

# L'utilisation du pyranomètre " Bellani " à Brazzaville

CHARLES RIOU

Maître de recherches de l'O.R.S.T.O.M.

## Résumé

Un an de comparaison entre un solimètre 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.

## 1. Le pyranomètre " Bellani " - Conditions des expériences

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. Pour les essais faisant l'objet de la présente note, il a été placé sur la tour de rayonnement, sans protection particulière, à côté des solarigraphes.

Les défauts de cet appareil ont été signalés : il s'agit, en particulier, de la 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 actiomètre 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.

## 2. Mesure du coefficient d'étalonnage du pyranomètre de Bellani

### 2.1. 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 le volume 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. Cependant, ce dernier facteur est en général peu variable dans le temps, mais il peut expliquer les écarts constatés entre les coefficients d'étalonnage de différentes stations. Pour préciser son influence, un montage en albedomètre 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 laissant passer environ 90% du rayonnement réfléchi.

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

### 2.2. Coefficient d'étalonnage

Les valeurs journalières de  $R_g$  et  $H$  à Brazzaville, pour une année complète, ont été portées sur le graphique de la figure 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 décadales et mensuelles du rayonnement global et des hauteurs d'alcool distillé, présentées sur le tableau I, donne les résultats suivants pour le rapport  $R_g/H$ ,  $R_g$  étant exprimé en  $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{jour}$  et  $H$  en  $\text{cm/j}$  :

	1 <sup>re</sup> décade	2 <sup>e</sup> décade	3 <sup>e</sup> décade	Mois
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

La moyenne annuelle est de 18,3. Les écarts maximums avec la moyenne annuelle sont pour le mois  $\pm 5\%$  pour la décade de  $- 10$  à  $+ 7\%$ . Les résultats sont reportés sur le graphique de la figure 2.

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.

TABLEAU I

Année 1968

PYRANOMÈTRE DE BELLANI

(cm d'alcool distillé/jour)\*

Période	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1 <sup>re</sup> décade	21,1	23,1	(20,9)	24,1	22,7	17,4	17,8	18,0	17,5	20,5	21,3	20,5
2 <sup>e</sup> 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
3 <sup>e</sup> 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

SOLARIGRAPHIE

(Rg cal/cm<sup>2</sup>. jour)

Période	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1 <sup>re</sup> décade	369	411	393	464	407	301	324	324	337	382	386	359
2 <sup>e</sup> décade	378	400	441	415	380	274	263	325	408	442	435	463
3 <sup>e</sup> 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.

COMPARAISON ENTRE LE PYRANOMÈTRE DE BELLANI  
ET LE SOLARIGRAPHE DE KIPP.

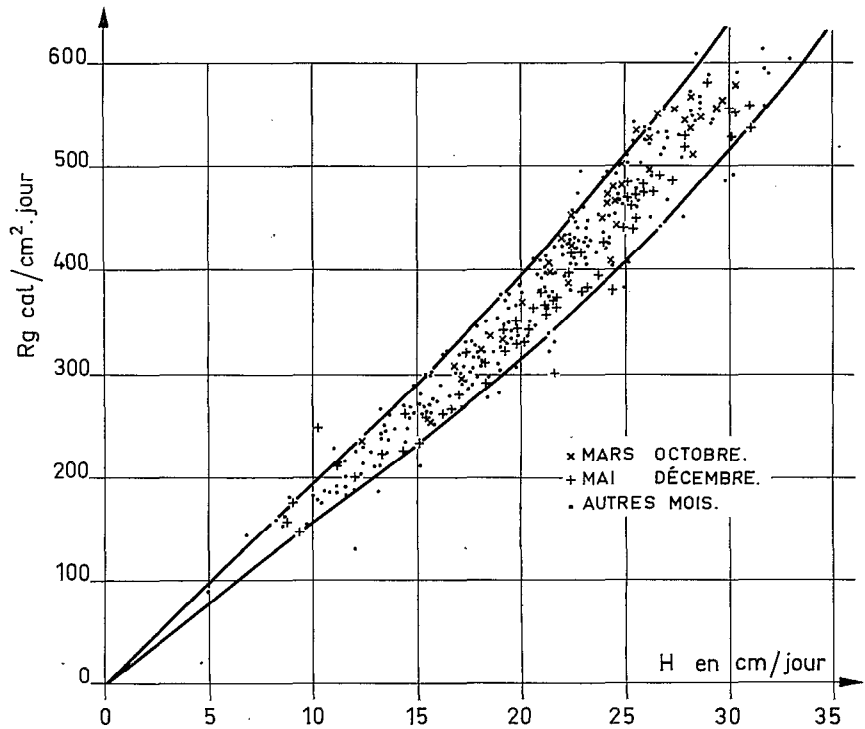


Fig. 1. — Valeurs journalières.

COMPARAISON ENTRE LE PYRANOMÈTRE DE BELLANI  
ET LE SOLARIGRAPHE DE KIPP.

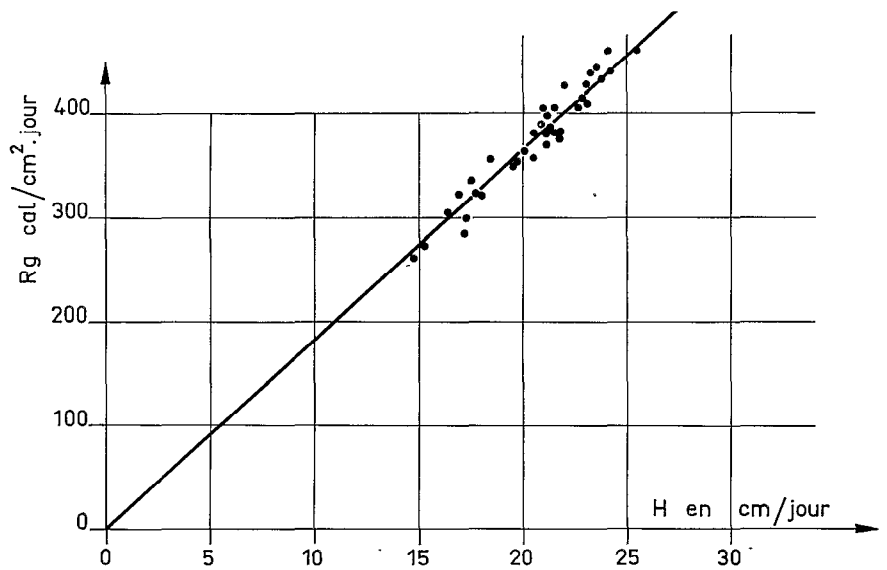


Fig. 2. — Moyennes décadales.

Un simple examen à vue permet déjà 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 égale hauteur du soleil, le coefficient est plus élevé en saison sèche.

### 3. Variation du coefficient d'étalonnage avec la hauteur d'alcool distillé

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 correspondantes du rayonnement global (fig. 3).

Hauteurs d'alcool distillé H	Nombre de jours	Moyenne hauteurs H	Rg moyen cal/cm <sup>2</sup> . jour	Coefficient Rg/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

Il apparaît que le coefficient d'étalonnage diminue d'abord avec la hauteur d'alcool distillé. Il semble devenir stable entre 10 et 20 cm d'alcool distillé puis 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, elle 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.

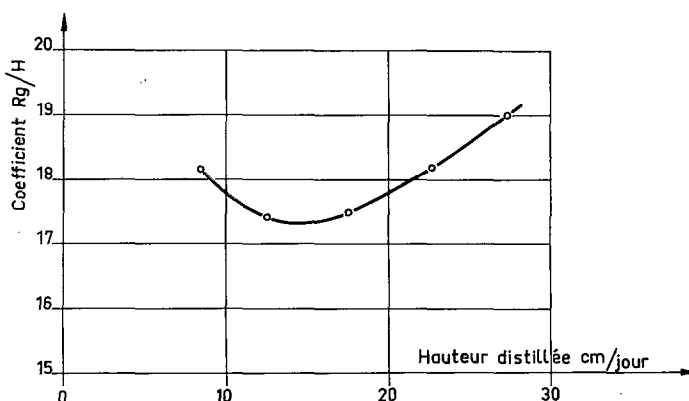


Fig. 3. — Coefficient d'étalonnage en fonction de la hauteur d'alcool distillée.

## 4. Variation du coefficient d'étalonnage avec la hauteur du soleil

Cette variation 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 de la figure 4, obtenu en prenant pour chaque mois la moyenne des classes de mesure 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 minimales de  $\varphi - \delta$ .

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

Mois	Nombre de jours	H en cm	Coefficient d'étalonnage	$\varphi - \delta$ degrés
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 du coefficient avec la hauteur du soleil apparaît nettement sur la figure 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.

La saison sèche se caractérise par une baisse de la température et une augmentation de la nébulosité. Ces deux facteurs semblent concourir à augmenter le rapport  $R_g/H$ .

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. Celle-ci est légèrement au-dessus de la courbe de saison des pluies obtenue lors du passage du soleil au zénith (fig. 6).

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)

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 ce fait à la nébulosité de la saison sèche, mais ceci 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.

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

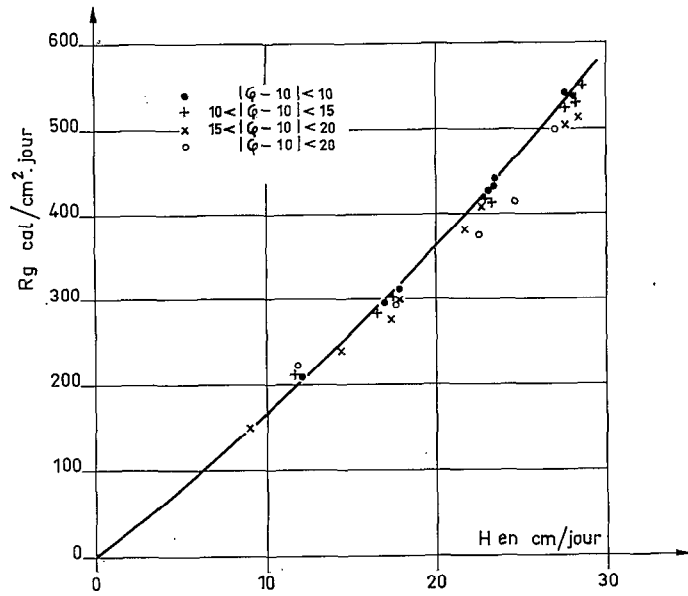


Fig. 4. — Saison des pluies.

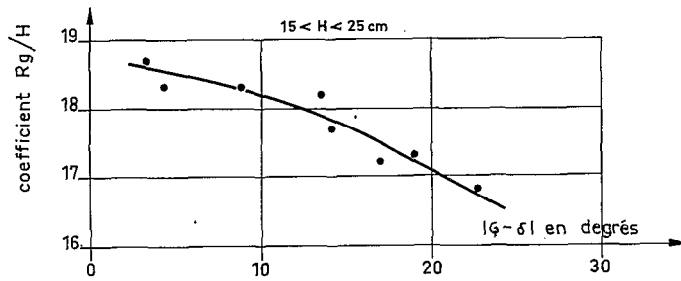


Fig. 5. — Saison des pluies.

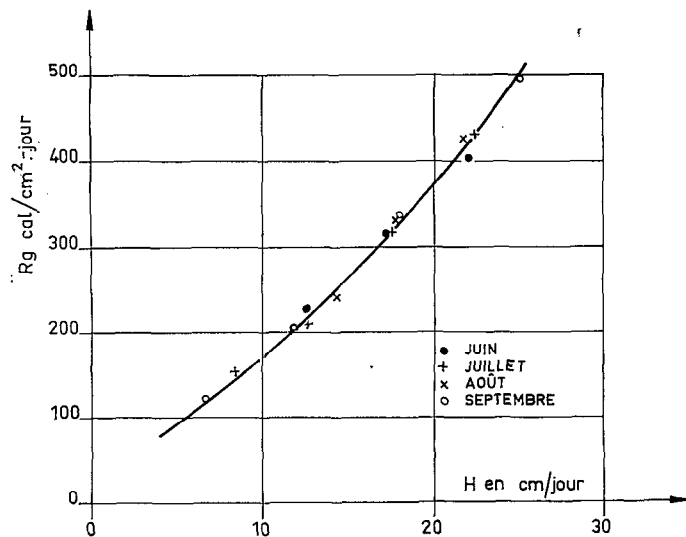


Fig. 6. — Saison sèche.

## 5. Détermination 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. Si  $15 < H < 25$  cm, sa variation annuelle est la suivante :

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Octobre	Nov.	Déc.
17,5	18,3	18,6	17,9	16,8	18,5	17,8	17,2

Lorsque H est supérieur à 25 cm, les valeurs sont de 7% plus élevées :

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Octobre	Nov.	Déc.
18,7	19,6	19,9	19,1	18,0	19,8	19,0	18,4

Si on admet que pour un mois quelconque la répartition de ces deux plages de valeurs de H est d'environ 2/3-1/3, on obtient les coefficients suivants :

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Octobre	Nov.	Déc.
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.

## 6. Estimation du rayonnement global pour des périodes inférieures à la décade

Il y a lieu alors de tenir compte de la correction de calibrage ; 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.

## 7. 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%.

## **Bibliographie**

CHÜEPP (W.) — 1960 — « La conversion du rayonnement sphérique en rayonnement global ». Extrait de l'*Archiv für Meteorologie Geophysik und Bioklimatologie*, Série B, Vol. 10. 1960.