

CLIMAT RADIATIF EN RÉGION CENTRE DE CÔTE D'IVOIRE

J. M. KALMS* - B. MONTENY** - J. HUMBERT***

I - INTRODUCTION :

L'énergie solaire est le moteur principal de l'activité biologique d'un couvert végétal, notamment pour la photosynthèse et l'évapotranspiration.

Jusqu'à ces dernières années les mesures de rayonnement solaire n'étaient effectuées que dans la partie Sud de la zone forestière de Côte d'Ivoire.

En région Centre, les premières mesures datent de 1973 et ne concernent que le rayonnement global jusqu'en 1977.

Le rayonnement net absorbé par une culture de riz pluvial bien alimenté en eau (ETRM) a été mesuré en continu au cours d'un cycle cultural en 1977; ces mesures ont été réalisées dans le cadre d'une collaboration étroite avec l'équipe du laboratoire de Bioclimatologie de l'ORSTOM (MONTENY, HUMBERT, DJOULET).

Les différents termes du bilan radiatif, qui s'écrit : $RN = (1-a)G + \epsilon(Ra - Rt)$ ont été mesurés à trois stades phénologiques de la culture de riz.

Rappelons que G : rayonnement global d'origine solaire

RN : rayonnement net absorbé par le couvert

a G = Rr : fraction d'énergie réfléchie vers l'atmosphère par le couvert végétal (a = albedo du couvert)

c.à.d. (1-a) G : bilan radiatif de courtes longueurs d'onde ($0,3 \text{ à } 3 \mu\text{m}$).

Ra = rayonnement atmosphérique de grandes longueurs d'onde provenant de l'émission thermique des nuages et de l'atmosphère (H_2O , CO_2 essentiellement), dont une fraction est absorbée.

Rt = émission thermique du couvert végétal $\epsilon \sigma T_s^4$ qui dépend de la température de surface du couvert.

c.à.d. : $\epsilon(Ra - Rt)$: bilan radiatif des grandes longueurs d'onde ($> 3 \mu\text{m}$).

Nous présentons ici les principaux résultats, qui sont une première contribution à la caractérisation du climat radiatif de la région Centre à Bouaké. Nous dégagerons notamment des relations statistiques linéaires du type : $RN = aG + b$.

Ces relations permettent une estimation du rayonnement net à partir de mesures plus simples et généralisables au niveau de réseaux météorologiques classiques.

Dans les régions où la liaison entre l'évapotranspiration d'une culture et le rayonnement net est forte, ces relations statistiques permettent une estimation des besoins en eau des cultures.

II - MÉTHODOLOGIE EXPÉRIMENTALE.

1 - Site des mesures :

Les mesures ont été effectuées à la station IRAT de l'IDESSA à 7 km à l'Ouest de Bouaké ($7^{\circ}30$ latitude Nord).

2 - Mesures effectuées :

— la durée d'insolation en heures, mesurée avec un héliographe Campbell - Stokes.

— le rayonnement global à l'aide d'un pyranomètre Bellani (depuis juillet 1973) mesuré en cm de distillat, et étalonné comparativement à une thermopile Lambda.

— le rayonnement global à l'aide d'une thermopile Lambda depuis octobre 1975 (préalablement étalonnée à l'ORSTOM). Ces mesures sont effectuées quotidiennement, en continu.

D'autre part, le rayonnement net a été mesuré avec un bilan-mètre (Schenk) de début novembre 1977 à fin janvier 1978.

3 - Types de couvert utilisés pour la mesure du rayonnement net :

— riz pluvial bien irrigué par aspersion (ETRM)

— sol nu irrigué

— riz pluvial en période de sécheresse (ETR)

— jachère = sol avec chaumes de riz et pailles répandues.

RÉSULTATS :

1. Climat radiatif : transmission atmosphérique. Au sommet de l'atmosphère, la quantité d'énergie moyenne reçue par jour à Bouaké varie de 764 Cal. cm^{-2} jour $^{-1}$ en décembre à 893 en avril, soit une variation maximale de 15% environ.

Les variations des moyennes mensuelles du rayonnement global peuvent atteindre 50% et sont dues à des variations de transparence de l'atmosphère, qui peut être caractérisée par le rapport

$$T = \frac{G}{G_0}$$

La figure 1 représente les variations de transmission moyenne, maximale et minimale par mois depuis août 1973 à Bouaké. Concernant la moyenne, on note des cycles assez réguliers avec des maxima en novembre et en juin (50 à 60%), et des minima en juillet et en octobre (33 à 45%), le mois d'août étant toujours le plus nuageux (transmission de 33 à 40%).

L'examen des minima absolus montre régulièrement des valeurs faibles en saison sèche (février). Ces valeurs correspondent à la conjonction d'aérosols importants (harmattan) et d'une forte couverture nuageuse (brouillard) pendant une partie de la journée (lors des premières pluies importantes).

A Bouaké, la transmission moyenne est d'environ 50%, légèrement supérieure à celle d'Abidjan (44%)*.

* J.M. KALMS : chargé de recherches INRA à l'IDESSA (Bouaké)

** B. MONTENY : chef du laboratoire de Bioclimatologie ORSTOM (Adioudoumé).

*** J. HUMBERT : Bioclimatologie ORSTOM.

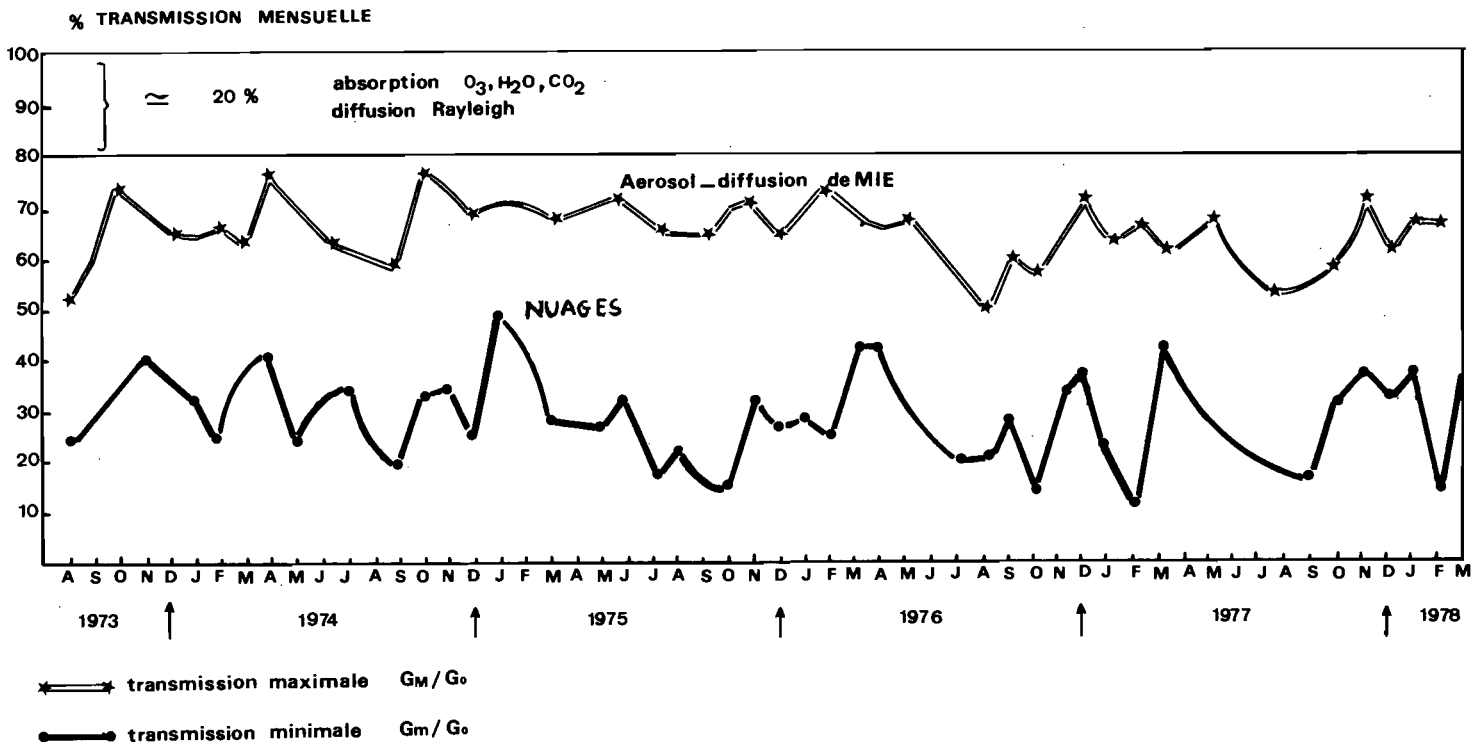


Fig. 1 : Valeurs de la transmission du rayonnement global à Bouaké

2. Relations statistiques établies à partir de données journalières.

1) - Les valeurs journalières de distillat du pyranomètre Bellani ont été corrélées avec les mesures de rayonnement global, obtenues à l'aide d'une thermopile Lambda. La relation est :

$$G = 75,36 B - 99,4$$

où G = rayonnement global en $J. cm^{-2}.j^{-1}$

B = cm de distillat j^{-1}

$r = 0,93$ pour 292 couples.

La corrélation est bonne et justifie l'installation d'un réseau de pyranomètres Bellani en zone de savane.

2) - Relation entre le rayonnement global et la durée d'insolation.

La formule de Black relie la durée d'insolation journalière à l'énergie globale reçue au sol sur une surface horizontale.

Les coefficients de cette relation ont été déterminés pour Bouaké par MONTENY et LHOMME :

$$G = \left(0,29 + 0,42 \frac{n}{N} \right) G_0$$

$r = 0,89$

$\sigma = 0,012$

Il est à noter que les coefficients trouvés sont très proches de ceux déterminés par J. RIDDER** en 1974 pour Tombokro :

$$G = \left(0,30 + 0,39 \frac{n}{N} \right) G_0$$

Cette formule peut donc être appliquée à l'ensemble de la région Centre pour estimer la valeur moyenne mensuelle.

3) - Relation entre le rayonnement global et le bilan radiatif pour une culture de riz pluvial.

Une relation a été déterminée entre le rayonnement net d'un couvert de riz bien irrigué (ETRM) et la radiation globale reçue pendant la journée (7 H à 18 H).

Les mesures ont été faites à partir du 30^e jour après semis et jusqu'à dix jours avant maturité.

La relation linéaire s'écrit : $RN = 0,63 G + 7,7$ ($J. cm^{-2}.j^{-1}$).

$r = 0,96$ ($\sigma = 62$) pour 41 couples.

L'intérêt pratique de cette relation est de pouvoir estimer le rayonnement net à partir de mesures plus simples et plus répandues en Côte d'Ivoire. Elle permet ainsi de calculer l'ETP à l'aide de la formule de Penman.

3. Evolution du bilan radiatif au cours de la journée.

Des mesures instantanées des termes du bilan radiatif ont été faites toutes les dix minutes pendant trois jours consécutifs, à trois phases végétatives du riz (tallage, montaison, épiaison).

3.1. Relation statistique à l'aide de valeurs instantanées entre le rayonnement net et le bilan radiatif de courte longueur d'onde.

Toutes les valeurs mesurées de 7 H à 18 H à trois stades phénologiques ont été regroupées (fig. 2).

La corrélation obtenue pour un riz bien irrigué est la suivante :

$$RN = 0,70 G - 5,2 \text{ (W/m}^2\text{)} \quad r = 0,99$$

respectivement pour un riz en période de sécheresse et pour une jachère sèche (chaumes de riz avec des pailles répandues) et dont la pente, diminue nettement quand le sol est recouvert partiellement d'un paillis. Pour cette jachère, la relation est :

$$RN = 0,58 G + 3,0 \text{ (W/m}^2\text{)} \quad r = 0,99.$$

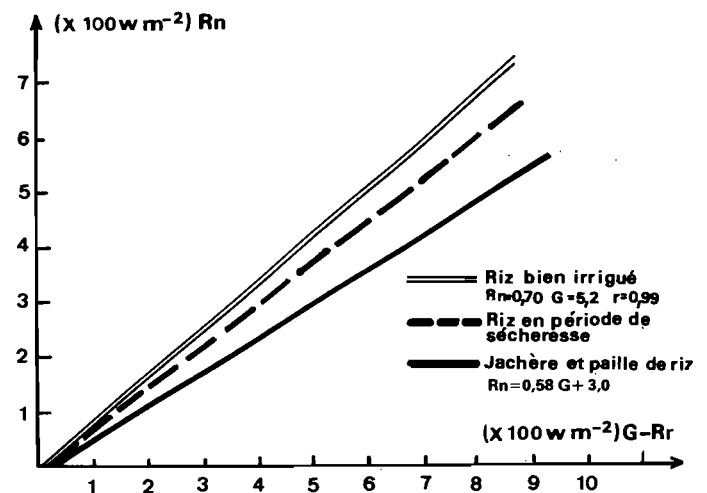


Fig. 2 : CORRELATION ENTRE LE RAYONNEMENT NET ET LE RAYONNEMENT GLOBAL A BOUAKE POUR TROIS COUVERTS

3.2. Evolution au cours de la journée des termes du bilan radiatif sur un riz pluvial bien irrigué.

La figure 3 montre deux exemples d'évolution :

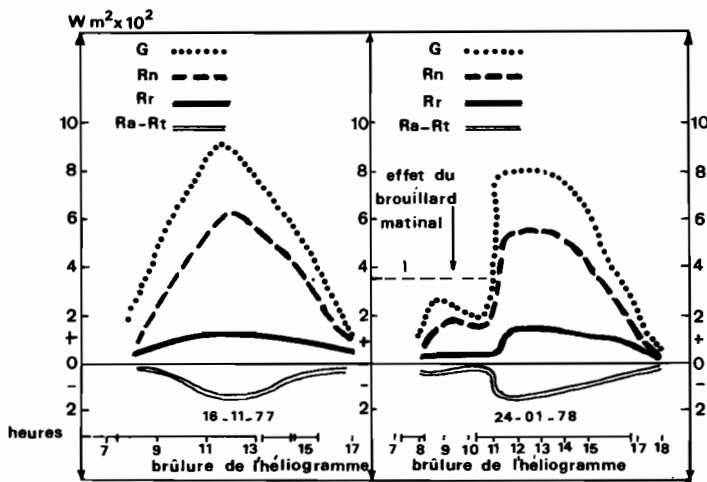


Fig. 3 : Exemples d'évolution au cours de la journée des termes du bilan radiatif-couvert de riz pluvial irrigué par asper-sion.

Le 16-11-77 était une journée très ensoleillée jusqu'à 15 h 30 où a succédé une couverture nuageuse importante.

Le 24-01-78 est caractérisé par un brouillard matinal qui s'est levé vers 8 h, mais la brume formée ne s'est dissipée que bien plus tard vers 10 h 30.

Remarquons que ces graphiques représentent des courbes lissées qui sont, en fait, en dent de scie lors des passages nuageux (1 point de mesure toutes les 10 minutes).

3.3. Evolution de l'albedo au cours de la journée sur couvert de riz et sur le sol nu.

La figure 4 montre des différences suffisamment nettes de l'albedo d'un riz bien irrigué et d'un riz en période de sécheresse en flétrissement partiel.

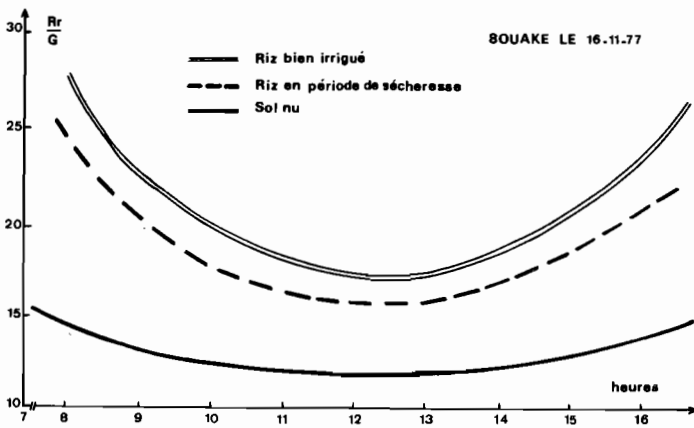


Fig. 4 : Evolution de l'albedo au cours de la journée de trois cou-verts.

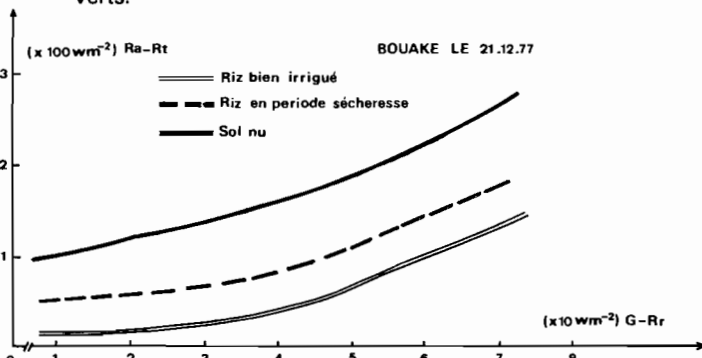


Fig. 5 : Relation entre les bilans radiatifs des grandes longueurs d'onde et des courtes longueurs d'onde montrant l'importance du rayonnement thermique pour trois cou-verts.

L'albedo d'un sol nu correspond à celui mesuré au début de la vé-gétation du riz (15 premiers jours après semis).

3.4. Relation entre le bilan d'énergie radiative de grandes longueurs d'onde et le bilan radiatif de courtes longueurs d'onde pour les mêmes conditions atmosphériques (le 21-12-77).

La figure 5 représente en fait la variation du rayonnement thermi-que terrestre respectivement pour un riz pluvial bien irrigué, un riz en stress hydrique et pour un sol paillé sec.

Les différences observées s'expliquent par une température* de surface bien plus élevée sur sol paillé sec que sur un couvert de riz. Ceci est dû au fait que l'énergie non consommée au niveau du sol doit être échangée avec l'air sous forme de chaleur sensible.

D'autre part, le couvert de riz en période de sécheresse atteint une température plus élevée du fait d'une forte régulation stomatique qui limite la transpiration et que la surface du sol est desséchée.

L'ensemble de ces résultats présentés très succinctement donne une meilleure connaissance du climat radiatif en région Centre.

Mais dans la pratique, ce qui intéresse l'utilisateur c'est de pouvoir relier à une mesure de rayonnement (global ou net) facile à effectuer, une estimation des besoins en eau d'une culture, exprimée par son évapotranspiration maximale.

4 - RELATION ENTRE LE RAYONNEMENT GLOBAL ET L'ÉVAPO-TRANSPIRATION MAXIMALE D'UNE CULTURE DE RIZ (ETM) MESURÉE EN CUVE LYSIMÉTRIQUE :

En 1975 et 1976, nous avons mesuré l'évapotranspiration maxi-male (ETM) d'une culture de riz pluvial cultivé en cycle unique à l'aide de quatre lysimètres à drainage libre. Cette méthode a été utilisée faute de mieux et nous avons vérifié qu'elle est non valable si l'on ne s'intéresse qu'aux mesures journalières. L'objectif était d'obtenir une assez bonne estimation de ETM pour les principales phases végéta-tives du riz, cultivé en conditions pluviales.

Le tableau 1 montre les valeurs moyennes d'ETM exprimées en mm par jour les quatre phases phénologiques du riz en 1975 et 1976, et ce pour deux variétés différentes.

Le rapport ETM/G est très voisin pour les deux variétés en début de cycle, de même qu'en fin de cycle (épiaison à maturité). Par contre on note une différence sensible entre les deux variétés pendant la phase de forte croissance et de montaison.

Tableau 1

Evolution au cours du cycle végétatif du riz pluvial du rap-port ETM/G à Bouaké.
1 - 1976 Variété IRAT 13.

Phase phénologique	G cal. cm.-2 j-1	ETM mm. j-1	ETM/G
0 - 40 JAS	335	2,4	0,43
40 - 82 JAS	311	3,9	0,75
82 - 117 JAS	341	5,7	1,00
117 - 128 JAS	303	3,2	0,63

JAS jour après semis (13/6 - 20/10)

2 - 1975 Variété MORBEREKAN

Phase phénologique	G cal. cm.-2 j-1	ETM mm. j-1	ETM/G
0 - 40 JAS	377	3,1	0,50
40 - 80 JAS	323	3,2	0,60
80 - 110 JAS	385	4,5	0,70
110 - 145 JAS	434	4,3	0,60 w

* Nota : Les températures de surface ont été mesurées à l'aide d'un appareil BARNES.

CONCLUSION

Dans la pratique, lorsqu'on dispose de mesures de rayonnement global (effectués avec un Bellani par exemple), et après avoir établi la relation entre G et ETM pour une culture donnée, il est possible d'estimer les besoins en eau de cette culture dans une région déterminée.

Lorsqu'on ne dispose pas de mesures de G, il est possible d'utiliser la formule de Black pour passer de la durée d'insolation à G puis à RN, mais avec une perte de précision. A défaut, on peut utiliser les données d'évaporation d'un bac d'eau libre (classe A), qui auront été reliées à ETM de la culture à l'aide d'un coefficient cultural, mais avec des restrictions.

BIBLIOGRAPHIE

M. MONTENY et G. GOSSE 1976 : Analyse et estimation du rayonnement net d'une culture de *Panicum maximum* en zone tropicale humide. Oec. Plant. T II, N° 2.

J. RIDDERS - Sept. 1974 : Synthèse des résultats sur cultures annuelles et pérennes - Ferme des cultures irriguées de Tombokro - Doc Mult. MRS - 86 p.

QUESTIONS - RÉPONSES

M. BAH

Avec les études comme celles présentées par MONTENY et KALMS, est-il possible de prévoir le temps ?

Mr. MANDENGUE

En ce qui concerne les précisions du temps à long terme, il est actuellement possible, à l'aide des satellites, d'obtenir des images exploitables pour les prévisions. Toutefois, cela est très difficile en région équatoriale, les zones de convections sont importantes et leurs variations sont très brusques.

M. COMBRES

Comment expliquez-vous que les valeurs des pentes de vos relations $R_n : f(G)$ sont différentes ?

M. MONTENY

La relation $R_n = 0,63 G + 7,7$ correspond à des valeurs intégrées sur la période diurne de la journée alors que la relation $R_n = 0,70 G - 5,2$ correspond à des valeurs instantanées.

En effet, il faut se reporter au niveau des appareillages, l'intégrateur du bilan-mètre journalier n'intègre pas les valeurs négatives alors que le rayonnement global continu à être comptabilisé.

RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS, DES TRANSPORTS
DE LA CONSTRUCTION ET DE L'URBANISME

ANNALES DU SERVICE MÉTÉOROLOGIQUE

COMPTE RENDU DES TRAVAUX
DES
SIXIÈMES JOURNÉES NATIONALES
DE CLIMATOLOGIE
BOUAKÉ
(27-28 AVRIL 1978)

ASECNA
SERVICE MÉTÉOROLOGIQUE

ABIDJAN - 1979

**Publications du Service Météorologique
de Côte d'Ivoire**

Dans la série **Monographies**
1 - Le climat de la Côte d'Ivoire,
Abidjan 1979

Edité par le Service Météorologique
ASECNA 01 BP 1365 Abidjan 01
Les articles sont publiés sous la
responsabilité des auteurs