

CN6180487

PO60

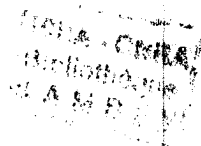
DUK

TMD/NMB

REPUBLIQUE DU SENEGAL
PRIMATURE

1979-70

SECRETARIAT D'ETAT
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE



C.N.R.A. - BAMBEY - S.D.I.	
Date	13/10/79
Numéro	0685.00
Mois Bulletin	010
Destinataire	SR/DOC.

POMPE SOLAIRE
PREMIERS RESULTATS DE CONTROLE DU DEBIT DE POMPAGE

Par

TRAN MINH DUC

Ingénieur de recherches IRAT mis à la disposition de l'ISRA

Avec la collaboration de M. Joseph SENE
Technicien Supérieur ISRA

Octobre 1979

Centre National de Recherches Agronomiques
de BAMBEY

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES
(I.S.R.A.)

Les essais de jaugeage et leur interprétation ont été réalisés avec la participation de :

- M. DANCETTE pour les mesures du rayonnement solaire global
- MM. Ibou DIEYE, MBaye TINE pour les mesures au champ
- MM. SIBAND, Alioune DIOP, B. SALL pour l'ajustement statistique.

I - INTRODUCTION

Une pompe solaire à cellules photovoltaïques, financée par le Fonds Français d'Aide et de Coopération (F.A.C.) a été installée en Avril 1978 à la Ferme Expérimentale des Cultures Irriguées du CNRA BAMBEY. Elle est destinée au remplissage du château d'eau qui alimente un réseau d'irrigation au goutte à goutte. La division d'hydraulique Agricole est chargée de contrôler le bon fonctionnement de cette pompe.

Début 1979, l'aménagement du vidange du château d'eau a permis de réaliser des jaugages réguliers du débit de pompage en cours de la journée et en raison d'un essai par mois.

La comparaison du débit de pompage avec les valeurs du rayonnement solaire reçu donne une idée des possibilités du pompage solaire, du rendement de la pompe et de leurs variations au cours du temps.

II - DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA POMPE

La pompe, commercialisée par les Etablissements GUINARD (FRANCE) se compose des panneaux solaires et d'une électropompe centrifuge

- Caractéristiques des panneaux solaires

Les panneaux solaires constitués par la mise en série et en dérivation d'un certain nombre de cellules photovoltaïques, reçoivent le rayonnement solaire direct et le convertissent en courant électrique continu à tension variable.

La pompe du CNRA est équipée de 7 panneaux comportant chacun 12 modules. Chaque module se compose de 34 cellules de marque R.T.C. (France) en silicium monocristallin, de diamètre 5,6 cm environ. En plein ensoleillement, chaque module pourrait fournir un courant électrique de 0,63 ampère sous une tension de 15 volts soit environ 9,5 watts à 30 °C.

L'ensemble des panneaux formés de 84 modules pourrait donc fournir une puissance en crête de 798 watts et ce, pour une superficie totale en cellules d'environ 7 m² et une superficie totale de panneaux de 14,4 m² environ. Les modules sont garantis 5 ans.

- Caractéristiques de l'électropompe

Comme il s'agit d'un pompage de reprise, une pompe centrifuge à axe horizontal ALTAX type MQ 25 x 25 a été choisie. Elle est actionnée par un moteur LEROY SOMMER à courant continu de type AP71 de puissance 0,63 Kw à 2050 T/mn. Ce moteur fonctionne à tension, vitesse et couple variables. Il est conçu "pour avoir un couple maximum aux faibles intensités, assurant un démarrage de la pompe pour un ensoleillement minimum". Le constructeur lui garantit un fonctionnement de 2 ans sans intervention.

III - DISPOSITIF DE MESURE

Le rayonnement solaire global est mesuré à l'aide d'un thermopile MOLL-GORCZYNSKI placé sur le château d'eau du CNRA, soit à 2 km de la pompe solaire. Son fonctionnement est supervisé par la division de Bioclimatologie. Il est accouplé à un traceur et à un totalisateur qui permettent d'avoir une courbe journalière du rayonnement et des valeurs enregistrées du rayonnement de quart d'heure en quart d'heure. Ces dernières nous intéressent tout particulièrement.

Les mesures du débit de pompage s'effectuent tous les quarts d'heure (qui correspond à ceux du thermopile) à l'aide du compteur de volume placé sur le refoulement de la pompe. Pendant la journée de mesure, le niveau d'eau du bassin (aspiration) est maintenu aussi constant que possible, l'eau est refoulée à gicula bée dans la citerne dont le trop plein est ouvert : l'eau ainsi évacuée rapidement sert à irriguer deux lignes de brise-vent plantées en Eucalyptus et Acacia australien. Ainsi procédé, la marge d'erreur sur la hauteur de pompage est d'environ 10 cm et sur le débit de pompage d'environ 8 %

IV - RESULTATS DE MESURES

- Rayonnement solaire global

En 1979, sur les neuf mois étudiés, Janvier a été le mois le moins ensoleillé ; le rayonnement global reçu y est même plus faible que celui reçu pendant la saison des pluies (moyenne journalière de Janvier 79 de 410 calories/cm² contre 538 calories/cm², 532 cal/cm² et 533 cal/cm² respectivement en Juin, Juillet, Août, Septembre 79). Il semble que cette observation est normale puisque le service de Bioclimatologie (cf "mesure du rayonnement global à Bambo" par DANCETTE et WILLIOT. Conférence OHM - Février 1971) donne des valeurs moyennes suivantes du rayonnement global à Bambo de 1966 à 1969 inclus :

Janvier	: 412 cal/cm ²	Août	: 466 cal/cm ²
Juin	: 535 cal/cm ²	Septembre	: 447 cal/cm ²
Juillet	: 498 cal/cm ²		

Le mois le plus ensoleillé était Avril 1979 avec 616 cal/cm². En saison sèche et au cours de la journée, le maximum d'ensoleillement se situe entre 12H et 14H et correspond, en moyenne à des valeurs de rayonnement total d'environ 23 cal/cm²/15 minutes (fig.1,3,5). En hivernage, les valeurs moyennes de l'énergie solaire en crête sont presque toujours inférieures à 20 cal/cm²/15 minutes. Par contre, lorsque les passages nuageux sont discontinus, on a enregistré des pointes de plus de 20 cal/cm²/15 minutes entre deux pluies. Il semble que ce phénomène, assez courant en hivernage, provient de la réflexion sur les nuages des rayons solaires qui se concentrent ensuite au niveau du sol provoquant un accroissement instantané du rayonnement global reçu (cf DANAGNEZ : "Document technique pour la Bioclimatologie" INRA 1965).

- Démarrage et arrêt du pompage

La turbine de la pompe commence à tourner à un seuil d'énergie très faible ($< 1 \text{ cal/cm}^2/15 \text{ mn}$). Toutefois, dans les conditions de pompage à Bamboy où il faut élever l'eau jusqu'à la citerne (hauteur manométrique = 4,70 m + pertes de charge), le commencement et l'arrêt du pompage correspondent à des niveaux d'énergie plus élevés. Comme les mesures du rayonnement solaire et de débit sont effectuées tous les quarts d'heure, pour chaque contrôle, la détermination du seuil de démarrage est assez imprécise, toutefois, en tablant sur la moyenne de neuf contrôles, on peut en avoir une idée assez correcte. Aussi, dans les conditions de Bamboy, on peut dire que l'appareil commence à pomper vers 8H 30 quand il a reçu une énergie solaire de $5,8 \text{ cal/cm}^2/15 \text{ mn}$ et s'arrête vers 17H 50 (cf tableau récapitulatif).

- Débit de pompage

A hauteur d'élévation constante, le débit de pompage suit assez bien les variations journalières du rayonnement solaire reçu. Quand le ciel est clair (fig 5) les 2 courbes "en cloche" de débit et de rayonnement total sont très semblables. Souvent le sommet de la courbe de débit est plus étalé, le maximum étant de l'ordre de $15 \text{ m}^3/\text{H}$.

Un essai d'ajustement statistique montre (fig. 2,4,6,7) que le débit de pompage à charge constante ($H \approx 5 \text{ m}$) peut être significativement relié au rayonnement total par une régression du second degré qui malheureusement varie avec les conditions d'ensoleillement, propriétés des panneaux et, vraisemblablement, le vieillissement du matériel (fig. 7). En saison sèche, on observe que le débit de pompage (énergie fournie) peut être raccordé au rayonnement global (énergie reçue) par deux régressions du 2^e degré, une pour la matinée, une pour l'après-midi où le rendement semble plus faible. Tout se passe comme si les rendements baissent quand les cellules sont surchauffées (fig. 4,6). En Janvier et en Hivernage où la température de l'air est moins élevée, on n'observe plus l'existence de ces deux relations.

Sur les 9 contrôles, le volume de pompage journalier a varié entre 72 m^3 en Juillet et 102 m^3 en Février, la valeur moyenne étant de $87 \text{ m}^3/\text{jour}$ pour un débit moyen de $9,3 \text{ m}^3/\text{H}$ (cf tableau récapitulatif)

- Rendement de pompage

Le rendement adopté de la pompe représente le rapport entre l'énergie produite réellement par la pompe et l'énergie solaire reçue par la totalité des cellules photovoltaïques. C'est une notion peu précise, vu les conditions de réalisation des essais (distance de 2 km entre l'appareil de mesure du rayonnement solaire et la pompe, incertitude sur les pertes de charge dans le refoulement de la pompe...), toutefois les variations dans le temps de ce rendement permettent de juger de la robustesse de la pompe, du degré de vieillissement des cellules et d'usure éventuelle de l'électropompe.

Tableau Récapitulatif : FONCTIONNEMENT DE LA POMPE SOLAIRE

DATES	12 Janv.	26 Janv.	27 Févr.	12 Avril (2)	3 Mai	20 Juin	23 juil.	20 Août	21 Sept.	MOYENNE
Heure démarrage	8H 45	8H 35	8H 30	8H 25	8H 28	8 15	8H 30	8H 35	8H 10	8H 30
Heure d'arrêt	17H 45	17H 50	18H 00	17H 40	18H 13	18H 15	18H 30	18H 05	15H 55	17H 50
Durée pompage	9H	9H 15	9H 30	9H 15	9H 45	10H	10H	9H 30	7H 45	9H 20
Seuil d'énergie de démarrage cal/cm2	5.4	4.3	5.8	7.3	4.8	5.8	4.5	8.7	5.9	5.8
Seuil d'énergie d'arrêt de pompage	4.6	4.2	6.7	9.0	6.5	4.9	6.0	4.0	4.8	5.6
Energie totale reçue pendant le pompage cal/cm2/jour	414.5	508.8	631.3	647.2	572.4	554.8	490.3	562.7	486.2	540.9
Volumé de pompage m3/jour	85.1	99.5	101.9	86.6	88.4	86.2	72.3	86.5	76.0	86.9
Débit moyen m3/H	9.5	10.8	10.7	9.4	9.1	8.6	7.2	9.1	9.8	9.3
Rapport volume pompé énergie reçue	0.2	0.20	0.16	0.13	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16
Rendement % (1)	3.2	3.1	2.5	2.1	2.4	2.4	2.3	2.4	2.4	2.5

(1) Rapport entre l'énergie de pompage produite et l'énergie solaire reçue par la superficie totale des cellules
 (2) Panneaux poussiéreux

Exemple de calcul du rendement pour le 12 janvier :

Hauteur d'élévation = 6,10 m - 1,80 m + 0,20 m + 0,20 m = 4,70 m

Energie produite = $V \times H = 85\ 100 \times 4,70 = 399\ 970\ \text{kgm} = 3,922.10^6\ \text{joules}$

Energie solaire reçue dans la journée = 414,5 cal/cm²

Superficie totale des cellules = $\frac{II}{4} \times 5,6^2 \times 34 \times 84 = 70.343,53\text{cm}^2$

Energie reçue par les panneaux = $414,5 \times 70343,53 = 29157.391,35\ \text{cal.}$
soit $122,05 \times 10^6\ \text{joules}$

Rendement (aux pertes de charge près) = $\frac{3,922}{122,05} \neq 0,032 = 3,2\%$

Les différentes valeurs du rendement de la pompe figurent dans le tableau récapitulatif. On observe que le rendement est passé de 3,2 % en Janvier à 2,4 % où il s'est stabilisé. Des taches de rouilles se sont apparues aux coins de quelques modules vers le mois de Février 1975 sans que nous puissions préciser la date exacte. A l'heure actuelle, ces taches sont présentes sur la plupart des modules mais ne couvrent encore aucune des cellules.

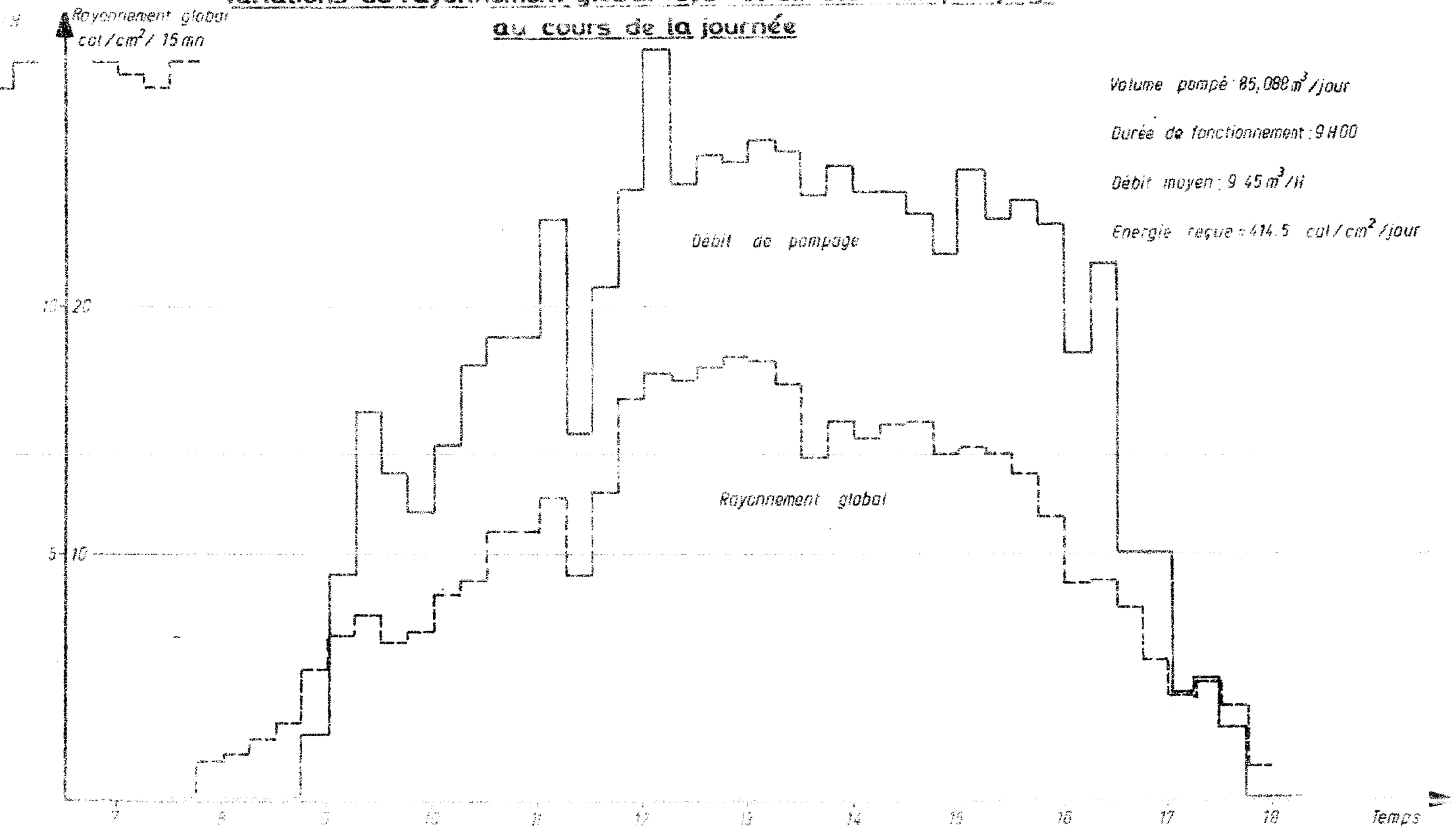
Il est à noter que pour le contrôle du 12 Avril, le rendement n'était que de 2,1 % : à cette époque, il y avait beaucoup de vent de sable et les panneaux nettoyés habituellement une fois par mois, étaient sales et couverts de poussière. D'une manière générale, la fréquence mensuelle de nettoyage des panneaux est largement suffisante.

V - CONCLUSION

Depuis son installation il y a un an et demi, la pompe solaire à cellules photovoltaïques fonctionne régulièrement sans aucune panne et ne nécessite aucune surveillance. L'entretien est négligeable et se borne à un nettoyage mensuel des panneaux solaires. Le contrôle périodique du débit de pompage semble toutefois indiquer une légère baisse du rendement qui, par la suite, s'est stabilisé. Il est cependant hasardeux d'expliquer ce phénomène par l'extention des taches de rouille dans les coins des modules, nous avons encore que peu de connaissances sur le vieillissement des cellules photovoltaïques. Les mesures de contrôle seront donc poursuivies régulièrement.

FIG. 1. POMPAGE SOLAIRE DU 12-1-1979

**Variations du rayonnement global reçu et du débit de pompage
au cours de la journée**

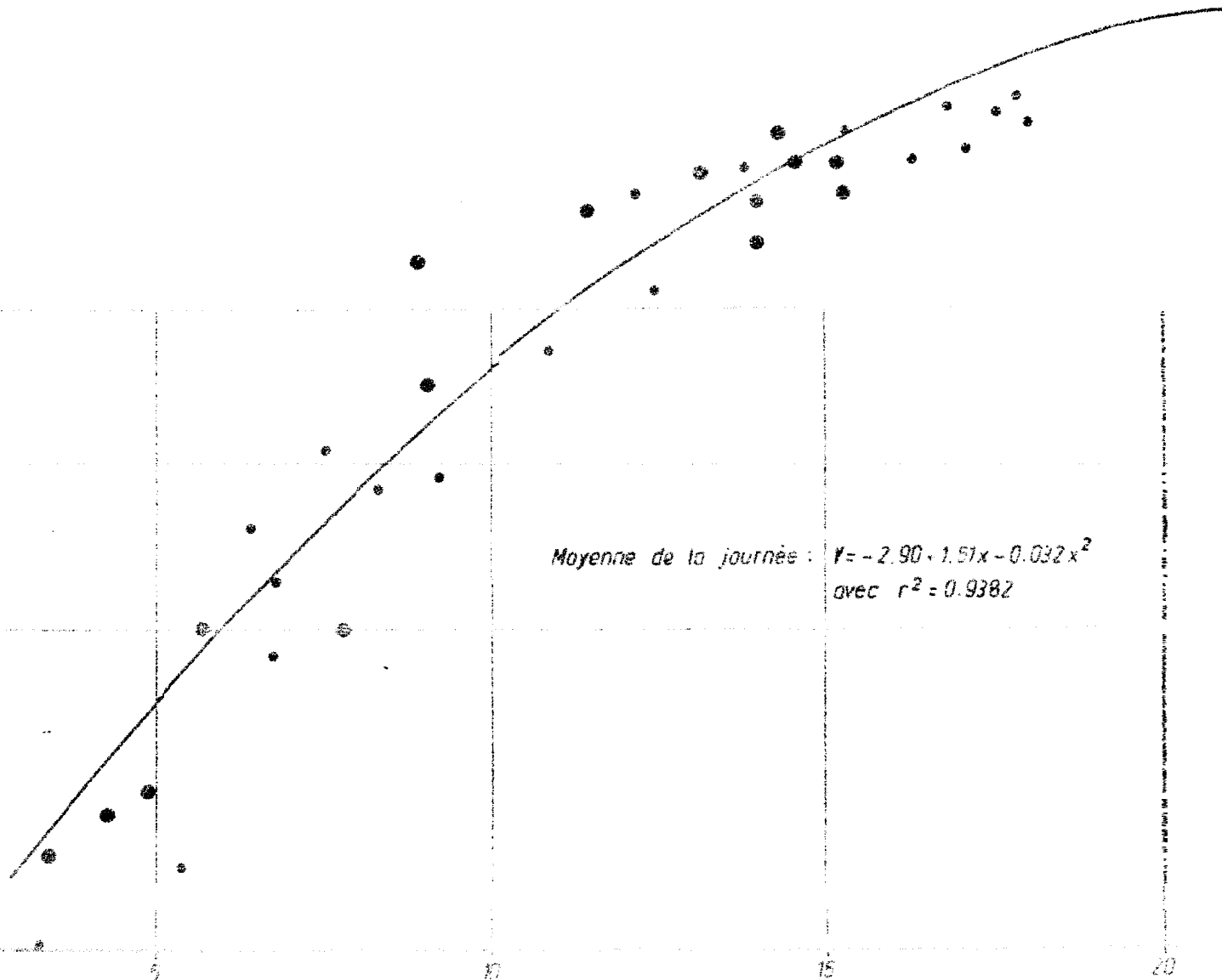


La pompe solaire a commencé à fonctionner à 7h00, la nuit, et a cessé de fonctionner à 18h30. Elle a fonctionné pendant 9 heures.

FIG. 2: POMPAGE SOLAIRE DU 12-1-1979

Variations du débit de pompage en fonction de l'énergie reçue (rayonnement solaire global)

lit de pompage
m³/h



Rayonnement global cal/cm²/15min

FIG. 3 POMPAGE SOLAIRE DU 27-2-1979

Variations du rayonnement global et du débit de pompage au cours de la journée

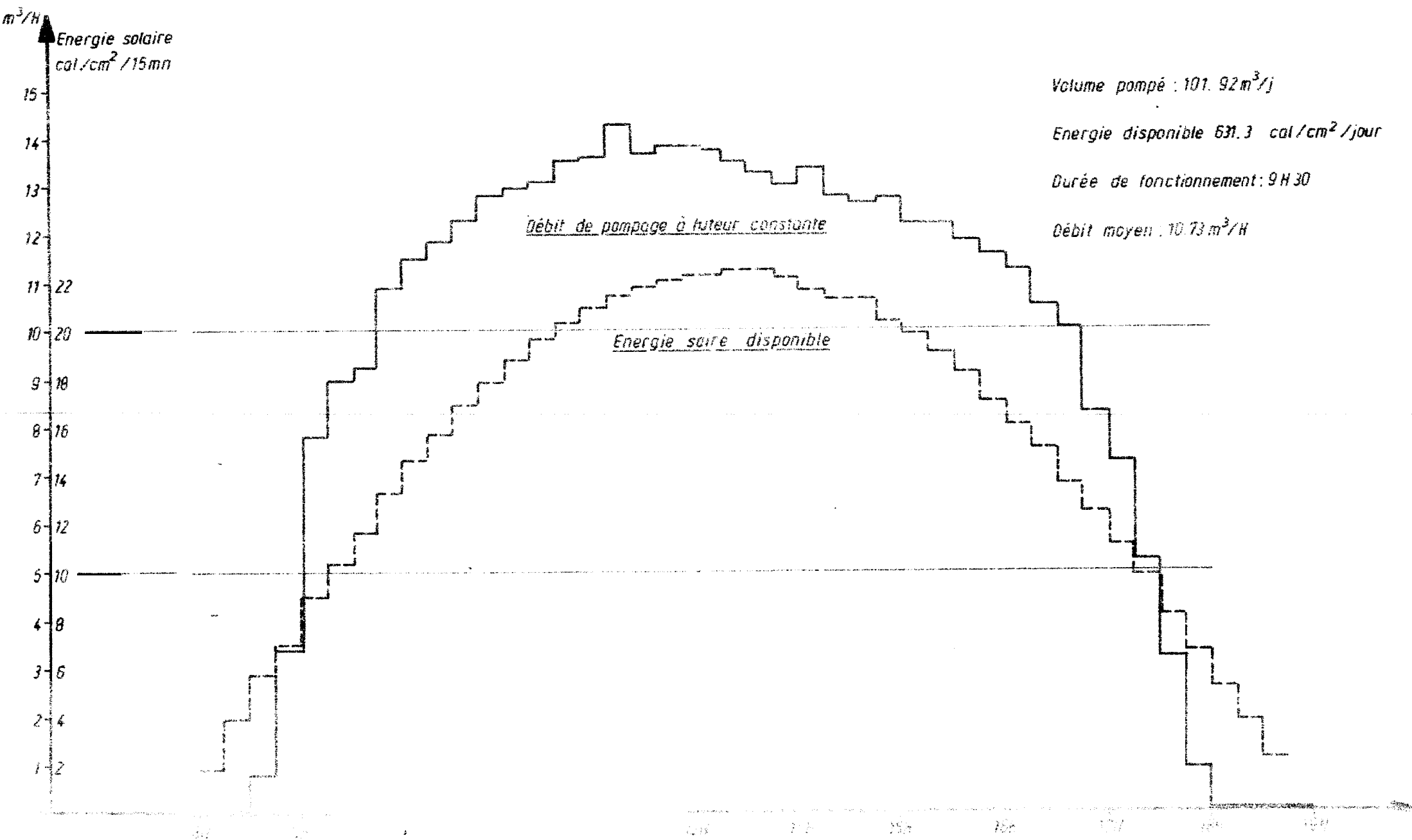


FIG. 4 : POMPAGE SOLAIRE DU 27-2-1979

Variations du débit de pompage (à hauteur constante) en fonction de l'énergie solaire disponible

Débit m^3/h

----- Matin de 8H00 à 14H15 : $Y = -9.15 + 1.65X - 0.036X^2$
avec $r^2 = 0.9676$

----- Après midi de 14H15 à 19H15
 $Y = -10.87 + 2.16X - 0.050X^2$
avec $r^2 = 0.9833$

----- Moyenne de la journée : $Y = -5.87 + 1.57X - 0.032X^2$
 $r^2 = 0.9483$

30 Énergie solaire $cal/cm^2/min$

FIG. 5 : POMPAGE SOLAIRE DU 12-4-1979

**Variations de l'énergie solaire (rayonnement global) et du débit de pompage (à hauteur constante)
au cours de la journée**

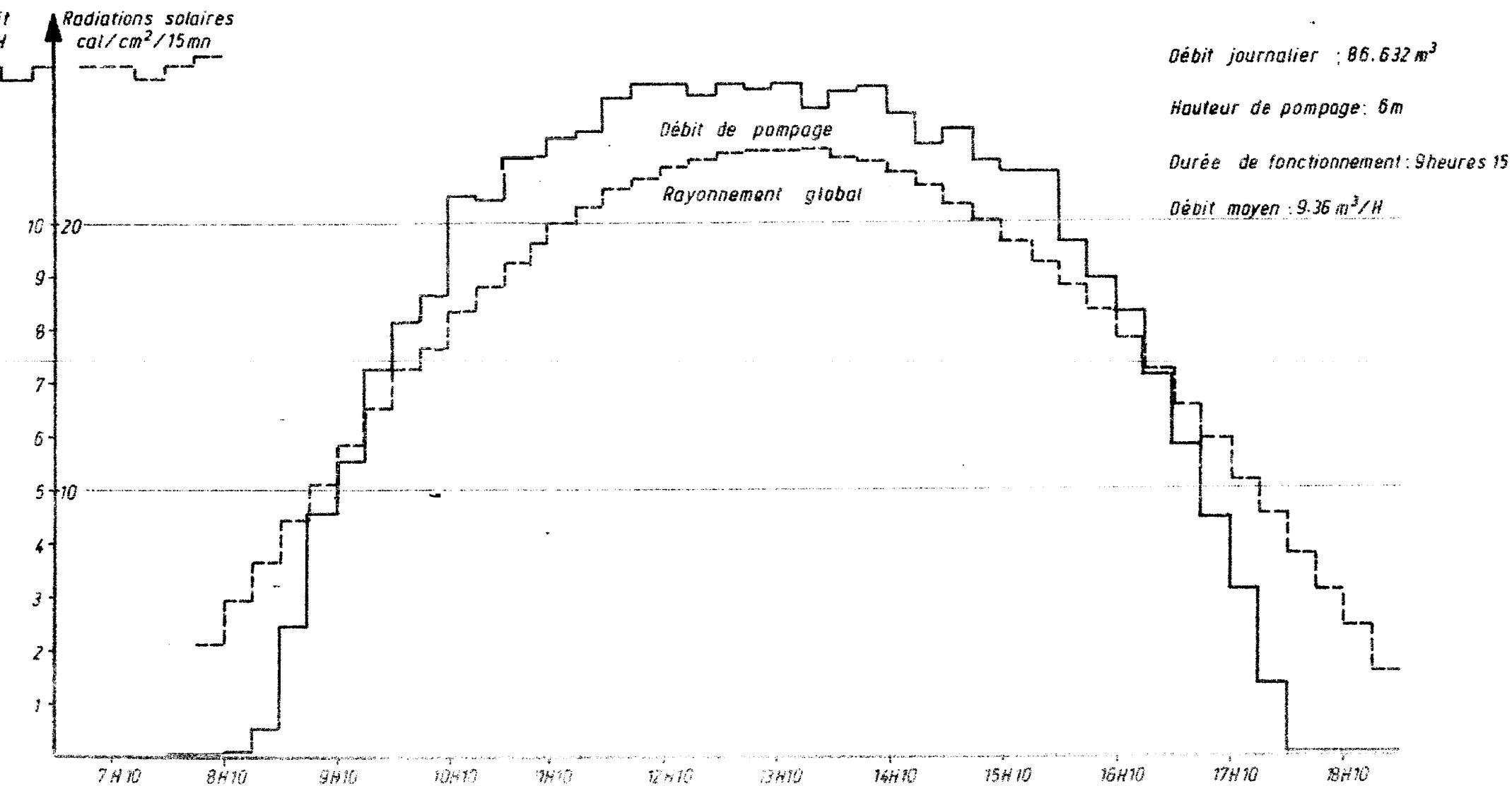


FIG. 6 : POMPAGE SOLAIRE DU 12-4-1979

Variations du débit de pompage à hauteur constante en fonction du rayonnement solaire reçu

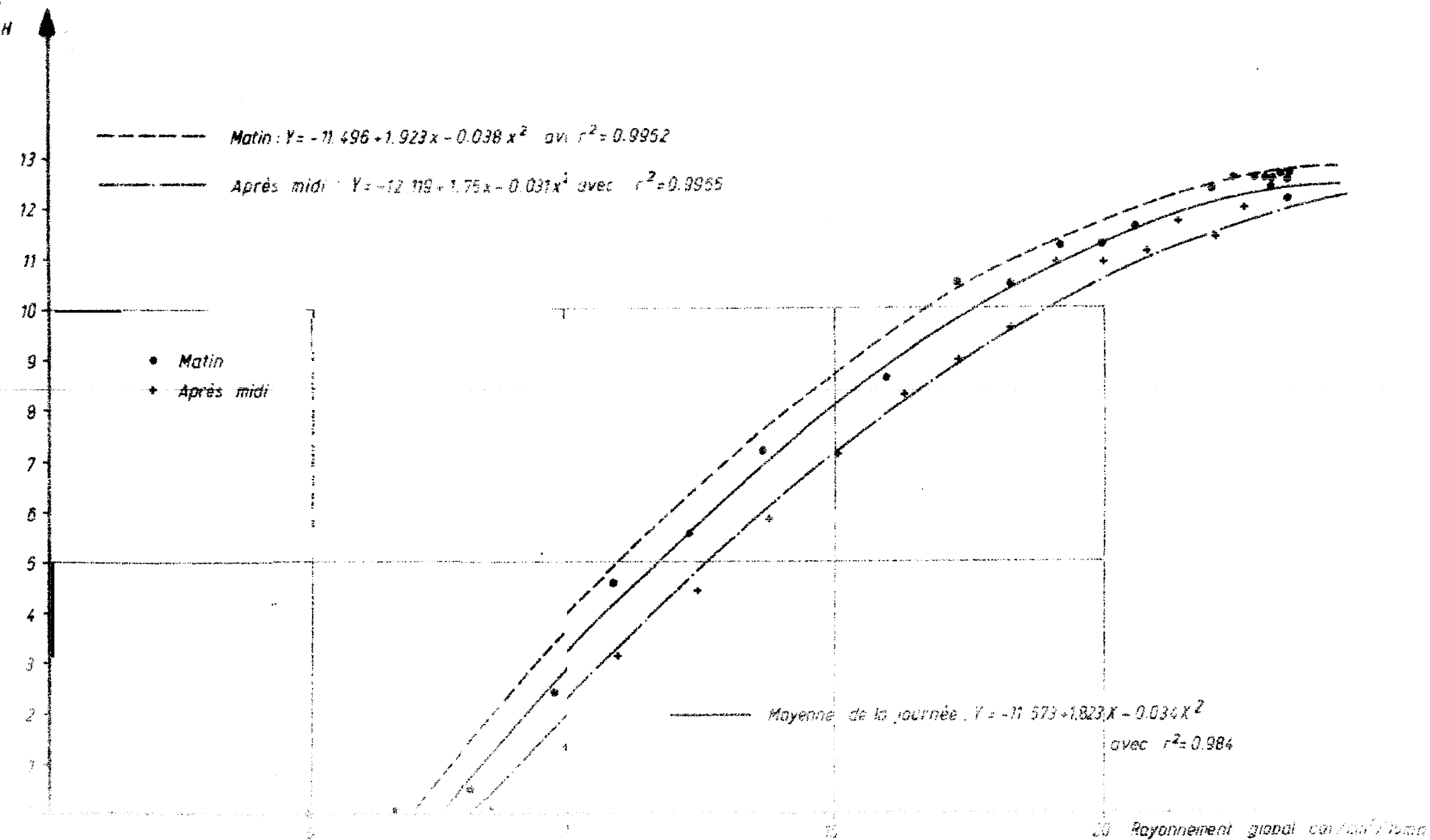


FIG. 7 : POMPAGE SOLAIRE

Variations du débit de pompage en fonction du rayonnement global

bit de pompage à H constante
m³/H

