

UNIVERSITE D'ALGER

2/77

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département de Mécanique

THESE DE FIN D'ETUDES

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE  
NATIONALE

**BILANS D'ENERGIE ET DE MATIERE  
SUR UN DISTILLATEUR  
SOLAIRE**

Etudié par : L. AMTOUT et L. BENAZZOUG

Jury :

MM. MAUCHE

Président

EL-GHANDOUR

DAMERDJI

COEVOET

} Promoteurs

JUIN 1977

UNIVERSITE D'ALGER

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département de Mécanique

THESE DE FIN D'ETUDES

**BILANS D'ENERGIE ET DE MATIERE  
SUR UN DISTILLATEUR  
SOLAIRE**

Etudié par : L. AMTOUT et L. BENZAOUG

Jury :

MM. MAUCHE

Président

EL-GHANDOUR

DAMERDJI

COEVOET

} Promoteurs

JUIN 1977

△A INOS IPARENTS NET INOS △AMIS.



M.Maouche, Directeur de la Valorisation, à l'ONRS a bien voulu nous faire l'honneur de présider ce jury. Nous l'en remercions très sincèrement.

Que M.El-Ghandour, Maître de Conférences à l'USTA, trouve ici nos remerciements les plus vifs et notre gratitude la plus profonde pour l'aide qu'il n'a cessé de nous apporter et les conseils qu'il nous a prodigués tout au long de notre travail.

Nous remercions également M.Damerdji, Directeur de la Station de l'Energie Solaire de Bouzaréah. Son soutien constant nous a toujours été des plus précieux.

M.Coevoet, Enseignant à l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, fut à l'origine de notre travail. Nous le remercions vivement pour les fructueuses discussions que nous avons eues au sujet de ce travail.

Nous remercions notre ami M.Azouz, Ingénieur de l'ONRS à la Station de l'Energie Solaire de Bouzaréah, pour le soutien qu'il nous a apporté pour la réalisation de ce travail.

Nous ne saurions oublier tout le personnel de la Station de l'Energie Solaire de Bouzaréah qui nous a constamment aidé, en particulier MM.Snoussi et Arabi.

TABLE DES MATIERES  
-----

I - INTRODUCTION

II - THEORIE

A - Généralités

B - Bilan d'énergie du distillateur

C - Productivité et rendement du distillateur

III - METHODE DE MESURES

1 - Description du distillateur

2 - Matériels utilisés

3 - Détermination des points de prises de  
températures

IV - PRODUCTIVITE OPTIMUM DU DISTILLATEUR

A - Introduction

B - Détermination de la lame optimum

C - Experimentation du distillateur en  
fonction de l'alimentation

V - CALCUL DE BILANS

1 - Analyse des résultats

2 - Calcul du bilan

3 - Conclusions

VI - RESULTATS EXPERIMENTAUX

VII- CONCLUSION

Bibliographie

//  
//  
=====

HAPITRE I

//  
//  
=====

INTRODUCTION

## I-INTRODUCTION

Le problème de l'eau potable devient crucial dans le monde moderne ; les techniques de dessalement des eaux salées ou saumâtres par effet thermique ou par osmose à travers des membranes convenables sont actuellement utilisées. Toutefois dans les lieux éloignés des sources d'énergie classique, et là nous pensons à la région des chotts, le dessalement thermique par énergie solaire devient une technique intéressante.

Notre travail a consisté à étudier les bilans d'énergie et de matière sur un prototype de distillateur en fibre de verre fabriqué par la SNMétal à la demande de Monsieur le Professeur Damerdji. Ce type de distillateur inspiré pour la géométrie de son bassin par un modèle mis au point par GOMELLA ( 4 ), peut fonctionner soit sur la terre ferme, soit en flottant sur les eaux à dessaler.

Pourquoi une étude des bilans ? Les techniques actuelles de distillation donnent des eaux potables à un prix relativement bas ; la distillation par énergie solaire ne pourra s'imposer que si ce prix est abaissé. La connaissance des transferts d'énergie et de matière dans le distillateur permet de savoir quels sont les paramètres modifiables qui permettent d'augmenter son rendement ; elle permet aussi de chiffrer économiquement les augmentations de productivité : il est inutile d'augmenter celle-ci de 5 à 10% si le prix de l'eau doit être doublé.



Pour aborder cette étude de bilan, nous commençons par définir les relations thermodynamiques qui décrivent les transferts d'énergie entre le distillateur, pris comme système thermodynamique ouvert et son environnement immédiat ou lointain (le ciel).

Les méthodes expérimentales utilisées sont essentiellement thermométriques. Nous avons été amenés à déterminer dans le système distillateur des points de mesures représentatifs des températures, de chaque élément, et à les critiquer. En effet il était hors de question de tapisser le prototype de thermocouples.

Un des facteurs de la productivité est le volume d'eau contenu dans le distillateur. Une série de mesures, et leurs expressions mathématiques sous forme de rendement, nous a permis d'approcher ce volume d'eau optimum.

Une discussion générale nous a montré que les résultats expérimentaux ne pouvaient être exploités tels quels. un retour sur des considérations théoriques nous a permis de déterminer alors avec plus de précision à quel moment un bilan simple pouvait être établi. Nous avons appliqué ces résultats au prototype que les promoteurs nous ont demandé d'étudier ; nous avons ensuite tiré les conclusions de ce travail.

// HAPITRE II  
=====

//  
// HEORIE

- N O M E N C L A T U R E -

$I_o$	: intensité de la radiation solaire incidente	Kcal/m <sup>2</sup> .h
$A_b$	: surface du bas du distillateur	m <sup>2</sup>
$A_c$	: surface du couvercle vitré (condensation)	m <sup>2</sup>
$A_p$	: surface insolée de l'unité de distillation	m <sup>2</sup>
$A_w$	: surface de l'eau (évaporation)	m <sup>2</sup>
$C_p$	: capacité calorifique de l'eau	Kcal/Kg.°C
$h_e$	: coefficient d'échange de chaleur par convection vitre-atmosphère	Kcal/h.m <sup>2</sup> .°C
$h'_e$	: coefficient d'échange de chaleur par convection bas-atmosphère	Kcal/h.m <sup>2</sup> .°C
$h_{wc}$	: coefficient de convection interne eau-vitre	Kcal/h.m <sup>2</sup> .°C
$l$	: longueur d'échange (convection)	m
$L$	: chaleur latente de vaporisation de l'eau	Kcal/Kg
$m_d$	: masse de l'eau distillée recueillie	Kg
$t_a$	: température ambiante	°C
$t_b$	: température du bas du distillateur	°C
$t_c, T_c$	: température intérieure du couvercle	°C, K
$t_{ce}, T_{ce}$	: température extérieure du couvercle	°C, K
$T_{eff}$	: température effective du ciel	K
$t_w, T_w$	: température de l'eau du bassin	°C, K
$\epsilon_c$	: émissivité de la surface du verre	sans dimension
$\epsilon_w$	: émissivité de la surface de l'eau	sans dimension
$d_c$	: coefficient d'absorption du verre	sans dimension
$r$	: coefficient de réflexion du verre	sans dimension
$\sigma$	: constante de Stephan-Boltzmann	Kcal/h.m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup>

## A-GENERALITES

## 1-Rappels.

a) Chaleur rayonnante :

Tout corps, plus chaud que le milieu dans lequel il se trouve, émet un rayonnement, c'est à dire de l'énergie en transit qui s'oriente toujours du plus chaud vers le plus froid. Le rayonnement émis est constitué de radiations dont les longueurs d'ondes sont fonction de la température du corps. Par exemple, les corps dont la température est de l'ordre de 60°C émettent entre 4000 et 70 000 nm, c'est à dire dans l'infra-rouge.

Quand ce rayonnement frappe un corps, l'énergie transportée est en partie renvoyée (reflexion, diffusion), transmise (refraction) et absorbée.

La puissance totale rayonnée augmente comme la quatrième puissance de la température, suivant la loi de Stéphan :

$$E = \sigma T^4$$

b) Rayonnement solaire :

Le soleil est un corps chaud (6000°C environ) qui émet un rayonnement sous forme d'ondes électromagnétiques de courtes longueurs d'ondes (250 à 4000 nm) transportant de l'énergie à l'aide de photons.

Ce rayonnement se décompose comme suit :

- Infra-rouge (IR) de 750 nm à 4000 nm
- Lumière visible de 400 à 750 nm
- Ultra-violet (UV) de 250 à 400 nm.

Le spectre d'émission solaire est donné par la fig 2-1.

c) Ensoleillement :

Une surface plane, fixe, perpendiculaire aux rayons solaires, sans atmosphère recevrait à la même distance du soleil que la terre d'une façon permanente et uniforme,

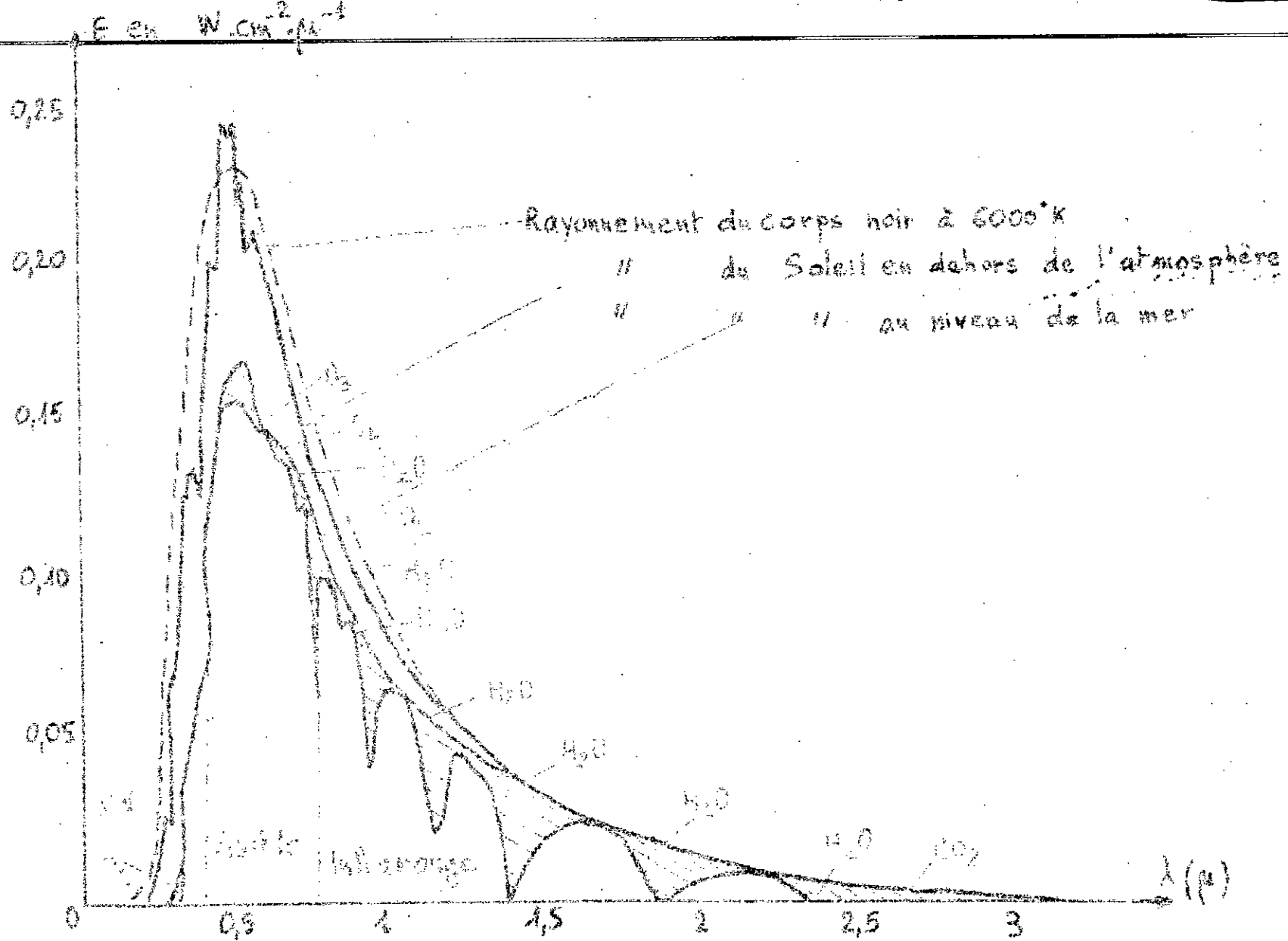


Fig. 2-1. Spectre d'émission du Soleil

2 calories par centimètre carré et par minute.

Mais l'intensité de la radiation solaire arrivant à la surface de la terre est fonction de :

- la saison .
- l'heure du jour .
- la latitude .
- l'altitude .
- l'état du ciel (clair, nuageux, brouillard,...)

La quantité d'énergie reçue au sol varie de 0 à 1,6 cal/cm<sup>2</sup>mn

## 2- Définitions:

- Facteur d'absorption :

Le facteur d'absorption ( $\alpha$ ) d'une surface est le rapport entre l'énergie qu'elle absorbe ( $I_a$ ) et l'énergie incidente ( $I$ ) qu'elle reçoit. Ce rapport mesuré pour un rayonnement perpendiculaire dépend de la longueur d'onde de la radiation reçue.

$$\alpha = \frac{I_a}{I}$$

Pour un corps noir on a quelque soit  $\lambda$ ,  $\alpha = 1$  .

- Facteur d'émission:

Le facteur d'émission ( $\epsilon$ ) d'un corps est égal à la quantité d'énergie qu'il émet, divisée par la quantité d'énergie qu'aurait émis un corps noir de même forme à la même température.

Le facteur d'émission d'un corps noir est égal à 1.

- Facteur de réflexion:

Le facteur de réflexion ( $r$ ) d'un matériau est sa capacité à réfléchir les radiations qu'il reçoit.

On la mesure en faisant le rapport des intensités des rayons réfléchis et des rayons incidents.

$$r = \frac{I_r}{I}$$

- Facteur de transmission :

La transmittivité d'un matériau ( $T_r$ ) est sa capacité à transmettre les radiations qu'il reçoit. Elle est mesurée en faisant le rapport des intensités des rayons transmis et des rayons incidents.

### 3-Effet de serre.

C'est la méthode la plus anciennement utilisée pour retenir les calories apportées par le soleil sur un corps qui absorbe le rayonnement.

Une surface receptrice reçoit, aux absorptions et reflexions près, les rayons du soleil à travers un (ou plusieurs) vitrages de faible épaisseur (un à quelques millimètres). Nous nous limiterons au cas d'une seule vitre. Cette surface est peinte de manière à s'approcher le plus possible du "corps noir". Elle absorbe donc le rayonnement solaire transmis, s'échauffe et puis rayonne dans l'infrarouge.

Ce rayonnement émis arrive sur la vitre, lame de verre dont la propriété classique est d'être transparent aux courtes longueurs d'ondes (celles du soleil) et de retenir comme une véritable paroi opaque les rayons infrarouges issus du corps chauffé.

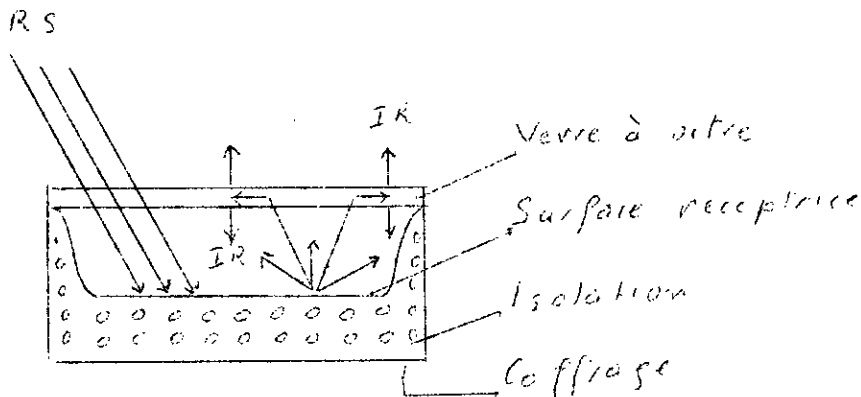


fig. 2-2 : principe de l'effet de serre.

La vitre absorbe donc le rayonnement infra-rouge émis et, à son tour, s'échauffe puis rayonne à peu près autant par ses deux faces.

La surface receptrice recevra par conséquent, le rayonnement solaire augmenté à peu près de la moitié du rayonnement du couvercle : c'est le principe de l'effet de serre (fig.2).

B-Bilan d'énergie du distillateur.

1-Introduction :

L'unité de distillation peut-être schématisée comme suit :

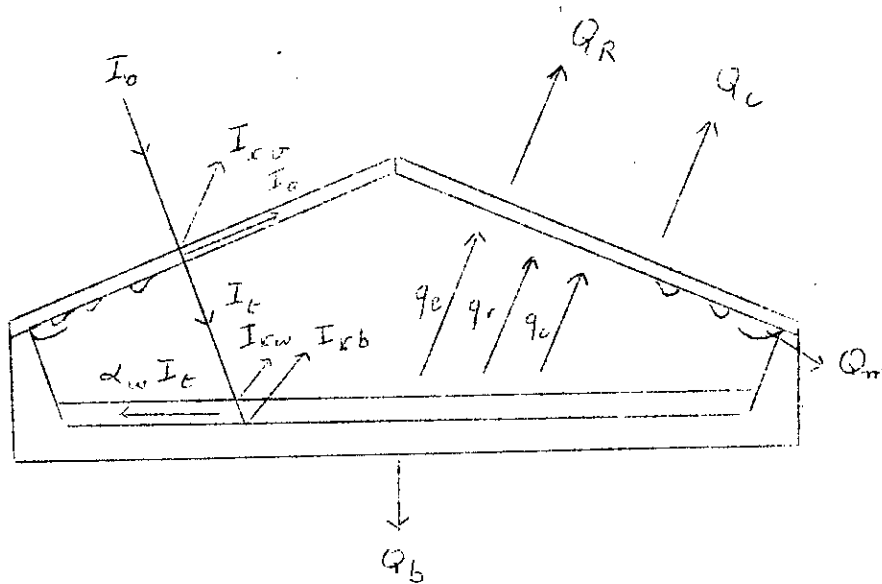


fig. 2-3 : Transfert d'énergie dans un distillateur solaire.

Elle reçoit de l'énergie par rayonnement direct et diffus. Cette énergie est soit transmise, soit absorbée, soit réfléchie par les différents éléments du distillateur (couvercle vitré, eau du bassin; fond du bassin...) qui vont échanger de la chaleur selon différents processus (rayonnement, convection, ...).

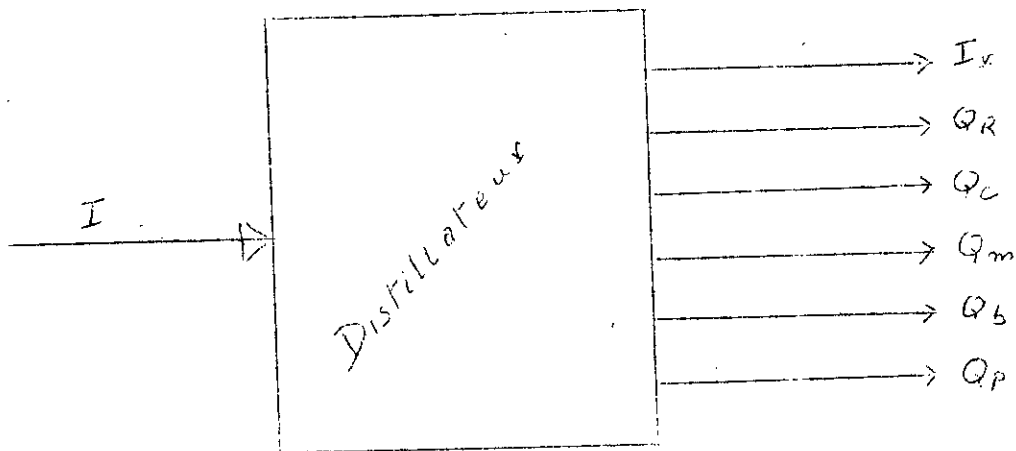


La partie absorbée élève la température de l'eau du bassin donc la pression partielle de la vapeur d'eau dans la lame d'air. Le couvercle constitue une surface froide sur laquelle vient se condenser la vapeur d'eau ; elle lui cède ainsi une certaine quantité de chaleur qui est perdue vers l'extérieur par rayonnement et convection.

Pour apprécier le bilan de l'énergie "circulant" dans le distillateur, nous l'avons assimilé à un système thermodynamique ouvert, mesuré les flux d'énergie qu'il a reçus et calculé à l'aide de quelques relevés thermométriques les quantités de chaleur qu'il a perdues.

## 2- Bilan extérieur:

Pour établir ce bilan, le système thermodynamique choisi est le distillateur délimité par ses surfaces extérieures, schématisé par le "flow sheet" suivant :



La relation de transfert d'énergie pour l'unité de distillation s'écrit:

$$I = I_r + Q_r + Q_c + Q_m + Q_b + Q_p \quad (1)$$

Les différents termes qui interviennent dans cette équation sont:

- Energie reçue par l'unité :

Cette énergie est proportionnelle à la projection horizontale de la surface totale  $A_p$  du distillateur.

Nous posons:

$$I = I_0 A_p$$

où  $I_0$  est l'intensité de la radiation solaire globale (directe et diffuse) mesurée à l'aide d'un solarimètre intégrateur.

- On définit de la même manière l'énergie de radiation solaire réfléchi qui est proportionnelle à la surface  $A_c$  du couvercle

$$I_r = r I_0 A_c$$

On néglige les réflexions des autres parties du distillateur.

- Rayonnement externe  $Q_r$  du vitrage :

La surface extérieure du couvercle vitré rayonne vers la voûte céleste (on néglige dans cette voûte, la surface du soleil)

$$Q_r = A_c \varepsilon_c \sigma ( T_{ce}^4 - T_{eff}^4 )$$

Cooper (1) estime que la température effective  $T_{eff}$  du ciel est inférieure de  $12^\circ\text{C}$  à la température ambiante durant la journée. MORSE et READ (2) pensent qu'elle est inférieure de  $20^\circ\text{C}$ . Cette valeur varie avec la latitude du lieu d'implantation .

- Convection externe  $Q_c$  du vitrage :

La quantité de chaleur perdue par convection est :

$$Q_c = h_e A_c ( t_{ce} - t_a )$$

Nous avons choisi pour coefficient de convection externe ( $h_e$ ) en régime laminaire la valeur donnée par Mac Adams (3) pour des surfaces horizontales chauffées regardant vers le haut :

$$h_e = 1,14 \left( \frac{t_{ce} - t_a}{l} \right)^{0,25}$$

où  $l$  est la longueur d'échange.

Nous avons fait les hypothèses suivantes :

- La convection vitre-atmosphère est une convection naturelle.
- Le mouvement convectif extérieur probable est :

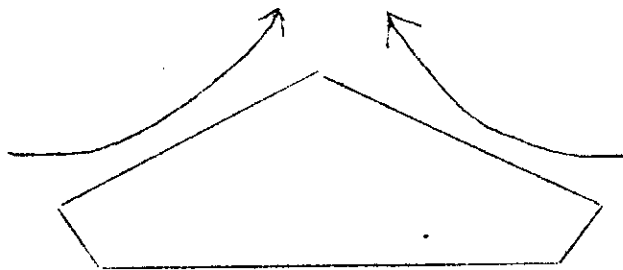


fig. 2-4 : Mouvement convectif extérieur  
- Le couvercle vitré est horizontal (faible pente).

- Pertes par convection  $Q_b$  de la base du distillateur :  
Cette quantité de chaleur échangée par la base du distillateur avec le milieu extérieur est fonction de l'isolation.

$$Q_b = h'_e A_b (t_b - t_a)$$

$h'_e$  est le coefficient de convection naturelle donnée par la formule simplifiée de Mac Adams (3) pour un régime laminaire dans le cas d'une plaque horizontale, chauffée, regardant vers le bas.

$$h'_e = 0,51 \left( \frac{t_b - t_a}{l} \right)^{0,25}$$

- Chaleur emportée par le distillat  $Q_m$  :

$$Q_m = m_d C_p (t_d - t_a)$$

- Pertes  $Q_p$  :

Elles font intervenir deux termes : les pertes non mesurables  $Q_1$  et les pertes non calculées  $Q_2$ .

Ceux sont essentiellement :

- . Les pertes par rayonnement et convection des structures latérales externes. Elles sont minimisées

par l'isolation du bassin proprement dit, de ses surfaces. D'autre part ces surfaces sont chauffées par le rayonnement solaire.

. Les pertes par rayonnement du fond de l'appareil. Il est dirigé vers le sol dont on peut, en première approximation estimer que la température est la température de l'ambiante. Les mesures que nous avons effectués nous ont montrés que l'écart de température est en moyenne pour la journée de 5 °C à 6 °C .

. Les pertes par fuites d'eau chaude du bassin.

. Les pertes par fuites de vapeur vers l'atmosphère .

. Les pertes par fuites du distillat autre que la partie qui retombe dans le bassin (cette partie n'intervient pas dans le système que nous avons délimité).

L'équation (1) peut s'écrire, en remplaçant chaque quantité par son expression:

$$A_p I_0 = r A_c I_0 + A_c \epsilon_c \sigma ( T_{ce}^4 - T_{eff}^4 ) + h e A_c ( t_{ce} - t_a ) + m d C_p ( t_d - t_a ) + h' e A_b ( t_b - t_a ) + Q_1 + Q_2 \quad (2)$$

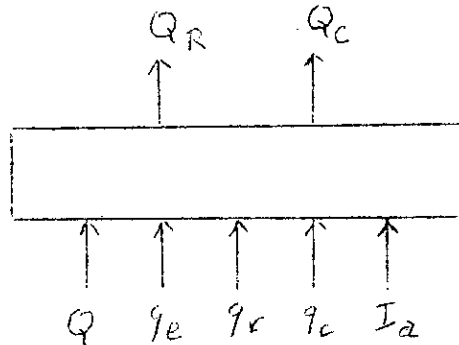
Nous avons remarqué qu'il est difficile d'approcher les valeurs exactes des quantités de chaleur perdues par ( $Q_r$ ) et par convection ( $Q_c$ ) par la vitre. En effet, ces deux quantités sont fonctions des températures extérieures qui sont influencées par les conditions atmosphériques (vent, nuage, ...) et qui varient plus rapidement que les températures internes du distillateur.

De plus, estimer la température effective du ciel intervenant dans l'expression de  $Q_r$  et calculer le coefficient de convection externe à partir de mesures incertaines risque d'entraîner des erreurs appréciables sur le bilan.

Par conséquent, nous allons déterminer ces deux quantités en les calculant à partir des énergies internes du distillateur c'est à dire en définissant un deuxième système thermodynamique.

3-Bilan autour du verre :

Le système thermodynamique est le verre délimité par ses surfaces. Les quantités  $Q_R$  et  $Q_C$  sont celles qui sortent du système. Le transfert d'énergie autour du couvercle vitré est décrit par la relation suivante :



$$Q_R + Q_C = I_a + q_e + q_c + q_r + Q \quad (3)$$

Les termes apparaissant dans cette équation représentent :

- La quantité de chaleur  $I_a$  absorbée par le couvercle vitré :

$$I_a = \alpha_c A_c I_0$$

Le facteur d'absorption  $\alpha_c$  du verre est celui obtenu pour un rayonnement normal à la vitre.

- La quantité de chaleur apportée par la condensation de la vapeur d'eau :

$$q_e = m_v L$$

Elle est théoriquement définie comme étant le produit de la masse  $m_v$  d'eau évaporée et de la chaleur latente de vaporisation  $L$  de l'eau. Celle-ci est donnée par la formule de REGNAULT :

$$L = 606,5 - 0,695 t_w$$

Mais si l'on suppose que toute la masse d'eau évaporée est recueillie on a alors :

$$m_v = m_d$$

où  $m_d$  est la masse de distillat recueilli.

soit :  $q_e = m_d (606,5 - 0,695 t_w)$

- Convection interne :

D'après GOMELLA (4), le mouvement convectif probable dans l'enceinte occupée par l'air humide est indiqué par le schéma suivant :

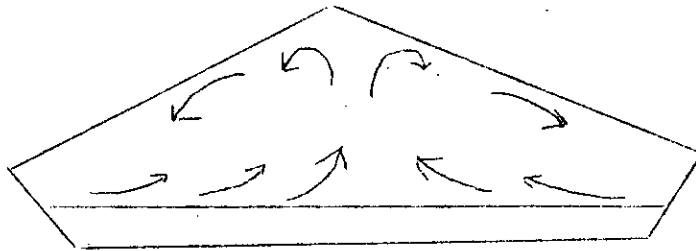


fig. 2-5 : Mouvement convectif intérieur

En admettant cette hypothèse,  $q_c$  représente la quantité de chaleur échangée par convection entre les surfaces de l'eau et celle interne du vitrage.

Il est évident que le facteur réalisant cette convection est le mélange air sec + vapeur d'eau. Ce mouvement du mélange est dû au fait que la température de l'eau est supérieure à la température interne du couvercle vitré.

$$q_c = h_{wc} \cdot A_w (t_w - t_c)$$

Le coefficient de convection interne  $h_{wc}$  est établi par Löff (5) comme étant une fonction des températures de l'eau du bassin et de la surface interne de la vitre :

$$h_{wc} = (0,123 t_w - 3,818) (t_w - t_c)^{1/3}$$

- Rayonnement interne :

L'intensité de la radiation infra-rouge émise par la surface de l'eau du bassin et totalement absorbée par la vitre est donnée par la formule :

$$q_r = A_w \varepsilon \sigma (T_w^4 - T_c^4)$$

où  $\varepsilon$  représente le facteur d'émission équivalent (eau - vitre) et défini comme suit :

$$\frac{1}{\varepsilon} = \frac{1}{\varepsilon_w} + \frac{1}{\varepsilon_e} - 1$$

- Le terme Q comprend :

. les quantités de chaleur apportées par conduction et convection des structures internes du distillateur avec la surface interne de la vitre par l'intermédiaire du mélange humide.

. le rayonnement de ces mêmes structures vers la vitre.

En remplaçant chaque terme du second membre de l'équation(3)

par son expression nous obtenons :

$$Q_r + Q_c = \alpha_c A_c I_o + m_d L + h_{wc} A_w (t_w - t_c) + \varepsilon \sigma A_w (T_w^4 - T_c^4) + Q \quad (4)$$

Nous avons supposé négligeable le rayonnement d'une vitre à l'autre et les pertes de chaleur dues à la chute de température du couvercle à travers le film de condensat.

#### 4-Bilan adopté :

En combinant les équations (1) et (3) le bilan extérieur devient :

$$I = I_r + I_a + q_e + q_c + q_r + Q_m + Q_b + Q_1 + Q_2 + Q \quad (5)$$

Nous nous basons sur les résultats des travaux très approfondis effectués par Löf (5) qui a estimé à moins de 4 % la valeur de  $Q_2 + Q$ . Ce qui n'entraînera pas de modifications importantes en les incluant dans les pertes inexplicables du distillateur.

Nous posons donc :

$$Q_i = Q_1 + Q_2 + Q$$

D'où le bilan final adopté :

$$I = I_r + I_a + q_e + q_c + q_r + Q_i \quad (6)$$

ou bien, en remplaçant chaque quantité par son expression,

$$\text{il vient : } A_p I_o = (r + \alpha_c) A_c I_o + m_d L + h_{wc} A_w (t_w - t_c) + \varepsilon \sigma (T_w^4 - T_c^4) + m_d C_p (t_d - t_a) + h'_e A_b (t_p - t_a) + Q_i \quad (7)$$

Pour l'établissement des relations (2), (4) et (7) nous avons supposé qu'il n'ya pas de gradient de température à travers les surfaces du couvercle vitré et de l'eau du bassin.

Cette hypothèse sera vérifiée ultérieurement.

Les quantités qui apparaissent, représentent les plus importantes énergies échangées par les différents systèmes thermodynamiques définis et le milieu environnant. Nous avons groupé toutes les autres dans les termes tels que  $Q_p$ ,  $Q$  et  $Q_i$  pour deux raisons :

- La première est leur faiblesse manifeste
- La seconde est la difficulté que nous avons rencontrée pour prendre toutes les mesures de températures. En effet, l'introduction à l'intérieur du distillateur d'un grand nombre de sondes entrainerait des pertes supplémentaires :
  - Par absorptions, réflexions et rayonnement de ces derniers.
  - Par fuites de vapeur d'eau (puisque ces appareils doivent déboucher vers l'extérieur)
  - Par réduction des surfaces internes du système "distillateur" (création d'ombres).

### C) Productivité et rendement du distillateur :

La productivité spécifique d'un distillateur solaire est généralement définie comme étant la quantité d'eau distillée produite par jour et par unité de surface du bassin. Elle est exprimée dans le système métrique en litres ou grammes par jour et par mètre carré.

Le terme de productivité spécifique a peu d'importance si l'on veut rendre compte des performances du distillateur car il ne tient pas compte de la radiation solaire incidente.



La définition d'un rendement journalier a une meilleure signification physique. Cette nouvelle quantité sans dimensions, est défini comme le rapport de l'énergie nécessaire pour produire une masse M d'eau distillée par jour et de l'intensité de la radiation solaire arrivant sur toute l'unité de distillation pour la même période.

soit :  $\eta = \frac{ML}{I}$

- où
- M = masse d'eau distillée journalière
  - L = chaleur latente moyenne de vaporisation de l'eau.
  - I = Intensité de la radiation solaire journalière.

TT  
TT CHAPITRE III  
-----

TT(TT  
TT TT METHODE

DE

TT(TT  
TT TT MESURES

## III Méthode de mesures

L'objet de ce chapitre est de préciser les méthodes de mesures que nous avons utilisées tout au long des expérimentations.

Nous allons d'abord décrire dans une première partie le distillateur expérimenté, puis dans une seconde partie, décrire le matériel utilisé pour les mesures de températures, productions et ensoleillements. Et enfin, une dernière partie justifie les points de prise de températures.

#### 1- Description du distillateur (planche 3-1)

Le distillateur que nous avons expérimenté est du type classique à verrière (ou à toit). Son bassin est réalisé en fibre de verre aggloméré. Les caractéristiques de l'agglomérant nous sont inconnues.

Le toit du distillateur est orienté de façon à avoir un maximum d'ensoleillement sur la vitre<sup>est</sup> le matin et sur la vitre ouest l'après midi.

Le couvercle est en verre à vitre ordinaire de 4 mm d'épaisseur. Les vitres sont inclinées d'un angle de  $10^\circ$  par rapport à une surface horizontale.

L'eau condensée sur chaque vitre tombe dans une rigole et est évacuée vers l'extérieur par l'intermédiaire d'un trou.

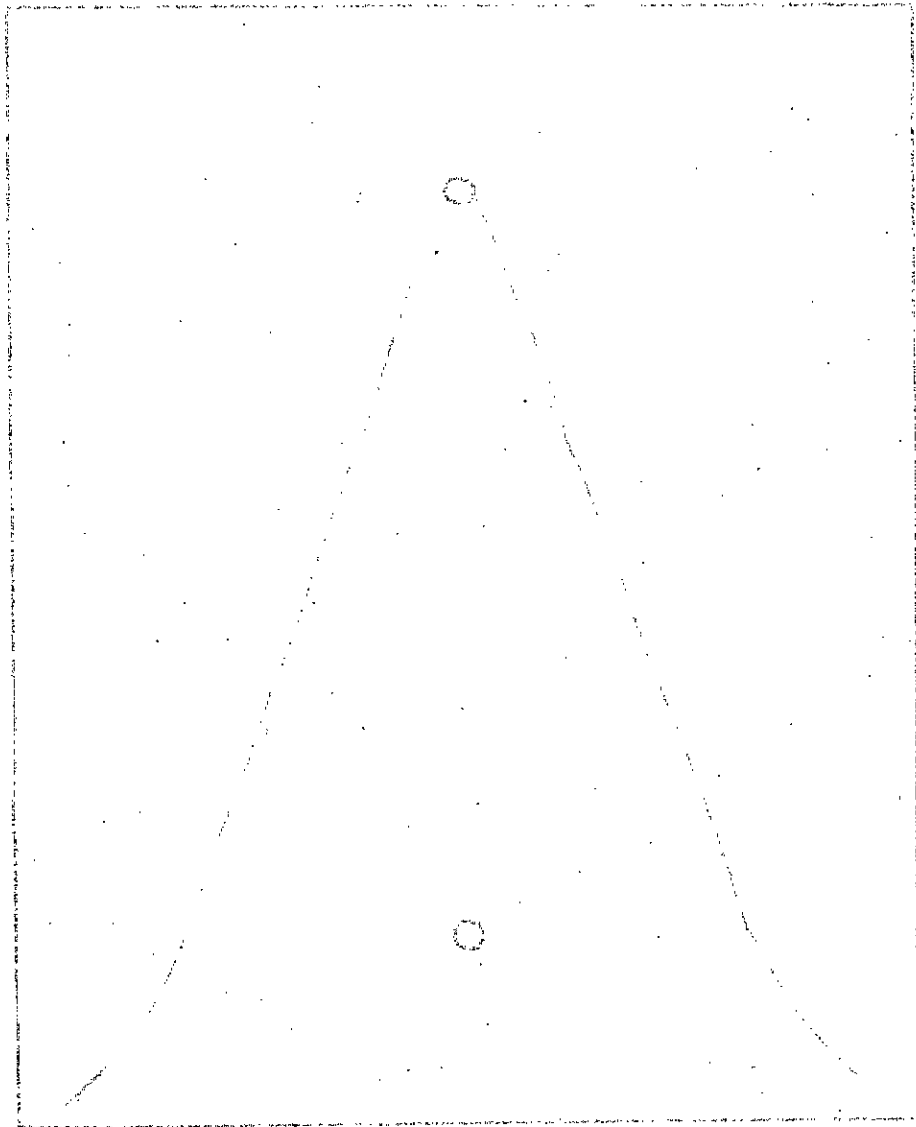
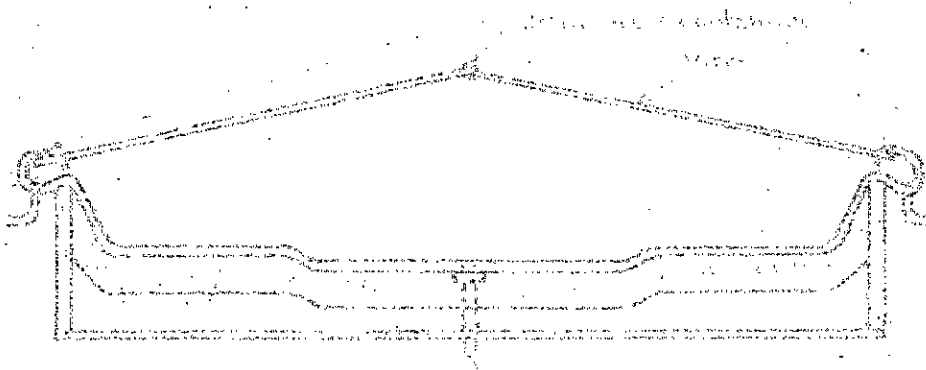
Pour éviter les pertes par fuites de vapeur d'eau, nous avons préféré assurer l'étanchéité par des joints en caoutchouc. Le montage et le démontage des vitres deviennent ainsi facilité.

L'isolation du bas du bassin est réalisée à l'aide d'une couche de laine de verre de 4 cm d'épaisseur soutenue par une feuille de contre-plaqué.

L'alimentation en eau et la vidange se font par l'intermédiaire de deux trous aménagés à cet effet au fond du bassin.

Le coffrage du distillateur est fait en bois ordinaire.

# Planche 3-1. Schéma du distillateur



Caractéristiques de l'appareil :

Surface insolée transparente en projection horizontale	=	1,40 m <sup>2</sup>
Surface d'évaporation	=	1,07 m <sup>2</sup>
Surface de condensation	=	1,42 m <sup>2</sup>
Volume d'air humide	=	0,090m <sup>2</sup>
Encombrement extérieur	1,34 x 1,08	= 1,45 m <sup>2</sup>

2- Matériels utilisés :

2-a- Mesures de températures

Les mesures de températures sont réalisées à l'aide de neuf thermocouples (cinq en cuivre-constantan et quatre en chromel-Alumel) avec fils de jonction en cuivre, de longueurs variables, un galvanomètre (Kipp et Zonen) et trois thermomètres à mercure.

Les soudures (chaudes et froides) des thermocouples sont obtenues par fusion au chalumeau. Pour garder les soudures froides à la même température (contrôlée à l'aide de thermomètre), nous les avons placées dans deux boîtes contenant de la laine de verre et dont les surfaces extérieures sont réfléchissantes (Aluminium). La température à l'intérieur de ces boîtes est restée constante durant les mesures.

Une boîte à plots relie les neuf thermocouples au galvanomètre par l'intermédiaire de deux fils courts en cuivre. Le rôle de cette boîte est de nous permettre à tout moment de brancher successivement chaque thermocouple au galvanomètre.

Les montages de ces appareils sont décrits par les schémas suivants.

a- Circuit thermoelectrique avec fils de jonction thermocouples.

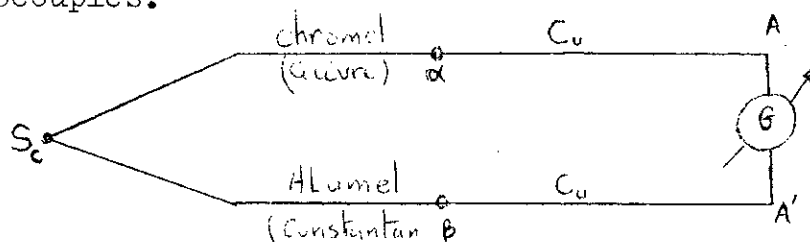


fig. 3-1

Les fils de jonction sont ajoutés lorsque la distance est grande entre la soudure froide (SF) et l'appareil de mesure. Cette additivité déplace les soudures froides de AA' en  $\alpha\beta$ .

b-schéma de montage.

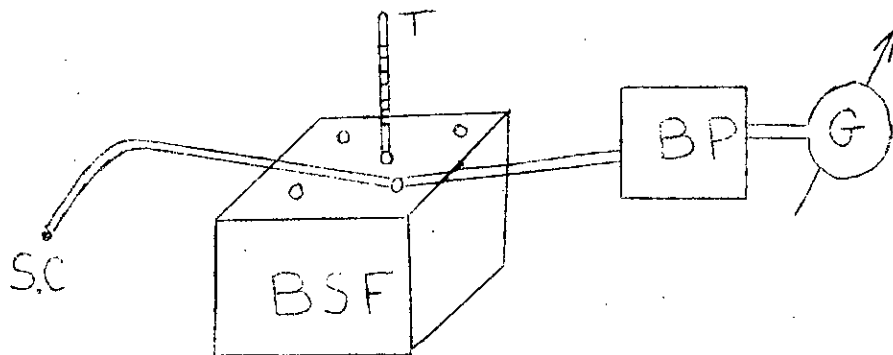


fig. 3-2

G : galvanomètre .

BSF : Boite à soudures froides

BP : boite à plots

T : thermomètre à mercure

#### c-etalonnage des thermocouples

L'étalonnage des thermocouples a été réalisé en utilisant le montage indiqué par la fig. 3-2 .

La soudure chaude est plongée dans un vase contenant de l'eau dont la température décroît de 70 °C à l'ambiante.

Nous avons tracé la courbe d'étalonnage (planche 3-2) pour une température de soudure froide de 19 °C en portant en ordonnées la force électromotrice en millivolts indiquée par le galvanomètre ( $e \frac{T}{t}$ ) et en abscisses les températures T ( en °C ) .

La courbe obtenue est une droite de la forme :

$$e \frac{T}{t} = KT + b \quad (a)$$

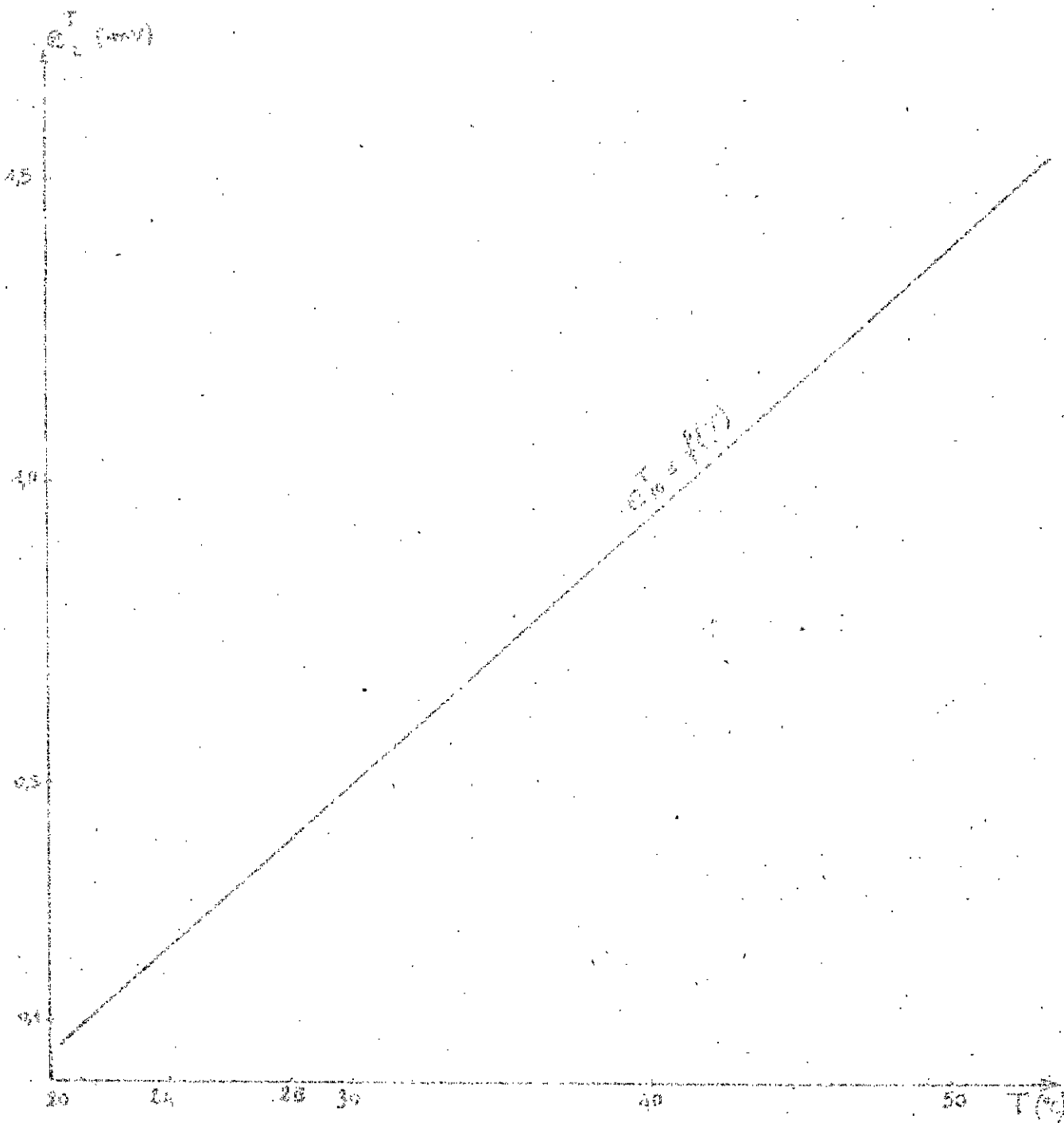


Planche 3-2 : Courbe d'étalonnage

$e_t^T$  : fem lue sur le galvanomètre.

K : pente de la droite ;  $K=0,04$

T : température de la soudure chaude

t : température de la soudure froide .

si  $t = T$  nous avons :  $e_t^T = 0 = Kt + b$   
ou bien  $b = - Kt$

la relation ( a ) devient :

$$e_t^T = K ( T - t )$$

D'où on tire :  $T = \frac{e_t^T}{K} + t$

Finalement la formule de conversion des millivolts en degré Celcius est :

$$T = 25 \frac{e_t^T}{t} + t$$

calcul d'erreur :

L'erreur absolue commise sur la mesure de température est due à la précision de l'appareil utilisé (galvanomètre) et à l'étalonnage des thermocouples :

$$\Delta T = 25 \Delta e + \Delta t$$

$\Delta e$ : erreur de lecture sur le galvanomètre

$\Delta t$ : erreur de lecture sur le thermomètre à mercure

nous prendrons :  $\Delta e = 0,02$  mV

$$\Delta t = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

nous aurons donc :

$$\Delta T = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### 2-b. Mesure des volumes d'eau :

L'alimentation en eau du distillateur se fait à l'aide d'une fiole jaugée. Quant à la mesure de la quantité d'eau distillée, elle est réalisée avec une éprouvette graduée de 250 ml

### 2-c. Mesure de l'énergie de la radiation solaire incidente:

Cette mesure est donnée par un solarimètre intégrateur de la station de l'énergie solaire de Bouzaréah.



### 3- Détermination des points de prises de températures:

La température d'une surface exposée à un rayonnement de nature quelconque, n'est pas uniforme à travers toute son étendue. En effet, l'environnement exerce une influence thermique sur cette surface (convection, conduction,....) .

L'ayant supposé dans le chapitre deux (II) , nous allons vérifier, en faisant des mesures ( voir planche 3-3, 3-4 et 3-5 ), que si le gradient de température à travers les surfaces internes et externes du système. "distillateur" existe, il peut être négligé. Ce qui nous amènera à choisir sur chaque surface un point de prise de température qui sera considéré pour la suite de notre étude, comme étant représentatif. Dans cette perspective, pour chaque élément du distillateur nous avons fait une série de mesures de températures à des journées différentes et bien ensoleillées. Celles-là sont réalisées à partir du moment où le distillateur est en régime, c'est à dire aux environs de 13 hGMT.

#### a- couvercle vitré :

##### 1 - Méthode de mesures.

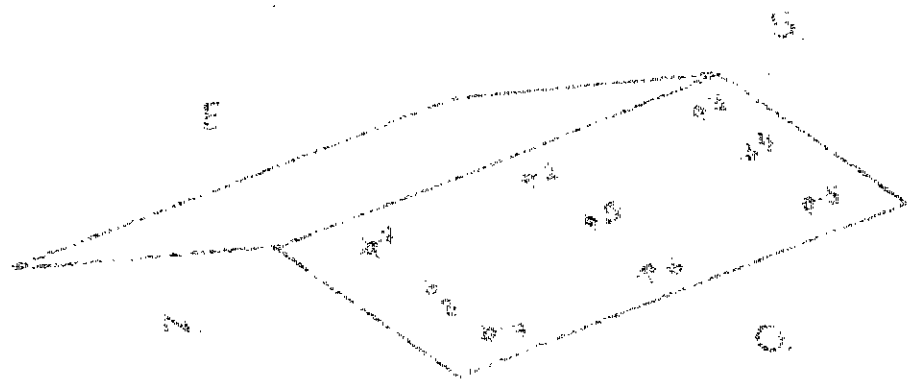
Sur la face intérieure de la vitre ouest, nous avons collé les soudures (repérées par des points de 1 à 9) des neuf thermocouples. La planche 3-5 en indique la disposition.

Les colles utilisées sont la "Cyanolit" (collage rapide) et l' "Araldite" (rigidité).

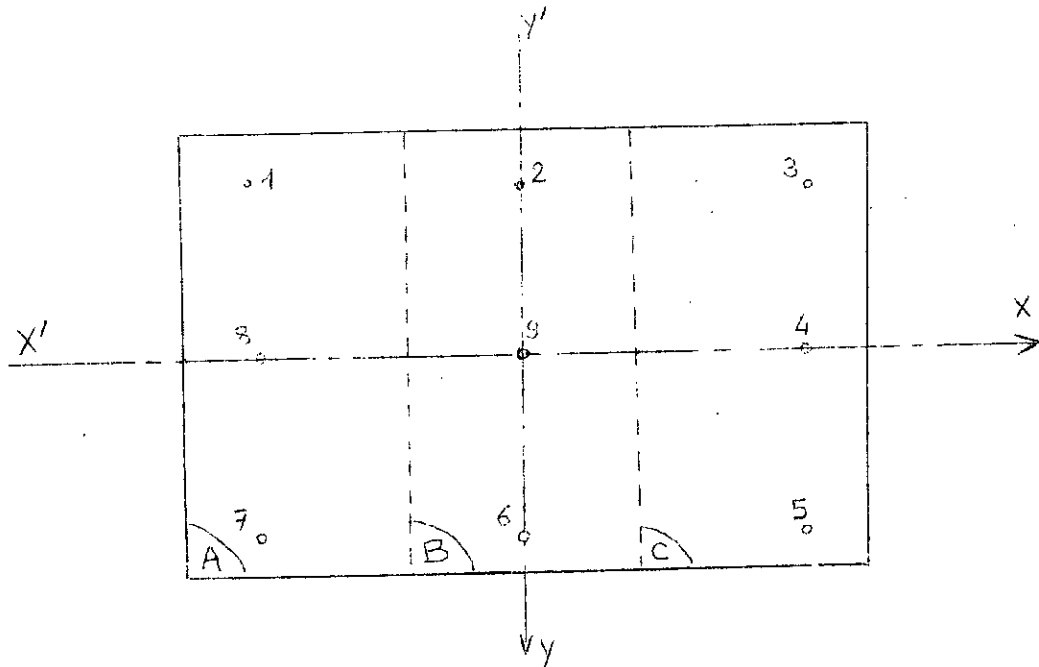
Le but est de vérifier s'il existe une différence de température entre les différents points de mesure (1 à 9). La durée de chaque prise de température avec le galvanomètre est de l'ordre de 20 s ; le flux d'énergie reçue étant variable dans le temps, pour pouvoir comparer les températures nous avons été amenés à utiliser les procédé suivant :

nous avons subdivisé la surface interne de la vitre ouest en trois parties égales A, B, et C , de manière à avoir sur chacune d'elle trois points de mesures :

### Planche 3-3 - Détermination des points représentatifs du couvreur



	Mesures	t <sub>0</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>
1 <sup>o</sup>	(0,2,9,6,9)	56,0	56,5	56,0	54,0	56,0
2 <sup>o</sup>	(4,3,4,5,4)	56,5	57,0	56,5	55,0	56,0
3 <sup>o</sup>	(8,1,8,7,8)	58,0	58,5	58,0	56,5	58,0
4 <sup>o</sup>	(9,8,9,4,9)	60,0	61,0	60,0	58,5	60,0



Dans une première étape, l'expérience porte successivement sur chaque partie. Pour la partie A par exemple, nous avons cherché à savoir si les températures relevées aux points 1, 8 et 7 sont identiques. Ce qui nécessite l'emploi du procédé de mesure représenté schématiquement par :

8      1      8      7      8

La température du point 8 est prise comme référence. Le même travail est répété sur les parties B et C .

La seconde étape consiste à faire une série de mesures pour les trois parties simultanément en utilisant toujours la même méthode. Les températures sont prises aux points 8, 9, et 4 . Le point 9 est pris comme référence.

## 2 - Conclusions :

On ne peut pas comparer les quatre mesures entre-elles, ceci afin de réduire l'influence du facteur temps sur les valeurs des températures indiquées .

Les températures  $t_a$  ,  $t'a$  ,  $t''a$  représentent celles mesurées au point pris comme référence  $t_b$  et  $t_c$  sont les températures prises respectivement aux points situés sur les parties supérieures et inférieures du couvercle.

A la lecture de la planche 3-3 on constate que pour les trois premières mesures les températures décroissent selon des axes parallèles à  $y'y'$  et de même sens. La différence entre les points extrêmes est de 2 °C. Cette variation de température peut être attribuée à la géométrie du distillateur. En effet, les températures relevées aux points 7, 6 et 5 sont influencés par la proximité des structures internes moins chaudes. A cela, il faut ajouter le fait que la plus grande quantité d'eau condensée se réunit sur la partie inférieure du couvercle ; ce qui se traduit par une chute plus nette de température. Mais l'on remarque que les températures des points 8, 9 et 4 sont des températures intermédiaires. La quatrième mesure va nous permettre de choisir le point que nous considérons comme représentatif. On remarque que la température décroît du point 8 au point 4 selon l'axe  $x'x$ .

Vu l'orientation Nord-Sud du distillateur, les structures intérieures nord sont plus chauffées par le rayonnement solaire. Il est donc normal qu'elles aient des températures supérieures à celles des parois intérieures sud. Ce qui explique pourquoi la température au point 8 est supérieure à celle mesurée en 9, elle-même plus grande que la température en 4.

Donc la valeur de la température au point 9 est intermédiaire à celles des deux autres.

Nous choisirons donc le point 9 comme point de prise de température représentative.

Remarque :

- 1) - Ces mesures n'ont pas été faites pour la surface extérieure du couvercle. Etant en contact avec l'atmosphère, les températures de cette surface ne seront pas stables.
- 2) - L'écart de température constaté (2°C) aurait pu être faible avec l'emploi d'appareils plus précis.

b) Eau :

Pour cette manipulation, nous alimentons le distillateur

en eau douce (V=20l environ) vers 6 h GMT. Les soudures chaudes des thermocouples sont plongées dans cette eau du bassin. Leur disposition est donnée par la planche 3-4 . Comme dans le cas précédent (vitrage), les différences de température constatées sont assez faibles. Elles sont de l'ordre de 1 °C.

Les principaux facteurs provoquant ces différences sont:

- épaisseur de la lame non uniforme .
- hauteur des soudures chaudes par rapport à la surface du bac .

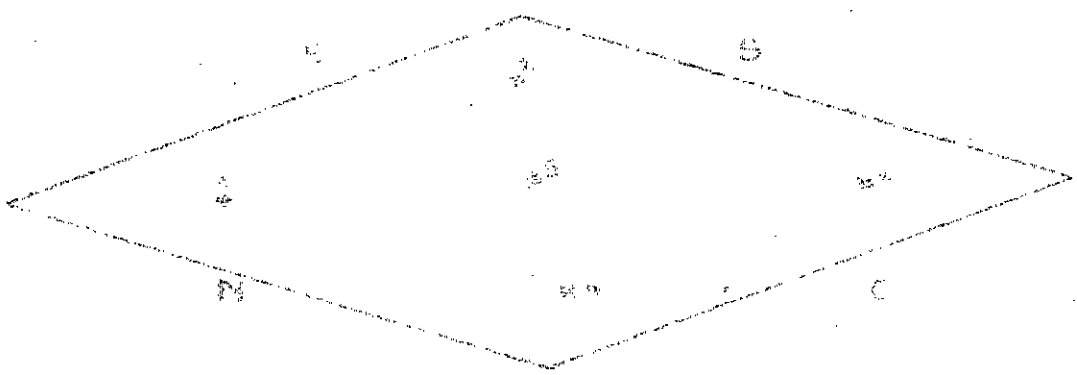
La non uniformité de l'épaisseur de la lame d'eau est due à la géométrie complexe du fond du bassin et aux irrégularités de construction. Il est aussi pratiquement très difficile de placer les soudures chaudes à une même hauteur. Comme il faut s'attendre à une variation de la température à travers la lame d'eau (voir travaux de Gomella (4) ), la différence de 1 °C trouvée peut facilement s'expliquer.

En première approximation, nous avons supposé qu'il n'y a pas de gradient de température dans le volume homogène de l'eau. Comme les échanges de chaleur internes se font à partir de l'eau; nous allons sans faire une grosse erreur admettre que la température relevée dans l'eau est celle de l'ensemble de la surface considérée.

### c) Mélange (air + vapeur d'eau)

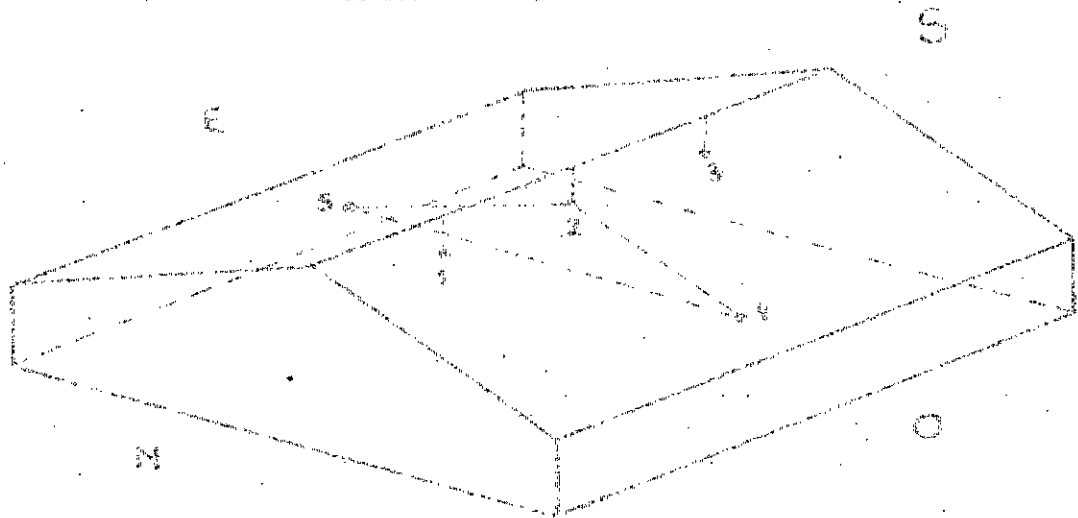
Pour cette manipulation, le nombre de thermocouples utilisés est de cinq. Leur disposition est indiquée sur la planche 3-5. Les mesures ont été relevées en des points fixes. Nous avons effectué quatre séries de mesures à des horaires différents, ceci afin de rendre compte des variations de températures dans l'espace occupée par le mélange (air + vapeur d'eau). A la lecture de la planche 3-5 nous constatons que le plus grand écart de température entre les différents points est de 2°C. Ceci est sûrement dû à la non uniformité de la lame d'air. On constate que le point 3 a toujours une température légèrement plus faible

Planche 36. Détermination du point représentatif  
de l'eau



Mesures	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>
1 <sup>e</sup>	67,0	66,5	66,0	67,0	67,0
2 <sup>e</sup>	63,0	63,0	63,5	64,0	64,0
3 <sup>e</sup>	59,5	60,0	59,0	59,0	60,0
4 <sup>e</sup>	55,0	56,0	55,0	55	55,5
5 <sup>e</sup>	48,0	48,0	47,0	48,0	47,5

### Planche 3-5, Détermination du point représentatif de mélange



Mesures	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$
1 <sup>re</sup>	60,0	59,5	59,0	60,0	59,9
2 <sup>de</sup>	62,0	61,0	61,0	62,0	61,0
3 <sup>de</sup>	64,0	63,8	63,0	64,0	63,0
4 <sup>de</sup>	64,0	64,3	63,0	64	63,5

que celle du point 1 , la température du point 2 étant -  
intermédiaire. En effet, le point 1 est près des structu-  
res internes nord du distillateur lesquelles sont les  
plus exposées au rayonnement solaire. Sachant aussi que  
la température du mélange est inférieure à celle de l'eau,  
on peut avoir un bref aperçu sur le mouvement convectif  
déjà cité précédemment. Pour la suite de notre étude, le  
point de prise de température sera situé au milieu du  
volume occupé par le mélange d'air humide.



// // )  
// // ) HAPITRE IV  
=====

// // )      // // // )  
// // )      // // // ) RODUCTIVITE      PTIMUM

DU

// // ) }  
// // ) } ISTILLATEUR  
=====

#### IV- PRODUCTIVITE OPTIMUM DU DISTILLATEUR

##### A- Introduction :

Dans ce chapitre, nous étudions tout d'abord l'influence de l'épaisseur de la lame d'eau du bassin sur le rendement journalier du distillateur. Cette étude nous permettra par la suite de déterminer la lame optimum, donc le volume d'eau, qu'il faudra mettre dans l'appareil pour avoir une productivité optimum.

Puis ayant adopté ce résultat, nous chercherons à voir dans quelles proportions évoluera cette productivité. Pour cela, dans une première expérience le distillateur est alimenté en discontinu à l'aide de l'eau potable chauffée le matin à une température de 44°C. Puis dans une deuxième expérimentation il est alimenté en eau de mer. Nous avons essayé d'approcher les conditions de fonctionnement du distillateur sur un chott en l'alimentant de façon continue en eau de mer.

##### B- Détermination de la lame optimum :

Afin de tester le distillateur dans les meilleurs conditions, il est nécessaire de déterminer la capacité d'eau (ou l'épaisseur de la lame d'eau) à mettre dans son bassin pour obtenir la plus grande productivité.

L'expérience devrait être faite au cours d'une même journée avec des appareils identiques. Mais, ne disposant que d'un seul prototype, nous sommes donc amenés à travailler à des journées différentes, c'est-à-dire à des ensoleillements variables.

Les volumes d'eau versée chaque jour sont successivement 15,20,30,40 et 50 litres. Pour chaque quantité, nous suivons le fonctionnement du distillateur en faisant des relevés de température, de production et d'ensoleillements à des intervalles de temps d'une demi-heure durant la période de 8h 30 à 18h GMT.

La production nocturne est recueillie le lendemain matin vers 7h GMT. Les résultats sont groupés sous forme de tableaux.

#### 1- Mesures de températures.

Dans le chapitre précédent, nous avons déterminé les points de prises de "températures représentatives" pour chaque surface et lame considérées. Pour la suite de nos expériences, les mesures de températures sont effectuées en ces points. Nous mesurons les températures suivantes :

- Températures intérieure et extérieure des vitres est et ouest.
- Température de l'eau du bassin.
- Température du Bac (fond du bassin).
- Température du mélange : air sec et vapeur d'eau.
- Température de sortie de l'eau distillée.
- Température du bas de l'appareil (afin d'évaluer les pertes par convection).
- Température ambiante.

Soient, neuf mesures de température avec thermocouples et une avec thermomètre (température ambiante).

#### 2- Rendement du distillateur.

Le rendement journalier est donnée par la formule :

$$\eta = \frac{ML}{I}$$

où :

M : est la masse d'eau distillée recueillie en 24 heures.

L : est la chaleur latente de vaporisation moyenne de l'eau pour la journée.

I : quantité d'énergie solaire journalière.

Pour ne pas avoir à parler de chaleur latente de vaporisation moyenne de l'eau pour un intervalle

de temps aussi grand, nous pensons qu'il est préférable de réduire cet intervalle de temps à la demi-heure.

On obtient ainsi une nouvelle expression du rendement :

$$\eta = \frac{\sum_i m_i L_i}{\sum_i I_i}$$

L'indice  $i$  correspond à l'expérience faite à la  $\frac{1}{2}$  heure n°  $i$   $i=1,2,3, \dots, 21$ .

$m_i$  = masse d'eau distillée produite pendant une demi-heure.

$$L_i = 606,5 - 0,695 t_{wi}$$

$L_i$  représente la chaleur latente de vaporisation moyenne de la demi-heure.

$I_i$  = quantité d'énergie solaire reçue pendant la demi-heure.

Remarque :

La température  $t_{wi}$  intervenant dans le calcul de la chaleur latente de vaporisation  $L_i$  de l'eau est obtenue en faisant la moyenne des températures de l'eau mesurées aux extrémités de l'intervalle de temps considéré.

- Calcul numérique du rendement.

A titre d'exemple, nous allons traiter le cas où le volume mis dans le bassin du distillateur est de 20 litres.

$$\eta = \frac{\sum_i m_i L_i}{\sum_i I_i} \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, 21.$$

Nous trouvons :

$$\sum_i I_i = \sum_i (A_p I_0)_i = 9136,1 \text{ Kcal}$$

$$\text{où :} \quad \sum_i m_i L_i = \sum_j (m_j L_j) + m_s L_s$$

-  $m_s$  est la quantité d'eau produite de 18h jusqu'au lendemain matin.

-  $L_s$  est la chaleur latente de vaporisation moyenne de l'eau pendant la nuit.

$L_s$  est calculée en prenant le cas le plus défavorable pour le rendement, c'est-à-dire en supposant que la température de l'eau pendant la nuit est égale à la

température mesurée à 18h GMT.

Nous obtenons :

$$\sum_i m_i L_i = 3972,3 \text{ Kcal} .$$

d'où, le rendement est :

$$\eta = 0,435$$

- Précision sur le rendement :

L'erreur relative sur le rendement est donnée par :

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \frac{\Delta(\sum_i m_i L_i)}{\sum_i m_i L_i} + \frac{\Delta(\sum_i I_i)}{\sum_i I_i}$$

En supposant que le solarimètre donne des valeurs exactes, c'est-à-dire :  $\Delta(\sum_i I_i) = 0$

, il vient :

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \frac{\Delta(\sum_i m_i L_i)}{\sum_i m_i L_i}$$

soit

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \frac{\sum_i m_i \Delta L_i + \sum_i L_i \Delta m_i}{\sum_i m_i L_i}$$

or

$$\Delta L_i = 0,695 \Delta t_{wi}$$

D'après le calcul d'erreur fait au chapitre III

$$\Delta t_{wi} = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Nous avons :

$$\Delta L_i = 0,695 \text{ Kcal / Kg}$$

L'incertitude absolue sur la masse  $m_i$  étant  $\Delta m_i = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Kg}$

En prenant  $L_i = 600 \text{ Kcal/Kg}$ , l'erreur relative sur le rendement devient :

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \frac{24 + 0,695 m_t}{600 m_t}$$

$m_t$  est la quantité d'eau distillée en 24 heures.

A titre d'exemple, nous trouvons

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = 9 \text{ } \%$$

pour  $m_t = 5 \text{ Kg}$

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = 6 \text{ } \%$$

pour  $m_t = 7,5 \text{ Kg}$ .

On voit que lorsque la production augmente de 50 %, la variation de l'erreur relative n'est que de 3% .

Ce qui reste tout de même assez faible.

## 3- Résultats.

Les résultats sont donnés dans le tableau résumé suivant :

$I$ (kcal)	9311,3	9136,2	8902,4	9324,7	9741,4
$V$ (l)	15	20	30	40	50
$m_E$ (kg)	6,850	7,130	6,697	6,918	6,624
$\eta$	0,409	0,435	0,423	0,415	0,380
$\frac{\Delta\eta}{\eta}$	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007

La courbe  $\eta = f(V)$  nous montre la variation du rendement en fonction du volume (fig 4 - 1)

Nous remarquons que la courbe passe par un maximum correspondant à un volume d'eau de 20 litres.

Dans la première portion de courbe, nous constatons que lorsque le volume  $V$  diminue de 20 à 15 litres, le rendement du distillateur baisse de 0,435 à 0,409.

Ceci est tout à fait normal du fait qu'il faut verser 11 litres d'eau pour couvrir toute la surface du bac. Comme, plus de 4 litres d'eau sont évaporées aux environs de 14 heures GMT (pour une journée bien ensoleillée), certaines parties de la surface du bac ne sont plus recouvertes par l'eau. Elles ne "travaillent" donc pas et constituent des pertes pour l'unité de distillation.

Quant à la deuxième portion, elle montre la diminution du rendement avec l'augmentation de volume.

Cette baisse de rendement est due essentiellement à l'inertie thermique dont l'effet est plus important pour les grands volumes, donc pour les lames d'eau d'épaisseurs élevées.

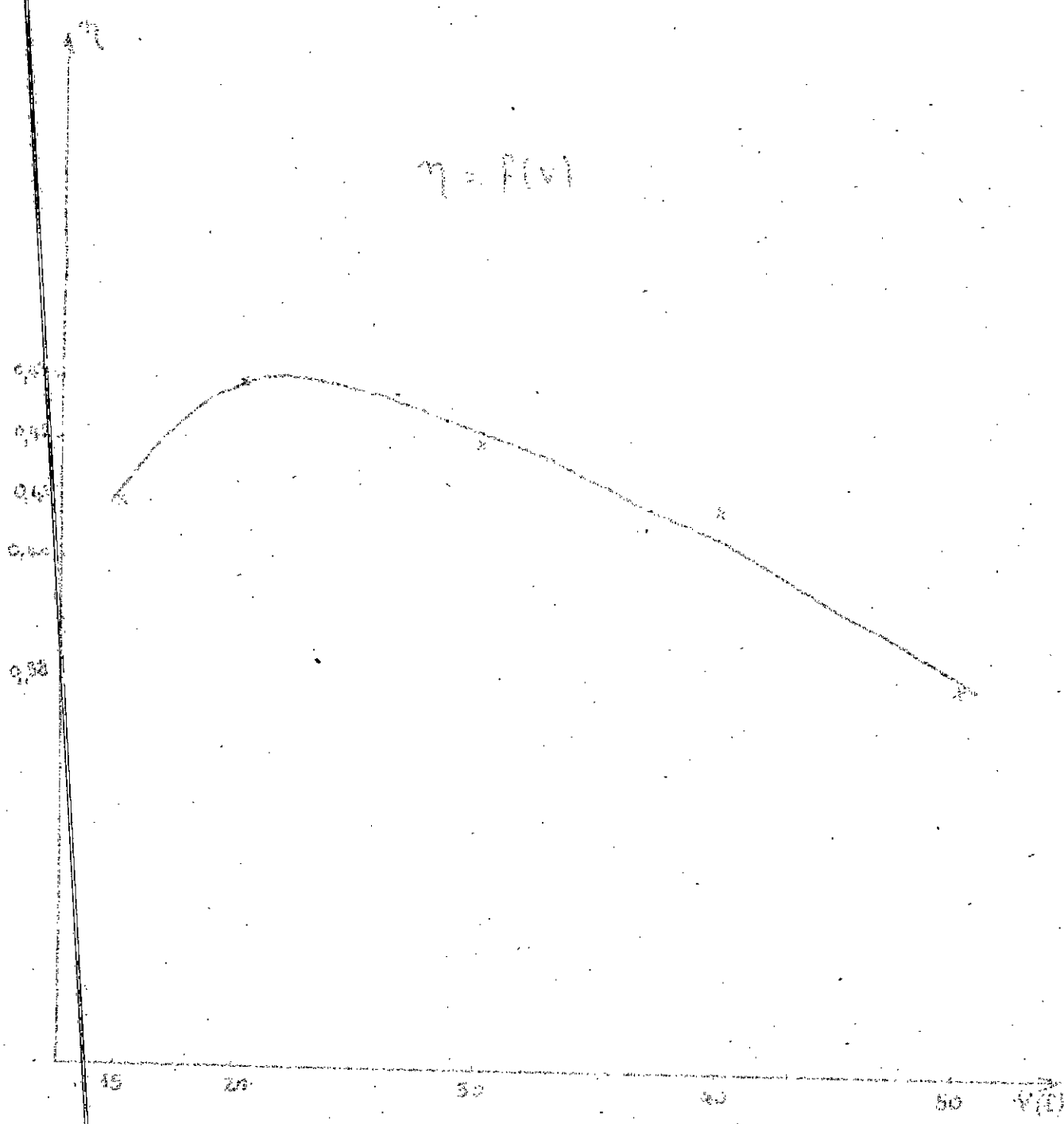


Fig: 4-1 : Rendement.

En effet, plus l'épaisseur de la lame augmente, plus la production instantanée baisse et s'étale dans le temps. Cependant, l'étalement dans le temps de la production ne conduit pas nécessairement à un gain.

A titre d'exemple, nous reproduisons ci-dessous quelques relevés expérimentaux.

Pour la période 10h - 10h30 GMT nous avons obtenu :

V=20 l ;  $m_d = 300g$  ;  $I_o = 165 J/cm^2$   
V= 40 l ;  $m_d = 172g$  ;  $I_o = 166,6 J/cm^2$   
V= 50 l ;  $m_d = 99g$  ;  $I_o = 175,6 J/cm^2$

Et pour la période 17h30 - 18h GMT on a :

V= 20 l ;  $m_d = 130g$  ;  $I_o = 5,1 J/cm^2$   
V= 40 l ;  $m_d = 219g$  ;  $I_o = 4,2 J/cm^2$   
V= 50 l ;  $m_d = 252g$  ;  $I_o = 4,3 J/cm^2$

L'effet de l'inertie sur la température de l'eau est similaire à celui observé pour la production. On constate que les variations de températures sont amorties de 8h30 à 16h30 GMT et un maintien de température à partir de 16h30 GMT. Ce qui est illustré par la courbe  $t_w = f(\text{temps})$ , représentant la variation de la température de l'eau au cours de la journée, que nous avons tracée (fig. 4 - 2) pour les volumes 20, 40 et 50 litres.

En conclusion, bien que les rendements calculés plus haut soient comparables, il serait plus intéressant de déterminer la lame optimum en comparant directement les productivités spécifiques. Nous pensons que cette expérimentation devrait être faite en utilisant plusieurs distillateurs identiques fonctionnant pendant la même journée, c'est à dire pour un même ensoleillement.

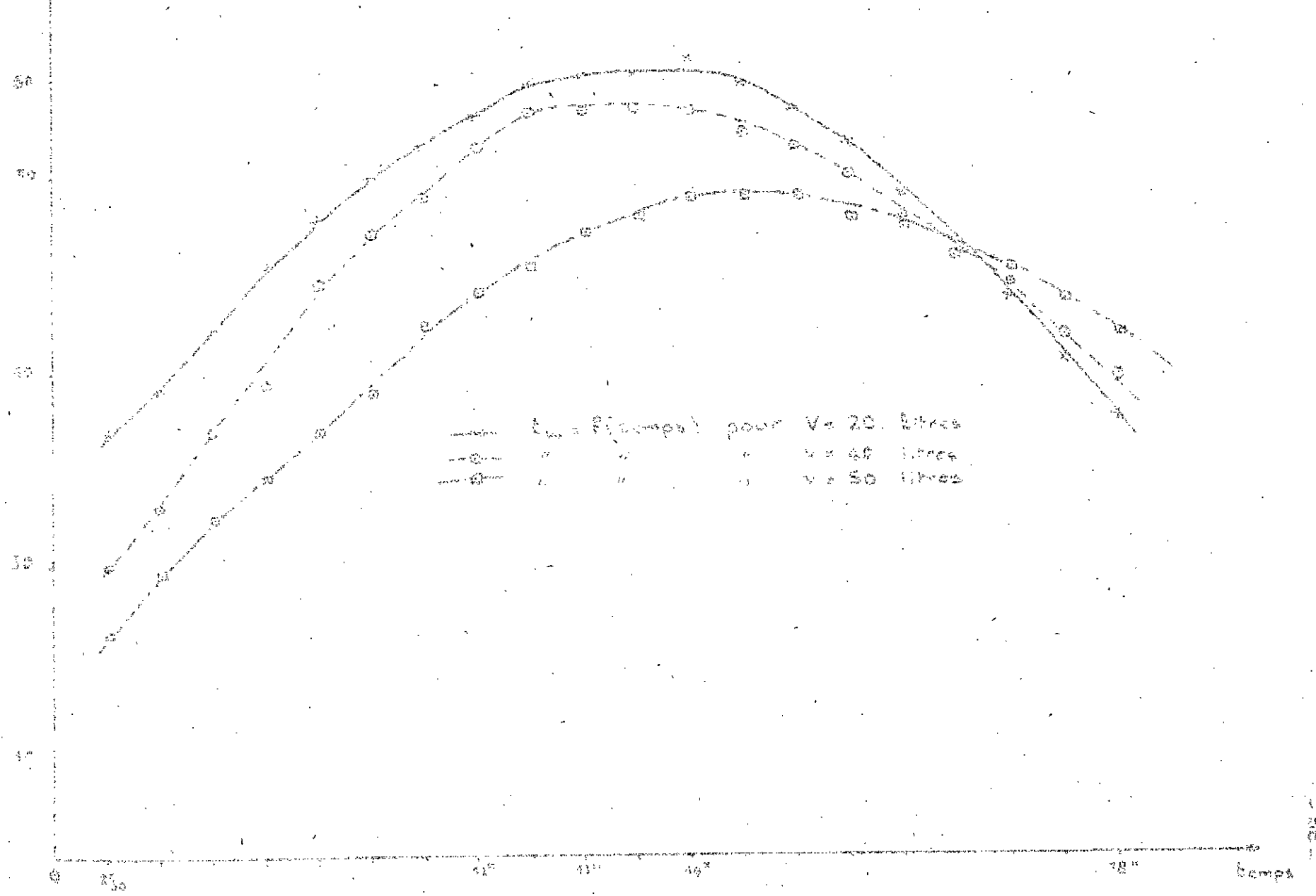
Nous n'avons pu procéder ainsi car nous ne disposons que d'un seul prototype en état de fonctionnement.

Pour la suite de nos expériences, nous adopterons comme épaisseur optimum la lame de 2 cm correspondant à un volume de 20 litres.



$t_w$  (°C)

Fig. 42 Evolution de la température de l'eau durant la journée.



C- Expérimentation du distillateur en fonction de  
l'alimentation.

1- Alimentation en eau chauffée :

A travers toutes les expériences effectuées jusque là, nous remarquons que les quantités d'eau distillée le matin sont faibles. Nous attribuons cette faiblesse à l'inertie thermique de l'appareil et en particulier de la masse d'eau du bassin. Cette inertie a pour effet de retarder la mise en régime du distillateur. En essayant d'atténuer cet effet d'inertie, nous testons le distillateur afin d'observer son comportement durant la journée. Dans cette perspective, nous l'alimentons en eau chauffée au préalable à la température de 44°C. Les résultats sont donnés par la planche 6.6.

a- Calcul du rendement :

Le rendement étant défini dans la théorie comme étant le rapport de la quantité de chaleur utile et de la quantité fournie :

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_f}$$

-  $Q_u$  est la quantité de chaleur emportée par l'eau évaporée

$$Q_u = m_i L$$

$$Q_f = m_a I_a + m_j L_j + m_s L_s$$

où :

$m_a$  est masse d'eau distillée de 6h 30 à 8h 30 GMT.

$L$  est chaleur latente moyenne de vaporisation de l'eau. Nous la calculons en supposant que la température de l'eau pour cette période est égale à 44 °C .

On trouve :

$$m_a = 0,684 \text{ kg.}$$

$$m_s = 0,434 \text{ kg.}$$

$$\sum_i m_i L_i = 0,684 \times 575,92 + 4022,06 + 0,434 \times 575,23$$

$$\sum_i m_i L_i = 4665,65 \text{ Kcal.}$$

$$- Q_f = \sum_i I_i + m_b C_p \Delta T$$

Où :

$$\sum_i I_i = A_p \sum_i I_{oi}$$

$$I_i = 1,40 \times \frac{2894,7}{0,418}$$

$$I_i = 9695,17 \text{ Kcal .}$$

En chauffant, la quantité de chaleur fournit à la masse  $m_b$  d'eau pour élever sa température de 16 °C à 44 °C est :

$$m_b C_p (t_f - t_i) = 20 \times 1 \times (44 - 16)$$

$$m_b C_p (t_f - t_i) = 560 \text{ Kcal.}$$

Finalement la valeur du rendement est

$$\eta = \frac{4665,64}{10255,16}$$

$$\eta = 0,455 .$$

Relativement au résultat trouvé pour la lame optimum ce rendement a augmenté.

b - Etude comparative :

Tout en donnant une justification théorique, nous allons comparer cette expérience à celle ayant défini la lame optimale.

Cependant, cette justification n'est qu'une approche de ce qui se produit réellement, car nous serons amenés à faire quelques approximations.

Les courbes des figures 4-3 et 4-4 représentent respectivement les variations de la production et de la température de l'eau du bassin au cours du temps .

Pour les deux cas d'alimentation, on constate :

- période 8h30 - 11h30 GMT : atténuation de l'effet d'inertie.

- période 11h30 - 18h00 GMT: pour cette période, les variations que l'on observe sont tout à fait naturelles. En effet, la quantité de chaleur contenue dans l'eau pour des intervalles de temps  $dt$  est donnée par la relation :

$$m c_p d\theta = dI - dq$$

où :

$m$  est la masse d'eau restant dans le bassin à l'instant  $dt$

$C_p$  est la capacité calorifique de l'eau à pression constante.  
 $d\theta$  est la variation de température correspond à  $dt$ .  
 $dI$  est le flux de l'énergie solaire reçue par l'eau pendant  $dt$ .  
 $dq$  est la quantité de chaleur emportée par l'eau évaporée.

Appliquons la relation précédente aux deux cas d'alimentation, en supposant que le flux de radiation solaire arrivant à l'eau pendant l'intervalle de temps  $dt$  est le même pour les deux cas et en négligeant la masse d'eau évaporée auparavant et les pertes de chaleur du système "eau".

Il vient :

- cas de l'eau non chauffée :

$$m c_p (d\theta)_1 = dI - dq_1 \quad (a)$$

- cas de l'eau chauffée :

$$m c_p (d\theta)_2 = dI - dq_2 \quad (b)$$

Or, quelque soit  $dt$  appartenant à la période 11h 30 - 18h GMT on a :

$$dq_1 < dq_2$$

on aura donc nécessairement :

$$(d\theta)_1 > (d\theta)_2$$

c'est à dire, si on suppose que la température initiale de l'eau est la même dans les deux cas :

$$\theta_{wf1} > \theta_{wf2}$$

$\theta_{wf1}$ ,  $\theta_{wf2}$  sont les températures finales de l'eau dans les deux cas.

On interprète ceci en disant que lorsque l'eau s'évapore sa température baisse. Donc, plus la quantité d'eau évaporée augmente plus la température de l'eau diminue. On justifie ainsi du même coup les courbes des figures 4-5 et 4-6 représentant respectivement les variations de la production et de la température de l'eau en fonction du flux de radiation solaire.

Fig. 4-3 : Evolution de la production durant 14 jours

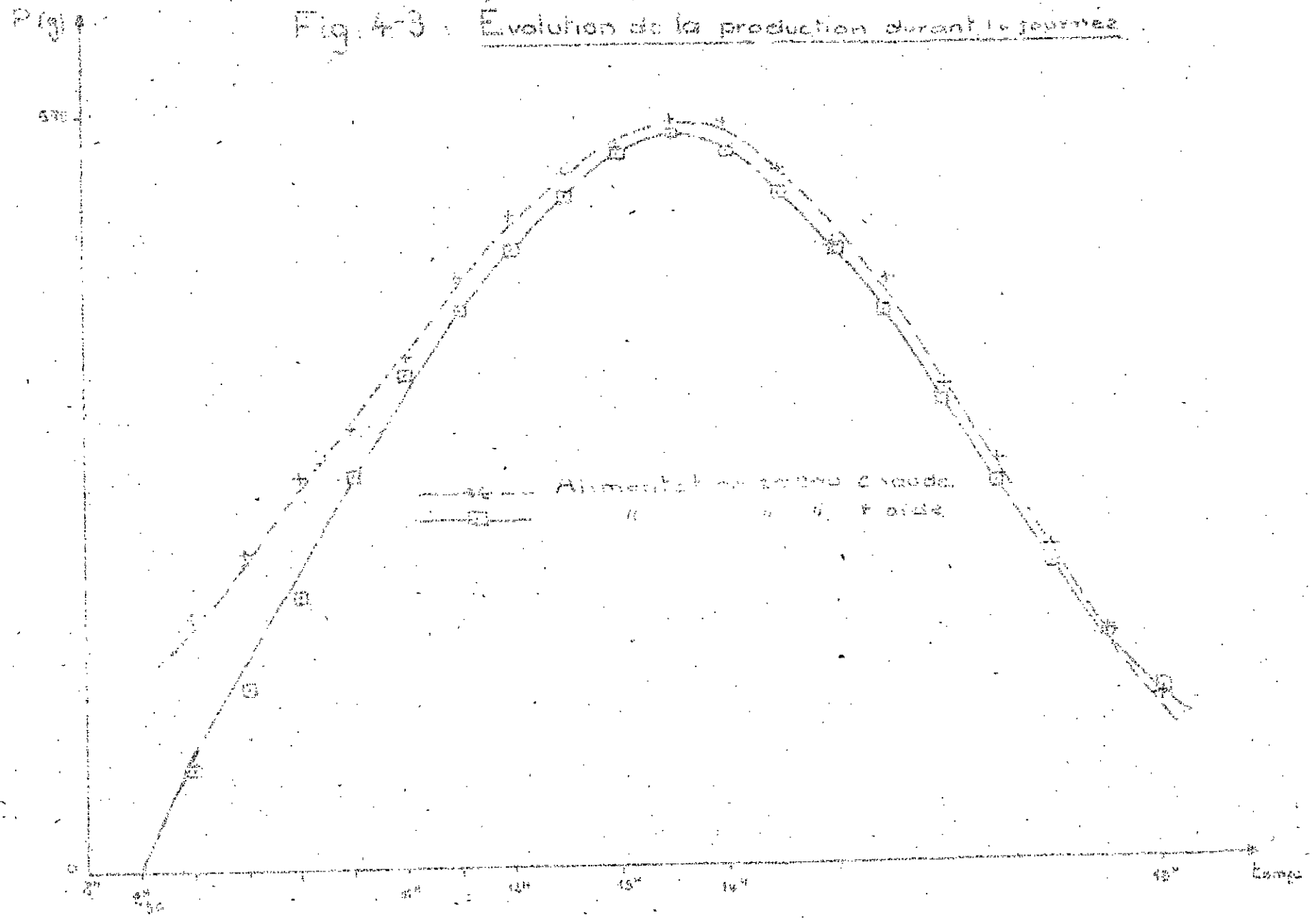


Fig. 44 : Évolution de la température de l'eau

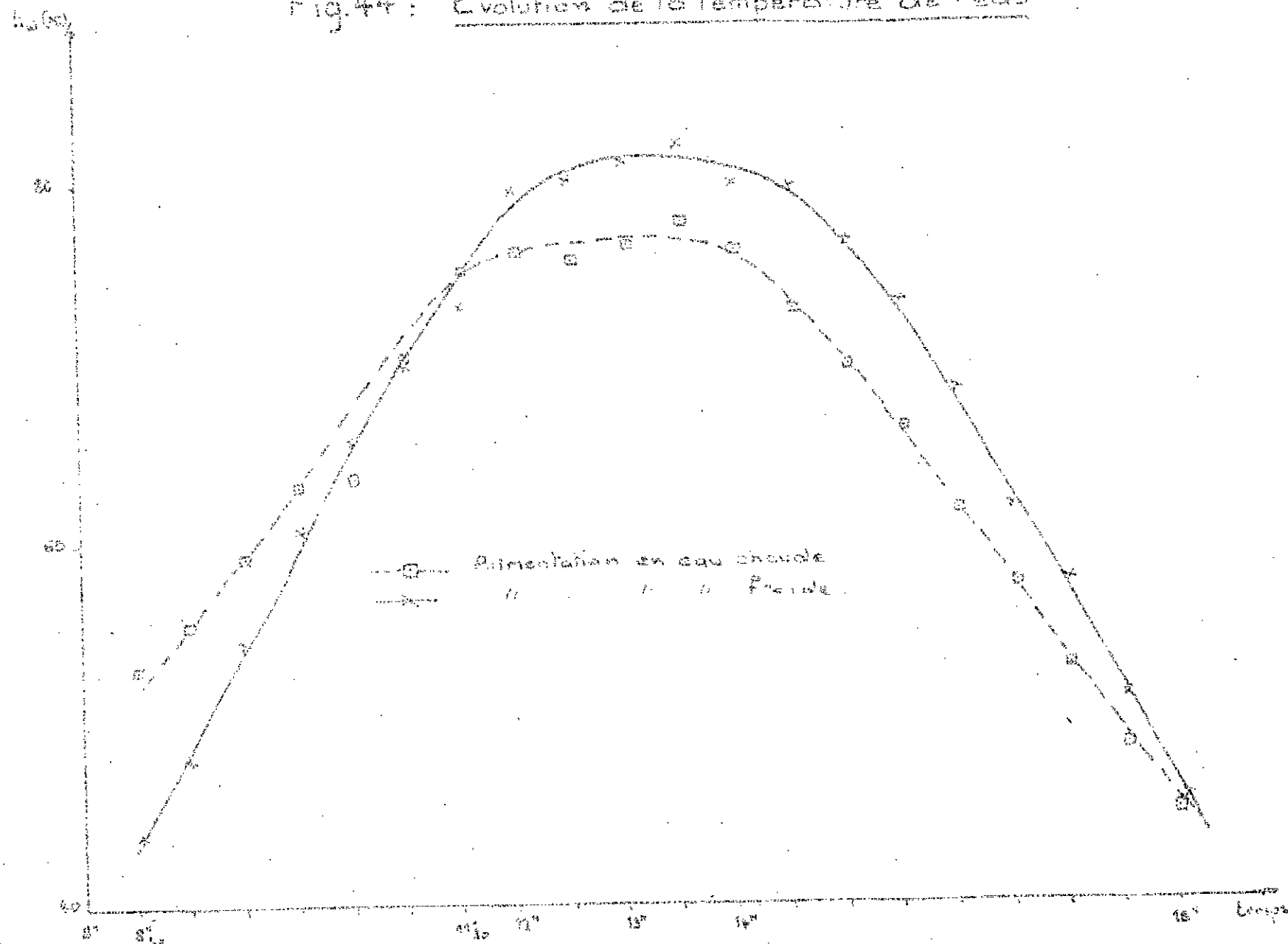


Fig. 4-5 : Évolution de la production avec "l'ensoleillement".

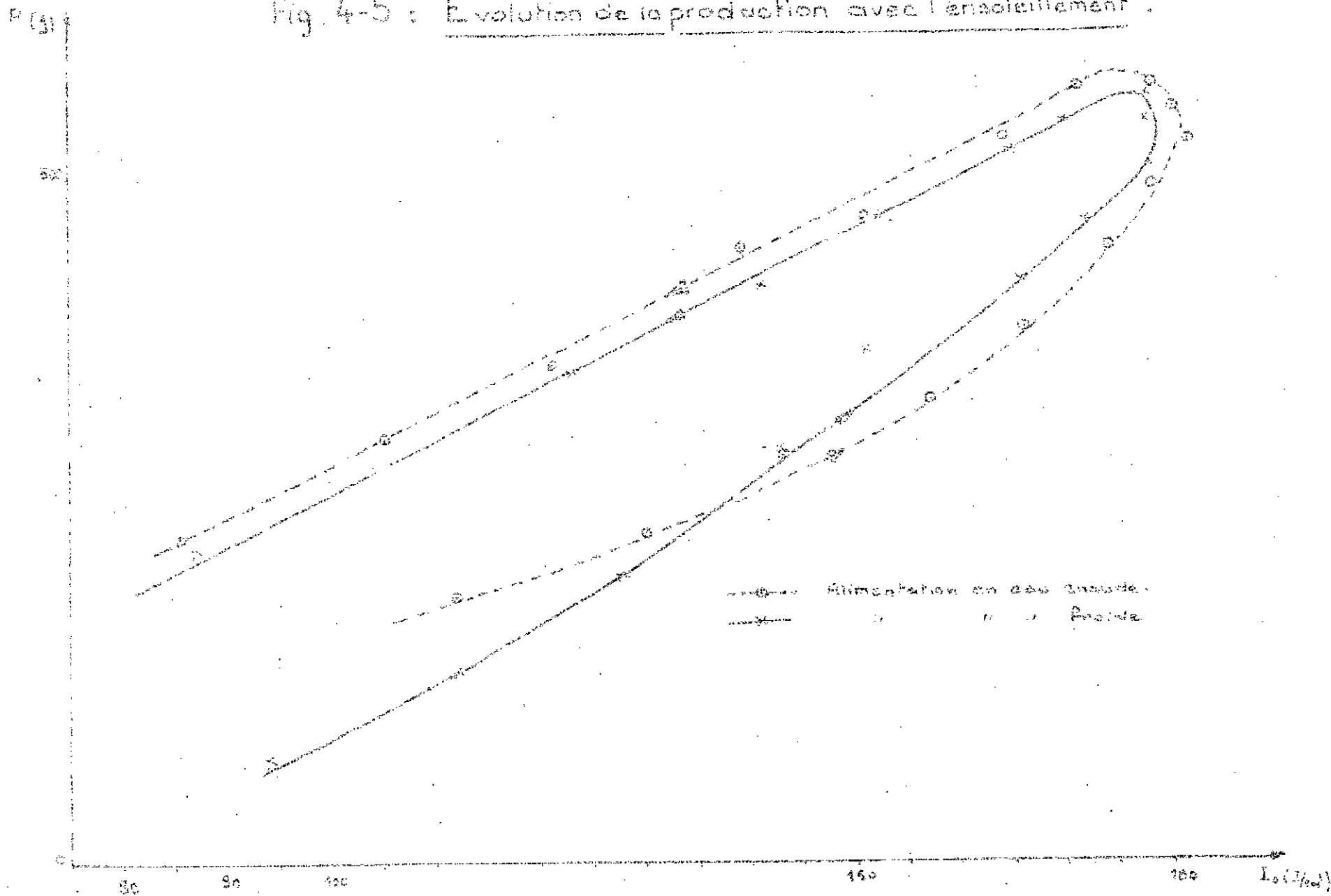
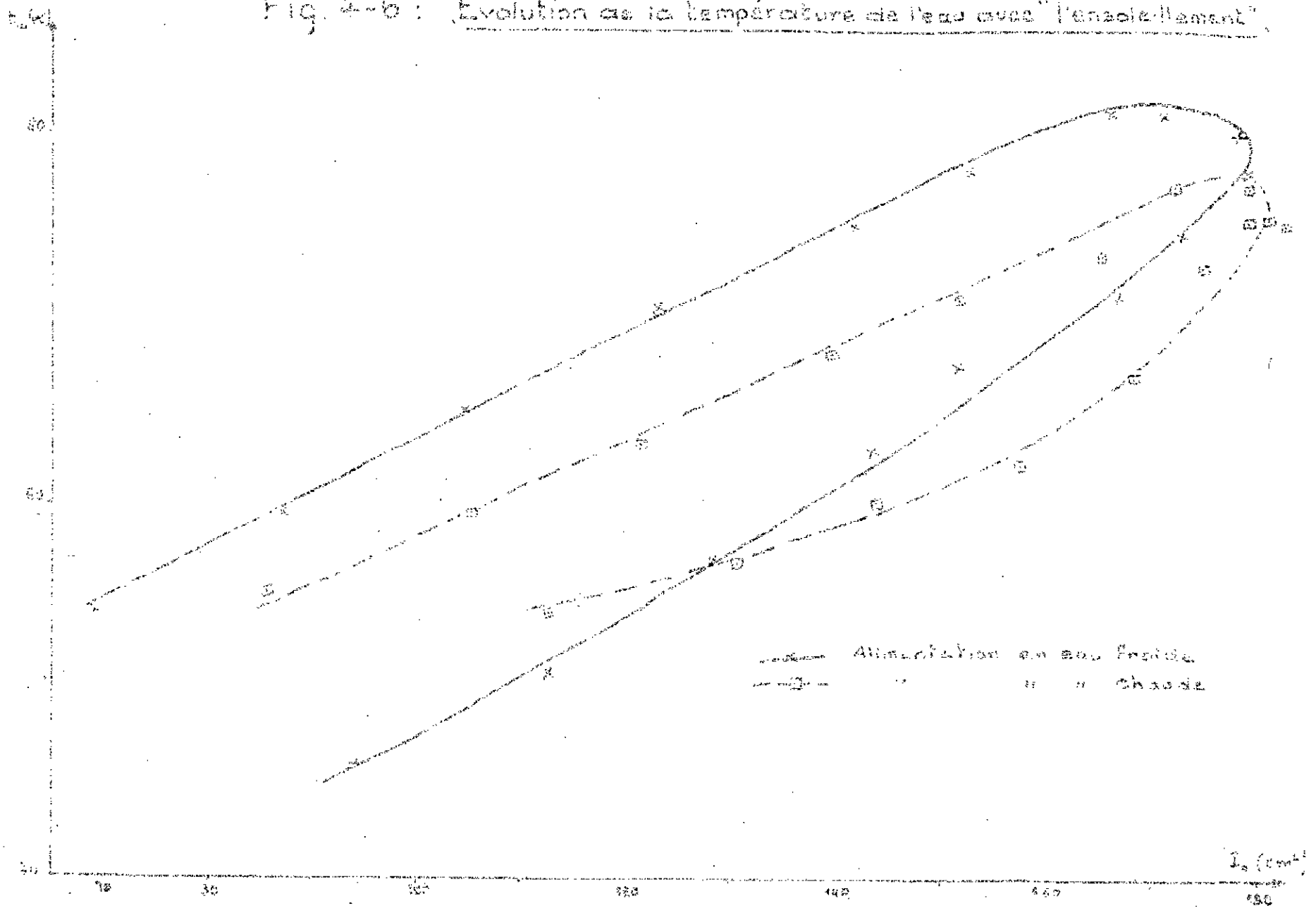


Fig. 4-6 : Évolution de la température de l'eau avec "l'ensoleillement"





C) Commentaire des courbes tracées :

1) figure 4-4 :

Pour les deux types d'alimentation nous constatons trois périodes distinctes :

- la mise en régime s'étalant de 8h30 à 12h GMT
- la période de régime entre 12h et 14h GMT.
- perte de régime (ou période d'après régime) à partir de 14h GMT.

2) figures 4-5 et 4-6 :

Elles montrent respectivement les variations de la production et de la température en fonction du flux de radiation solaire pour chaque mode d'alimentation. Ces courbes représentent de façon plus explicite la première et la deuxième période. Nous constatons que la perte de régime est approximativement linéaire avec des vitesses voisines

$$\left( \frac{\Delta P}{\Delta I} \right)_{\text{eau chaude}} \approx \left( \frac{\Delta P}{\Delta I} \right)_{\text{eau froide}}$$

et

$$\left( \frac{\Delta t_w}{\Delta I} \right)_{\text{eau chaude}} \approx \left( \frac{\Delta t_w}{\Delta I} \right)_{\text{eau froide}}$$

d) Prix du chauffage :

Le chauffage de l'eau le matin avant introduction dans le distillateur a donc eu pour effet d'augmenter le rendement, c'est à dire la production. Nous allons donc évaluer le coût du chauffage correspondant à cette augmentation de production.

Pour cela, définissons tout d'abord un nouveau type de rendement du distillateur qui exprime en fonction de la productivité et de l'intensité de la radiation solaire reçue par l'appareil de distillation. Nous remarquons que ce type de rendement est dimensionné.

L'expression du rendement est :

$$\eta' = \frac{P}{I}$$

$\eta'$  est donnée en l/KW. m<sup>2</sup>. j

Cas de l'alimentation en eau froide :

$$P = 7,130 \text{ l/j.m}^2$$

$$I' = 0,44 \text{ KW}$$

$$\eta' = 16,13 \text{ l/KW.m}^2.\text{j}$$

Cas de l'alimentation en eau chaude le matin :

Rappelons que l'eau a été chauffée à 44°C.

Dans ce cas, le rendement s'écrit :

$$\eta' = \frac{P}{I' + m_c \Delta T}$$

En supposant que  $m_c \Delta T$  est la quantité de chaleur apportée au distillateur pour les 24 heures ou en puissance :

$$m_c \Delta T = \frac{20 \times 1 \times (44 - 16)}{24 \times 3600}$$

$$m_c \Delta T = 0,01 \text{ KW.}$$

$$P = 8,350 \text{ l/m}^2.\text{j}$$

$$I' = 0,47 \text{ KW.}$$

Nous trouvons :

$$\eta' = 16,83 \text{ l/KW.m}^2.\text{j}$$

Le gain de production est donc :

$$(16,83 - 16,13) = 0,70 \text{ l/KW.m}^2.\text{j}$$

Or, pour une journée bien ensoleillée, la puissance reçue par le distillateur est d'environ 0,47 KW.

Il faut donc s'attendre à un gain de :

$$G = 0,70 \times 0,47$$

$$G = 0,330 \text{ l/m}^2.\text{j}$$

Si nous supposons que l'eau est chauffée par une résistance de 1KW de puissance. Le temps qu'il lui faudra pour élever la température de l'eau de 16°C à 44°C est :

$$t = \frac{m_c \Delta T \times 4,18}{P}$$

P = Puissance de la résistance.

m = Masse d'eau.

$\Delta T$  = Variation de la température de l'eau.

Nous trouvons :

$$t = 39 \text{ mn.}$$

Sachant que le prix du KW.h d'électricité est de 0,242 DA/KW.h.

Le coût du chauffage sera donc :

$$C = \frac{39}{60} \times 0,242$$

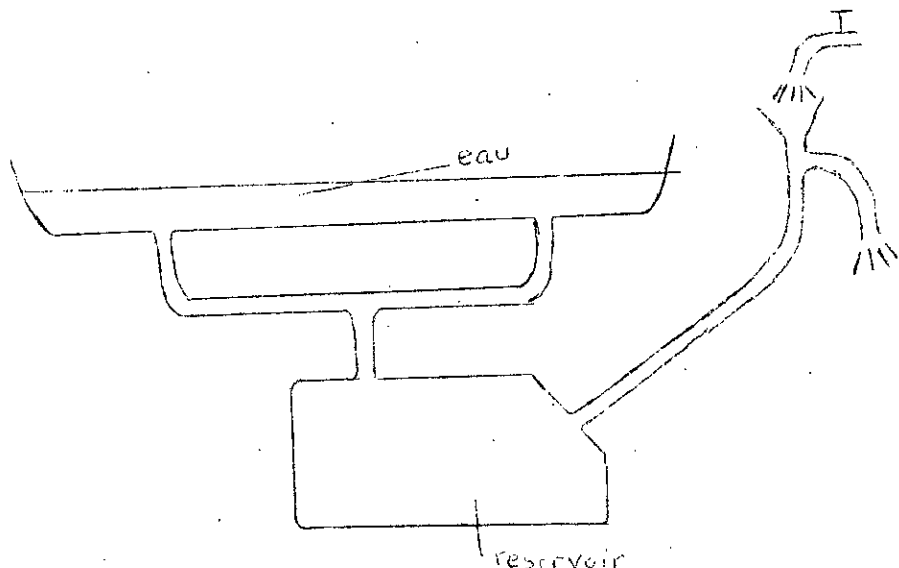
$$C = 0,16 \text{ DA}$$

Donc, une augmentation de production journalière de 330 cm<sup>3</sup> nécessite une dépense de 0,16 DA.

## 2 - Eau de mer :

Dans cette partie, le distillateur est alimenté en eau de mer selon deux modes :

- alimentation en discontinu (utilisée pour toutes les expériences précédentes).
- alimentation en continu (décrite par le schéma ci-dessous).



Ce dernier type d'alimentation est utilisé dans le but d'approcher les conditions de fonctionnement du distillateur sur les chotts. Nous espérons créer ainsi un processus d'échange entre l'eau saturée (d'impuretés) du bassin et l'eau non saturée du réservoir.

a) Comparaison des résultats obtenus :

Nous allons comparer les résultats expérimentaux (donnés par les planches 6-7 et 6-8) en calculant les rendements pour les deux cas. Ceci nous permettra par la suite de conclure sur l'efficacité de l'alimentation en continu.

Nous trouvons dans le cas de l'alimentation :

- en discontinu :  $\eta'_d = 15,06 \text{ l/KW.m}^2.\text{jour.}$

- en continu :  $\eta'_c = 12,92 \text{ l/KW.m}^2.\text{jour.}$

Nous constatons donc une baisse de rendement de  $2,14 \text{ l/KW.m}^2.\text{j.}$  Si l'on suppose que la surface insolaée ( $A_p$ ) du distillateur reçoit une énergie égale à  $2900 \times A_p \cdot \frac{\text{Joules}}{\text{cm}^2.\text{jour}}$ ,

soit une puissance de  $0,47 \text{ KW.}$

Alors la perte de production ( $p$ ) s'élève à :

$$p = 2,14 \times 0,47$$

$$p = 1,01 \text{ l/m}^2.\text{jour.}$$

b) Courbes :

Les courbes tracées fig 4-7, 4-8 et 4-9 représentent la variation :

- de la température de l'eau en fonction du temps ( $t_w = t_w$  (temps) )

- de la production et de la température de l'eau en fonction du flux de radiation solaire incidente ( $P=P(I_0)$  et  $t_w=t_w(I_0)$  ).

Ces courbes ont même allure que celle de la partie précédente.

Conclusion :

Les expériences étant effectuées à des journées différentes, il serait hasardeux de tirer des conclusions à partir de la comparaison des courbes entre-elles.

En effet, les conditions extérieures (température ambiante, vitesse du vent, ...) variant d'un jour à l'autre, le distillateur ne réagit pas de la même manière .

Fig. 4-7 · Évolution de la température de l'eau avec "l'ensaissement".

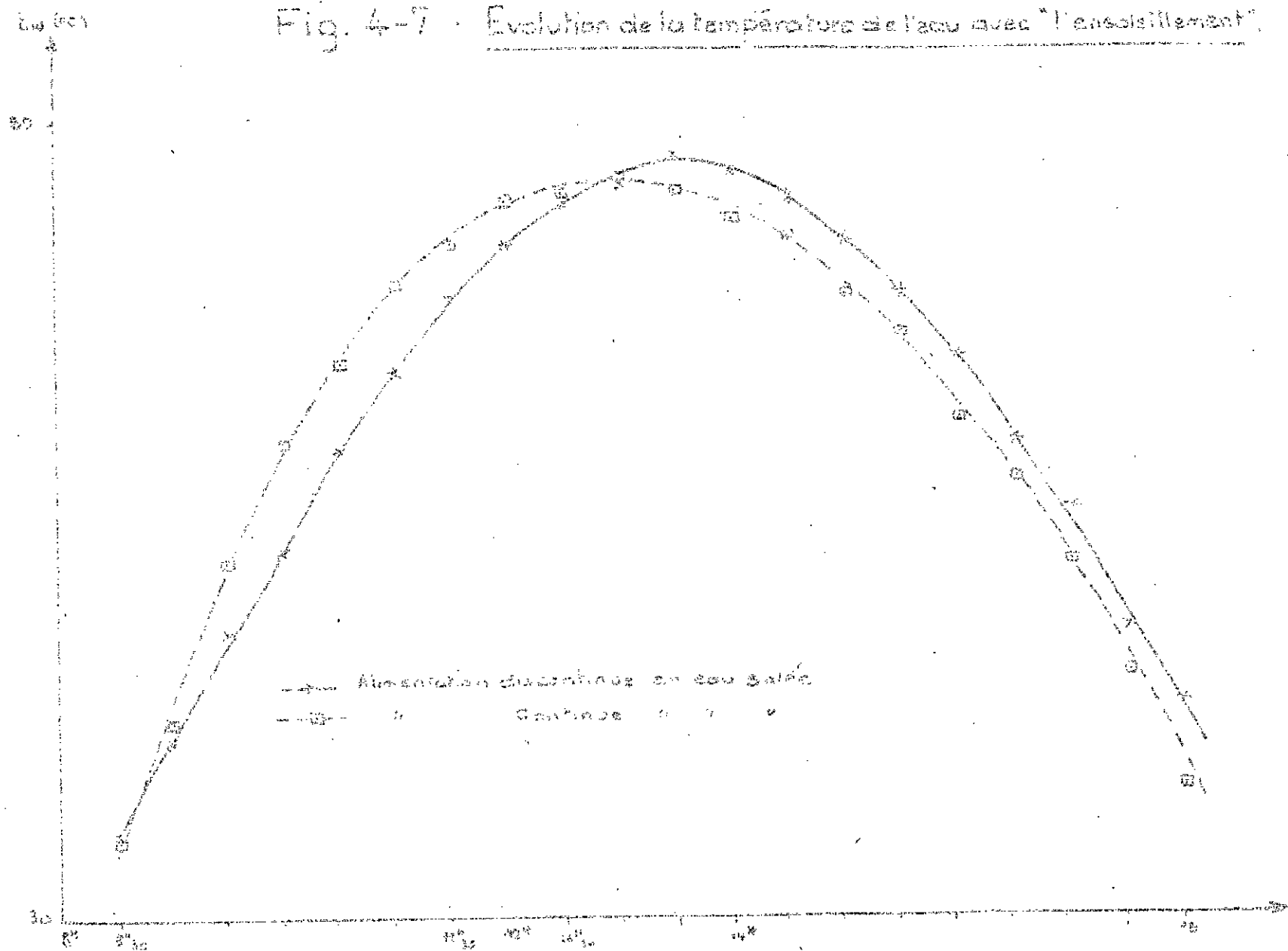
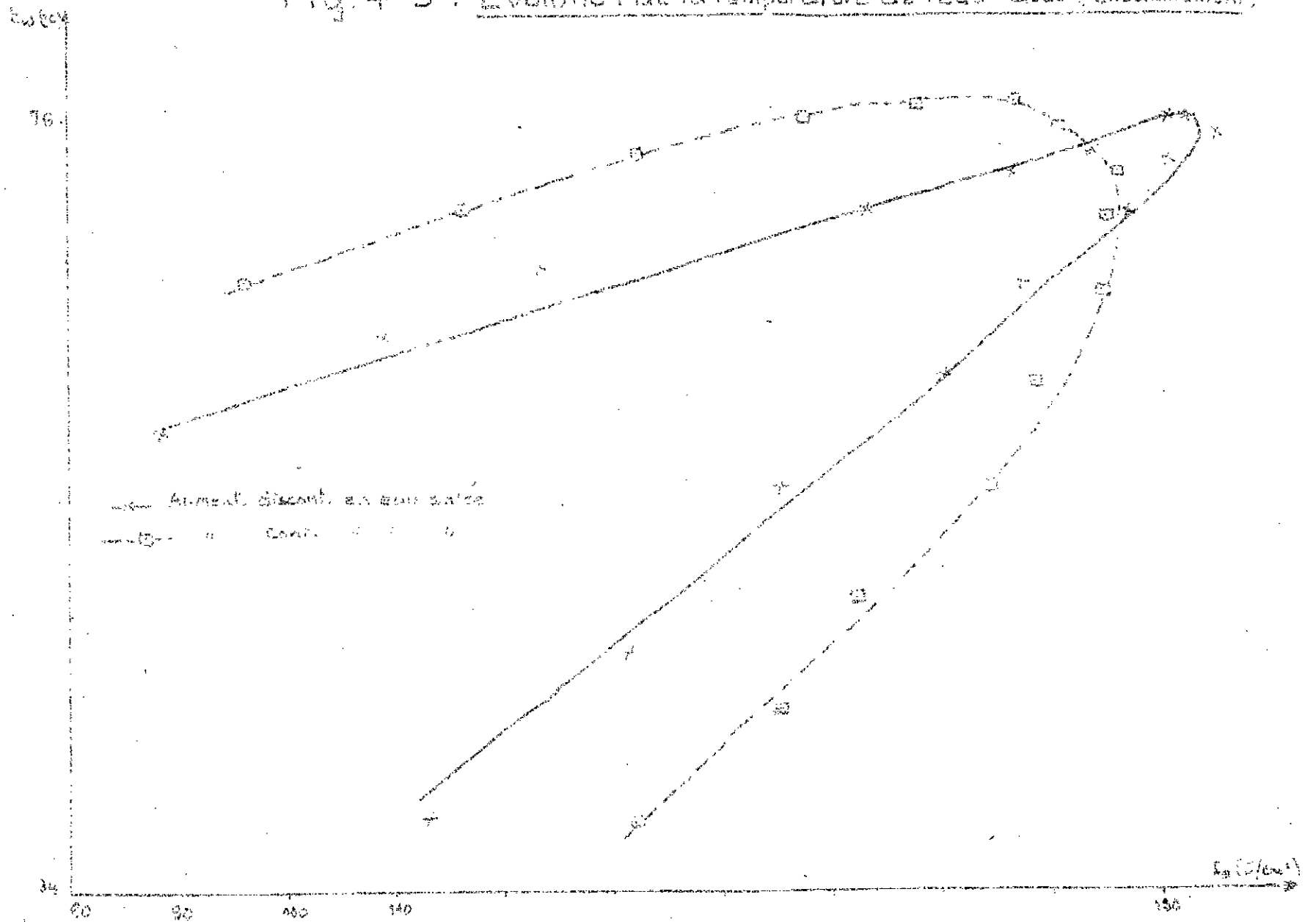




Fig. 4-9 : Évolution de la température de l'eau avec l'insolation





//  
// HAPITRE V  
=====

//  
// ALCUL DU

// )  
// ) ILAN

## V - Calcul de bilans.

Dans le chapitre IV, nous avons constaté, lors de l'interprétation de la courbe décrivant la variation de la température du bassin en fonction du temps, que le fonctionnement du distillateur passe par trois stades durant la journée:

- une période de mise en régime pendant la matinée.
- une période de régime entre 12h et 14h GMT.
- une période de perte de régime à partir de 14hGMT.

Ces trois périodes sont justifiées car les conditions extérieures (température ambiante, vent,...) et les apports d'énergie à l'unité de distillation varient au cours du temps.

Dans le chapitre II, nous avons établi la relation (équation (6) ) de transfert d'énergie de l'unité de distillation. Cette équation ne peut être écrite, a priori, que pour la période de stabilité relative (ou d'équilibre) du système thermodynamique avec le milieu extérieur.

$$I = I_r + I_a + q_e + q_c + q_r + Q_m + Q_b + Q_j$$

Toutes les quantités de chaleur intervenant dans cette équation seront calculées pour des périodes de trente minutes et exprimées en Kcal.

## 1- Analyse des résultats.

Pour établir ce bilan, nous utilisons les résultats des mesures obtenues lors de l'expérimentation du distillateur alimenté en discontinu à l'aide de l'eau de mer (planche 6-7).

A travers toutes les expérimentations effectuées jusque là, nous constatons que les différents paramètres agissant sur le distillateur se stabilisent entre 12h et 14h GMT.

L'étude des variations de ces paramètres durant la journée devient donc nécessaire pour mettre en évidence la période de stabilité et donner un aperçu sur le comportement du distillateur.

Evolution des températures internes du distillateur  
durant la journée

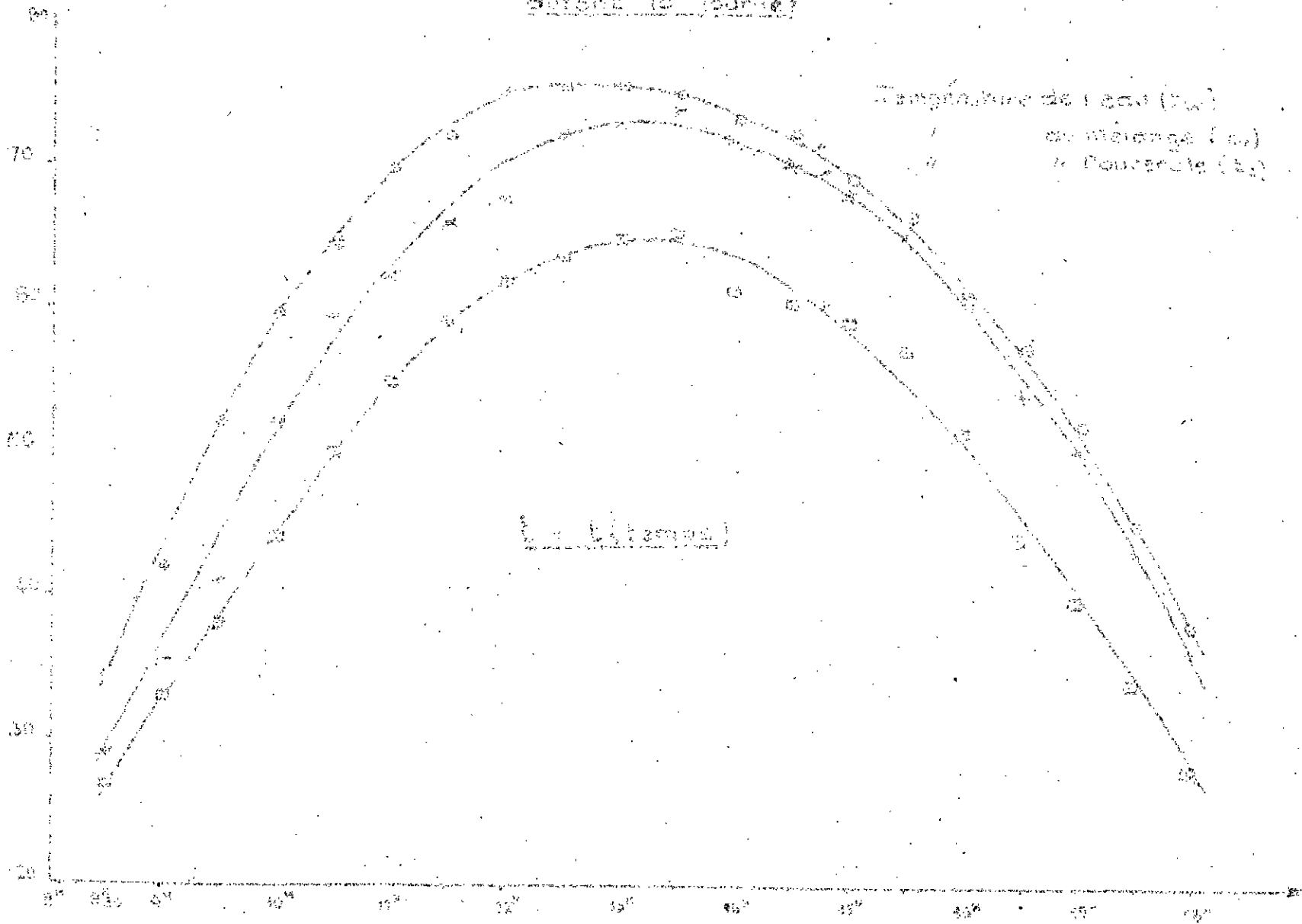
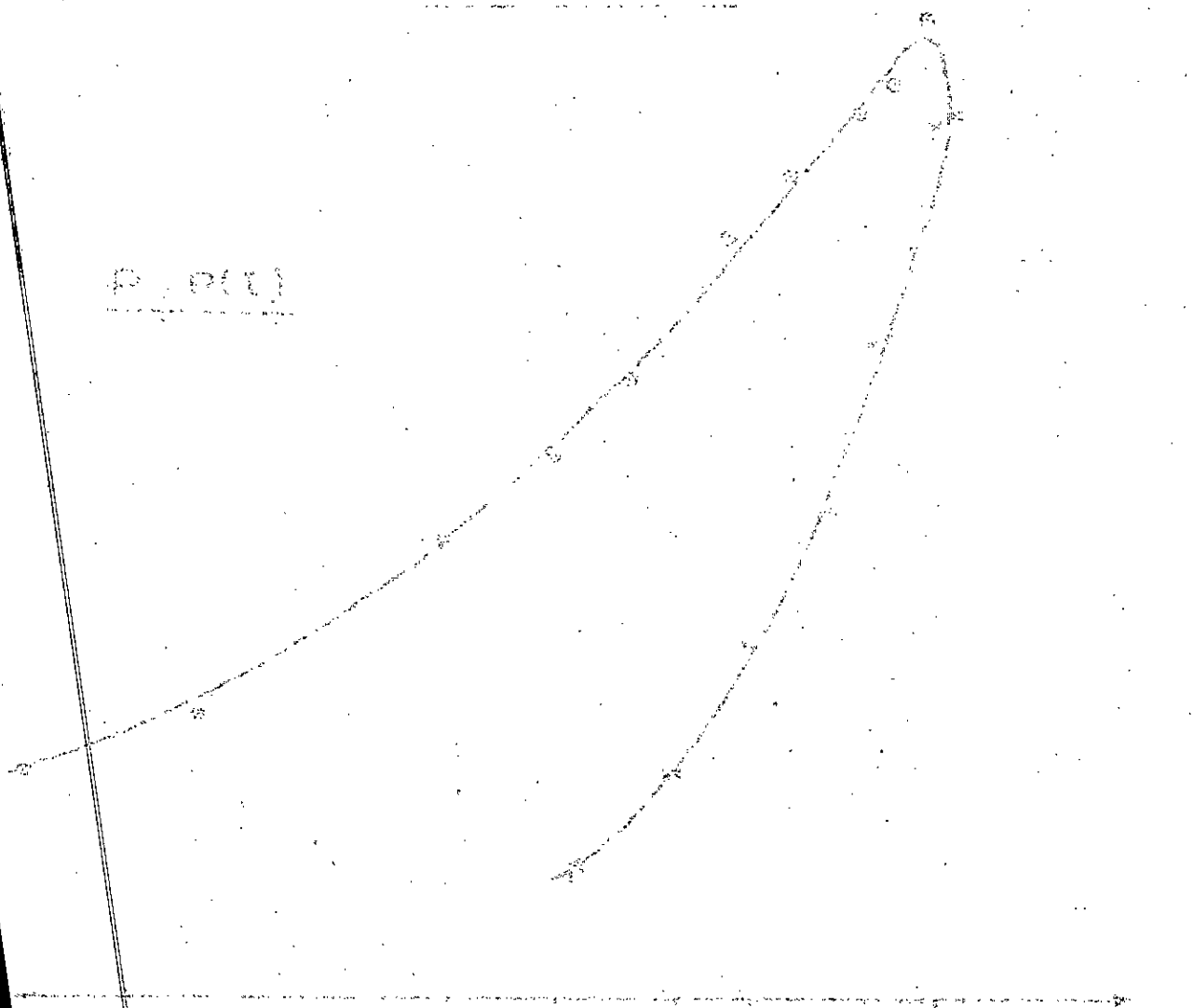




Fig. 3-2: La relation de la production en fonction  
de l'investissement

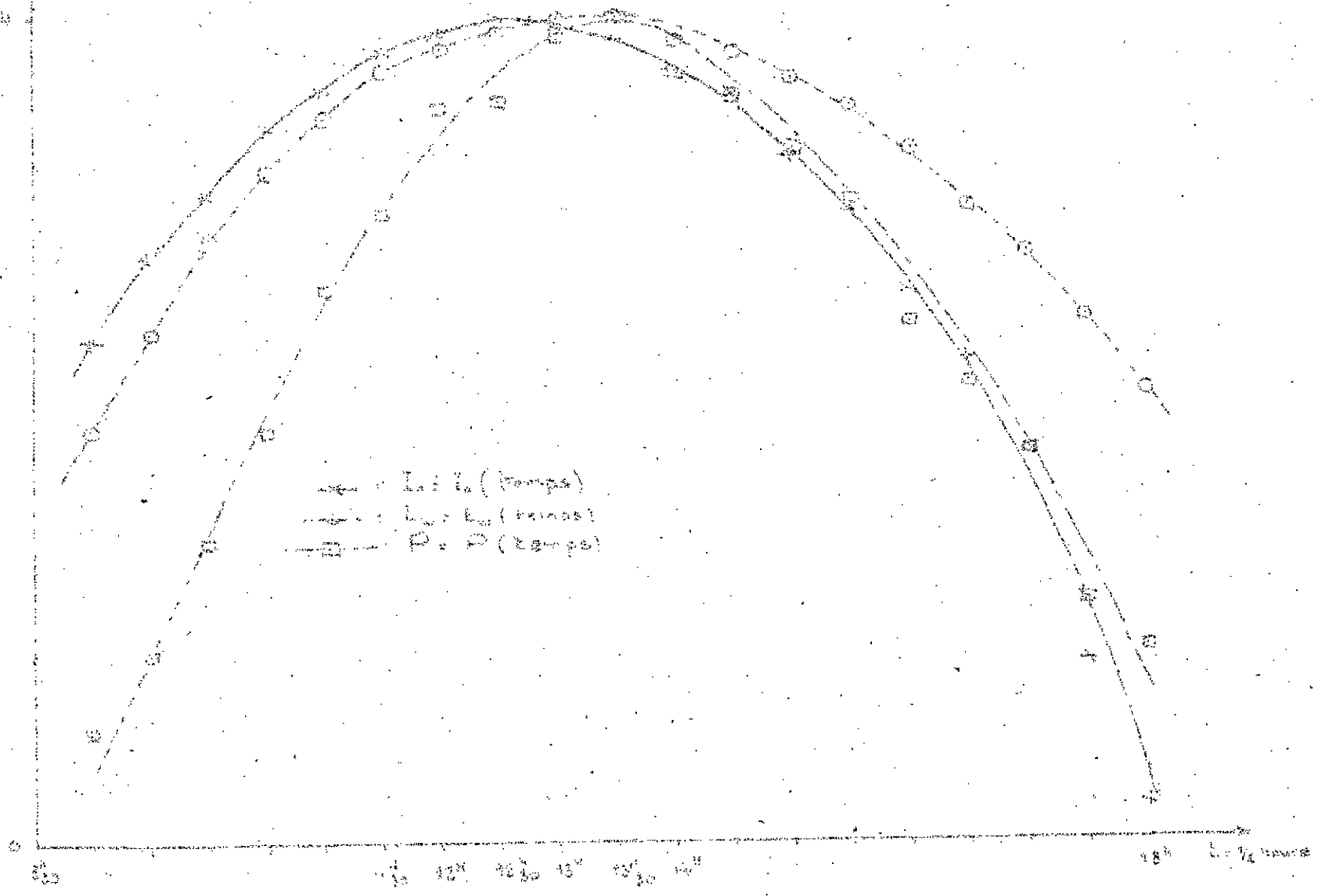


P (RU)

I (C/m²)

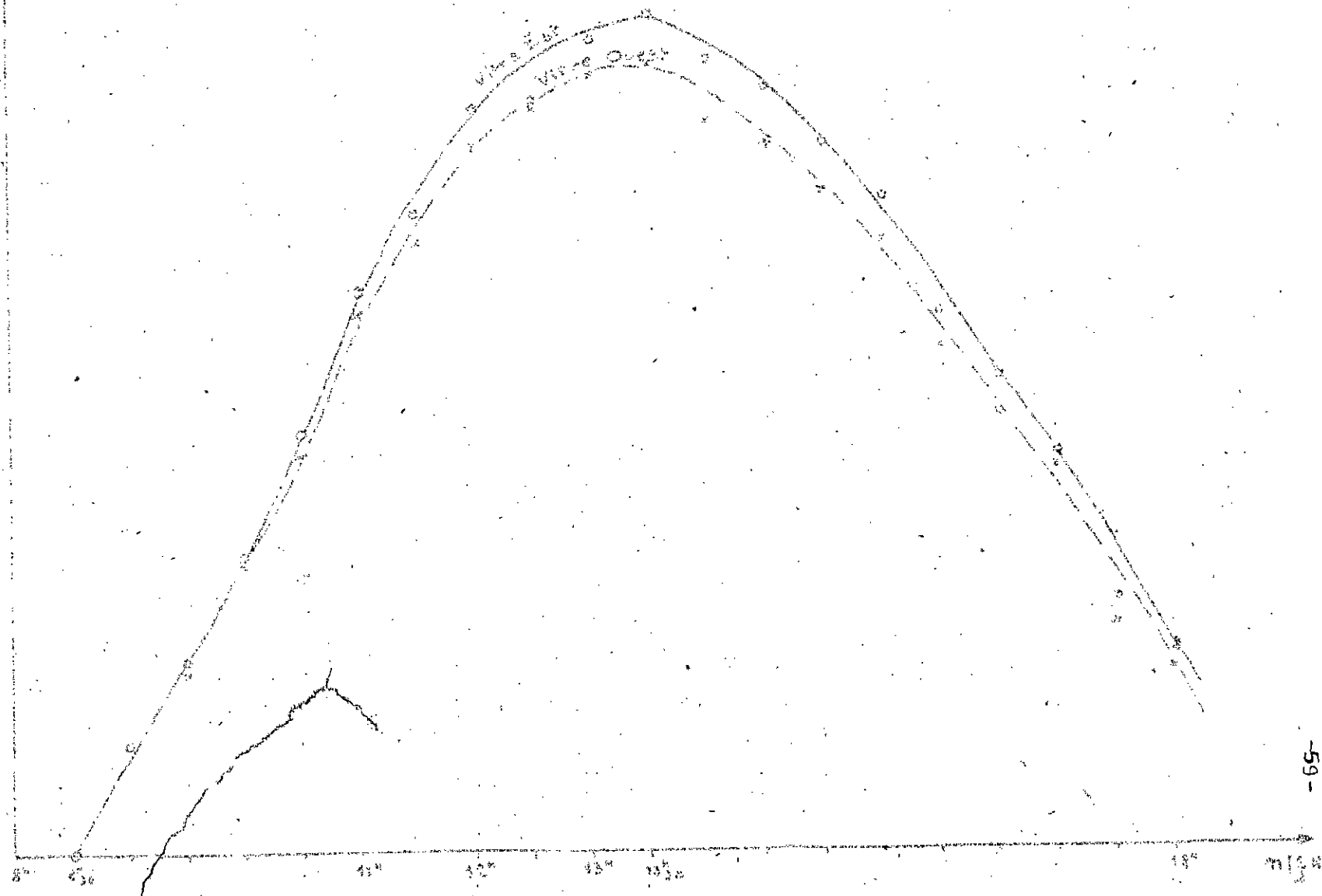
Fig. 5 - Evolutions de la production, l'ensemencement  
 la température de l'eau durant la journée

44110



Pl. 31

Fig. 5-5 : Évolution de la production des vitres  
durant la journée



a) Variation des températures en fonction du temps.

L'évolution des températures de l'eau du bassin, du mélange (air-vapeur d'eau) et du couvercle (température intérieure) est décrite par les courbes de la fig 5-1. A l'examen de ces courbes, on relève qu'à tout instant la température de l'eau est supérieure à celle du mélange qui est elle-même plus grande que la température de la surface interne du couvercle.

Mise à part la période 12h - 14h GMT, on remarque que les températures de l'eau et du mélange évoluent plus rapidement que la température du couvercle car ce dernier est sous l'influence directe des conditions extérieures. Pendant et après la période de régime, la différence de température entre l'eau et le mélange devient faible. Ceci est dû au mouvement convectif interne et à l'inertie de l'appareil.

b) Variation de la production en fonction de la température de l'eau (fig 5-2).

La production augmente avec la température (fig 5-2). On observe que pour une même température, la quantité d'eau distillée produite l'après midi est supérieure à celle obtenue le matin. En effet, le nombre de calories stockées par le distillateur est plus important l'après-midi.

c) Variation de la production en fonction de l'ensoleillement (fig 5-3).

La fig 5-3 nous montre la variation de la production en fonction de l'intensité de la radiation solaire incidente reçue par l'unité de distillation.

Comme on voit, la mise en régime se fait à une vitesse

$\frac{\Delta P}{\Delta I}$  qui croît rapidement.

$\Delta I$

On note bien sûr, que la production P du distillateur croît avec l'augmentation du flux d'énergie solaire I.



Aussi, on note que la production maximum n'est pas obtenue pour I maximum. En effet, la productivité spécifique la plus élevée correspond à l'intensité de la radiation solaire reçue par le distillateur une heure après l'ensoleillement maximum.

d) Production, température et ensoleillement en fonction du temps.

Sur la fig 5-4, sont tracées les courbes représentant les variations de la production, de la température de l'eau et du flux d'énergie solaire en fonction du temps. On remarque que les trois courbes ont même allure. Le maximum de l'intensité de la radiation solaire I est relevé à 12h 30. Quant aux maximums de production et de température, ils sont relevés à 13h30, c'est à dire une heure plus tard. Ce qui peut montrer l'importance des facteurs comme la production et la température de l'eau pour le choix de la période de fonctionnement du distillateur à l'état d'équilibre.

e) Productions EST et OUEST en fonction du temps.

La fig 5-5 nous montre la variation de productions des vitres EST et OUEST en fonction du temps.

Il est à noter que la production de la vitre EST est à chaque période supérieure à celle de la vitre OUEST. Cette différence devient encore plus nette aux températures élevées. Ce phénomène est d'ailleurs répété pour toutes les expériences. Une explication possible apparaît ; en effet la vitre OUEST est moins exposée aux rayons solaires le matin que la vitre EST qui elle-même est donc plus chauffée que la vitre OUEST. La vitre EST se met plus rapidement en régime que la vitre OUEST. Dans l'après-midi, c'est le phénomène inverse qui se produit, mais la vitre OUEST met un certain temps pour absorber une partie de l'énergie qui lui est fournie alors que la vitre EST est déjà en régime.

2) Calcul du bilan.

Nous allons, dans une première étape, montrer que l'équation

(6) du chapitre II n'est pas applicable pour n'importe quelle période. Pour cela, nous traiterons deux exemples, en calculant les pertes inexplicées  $Q_i$  dans le cas de l'alimentation discontinue en eau salée. Puis dans une deuxième étape, nous ferons le calcul de bilan pour la période de régime de fonctionnement du distillateur.

2-1 Calcul de  $Q_i$  :

a) intervalle de temps 9h-9h30 :

Pour cette  $\frac{1}{2}$  heure, les résultats obtenus sont:

- $t_w = 47 \text{ }^\circ\text{C}$
- $t_c = 35 \text{ }^\circ\text{C}$
- $t_d = 28 \text{ }^\circ\text{C}$
- $t_b = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
- $t_a = 21,5 \text{ }^\circ\text{C}$

La masse d'eau distillée est :  $m_d = 0,126 \text{ Kg}$

L'intensité de la radiation solaire est :  $I_0 = 314,6 \text{ Kcal/m}^2$ .

- Quantité de chaleur reçue par la surface insolée  $A_p$  du distillateur :

$$I = A_p I_0$$

$$A_p = 1,40 \text{ m}^2$$

$$I = 1,4 \times 314,6$$

$$I = 440,4 \text{ Kcal}$$

- Pertes par absorption et reflexion du verre :

$$p = \bar{I}_a + \bar{I}_r$$

$$p = (r + \alpha_c) A_c I_0$$

Absorptivité du verre à vitre (4mm d'épaisseur):  $\alpha_c = 0,07$

Reflexivité du verre à vitre ( " " ):  $r = 0,08$

$$A_c = 1,42 \text{ m}^2$$

$$p = 0,15 \times 1,42 \times 314,6$$

$$p = 66,1 \text{ Kcal}$$

- Quantités de chaleur perdues par l'eau à l'intérieur du distillateur:

. par évaporation :

$$q_e = m d L$$

$$q_e = m d ( 606,5 - 0,695 t_w )$$

où  $t_w$  représente la température moyenne de l'eau pour la période considérée.

$$q_e = 0,126 ( 606,5 - 0,695 \times 47 )$$

$$q_e = 72,3 \text{ Kcal .}$$

. par convection vers la vitre :

$$q_e = h_{wc} A_w ( t_w - t_c )$$

Le coefficient de convection interne  $h_{wc}$  s'écrit :

$$h_{wc} = ( 0,123 t_w - 3,818 ) ( t_w - t_c )^{1/3}$$

$$A_w = 1,07 \text{ m}^2$$

pour une demi-heure nous avons :

$$q_c = \frac{1,07}{2} ( 0,123 \times 47 - 3,818 ) ( 47 - 35 )^{4/3}$$

$$q_c = 28,8 \text{ Kcal.}$$

. par radiation thermique vers la vitre :

$$q_r = \epsilon \sigma A_w ( T_w^4 - T_c^4 )$$

où  $\sigma = 4,88 \cdot 10^{-8} \text{ Kcal/h.m}^2.\text{K}^4$  est la constante de Stephan Boltzmann. L'émissivité équivalente s'exprime en fonction des émissivités et des surfaces de l'eau et du verre ( voir chapitre II )

$$\epsilon_w = 0,96$$

$$\epsilon_c = 0,94$$

$$\frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{0,96} + \frac{1}{0,94} - 1$$

$$\epsilon = 0,90$$

Donc pour une demi-heure, nous avons :

$$q_r = 0,90 \times \frac{4,88 \cdot 10^{-8}}{2} \times 1,07 ( 320^4 - 308^4 )$$

$$q_r = 34,9 \text{ Kcal}$$

- Quantités de chaleur perdues vers l'atmosphère :

. chaleur emportée par l'eau distillée évacuée :

$$Q_m = m_d C_p ( t_d - t_a )$$

$$Q_m = 0,126 \times 1 \times ( 28 - 21,5 )$$

$$Q_m = 0,8 \text{ Kcal ;}$$

. Chaleur perdue par convection : externe **vers** le bas:

$$Q_b = h'_e A_b (t_b - t_a)$$

Le coefficient d'échange par convection externe est :

$$h'_e = 0,51 \left( \frac{t_b - t_a}{l} \right)^{0,25}$$

$$A_b = 1,40 \text{ m}^2$$

$$l = 1,08 \text{ m (longueur d'échange)}$$

on aboutit à :

$$Q_b = 0,35 (t_b - t_a)^{1,25}$$

$$Q_b = 0,35 (25 - 21,5)^{1,25}$$

$$Q_b = 1,7 \text{ Kcal}$$

- Pertes ~~inexpliquées~~ inexpliquées

Le terme  $Q_i$  est donné par la relation (6)

$$Q_i = I - I_r - I_a - q_e - q_c - q_r - Q_m - Q_b$$

Dans notre cas, nous trouvons :

$$Q_i = 235,8 \text{ Kcal}$$

Cette quantité représente 55% de l'intensité de la radiation solaire arrivant sur l'unité de distillation.

Notons que la quantité de chaleur emportée par l'évaporation de l'eau ne représente quant à elle que 16,4 %.

Ce qui met en évidence le régime transitoire du distillateur.

b) Calcul de  $Q_i$  pour l'intervalle de temps 17h-17h30

Pour cette demi-heure, les résultats obtenus sont :

$$t_w = 48,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_c = 35,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_d = 26,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_b = 23,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_a = 16,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La masse d'eau distillée est :  $m_d = 0,160 \text{ Kg}$

L'intensité de la radiation solaire incidente est :

$$I_0 = 95,6 \text{ Kcal/m}^2$$

En refaisant les mêmes calculs que dans le cas précédent nous trouvons :

$$I = 133,9 \text{ Kcal}$$

$$p = 20,1 \text{ Kcal}$$

$$q_e = 91,6 \text{ Kcal}$$

$$q_c = 35,1 \text{ Kcal}$$

$$q_r = 38,2 \text{ Kcal}$$

$$Q_m = 11,11 \text{ Kcal}$$

$$Q_b = 2,5 \text{ Kcal}$$

$$Q_i = -54,7 \text{ Kcal}$$

On voit donc que les pertes inexplicées  $Q_i$  sont négatives et que la quantité de chaleur  $q_e + q_c + q_r$  perdue par l'eau est supérieure à celle reçue par l'unité de distillation.

$$q_e + q_c + q_r = 164,9 \text{ Kcal} > 133,9 \text{ Kcal}$$

Ce qui s'avère être une abération.

## 2 -2 Calcul du bilan

Les deux exemples précédents confirment que l'équation (6) n'est applicable qu'en période d'équilibre.

Le calcul du bilan portera donc sur cette période d'équilibre qui s'étale de 12 h à 14 h GMT . Les résultats sont donnés sur la planche 5 - 1 .

En sommant les valeurs obtenues pour chaque demi-heure de la période <sup>de</sup> stabilité, il vient :

$$m_d = 2,105 \text{ Kg}$$

$$I = 2407,7 \text{ Kcal}$$

$$I_a + I_r = 361,2 \text{ Kcal}$$

$$q_e = 1160,8 \text{ Kcal}$$

$$q_c = 298,2 \text{ Kcal}$$

$$q_r = 171,9 \text{ Kcal}$$

$$Q_m = 41,1 \text{ Kcal}$$

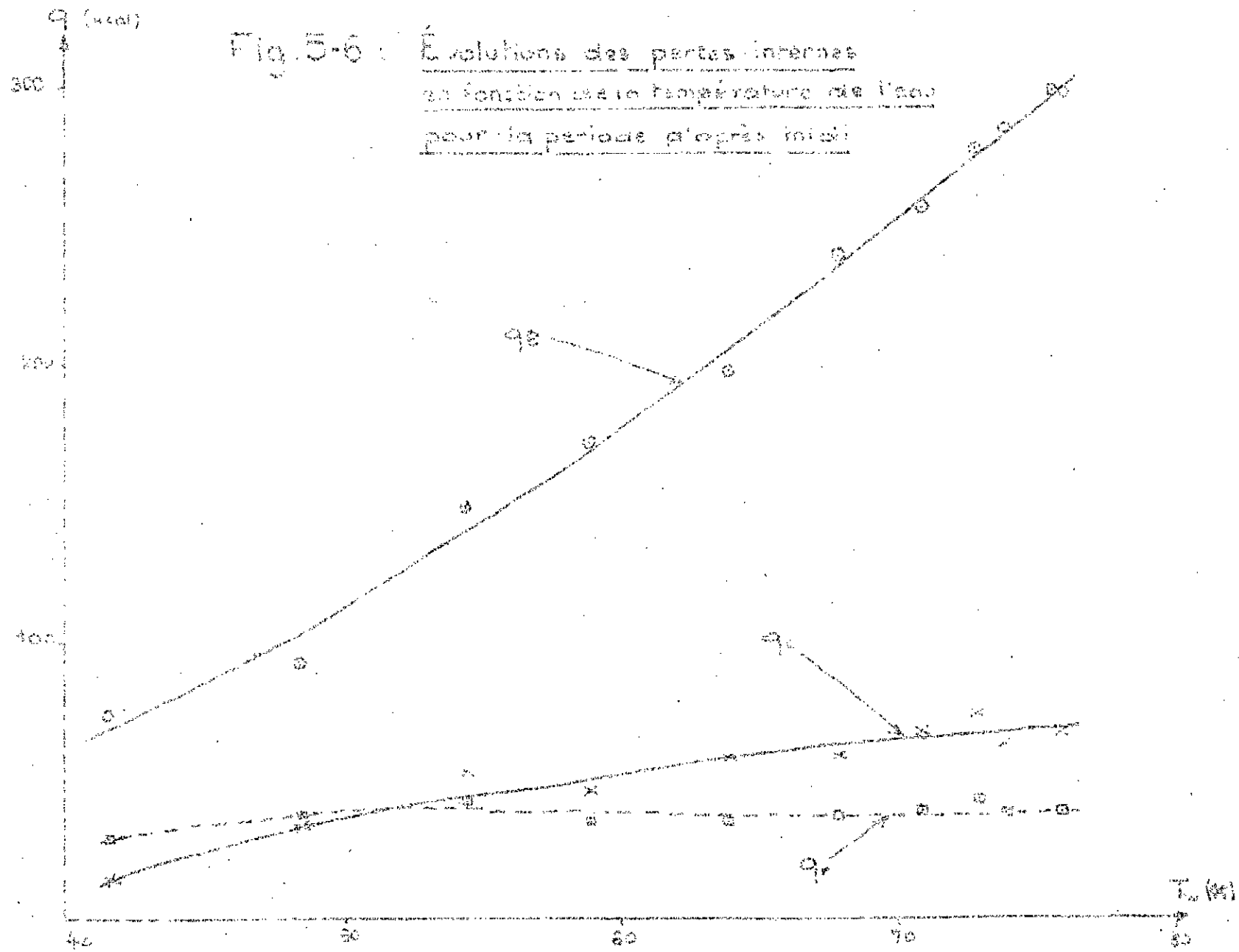
$$Q_b = 11,9 \text{ Kcal}$$

$$Q_i = 362,8 \text{ Kcal}$$

Planche 5-1 : Calcul du Bilan

Horaires	$t_w$ (s)	$t_p$ (s)	$m_j$ (kg)	I (kcal)	$q_e$ (kcal)	$q_c$ (kcal)	$q_r$ (kcal)	$Q_{m, \text{bas}}$ (kcal)	$Q_{b, \text{bas}}$ (kcal)	T (L)
8 <sup>h</sup> -9 <sup>h</sup>	580	300	0,074	318,4	42,9	73	21,8	9,1	0,2	5,8
9 <sup>h</sup> -10 <sup>h</sup>	470	350	0,120	440,4	72,3	28,8	34,9	2,9	1,7	6,1
10 <sup>h</sup> -11 <sup>h</sup>	560	410	0,193	485,6	113,1	60,7	46,3	2,1	2,5	7,2
11 <sup>h</sup> -12 <sup>h</sup>	620	470	0,275	534,8	155,7	73,4	49,5	3,9	2,6	7,2
12 <sup>h</sup> -13 <sup>h</sup>	690	530	0,372	564,6	208,3	72,8	49,4	6,0	2,3	5,7
13 <sup>h</sup> -14 <sup>h</sup>	710	570	0,462	583,1	245,1	88,7	50,4	7,4	2,5	6,0
14 <sup>h</sup> -15 <sup>h</sup>	735	605	0,492	603,5	292,3	102,6	48,0	8,9	2,2	6,0
15 <sup>h</sup> -16 <sup>h</sup>	750	625	0,456	617,6	214,9	81,0	45,3	5,8	2,9	6,6
16 <sup>h</sup> -17 <sup>h</sup>	760	610	0,521	602,3	255,5	81,3	45,3	4,1	3,1	6,5
17 <sup>h</sup> -18 <sup>h</sup>	750	635	0,531	604,8	293,5	82,0	49,1	4,0	2,9	6,3
18 <sup>h</sup> -19 <sup>h</sup>	740	645	0,517	618,4	266,9	61,9	39,6	3,2	3,0	6,3
19 <sup>h</sup> -20 <sup>h</sup>	730	610	0,502	551,9	277,8	73,8	44,3	2,0	3,6	6,2
20 <sup>h</sup> -21 <sup>h</sup>	710	595	0,456	513,4	258,5	66,3	41,0	2,0	3,6	7,0
21 <sup>h</sup> -22 <sup>h</sup>	680	570	0,430	471,9	240,5	59,5	39,1	6,0	3,3	7,0
22 <sup>h</sup> -23 <sup>h</sup>	640	535	0,352	412,6	197,3	53,4	36,0	4,4	3,1	6,9
23 <sup>h</sup> -24 <sup>h</sup>	590	480	0,308	360,7	174,2	48,0	35,9	3,2	3,8	5,1
24 <sup>h</sup> -1 <sup>h</sup>	545	400	0,265	296,4	150,7	54,5	44,8	2,7	4,7	4,5
1 <sup>h</sup> -2 <sup>h</sup>	485	355	0,180	133,5	91,5	35,1	38,2	1,1	2,5	2,1
2 <sup>h</sup> -3 <sup>h</sup>	415	310	0,129	30,1	29,2	15,8	29,2	0,9	2,0	1,5

Fig. 5-6 : Évolutions des pertes internes en fonction de la température de l'air pour la période d'égrès initial



Soit en pourcentage :

Evaporation	48,2%	48,2%
Radiation interne vers le couvercle de verre		7,4%
Convection interne vers le couvercle de verre		12,4%
Absorption et réflexion vers le couvercle de verre		15%
Chaleur emportée par le distillat		1,7%
Pertes par convection externe vers le bas		0,5%
Pertes inexpliquées		14,8%
Radiation solaire incidente		100%

Le pourcentage de pertes inexpliquées s'élève à 14,8%. Dans la littérature, nous trouvons généralement que ces pertes sont de l'ordre de 12 à 20%.

Vue la conception du distillateur, les seuls facteurs sur lesquels nous pouvons agir pour optimiser le rendement sont :

- la nature et l'épaisseur de l'isolant.
- la nature et l'épaisseur des vitres.
- l'étanchéité au niveau du couvercle (caoutchouc, mastic, ...).
- l'entretien.

Cependant un calcul économique complet est nécessaire pour pouvoir conclure sur l'efficacité de cette optimisation du rendement.

Valeur économique du distillateur :

Le prix de revient du distillateur expérimenté est de 500 dinars. Rappelons que si ce type de distillateur est lancé en grande série, le prix baisserait nettement. Pour calculer le prix de revient du litre d'eau distillée produite, nous allons supposer que l'entretien est assuré par de la main d'oeuvre familiale. Or admettra que la durée de vie du distillateur est de 10 ans .



On prévoit la casse de deux vitres par an. Aussi on suppose que le caoutchouc assurant l'étanchéité est renouvelé chaque année et que l'isolation est refaite trois fois ~~et dix~~ <sup>par</sup> ans.

Alors les prix de revient pour une durée de vie du distillateur de 10 ans sont :

- distillateur 500 D.A
- étanchéité (caoutchouc) 45 x 10 D.A
- vitres 100 x 10 D.A
- isolation (laine de verre) 110 x 10 D.A

Le prix de revient total est donc : 3050 D.A

Si on suppose une production d'eau distillée de 2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>an

le prix du litre sera :

$$P_r = \frac{3050}{2 \times 10 \times 1000}$$

$$P_r = 0,15 \text{ D.A/l .}$$

### 3) Conclusions

la figure 5-6 montre les variations de la quantité de chaleur ( $q_e$ ) emportée par l'eau évaporée, des quantités de chaleur échangées par radiation thermique ( $q_r$ ) <sup>et convection</sup> ( $q_c$ ) vers la vitre en fonction de la température de l'eau salée du bassin. Les courbes sont tracées pour la période d'"après régime". Nous pouvons remarquer que pour des températures de l'eau supérieure à 65 °C environ, la quantité de chaleur emportée par l'eau évaporée varie de façon linéaire. Tandis que les quantités de chaleur échangées par radiation et convection internes restent sensiblement constantes. Nous notons donc que les quantités de chaleur d'évaporation élevées (grandes productivités) sont accompagnées par des hautes températures. Nous avons évalué les pertes inexplicables à 14,8 % par rapport à l'intensité de la radiation solaire incidente. Ce pourcentage paraît acceptable dans la

la mesure où plusieurs termes ont été négligés dans l'équation théorique et que  $Q_i$  lui-même comprend des termes difficilement calculables avec les moyens dont on dispose. La littérature donne en générale le pourcentage des pertes inexplicables compris entre 10 et 22 % .

II  
II      CHAPITRE VI  
=====

II)  
II)      RESULTATS EXPERIMENTAUX  
=====

# PLANCHE 6-1

Horaires	$t_{ci}^{Est}$ (°C)	$t_{ce}^{Est}$ (°C)	$P_e$ (ml)	$t_{ci}^{Ouest}$ (°C)	$t_{ce}^{Ouest}$ (°C)	$P_o$ (ml)	$t_v$ (°C)	$t_w$ (°C)	$t_{bac}^{(oc)}$	$t_{bas}^{(oc)}$	$t_a$ (°C)	$t_d$ (°C)
8 <sup>H</sup> 30	34	32,5	0	35,5	33	0	39	37,5	37	24	24	—
9 <sup>H</sup>	37,5	36	22	40,5	38	15	44	42,5	42	24	24	—
9 <sup>H</sup> 30	46	40	84	45,5	43	74	50	55	54,5	26	25	—
10 <sup>H</sup>	53,5	46	116	53	49	110	57	61,5	61,5	29	26	—
10 <sup>H</sup> 30	59,5	52	154	60	54	150	64	66,5	66	30	26	—
11 <sup>H</sup>	64	53,5	208	65,5	59	194	69,5	72,4	70,4	31	26	—
11 <sup>H</sup> 30	66,5	56	244	68,5	63	238	73,5	76,5	74,5	32	27	—
12 <sup>H</sup>	71,4	58,7	234	72	66	230	77	79	77	32	27	—
12 <sup>H</sup> 30	74,3	59	266	74,5	67,5	260	80	81,5	77,5	32,5	28	—
13 <sup>H</sup>	74,3	59	284	75	68,5	272	81,5	82	78,5	33	27,5	—
13 <sup>H</sup> 30	75	61,5	287	72,5	66,5	275	80	83,5	81	31	26	—
14 <sup>H</sup>	72	57,5	265	72,7	63,5	265	80	81	77	31	26	—
14 <sup>H</sup> 30	68	53	242	69,5	63	244	76	77	74,5	31	26	—
15 <sup>H</sup>	63	52	232	64,5	59	232	72,5	73,5	70,7	30,5	26	—
15 <sup>H</sup> 30	59	49,5	194	61	55,5	192	66,5	69	67	30	26	—
16 <sup>H</sup>	53,5	45	162	54	49,5	158	62,5	64,5	61	29	27	—
16 <sup>H</sup> 30	47	40,3	126	48,5	45	124	57	58	54,5	28	26,5	—
17 <sup>H</sup>	44	37	92	43	40	86	51	54	52	28	26,5	—
17 <sup>H</sup> 30	39	33	67	37,5	36	61	43,5	48,5	47,6	27,5	23,5	—
18 <sup>H</sup>	32	28	45	31,5	31,5	42	37,5	42	41,8	26	22	—

Journée du 23-4-77 ; temps : clair ; vent : 0 à 5 km/h.

Volume : 15 litres ;  $\sum_{24^H} I_o = 2780,1 \text{ J/cm}^2$  ; Production pour 24<sup>H</sup> : P = 6,85 litres.

PLANCHE 6-1

Heure	Est T <sub>ce</sub> (°C)	Est P <sub>e</sub> (mm)	Ouest T <sub>ce</sub> (°C)	Ouest P <sub>e</sub> (mm)	P <sub>o</sub> (mm)	T <sub>v</sub> (°C)	T <sub>w</sub> (°C)	T <sub>bac</sub> (°C)	T <sub>bas</sub> (°C)	T <sub>a</sub> (°C)	T <sub>d</sub> (°C)
8h <sup>30</sup>	34	32,5	0	35,5	33	0	37,5	37	24	24	—
9h	37,5	36	22	40,5	38	15	44	42,5	42	24	—
9h <sup>30</sup>	46	40	84	45,5	43	74	50	55	54,5	26	25
10h	53,5	46	116	53	49	110	57	61,5	61,5	29	26
10h <sup>30</sup>	59,5	52	154	60	57	130	64	69,5	69,5	30	26
11h	64	53,5	208	65,5	59	194	69,5	72,4	70,4	31	26
11h <sup>30</sup>	60,5	56	244	68,5	63	238	73,5	76,5	74,5	32	27
12h	71,4	58,7	234	72	66	230	77	79	77	32	27
12h <sup>30</sup>	74,3	59	266	74,5	67,5	260	80	81,5	77,5	32,5	28
13h	74,3	59	284	75	68,5	272	81,5	82	78,5	33	27,5
13h <sup>30</sup>	72	57,5	268	72,5	66,5	275	80	83,5	81	31	26
14h	72	57,5	268	72,5	66,5	265	80	81	77	31	26
14h <sup>30</sup>	68	53	242	69,5	63	244	78	77	75	29	26
15h	63	57	232	64,5	59	232	72,5	73,5	70,5	30,5	26
15h <sup>30</sup>	59	49,5	194	61	55,5	192	68,5	69	67	30	26
16h	53,5	45	162	54	49,5	158	62,5	64,5	62	29	27
16h <sup>30</sup>	47	41,5	126	48,5	45	124	57	58	54,5	28	26,5
17h	44	37	92	43	40	86	51	54	52	28	26,5
17h <sup>30</sup>	39	33	67	37,5	36	61	43,5	48,5	47,5	27,5	23,5
18h	32	28	45	31,5	31,5	42	37,5	42	41,8	26	22

Journée du 23-4-77 ; temps : clair ; vent : 0 à 5 km/h ;  
 Volume : 15 litres ; Z<sub>10</sub> = 2780,1 J/cm<sup>2</sup> ; Production pour 24h : P = 6,85 litres.

PLANCHE 6-2

Horaires	Est (m)	Est (m)	Po (m)	Est (m)	Est (m)	Po (m)	Ev (m)	Lw (m)	Fl (m)	Ls (m)	Lw (m)	Ls (m)
8 <sup>h</sup> 30	38,5	37,5	0	35,5	35,5	0	37,5	44	46	27	28	30
9 <sup>h</sup> 00	41,0	39	41	38,5	38	35	42,5	44	48	28	29	34,5
9 <sup>h</sup> 30	47	44	71	46	42,5	68	49	54,5	54	27	27	30,5
10 <sup>h</sup> 00	52	45	103	51,5	47	100	56	60,5	60	26	26	
10 <sup>h</sup> 30	57,5	45	132	56	52	136	62	65,5	64,5	30,5	25	40
11 <sup>h</sup> 00	61,5	51,5	160	61,5	57	164	67	69,5	66	30	25	44,5
11 <sup>h</sup> 30	67	54	212	66	9	210	69,5	72,5	68,5	30	25	48,4
12 <sup>h</sup> 00	58	55	236	68	1	230	73	74,5	75	31	26	46
12 <sup>h</sup> 30	72	58,5	265	71,5	5,5	244	76	79,5	78,5	32	27	45
13 <sup>h</sup> 00	71	55,5	278	71	4,5	261	76,5	80	78	32	26	48
13 <sup>h</sup> 30	70	60,5	280	73,5	8	277	73	81	79	33	27,5	44,5
14 <sup>h</sup> 00	74,5	62	270	73	22,5	270	72,5	82	81	32	27	47,5
14 <sup>h</sup> 30	77	58	260	70	62,5	250	73,5	78,5	77	31	26	47,5
15 <sup>h</sup> 00	67	53,5	240	67	61,5	230	74	76,5	75	31	26,5	47,5
15 <sup>h</sup> 30	63	52,5	215	62,5	57	205	70,5	73	72	31	26,5	44,5
16 <sup>h</sup> 00	58	47,5	186	59	54,5	192	65,5	68	67	30	24,5	40,5
16 <sup>h</sup> 30	52	42	148	53,5	40	142	61,5	61,5	60,5	30	24,5	33
17 <sup>h</sup> 00	47	38,5	117	46,5	4	110	55,5	57,5	56,5	28	24	36
17 <sup>h</sup> 30	41	38	92	41	3,5	84	47	51	50	27	22,5	36
18 <sup>h</sup> 00	35	28,5	65	35	3	65	40,5	45	45	26	21	25

Journée du 24-4-77 ; Temps Clair ; Vent : S - 2 km/h.

V = 20 litres ; Z<sub>1</sub> = 2727,5 J ; Z<sub>2</sub> = 7130 litres

# PLANCHE S-3

Horaires	$t_{air}^{ext}$ (°C)	$t_{air}^{int}$ (°C)	$P_{air}$ (kg)	$t_{air}^{ext}$ (°C)	$t_{air}^{int}$ (°C)	$P_{air}$ (kg)	$t_{air}^{ext}$ (°C)	$t_{air}^{int}$ (°C)	$t_{air}^{ext}$ (°C)	$t_{air}^{int}$ (°C)	$t_{air}^{ext}$ (°C)	$t_{air}^{int}$ (°C)
8 <sup>h</sup> 30	30,8	30,3	0	30,5	28,3	0	30	34,5	34	25	26	25,5
9 <sup>h</sup> 00	35,8	32	22	36,5	35,3	30	40,5	41	38,5	29	28,5	30,5
9 <sup>h</sup> 30	41	35,3	52	42	40	48	46	47,5	46,3	29	29,5	35,5
10 <sup>h</sup> 00	47,5	41,5	84	47	44	80	51	54	52,5	29	28	37,5
10 <sup>h</sup> 30	50	48	120	50	48	104	56,5	63,3	60	30	29	40
11 <sup>h</sup> 00	59	53	162	55,3	51,5	136	61,8	67,5	65,8	31	29	44
11 <sup>h</sup> 30	62,5	57	184	58,8	55,3	180	66	71	70,5	31,5	25	44
12 <sup>h</sup> 00	64	58	218	61	56	206	68	73,5	72,8	34	28	40,5
12 <sup>h</sup> 30	65,5	63	234	61,5	57,5	224	70	73,5	72,5	34	20,5	42,5
13 <sup>h</sup> 00	65,8	56,5	258	62,3	57	234	68,5	75	74,5	39,5	24	42,5
13 <sup>h</sup> 30	65	57,5	268	62,5	56,5	254	67,5	74	73,5	31,5	25	40,5
14 <sup>h</sup> 00	67	53,5	218	61	56,3	266	65,5	72	71	32	24	38,5
14 <sup>h</sup> 30	68	50,5	240	58,5	52,5	240	63,3	69,3	68,5	31,5	23,5	37
15 <sup>h</sup> 00	54,5	47	210	52,8	50,8	202	60,5	66,5	64	21,8	23	34,8
15 <sup>h</sup> 30	50	42,5	186	48,5	46	182	58,5	62,8	62,3	30,3	23	31,3
16 <sup>h</sup> 00	45	39	182	43,3	40	180	58,8	57,5	57,3	28,3	21	27,5
16 <sup>h</sup> 30	41,3	36	134	39,5	36,5	130	55	53,5	53	26,5	20	26
17 <sup>h</sup> 00	37,5	31	118	38,5	33,5	118	42,3	49	48,3	25	20	24,5
17 <sup>h</sup> 30	34	28,8	90	33,3	30	88	40	45	44,5	22,3	19	22,3
18 <sup>h</sup> 00	29,5	25	70	28	26	65	36	40,5	40	20,3	18,5	20

Journée du 24-4-77 ; temps clair ; vent 0-15 km/h.

$V = 30$  litres ;  $\sum I_{air} = 2658,0$  J/cm<sup>2</sup> ;  $P_{air} = 6,699$  litres

PLANCHE 5-4

Horaires	$t_{ei}$ (°C)	$t_{ee}$ (°C)	$P_2$ (ml)	$t_{ei}$ (°C)	$t_{ee}$ (°C)	$P_2$ (ml)	$t_{ei}$ (°C)	$t_{ee}$ (°C)	$t_{moy}$ (°C)	$t_{ei}$ (°C)	$t_{ee}$ (°C)	$t_{moy}$ (°C)
8 <sup>h</sup> 30	27	27	0	28,5	27,5	0	30,8	30	32,5	19,5	29	24,5
9 <sup>h</sup>	32	29	21	32	30,5	20	34	35,5	38,5	19,5	26	28,3
9 <sup>h</sup> 30	38,3	35	36	37,4	35,4	31	40	44	45,5	23	26	32,3
10 <sup>h</sup>	43,5	38,5	55	41,3	38,5	48	45	51,5	53,5	24,5	26	34,5
10 <sup>h</sup> 30	49,5	40	50	45,5	41	82	50,5	59	60,5	29	26	37
11 <sup>h</sup>	55,5	45	100	49,5	45	96	55,5	64,3	64,5	31	24	39,5
11 <sup>h</sup> 30	58,5	47	146	53,8	48,5	140	60,8	68,3	68,8	33	23	40,5
12 <sup>h</sup>	63	48,5	176	58	52,8	168	64	72,5	73	32	24	42
12 <sup>h</sup> 30	63,3	50,3	200	60,5	54,3	190	68	77	77	32	24	43
13 <sup>h</sup>	67	54,5	226	62,8	56,8	218	68,5	77	76,5	31	24	43,8
13 <sup>h</sup> 30	66	52,8	246	64	59	228	70,5	76,5	75,5	30	23	42,5
14 <sup>h</sup>	65	49	256	63	57,5	244	70	76,5	75,5	30	22	42
14 <sup>h</sup> 30	64	49	273	62	56,5	256	70	74,5	72,5	30	23	40
15 <sup>h</sup>	62	47	291	61	55	240	69,5	75	71,5	33	23	42
15 <sup>h</sup> 30	59	45,5	228	58,5	52,5	226	67	68,8	68,5	31	26	37
16 <sup>h</sup>	56	42,7	214	56	51	205	62	66,2	64,7	31	24	34
16 <sup>h</sup> 30	52	39	180	50,5	46	171	52,3	62,5	61,5	29	23	31,5
17 <sup>h</sup>	48,5	37,5	152	47,5	44	150	53	58,5	57	27	23	30,8
17 <sup>h</sup> 30	41,5	31,5	122	42	39	114	49	53,5	52,5	24,5	21	30
18 <sup>h</sup>	37,5	28	111	36	33,5	108	44,5	48,5	49	23	23,5	19

Journée du 25-4-77 ; Conditions météorologiques favorables

V = 40 litres ;  $\Sigma I_s = 2784,1 \text{ g/cm}^2$  ;  $P_{24h} = 6,516 \text{ litres}$



# PLANCHE 6-5

Horaire	$t_{ci}^{Est}$ (°C)	$t_{ce}^{Est}$ (°C)	$P_e$ (ml)	$t_{ci}^{Ouest}$ (°C)	$t_{ce}^{Ouest}$ (°C)	$P_o$ (ml)	$t_v$ (°C)	$t_w$ (°C)	$t_{base}$ (°C)	$t_b$ (°C)	$t_a$ (°C)	$t_n$ (°C)
8 <sup>h</sup> 30	21,5	20	0	17,8	16,3	0	20	23	22,3	16,3	20,5	14
9 <sup>h</sup>	25,8	25,3	9,6	25,5	22,3	19,5	26,5	29	29	19	19	19,8
9 <sup>h</sup> 30	29,3	26,8	24,5	27	27	23,5	29,3	34,5	34,5	19,5	15	21
10 <sup>h</sup>	33	30,8	30	29,8	29	30	32	39	33	21,5	15	25
10 <sup>h</sup> 30	37,5	33	51	33,8	30,8	48	39	43,5	44,3	21,8	19	27
11 <sup>h</sup>	41,5	37	77	39,3	37	72,5	45,3	48,3	47,5	23	19,5	31
11 <sup>h</sup> 30	45,8	42	103	43,3	39,5	97	50	54,8	57	24,3	15	30,5
12 <sup>h</sup>	48	44,5	130	47	42	120	53,3	58	59,5	25,5	18	33,8
12 <sup>h</sup> 30	52	47,3	148	51	46	138	58,3	61,3	62,3	27	20	35,3
			179	53,5	47,5	168	62	64,5	62,3	28,8	20	36
13 <sup>h</sup> 30	56,8	50,8	175				65	66	66,5	28,5	20	35
14 <sup>h</sup> 30	58,3	50,5	209	57,5	51,5	196	67	63	67,5	28	20	36
14 <sup>h</sup> 30	61,8	50,5	222	60,5	54	204	68	68	68	27	18	34,5
15 <sup>h</sup>	60,5	50,8	220	59,5	53	206	68	68	68	27	19	35
15 <sup>h</sup> 30	59,5	51	210	59,5	53	198	68	66	65,5	26,5	19	35
16 <sup>h</sup>	56	48,5	200	56	50	190	64	65	65	26	18	31,8
16 <sup>h</sup> 30	53	45,5	188	53	47	180	62,5	62,3	62,3	26	18	30
17 <sup>h</sup>	50,5	43	164	50	45	156	60	60,5	60,5	25	18	29
17 <sup>h</sup> 30	45,5	40	150	46	42,5	144	54,5	57	57	23	16,5	29,5
18 <sup>h</sup>	41	37	128	42	40	124	51	53,5	53,5	20	15	26

Journée du 5-5-77 ; temps clair ; Vent : faible .

$V = 50$  litres ;  $\sum_{24^h} I_o = 2908,5$  J/cm<sup>2</sup> ;  $P_{24^h} = 6,624$  litres

# PLANCHE 6-6

Horaires	$t_{ci}^{Est}$ (°C)	$t_{ce}^{Est}$ (°C)	$P_e$ (ml)	$t_{ci}^{Oust}$ (°C)	$t_{ce}^{Oust}$ (°C)	$P_o$ (ml)	$t_v$ (°C)	$t_w$ (°C)	$t_{bac}$ (°C)	$t_b$ (°C)	$t_a$ (°C)	$t_d$ (°C)
8 <sup>h</sup> 30	38	33	0	36	33	0	42	53	59	16	19	27,5
9 <sup>h</sup>	40,5	36,5	91	40	35,5	101	45,5	55,5	63,5	17	20	30,25
9 <sup>h</sup> 30	46	39,5	115	44	39	125	49	59	71,5	20,3	19	32
10 <sup>h</sup>	49	44	146	49,3	43,5	150	53,5	63	73,5	19,5	20	36
10 <sup>h</sup> 30	55	45,5	168	54	48	166	59	63,5	76,5	21,8	21	38
11 <sup>h</sup>	58	52	196	58	51	192	63	70,5	81	24	22	41
11 <sup>h</sup> 30	62	55	230	62,5	53,5	218	67,3	75	80,5	24	22	42,3
12 <sup>h</sup>	66	58	250	65,5	58	242	72,5	76	84	24,5	21	45
12 <sup>h</sup> 30	67	57,5	270	66,5	57,5	254	73	75,5	77,5	25,5	21	46
13 <sup>h</sup>	67	56,8	280	66,5	57	266	74,5	76,5	80,5	25,5	20	45,5
13 <sup>h</sup> 30	65	54,5	290	64,5	57	274	73,5	78	82	25,5	20	45
14 <sup>h</sup>	64	53	300	63	57	262	73	76	80	25	21	44
14 <sup>h</sup> 30	63	51	266	62,5	56	260	73,5	72,5	77	25,5	21	43
15 <sup>h</sup>	60	50	242	60	52	228	70	69,5	74	24,3	20	42
15 <sup>h</sup> 30	57	45,5	226	56	49,5	220	66,5	66	70,5	23,5	20	40,5
16 <sup>h</sup>	52	41,5	186	51	45,5	176	61,8	61,5	61,5	23	19	37,5
16 <sup>h</sup> 30	48	39	158	47	42,5	148	57	57,5	60	23	19	36,5
17 <sup>h</sup>	43	35	122	42	37,5	114	52,5	53	57,5	22,5	18	33,5
17 <sup>h</sup> 30	37	32,5	91	37,5	34	84	46	48,5	52	22,8	18	28
18 <sup>h</sup>	31	25,5	64	31,5	29	61	39,5	45	49,5	19	17	24,3

Journée du 8-5-77 ; Vent : 0-5 km/h ; Temps clair .

V = 20 litres d'eau douce chaude température initiale : 44°C ;  $\sum_{24^h} I_o = 2894,7 \text{ J/cm}^2$

$P_{24^h} = 8,350 \text{ litres.}$

# PLANCHE 6-7

Horaires	$t_{ci}^{Esp}$ (°C)	$t_{ce}^{Esp}$ (°C)	$P_e$ (ml)	$t_{ci}^{Oust}$ (°C)	$t_{ce}^{Oust}$ (°C)	$P_o$ (ml)	$t_v$ (°C)	$t_w$ (°C)	$t_{bac}$ (°C)	$t_b$ (°C)	$t_a$ (°C)	$t_d$ (°C)
8 <sup>h</sup> 30	28	24,5	0	26,5	25	0	29	34,5	37	24	24	22
9 <sup>h</sup>	34	29	37	32,5	29,5	37	35,5	42	44,5	24,5	22	26
9 <sup>h</sup> 30	38	34	65	37,5	33,5	61	41	52	52	25,5	21	29,5
10 <sup>h</sup>	44	39	100	43,5	40,5	99	52	59,5	60	25	20	32,5
10 <sup>h</sup> 30	50	44,5	142	50,5	43,8	134	59	64,5	66	25	20	34,5
11 <sup>h</sup>	55	51,5	198	55,5	47,5	182	62	59,5	73,7	26	20	38
11 <sup>h</sup> 30	59	52,7	216	59,5	52	206	65,8	72	78	25	21	39
12 <sup>h</sup>	61	55	252	62,5	56	240	68,8	75	82	25,8	21	39,5
12 <sup>h</sup> 30	63	57	254	64	56	242	72	75,5	83,5	26	20	41
13 <sup>h</sup>	65	58,5	276	65,5	56,5	265	73	76,5	84	25,5	20	40
13 <sup>h</sup> 30	66	55	284	65,5	57,8	267	74	75	82	24,3	19	38,5
14 <sup>h</sup>	61	53	269	61,5	52,8	248	71,5	73,5	82	25	19	35,1
14 <sup>h</sup> 30	60	51	260	60,5	51,5	240	70	72,5	80	26	19	35
15 <sup>h</sup>	59	48,5	240	58,5	50,5	224	68	69	77	25	19	35
15 <sup>h</sup> 30	56	45,5	222	55,5	48	208	65,5	66,5	74,5	25	19	33
16 <sup>h</sup>	51	42	182	51,5	45	170	60,5	61	69,5	24,5	19	30
16 <sup>h</sup> 30	44	38	160	44,5	39,5	148	54	57	65	26	18	27
17 <sup>h</sup>	39	33	135	40	37	130	50	52	58	25	17	28
17 <sup>h</sup> 30	34	27	84	34	32	76	43	45	50	22	16	25
18 <sup>h</sup>	28	22	66	28	26	63	36	38	42	17	15	20

Journée du 6-5-77

V = 20 litres d'eau salée ;  $\sum I_{4h} = 2916,3 \text{ J/cm}^2$  ;  $P_{24h} = 7,119 \text{ litres}$

EL ANTOUR 1950

Horaires	1 <sup>er</sup>	2 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>	5 <sup>e</sup>	6 <sup>e</sup>	7 <sup>e</sup>	8 <sup>e</sup>	9 <sup>e</sup>	10 <sup>e</sup>
07h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
08h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
09h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
10h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
11h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
12h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
13h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
14h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
15h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
16h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
17h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
18h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
19h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
20h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
21h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
22h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
23h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
24h	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315


Journal du 22-05-51

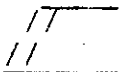
Niveau constant : 2 1/2 2770,3 1/2cm<sup>3</sup> Pneu 5,000 litres

Ensoleillement Global pour chaque  $\frac{1}{2}$  heure ( J/cm<sup>2</sup> )

Journées	23-04-77	24-04-77	25-04-77	26-04-77	5-05-77	6-5-77	22-04-77	8-5-77
8 <sup>h</sup> 30-9 <sup>h</sup>	115,1	127,7	129,8	131,4	145,3	143,0	132,0	119,5
9 <sup>h</sup> -9 <sup>h</sup> 30	130,3	142,6	145,2	146,7	169,5	161,5	144,7	129,5
9 <sup>h</sup> 30-10 <sup>h</sup>	146,5	151,5	156,0	157,9	186,5	175,0	152,0	143,4
10 <sup>h</sup> -10 <sup>h</sup> 30	170,2	165,9	166,6	169,0	175,5	158,7	143,7	159,2
10 <sup>h</sup> 30-11 <sup>h</sup>	167,5	172,0	172,2	170,5	178,4	168,5	158,3	166,1
11 <sup>h</sup> -11 <sup>h</sup> 30	172,3	177,7	178,3	178,3	184,6	179,1	173,5	178,0
11 <sup>h</sup> 30-12 <sup>h</sup>	178,2	177,2	178,9	173,0	182,7	180,3	174,6	179,3
12 <sup>h</sup> -12 <sup>h</sup> 30	178,6	175,7	178,3	185,4	180,4	184,4	175,4	182,1
12 <sup>h</sup> 30-13 <sup>h</sup>	178,2	170,3	172,8	165,7	172,7	182,1	169,3	180,1
13 <sup>h</sup> -13 <sup>h</sup> 30	173,3	164,6	167,2	159,5	167,2	173,7	165,9	177,8
13 <sup>h</sup> 30-14 <sup>h</sup>	164,4	152,0	155,5	144,3	153,0	172,7	157,0	173,1
14 <sup>h</sup> -14 <sup>h</sup> 30	153,9	141,2	145,6	147,8	141,5	165,7	147,3	164,4
14 <sup>h</sup> 30-15 <sup>h</sup>	145,7	122,6	130,1	119,0	123,1	152,3	101,3	151,3
15 <sup>h</sup> -15 <sup>h</sup> 30	128,6	104,5	113,4	83,6	104,5	122,2	116,3	138,8
15 <sup>h</sup> 30-16 <sup>h</sup>	117,8	87,4	95,5	85,2	85,6	107,5	93,9	120,2
16 <sup>h</sup> -16 <sup>h</sup> 30	33,5	69,3	77,0	58,6	35,5	62,8	58,7	105,0
16 <sup>h</sup> 30-17 <sup>h</sup>	74,9	14,0	13,3	30,5	11,7	40,8	49,2	85,8
17 <sup>h</sup> -17 <sup>h</sup> 30	19,7	8,3	7,0	19,2	7,8	9,0	18,7	42,9
17 <sup>h</sup> 30-18 <sup>h</sup>	6,5	5,1	4,2	10,2	4,3	3,0	13,7	11,0
Total (24h)	2780,1	2728,8	2750,1	2658,0	2804,3	2816,3	2770,5	2804,7

Plancher 6-9 : Ensoleillement global des journées  
d'expérimentation

 HAPITRE VII  
=====

 ONCLUSION

## VII-CONCLUSION

Le bilan d'énergie et de matière d'un distillateur est très difficile à approcher d'une façon précise. L'utilisation des formules classiques, qu'on trouve dans la littérature et et que nous avons exposées au début de cet ouvrage, ne permet de le calculer qu'en faisant certaines approximations et à des moments privilégiés de la journée. Ceci est dû, comme nous l'avons montré, au fait que ces formules négligent le facteur temps.

Pour arriver à réaliser un bilan idéal il faut prendre en compte le fait qu'à aucun moment le système n'est à l'équilibre. Cela nécessite de gros moyens : plusieurs distillateurs fonctionnant en parallèle, c'est à dire avec le même ensoleillement mais dans des conditions différentes ; des centrales de mesures permettant de connaître toutes les températures de façon pratiquement instantannée ; des balances enregistreuses pour les bilans de matière ; une aire de travail où les conditions météorologiques sont contrôlées ; un ordinateur pour analyser les résultats.

Ce bilan idéal n'est pourtant pas indispensable ; un bilan plus simple, tel que celui que nous avons calculé, suffit pour apprécier les qualités et les défauts d'un distillateur. Il suffit simplement de prendre la précaution d'effectuer les calculs sur des résultats obtenus entre 12 et 14h GMT, moment où le système est pratiquement à l'équilibre.

Il est évident que si nous avions pu consacrer plus de trois mois à ce travail et surtout si nous avions eu de meilleures conditions météorologiques nous aurions pu avoir un plus grand nombre de mesures.

Nous pouvons quand même retenir les conclusions suivantes : le prototype qui nous a été proposé a un rendement de l'ordre de 43%, ce qui le place parmi les bonnes unités de distillation. L'eau obtenue revient actuellement à 15 dinars les 100 litres ; ce prix à notre avis devrait pouvoir être abaissé. Cet appareil, après quelques petites modifications de détails, semble être intéressant à fabriquer en de nombreux exemplaires.

) IBLIOGRAPHIE  
-----

- ( 1 ) COOPER  
Solar Energy Volume 12 septembre 1968
- ( 2 ) READ AND MORSE  
Solar Energy Volume 15 septembre 1973
- ( 3 ) MAC ADAMS  
Transmission de la chaleur
- ( 4 ) GOMELLA  
Applications thermiques de l'Energie Solaire dans  
le domaine de la recherche et de l'industrie
- ( 5 ) LOF  
Article : Energy balances in Solar distillers
- ( 6 ) DAMERDJI  
D.E.S. présenté à la Faculté des Sciences de  
l'Université d'Alger en 1966



