

ÉVAPOTRANSPIROMÈTRE A BASCULE MÉCANIQUE ENREGISTREUSE

M. ELDIN

*Laboratoire de Bioclimatologie,
Centre d'Adiopodoumé, Abidjan, Côte-d'Ivoire
Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer*

RÉSUMÉ

Le dispositif décrit ici joue le rôle d'évapotranspiromètre, de pluviographe et de drosographe. La précision obtenue est de l'ordre de 5/100 mm de hauteur d'eau ce qui permet une mesure précise des apports d'eau par rosée nocturne et de calculer l'évapotranspiration sur une période très courte (10 ou 15 mn par exemple). L'enregistrement donne des indications sur la vitesse et la durée de l'évapotranspiration, de la pluie et du drainage.

SUMMARY

A recording weighing machine evapotranspirometer

The apparatus described in this paper acts as an evapotranspirometer, a recording rain gauge and a recording dew gauge. Precision is about 5/100 mm of water which permits to measure the amount of water brought by nocturnal dew and to calculate evapotranspiration on a short period (10-15 mn for instance). The recording gives interesting results on rate and length of evapotranspiration, rain and drainage.

I. — OBJET DU DISPOSITIF

Le dispositif décrit ici, conçu et réalisé par l'auteur au Centre O.R.S.T.O.M. d'Abidjan, permet une mesure continue, simple, précise, et économique de l'évapotranspiration.

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

23 JUN 1972

1°

55427g13

— Simple : La mesure consiste en une pesée continue d'une cuve de végétation, effectuée par une bascule enregistreuse du commerce. L'originalité du dispositif réside dans un système de contre-poids qui permet de peser des cuves dont le poids peut atteindre 1 ou 2 tonnes avec une bascule dont la portée maximale est de l'ordre de 50 à 200 kilogrammes.

— Précise : La sensibilité de la bascule, et par suite celle du dispositif tout entier, permet d'apprécier des gains ou des pertes d'eau de l'évapotranspiromètre équivalents à $2/100$ mm de hauteur.

— Économique : Le coût du dispositif, tel qu'il a été réalisé en Côte-d'Ivoire (1966) n'a été que de 500 000 F. C.F.A. environ (10 000 F.F.).

II. — PRINCIPE (fig. 1, 2 et 4)

L'évapotranspiromètre E repose par deux couteaux C_1 et C_2 sur le fléau d'un contre-poids. Ce fléau F repose lui-même sur un couteau C_3 porté par un pilier en béton P . A l'autre extrémité du fléau F est suspendu un contre-poids $C.P.$, par l'intermédiaire d'un étrier et d'un couteau C_4 . Ce contre-poids est posé sur le plateau de la bascule B , qui enregistre ses variations de poids apparent.

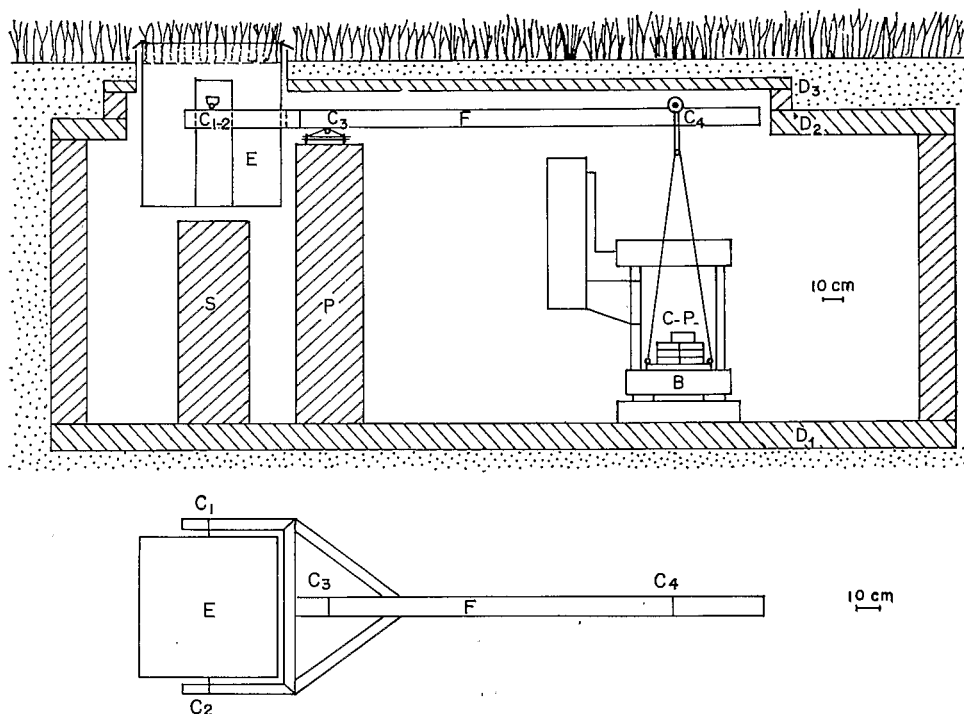


FIG. 1. — Schéma général du dispositif.

L'équilibre des forces s'établit ainsi (fig. 2) : l et L , étant des longueurs des bras de levier du système de contre-poids, le poids P de la cuve exerce à l'autre extrémité du fléau une force f telle que :

$$P \times l = L \times f \text{ soit } f = \frac{Pl}{L}$$

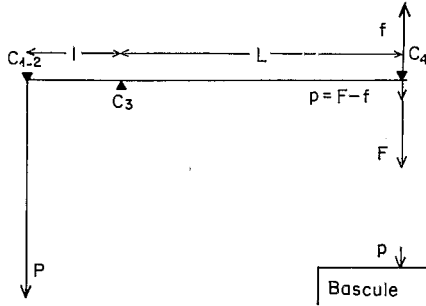


FIG. 2. — Principe de la pesée.

Le contre-poids C.P. a un poids propre F (avec $F > f$). La résultante $p = F - f$ de ces deux forces est le poids *apparent* du contre-poids sur le plateau de la bascule.

Compte tenu de la valeur de P (volume de la cuve, densité du sol...) et de la charge maximale Q de la bascule enregistreuse dont on dispose, il suffit de choisir l , L et F de façon à ce que p soit de l'ordre de quelques dizaines de kilogrammes et inférieur à Q . Il faut remarquer que la longueur minimale de l étant déterminée par la forme et les dimensions de la surface de l'évapotranspiromètre, le constructeur a le choix entre prendre L petit (de l'ordre de l) et avoir un contre-poids important (ce qui pose des problèmes d'encombrement sur le plateau de la bascule), ou bien prendre L assez grand (n fois l) ce qui permet d'avoir un contre-poids plus petit, mais peut engendrer des difficultés pour la réalisation du fléau de contre-poids qui doit être résistant et rigide.

On a donc : $p = F - f = F - \frac{P \cdot l}{L}$ d'où : $\Delta p = - \frac{l}{L} \Delta P$

Ce résultat appelle deux remarques :

— Les pertes de poids de la cuve ($\Delta P < 0$) se traduisent par une variation positive Δp enregistrée par la bascule. L'évapotranspiration ($\Delta P < 0$) s'inscrit donc positivement sur le diagramme d'enregistrement.

— La sensibilité σ du dispositif est égale à la sensibilité propre s de la bascule multipliée par $\frac{l}{L}$: $\sigma = \frac{l}{L} s$.

Si l'on désire un dispositif très sensible (σ grand), il ne faut pas choisir un rapport $\frac{l}{L}$ trop petit, c'est-à-dire choisir L trop grand; une bascule très sensible

(s grand) permet néanmoins de choisir $\frac{l}{L}$ assez petit, tout en conservant pour σ une valeur suffisante.

III. — RÉALISATION ⁽¹⁾

Le dispositif mis en place en Côte d'Ivoire, dont la forme et les dimensions sont données par les figures 1, 2, et 3 a été conçu pour une mesure de l'évapotranspiration potentielle. Il permet de suivre les pertes et les gains en eau d'une surface de sol recouverte de *Paspalum notatum* et placée en conditions climatiques naturelles, sauf en ce qui concerne l'alimentation hydrique qui est assurée, en permanence, de façon optimale, par des irrigations quotidiennes. En effet, la surface étudiée est celle d'un bac de profondeur suffisante pour que les racines disposent d'un volume assez grand de sol maintenu à une humidité très proche de la capacité au champ et d'un plan d'eau à une quarantaine de centimètres de la surface dans lequel certaines d'entre elles peuvent s'alimenter directement.

Un tuyau de drainage est disposé sur l'un des côtés de la cuve (fig. 3). Il est

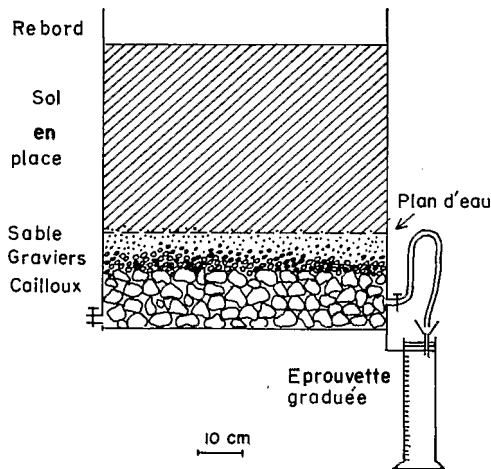


FIG. 3. — Coupe schématique de la cuve de végétation.

coudé de telle sorte que le drainage ne se produise que lorsque le plan d'eau au fond de la cuve atteint une hauteur correspondant au point haut du tuyau coudé. Une éprouvette graduée recueille l'eau de drainage. Comme elle est solidaire de l'évapotranspiromètre, le transfert de l'eau de drainage de la cuve dans l'éprouvette ne se traduit par aucune variation de poids du système cuve-éprouvette.

Ainsi :

— en régime de condensations : le gain de poids du système est égal au montant des condensations ;

⁽¹⁾ Le lecteur intéressé par les détails techniques concernant la réalisation de ce dispositif de mesure peut se reporter à : M. EL DIN, 1968, Nouvelle installation d'enregistrement, précise et économique, de l'évapotranspiration potentielle. Agronomie tropicale, XXIII, n° 11, 1182-1199.

— en régime d'évapotranspiration : la perte de poids du système est égale à la valeur de l'E.T.P ;

— en régime de pluies, c'est-à-dire quand il pleut de façon continue, on peut considérer les condensations et l'évapotranspiration comme nulles. Les variations de poids du système sont donc dues uniquement à la pluie, et le dispositif fonctionne alors comme un pluviographe très précis.

Nous avons utilisé une bascule enregistreuse Testut 9099, capable de suivre les variations de poids d'une charge maximale de 200 kilogrammes à 2 grammes près ($s = \frac{1}{2}$ mm de diagramme/g de variation de poids).

L'évapotranspiromètre est une cuve parallélépipédique de 60×60 centimètres carrés de surface et de 68 centimètres de profondeur, remplie de terre, de cailloux, de sable et d'eau (fig. 3), dont le poids moyen est de l'ordre de 500 kilogrammes.

Deux améliorations ont été apportées à ce dispositif pour le rendre plus pratique :

— un siphon monté sur l'éprouvette de drainage permet à celle-ci de se vider rapidement lorsqu'elle est pleine, entraînant une brusque variation de poids facilement interprétable sur le diagramme (fig. 4, paliers verticaux LM, NO, PQ et RS) ;

— pour éviter que le style enregistreur reste bloqué en bas ou en haut de course, ce qui peut se produire lors d'une forte pluie (bas de course) ou lors d'un drainage ou d'une évapotranspiration importante (haut de course), nous avons adjoint à la bascule un dispositif permettant une translation de l'enregistrement vers le haut ou vers le bas, qui évite que ce dernier soit interrompu pendant plus de 3 ou 4 minutes : le support du style enregistreur vient, en fin de course vers le bas, fermer un contact électrique qui provoque la mise en marche d'un moteur. Par l'intermédiaire d'un fil d'acier et d'une poulie, ce moteur laisse descendre un à un des poids d'un kilogramme sur le plateau de la bascule, jusqu'à ce que le style enregistreur remonte (fig. 4, paliers verticaux CD et IJ). Le contact s'ouvre alors, et le moteur s'arrête.

En fin de course vers le haut, un autre contact commande la rotation du moteur en sens inverse (moteur à inversion de phase). Les poids d'un kilogramme sont alors soulevés et retransférés un à un du contre-poids jusqu'à ce que le style enregistreur redescende (fig. 4, palier vertical ST).

IV. — RÉSULTATS

Les résultats susceptibles d'être acquis avec le dispositif décrit ici sont illustrés par le fac-similé de l'enregistrement que nous avons obtenu à Abidjan, entre le 20-3-69 à 7 heures et le 22-3-69 à 7 heures (fig. 4).

Les caractéristiques de notre montage sont les suivantes :

une variation $\Delta p = 6$ g sur le plateau de la bascule provoque un déplacement d'un millimètre du style enregistreur : $s = \frac{1}{6}$ mm/g (1).

(1) Nous n'utilisons pas la sensibilité maximale de la bascule, qui est $s = \frac{1}{2}$ mm/g.

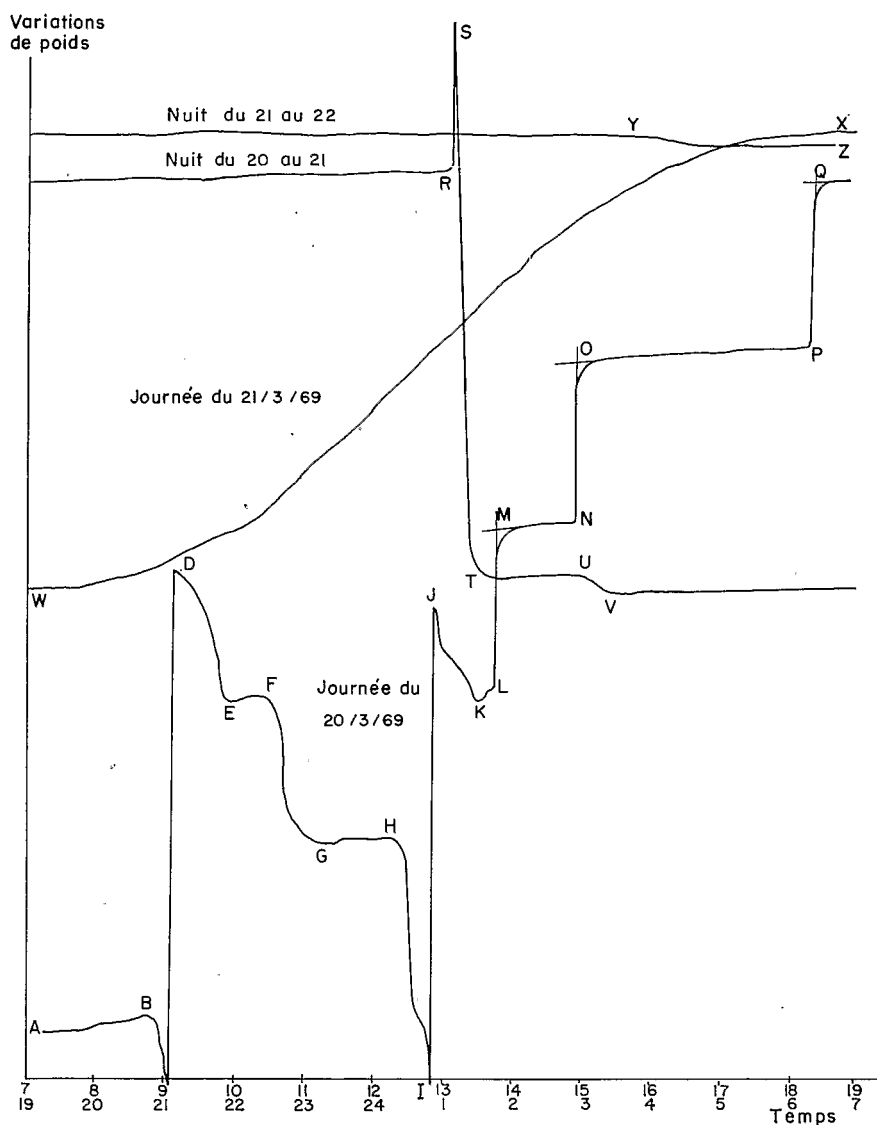


FIG. 4. — Exemple d'enregistrement (pour analyse, cf. texte).

$$\text{Comme } \frac{l}{L} = 0,35 \quad \sigma = 0,35 \times \frac{I}{6} = 0,0585 \text{ mm/g.}$$

Ainsi une variation d'un gramme du poids de l'évapotranspiromètre entraîne un déplacement de 0,0585 mm du style enregistreur, ou encore 1 millimètre de diagramme correspond à une variation de $\frac{I}{0,0585} = 17,10$ g du poids de la cuve.

Compte tenu de la section de l'évapotranspiromètre ($60 \times 60 = 3600$ cm²) il vient : $\sigma = 0,0585 \times 360 = 21,0$ mm diagramme/mm eau, ou encore 1 mm

de diagramme correspond à 0,0475 mm de hauteur d'eau reçue ou évaporée à la surface de l'évapotranspiromètre.

Journée du 20-3-69 (fig. 4) :

AB : 7 h 15 à 8 h 45 — Évapotranspiration : 5 mm diagramme, soit 0,24 mm en hauteur d'eau.

B — 8 h 45 — Début de la pluie.

BC — 18 mm diagramme → 0,86 mm de pluie.

C — 9 h 03 — Pose d'un poids d'un kg sur le plateau de la bascule.

Translation théorique de l'enregistrement vers le haut 167 mm, correspondant à 1 kg.

Translation observée : CD = 147 mm.

167 — 147 = 20 mm → 0,95 mm de pluie, tombée pendant que s'effectuait la translation de l'enregistrement.

DI : pluie et évapotranspiration alternée.

— Pluie : DE + FG + HJ = 38 + 43 + 69 = 150 mm diagramme → 7,13 mm eau

— Évapotranspiration : EF + GH = 2 + 2 = 4 mm diagramme → 0,19 mm eau

IJ — 12 h 50 — Pose d'un deuxième poids d'un kg.

IJ = 136 mm : 167 — 136 = 31 mm → 1,47 mm de pluie.

JK : Pluie : 27 mm diagramme → 1,28 mm de pluie.

K : 13 h 35 — Fin de la pluie.

KL : Évapotranspiration : 4 mm diagramme → 0,19 mm d'eau évaporée.

LM : 13 h 48, soit 5 h après le début de la pluie, premier « siphonnage » de l'éprouvette de drainage.

LM = 46 mm = 788 g eau (Le siphon de l'éprouvette de drainage s'amorce lorsque le niveau de l'eau atteint environ 800 cm³. Il reste toujours un peu d'eau au fond de l'éprouvette après le fonctionnement du siphon).

MN : Évaporation : 2 mm diagramme → 0,09 mm d'eau.

NO : 2^e « siphonnage » de l'éprouvette de drainage.

OP : Évapotranspiration : 5 mm diagramme → 0,24 mm.

PQ : 3^e « siphonnage » de l'éprouvette de drainage.

Q = 18 h 30.

Récapitulation journée du 20-3-69 :

Pluie : 0,86 + 0,95 + 7,13 + 1,47 + 1,28 = 11,69 ≠ 11,7 mm.

Évapotranspiration potentielle : 0,24 + 0,19 + 0,19 + 0,09 + 0,24 = 0,95 ≠ 1 mm.

Nuit du 20 au 21 :

QR — Évapotranspiration nocturne

QR = 4 mm → 0,19 mm

RS — 4^e « siphonnage ».

ST — Retrait d'un poids d'un kg du plateau de la bascule → translation de l'enregistrement vers le bas.

T.U — Évapotranspiration : 1 mm → 0,05 mm.

U.V — Petite pluie : 6 mm → 0,28 mm.

V.W — Évapotranspiration : 2 mm → 0,19 mm.

Récapitulation nuit du 20 au 21 :

Pluie = 0,28 mm ≠ 0,3 mm.

Évapo = 0,19 + 0,05 + 0,19 = 0,43 ≠ 0,4 mm.

Journée du 21-3-69 :

Sigmoïde correspond à l'évapotranspiration d'une belle journée ensoleillée.

WX = 132 mm → 6,28 mm (Record du mois de mars 69). On note que la pente maximale de la sigmoïde est obtenue vers 13 h. Elle est de l'ordre de 20 mm/h correspondant à une vitesse d'évapotranspiration d'environ 0,95 mm eau/heure.

Nuit du 21 au 22 :

XY : Ni pluie, ni évapotranspiration, ni condensation.

Y : 4 h : Début de la formation de rosée.

YZ : Condensation d'eau sous forme de rosée descendante : YZ = 3 mm → 0,14 mm.

**TECHNIQUES D'ÉTUDE
DES FACTEURS PHYSIQUES
DE LA BIOSPHÈRE**
- extrait -

1970

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
149, rue de Grenelle - Paris-7^e

5512