

école polytechnique de thiès

PROJET DE FIN D'ETUDES

Titre: Conception, fabrication et exploitation
d'un prototype de distillateur solaire
de petites dimensions.

Auteur:

Cheikh Ndiouga GUEYE
Génie mécanique.

Directeur de projet:

M^r PETITEAU

· 1980 ·

à
mon regretté grand-père
Cheikh Saadbou Diagne
et à
toute ma famille.

REMERCIEMENTS.

Mes sincères remerciements :

- aux techniciens de l'école qui ont aidé à la réalisation de ce projet et au bon déroulement des expériences.
- aux employés du casernement pour leur "coffre" si bien confectionné.
- aux chercheurs de l'I. P. M. qui ont gracieusement mis à ma disposition toute leur documentation.
- à tout le personnel de l'école pour sa disponibilité et ses renseignements si précieux.
- à tous mes camarades et amis pour leur soutien aimable.

Je remercie particulièrement mon directeur de projet : M^r MICHEL PETITEAU pour la disponibilité et le soutien dont il m'a témoigné tout au long de l'élaboration de ce travail.

SOMMAIRE

Un distillateur solaire de petites dimensions (160 cm x 88 cm) avec un toit à double pente a été conçu, réalisé et exploité. Par temps ensoleillé, il produit 6 à 7 litres par jour.

Les températures d'équilibre à vide et le taux d'évaporation en charge ont été déterminés théoriquement.

Une étude sommaire de coût basée sur une période d'amortissement de deux ans a montré que le prix de revient du litre d'eau distillée par l'appareil (environ 7 FCFA) pouvait être 10 fois moindre que le prix actuel de vente dans les magasins du litre d'eau distillée.

Les qualités présentées par l'eau distillée analysée rendent possible son utilisation en laboratoire.

TABLE DES MATIERES

-	Introduction	1
-CHI	Généralités	3
-CHII	Conception	5
II-1	Quelques variantes de distillateurs de petites dimensions	5
II-2	Détails de construction	14
II-3	Fonctionnement	23
-CHIII	Calculs et expériences	25
III-1	Hypotheses simplificatrices	25
III-2	Détermination des pourcentages du rayonnement transmis, absorbé et refléchi par le verre	26
III-3	Bilans thermiques autour du distillateur sans eau, exposé au soleil	28
III-4	Distillateur contenant de l'eau et exposé au soleil	39
III-5	Résultats des mesures expérimentales	48
-CHIV	Etude de coût	58
-	Discussion	61
-	Conclusion	65
-	Bibliographie	67

INTRODUCTION

Un peu partout dans le monde, des recherches ont été menées pour une utilisation rentable de l'énergie solaire et ceci dans les domaines les plus variés.

Dans les régions arides, l'approvisionnement en eau douce constitue un problème qui devient de plus en plus vital. Mais souvent la sécheresse n'est qu'apparente car on trouve de l'eau dans le sous-sol. Malheureusement cette eau contient fréquemment des sels qui la rendent impropre à la consommation et à l'irrigation. De même on assiste actuellement dans les Niages à une progression de l'eau salée dans la nappe phréatique, ce qui peut causer de grands dommages à cette région importante économiquement pour le pays.

Comme ces régions sont soumises à un ensoleillement intense, parmi les procédés de déminéralisation, la distillation par l'énergie solaire pourrait constituer une solution, ne serait-ce que partielle à leur problème. Mais cette méthode ne sera rentable que si elle parvient à concurrencer de façon satisfaisante, ces autres procédés de déminéralisation.

A une échelle inférieure, dans les laboratoires pharmaceutiques, et de chimie, dans les infirmeries, les besoins en eau distillée sont incessants; cette eau est purement et simplement achetée (importée) sous forme de flacons (dans le cas des infirmeries et pharmacies) ou bien provient de la distillation de l'eau par l'emploi de l'énergie thermique à partir du gaz ou de l'électricité (dans les laboratoires de chimie). Ceci maintient le prix de revient du litre d'eau distillée très élevé.

Dés lors la maîtrise des techniques de distillation par l'énergie solaire devient nécessaire et elle se fera sans doute plus facilement avec les distillateurs de petites dimensions. Celles-ci conviennent déjà très bien pour les petites consommations telles que dans les laboratoires; c'est aussi la construction de ces petits appareils qui rend aisée celle des appareils à grande échelle.

I-1 L'énergie solaire.

L'énergie solaire est une énergie rayonnante de courte longueur d'onde; son maximum d'intensité se situe dans les rayons visibles et correspond à la longueur d'onde de 0,47 microns.

On appelle constante solaire le flux de chaleur provenant du soleil qui atteindrait la terre si cette dernière était dépourvue d'atmosphère. Elle se note G_0 et est égale à environ $1,394 \text{ kW/m}^2 = 1200 \text{ kcal/hm}^2$

La traversée de l'atmosphère fait perdre au rayonnement une partie qui est absorbée par la couche d'air, les poussières, la vapeur d'eau et les autres gaz existant dans l'atmosphère. Une autre partie est dispersée par les molécules de l'atmosphère et engendre la radiation diffuse; c'est le reste qui constitue la radiation directe qui atteint le sol. La radiation globale est la somme de la radiation directe et de la radiation diffuse.

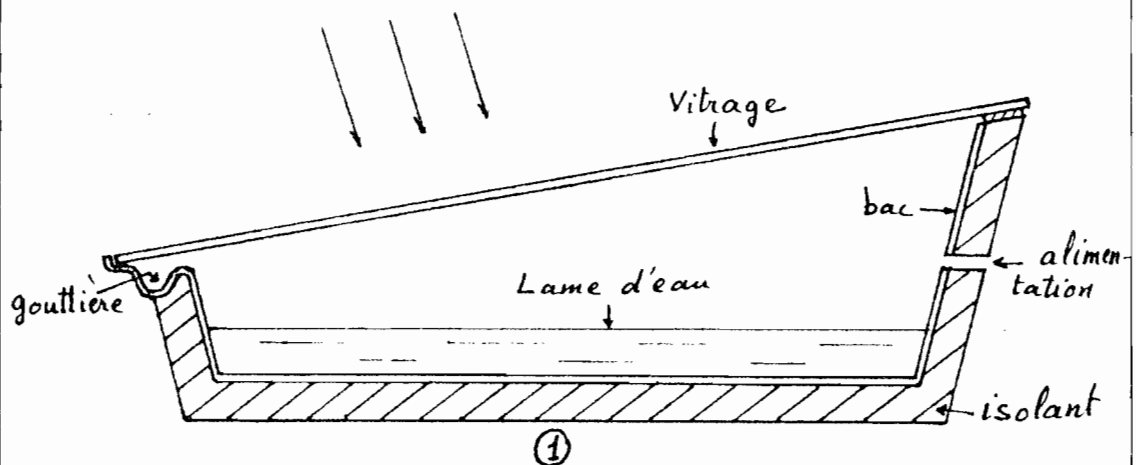
Ainsi l'énergie solaire reçue à la surface de la terre dépend-elle du lieu, de l'heure, du jour, des conditions météorologiques etc...

CHII CONCEPTION

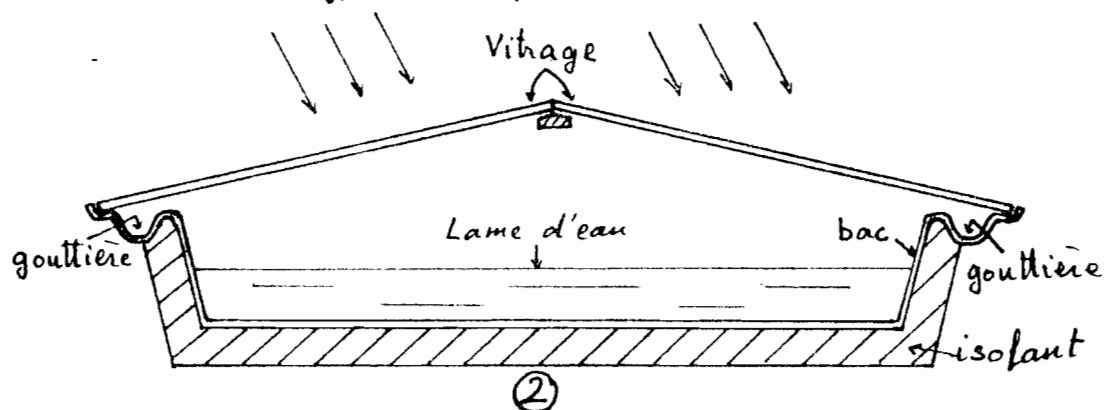
II-1 : Quelques variantes de distillateurs de petites dimensions.

Tous ces appareils fonctionnent suivant l'effet de serre.

II-1-a: Distillateur type classique à simple pente.

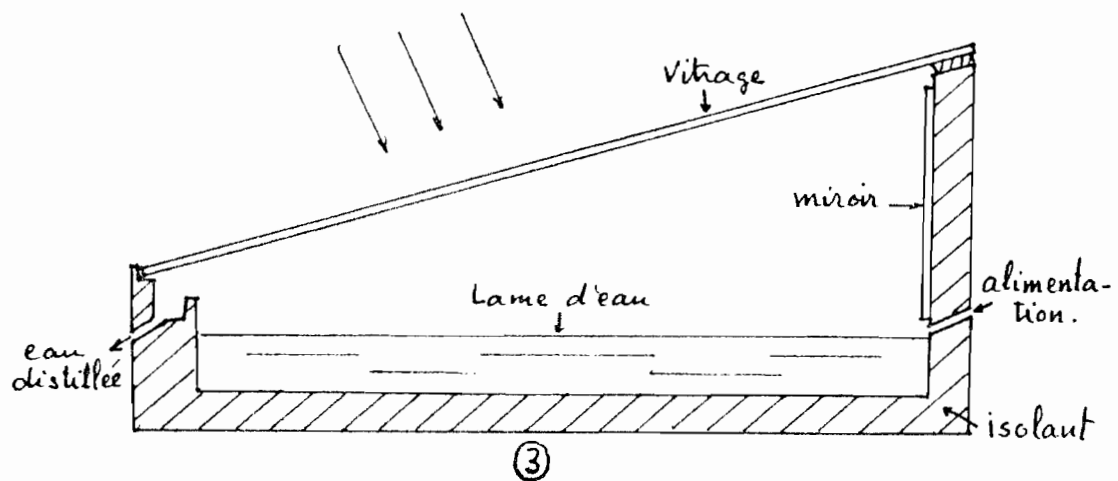


II-1-b: Distillateur type classique à double pente.



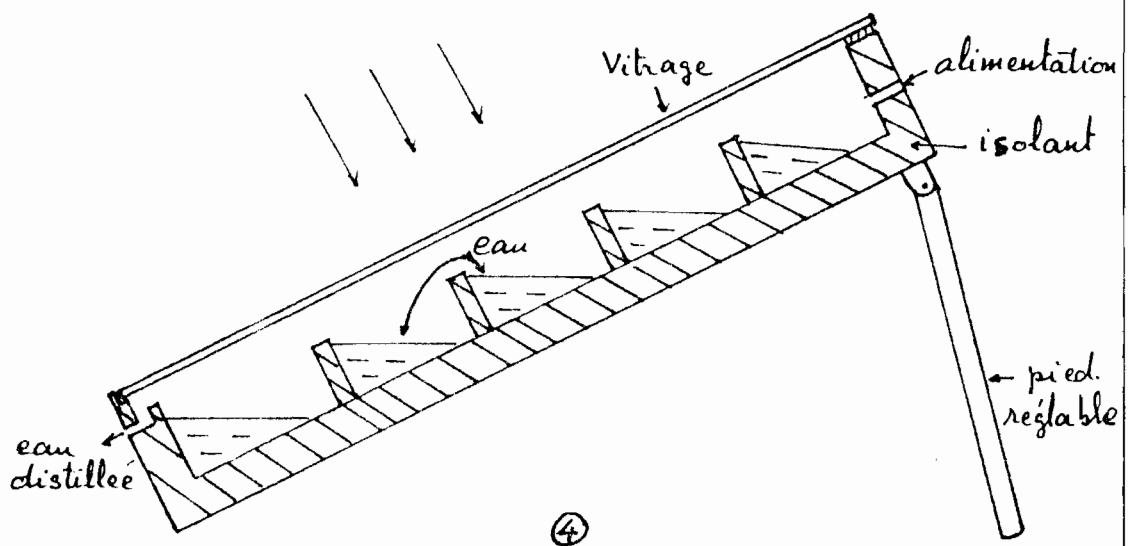
La lame d'eau reposant sur un bac peint en noir est chauffée. La vapeur produite vient se condenser sur les vitres; l'eau distillée ainsi produite ruisselle et est recueillie grâce à des gouttières et évacuée pour être stocker hors de l'appareil. Ces deux types ① et ② peuvent être intéressants par le fait que l'isolant qui peut être de la laine de verre est isolé du milieu humide (le bac et les gouttières ne forment qu'une seule et unique pièce); il ne risque donc pas de se mouiller, ce qui diminuerait de beaucoup sa résistance thermique.

II-1-c: Distillateur à simple pente avec miroir.



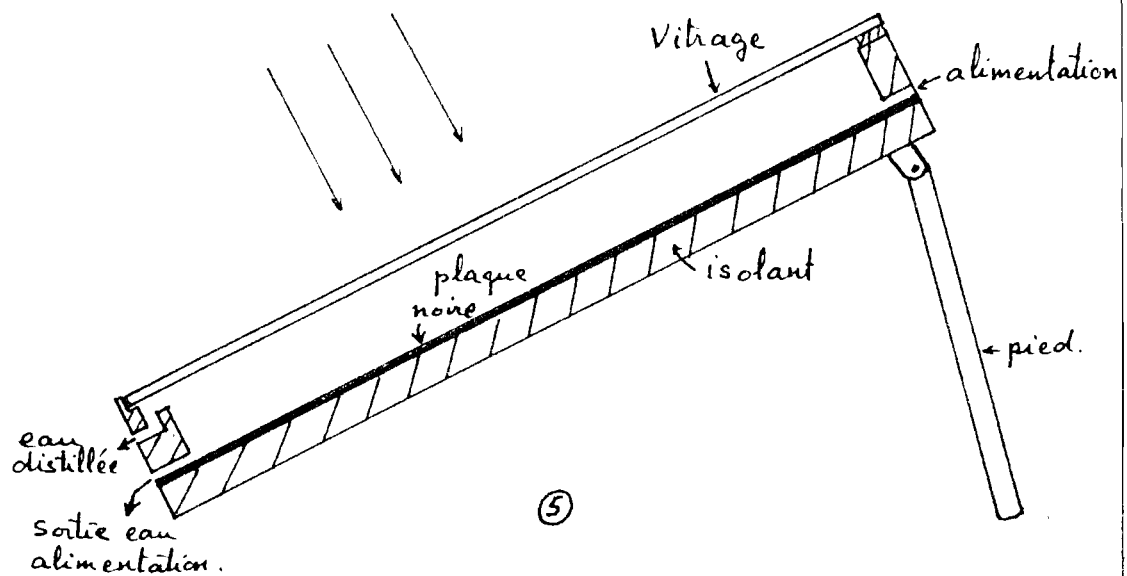
Ce type est identique au distillateur type classique à simple pente à la différence qu'un miroir placé sur la face arrière intérieure augmente la quantité du rayonnement transmis au bac et à son eau.

II-1-d: Distillateur type serre à gradins.



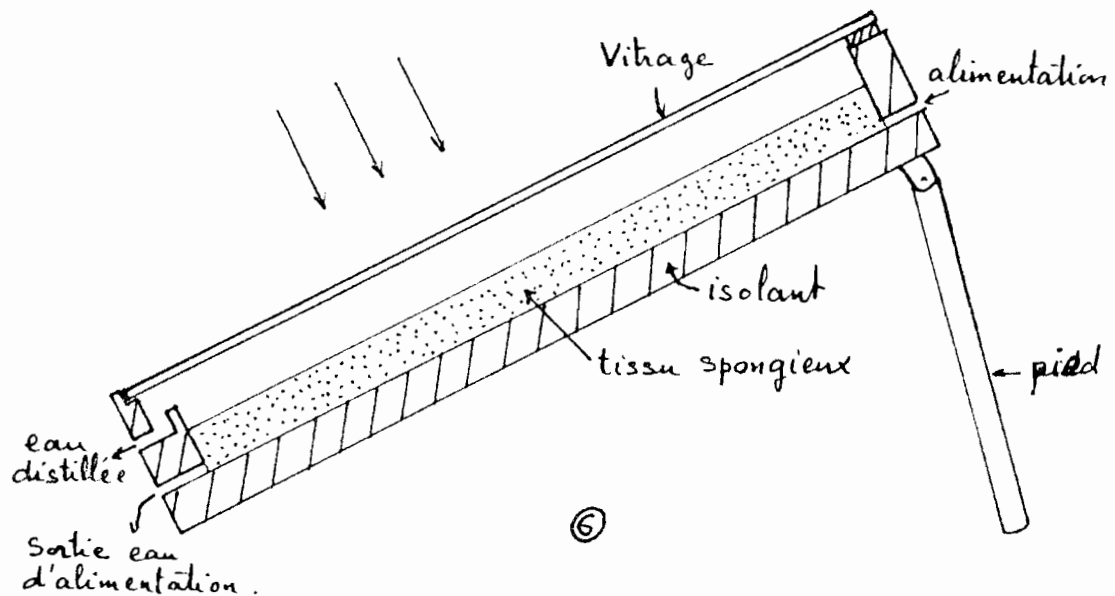
La face inférieure, parallèle à la plaque de verre, forme des contenants en escalier (comme le montre la figure) où est stocké l'eau à évaporer. La vapeur d'eau se condense sur la vitre, ruisselle vers le bas et est recueillie à l'aide d'un collecteur.

II-1-e: Distillateur type serre à ruissellement.



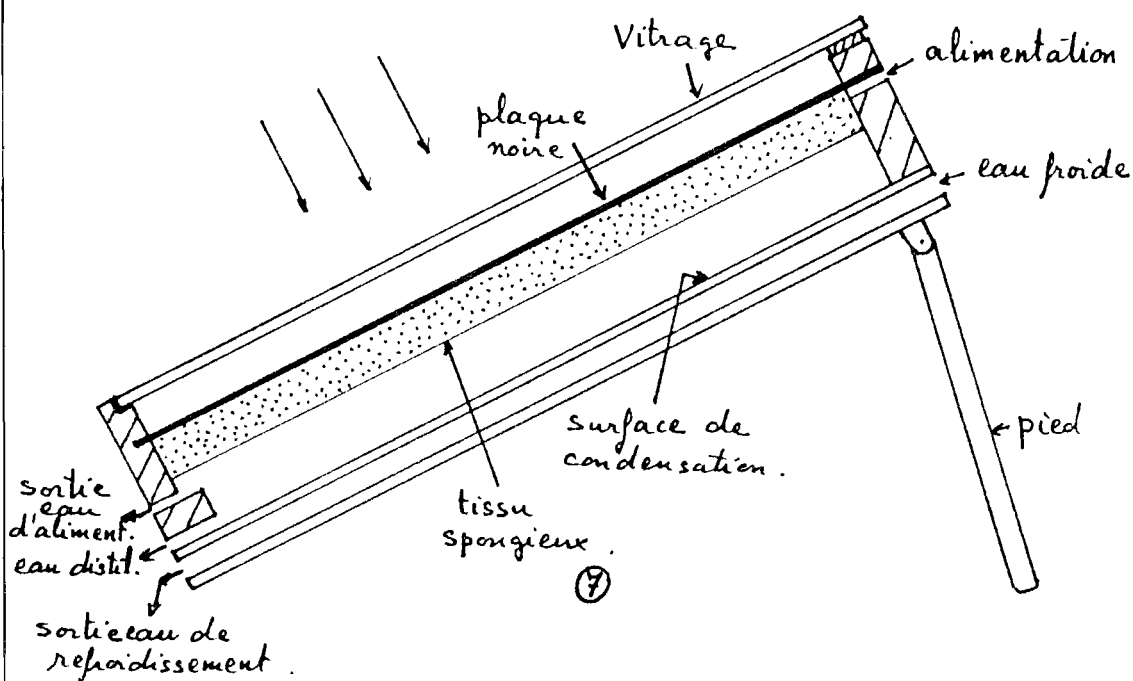
Comme le type ④ celui-ci a sa plaque inférieure parallèle à la plaque de verre inclinée; mais l'eau, au lieu d'être retenue stagnante, ruisselle en un film très mince qui s'évapore très rapidement et se condense sur la plaque de verre. Le condensat est recueilli au bas du verre par une gouttière.

II-1-f: Distillateur type serre avec tissu spongieux pour retenir l'eau brute.



L'eau d'alimentation est stockée en permanence dans un tissu spongieux d'une capacité absorbante assez élevée. C'est cette eau qui s'évapore par échauffement du tissu spongieux et se condense sur la vitre pour être recueillie par la gouttière située au bas de la plaque de vitre et acheminée vers l'extérieur.

II-1g: Distillateur "Jean Marie"

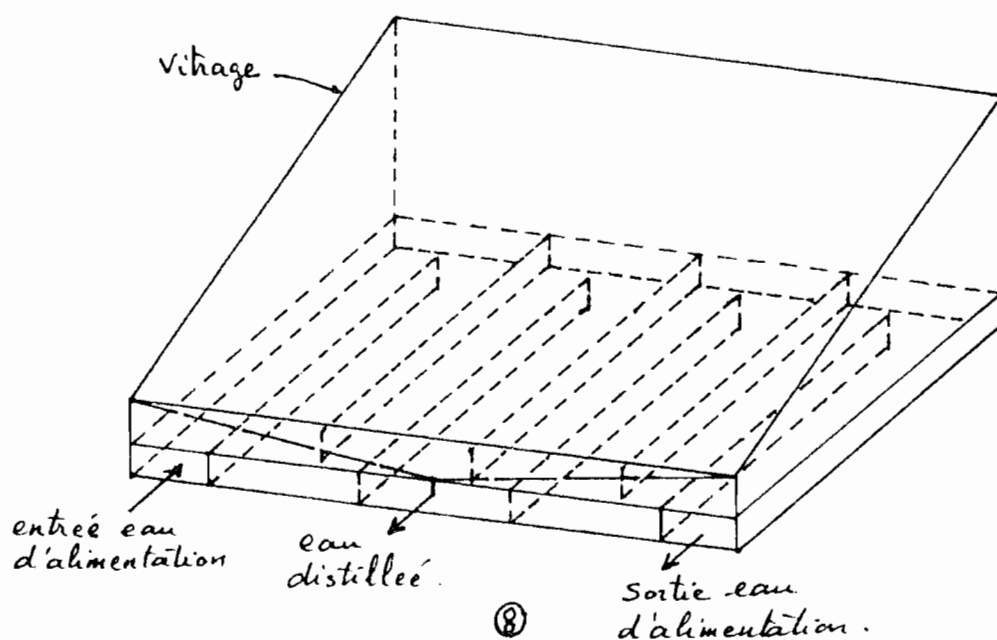


Ce type utilise du tissu spongieux comme dans le cas précédent. Au dessus de ce tissu, une surface peinte en noir mat permet l'absorption de l'énergie; une plaque de verre permet d'obtenir l'effet de serre. L'avantage de ce cas par rapport aux autres réside dans le fait que la surface de condensation soit placée en dessous du tissu spongieux donc cachée du rayonnement et en dessous de laquelle circule de l'eau assurant ainsi son refroidissement d'où une différence de température entre la plaque de

condensation et la vapeur, plus grande.

L'avantage des types ④, ⑤, ⑥ et ⑦ est que le volume intérieur peut être diminué à volonté augmentant ainsi l'effet de serre. De plus, ces appareils sont orientables de façon à présenter à tout moment leur vitrage perpendiculaire aux rayons du soleil.

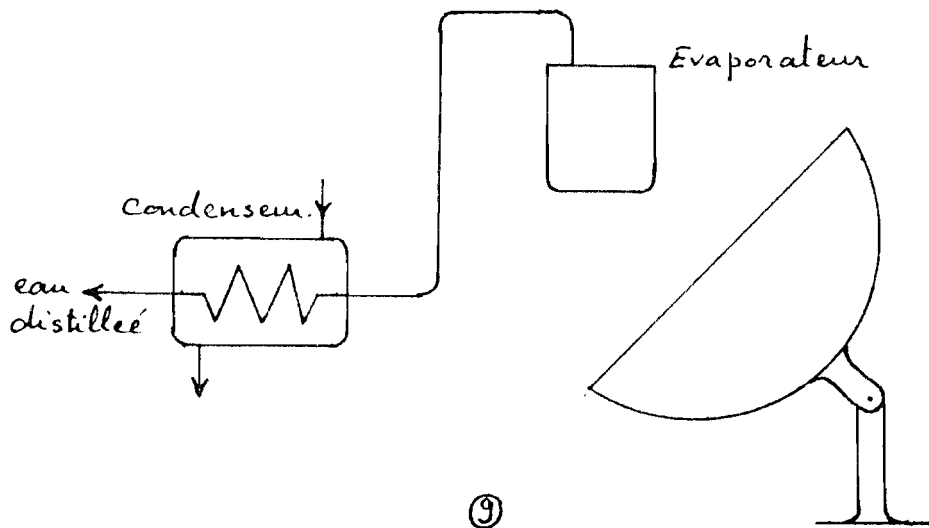
II-1-h: Distillateur à simple pente mais l'eau serpentant dans la cuve.



Ce cas ressemble un peu au cas du distilla-

teur à simple pente à la différence que là, l'eau circule en serpentins. Un capteur plan placé à côté permet de préchauffer cette eau qui est cyclée.

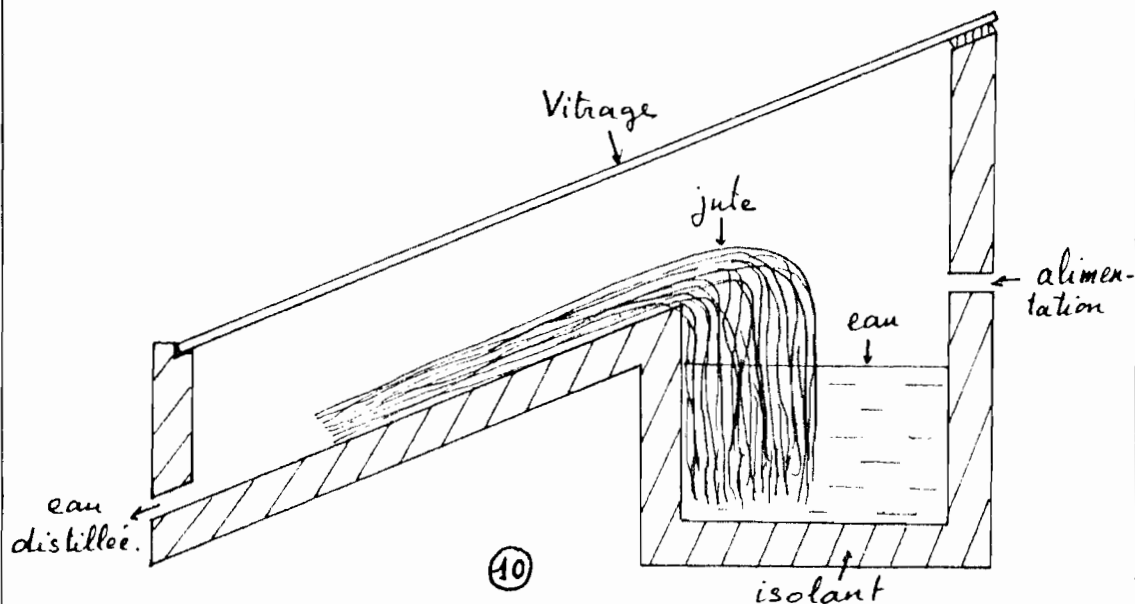
II-1-i: Distillateur solaire à concentration.



Un réflecteur parabolique concentre le rayonnement sur le récipient contenant l'eau à distiller. La vapeur produite par échauffement de l'eau, est introduite dans un condenseur d'où sort l'eau distillée. Dans

cet appareil l'eau peut être portée à ébullition.

II-1-j: Distillateur à mèche humidifiée.



L'eau monte dans la partie supérieure de l'appareil grâce à la jute; plus elle progresse vers l'extrémité qui ne baigne pas dans la nappe, l'eau se débarrasse de ses sels. La pente permet de recueillir cette eau enfin pure quittant la jute. Parallèlement, une partie de l'eau qui mouille la jute s'évapore et se condense sur la vitre. (Indian Institut of Technologie.).

II-2 : Détails de construction

Nous procéderons à la construction d'un distillateur du type ②, le plus classique, principalement pour sa simplicité de construction, et le fait que l'exploitation de celui-ci pourra constituer un début à un programme d'étude portant sur différents types de distillateurs solaires afin d'en améliorer le rendement.

Notons que nous avons préféré le type ② au type ① parce que pour des fins d'étude, le premier présente l'avantage d'offrir deux pentes au lieu d'une, donc deux positions du vitrage par rapport au soleil ce qui constitue un élément supplémentaire.

L'objectif, ici, est la conception d'un prototype de distillateur solaire de petites dimensions. Il sera immédiatement utilisable et bien adapté aux conditions d'exploitation dans les régions sahéliennes. Le distillateur devra :

- pouvoir remplacer entièrement sinon en partie mais d'une façon satisfaisante les méthodes classiques de distillation utilisées dans les laboratoires du point de vue quantité et

qualité de l'eau distillée produite.

- avoir un prix de revient assez bas avec une longue durée de vie de façon à concurrencer économiquement les autres formes de production d'eau distillée.
- être démontable afin de permettre un entretien facile (nettoyage et remplacement de pièces.)
- Être simple d'utilisation et de construction pour une éventuelle production industrielle.
- n'être constitué que de matériaux disponibles sur notre marché.
- ne pas être encombrant, et être relativement transportable.

II-2-a: Description des éléments entrant dans la construction du distillateur.

• Le coffre:

C'est une caisse réalisée en bois de contre-plaquet de 15mm telle que le montre la fig 1. De la colle blanche de bois parfait l'étanchéité aux arêtes de jonction. Des trous percés sur les faces avant et

arrière servent à l'alimentation en eau et à l'évacuation de l'eau distillée.

- Les bacs.

Dans une plaque de tôle en acier de 1mm d'épaisseur est découpée la forme montrée à la figure 2-a. Les rebords sont ensuite pliés d'un angle de 90° suivant les pointillés de façon à obtenir la forme du bac fini. Enfin aux quatre coins, les parties repliées sont réunies par de la soudure (figure 2-b).

Une couche de peinture anti-rouille est appliquée dessus avant une dernière noire servant à augmenter le coefficient d'absorption du bac.

Deux bacs de la taille indiquée par la figure seront posés côte-à-côte horizontalement dans le coffre au dessus de l'isolant.

- Les gouttières.

Elles jouent le rôle de collecteurs et sont installées sur chaque côté du coffre comme le montre la figure 3-b.

Dans une plaque de tôle en acier de $\frac{1}{2}$ mm d'épaisseur, est découpé un morceau tel que montré à la figure 3-a.. Le pliage se fera suivant les pointillés de façon à obtenir le profilé montré à la figure 3-c.

Une couche de peinture blanche servant à réduire au maximum le coefficient d'absorption afin de minimiser l'évaporation de l'eau distillée récoltée, est appliquée à la gouttière après une première couche de peinture anti-rouille.

- Les vitres.

Dans le montage sont utilisées des plaques de verre mince de dimensions 160 cm x 44 cm. Notons que ce sont ces plaques de verre qui ont imposé aux autres éléments leurs dimensions.

- Les isolants thermiques

Comme isolant, c'est du spiroforme qui est utilisé. Il est sous forme de plaque et est placé à l'intérieur du distillateur entre les bacs et la face inférieure du coffre. Cette position, en plus de la

contribution à l'élévation de la résistance thermique du fond de l'appareil, permet de diminuer son volume intérieur ce qui augmente son rendement.

Signalons que les qualités d'isolant du spyroforme ne diminuent pas avec l'humidité (Le chauffe-eau solaire - T. Cabrol, A. Pelissou, D. Roux.)

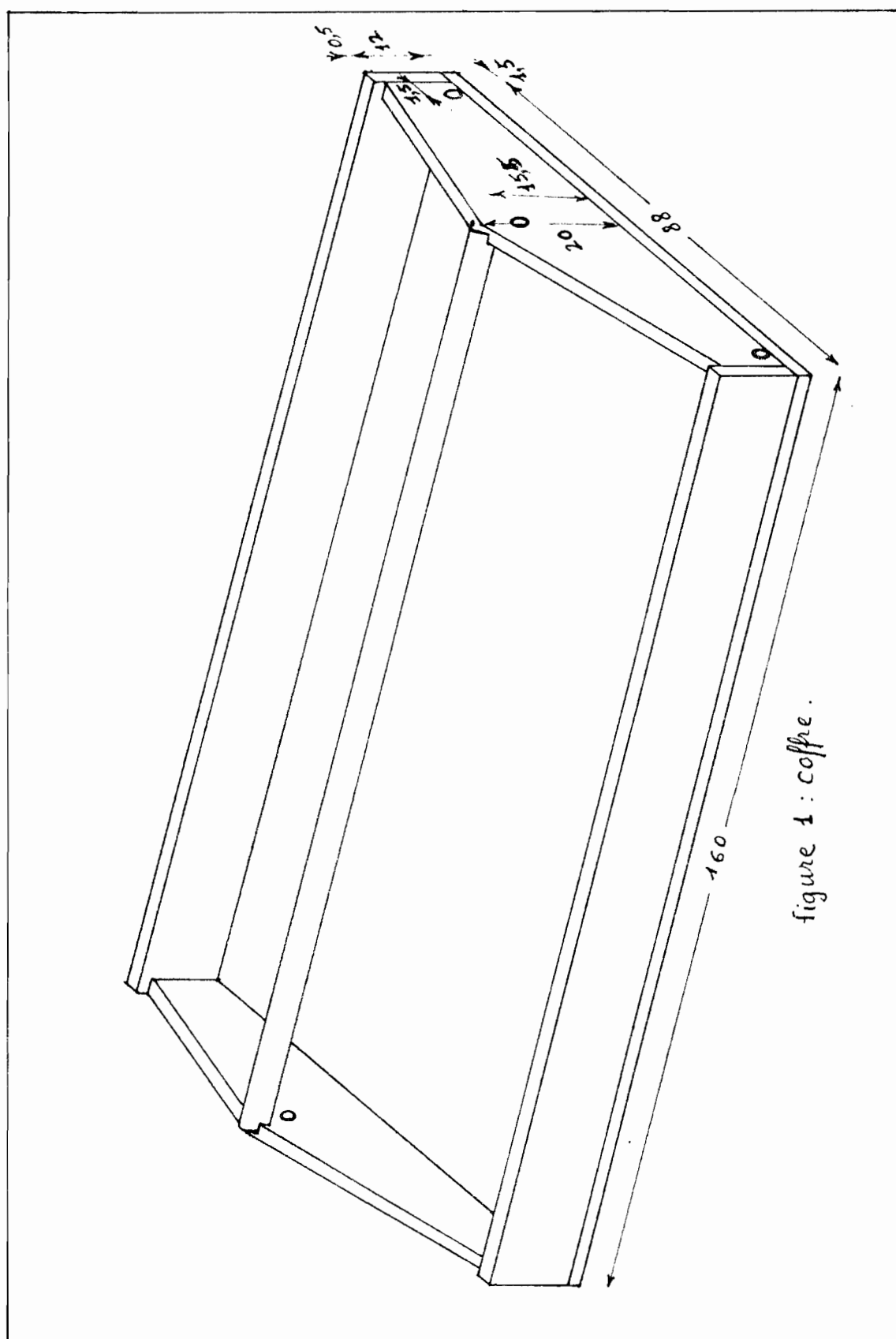
- Les joints d'étanchéité.

Ils assurent l'étanchéité essentiellement autour des vitres. Comme joint, pour les besoins de l'expérience, nous avons employé une sorte de plastique "expensé".

- Des tubes en plastique.

Ils relient les collecteurs (gouttières) au réservoir de récupération et permettent l'alimentation en eau des bacs.

On doit noter que les vitres adoptent une pente de 10° . Cette valeur de l'angle, obtenue empiriquement est supposée être celle qui maximise la production et est spécifiée dans la plupart des références.



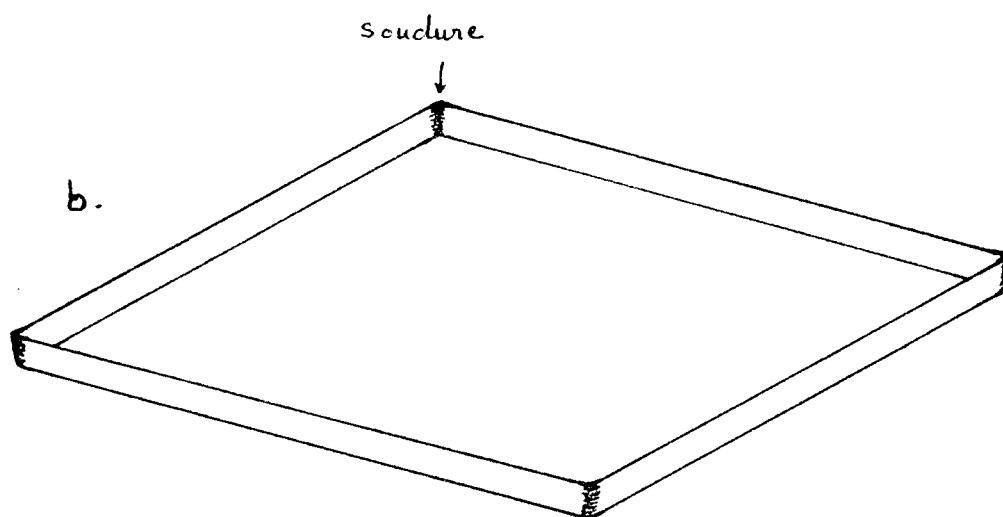
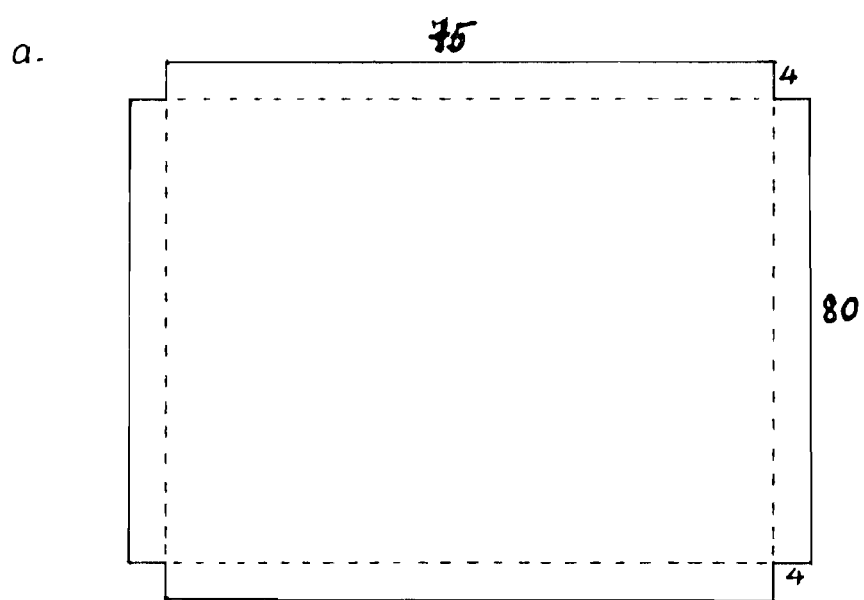
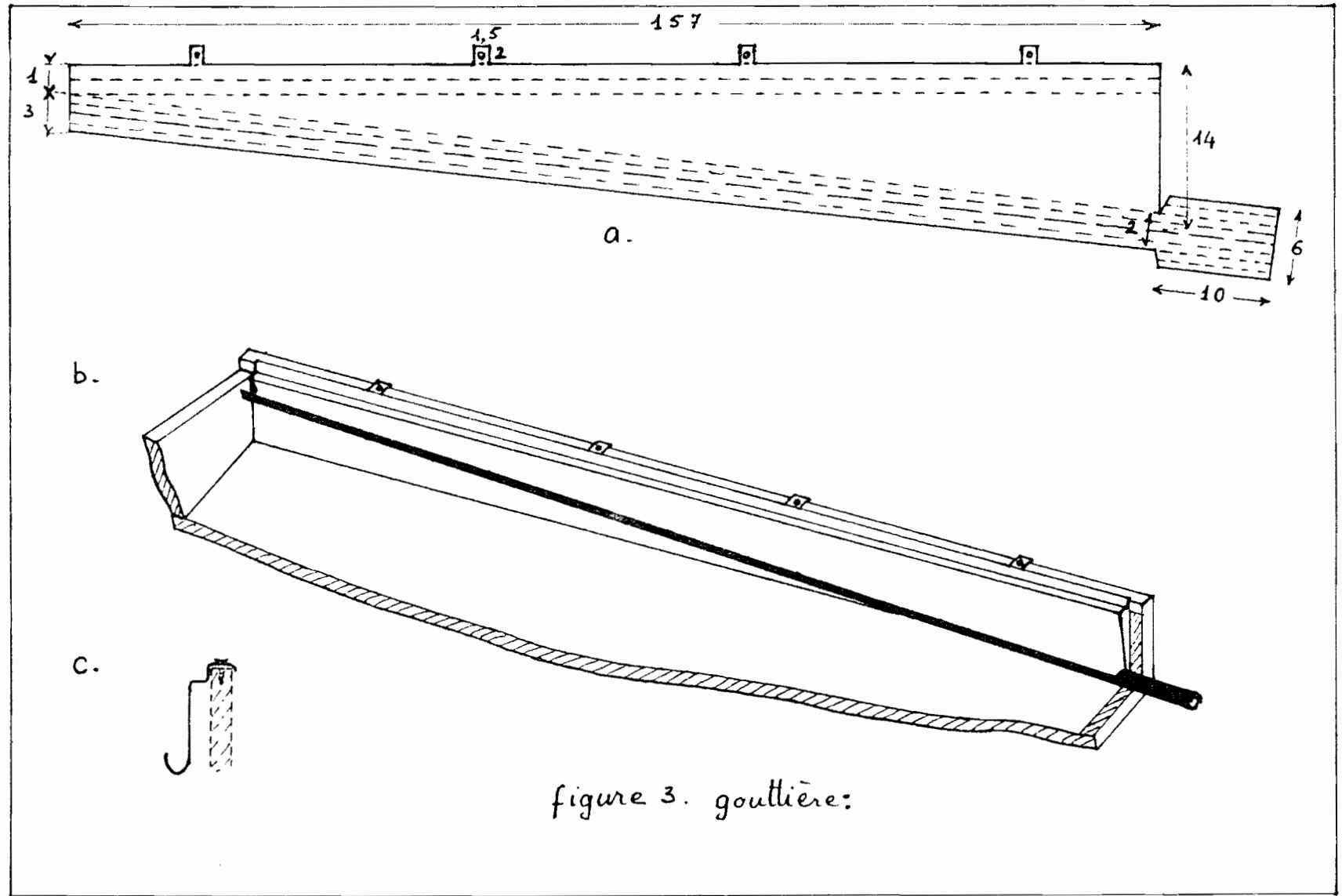
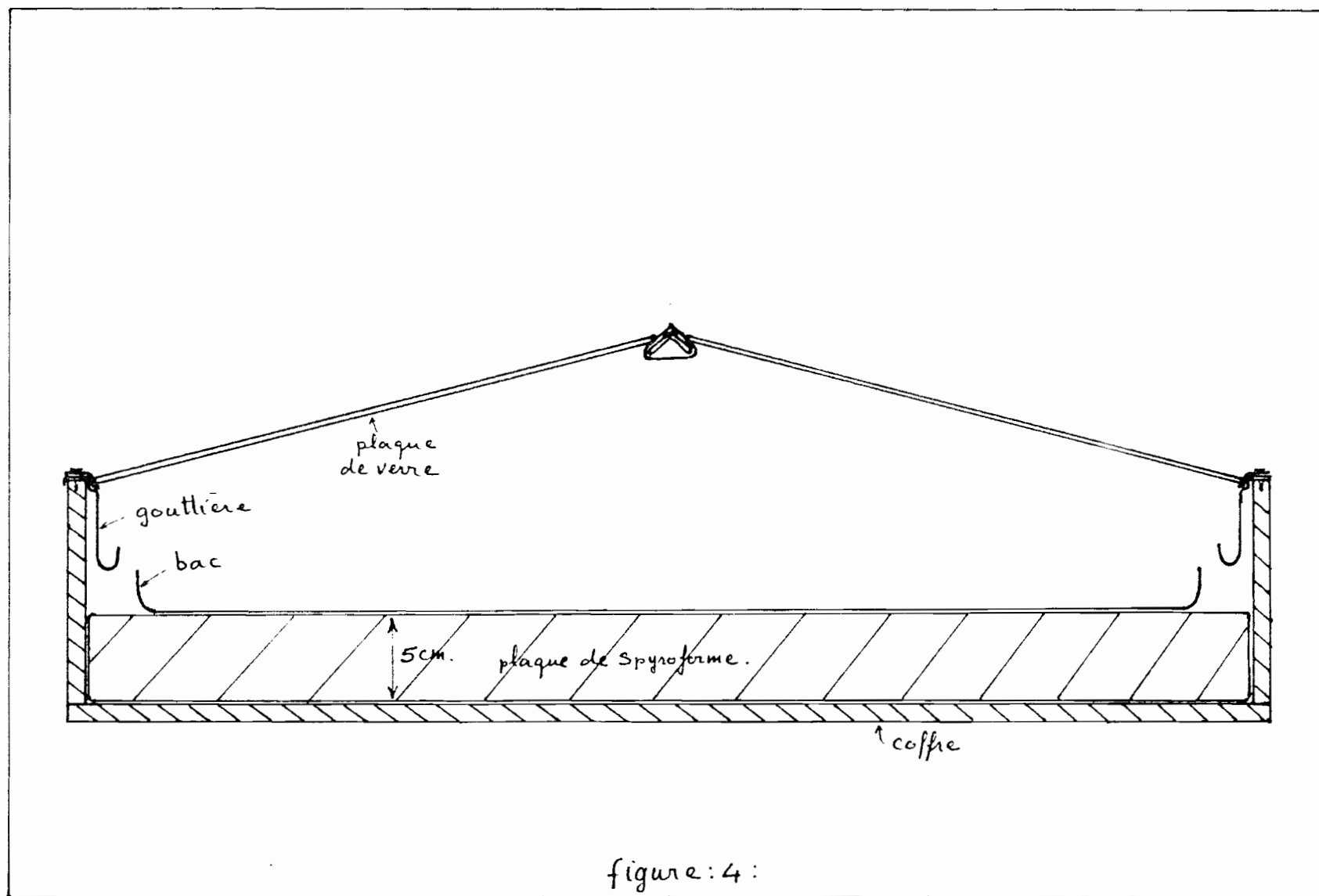


figure : 2 : bac





II-3 : Fonctionnement

Les radiations solaires qui sont de courtes longueurs-d'onde ($0,17$ à 4μ) pénètrent dans l'enceinte close à travers le couvercle en verre et atteignent le bassin peint en noir contenant l'eau à distiller. Cette couleur noire permet l'absorption de la plus grande partie des radiations solaires et permet ainsi un échauffement de l'eau. Par contre le verre est opaque aux rayonnements émis par le bassin et son eau qui sont d'une longueur d'onde supérieure (de l'ordre de 9μ aux basses températures.). Ceci entraîne une accumulation de chaleur qui permet l'élévation de la température de l'eau qui peut atteindre les 80°C . L'eau ainsi chauffée s'évapore. La vapeur d'eau qui en résulte, circule dans l'enceinte et se condense au contact du verre qui est à une température inférieure car absorbant une quantité plus faible d'énergie et en perdant car exposé au milieu ambiant (notons que les pertes par les autres côtés sont négligeables du

fait que ceux-ci offrent une résistance thermique très grande, étant calorifugés.). L'inclinaison des plaques de verre permet au condensat de s'écouler et d'être recueilli par un collecteur (gouttières plus tubes en plastique) qui envoie l'eau ainsi distillée dans un réservoir.

CH III CALCULS ET EXPERIENCES

III-1 Hypothèses simplificatrices.

Sans trop de détails, la coupe transversale du distillateur se présente comme suit :

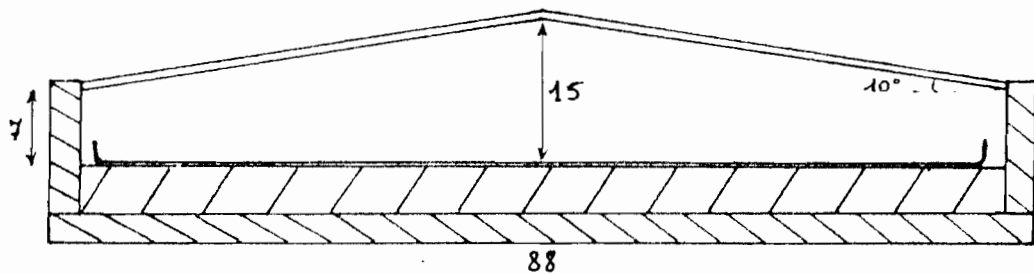


figure : 1.

Pour des raisons de simplification, la configuration suivante sera adoptée tout le long des calculs :

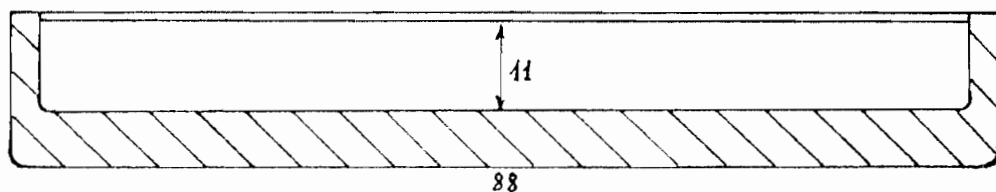


figure:2.

Les vites sont supposées horizontales c'est-à-dire

qu'on négligera les 10° qu'elles font avec le plan horizontal. Evidemment, la nouvelle configuration réduit la surface de condensation par le facteur $\cos 10^\circ$ (sensiblement égal à 1) mais elle garde le même volume intérieur.

$$V_1 = [(70 \times 880) + (150 - 70) \frac{880}{2}] \times \text{profondeur} =$$

$$V_2 = 880 \times 110 \times \text{profondeur}$$

Les pertes de chaleur par les côtés latéraux et par le dessous seront négligées lors de l'établissement des bilans thermiques; de même que l'énergie absorbée par les côtés latéraux voyant le soleil et leur rayonnement.

III-2: Détermination des pourcentages du rayonnement transmis, absorbé et réfléchi par le verre.

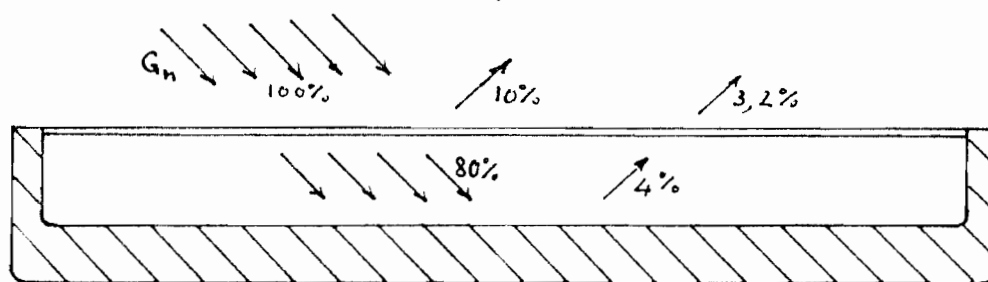


figure 3

Considérons le distillateur simplifié exposé au soleil et recevant un rayonnement constant G_n .

Comme approximation, nous supposons que le verre réfléchit 10% du rayonnement solaire incident (dans "Techniques de l'ingénieur" nous notons : "... pour l'incidence normale sur le verre de silice, la réflexion est de 8% et croît avec l'angle d'incidence ...") qui fait un certain angle avec la normale à notre plaque de verre horizontale et en absorbe environ 10%.

Si on néglige la quantité absorbée par l'air ambiant intérieur, il arrive sur la surface du bac environ 80% de G_n . Une faible partie, environ 5% est réfléchi soit $5 \times 0,8 = 4\%$ de G_n ; le reste est absorbé par le bac.

De nouveau 80% de ces 4% ($= 80 \times 0,04 = 3,2\%$) sont transmis par le verre, 10% soit $10 \times 0,04 = 0,4\%$ de G_n absorbés et 10% ($= 0,4\%$ de G_n) réfléchis vers le bac par la face inférieure du verre.

Ces réflexions successives se poursuivent mais avec des pourcentages de plus en plus négligeables du rayonnement total incident, de telle sorte que nous pouvons dire que, de G_n , environ :

- $10 + 0,5 = 10,5\%$ sont absorbés au niveau du verre,
- $10 + 3,5 = 13,5\%$ sont réfléchis vers l'extérieur,
- $100 - (10,5 + 13,5) = 76\%$ sont absorbés au niveau du bac.

III-3 : Bilans thermiques autour du distillateur sans eau, exposé au soleil.

Dans ces conditions, il n'y a ni évaporation ni condensation. Quand le régime est permanent, c'est-à-dire quand le distillateur perd autant de chaleur qu'il en absorbe, ses différents éléments et parties atteignent leur température d'équilibre.

La détermination de ces températures d'équilibre se fera par l'établissement des bilans thermiques d'abord autour puis à l'intérieur du distillateur.

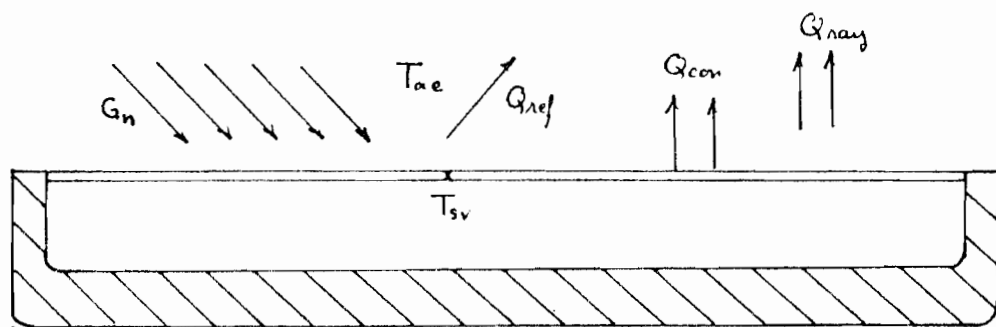


figure 4

III-3-a. Bilan extérieur : échanges thermiques avec le milieu ambiant extérieur.

- Quantité de chaleur absorbée par le distillateur.

Le flux de la chaleur reçue et absorbée par le distillateur est égal à la quantité totale de chaleur arrivant sur les vitres moins la quantité totale réfléchie et ceci, par unité de surface.

$$q_{in} = \left(1 - \frac{13,5}{100}\right) G_n = \left(1 - \frac{13,5}{100}\right) G_0 \tau_0^m$$

– 13,5 : représente le pourcentage de G_n réfléchi
(III - 2.)

– G_0 : constante solaire, c'est-à-dire le flux de chaleur provenant du soleil qui atteindrait la terre si cette dernière était dépourvue d'atmosphère; $G_0 = 1200 \frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2}$ (Transfert de chaleur - Kreith)

– τ_0 : coefficient de transmission de l'air qui varie de 0,8 par temps clair à 0,6 par temps couvert; pour les calculs pratiques on pourra prendre la valeur moyenne de 0,7 (Transfert de chaleur - Kreith.)

- m : masse d'air relative définie comme étant le rapport de la longueur du parcours réel au plus court parcours possible; $m = \frac{1}{\cos \theta}$
- θ : angle que fait le soleil avec le zénit; pour notre cas, nous allons supposer que le soleil fait un angle de 15° avec le zénit.

$$\Rightarrow m = \frac{1}{\cos 15} = 1,035.$$

$$\Rightarrow q_{in} = \left(1 - \frac{13,5}{100}\right) \times 1200 \frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2} \times 0,7^{1,035} = 717,58 \frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2}$$

- Quantité de chaleur perdue par le distillateur.

Les pertes par les parois et le dessous étant négligées, le distillateur perd de la chaleur essentiellement par les vitrages par convection et par rayonnement.

- Pertes par convection:

Les pertes par convection naturelle, conditions idéales pour lesquelles elles sont minimales, sont données par la formule:

$$q_{con} = h_{re} (T_{sr} - T_{ae})$$

- h_{re} : coefficient de transmission de chaleur pour

la plaque de verre horizontale regardant vers le haut; dans le cas d'une convection naturelle:

$$h_{ve} = 2,44 (\Delta T)^{0,25} \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

- T_{sv} : température du verre supposée uniforme sur toute la surface.

- T_{ae} : température ambiante extérieure; on la suppose égale à $30^\circ C = 303^\circ K$ au soleil.

$$\begin{aligned} \Rightarrow Q_{con} &= 2,44 (T_{sv} - T_{ae})^{1,25} \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \times \frac{3600}{4185} \frac{Kcal}{h \cdot W} \\ &= 2,1 (T_{sv} - 303)^{1,25} \frac{Kcal}{h \cdot m^2} \end{aligned}$$

- Pertes par rayonnement.

Si le rayonnement émis par les surfaces latérales est négligé, le distillateur perd de la chaleur par rayonnement uniquement par les vitres qui sont à la température T_{sv} . Le flux de chaleur rayonné sera alors de: $Q_{ray} = \epsilon_v E_n = \epsilon_v \sigma T_{sv}^4$

- ϵ_v : facteur d'émission du verre = 0,90 à $38^\circ C$ (Transfert de chaleur - Kreith); on supposera

cette valeur valable pour des températures approchant 100°C

σ : constante de Stefan-Boltzman $= 4,878 \times 10^{-8} \frac{\text{Kcal}}{\text{h m}^2 \text{K}^4}$
(Transfert de chaleur - Kreith)

$$\Rightarrow q_{\text{ray}} = 0,9 \times 4,878 \times 10^{-8} T_{\text{sv}}^4 = 4,39 \times 10^{-8} T_{\text{sv}}^4 \frac{\text{Kcal}}{\text{h m}^2}$$

$$\Rightarrow q_{\text{out}} = q_{\text{con}} + q_{\text{ray}} = 2,1 (T_{\text{sv}} - 303)^{1,25} + 4,39 \times 10^{-8} T_{\text{sv}}^4$$

Quand le régime est permanent, le bilan extérieur pour notre distillateur ($q_{\text{in}} = q_{\text{out}}$), s'écrit :

$$\Rightarrow 717,58 = 2,1 (T_{\text{sv}} - 303)^{1,25} + 4,39 \times 10^{-8} T_{\text{sv}}^4$$

$$\Rightarrow T_{\text{sv}} = 335^{\circ}\text{K} = 62^{\circ}\text{C}.$$

III.3.b. Bilans intérieurs : autour du bac et autour des vitres.

- Echanges thermiques à l'intérieur du distillateur.

Dans l'appareil s'effectuent des échanges thermiques entre le vitrage, l'air, le bac et les surfaces latérales.

Le verre étant à une température inférieure à celle du bac, car absorbant moins d'énergie (environ 10% contre 80%), l'énergie résultant des échanges thermiques mutuels par rayonnement et par convection-conduction combinées entre le bac et le verre est absorbée par ce dernier au détriment du premier.

— Echanges thermiques par rayonnement.

L'intérieur de notre distillateur peut être considéré comme une enceinte dans laquelle deux corps gris : le verre et le bac, échangent de la chaleur par rayonnement. Ce flux de chaleur est donné par :

$$Q_{rbv} = (E_{nb} - E_{nv}) \mathcal{F}_{bv}$$

$$\text{avec } A_b \mathcal{F}_{bv} = \frac{1}{\frac{1-\epsilon_b}{\epsilon_b A_b} + \frac{1}{A_b F_{bv}} + \frac{1-\epsilon_v}{\epsilon_v A_v}}$$

Dans notre cas $A_b = A_v$ (hypothèses simplificatrices : III-1)

$$\Rightarrow \mathcal{F}_{bv} = \frac{1}{\frac{1-\epsilon_b}{\epsilon_b} + \frac{1}{F_{bv}} + \frac{1-\epsilon_v}{\epsilon_v}}$$

$$\Rightarrow Q_{rbv} = \sigma (T_{sb}^4 - T_{sv}^4) \frac{1}{\frac{1-\epsilon_b}{\epsilon_b} + \frac{1}{F_{bv}} + \frac{1-\epsilon_v}{\epsilon_v}}$$

— T_{sb} : température à la surface du bac supposée

uniforme.

- ϵ_b : facteur d'émission de la surface du bac
peint en noir mat; $\epsilon_b = 0,91$ entre 77 et 145°C
(Transfert de chaleur - Kreith.)

- F_{bv} : facteur de forme du verre vu depuis le bac

$$R : \frac{\text{Petit côté}}{\text{Distance entre plan}} = \frac{880}{110} = 8$$

Pour des rectangles parallèles tenant compte
des surfaces latérales: $\bar{F}_{bv} = 0,9$ (Transfert de
chaleur - Kreith.)

$$\Rightarrow q_{bv} = 4,878 \times 10^{-8} (T_{sb}^4 - T_{sv}^4) \frac{1}{\frac{1-0,91}{0,91} + \frac{1}{0,9} + \frac{1-0,9}{0,9}}$$

$$= 3,692 \times 10^{-8} (T_{sb}^4 - T_{sv}^4)$$

- Echanges thermiques par convection - conduction
combinée.

Ceci est dû au fait que l'air joue un rôle de
résistance thermique à la chaleur échangée entre le
bac et la vitre par convection.

Le coefficient global d'échange de chaleur U
dans l'appareil est tel que :

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{vi}} + \frac{b}{k_{ai}} + \frac{1}{h_{bi}}$$

— h_{vi} : coefficient de transmission de chaleur pour la plaque de verre horizontale regardant vers le bas; dans le cas d'une convection naturelle:

$$\begin{aligned} h_{vi} &= 1,28 (\Delta T)^{0,25} \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \times \frac{3600}{4185} \frac{kcal/h}{W} \\ &= 1,1 (\Delta T)^{0,25} \frac{kcal}{hm^2 \cdot ^\circ C} \end{aligned}$$

— h_{bi} : coefficient de transmission de chaleur pour le bac horizontal regardant vers le haut;

$$\begin{aligned} h_{bi} = h_{ve} &= 2,44 (\Delta T)^{0,25} \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \times \frac{3600}{4185} \frac{kcal}{hW} \\ &= 2,1 (\Delta T)^{0,25} \frac{kcal}{hm^2 \cdot ^\circ C} \end{aligned}$$

— b : distance moyenne entre les plans du verre et du bac; $b \approx 110 \text{ mm}$ (figure 2.)

— k_{ai} : conductivité thermique de l'air; $k_{ai} \approx 0,024 \frac{kcal}{hm \cdot ^\circ C}$ aux environs de $70^\circ C$ (Echangeurs de chaleur — Gregoir)

$$\Rightarrow \frac{1}{U} = \frac{1}{1,1 (\Delta T)^{0,25}} + \frac{0,11}{0,024} + \frac{1}{2,1 (\Delta T)^{0,25}}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1,385 + 4,583 (\Delta T)^{0,25}}{(\Delta T)^{0,25}}$$

$$\Rightarrow U = \frac{(\Delta T)^{0,25}}{1,385 + 4,583 (\Delta T)^{0,25}}$$

$$\Rightarrow q_{cbv} = U \Delta T = \frac{(\Delta T)^{1,25}}{1,385 + 4,583 (\Delta T)^{0,25}}$$

$$= \frac{(T_{sb} - T_{sv})^{1,25}}{1,385 + 4,583 (T_{sb} - T_{sv})^{0,25}}$$

d'où, la chaleur totale échangée entre le bac et le verre est :

$$q_T = q_{hbr} + q_{cbv}$$

$$= 3,692 \times 10^{-8} (T_{sb}^4 - T_{sv}^4) + \frac{(T_{sb} - T_{sv})^{1,25}}{1,385 + 4,583 (T_{sb} - T_{sv})^{0,25}}$$

- Bilan thermique autour du verre.

— Quantité de chaleur absorbée.

Cette quantité de chaleur provient d'une fraction du rayonnement solaire : 10,5% (voir III-2) et des échanges thermiques ayant lieu à l'intérieur de l'appareil.

$$q_{in} = \frac{10,5}{100} G_0 \tau_0^m + q_r$$

$$= \frac{10,5}{100} \times 1200 \times 0,7^{1,035}$$

$$+ 3,692 \times 10^{-8} (T_{sb}^4 - T_{sv}^4) + \frac{(T_{sb} - T_{sv})^{1,25}}{1,385 + 4,583 (T_{sb} - T_{sv})^{0,25}}$$

$$= 87,10 + 3,692 \times 10^{-8} (T_{sb}^4 - T_{sv}^4) + \frac{(T_{sb} - T_{sv})^{1,25}}{1,385 + 4,583 (T_{sb} - T_{sv})^{0,25}}$$

— Quantité de chaleur perdue.

Cette quantité de chaleur est perdue par convection et par rayonnement vers l'extérieur :

$$q_{out} = 2,1 (T_{sv} - 303)^{1,25} + 4,39 \times 10^{-8} T_{sv}^4 \quad (\text{Voir III-3-a})$$

— Bilan : $q_{in} = q_{out}$.

$$87,10 + 3,692 \times 10^{-8} (T_{sb}^4 - T_{sv}^4) + \frac{(T_{sb} - T_{sv})^{1,25}}{1,385 + 4,583 (T_{sb} - T_{sv})^{0,25}}$$

$$= 2,1 (T_{sv} - 303)^{1,25} + 4,39 \times 10^{-8} T_{sv}^4$$

avec $T_{sv} = 62^\circ\text{C} = 335^\circ\text{K}$

$$\Rightarrow 3,692 \times 10^{-8} (T_{sb}^4 - 1,259 \times 10^{10}) + \frac{(T_{sb} - 335)^{1,25}}{1,385 + 4,583 (T_{sb} - 335)^{0,25}}$$

$$= 625,43$$

• Bilan thermique - autour - du bac .

Nous négligerons les pertes de chaleur par conduction par le fond.

- Quantité de chaleur absorbée

C'est la partie du rayonnement solaire transmise par le verre soit 76% (Voir III-2)

$$q_{in} = \frac{76}{100} G_o \tau_o^m = \frac{76}{100} \times 1200 \times 0,7^{1,035} = 630,48 \frac{\text{kcal}}{\text{h.m}^2}$$

- Quantité de chaleur perdue .

C'est la quantité de chaleur échangée à l'intérieur du distillateur (Voir III-3-b)

$$q_{out} = q_T = 3,692 \times 10^{-8} (T_{sb}^4 - T_{sv}^4) + \frac{(T_{sb} - T_{sv})^{1,25}}{1,385 + 4,583 (T_{sb} - T_{sv})^{0,25}}$$

- Bilan : $q_{in} = q_{out}$

$$3,692 \times 10^{-8} (T_{sb}^4 - T_{sv}^4) + \frac{(T_{sb} - T_{sv})^{1,25}}{1,385 + 4,583 (T_{sb} - T_{sv})^{0,25}} = 630,48$$

avec $T_{sv} = 62^\circ\text{C} = 335^\circ\text{K}$

$$\Rightarrow 3,692 \times 10^{-8} (T_{sb}^4 - 1,259 \times 10^{10}) + \frac{(T_{sb} - 335)^{1,25}}{1,385 + 4,583 (T_{sb} - 335)^{0,25}} = 630,48$$

Pour la valeur de $T_{sv} = 62^{\circ}\text{C} = 335^{\circ}\text{K}$, les deux bilans (autour de la vitre et autour du bac) donnent des équations sensiblement identiques, vérifiées simultanément par : $T_{sb} = 414^{\circ}\text{K} = 141^{\circ}\text{C}$

III-4 Distillateur contenant de l'eau et exposé au soleil.

(les phénomènes d'évaporation et de condensation sont considérés)

Ici le problème devient plus complexe. Dans l'enceinte que constitue l'intérieur du distillateur, en plus des échanges de chaleur par rayonnement, nous avons des échanges de chaleur associés aux changements de phase de l'eau. L'eau dans le bassin s'évapore pour se condenser sur la face inférieure de la vitre. Le distillateur perd aussi la chaleur contenue dans le distillat évacué.

III-4.a. Détermination du taux d'évaporation :

Le bilan thermique autour du bac contenant l'eau, entre les temps t_1 et t_2 s'écrit :

$$U_2 - U_1 = -H_{out} + Q$$

$-U_2 - U_1$: variation de l'énergie interne entre t_1 et t_2 de la masse d'eau dans le bac.

$-H_{out}$: enthalpie de la vapeur dégagée entre t_1 et t_2

$-Q$: somme algébrique des quantités de chaleur échangées par le bac d'eau; $Q = Q_{in} - Q_{out}$

Si m est la masse de l'eau dans le bac au temps

$$t_2 \Rightarrow m\bar{U}_2 - (m + \Delta m)\bar{U}_1 = -\Delta m\bar{H}_{out} + Q.$$

Si on fait l'hypothèse que l'ensoleillement et les températures des plaques de verre, de l'eau, de la vapeur sont constants dans l'intervalle de temps considéré, nous avons $\bar{U}_1 = \bar{U}_2$.

$$\Rightarrow -\Delta m\bar{U}_1 = -\Delta m\bar{H}_{out} + Q$$

$$\Rightarrow Q = \Delta m[\bar{H}_{out} - \bar{U}_1]$$

mais $\bar{U}_1 = \bar{H}_1 - p_1\bar{v}_1 \approx \bar{H}_1$ car $p_1\bar{v}_1$ est très faible devant $\bar{H}_1$ (environ 0,1% pour de l'eau à des températures de l'ordre de 70°C)

$$\Rightarrow Q = \Delta m[\bar{H}_{out} - \bar{H}_1] = \Delta m L_v$$

- q : flux net de chaleur gagné par l'eau en $\frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2}$
- Δm : taux d'évaporation en $\frac{\text{kg}}{\text{h m}^2}$
- $\bar{H}_{\text{out}}$: enthalpie de la vapeur à T_s en $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$
- $\bar{H}_l$: enthalpie de l'eau à T_s en $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$
- L_v : chaleur latente de vaporisation à T_s en $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$

$$Q = Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}$$

La quantité de chaleur absorbée constitue environ les 76% du rayonnement solaire (voir III-2)

$$Q_{\text{in}} = \frac{76}{100} G_n \quad \text{où } G_n \text{ est le rayonnement incident.}$$

La quantité de chaleur perdue l'est par les échanges thermiques par rayonnement intérieures au distillateur.

$$Q_{\text{out}} = \sigma (T_s^4 - T_{\text{sv}}^4) \frac{1}{\frac{1-\varepsilon_e}{\varepsilon_e} + \frac{1}{F_{\text{ev}}} + \frac{1-\varepsilon_v}{\varepsilon_v}}$$

- T_s : température à la surface de l'eau en $^{\circ}\text{K}$
- ε_e : facteur total d'émission de l'eau; $\varepsilon_e = 0,95$ à $0,96$ entre 0 et 100°C (Transmission de chaleur - P. C. Adams)
- F_{ev} : facteur de forme du verre vu depuis la surface de l'eau; dans notre cas on peut prendre

$F_{ev} \approx F_{bv} = 0,9$ vu que l'épaisseur de la nappe d'eau est faible devant b . (Voir III-3-b)
Les autres paramètres sont définis plus haut.

$$\Rightarrow q_{out} = 4,878 \times 10^{-8} (T_s^4 - T_{sv}^4) \frac{1}{\frac{1-0,96}{0,96} + \frac{1}{0,9} + \frac{1-0,9}{0,9}}$$

$$= 3,859 \times 10^{-8} (T_s^4 - T_{sv}^4)$$

$$\text{d'où : } \frac{76}{100} G_n - 3,859 \times 10^{-8} (T_s^4 - T_{sv}^4) = \Delta m L_v$$

$$\Rightarrow \Delta m = \frac{\frac{76}{100} G_n - 3,859 \times 10^{-8} (T_s^4 - T_{sv}^4)}{L_v}$$

Si nous prenons comme exemple l'expérience faite le 22-4-1980 et que nous utilisons les valeurs des températures et ensoleillement obtenues, nous aurons:
(voir tableaux . 6 et 1)

Tableau 1-a

heures de la journée	T_s (°C)	T_{sv} (°C)	G_n $\frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2}$	L_v $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$	Taux d'évaporation $\frac{\text{kg}}{\text{h m}^2} \rightarrow \frac{\text{l}}{\text{h m}^2}$
11h30	53	43	909,4	567,3	1,13
12h	65	50	917,6	560,2	1,09
13h	75	60	925,7	554,3	1,10
14h	78	60	917,6	552,5	1,06
15h	75	55	860,2	554,3	0,96
16h	68	47	811,0	558,5	0,89
17h	61	38	696,4	562,6	0,73
18h00	47	31	491,5	570,7	0,52
18h30	44	31	344,1	572,4	0,35

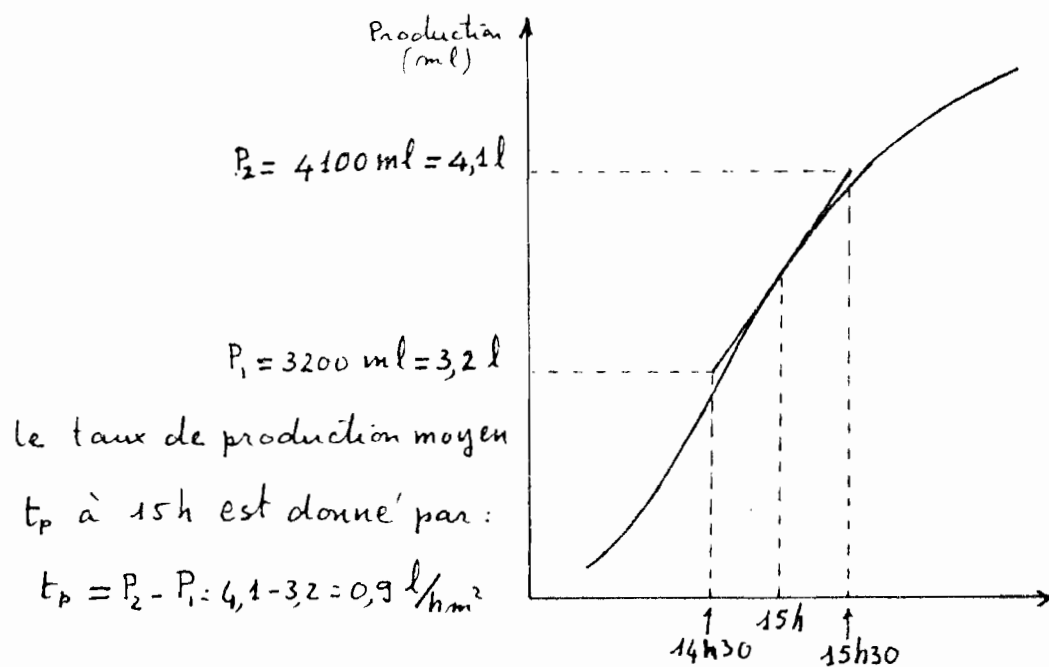
III-4.b: Evaluation du taux de production.

D'après le graphe de la figure 8 le calcul du taux de production par la détermination de la pente aux différentes heures de la journée donne les résultats suivants (ces valeurs ont été obtenues à partir du graphe de l'expérience du 22-4-80) :

Tableau 1-b

heures de la journée	Taux de production évalué à partir du graphe (l/hm^2)	Taux d'évaporation calculé (l/hm^2)
12h	0,8	1,09
13h	1,1	1,10
14h	1,1	1,06
15h	0,9	0,96
16h	0,7	0,89
17h	0,4	0,73
18h	0,2	0,52

Exemple de détermination du taux de production à l'aide de la courbe.



III-4-c-Détermination du rendement.

Le rendement est donné par le rapport de la chaleur utilisée pour produire une quantité d'eau distillée donnée pendant un intervalle de temps sur la quantité totale de chaleur arrivant sur l'appareil pendant ce même intervalle de temps.

A 15h par exemple de la journée du 22-4-80, la chaleur utilisée pour produire $0,9 \text{ l/hm}^2$
 $\rightarrow 0,9 \text{ kg/hm}^2$, est égale à la chaleur latente de vaporisation à la température de l'eau multipliée par le taux de production :

$$\text{à } 75^\circ\text{C} \quad h_{fg} = 554,3 \text{ kcal/kg}$$

$$\Rightarrow q_{pn} = 554,3 \times 0,9 = 498,9 \text{ kcal/hm}^2$$

$$q_{inc} = G_n = 860,2 \text{ kcal/hm}^2$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{498,9}{860,2} = 0,58$$

Ainsi, avec les autres valeurs on obtient le tableau suivant:

Tableau 1-c

heures de la journée	Températ. de l'eau (°C)	Chaleur latente de vaporisat. (kcal/kg)	Taux de product. (kg/hm ²)	$q_{pr} =$ $h_{fg} \times \text{taux}$ de prod. kcal/hm ²	G_n (kcal/hm ²)	Rendement η (%)
12h	65	560,2	0,8	448,2	917,6	49
13h	75	554,3	1,1	609,7	925,7	66
14h	78	552,5	1,1	607,7	917,6	66
15h	75	554,3	0,9	498,9	860,2	58
16h	78	552,5	0,7	386,7	811,0	48
17h	61	562,6	0,4	225,0	696,4	32
18h	47	570,7	0,2	114,1	491,5	23

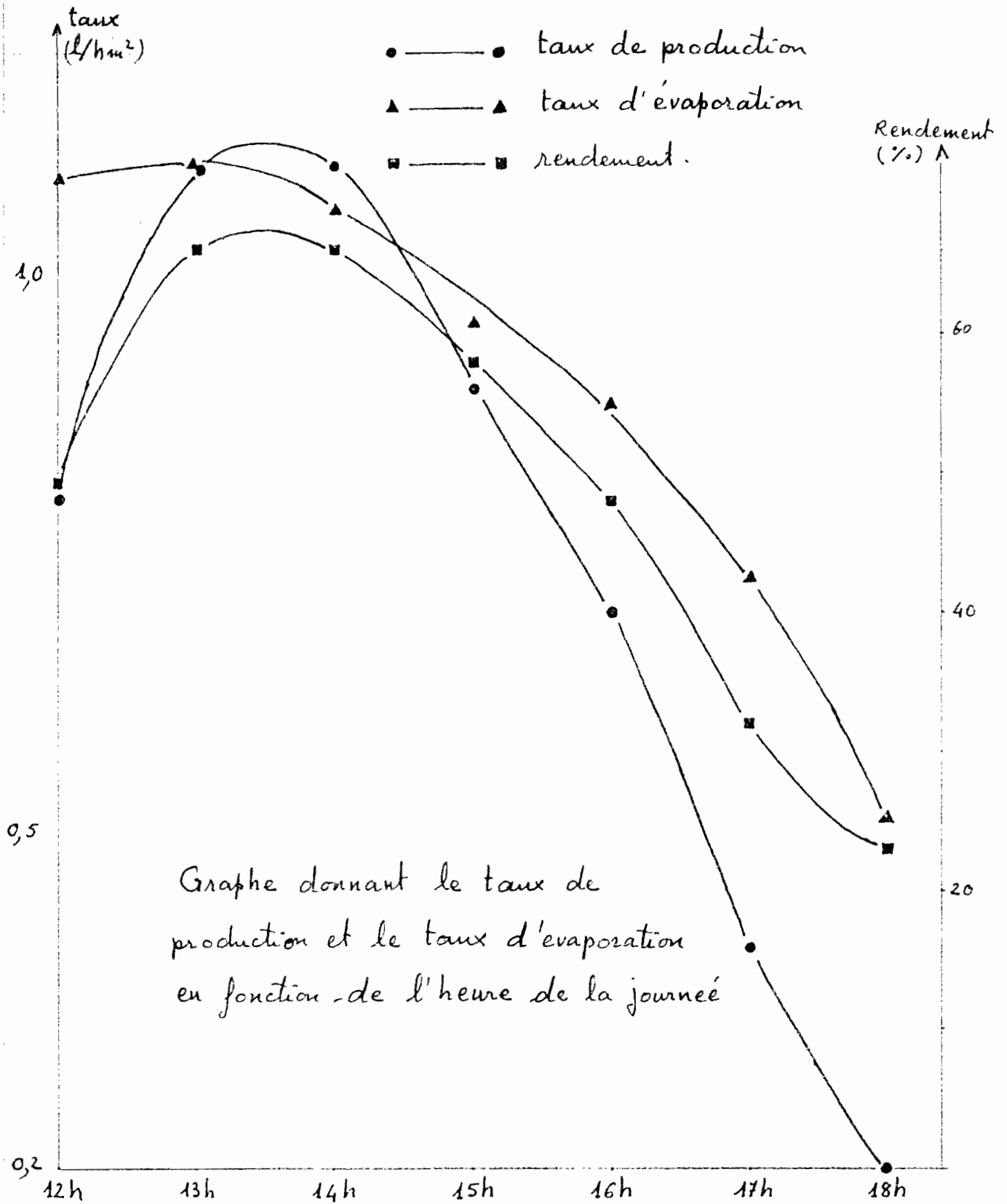


figure:5

III-5. Resultats des mesures expérimentales.

Une serie d'expériences ont permis l'obtention des résultats montrés par les tableaux 2 à 6.

- Sur le tableau 2 figurent les mesures faites dans la première demi-journée du 5-4-80; remplissage à 11h00.

- Les tableaux 3, 4 et 5 montrent les mesures effectuées pendant trois jours consécutifs : les 15, 16 et 17-4-80. L'appareil a d'abord fonctionné à vide du matin jusqu'à 12 heures dans la matinée du 15. A cette heure, le remplissage a eu lieu ~~à~~ raison de 10 litres d'eau de robinet par bac. Il a ensuite fonctionné pendant tout le reste de l'après-midi. Pendant cette journée, il a été soutiré environ 4 litres de telle sorte que le lendemain matin, il reste dans les bacs au total 16 litres. L'appareil a donné pendant cette journée du 16 environ 6 litres d'eau distillé. Au matin du 17, nous avons ajouté 2x5 litres d'eau dans les bacs.

- La dernière expérience traduite par le tableau 6 a été faite le 22. Le remplissage de 2x10 litres d'eau s'est effectué à 10h30mn.

Tableau 2
 Expérience du Samedi 5 - 4 - 80 - Journée ensoleillée - ciel clair - vent fort.

heures de la journée	Temperature (°C)							Ensoleillement kcal/hm ²	Volume d'eau recueilli (ml)	
	eau bac avant	baz arrière	eau bac avant	eau bac arrière	air ambiant intérieur	vitre droite	vitre gauche		Cylindre droit	Cylindre gauche
10h00	78	82	-	-	64	35	32	901,2	-	-
10h30	88	90	-	-	71	42	40	901,2	-	-
11h00	47	52	40	47	46	36	35	942,1	-	-
11h30	58	65	53	58	58	46	45	958,5	200	200
12h00	68	73	61	67	66	52	49	966,7	400	420
12h30	74	77	67	69	68	55	54	983,1	680	720
13h00	76	76	74	74	74	64	52	983,1	980	1020
13h30	78	76	73	70	69	59	53	983,1	1300	1360
14h00	77	75	71	68	68	60	56	966,7	1590	1610

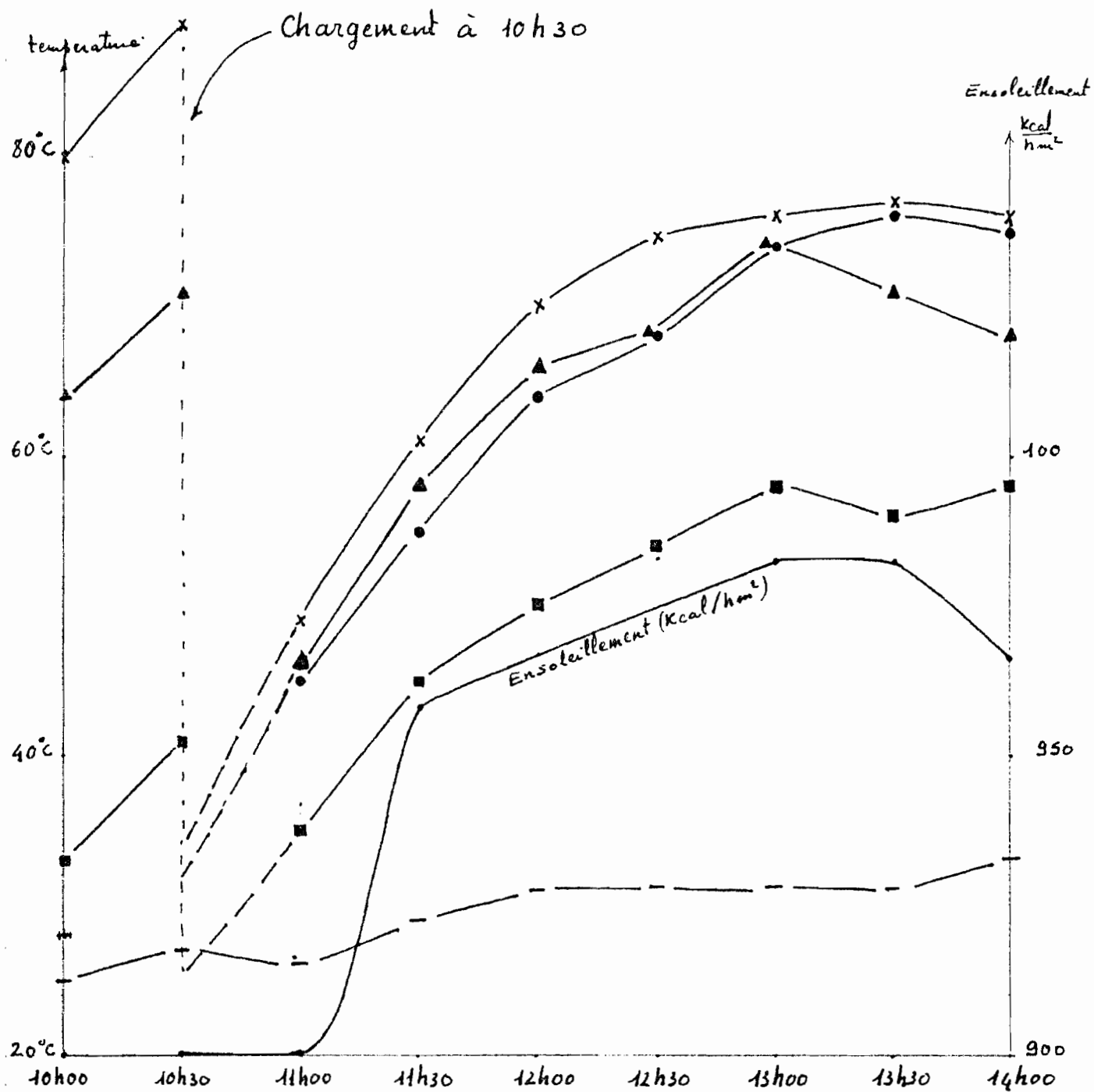
- Le remplissage s'est effectué à 11h00.

- A 14h00 la production est de 1590 + 1610 = 3200 ml.

Courbe température / moment de la journée. moyenne

50

- x — x bac
- — • eau-bac
- ▲ — ▲ air ambiant intérieur
- — ■ Vitr
- - - air ambiant extérieur.



Expérience du Samedi 5-4-1980:

fig 6

Tableau 3

Expérience du Lundi 15-4-1980: journée ensoleillée - ciel clair - vent peu fort.

heures de la journée	Temperature (°C)					Niveau d'eau (ml)			
	bac avant	bac arrière	eau bac avant	eau bac arrière	air ambiant intérieur	vitre droite	vitre gauche	Cylindre droit	Cylindre gauche
12h	127	122	-	-	108	66	72	-	-
16h	70	70	70	70	66	49	52	-	-
17h	65	64	60	59	57	42	44	-	-
18h	58	55	53	51	47	35	38	2020	1920

- De 9h à 12h le distillateur est vide de toute eau; Le remplissage a eu lieu à 12h 10mn à raison de 10l d'eau par bac ($2 \times 10 = 20l$)
- A 18h 00 la quantité totale d'eau distillée récoltée est de : $2020 + 1920 = 3940ml$

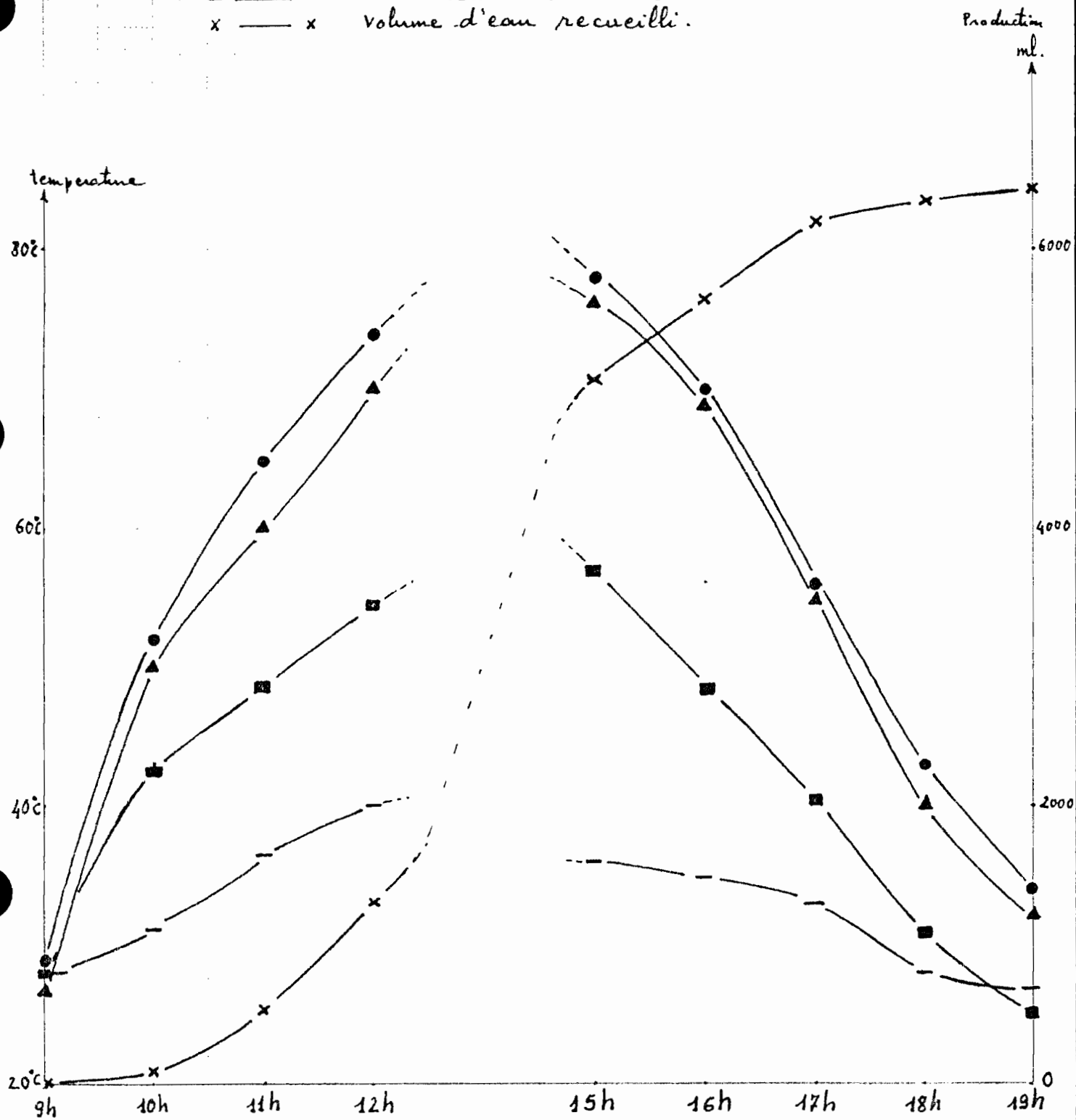
Tableau 4

Expérience du Mardi 16-4-80 : journée ensoleillée - ciel clair - vent peu fort.

heures de la journée	Temperature (°C)								Volume d'eau recueilli (ml)	
	bac avant	bac arrière	eau bac avant	eau bac arrière	air ambiant intérieur	Vitre droite	Vitre gauche	air ambiant extérieur	Cylindre droite	Cylindre gauche
9h	32	28	32	27	27	29	27	27	0	0
10h	57	50	57	48	50	42	43	31,5	80	40
11h	70	62	69	61	60	46	51	36,5	300	230
12h	79	73	78	71	70	51	58	40	690	630
15h	77	77	78	79	76	56	58	36	2520	2550
16h	69	73	69	71	69	50	47	35	2810	2810
17h	56	63	53	59	55	40	41	33	3090	3100
18h	44	47	41	45	40	31	31	28	3210	3160
19h	33	36	33	36	32	25	25	27	3250	3160

Le remplissage s'est fait la veille ; au matin il reste dans les bacs au total 16l environ.
pour la journée la production est de : $3250 + 3160 = 6410$ ml.

- — ● eau. bac
- ▲ — ▲ air ambiant intérieur
- — ■ vitre
- — — air ambiant extérieur
- x — x volume d'eau recueilli.



Expérience du mardi 16-4-80

Courbes température moyenne, et volume d'eau recueilli / moment de la journée.

figure 1

Tableau 5

Expérience du Mercredi 17-4-80 : journée ensoleillée - ciel clair - vent peu fort.

heures de la journée	Temperature (°C)								Volume d'eau recueilli (ml)	
	bac avant	bac arrière	eau bac avant	eau bac arrière	air ambiant intérieur	vitre droite	vitre gauche	air ambiant extérieur	Cylindre droit	Cylindre gauche
9h	28	34	34	28	31	28	28	26,5	0	0
10h	54	46	54	46	47	38	38	30	60	60
11h	69	61	68	60	58	46	46	34	280	260
12h	76	69	74	67	66	50	49	34	620	590
15h	74	75	76	76	74	55	56	36	2320	2230
16h	69	70	67	69	67	50	50	36	2700	2600
17h	55	62	54	61	58	43	41	35	2920	2810
18h	47	50	45	48	44	35	35	29,5	3080	2950

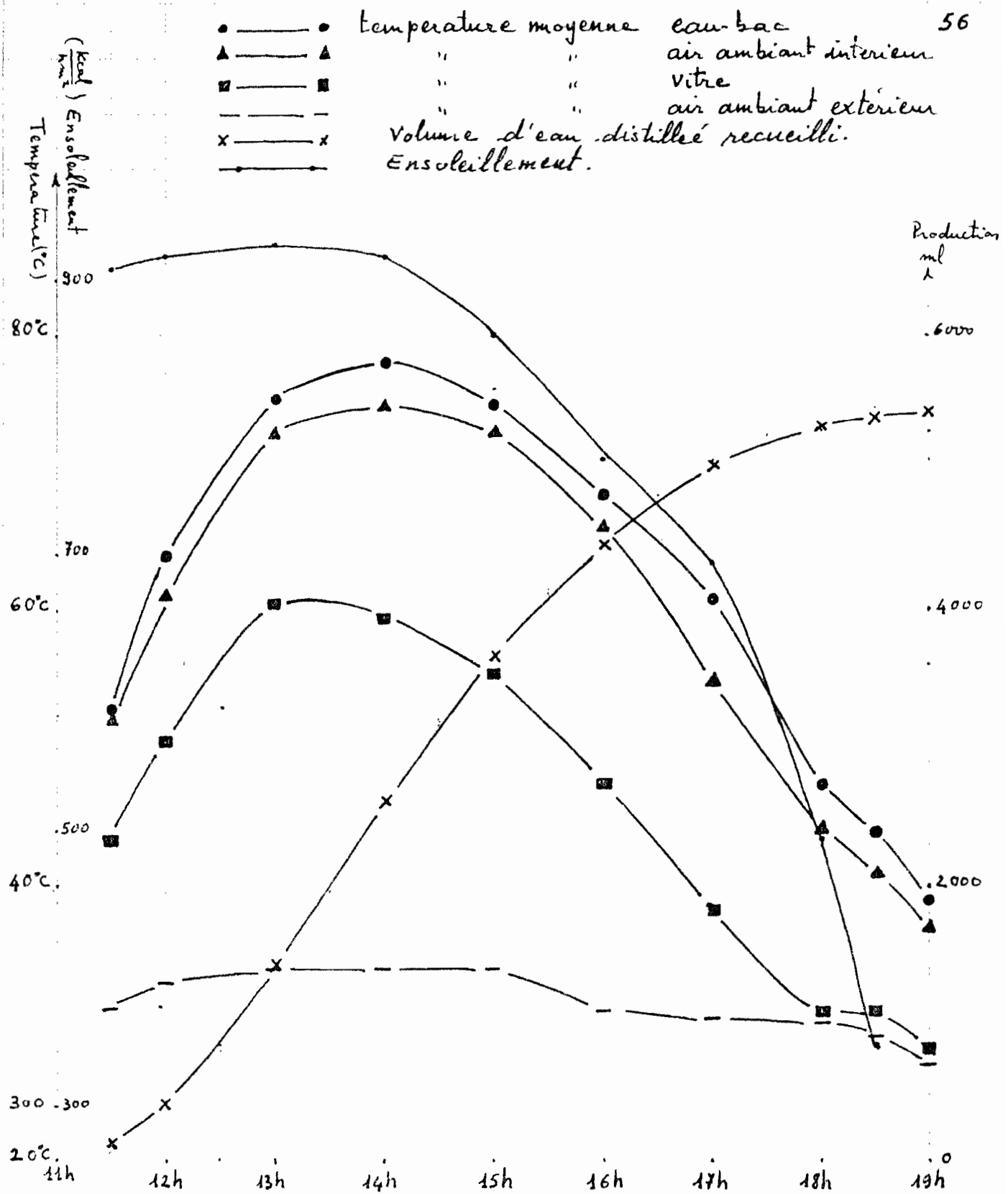
Le matin il reste dans les bacs un total de 9 l ; nous y avons ajouté $2 \times 5 \text{ l} = 10 \text{ l}$
 Nous avons remarqué que le distillateur arrête de produire vers 19h.

Tableau 6

Experience du Mardi 22-4-80 : journée ensoleillée - ciel clair - vent fort.

heures de la journée	Températures (°C)						Ensoleille- ment. Kcal/hm ²	Volume d'eau recueilli (ml)	
	eau bac avant	eau bac arrière	air ambiant intérieur	Vitre droite	Vitre gauche	air ambiant extérieur		Cylindre droit	Cylindre gauche
11h30	56	50	52	42	45	31,5	909,4	60	60
12h	68	62	61	47	54	33	917,6	190	220
13h	77	74	73	58	63	34	925,7	700	720
14h	78	78	75	58	61	34	917,6	1290	1320
15h	74	76	73	53	58	34	860,2	1840	1850
16h	67	70	66	47	48	31	811,0	2260	2240
17h	59	63	55	39	37	30,5	696,4	2550	2520
18h	45	50	44	31	31	30	491,5	2690	2640
18h30	42	46	41	31	31	29	344,1	2730	2670
19h	37	41	37	27	28	27		2760	2690

Le remplissage s'est effectué à 10h30 ; charge de départ : $2 \times 10 \text{ l} = 20 \text{ l} + \text{gravier}$



Expérience du Mardi 22-4-80

Courbes température moyenne, volume d'eau recueilli et ensoleillement / moment de la journée.

fig 8

Analyse de l'eau distillée.

Une analyse de l'eau distillée a donné les résultats suivants comparativement à l'eau de robinet et l'eau distillée au laboratoire de chimie.

Tableau 7.

Echantillon à analyser	Dureté.	Alcalinité	PH
Eau de robinet ①	EDTA - 0,01 M virage avec 10,2 ml	phénole pht. 0,3 Rouge de M. 3,6	7,6
Eau de robinet ②	10,1 ml	0,2 3,6	7,6
Eau de robinet ③	9,6 ml	0,1 3,3	7,5
Eau distillée à l'énergie solaire ④	0	pas de coloration	5,90
Eau distillée à l'énergie solaire ⑤	0	idem	5,90
Eau distillée à l'énergie solaire ⑥	0	idem	5,90
Eau distillée au laboratoire.	0	idem.	7,05

CHIV ETUDE DE COÛT

IV-1 Estimation du coût de production du litre d'eau distillée.

IV-1.a - Détermination du coût de l'acier utilisé pour les bacs et les gouttières.

. Bacs: les deux bacs sont découpés dans une plaque de tôle (de 1mm d'épaisseur) de :

$$170 \times 90 = 15300 \text{ cm}^2 = 1,53 \text{ m}^2$$

Volume utilisé: $1,53 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

. Gouttières: il est utilisé une plaque de tôle (de 0,5mm d'épaisseur) de $170 \times 30 = 5100 \text{ cm}^2 = 0,51 \text{ m}^2$

Volume utilisé: $0,51 \times 0,5 \times 10^{-3} \approx 0,26 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

$\Rightarrow$ Volume total d'acier utilisé:

$$1,53 \times 10^{-3} + 0,26 \times 10^{-3} = 1,79 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Pour l'acier:

$$\rho = 7,8 \text{ kg/m}^3.$$

Prix: 305 FCFA/kg.

$\Rightarrow$ Prix de l'acier utilisé:

$$305 \frac{\text{FCFA}}{\text{kg}} \times 7,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,79 \text{ m}^3 = 4270 \text{ FCFA}.$$

IV-1-b- Devis pour la fabrication du distillateur solaire.

<u>Materiaux</u>	<u>Prix</u> (FCFA)
- Coffre	
. 1 feuille de contre plaquet	8200
. 2 boites de colle blanche	525
. 500g de pointe "Tête d'homme"	750
. Main d'œuvre	3000
- Vitre mince ($160 \times 44 \text{ cm}^2$) $2 \times 3126 =$	6252
- Acier	4270
- Peinture :	
. 1 boite noire mate	985
. 1 boite blanche	985
. 1 boite anti-rouille	985
- Main d'œuvre pour la fabrication des bacs et gouttières (estimation)	3000
<u>Total</u>	<u>28952</u>

IV.2: Le distillateur ainsi conçu peut fonctionner au moins pendant deux ans à raison de 6 litres par jour et 7 jours par semaine. Pendant cette période il aura produit dans ces conditions:

$$6 \frac{\text{litres}}{\text{jours}} \times 7 \frac{\text{jours}}{\text{semaine}} \times \frac{52 \text{ semaines}}{\text{ans}} \times 2 \text{ ans} = 4368 \text{ litres}$$

D'où le coût de production moyen du litre d'eau distillée pour une durée de vie de deux (2) ans de l'appareil:

$$\text{coût moyen de production} = \frac{28.952}{4368} = 6,6 \text{ FCFA.}$$

Dans les quincailleries notons que l'eau distillée se vend actuellement au prix de 90 FCFA les 1,5 litres (en bouteille). D'où le coût du litre d'eau distillée vendu = $\frac{90}{1,5} = 60 \text{ FCFA.}$

DISCUSSIONS

Pour des raisons expérimentales, le distillateur a été construit sans certaines précautions importantes mais ne gênant pas son bon fonctionnement. C'est ainsi que le bois du coffre n'a pas été isolé, à certains endroits, du milieu ambiant humide, ce qui entraîne une diminution appréciable de la durée de vie de l'appareil. Aussi faut-il prévoir un système qui isole le bois du milieu humide. Une autre solution consisterait à utiliser du plastique qui, avec le verre formerait les limites de l'enceinte. Ceci, en plus d'isoler les autres éléments de l'humidité, présente d'autres avantages :

- évite que l'eau se condense sur les faces latérales et se ramasse au fond de la caisse constituant ainsi une nappe d'eau inerte et limitant la liberté d'emploi de certains isolants comme la laine de verre ; il est souhaitable d'avoir une continuité entre le bac et les gouttières. D'autre part l'emploi de bac en plastique permet de baisser les coûts de fabrication et d'éviter

L'utilisation des métaux coûtant cher ou se rouillant aux points où la peinture s'écaille ou n'est pas parfaite.

En guise de joint c'est une sorte de plastique "expensé" qui a été utilisée. Celle-ci convient fort bien d'autant plus que, lorsque le distillateur fonctionne, il se forme un film d'eau qui parfait l'étanchéité en occupant les espaces entre le verre et le joint.

Les calculs théoriques et expériences montrent qu'à vide, les températures atteintes au niveau du bac sont très élevées (respectivement 141°C et 127°C) Il est donc permis de penser qu'en très faible quantité, l'eau peut être portée à des températures approchant les 100°C .

Les courbes des taux d'évaporation et de condensation, du rendement en fonction du moment de la journée sont en forme de cloche; les paramètres représentés atteignent leur maximum entre 12h et 15h. Cette période correspond au moment de la journée où les différences de température entre l'eau et les vitres sont maximales de même que l'ensoleillement. Les courbes des taux d'évaporation et de production sont très proches pendant cette période et s'écartent plus on s'en éloigne, avec

celle du taux de production en dessous. La présence d'une petite nappe d'eau au fond de la caisse confirme ce fait que le taux d'évaporation soit supérieur au taux de production. Par conséquent ce dernier pourrait être augmenté par un accroissement de la surface de condensation mais qu'il faudrait aussi songer à l'inclinaison du toit, au volume intérieur etc... D'après la documentation l'augmentation de la profondeur de l'eau devrait retarder l'arrêt de la production par augmentation de l'inertie mais que globalement la production journalière s'en trouvait diminuée. Lors d'une expérience nous avons mis une certaine charge de gravier dans le même but mais le retard de l'arrêt de production n'a pas été tellement sensible et le démarrage semble plus lent. De même pendant les expériences nous avons noté une différence entre les températures des deux vitres, due à la position de ces dernières par rapport au soleil et avons constaté que c'est du côté de la plus froide que la production est plus élevée.

Une analyse de l'eau distillée (Dureté - alcalinité et PH) montre que celle-ci présente les mêmes propriétés

que l'eau distillée en laboratoire et qu'elle peut servir dans la majorité des expériences et besoins en laboratoire. Il est cependant nécessaire de prendre certaines précautions avant l'utilisation dans la préparation de certaines solutions spéciales demandant un contrôle plus sévère des propriétés de l'eau distillée. En effet, l'eau distillée à l'énergie solaire, étant obtenue à des températures plus faibles, présente des risques de contamination par les bactéries et des pourcentages de gaz dissouts plus grands.

L'utilisation de l'appareil est très simple. Il suffira de prendre les précautions suivantes :

- placer le distillateur dans un endroit exposé au soleil pendant toute la journée et à l'abri des animaux domestiques.
- procéder à l'alimentation en eau qui peut se faire deux fois seulement par semaine (capacité: 45l environ)
- passer un coup de chiffon, chaque matin, sur les vitres pour enlever la poussière.
- procéder à un nettoyage intérieur (surtout des bacs) chaque fois qu'on le jugera nécessaire. Signalons que l'appareil se démonte et se remonte facilement et rapidement.

CONCLUSION

Une étude basée sur une durée de vie de l'appareil de deux ans seulement montre que le coût moyen de production du litre d'eau distillée à l'énergie solaire est dix fois inférieur au prix de vente actuel du litre d'eau distillée : 6,6F contre 60F. Ce coût peut être encore diminué de beaucoup par une construction qui assure à l'appareil une durée de vie par exemple supérieure à cinq ans.

Du point de vue de la production nous obtenons 6 à 7 l par jour, ce qui représente une production hebdomadaire d'environ 45 l. Ce chiffre est encore insuffisant mais peut contribuer au ravitaillement en eau distillée des laboratoires de l'école ou subvenir à certains besoins dans les petites communautés où l'eau manque.

Au niveau de l'école le distillateur peut servir, à des fins expérimentales, à des étudiants en cours de chaleur. Ils pourront en effet s'en servir pour établir des bilans d'énergie.

Notons enfin qu'il reste beaucoup à faire pour compléter ce présent travail qui n'a été en fait qu'une préparation à l'étude proprement dite du comportement des paramètres tels que :

- l'épaisseur de la nappe
- la forme à donner au toit et son inclinaison.
- le volume intérieur etc ...

La construction d'un ou de plusieurs autres types de distillateurs pourrait constituer de bons éléments de comparaison et servir ainsi à dériver une variante qui réunira les qualités des éléments comparés pour aboutir à de meilleurs résultats. -

BIBLIOGRAPHIE

- ① Transmission de la chaleur et thermodynamique
par F. Kreith (Masson et C^{ie} Editeurs)
- ② Transmission de la chaleur
par W.H. McAdams (Dunod Paris 1964)
- ③ Techniques de l'ingénieur: "Transfert de chaleur
et de matière".
- ④ Handbook of heat transfert
Rohsenow & Hartnett (McGraw-Hill)
- ⑤ Les problèmes du dessalement de l'eau de mer
et des eaux saumâtres
par J.R. Vaillant (Editions Eyrolles)
- ⑥ Applications thermiques de l'énergie solaire dans
le domaine de la recherche et de l'industrie.
(Centre national de la recherche scientifique
15. Quai Anatole - France - Paris (VII^e) 1961)
- ⑦ Le chauffe-eau solaire par T. Cabirol, A. Pelissou,
D. Roux (Edisud Aix-en-Provence 1976)
- ⑧ L'énergie solaire par Roger Peyturaux - "Que sais-je".
(Presse universitaire de France)