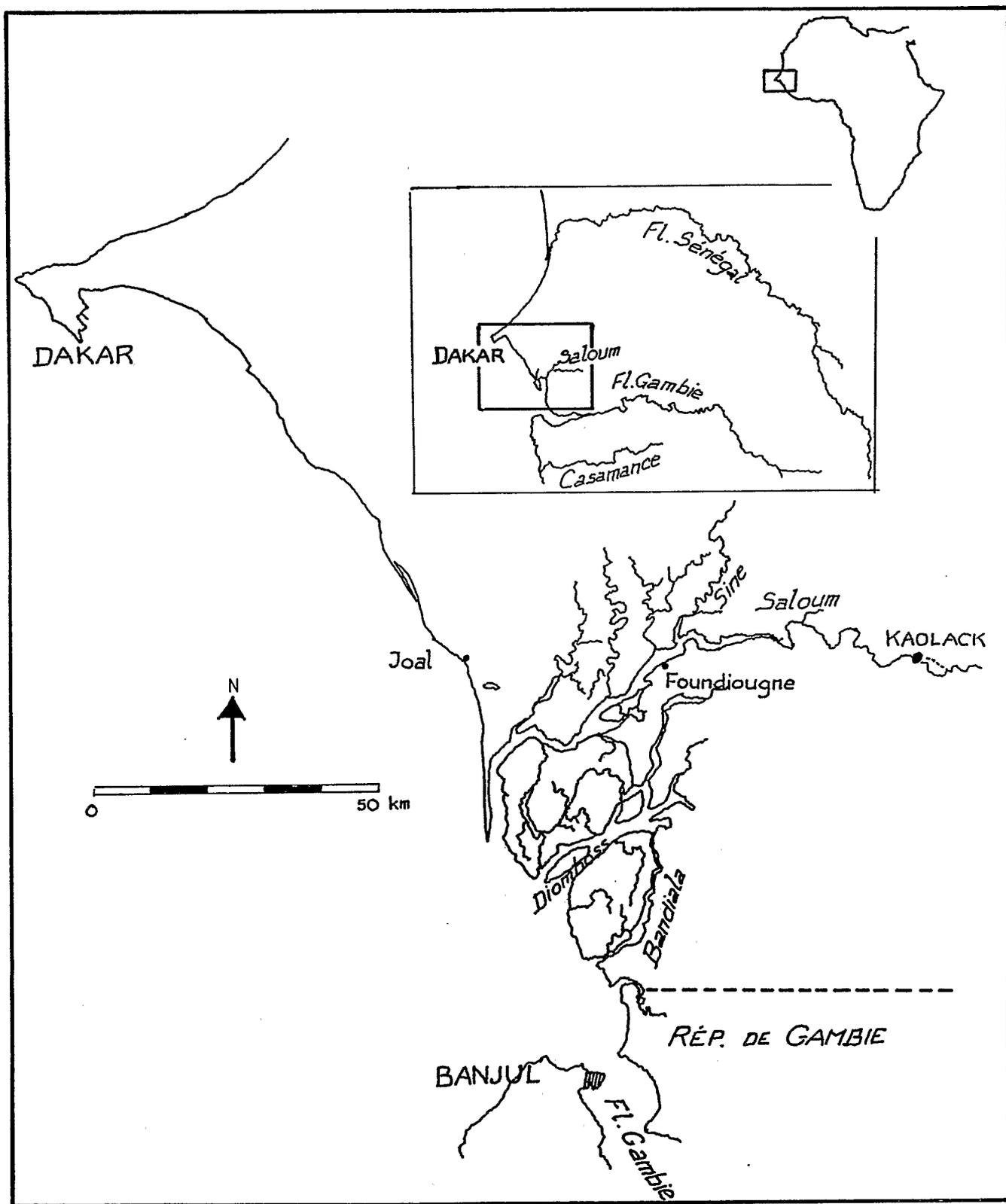


FIG. 1 : CARTE DE SITUATION

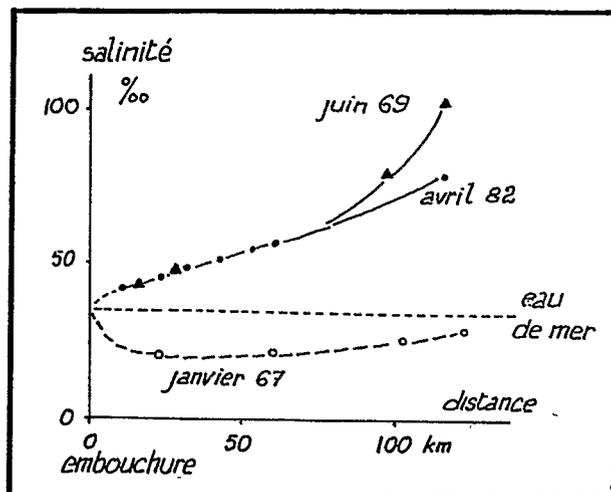


FIG. 2 : AUGMENTATION DE LA SALINITE DANS LE CHENAL PRINCIPAL DU SALOUM AVEC LA DISTANCE A LA MER

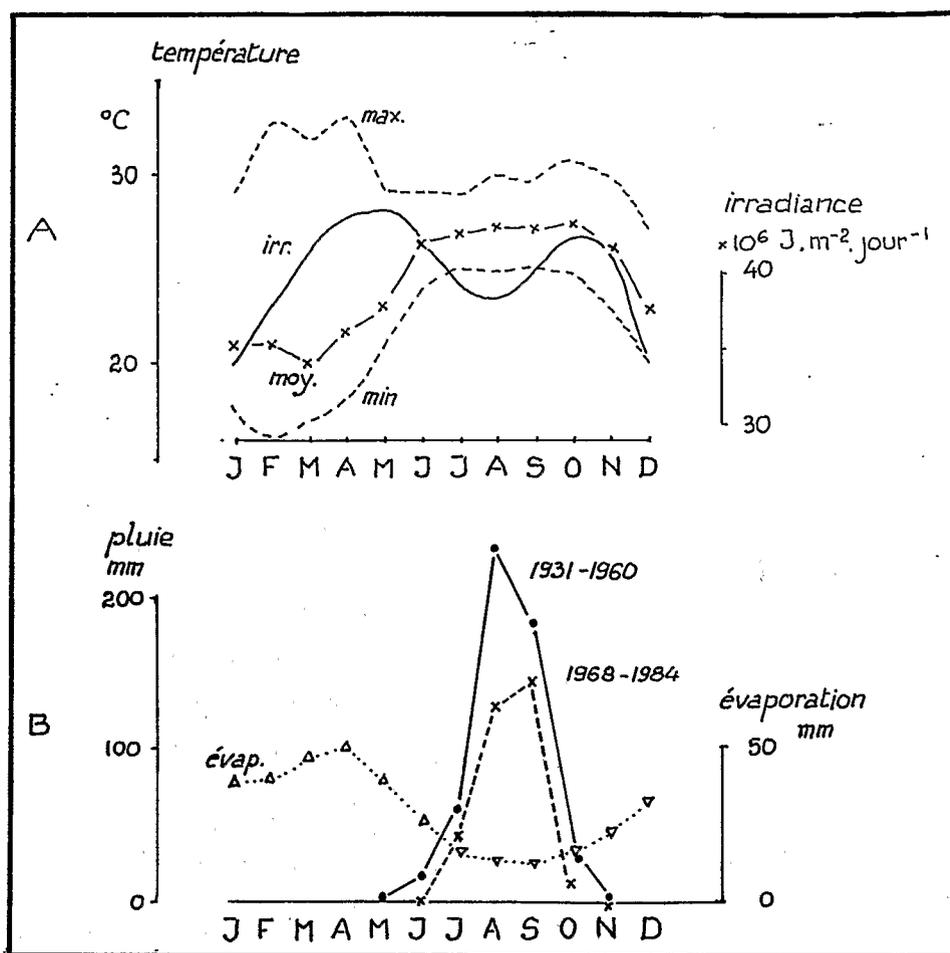


FIG. 3 : CLIMAT A DAKAR

A : Température de l'air (moyennes des maxima, des minima et des moyennes)

B : Pluie et évaporation mensuelles

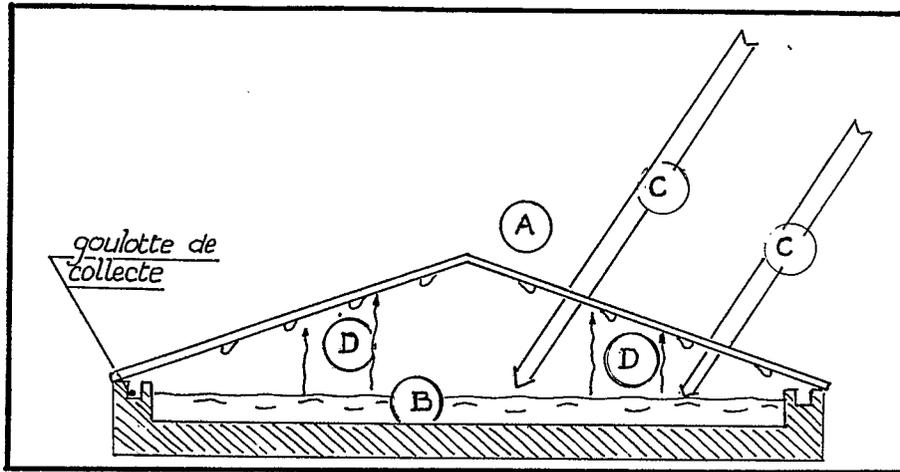


FIG. 5 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UN DISTILLATEUR SOLAIRE A DOUBLE PENTE

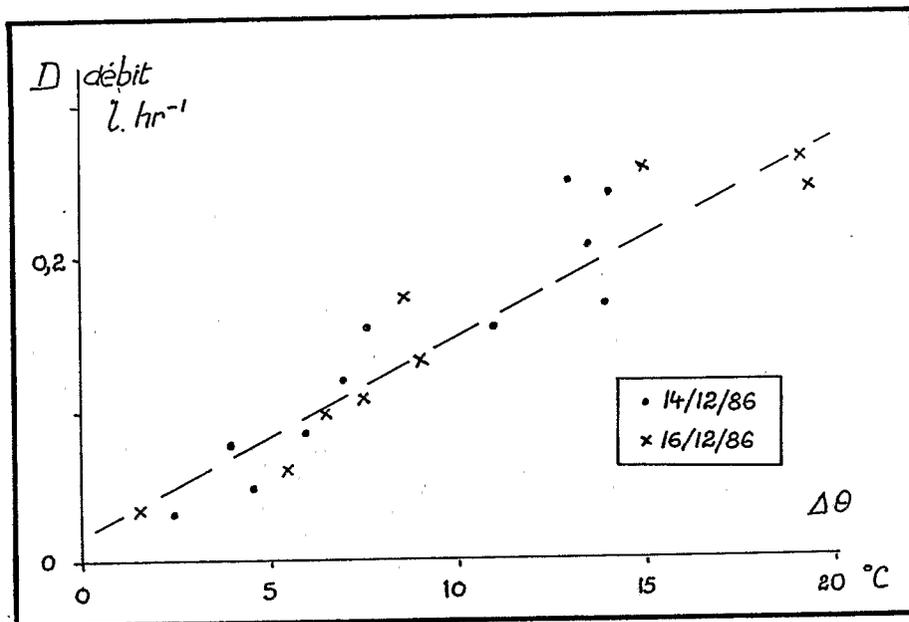


FIG. 6 : DEBIT DU MODELE DE DEMONSTRATION EN FONCTION DE LA DIFFERENCE DE TEMPERATURE DE L'AIR A L'INTERIEUR ET A L'EXTERIEUR DE L'ENCEINTE:
 $D = 0.12 + 0.13 \cdot \Delta\theta$ ($r = 0.95$, $n = 11$)

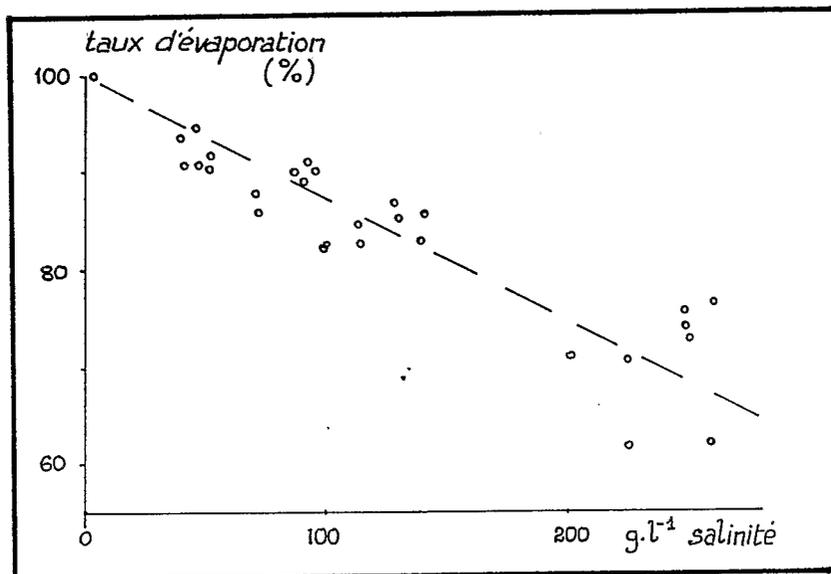


FIG. 7 : EFFET DE LA SALINITE SUR L'EVAPORATION D'UNE EAU
 COMPAREE A CELLE DE H₂O DANS LES MEMES CONDITIONS
 $Evap\% = 99.4 - 0.123.S$

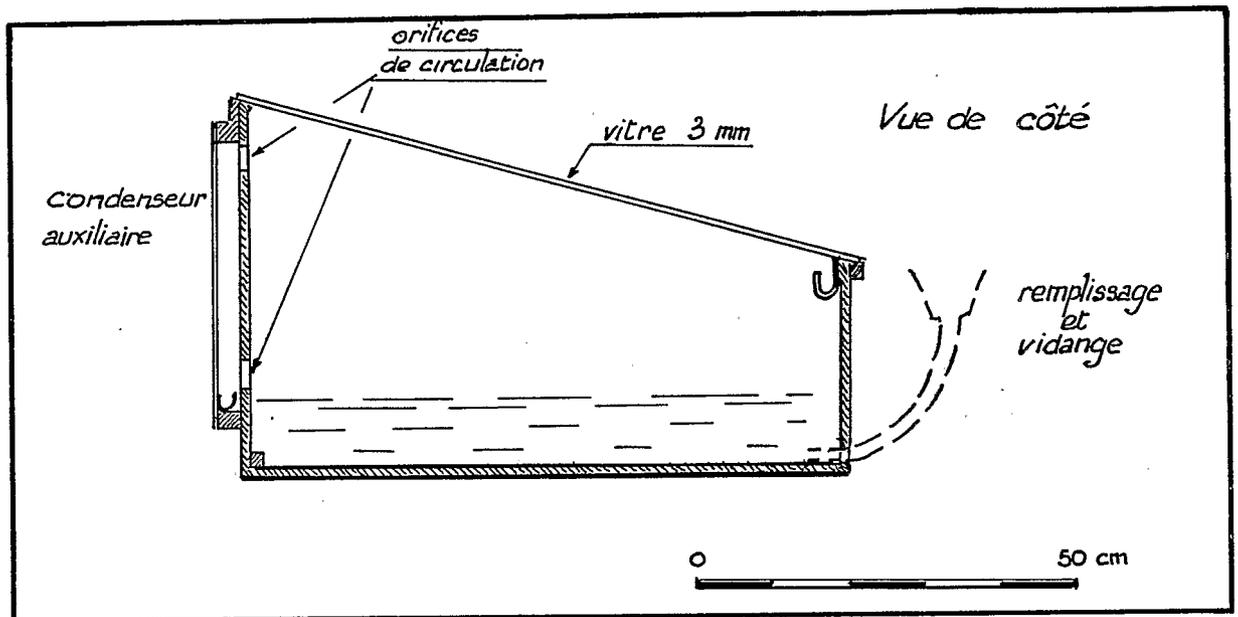


FIG. 8 : DISTILLATEUR SOLAIRE

Modèle expérimental "MK 0"

CONSTRUCTION:

- contre plaqué "marine " 10 mm
- fond traité par "Rubson liquid rubber noir", 3 couches
- vitre 3 mm, étanchéité par mastic acrylique

CARATÉRISTIQUES:

- surface en eau: $0.78 \times 0.77 = 0.60 \text{ m}^2$
- surface vitrée utile: $0.78 \times 0.74 = 0.58 \text{ m}^2$
- surface condensateur auxiliaire : 0.2 m^2
- orifices circulation: haut = 145 cm^2
- bas = 132 cm^2
- production maximale : 1 l/jour
- en service d'avril à juin 1986.

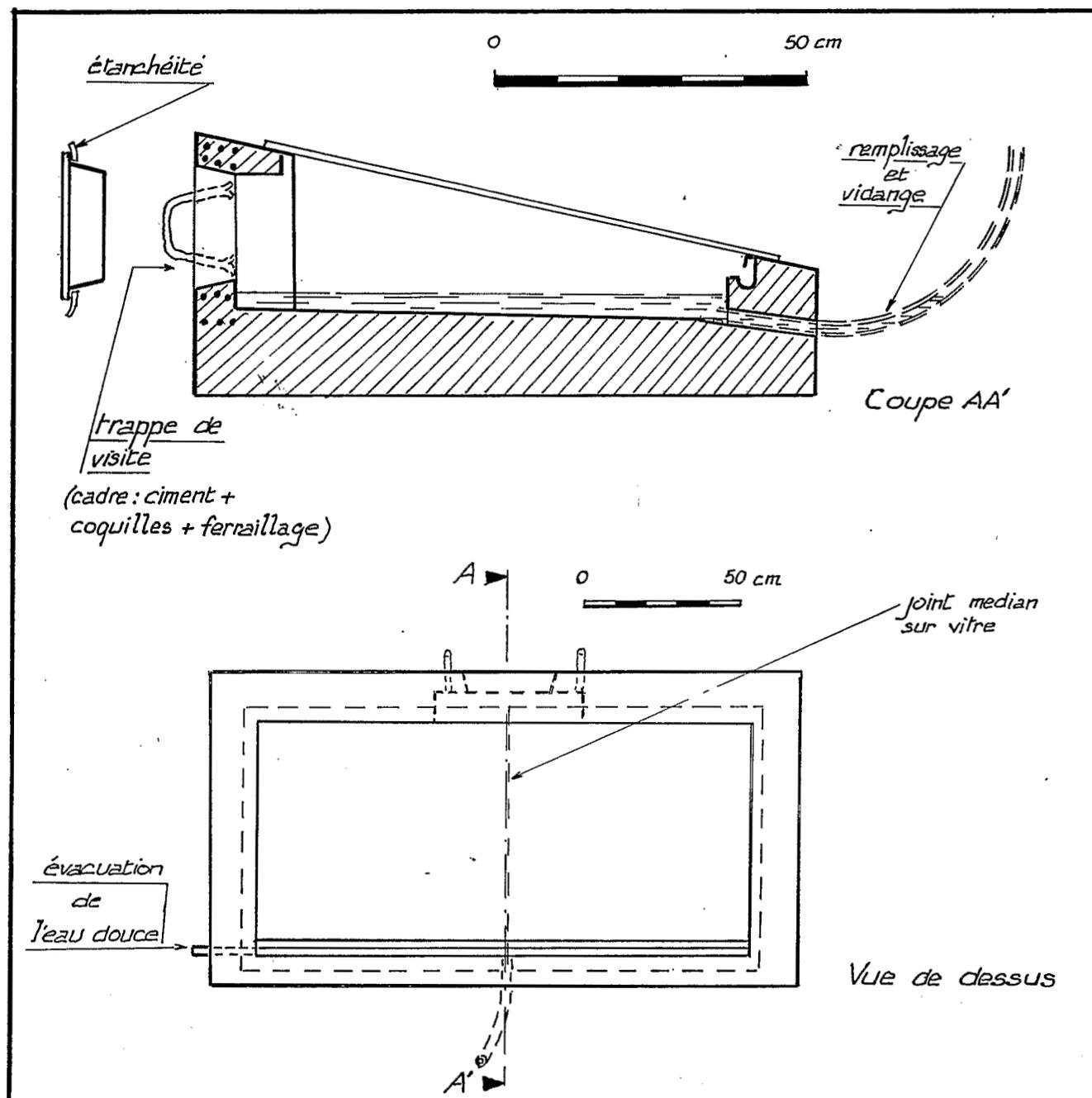


FIG. 9 : DISTILLATEUR SOLAIRE
Modèle de démonstration "MK 1"

CONSTRUCTION

- parpaings, avec chappe ciment
- fond traité avec "Rubson liquid Rubber" noir, 2 couches
- vitre 3 mm, lutée par bougie fondue, joint médiant: mastic silicone
- étanchéité trappe: chambre à air découpée, 1 épaisseur
- trappe: cage béton armé.

CARACTERISTIQUES

- dimensions externes: 1.9 X 1.0 m
- surface en eau: 0.79 X 1.6 = 1.26 m²
- surface vitre utile: 0.75 X 1.59 = 1.19 m²
- production: 2.6 l/jour
- mise en service: novembre 1986

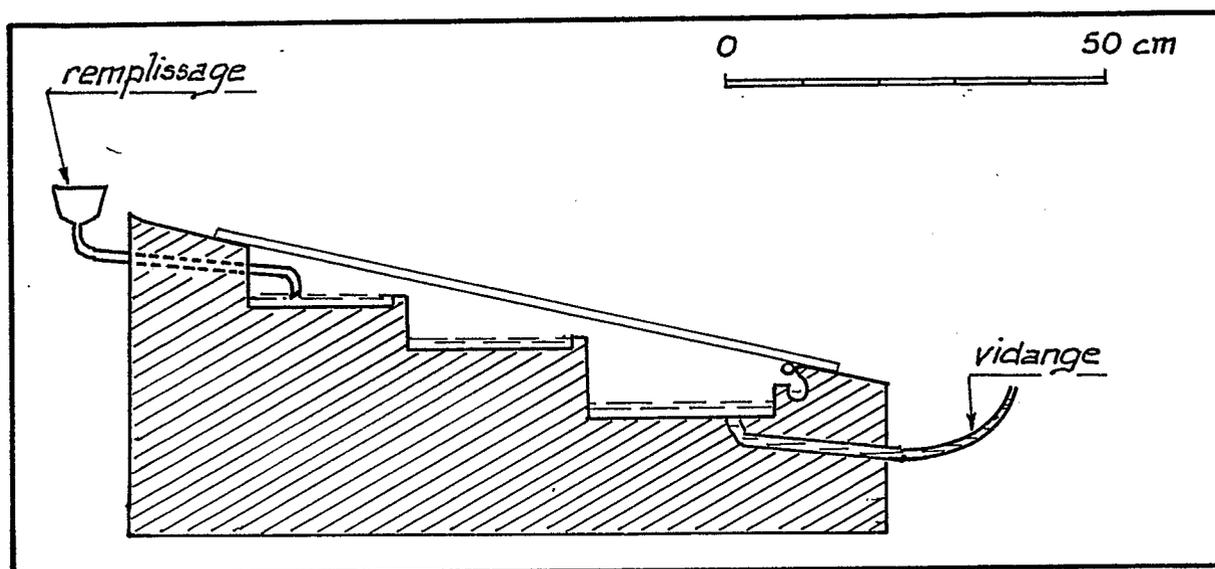


FIG. 10 : DISTILLATEUR SOLAIRE
Modèle à gradins "MK II"

CONSTRUCTION

- parpaings et ciment
- vitrage: 3mm
- étanchéité par "Rubson liquide Rubber, 2 couches

CARACTERISTIQUES

- dimensions externes: 1.90 X 1.00 m
- surface en eau: 1.22 m²
- production: 3.7 l/jour
- mise en service: septembre 1987

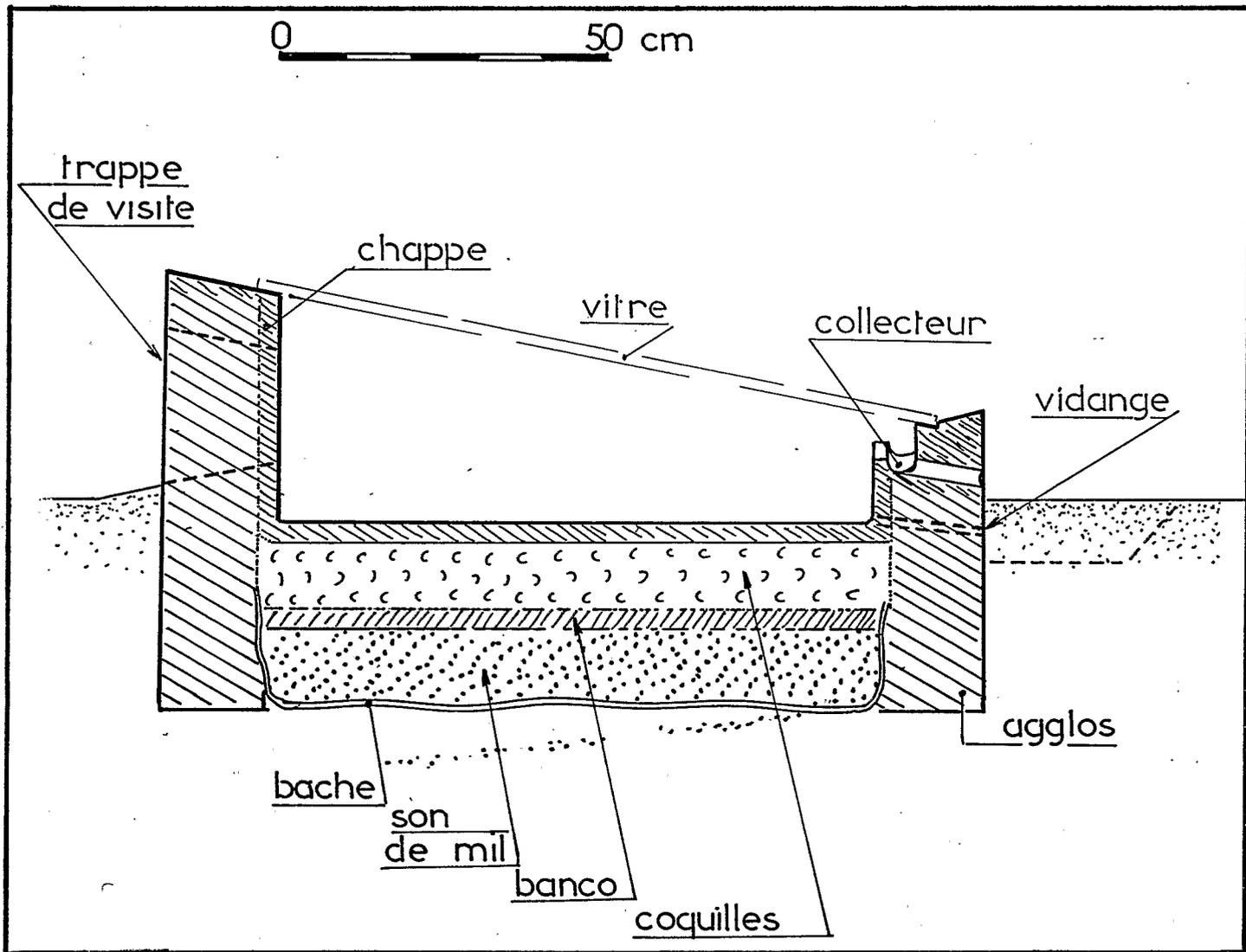


FIG. 11 : DISTILLATEUR "DE TERRAIN"
 CONSTRUIT A FAMBINE (îles du Saloum)

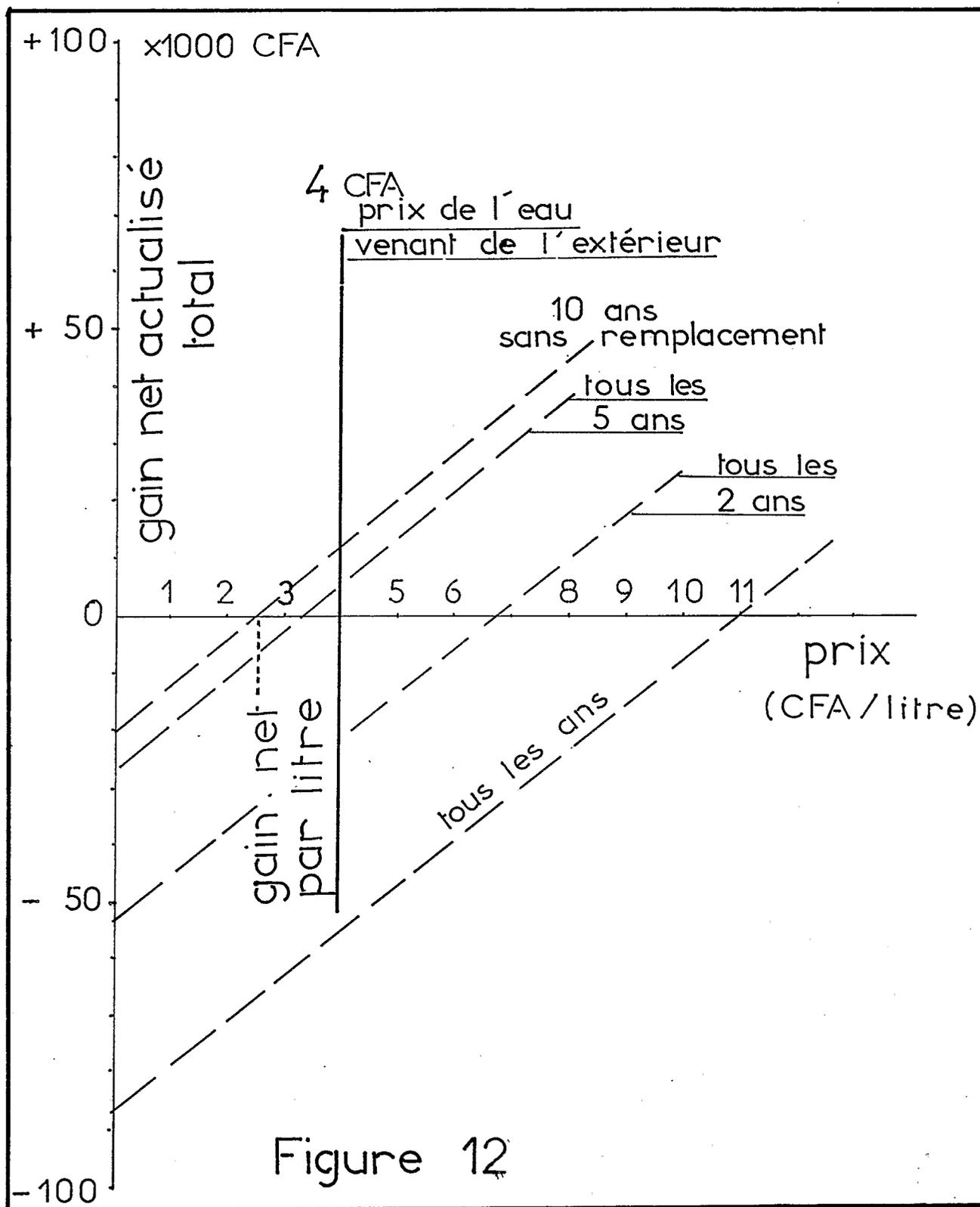


FIG.12 RENTABILITE ECONOMIQUE D'UN DISTILLATEUR SOLAIRE
 IMPACT DE LA FREQUENCE DE REMPLACEMENT DU VITRAGE