

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

---

CENTRE DE BRAZZAVILLE

---

L'UTILISATION DU PYRANOMETRE "BELLANI"  
à BRAZZAVILLE

---

par  
Charles RIOU  
Maître de Recherche

JANVIER 1969

## R E S U M E

Un an de comparaison entre un solarimètre de KIPP et un pyranomètre BELLANI a permis de se rendre compte de la valeur de ce dernier comme instrument de mesure du rayonnement global. Les résultats sont assez positifs.

Sans correction particulière et en appliquant un coefficient unique aux moyennes mensuelles du "BELLANI" on n'observe pas d'écart supérieur à 5% avec les valeurs observées au solarimètre.

Ces écarts paraissent essentiellement dus à la variation de hauteur du soleil et peuvent donc être inclus dans un terme correctif mensuel.

L'autre facteur de variation semble être la modification de sensibilité de l'appareil avec la hauteur d'alcool distillé. Ce facteur intervient de façon notable quand on veut estimer le rayonnement global pour de courtes périodes (inférieures à 10 jours).

Enfin, la saison sèche présente une anomalie. Les valeurs du BELLANI étant légèrement plus faibles que pendant les autres mois.

Malgré ces facteurs de dispersion, le pyranomètre de BELLANI est indéniablement un appareil pouvant être utilisé avec succès, sous des climats comparables à celui de Brazzaville.

---

PYRANOMETRE "BELLANI"

Il s'agit de l'appareil construit par DAVOS, et constitué par deux sphères concentriques, la sphère intérieure étant recouverte d'une pellicule métallique grise.

Cet appareil a été placé sur la tour de rayonnement, sans protection particulière, à côté des solarigraphes.

Les défauts de cet appareil ont été signalés : en particulier variation du coefficient d'étalonnage avec la hauteur d'alcool distillé et la hauteur du soleil.

Une année complète de comparaison avec un solarimètre de KIPP, peut permettre de préciser l'influence de ces différents facteurs.

Le solarimètre de KIPP était relié à un enregistreur BRION-LEROUX, dont la bande d'enregistrement est de 11 cm de large, et la vitesse de déroulement de 6 cm/heure. Des étalonnages périodiques par comparaison avec un actinomètre de LINKE-FEUSSNER ont permis de s'assurer de la constance du coefficient d'étalonnage du solarigraphe.

Le pyranomètre BELLANI était lu et remis au zéro tous les matins à 6 h T.U.

COEFFICIENT D'ETALONNAGE DU PYRANOMETRE DE BELLANI

Rayonnement réfléchi reçu par le pyranomètre

SCHUEPP a fait une étude théorique assez complète de l'appareil. La géométrie du pyranomètre est telle que la relation entre le rayonnement global  $R_g$  et les volumes d'alcool distillé  $H$ , que nous traduisons par les hauteurs mesurées entre deux lectures, n'est pas linéaire.

D'autre part, le pyranomètre reçoit sur sa partie inférieure une certaine quantité de rayonnement réfléchi qui dépend de l'albédo de la surface au-dessus de laquelle il est installé. Ce dernier facteur est cependant, généralement, peu variable dans le temps, mais il peut expliquer les écarts constatés entre les coefficients d'étalonnage de différentes stations.

Pour préciser ce facteur, un montage en albédomètre a été effectué sur un pyranomètre identique placé sur la tour, à côté de l'appareil de référence.

Les deux pyranomètres ont été d'abord comparés pendant quinze jours, à la fin desquels, l'écart entre les deux appareils était de 1,4%.

Puis, sur un des pyranomètres un cache a été installé, suivant le modèle indiqué par SCHUEPP : anneau cylindrique fermé sur une des faces de 30 cm de diamètre et 7 cm de hauteur, peint en blanc à l'extérieur, noir à l'intérieur, et qui laisse passer environ 90% du rayonnement réfléchi.

Les mesures effectuées pendant douze jours consécutifs conduisent à une valeur de l'albédo de 21,6 %.

Coefficient d'étalonnage

Les valeurs journalières de Rg et H à Brazzaville, pour une année complète, ont été portées sur le graphique 1. On constate que la majeure partie des points se trouve comprise entre deux courbes se rejoignant à l'origine, ces deux courbes s'écartant d'environ  $\pm 10\%$  de la courbe moyenne.

La comparaison directe des moyennes décadaires et mensuelles du rayonnement global et des hauteurs d'alcool distillé, donne les résultats suivants :

$\frac{R_g \text{ cal/cm}^2/\text{jour}}{H \text{ hauteur d'alcool distillé jour}}$  (graph. 2).

	<u>1e décade</u>	<u>2e décade</u>	<u>3e décade</u>	<u>mois</u>
Janvier	17.4	17.4	17.7	17.5
Février	18.8	18.9	19.0	18.5
Mars	18.8	18.2	19.5	18.8
Avril	19.2	18.1	18.7	18.7
Mai	18.0	17.4	16.4	17.3
Juin	17.3	17.7	18.1	17.7
Juillet	18.1	17.8	18.6	18.2
Août	18.0	19.1	19.4	18.9
Septembre	19.3	19.4	18.9	19.1
Octobre	18.6	19.0	18.0	18.5
Novembre	18.1	18.3	18.2	18.2
Décembre	17.5	18.2	17.9	17.8
			<u>Année</u>	<u>18.3</u>

Les écarts maximums avec la moyenne annuelle sont pour le mois de  $\pm 5\%$ , pour la décade de -10 à + 7%.

Ces résultats qui sont finalement très acceptables peuvent s'expliquer par les conditions favorables du climat : faible amplitude de la variation de la température et de la hauteur du soleil, rayonnement global relativement peu variable.

COMPARAISON DU PYRANOMETRE DE BELLANI ET  
DU SOLARIGRAPHE DE KIPP

Rg Cal/cm<sup>2</sup>/jour

600

500

400

300

200

100

0

5

10

15

20

25

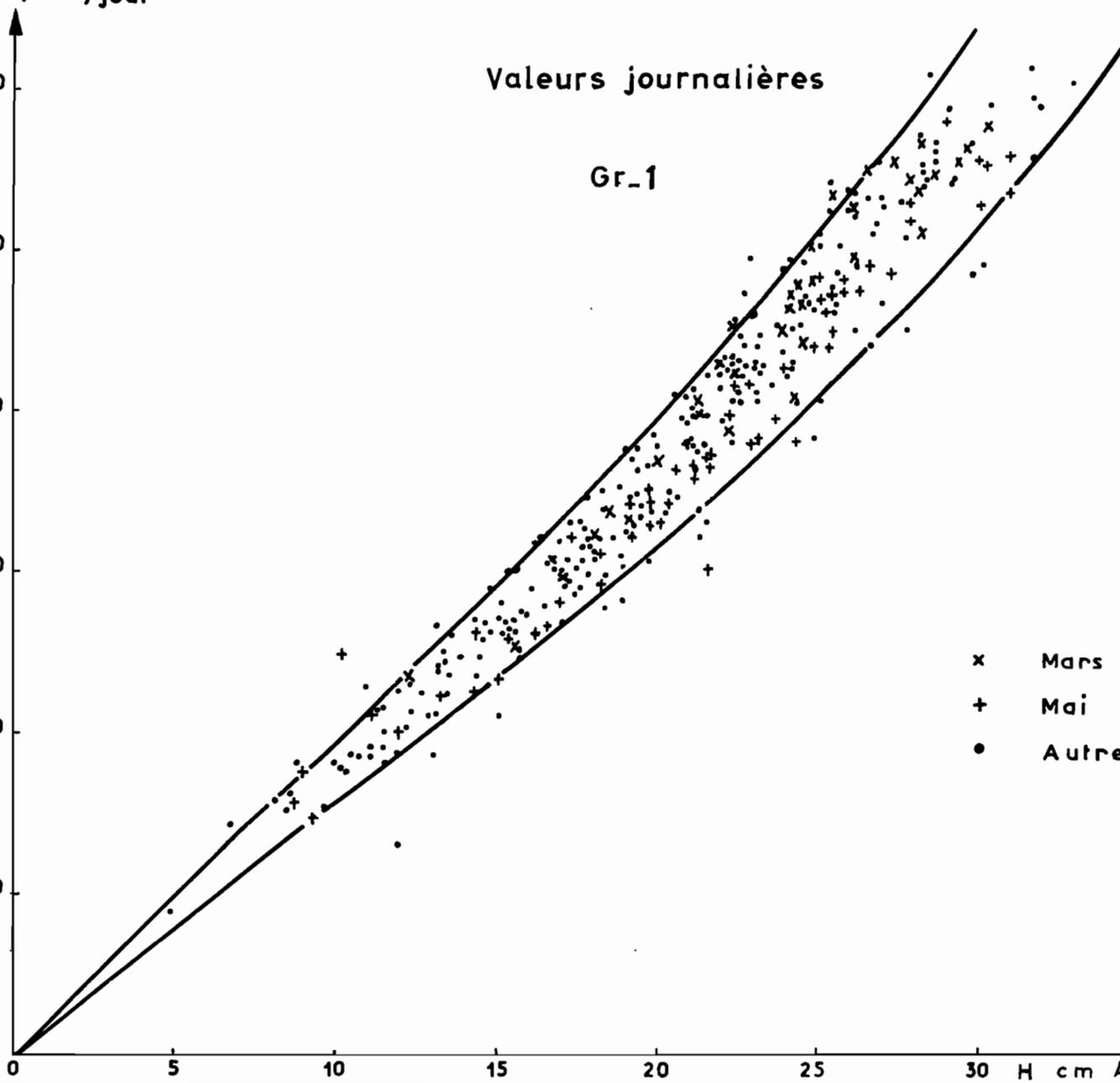
30

H cm Alcool distillé /jour

Valeurs journalières

Gr. 1

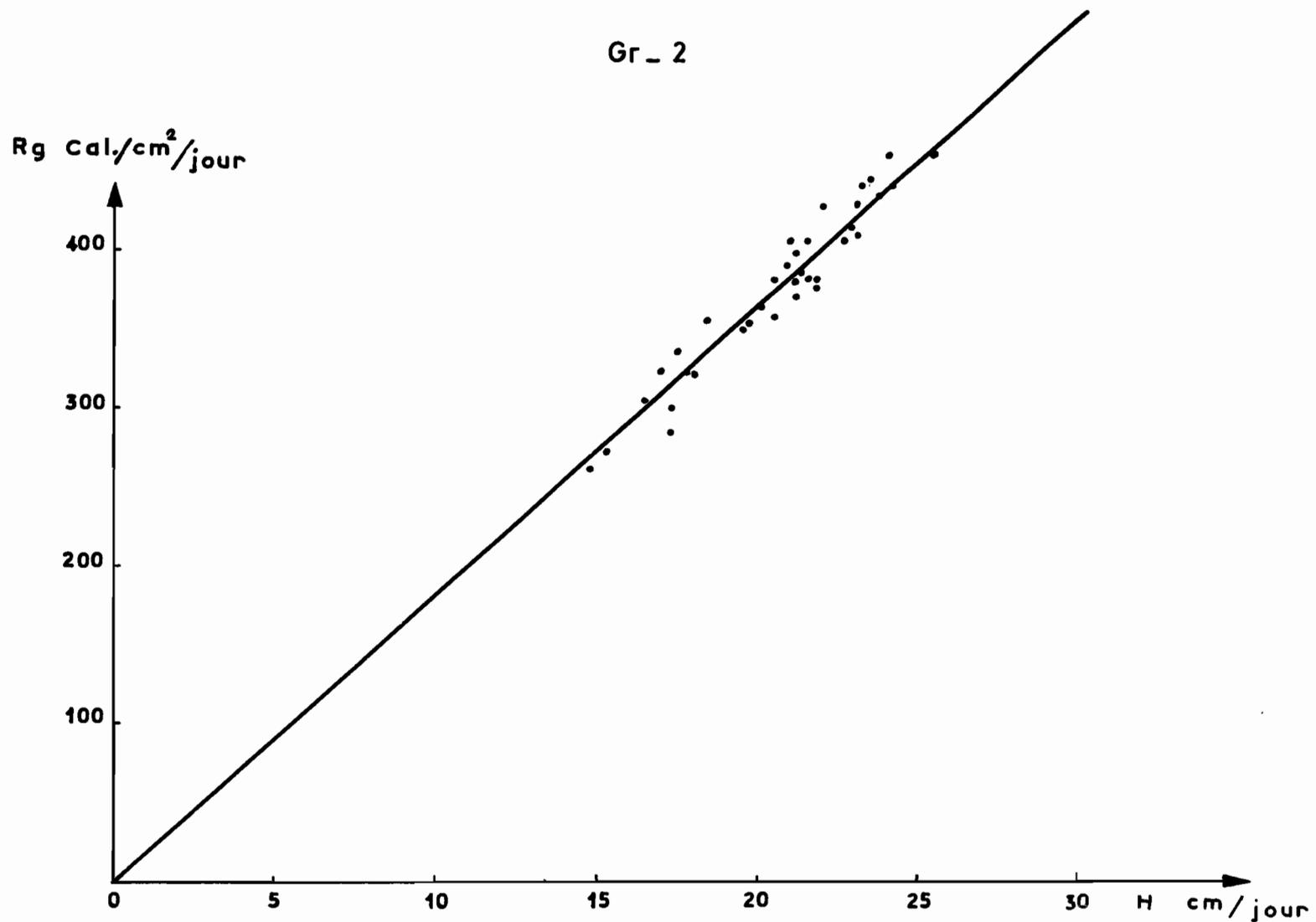
- x Mars Octobre
- + Mai Décembre
- Autres mois



COMPARAISON DU PYRANOMETRE DE BELLANI ET  
DU SOLARIGRAPHE A BRAZZAVILLE

Moyennes décadaires

Gr - 2



La simple lecture des résultats permet cependant de préciser quelques points :

- 1) Pour les mois de saison des pluies, le coefficient d'étalonnage est minimum en Mai, Décembre et Janvier où le soleil est le plus bas sur l'horizon.
- 2) A hauteur du soleil égale, le coefficient est plus élevé en saison sèche.

VARIATION DU COEFFICIENT D'ETALONNAGE  
AVEC LA HAUTEUR D'ALCOOL DISTILLE

Les résultats ne font pas apparaître la variation du coefficient avec les hauteurs d'alcool distillé, puisque celles-ci se répartissent à peu près de façon identique pour chaque mois.

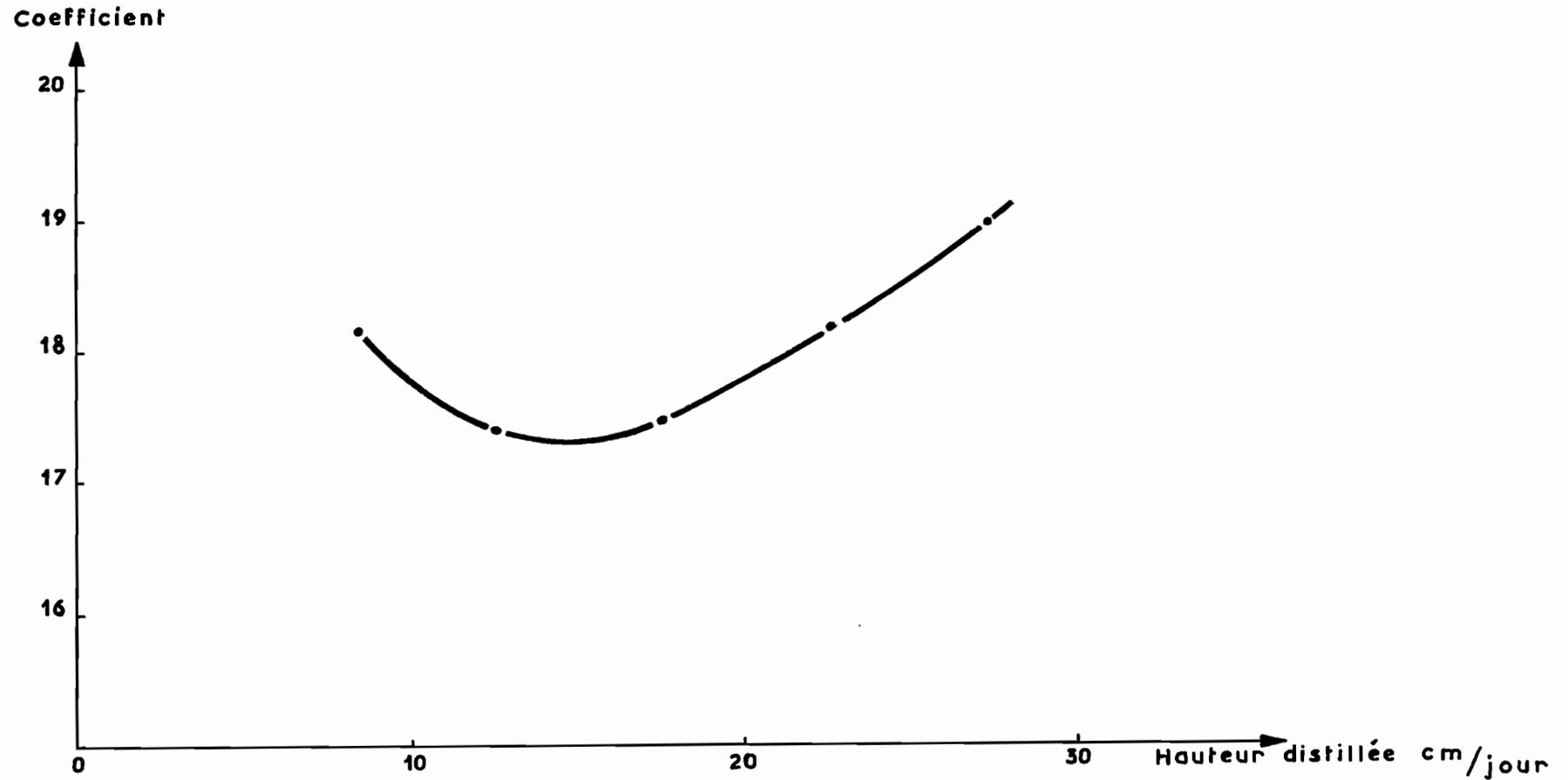
Pour la mettre en évidence, il suffit de grouper toutes les valeurs journalières obtenues pendant l'année en différentes classes: de hauteurs d'alcool mesurées : 5 à 10 cm, 10 à 15 cm, 15 à 20 cm, 20 à 25 cm, 25 à 30 cm, etc... La moyenne de chaque classe peut alors être comparée à la moyenne des valeurs du rayonnement global homologues (graph. 3).

Hauteurs d'alcool distillé H	Nombre de jours	Moyenne hauteurs H	Rt. global moyen cal/cm <sup>2</sup> /jour	Coef. $\frac{R_g}{H}$
25 à 30 cm	87	27,4	520	19,0
20 à 25 cm	116	22,6	411	18,2
15 à 20 cm	85	17,6	308	17,5
10 à 15 cm	57	12,6	220	17,4
5 à 10 cm	13	8,5	155	18,2

PYRANOMETRE DE BELLANI

COEFFICIENT D'ETALONNAGE EN FONCTION  
DE LA HAUTEUR D'ALCOOL DISTILLEE

Gr\_3



Il apparaît que le coefficient d'étalonnage diminue avec la hauteur d'alcool distillé. Il semble devenir stable entre 10 et 20 cm d'alcool distillé et même augmenter pour les faibles hauteurs. Ceci peut s'expliquer par la forme sphérique du pyranomètre; le niveau baissant dans la boule, la surface recevant le rayonnement solaire diminue, ainsi que la sensibilité de l'appareil, cette correction est dite "de calibrage".

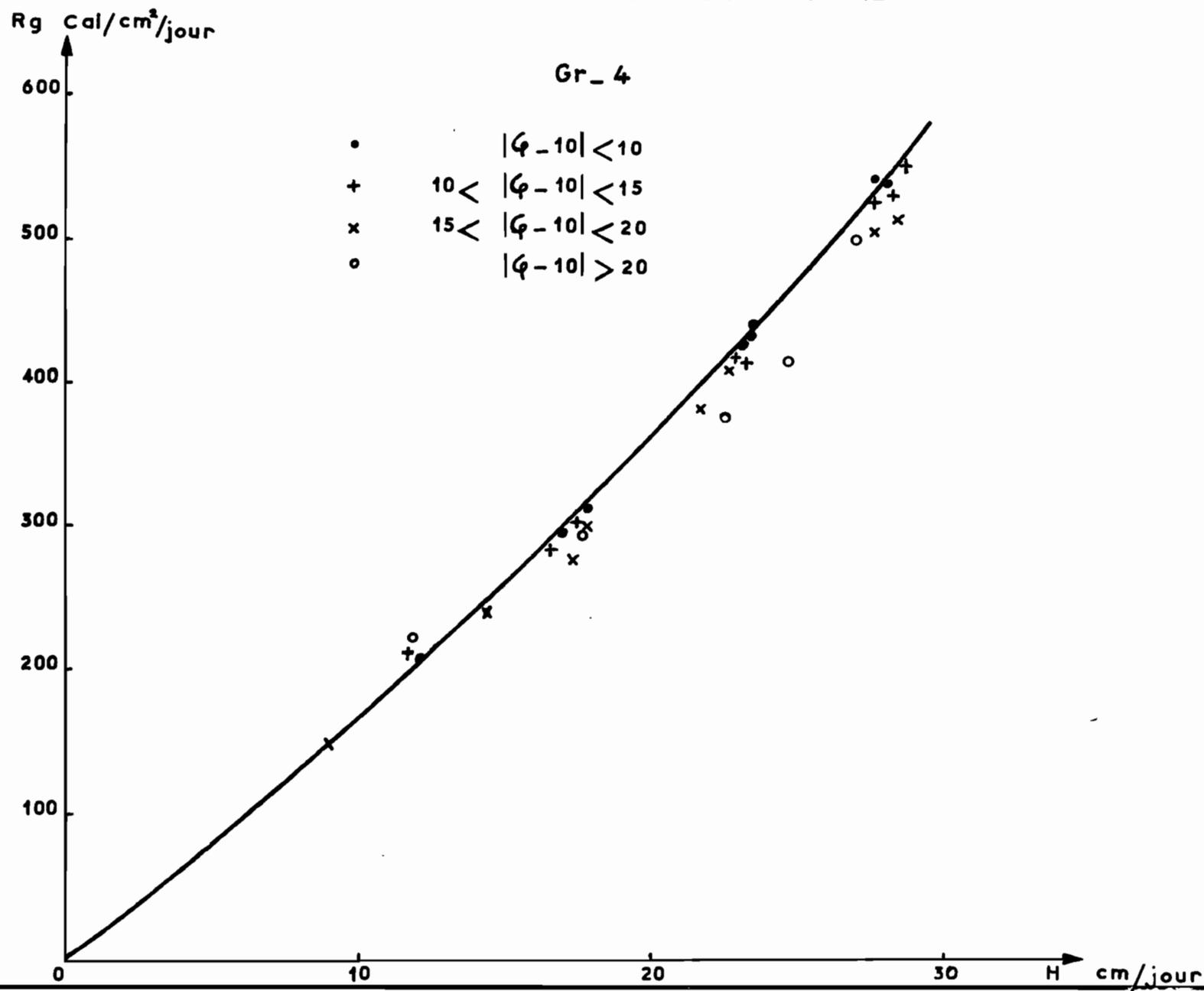
Pour les moyennes mensuelles, cette correction est négligeable. Elle devient indispensable si l'on veut utiliser l'appareil pour estimer le rayonnement global pendant des intervalles de temps inférieurs à la décade.

#### VARIATION DU COEFFICIENT D'ETALONNAGE AVEC LA HAUTEUR DU SOLEIL

Elle apparaît quand on trace pour les différents mois de saison des pluies où les valeurs sont homogènes, la courbe  $R_g = f(H)$ . Le graphique (4) (obtenu en prenant pour chaque mois la moyenne des classes de mesures H 25-30 cm, 20-25 cm, 10-15 cm, 5-10 cm, et en comparant aux moyennes correspondantes de  $R_g$ ), montre que la courbe se déplace légèrement quand la hauteur du soleil varie. Celle-ci s'exprime à midi TSV par  $\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta$ , soit  $\cos (\varphi - \delta)$ . La courbe supérieure correspond aux valeurs minimums de  $\varphi - \delta$ .

En prenant pour chaque mois, le coefficient correspondant aux valeurs H comprises entre 15 et 25 cm, on trouve :

VARIATION DU COEFFICIENT D'ÉTALONNAGE DU PYRANOMETRE DE BELLANI  
 AVEC LA HAUTEUR DU SOLEIL



Mois	Nombre de jours	$\bar{H}$ en cm	Coefficient d'étalonnage	$\psi - \delta$ ° et 1/10
Janvier	17	19,8	17,2	17,0
Février	17	21,6	18,3	8,8
Mars	14	22,4	18,7	3,2
Avril	19	21,4	18,2	13,5
Mai	19	20,5	16,8	22,6
Octobre	17	21,0	18,3	4,2
Novembre	14	20,3	17,7	14,1
Décembre	15	20,1	17,3	19,0

La croissance avec la hauteur du soleil apparaît nettement (graph. 5). Les écarts par rapport à la valeur moyenne 17,9 sont de  $\pm 5\%$  environ. Cette variation est donc en grande partie responsable des écarts constatés pour les coefficients mensuels globaux.

#### Saison sèche

Elle se caractérise par une baisse de la température et une augmentation de la nébulosité. Ces deux facteurs semblent concourir à augmenter le rapport  $\frac{R_g}{H}$ .

Il semble que, malgré les variations de hauteur du soleil de Juin à Septembre, on puisse tracer une courbe unique pour ces quatre mois (Juin s'écartant légèrement de la courbe (graph. 6). Celle-ci est légèrement au-dessus de la courbe de saison des pluies obtenue lors du passage du soleil au zénith.

Pour H compris entre 15 et 25 cm, on a :

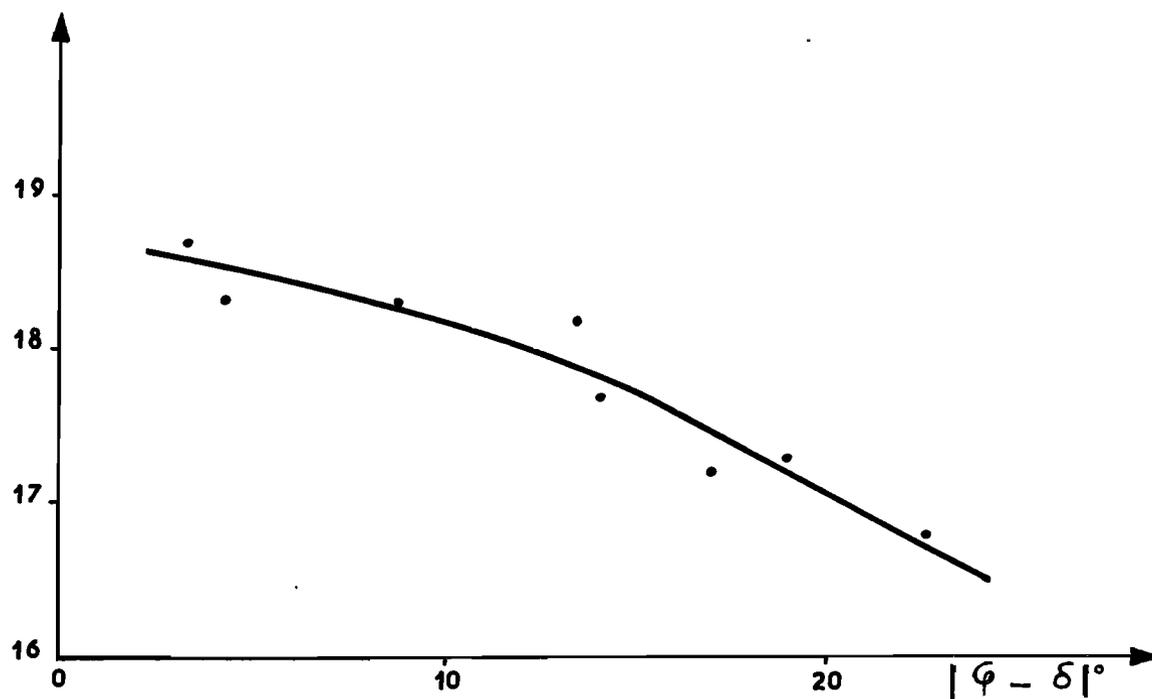
Juin	17,8
Juillet	18,6
Août	19,1
Septembre	18,8 (toutes les valeurs de H entre 15 et 20 cm.)

VARIATION DU COEFFICIENT D'ÉTALONNAGE  
AVEC LA HAUTEUR DU SOLEIL

Gr\_5

Coefficient d'étalonnage

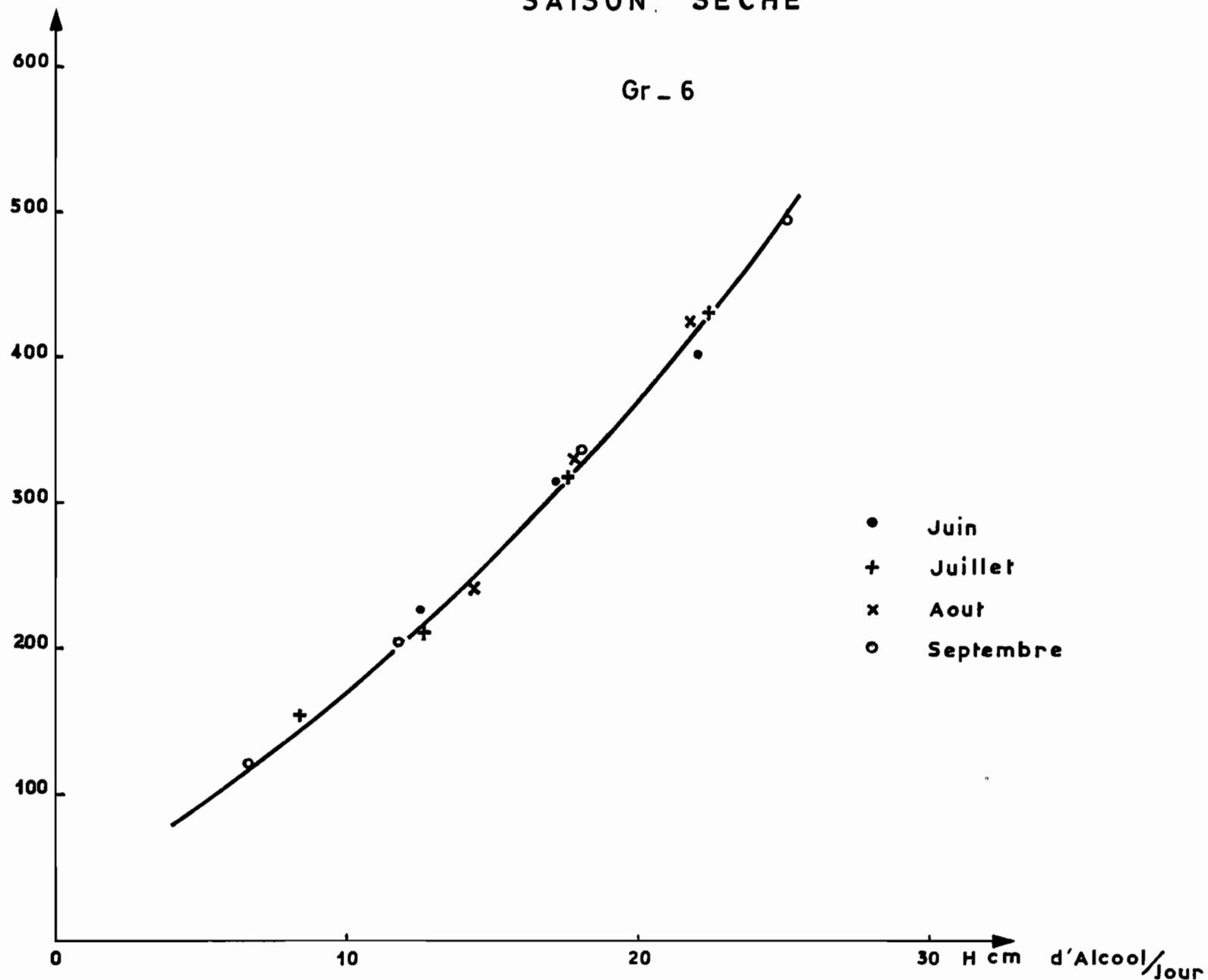
$15 < H < 25 \text{ cm}$



Rg Cal/cm<sup>2</sup>/jour

SAISON SECHE

Gr - 6



Le coefficient augmente encore légèrement avec la hauteur du soleil, mais il est nettement plus élevé que pour les mois correspondants de saison des pluies. On peut attribuer ceci à la nébulosité de la saison sèche, mais cela reste à préciser.

Quoiqu'il en soit, les conditions particulières de la saison sèche semblent tamponner la diminution du coefficient d'étalonnage avec la hauteur du soleil, ce qui tend à réduire la dispersion des résultats.

### DETERMINATION DU COEFFICIENT MENSUEL

Pour des estimations portant sur le mois ou la décade, il est donc possible d'appliquer directement un coefficient à la moyenne des mesures fournies par le pyranomètre de BELLANI.

En saison des pluies à Brazzaville ce coefficient peut être considéré comme constant pour un mois donné :

15 < H < 25 cm								
J	F	M	A	M	O	N	D	
17,5	18,3	18,6	17,9	16,8	18,5	17,8	17,2	

H supérieur à 25 cm 7% plus élevé

J	F	M	A	M	O	N	D	
18,7	19,6	19,9	19,1	18,0	19,8	19,0	18,4	

ce qui donne pour le mois avec une répartition approximative 2/3 - 1/3 :

17,9	18,7	19,0	18,3	17,2	18,9	18,2	17,7	
------	------	------	------	------	------	------	------	--

En saison sèche

La courbe unique obtenue pour Juillet, Août, Septembre peut justifier l'application d'un coefficient unique de 18,8 , Juin faisant la transition.

ESTIMATION DU RAYONNEMENT GLOBAL POUR  
DES PERIODES INFERIEURES A LA DECADE

Il y a lieu alors de tenir compte de la correction de calibre; les valeurs journalières, en effet, ne sont pas assez nombreuses pour qu'on estime que les volumes d'alcool mesurés se répartissent régulièrement dans les différentes classes étudiées. Il est alors nécessaire d'appliquer à chaque groupe de mesures son coefficient propre.

---

CONCLUSION

Malgré tous ses défauts, et le peu de confiance qu'on peut témoigner, à priori, à un tel instrument, il apparaît cependant que dans les conditions du climat équatorial où les variations climatiques ont peu d'amplitude, le pyranomètre de BELLANI peut rendre des services appréciables pour estimer le rayonnement global. Compte tenu des corrections établies précédemment, on peut admettre une précision de 3% pour les valeurs mensuelles, ce qui est très acceptable. Les calculs sont d'autre part simples, puisqu'il paraît possible d'attribuer à chaque mois de la saison des pluies un coefficient propre. En saison sèche, ce coefficient ne suit pas l'évolution générale, on peut remarquer cependant que les corrections de hauteur du soleil d'une part, de température et de nébulosité d'autre part, sont opposées, ce qui tend à ~~"tamponner"~~ la variation du coefficient d'étalonnage; ceci explique que l'application d'un coefficient moyen unique pour tous les mois de l'année n'entraîne pas d'erreurs supérieures à 5 %.

o  
o o

A N N E X E

Année 1968

PYRANOMETRE de BELLANI

mm d'alcool distillé/jour

Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
1ère décade	21.2	23.1	(20.9)	24.1	22.7	17.4	17.8	18.0	17.5	20.5	21.3	20.5
2ème décade	21.8	21.1	(24.2)	23.0	21.9	15.4	14.8	17.0	21.0	23.3	23.8	25.5
3ème décade	21.6	23.5	(22.0)	23.1	17.3	19.7	16.5	18.4	21.5	21.2	20.1	19.7
Mois	21.5	22.6	(22.3)	23.4	20.5	17.5	16.4	17.8	20.0	21.6	21.7	21.8

Année : 20.60

SOLARIGRAPHE

Rg cal/cm<sup>2</sup>/jour

Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
1ère décade	369	411	393	464	407	301	324	324	337	382	386	359
2ème décade	378	400	441	415	380	274	263	325	408	442	435	463
3ème décade	383	447	429	432	284	356	307	357	406	381	367	352
Mois	377	419	421	437	355	310	298	336	384	401	396	390

Année : 378

( ) moyennes portant sur des périodes incomplètes.

B I B L I O G R A P H I E

---

W. SCHÜEPP

- La conversion du rayonnement sphérique en rayonnement global.

Extrait de l'Archiv für Meteorologie  
Geophysik und Bioklimatologie - Série B  
Volume 10 - 1960.

---