

# L'ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE :

## APPLICATIONS - DÉFINITION

## PRINCIPALES ÉVALUATIONS

## MESURE

M. ELDIR  
Maître de Recherches à l'ORSTOM

par

A. DAUDET  
Assistant de Recherches à l'INRA

P. QUENGEY  
Chargé de Recherches à l'IRHO

### AVANT-PROPOS

A un moment où les organismes qui s'intéressent à la mesure de l'Évapotranspiration Potentielle (ETP) deviennent de plus en plus nombreux, les Auteurs ont pensé qu'il pouvait être utile, dans le but d'éviter un développement trop anarchique des installations, de rappeler quelques notions concernant l'ETP et de décrire une méthode et un appareil standard conçu pour sa mesure.

Destiné initialement à la Côte-d'Ivoire, l'objet de cet article est de diffuser auprès des organismes intéressés une technique de mesure parfaitement normalisée, faisant appel à un modèle d'évapotranspiromètre bien défini, dont la construction en nombre suffisant par un atelier spécialisé a permis d'abaisser sensiblement le prix de revient d'une installation.

La solution technique décrite ici n'est que l'expression du choix qu'il a fallu faire parmi les solutions possibles et également valables que l'on peut imaginer.

Il importe donc que le futur utilisateur ou constructeur d'un évapotranspiromètre de même principe ait présente à l'esprit la distinction entre ce qu'une mesure correcte comporte d'impératifs et ce qui, plus ou moins conventionnel dans la description proposée, peut sans inconvénient être modifié selon des critères particuliers à chaque utilisateur.

Les impératifs concernent surtout le choix de l'emplacement de mesure et les conditions d'irrigation à respecter sur l'anneau de garde.

Le choix de la forme du bac de végétation et de ses dimensions est, par contre, en partie arbitraire et résulte d'un compromis entre le souci de limiter le prix de revient et celui d'augmenter la précision des mesures en opérant sur une surface plus étendue.

Une cause d'erreur importante, liée à la croissance de la plante qui souvent déborde du bac de mesure, réside en effet dans la délimitation imprécise de la surface évaporante. Le choix d'une surface de mesure plus étendue ainsi que des coupes plus fréquentes réduisent la valeur relative de ces erreurs.

On remarquera de même qu'à surface égale, un bac circulaire, outre l'avantage qu'il offre de ne présenter aucune direction privilégiée, conduit à une réduction du rapport périmètre/surface, donc à une limitation des erreurs par débordement de végétation.

De même, la périodicité quotidienne des arrosages sur le bac de mesure n'est pas une obligation absolue dans la mesure où l'on ne peut pas espérer obtenir par cette méthode des valeurs journalières de l'ETP. La seule condition à respecter scrupuleusement est d'interdire, entre deux arrosages, un dessèchement du sol susceptible de limiter l'évapotranspiration. Une grande capacité de rétention du sol et des valeurs de l'ETP journalière relativement faibles pourront conduire localement à adopter une périodicité d'arrosage plus faible sans risquer d'erreur.

Des critères techniques, économiques ou pratiques pourront donc faire adopter, en ce qui concerne la construction de l'appareil et la conduite des mesures, une solution légèrement différente de celle présentée ici en fonction de chaque cas particulier.

## 1) GENERALITES

Un grand nombre d'applications agricoles ou de problèmes de recherches en hydrologie, climatologie, agronomie... nécessitent la connaissance de la consommation en eau des plantes en conditions naturelles, afin de définir les normes d'irrigation à adopter dans une zone déterminée, ou d'évaluer, autrement qu'en la considérant comme le terme résiduel du bilan hydrique, la perte en eau d'une région par évapotranspiration (évaporation et transpiration).

Pour ces types d'application, on a recours à une évaluation par excès : l'évapotranspiration potentielle (ETP) que l'on peut définir comme étant la quantité maximale d'eau susceptible d'être évaporée au niveau d'un couvert végétal continu, en phase active de croissance, lorsqu'il est abondamment alimenté en eau.

L'expérience montre que des couverts végétaux différents, placés dans les conditions de définition de l'ETP, consomment une quantité d'eau à peu près équivalente. Il en découle que l'on peut concevoir l'ETP comme une grandeur purement climatique, qui traduit, sous forme de demande en eau, l'action combinée du rayonnement solaire, du déficit de saturation et de la température de l'air, de la vitesse du vent, etc.

On peut penser que l'ETP est une estimation correcte de l'évapotranspiration réelle (ETR), dans le cas où l'eau du sol est aisément disponible pour la végétation. Dans le cas contraire, après une période sèche prolongée, l'ETR peut être nettement inférieure à l'ETP, voire même nulle à certains moments.

Quoi qu'il en soit, même pour ces périodes de sécheresse, la connaissance de l'ETP reste intéressante, car elle permet, par différence avec la pluviométrie, de chiffrer le déficit hydrique qui caractérise le climat de la région étudiée.

## II) DIFFERENTES EVALUATIONS DE L'ETP

## A) BACS D'EVAPORATION

Ils sont généralement employés dans les stations climatologiques (bac Colorado ou bac Classe A). Ils donnent une valeur difficile à comparer à l'évapotranspiration d'un couvert végétal. On peut y trouver de nombreuses raisons :

forme de la surface évaporante différente et beaucoup plus réduite dans le cas d'une nappe d'eau que dans celui d'un couvert végétal ;

comportement différent vis-à-vis du rayonnement ;

inertie thermique importante du bac d'évaporation par rapport à celle du couvert végétal.

De plus, et surtout, les bacs sont rarement installés dans des conditions d'environnement précises et constituent de toutes façons un corps étranger au milieu qui les reçoit (exception faite des bacs flottants). Il en résulte que les échanges advectifs qui s'établissent entre le bac de mesure et la surface environnante peuvent être très importants et éminemment variables selon la nature de cette surface. Ils entraînent une grande dispersion des mesures et d'énormes difficultés dans leur interprétation.

## B) EVAPOROMETRE PICHE

Placé sous abri, l'évaporomètre PICHE peut, après application de la correction calculée par BOUCHET, donner une bonne valeur de l'ETP mais, pour chaque région, chaque période de l'année et chaque type d'abri, il faut déterminer expérimentalement la valeur du coefficient de proportionnalité  $\alpha$ .

## C) LES FORMULES CLIMATIQUES EMPIRIQUES

Elles permettent de calculer ETP connaissant certaines grandeurs climatiques qui sont généralement : la durée du jour ou la durée d'insolation mensuelle, la température moyenne mensuelle, l'hygrométrie moyenne mensuelle, etc. Elles doivent être testées avant de pouvoir être utilisées en confiance sous des climats variés.

## D) LES FORMULES CLIMATIQUES DU TYPE PENMANN

Elles sont issues de considérations thermodynamiques, ce qui leur confère une validité plus générale et une plus grande précision qu'aux formules empiriques. Malheureusement, elles font appel à des grandeurs climatiques (rayonnement net, par exemple) qui ne sont pas encore mesurées dans les stations climatologiques classiques. Néanmoins, on peut généralement évaluer grossièrement ces grandeurs climatiques par des formules approchées.

Que ce soit pour déterminer le coefficient  $\alpha$  de la formule de BOUCHET ou pour définir les limites de validité des diverses formules climatiques utilisables, il importe de disposer de mesures directes de l'ETP dans un certain nombre de stations bénéficiant de climats aussi différents que possible.

Nous passerons ici sous silence les mesures de l'ETP qui font appel à des moyens instrumentaux importants ou à des compétences étendues (méthodes pondérales, méthodes aérodynamiques, méthodes du bilan énergétique, etc.), pour ne retenir et décrire qu'une méthode extrêmement simple, peu coûteuse et susceptible par conséquent d'une très grande généralisation : la méthode par bilan hydrique d'une case de végétation.

Le but du présent article est de diffuser auprès des organismes susceptibles d'être intéressés par une telle mesure, la description de l'appareil standard à employer et la norme à adopter dans la conduite des mesures.

### III) MESURE DE L'ETP PAR LA METHODE DU BILAN HYDRIQUE DE CASES DE VEGETATION

#### A) PRINCIPE

La mesure consiste à établir le bilan hydrique d'un système constitué par un volume de sol enfermé dans un bac, et en contact avec l'atmosphère par une surface engazonnée. Cette surface est placée en conditions naturelles, c'est-à-dire au niveau et au milieu d'une parcelle recouverte d'une végétation identique. Une nappe d'eau libre est maintenue dans le fond du bac pour assurer une alimentation en eau constamment abondante. Un dispositif de drainage permet de recueillir l'eau libre qui draine vers la base du bac.

Pour chaque période de mesure, on peut écrire que les apports d'eau sur le bac sont égaux à ses pertes, à la variation près de la réserve en eau du bac, soit :

$$P + I = \text{ETP} + D + \Delta R$$

où :

P est la pluviométrie reçue par la surface,

I est l'irrigation apportée sur la surface,

D est le drainage recueilli à la base du bac,

$\Delta R$  est l'augmentation algébrique du stock d'eau contenue dans le bac entre le début et la fin d'une période de mesure,

ETP est l'évapotranspiration de la surface, que l'on cherche à mesurer comme terme résiduel de ce bilan hydrique.

Toutes ces grandeurs doivent, bien entendu, être mesurées avec une même unité. L'unité généralement employée, parce qu'indépendante de l'aire de la surface de mesure, est le millimètre de hauteur d'eau.

P, I et D sont facilement mesurables. On élimine  $\Delta R$ , en imposant des conditions de rétention pour l'eau dans le bac identiques au début et à la fin de la mesure ( $\Delta R = 0$ ). On choisit, comme conditions particulières, la fin du drainage après une pluie ou une irrigation abondante sur la surface de mesure, car l'état de la réserve en eau est alors relativement bien défini : terre du bac entièrement à la capacité au champ et nappe d'eau libre dans le fond du bac à son point le plus haut (départ du tuyau de drainage).

Pour une période comprise entre deux fins de drainage, on peut donc écrire :

$$\text{ETP} = P + I - D$$

Malheureusement, la fin du drainage est mal définie et son appréciation un peu subjective. On peut, bien sûr, considérer que le drainage est terminé lorsque l'eau ne coule plus que goutte à goutte dans le récipient collecteur, mais c'est là une définition peu satisfaisante.

On tourne la difficulté en arrosant la surface en fin de journée de sorte que le drainage s'opère et se termine durant la nuit. Comme pendant celle-ci l'évapotranspiration est très faible, nulle ou même négative (rosée), on retrouve le matin, en début de journée, les conditions que nous avons imposées comme devant être celles du début et de la fin d'une période de mesure : eau libre entièrement écoulée, sol entièrement à la capacité au champ, nappe d'eau libre à son point le plus haut.

Néanmoins, les difficultés dans l'obtention fidèle et précise d'une humidité correspondant à la capacité au champ sur toute la hauteur de la terre du bac font que la réserve maximale en eau après drainage varie généralement d'un jour à l'autre, ce qui introduit une erreur qui peut être importante

sur la valeur quotidienne de l'ETP. C'est la raison pour laquelle on adopte des périodes de mesure d'au moins une semaine et le plus souvent décadaires. Si les mesures sont faites avec soin (bonne irrigation de l'anneau de garde, bonne homogénéité des surfaces de la cuve et de l'anneau de garde, bonne délimitation de la surface de mesure...), la précision obtenue sur les valeurs décadaires est excellente (de l'ordre de 2 mm, soit environ 5 % pour une ETP décadaire atteignant une quarantaine de millimètres).

#### B) DESCRIPTION DE L'APPAREIL \*

L'évapotranspiromètre se compose de deux bacs (voir figure) :

un bac de mesure de section carrée de 2 m<sup>2</sup> (1,41 × 1,41 m) et 1 m de profondeur, enterré jusqu'au niveau du sol, rempli de terre et couvert de *Paspalum notatum* en zone intertropicale humide ;

un bac de réception et de contrôle des eaux de drainage, installé dans une fosse distante d'au moins 7 m du bac de mesure. Son volume est d'environ 220 litres. La fosse est fermée par un couvercle de protection.

Lorsque la chose est matériellement possible, il est souhaitable, afin de pouvoir estimer l'ordre de grandeur des erreurs de mesure, de mettre en place deux bacs de mesure reliés à deux bacs de drainage installés dans une fosse commune.

#### C) CONSTRUCTION \*

Elle peut être assurée par un constructeur professionnel, au prix de 50.000 F CFA (Abidjan, 1968). Ce prix correspond à la fourniture d'un bac de mesure, d'un bac de drainage et de la tuyauterie de liaison.

#### D) EMPLACEMENT \*

La surface de mesure de l'évapotranspiromètre doit être :

en un lieu dégagé de tout obstacle (maison, arbre, haie, etc.) susceptible de perturber la circulation atmosphérique dans son voisinage immédiat ; l'éloignement de l'obstacle doit être égal à 20 fois la hauteur de celui-ci ;

dans un milieu sol-relief représentatif de la région ;

au milieu d'une parcelle de garde d'au moins 20 × 20 m de côté et facilement irrigable (à proximité d'un point d'eau).

#### E) MISE EN PLACE \*

a) Creuser un trou pour le bac, un trou pour le récipient collecteur et une tranchée reliant l'un à l'autre suivant les indications de la figure. Les parois et le fond de la fosse recevant le récipient collecteur doivent être maçonnés.

b) S'assurer que le sol n'est pas mouvant en cas d'engorgement d'eau.

c) Disposer une couche de 10 cm de sable au fond de la tranchée. La stabilité du bac peut être assurée également par une semelle de sable et de ciment sec.

d) Placer le bac d'évaporation dans son trou. Son bord supérieur doit dépasser le niveau du sol de 5 cm pour éviter que l'eau de ruissellement n'y pénètre ou n'en sorte.

e) Relier le bac de mesure et le récipient collecteur par des tuyaux de 18/21. Reboucher la tranchée et l'espace libre autour du bac de mesure.

f) Disposer successivement dans le fond du bac de mesure :

une couche de 20 cm de petits cailloux ou graviers,

une couche de 15 cm de sable.

g) Finir de remplir le bac jusqu'au niveau du sol en remettant les horizons pédologiques à peu près en place. Cependant, le sol contenu dans le bac doit être drainant. S'il ne remplit pas cette condition, il faut la créer par un apport de sable et/ou de chaux. Le remplissage peut être effectué dans l'eau pour obtenir un tassement plus rapide et plus régulier qu'un compactage à sec.

\* Les paragraphes marqués d'un astérisque ont été rédigés en s'inspirant de la description faite par M. GREBET : « Mesure de l'ETP » (Versailles, 1967), et à laquelle se réfère M. FRANQUIN dans son « Rapport général de Mission sur la Normalisation des Observations météorologiques en Afrique francophone » (1968).

h) Attendre que la terre soit tassée, ajuster soigneusement son niveau à celui du sol environnant le bac, puis repiquer (ou semer) des pieds de *Paspalum notatum*, de façon à obtenir une couverture assez dense (1 pied pour 50 cm<sup>2</sup> environ) tant sur la surface de mesure que sur l'anneau de garde.

#### F) PRATIQUE DES MESURES

Tous les soirs, si le drainage est terminé et s'il n'est pas tombé dans la journée de pluie supérieure à 4 mm, on apporte sur la surface de mesure une dose d'irrigation telle que, compte tenu de l'évapotranspiration de la journée, un léger drainage soit provoqué. Par exemple, si on estime que l'ETP de la journée est de l'ordre de 3 mm, on apportera une irrigation de 5 mm pour être sûr de provoquer le drainage, même si la valeur exacte de l'ETP s'avère être par la suite plus près de 4 mm que de 3.

Le relevé du drainage s'effectue tous les matins (entre 6 et 8 heures).

La journée de mesure va de 8 heures (par exemple) à 8 heures le lendemain, c'est dire que dans le bilan :

$$ETP = P + I - D$$

P et I sont ceux mesurés durant ces mêmes 24 heures, et que le drainage relevé à 8 heures intéresse les 24 heures précédentes.

L'irrigation de l'anneau de garde s'effectue en principe aux mêmes doses et au même rythme que celle de la surface de mesure. Pour des raisons de simplification, on est conduit à ne pratiquer cette irrigation que deux fois par semaine en saison sèche et à une dose correspondant à une moyenne de 4 mm/jour. (Ceci n'est valable que pour la moitié sud de la Côte-d'Ivoire. Il est clair qu'en allant vers le nord, on va également vers des ETP plus fortes en saison sèche : le rythme des irrigations de l'anneau de garde doit devenir plus rapide et les doses plus importantes).

Afin de ne pas fausser la mesure de l'ETP, par la création d'une atmosphère artificiellement humide autour de la surface de mesure, cette irrigation est à pratiquer à un moment de la journée où l'ETP est naturellement à peu près nulle. Nous préconisons l'irrigation en début de nuit, entre 19 heures et 22 heures par exemple. Pendant toute la durée de l'irrigation de l'anneau de garde, la surface de mesure est, bien entendu, protégée par un film plastique.

Pour les périodes de mesure, on essaye de suivre les décades mensuelles (du 1<sup>er</sup> du mois à 8 heures au 11 à 8 heures, etc.). Cependant, lorsqu'il pleut abondamment dans la journée ou la nuit précédant la fin de la période de mesure, il est possible que le drainage ne soit pas terminé le matin vers 7 heures ou 8 heures. La période de mesure ne peut pas s'arrêter ce jour-là et l'on doit attendre le lendemain. On peut se ramener sans grande erreur, à une période de 10 jours, par une règle de trois.

La hauteur du gazon est à maintenir par des fauches fréquentes à environ 10 ou 15 cm au-dessus du sol (par exemple : ramener à 8 cm, chaque fois que sa hauteur atteint environ 16 cm). Les fauches doivent s'effectuer simultanément sur la surface de mesure et sur l'anneau de garde (homogénéité de la surface de la parcelle).

L'herbe fauchée doit être éliminée par ratissage.

Il est bon d'apporter périodiquement des engrais minéraux pour compenser les pertes dues à l'exportation de fourrage et au lessivage.

A titre indicatif, on peut préconiser pour la Basse-Côte-d'Ivoire :

1) sur l'anneau de garde :

deux fois par an, en avril et septembre : 400 kg/ha d'engrais complet (12-12-17 ou 10-8-18) ;

deux fois par an, en juillet et novembre : 250 kg/ha de sulfate d'ammoniaque.

2) sur la surface de l'évapotranspiromètre :

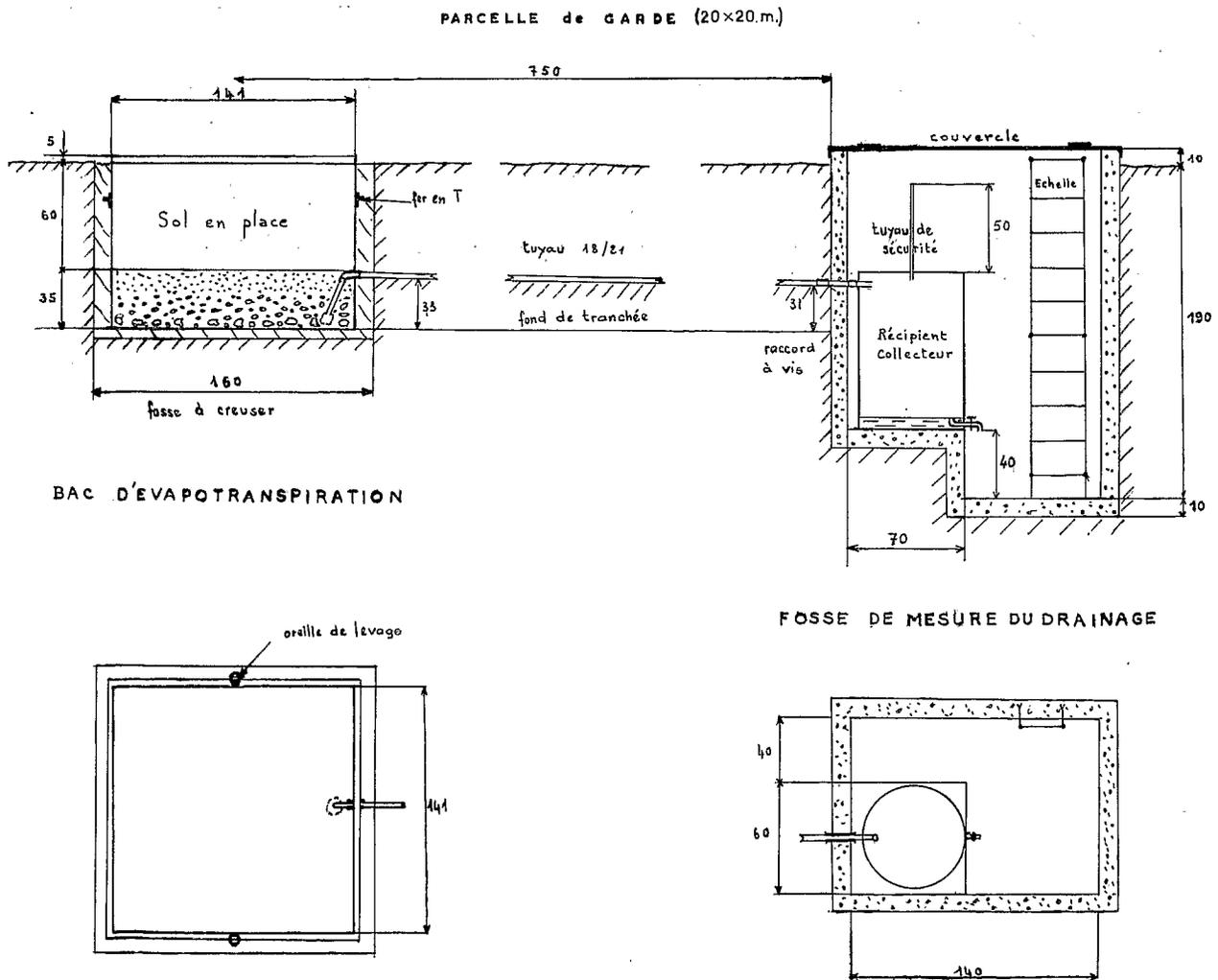
aux mêmes périodes, doses d'engrais deux fois plus faibles, à condition d'utiliser en priorité l'eau de drainage pour les irrigations de la surface de mesure, car il n'y a plus alors de perte d'éléments minéraux par lessivage.

IV) CONCLUSIONS

La mesure de l'ETP décadaire par la méthode du bilan hydrique de cases de végétation est simple, peu coûteuse et très suffisamment précise pour les besoins de l'agriculture et de l'hydrologie.

Par ailleurs, l'ETP est une grandeur climatique extrêmement intéressante, car elle intègre tous les éléments climatiques principaux et constitue donc, à elle seule, une définition valable du climat local, au moins en ce qui concerne l'économie de l'eau.

Cette mesure est appelée à prendre place dans la routine des observations classiques de tout poste agroclimatologique.



**RESUME.** — *Après avoir précisé la définition de l'évapotranspiration potentielle et évoqué les différentes façons de l'évaluer, les Auteurs rappellent la nécessité de disposer de mesures directes de cette quantité dans un certain nombre de stations bénéficiant de climats aussi différents que possible.*

*Parce qu'extrêmement simple, peu coûteuse et susceptible, par conséquent, d'une très grande généralisation, ils ne retiennent que la méthode de mesure par bilan hydrique d'une case de végétation.*

*Ils en exposent le principe et décrivent l'appareil standard à employer et la norme à adopter dans la conduite des mesures.*

**SUMMARY.—POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION: APPLICATIONS, DEFINITION, PRINCIPAL EVALUATIONS, MEASUREMENT.**

*After defining more precisely potential evapotranspiration and reviewing the different means of evaluation, the Authors remind us how necessary it is to have at our disposal direct measures of this amount in a number of stations with climate as various as possible.*

*Because it is very simple, cheap and likely to be widely used only the water balance of a lysimeter is selected by the Authors as a measurement method.*

*They explain its principle and describe the standard apparatus to be used together with the measurement pattern to be adopted.*

**RESUMEN. — LA EVAPORACION POTENCIAL : APLICACIONES, DEFINICION, PRINCIPALES EVALUACIONES, MEDIDA.**

*Después de dar una definición precisa de la evapotranspiración potencial, y de pasar revista de los distintos modos de evaluarla, los Autores insisten en la necesidad de disponer de medidas directas de esta cantidad, en determinadas estaciones que gozan de climas distintos.*

*Se destaca la técnica de medida que se basa en el balance hídrico de una casilla de vegetación, por tratarse de un método sencillo, barato, y por lo tanto fácil de extender a gran escala.*

*Se explica dicha técnica, describiéndose el aparato estandar que se ha de emplear y las normas que se deben adoptar para las medidas.*

G...

# L'AGRONOMIE TROPICALE

---

Extrait du Vol. XXIV, n° 2  
FÉVRIER 1969

---

## L'ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE : APPLICATIONS - DÉFINITION PRINCIPALES ÉVALUATIONS MESURE

M. ELDIN  
Maître de Recherches à l'ORSTOM

par

A. DAUDET  
Assistant de Recherches à l'INRA

P. QUENCEY  
Chargé de Recherches à l'IRHO

1407 U