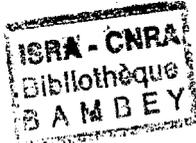


CN 0100572
N224
DUC

1980-35

TMD/AD
REPUBLIQUE DU SENEGAL
PRIMATURE

SECRETARIAT D'ETAT
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE



COLLOQUE CIEH - CEFIGRE DE BAMAKO
(19 - 25 FEVRIER 1980)

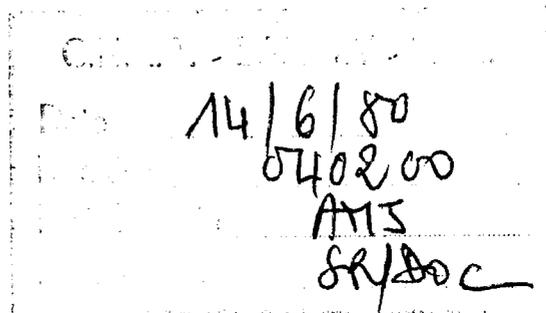
POMPE SOLAIRE
CONTROLE OU DEBIT DE POMPAGE

Par

TRAN MINH DUC

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

Avec la collaboration de M. Joseph SENE
Technicien Supérieur I.S.R.A.



Janvier 1980

Centre National de Recherches Agronomiques
de Bambey

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES

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 Dièye, Mbaye fine 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 jaugeages réguliers du débit de pompage au 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 793 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 MO 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 gueule 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 (fig. 1)

L'année 1979 peut être divisée en 3 périodes :

- de Février à Mai inclus : période la plus ensoleillée avec une moyenne de 600 cal/cm² par jour, coupée de temps en temps par des tempêtes de sable qui réduisent l'ensoleillement journalier de 600 cal/cm² à 4.50 cal/cm² en moyenne,

- de Juillet à Septembre inclus : saison des pluies qui demeure assez ensoleillée (moyenne de 540 cal/cm²). Pour 1979, les pluies précoces ont rendu le mois de Juin (mois de transition) relativement peu ensoleillé.

- de Décembre à Janvier inclus : saison sèche froide, très peu ensoleillée avec un temps couvert et des jours courts. Le rayonnement global a régulièrement des valeurs moyennes plus faibles qu'en raison des pluies : 420 cal/cm²/jour contre 540 cal/cm²/jour pour 1.979.

Au cours de 13 journées et en saison sèche chaude, le rayonnement global croît régulièrement (fig. 2) depuis le lever du soleil, atteint le maximum de 23 cal/cm²/15 mn entre 12H et 14H, puis décroît progressivement jusqu'au soir. En saison des pluies, cette variation journalière du rayonnement solaire est moins régulière car perturbée par des pluies et des temps nuageux. Il arrive cependant (fig. 4) que le rayonnement global peut atteindre des valeurs instantanées très élevées (plus de 28 cal/cm²/15 mn). Il semble que ce phénomène assez courant en saison des pluies, 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. DAMAGNEZ : "Document technique pour la Bioclimatologie - INRA 1.965).

En saison sèche froide (fig. 5) à cause de l'inclinaison des rayons solaires et la faible longueur du jour, les rayonnements globaux instantané et journalier sont très faibles. Toutefois il faut noter que (fig. 1) l'ensoleillement de même caractéristiques que celui de la journée du 20-12-1979 est relativement peu fréquent (18 sur 326 mesures soit 6 % environ).

- 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 Bamboey 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 des contrôles, on peut en avoir une idée assez correcte. Aussi, dans les conditions de Bamboey, on peut dire que l'appareil commence à pomper vers 8H 30 quand il a reçu une énergie solaire de $5,7 \text{ cal/cm}^2/15 \text{ mn}$ et s'arrête vers 17H 45 (cf. tableau récapitulatif).

- Débit de pompage

À hauteur d'élévation constante, le débit de pompage suit assez bien les variations journalières du rayonnement solaire reçu. Quand le ciel est clair (fig. 2) 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. 3) que le débit de pompage à charge constante ($H \neq 5 \text{ m}$) peut être significativement relié au rayonnement total par une régression du second degré qui malheureusement varie avec les conditions d'ensoleillement, la propreté des panneaux et, vraisemblablement, le vieillissement du matériel (fig. 6). En saison sèche, on observe que le débit de pompage (Énergie fournie) peut être raccordé au rayonnement global (énergie reçue) par deux régressions du 2e degré, une pour la matinée, une pour l'après midi où le rendement semble plus faible. Il semble que dans l'après midi, les cellules sont surchauffées et cela entraîne une réduction de la puissance électrique produite (fig. 3). En Janvier et on hiver- nage où la température des cellules est moins élevée, les deux relations précédentes sont confondues.

Sur les 11 contrôles retenus, le volume de pompage journalier a varié entre 72 m^3 en Juillet et 102 m^3 en Février, la valeur moyenne étant de $86 \text{ m}^3/\text{jour}$ 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 photovoltaïque. 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.

Exemple de calcul du rendement pour le 12 Janvier Y

Hauteur d'élévation = $6,10\text{m} + 1,80\text{m} + 0,20\text{m} + 0,20\text{m} = 4,70\text{m}$

Energie produite : $V \times H = 85\ 100 \times 4,70 = 399\ 970\ \text{kgm} =$
 $3,922 \cdot 10^6\ \text{joules}$

Energie solaire reçue dans la journée = $414,5\ \text{cal/cm}^2$

Superficie totale des cellules = $\frac{1}{4} \times \frac{1}{596}^2 \times 34 \times 84 =$
 $70.343,53\ \text{cm}^2$

Energie reçue par les panneaux = $414,5 \times 70343,53 =$
 $23157,391\ ,35\ \text{cal.}$

soit $122,05 \cdot 10^6\ \text{joules}$

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 y observe que le rendement est passé de 3,2% en Janvier à 2,4 % en Mai où il s'est stabilisé jusqu'en Septembre. Durant les mois de transition (Octobre à Décembre) le rendement a des valeurs irrégulières soit trop élevée soit trop faible. On peut se demander si la relation Débit de pompage = f (rayonnement global) a un sens quand le temps est trop couvert ; la relation précitée n'est statistiquement pas significative pour la mesure de Décembre.

Le suivi a montré l'importance de la propreté des panneaux : ainsi, pour la mesure du 12 Avril où le vent de sable a rendu le nettoyage mensuel insuffisant, le rendement n'était que de 2,1 %.

Il est à noter également qu'à partir de Février, des taches de couleur rouille se sont apparues aux coins de quelques modules. A l'heure actuelle ces taches sont présentes sur tous les modules mais ne couvrent encore aucune des cellules. Selon MM. COHEN-SOLAL et LABLAZE de l'université de Dakar, ces taches seraient dues à la destruction de l'étanchéité des panneaux provoquée par la dilatation et la rétraction thermiques du caoutchouc bordant les panneaux.

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.

Tableau récapitulatif : FONCTIONNEMENT DE LA POMPE SOLAIRE DURANT
L'ANNEE 1979

DATES	12-1	26-1	27-2	12-4(2)	3-5	10-6	23-7	20-8	21-9	29-10	27-11	20-12	Moyen. (3)
ure démarrage	8H 45	8H 35	8H 30	8H 25	8H 28	8H 15	8H 30	8H 35	8H 10	8H 37	8H 20	10H 29	8H 30
ure d'arrêt	17H 45	17H 50	18H 00	17H 40	18H 13	18H 15	18H 30	18H 05	15H 55	17H 22	17H 20	15H 14	17H 45
ure pompage	9H	9H 15	9H 30	9H 15	9H 45	10H	10H	9H 30	7H 45	8H 45	9H 00	4H 45	9H 15
uil d'énergie de marrage cal/cm2	5.4	4.3	5.8	7.3	4.8	5.8	4.5	8.7	5.9	5.6	4.6	5.3	5.7
uil d'énergie arrêt de pompage	4.0	4.2	6.7	9.0	6.5	4.9	6.0	4.0	4.8	4.8	3.8	5.1	5.4
ergie total reçue ndant le pompage l/cm2/jour	414.5	508.8	631.3	647.2	572.4	514.8	490.3	562.7	486.2	489.4	458.1	169.4	528.7
lume de pompage /jour	85.1	99.5	101.9	86.6	88.4	116.2	72.3	86.5	76.0	83.2	79.1	13.0	85.9
bit moyen m ³ /H	9.5	10.8	10.7	9.4	9.1	8.6	7.2	9.1	9.8	9.3	8.8	2.7	9.3
oport volume mpé énergie reçue	0.21	0.20	0.16	0.13	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.17	0.17	0.08	0.16
ndement % (1)	3.2	3.1	2.5	2.1	2.4	2.4	2.3	2.4	2.4	2.7	2.7	1.2	2.5

- Rapport entre l'énergie du pompage produite et l'énergie solaire reçue par la superficie totale des cellules.

- Panneaux poussiéreux

- Journée du 20-12-79 exclue

Les mesures de contrôle seront poursuivies régulièrement pour suivre la vieillissement des cellules photovoltaïques, actuellement peu connu.

FIG. 2 : 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**

radiations solaires
cal/cm²/15mn

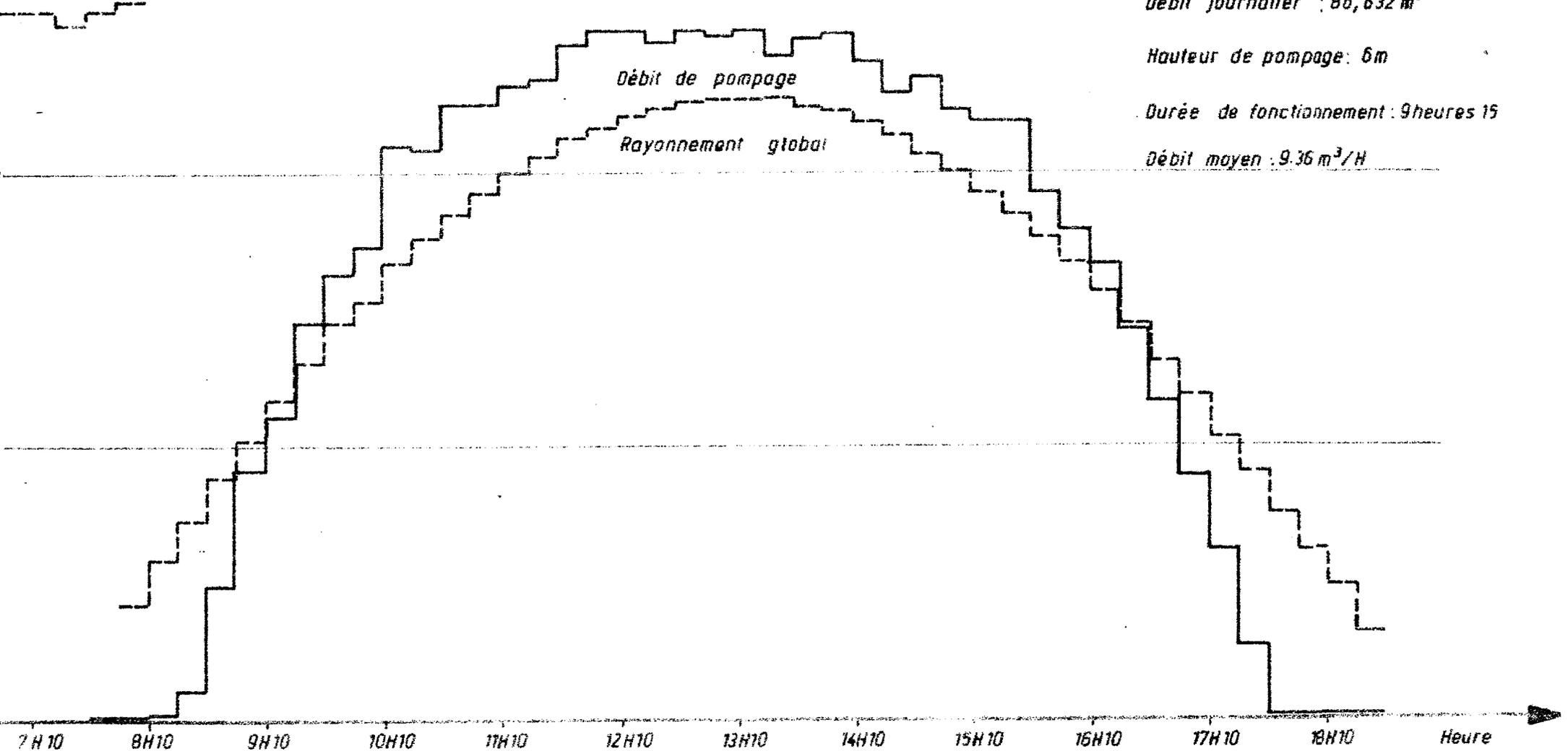


FIG. 3 : POMPAGE SOLAIRE DU 12-4-1979

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

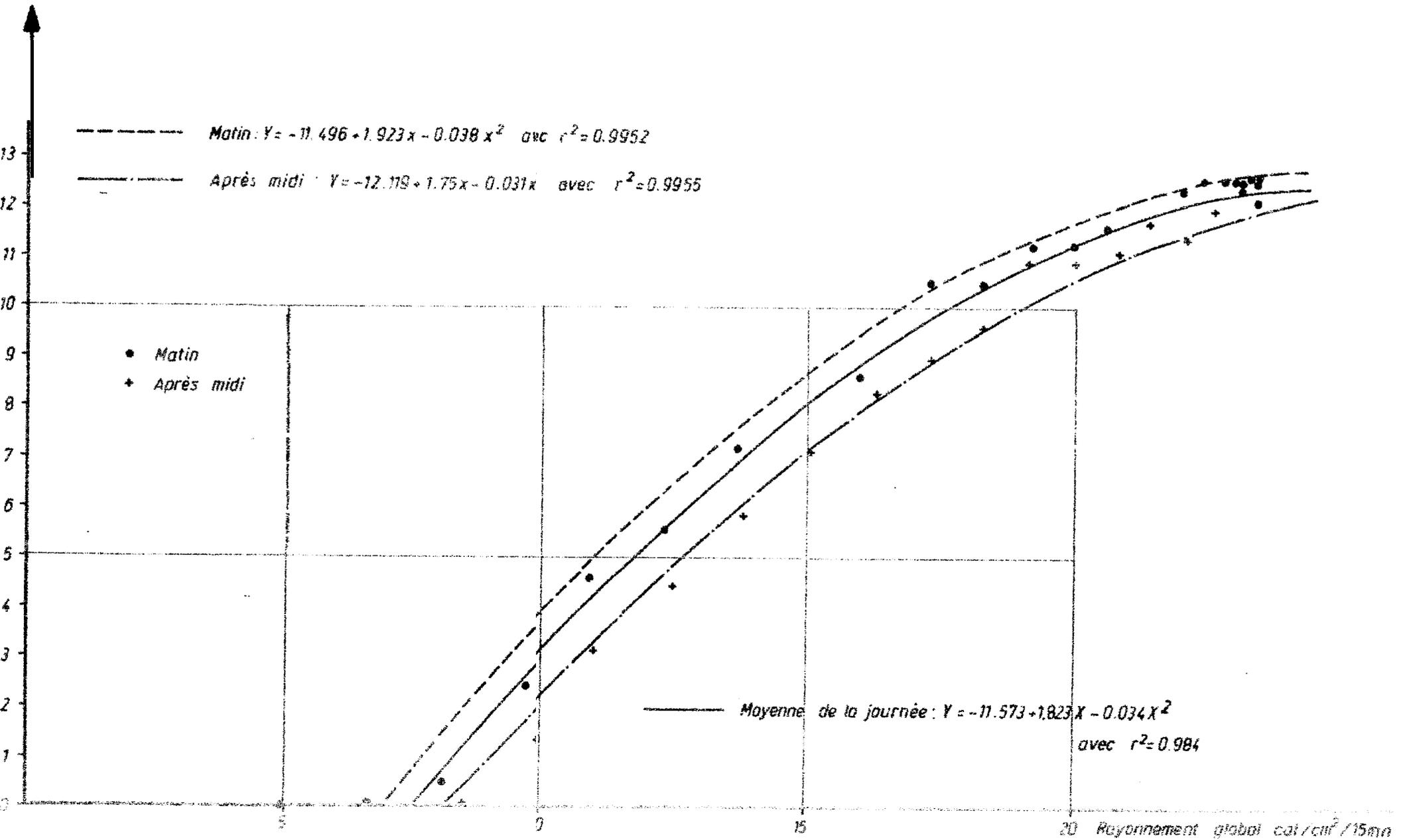


FIG. 4: POMPAGE SOLAIRE DU 20-7-1979

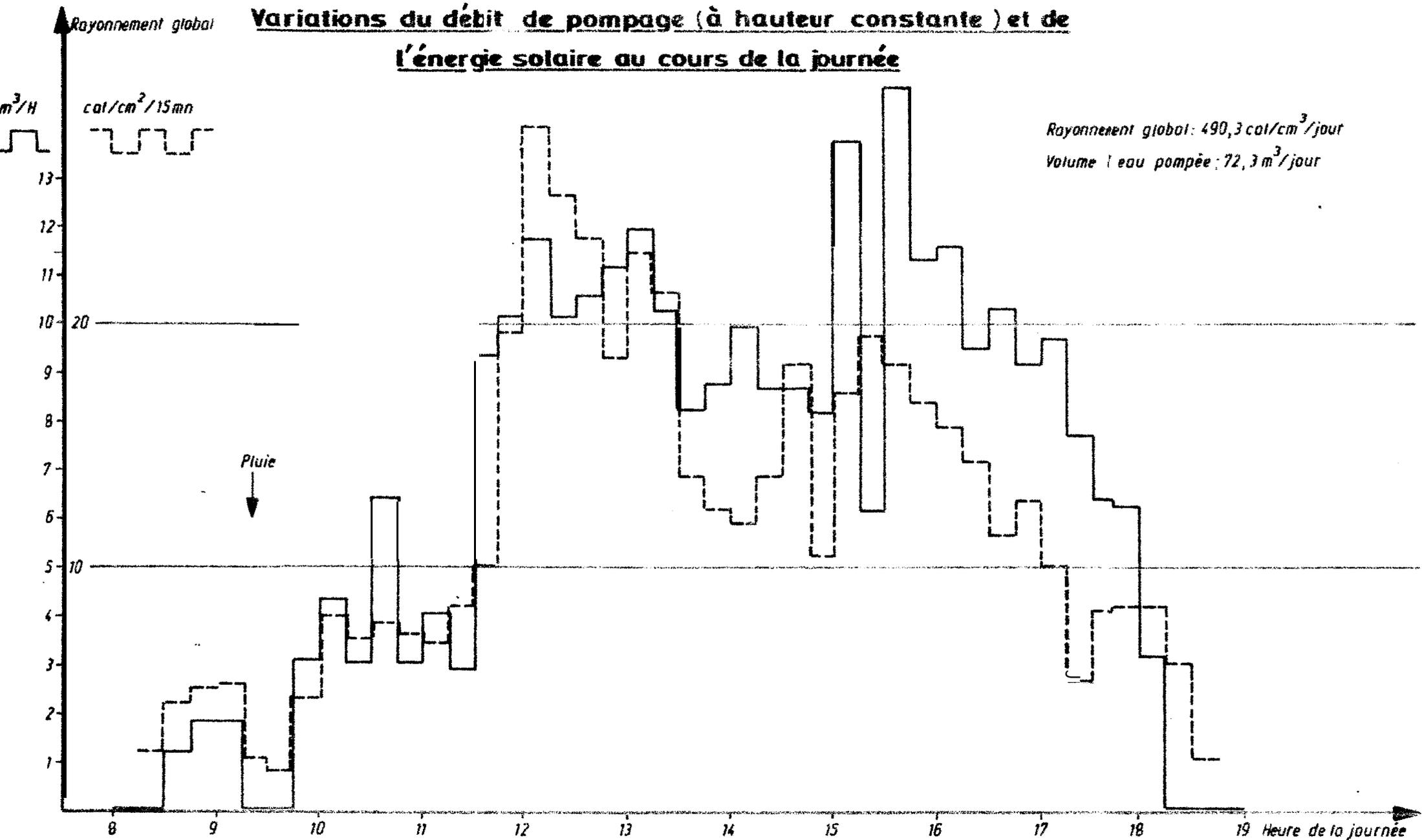


FIG.5: JAUGEAGE DE LA POMPE SOLAIRE DU 20-12-1979

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

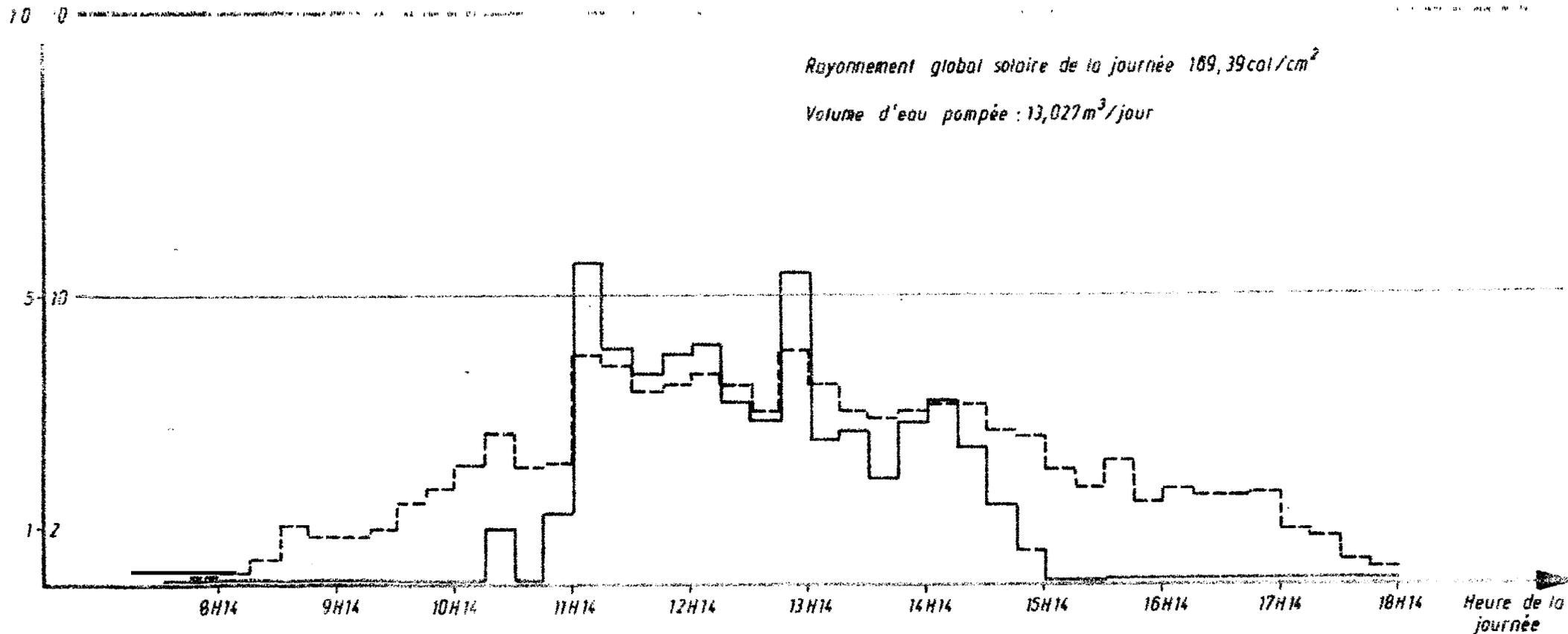
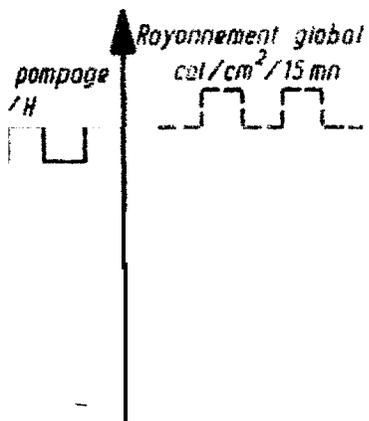


FIG.6 : POMPAGE SOLAIRE

Variations du débit de pompage en fonction du rayonnement global

débit de pompage à H constante
 m^3/H

