

Besoin en eau du bananier aux Antilles. Mesure de l'évapotranspiration maximale.

J.P. MEYER* et P.G. SCHOCH**

BESOIN EN EAU DU BANANIER AUX ANTILLES.
MESURE DE L'EVAPOTRANSPIRATION MAXIMALE.

J.P. MEYER et P.G. SCHOCH

Fruits, Jan. 1976, vol. 31, n°1, p. 3-19.

RÉSUMÉ - L'examen des principaux travaux consacrés à la consommation en eau du bananier fait apparaître des résultats divergents et probablement contradictoires. Leur utilisation immédiate pour une autre zone de culture est délicate. Des mesures effectuées sur cuves lysimétriques à drainage en Martinique et en Guadeloupe montrent que l'évapotranspiration maximale d'un bananier adulte est supérieure à l'ETP gazon (rapport de 1,6) et se situe dans un rapport de 1,4 avec l'évaporation du bac de classe A. Ces mesures d'évapotranspiration maximale serviront de référence à des essais agronomiques en variante de dose permettant de chiffrer l'efficacité de l'eau en culture bananière.

Si l'on trouve dans la littérature un certain nombre de renseignements concernant les besoins en eau du bananier, leur utilisation directe reste délicate pour une autre zone de culture. Les quelques études disponibles concernent en effet des variétés de bananiers différentes ou se rapportent pour une même variété à des conditions climatiques ou des systèmes de culture peu comparables : ceci se traduit par des variations importantes de développement et de comportement de la plante et donc vraisemblablement de consommation en eau.

Il apparaît par conséquent nécessaire de reprendre des mesures de consommation adaptées à une zone donnée, ce que nous avons entrepris dans le cadre des Antilles, dans un premier temps sur 'Poyo', l'un des deux principaux cultivars de cette zone.

LES RÉSULTATS DISPONIBLES DANS LA LITTÉRATURE.

Observations générales.

L'examen d'un certain nombre de travaux disponibles dans la littérature et concernant les besoins en eau du bananier, conduit principalement à trois remarques :

- a) beaucoup de résultats sont difficiles à comparer entre eux, et donc aussi à extrapoler pour une situation nouvelle, par manque de référence climatique commune, ou souvent même par absence d'indications climatiques en général. Dans les études les plus récentes, il semble cependant que les références à l'évaporation (bac de classe A) ou à une estimation de l'ETP, tendent à se généraliser, ce qui est indispensable.
- b) parmi les résultats disponibles, les valeurs citées présentent des écarts quelquefois importants, probablement

* - IRFA (ex IFAC) - B.P. 153 - Fort-de-France (Martinique)

** - INRA - Bioclimatologie - 97170 Petit-Bourg (Guadeloupe).

contradictoires, même si les références climatiques ne sont pas directement comparables.

- c) les indications concernant la plante proprement dite sont le plus souvent insuffisantes. On ne trouve pas en particulier d'indications précises concernant la variation des besoins selon le stade de végétation.

Les méthodes de mesures utilisées.

Les résultats disponibles proviennent de méthodes de mesures largement diversifiées correspondant à des échelles souvent différentes, ce qui ne facilite pas les possibilités de confrontation et de comparaison. On peut distinguer actuellement trois grands types de méthodes étudiées :

- des mesures de transpiration de fragments foliaires,
- des essais d'irrigation (doses, fréquence, avec contrôle du bilan hydrique du sol),
- des mesures d'évapotranspiration sur plantes entières en enceinte contrôlée (sol ou atmosphère).

Nous n'avons pas trouvé jusqu'à présent d'étude exhaustive des bilans hydriques et énergétiques.

Évapotranspiration d'échantillons foliaires.

Les études de SHMUELI (1953) en Israël et de MORELLO au Brésil, sur bananier nain, ont fourni les premières indications chiffrées de consommation en eau (CHAMPION, 1960 : étude bibliographique sur les besoins en eau du bananier).

Ils ont mesuré la perte d'eau de rondelles de feuilles soumises à diverses conditions de température, d'hygrométrie, d'éclairement et trouvent des valeurs de l'ordre de 1 à 3 g/dm²/h, selon les conditions d'éclairement en particulier (jour couvert ou ensoleillé). AUBERT (1968) trouve des valeurs analogues en Équateur. Cette méthode conduit à des indications intéressantes, permettant de comprendre entre autre l'importance et les possibilités de la régulation stomatique, ainsi que l'influence des caractéristiques hydriques du sol sur les débits instantanés. Les applications directes à l'irrigation restent cependant très délicates pour plusieurs raisons :

- La transpiration de fragments détachés de feuilles n'est pas forcément identique à celle d'une surface équivalente d'une feuille en place, même si on essaie de pallier le phénomène de surtranspiration après coupure par des compensations dans le temps comme le montre AUBERT (d'après W.A. BRUN).

- L'extrapolation des résultats de transpiration de fragments à l'ensemble d'une feuille et surtout à l'ensemble de la surface foliaire d'un bananier est délicate, car elle nécessiterait une connaissance parfaite des gradients de zone pour chaque type de feuilles.

- La recherche des relations avec des références climatiques à une échelle de temps utilisable pour les besoins de l'irrigation (journée ou semaine) est loin d'être évidente, étant donné le changement d'échelle qu'elle implique. Dans

aucune des études citées, la relation avec une référence climatique habituellement utilisée (évaporation du bac de classe A, ETP, etc.) à l'échelle de la journée ou de la semaine, n'a pu être rigoureusement établie.

En conclusion, si les méthodes par pesées de fragments foliaires peuvent fournir des renseignements intéressants sur des valeurs de transpiration instantanée à relier au comportement de la plante (régulation stomatique, absorption racinaire, etc.), on ne peut pas pour le moment en tirer de relation directe avec des références climatiques pratiques pour l'irrigation et appelées à se généraliser comme l'ETP ou l'évaporation du bac de classe A.

Les essais d'irrigation.

Si les essais d'irrigation constituent la méthode d'approche de la détermination des besoins en eau, la plus fréquemment utilisée, on doit déplorer particulièrement dans ce cas le manque de référence climatique commune, permettant de confronter les résultats ou de les adapter à une nouvelle zone de culture. On ne peut donc savoir si les variations assez importantes des résultats présentés par les divers auteurs sont justifiées ou non par des caractéristiques climatiques correspondantes à leur zone de travail. C'est ainsi qu'on peut relever des doses hebdomadaires optimales de 66 mm au Honduras (ARSCOTT et al. 1965) de 14 mm en Nouvelle-Galles du Sud (TROCHOULIAS, 1973) et des valeurs moyennes de 30 mm en Guinée ou en Côte d'Ivoire (CHAMPION 1960, GODEFROY 1967) ou 44 mm encore au Honduras (GHAVAMI 1973). Il est peu vraisemblable que de telles variations puissent se justifier par les seules variations de conditions climatiques.

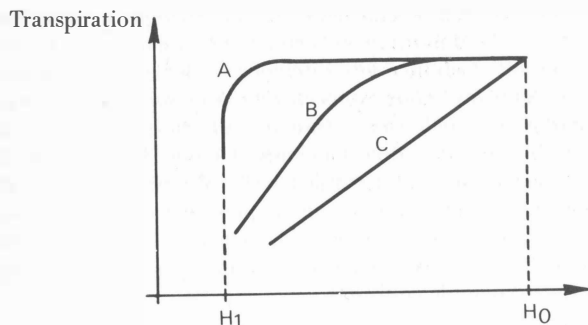
En fait nous n'avons trouvé aucun essai de ce genre qui ait montré une relation directe avec les conditions d'évaporation, et qui puisse donc permettre de situer l'évapotranspiration maximale du bananier par rapport à l'ETP ou à une évaporation de référence.

On doit noter aussi des désaccords entre les valeurs optimales proposées pour les références d'humidité de sol. C'est ainsi que SHMUELI, repris par ARSCOTT, estime que le bananier peut s'alimenter correctement en eau dans toute la gamme du premier tiers de la réserve utile (RU), d'autres auteurs recommandent une gamme plus restreinte, comme 10 p. cent de la RU (TROCHOULIAS). En fait les possibilités d'utilisation de l'eau du sol dépendent elles aussi des conditions d'ETP instantanée et de la conductibilité du sol, comme le montre HALLAIRE (1963).

Il explique ainsi les désaccords obtenus par divers auteurs sur les variations de la transpiration réduisant l'humidité du sol de la capacité en champ au point de flétrissement : (voir schéma page suivante)

En fait, pendant les périodes où l'irrigation s'avère nécessaire, les valeurs d'ET sont généralement assez élevées dans la plupart des zones de culture de la banane : on peut donc raisonnablement adopter des seuils élevés d'humidité, proche de la capacité au champ, ce que confirme la plupart des recommandations de fréquence d'irrigation, qui sont le plus souvent de 4-5 jours ou une semaine au mieux.

Variation relative de la transpiration en fonction de l'humidité du sol, selon WEIHMEYER (A), intermédiaires (B), RICHARDS (C), d'après HALLAIRE (1963)



H_1 : point de flétrissement permanent

H_0 : capacité au champ

A noter également que des seuils de valeurs tensiométriques de l'eau dans le sol ne peuvent constituer des indications généralisables d'un pays à un autre. Pour atteindre une consommation maximale, ces seuils varient selon le niveau de la demande à courte échelle (ETP instantanée, débit correspondant), comme le montre HALLAIRE ci-dessus.

Mesures d'évapotranspiration de plante entière en enceintes contrôlées (cuves lysimétriques).

Nous n'avons trouvé dans la littérature que deux études concernant les mesures d'évapotranspiration d'un ou plusieurs bananiers, en cuves lysimétriques: SARRAF et BOVEE au Liban, et GHAVAMI au Honduras. On doit signaler aussi les travaux de BEUGNON dont les résultats ont fait l'objet de deux documents de travail aux réunions annuelles de l'IFAC, en 1964 et en 1966.

La première étude est effectuée sur une cuve lysimétrique de 45,5 m² portant cinq bananiers à 3 x 3 m, la première année, puis dix bananiers au cours de la seconde année (double porteur). En ne considérant que la seconde année où la couverture a été normale comme le suggère l'auteur, et en se limitant à la période d'avril à octobre, où les mesures n'ont pas été perturbées par la pluie, on obtient les rapports indiqués sur la figure 1 : en admettant que la valeur observée en octobre, du rapport ETP, soit accidentelle, on peut admettre un rapport moyen de l'ordre de 1,1 avec ETP mesurée et proche de 1 avec l'évaporation du bac de classe A, après floraison. Il faut noter aussi que les courbes obtenues s'éloignent sensiblement des courbes théoriques d'évolution de l'évapotranspiration maximale en fonction du développement de la plante. Cela suggère que l'alimentation en eau n'était pas suffisante pour répondre aux conditions d'évapotranspiration maximale, par des apports tous les 14 ou 21 jours seulement. Cette fréquence a été déterminée selon des données de seuil tensiométrique obtenues par AUBERT (1968) en Équateur dans des condi-

tions peu comparables au sud du Liban. Cette étude est cependant intéressante car elle est la seule que nous ayons pu trouver qui donne des indications sur l'évolution des besoins en fonction du développement de la plante ; il faut cependant s'attendre à trouver des consommations supérieures, par rapport aux évaporations de référence lorsque les conditions d'alimentation hydrique du sol sont maintenues à un niveau plus favorable. AUBERT cite en ce sens, des réductions de transpiration de 250 mg dm⁻² h⁻¹ (c'est-à-dire de l'ordre de 20 p. cent) lorsque le potentiel de l'eau dans le sol décroît de 0,10 bar à 60 cm de profondeur.

La deuxième étude effectuée au Honduras est moins détaillée, en particulier quant aux variations de consommation en fonction du développement de la plante, mais l'auteur a porté plus d'attention aux conditions d'alimentation hydrique. Les apports ont été effectués selon trois limites de tension de l'eau dans le sol : s'il n'y a pas eu d'effet sensible sur les rendements dans les conditions de l'expérience, on a noté une tendance à l'augmentation de l'ET en arrosant plus fréquemment (seuil de 10-20 centibars à 15 cm de profondeur, le seuil le plus bas n'étant que de 30-40 centibars à la même profondeur). On obtient dans ce cas des ET dans un rapport de 1,2 avec l'évaporation du bac de classe A, en considérant l'ensemble d'un cycle, et des valeurs mensuelles maximales de l'ordre de 1,4.

En se référant aux valeurs mensuelles maximales (au moment de la floraison ou peu après), on obtient donc pour ces deux études des différences de 1 à 1,4, en rapport avec l'évaporation du bac de classe A par exemple, ce qui est loin d'être négligeable. Cette différence s'explique au moins en partie par les seuils d'apports d'eau adoptés (30-40 centibars à 15 cm de profondeur au Honduras, et 60 centibars à 60 cm de profondeur dans le cas du Liban) et par les possibilités de réaction de la plante aux demandes d'ETP instantanée qui leur correspondent. Bien que l'on ne connaisse que très mal la réaction du bananier à des déficits instantanés, on peut s'attendre à ce que la dose optimale se rapproche des valeurs de l'ETM, donc des conditions de la deuxième étude : seuls des essais agronomiques se référant à cette ETM, permettront de déterminer les apports optima.

M. BEUGNON avait débuté en 1963 une étude préliminaire, à la Station d'Azaguié, en Côte d'Ivoire (IFAC). Les bananiers étaient plantés sur des petits bacs dont la surface n'était que de 0,75 m², ce qui était un inconvénient, signalé par cet auteur, pour une réception correcte de pluies. Les consommations en eau constatées étaient si importantes (jusqu'à 15 mm/jour), parfois jusqu'à trois fois plus que l'ETP gazon, que M. BEUGNON fut très prudent dans ses conclusions. Il fit état de particularités défavorables : bacs en bordure de bananeraie, mais proche d'un bâtiment. Il fit observer qu'il avait « une idée de l'énorme quantité d'eau qu'un bananier peut utiliser au cours de sa vie lorsqu'il a de l'eau à discrétion » tout en se félicitant qu'en culture, l'apport par irrigation puisse être notablement moindre. Ce travail fut malheureusement interrompu à l'IFAC, jusqu'au présent travail qui montre d'ailleurs que M. BEUGNON

était dans la bonne voie.

Conclusion.

En se limitant aux études qui permettent de rapporter la consommation en eau du bananier à l'ETP on trouve deux catégories de résultats ou de recommandations qui sont a priori incompatibles. Pour les uns, en effet, cette consommation est voisine de l'ETP (AUBERT, SARRAF et BOVEE, GODEFROY), pour d'autres cette consommation est nettement supérieure à l'ETP (GHAVAMI). Cette différence peut s'expliquer, en dehors d'erreurs de mesures, par des définitions différentes de la consommation en eau, qui n'est pas forcément la consommation maximale dans tous les cas comme le suggère la comparaison des deux études précédentes. Cela pose cependant aussi le problème de la valeur de la référence ETP gazon comme limite à l'évapotranspiration maximale d'un couvert végétal quelconque.

Ce problème est apparu pour d'autres plantes, au fur et à mesure de l'accroissement de la gamme de plantes étudiées : l'évapotranspiration maximale de la fétuque *Manade* en zone tempérée, ou du *Paspalum notatum* en zone tropicale n'est donc vraisemblablement pas une valeur limite de l'ETM de certains autres couverts, comme l'ont montré PUECH et al. sur soja et sur tournesol, avec des rapports ETM/ETP de l'ordre de 1,6 entre la floraison et la maturation.

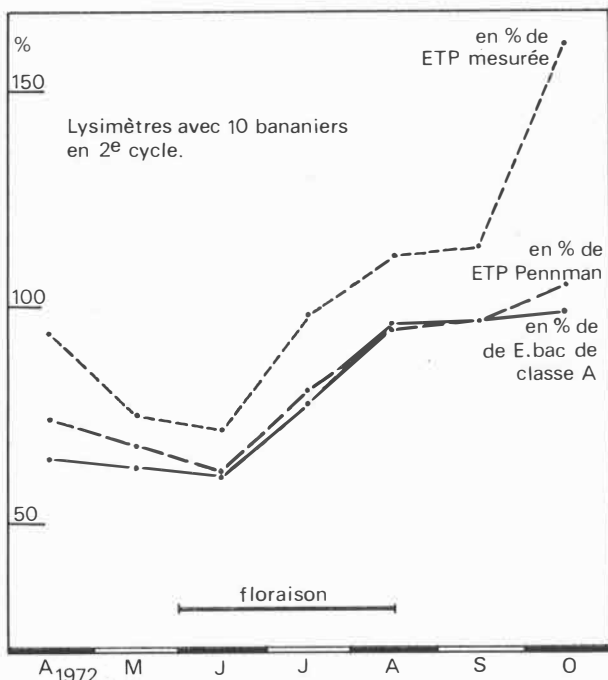


Fig. 1 • Mesures de l'évapotranspiration du bananier, par S. SARRAF et A.C.J. BOVEE au Liban.

MESURE DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION MAXIMALE DU BANANIER SUR CUVES LYSIMÉTRIQUES.

Comme on a vu que les recommandations de consommation en eau manquaient le plus souvent de précision quant à la définition de cette consommation, il semble important d'adopter une référence facilement comparable. C'est ainsi que nous avons cherché à mesurer l'évapotranspiration maximale en fonction du stade du bananier, c'est-à-dire la consommation maximale lorsque l'énergie est le seul facteur limitant. Ces valeurs d'ETM serviront de base de référence à des essais agronomiques en variante de doses (efficacité de l'eau sur le rendement en fruit) et pourront permettre des extrapolations ou des comparaisons avec d'autres zones de culture.

Matériel et méthode :

a) Méthode de mesure.

En éliminant dans un premier temps la méthode de cuves lysimétriques pesées, assez délicates et coûteuses pour des cuves de fortes dimensions requises pour le bananier (PERRIER, ARCHER, BLANCO de PABLOS, 1974) le bilan de l'eau dans un système à drainage se ramène à :

$$ETM = P + A - (D + R + \Delta S + C)$$

avec ETM = évapotranspiration maximale

P = précipitation

A = apport par irrigation

D = drainage

R = ruissellement

ΔS = variation du stock d'eau du sol

C = eau de constitution de la plante

Dans ces termes, R peut être éliminé dans la plupart des cas en surélevant les bords des lysimètres, et C peut être négligé en première approximation (annexe 1).

La mesure exacte de P est difficile, étant donné l'hétérogénéité de la surface de réception en comparaison du pluviomètre de mesure placé en dehors du système : il est possible d'éliminer cette source d'incertitude en assurant une couverture du sol des cuves (GHAVAMI 1973), mais on modifie dans ce cas les conditions d'évaporation de la surface de sol associé à la plante, et on modifie également la température du sol. Nous avons opéré dans un premier temps sans couverture du sol, en essayant de limiter l'incertitude sur la mesure de P par une symétrie de plantation aussi soignée que possible.

On sait, en effet, qu'une partie de la pluie sera déjetée à l'extérieur de la surface de réception par les feuilles anciennes dont l'extrémité est recourbée vers le sol ; cette partie sera récupérée par l'eau déjetée de la même façon à l'intérieur de la surface de réception par les quatre bananiers entourant celui de la cuve lysimétrique.

Nous verrons cependant que l'incertitude de mesure de la pluie captée à la surface du lysimètre reste difficile à éliminer, et que les seules mesures fiables ne peuvent se faire

qu'en périodes sèches.

La mesure de ΔS repose sur une hypothèse d'homogénéité parfaite du sol par tranche de profondeur à laquelle se font les mesures d'humidité, et ses valeurs deviennent d'autant plus importantes que les apports d'eau sont espacés : comme il semble indiqué de maintenir le sol à un taux d'humidité élevé, nous avons pratiqué un apport quotidien largement supérieur à l'ETM, de façon à assurer un drainage permanent (humidité en permanence supérieure ou égale à la capacité de rétention) ce qui permet de négliger ΔS .

b) Dispositif général.

● en Martinique (IFAC) :

La station de mesure se situe sur l'habitation Moulin l'Étang à Basse-Pointe (*) dans un secteur de grande culture (Nord Atlantique). Deux batteries de deux cuves lysimétriques ont été installées dans deux parcelles limitrophes de trois hectares, parallèles au littoral et séparées de celui-ci par une route et une autre bande de culture sur environ 300 m de large (figure 2).

La première batterie de cuve (C1 et C2) se trouve du côté au vent de la parcelle, au centre d'un anneau de garde de sept bananiers sur sept plantés au carré à 2 x 2 m. La deuxième batterie (C3 et C4) a été mise en place du côté sous le vent de la parcelle limitrophe, dans un anneau de garde de sept bananiers sur quinze plantés dans les mêmes conditions.

Sur cette deuxième batterie, la cuve C3 a été laissée en sol nu, afin d'en mesurer l'évaporation et obtenir ainsi une indication de la consommation spécifique du bananier par différence entre les mesures de C4 et de C3.

Les données météorologiques sont fournies par la station de Chalvet (normes M.N.) située à 2 km parallèlement au littoral dans des conditions identiques à celles de l'emplacement des cuves lysimétriques (annexe 2 : mode de calcul du rayonnement global et de l'ETP). Seule la pluviométrie est mesurée à proximité des cuves.

● En Guadeloupe (INRA) :

La station de mesure est située au Domaine Duclos à Prise-d'eau. Les deux cuves lysimétriques ont été installées dans une parcelle de bas-fonds de 400 m² (figure 3).

Cet anneau de garde est petit, compte-tenu des dimensions des bananiers, mais par ailleurs l'effet d'oasis est corrigé par l'entourage plus élevé (voir coupe) et par l'installation d'un brise-vent de 2 m de haut (porosité 50 p. cent) sur la bordure est, direction des vents dominants (alizés).

Les autres données météorologiques (Rayonnement global, ETP gazon ...) sont mesurées directement sur le parc météorologique de Duclos, distant de quelques dizaines de mètres au sud des bananiers.

c) Lysimètres.

Les cuves, en tôle de 3 mm d'épaisseur présentent une surface de 2 x 2 m et une profondeur de 1,50 m. Elles ne sont remplies et enfoncées dans le sol que sur 1,30 m laissant une bordure de 20 cm afin d'éviter le ruissellement (l'influence de cette bordure peut être considérée comme négligeable, étant donné la culture étudiée).

Le sol bien drainant de la plaine de Basse-Pointe (sol peu évolué sur cendre de texture sablo-limoneuse) a été remis en place tel que, sur 1 m de hauteur, au-dessus d'un lit de gravier de 30 cm.

En Guadeloupe, en revanche, le sol ferrallitique peu perméable de l'anneau de garde a été remplacé dans les cuves par un soi reconstitué bien drainant.

Les apports d'eau ont été quotidiens après saturation au départ. Les doses apportées tenaient compte de la pluviométrie de sorte à assurer un apport minimum de 12 mm par jour. La fertilisation a été assurée par un apport toutes les trois semaines, après analyse des eaux de drainage et contrôle du lessivage.

d) Données culturales.

Mis à part l'espacement particulier des anneaux de garde (plantation à 2 x 2 m) afin d'obtenir une maille symétrique équivalente à une densité de 2.500 bananiers/ha associé chacun à 4 m² de sol, le système de culture utilisé correspond aux normes habituelles de plantations évoluées (GUILLEMOT, LACHENAUD, DORMOY 1973).

Résultats et discussions.

a) En Martinique.

Les deux batteries de cuves lysimétriques ayant été mises en place à des dates différentes (fin novembre 1973 pour C1 et C2, et fin avril 1974 pour C3 et C4) l'analyse des résultats de chacune est indépendante.

● cuves C1 et C2.

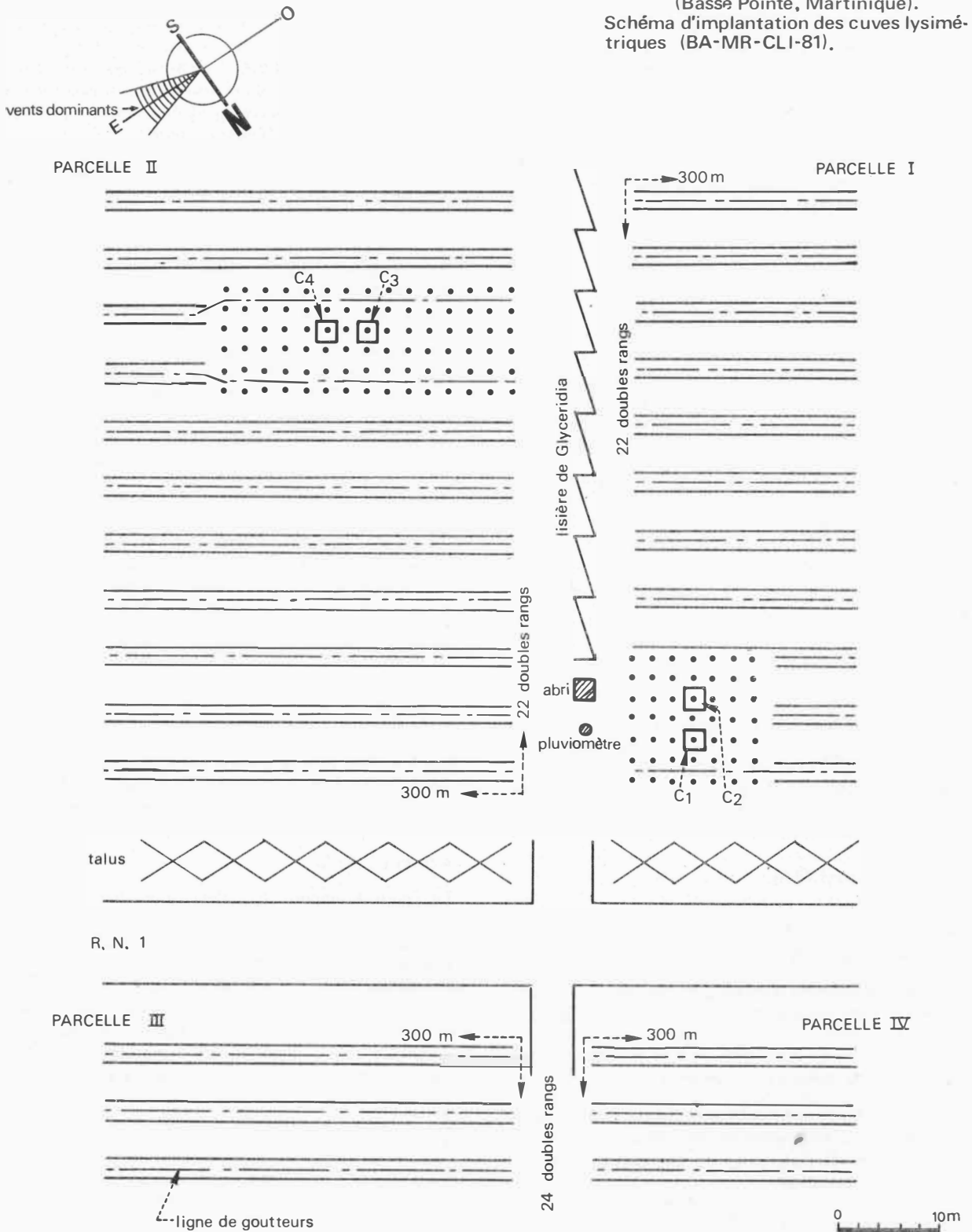
La figure 4 rapporte les valeurs journalières moyennes de l'ETM, de l'ETP calculées (annexe n°2), de l'évaporation du bac de classe A et du rayonnement global exprimé en mm d'eau évaporable E.Rg (annexe n°2) concernant deux cycles du bananier. Ces valeurs sont obtenues à partir du dépouillement hebdomadaire aux niveaux des cuves lysimétriques, et l'on a effectué des moyennes par groupe de quatre semaines pour chercher à éliminer des fluctuations possibles à l'échelle de la semaine, sans signification réelle en fonction du développement de la plante (fluctuations dues à l'inertie de drainage, notamment en cas de pluie peu avant la mesure).

Cette figure nous fournit principalement deux indications :

- bien que les mesures sur la cuve C1 aient été interrompues en partie par suite de drainage défectueux, les périodes de fonctionnement en commun de C1 et de C2 indiquent

* - Nous tenons à remercier M. A. DEPAZ pour son aimable collaboration.

Fig. 2 • Station IFAC de Moulin l'Etang (Basse Pointe, Martinique). Schéma d'implantation des cuves lysimétriques (BA-MR-CL1-81).



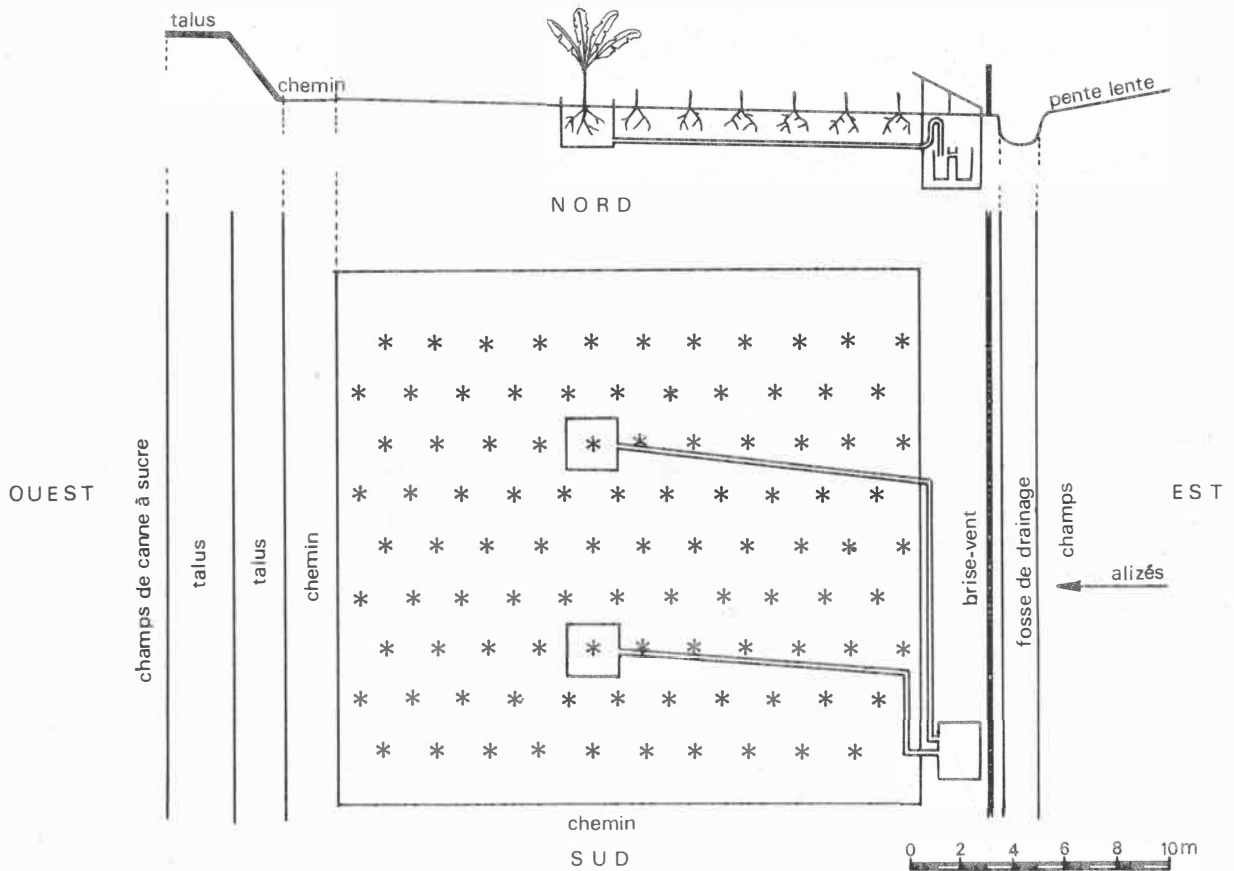


Fig. 3 • Station INRA Duclos-Prise d'eau. Schéma d'implantation de cuves lysimétriques et coupe est-ouest du terrain.

des résultats bien concordants.

- les valeurs d'ETM observées deviennent rapidement élevées et supérieures à E.Rg, ce qui implique un effet important de l'advection.

La figure 5 représente les valeurs des rapports ETM/ETP et ETM/évaporation du bac de classe A. Elle montre en particulier une augmentation rapide de ces rapports de la plantation jusqu'à la floraison. La baisse est peu accusée à la fin du premier cycle, ce qui s'explique par le fait que le rejet correspondant au deuxième cycle avait été sélectionné très tôt et avait atteint un développement important au moment de la récolte du premier fruit.

On note aussi sur cette figure que ces rapports sont particulièrement élevés : ils correspondent à une moyenne de 2,1 pour une période de dix semaines après la floraison dans le cas du premier cycle. Ceci entraîne que $ETM/E.Rg = 1,3$ et si l'on admet un albédo de 15 p. cent, un rapport d'ETM sur l'énergie d'origine solaire absorbée de 1,48 : il faudrait donc admettre que le tiers de l'énergie absorbée est apporté par l'advection, soit environ 2.000 cal. $m^{-2} j^{-1}$, ce qui semble peu probable.

A ce stade, et au vu de résultats analogues trouvés en Guadeloupe, nous avons recherché les causes possibles d'erreurs et n'avons pu retenir que l'incertitude sur la mesure de la pluie réellement interceptée par la surface des cuves. Cette source d'incertitude reste cependant quasiment impossible à estimer étant donné l'hétérogénéité de la répartition de la pluie sous un bananier.

Nous avons donc repris dans une deuxième analyse, les seules mesures correspondant à des semaines où la pluviométrie était faible, et en indiquant la marge d'erreur possible si la moitié seulement de la pluie mesurée dans le pluviomètre était interceptée sur les cuves. La figure 6 indique ces valeurs qui correspondent cette fois à des valeurs moyennes hebdomadaires avec les fluctuations que cela peut entraîner.

On observe encore des valeurs assez élevées (figure 7), mais si l'on se rapporte aux dix semaines suivant la floraison du premier cycle, la valeur moyenne calculée du rapport ETM/ETP sur six d'entre elles n'est que de 1,9 ; ce rapport présente une limite inférieure probable de 1,7 lorsqu'on ne comptabilise que la moitié de la pluie. On peut donc s'attendre à un rapport d'environ 1,8 pour la phase de consom-

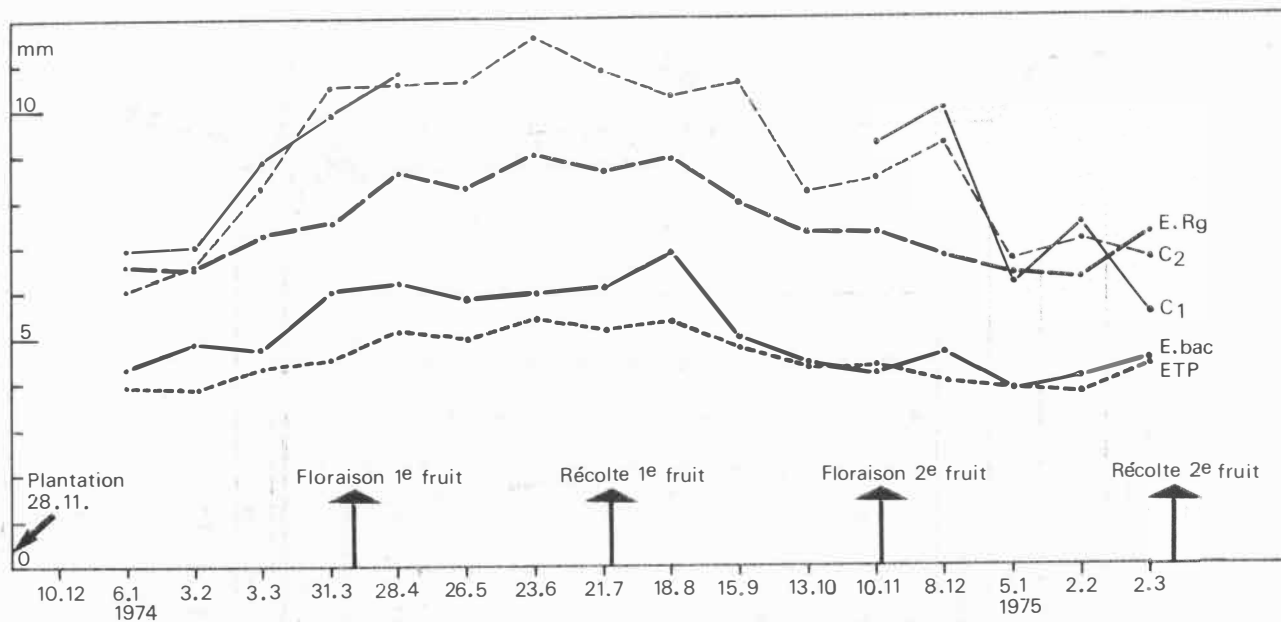


Fig. 4 • Valeurs journalières (moyennes sur 4 semaines) des ETM de C₁ et C₂, de l'ETP calculée, de l'évaporation du bac de classe A et de E. Rg (rayonnement global exprimé en mm d'eau évaporée).

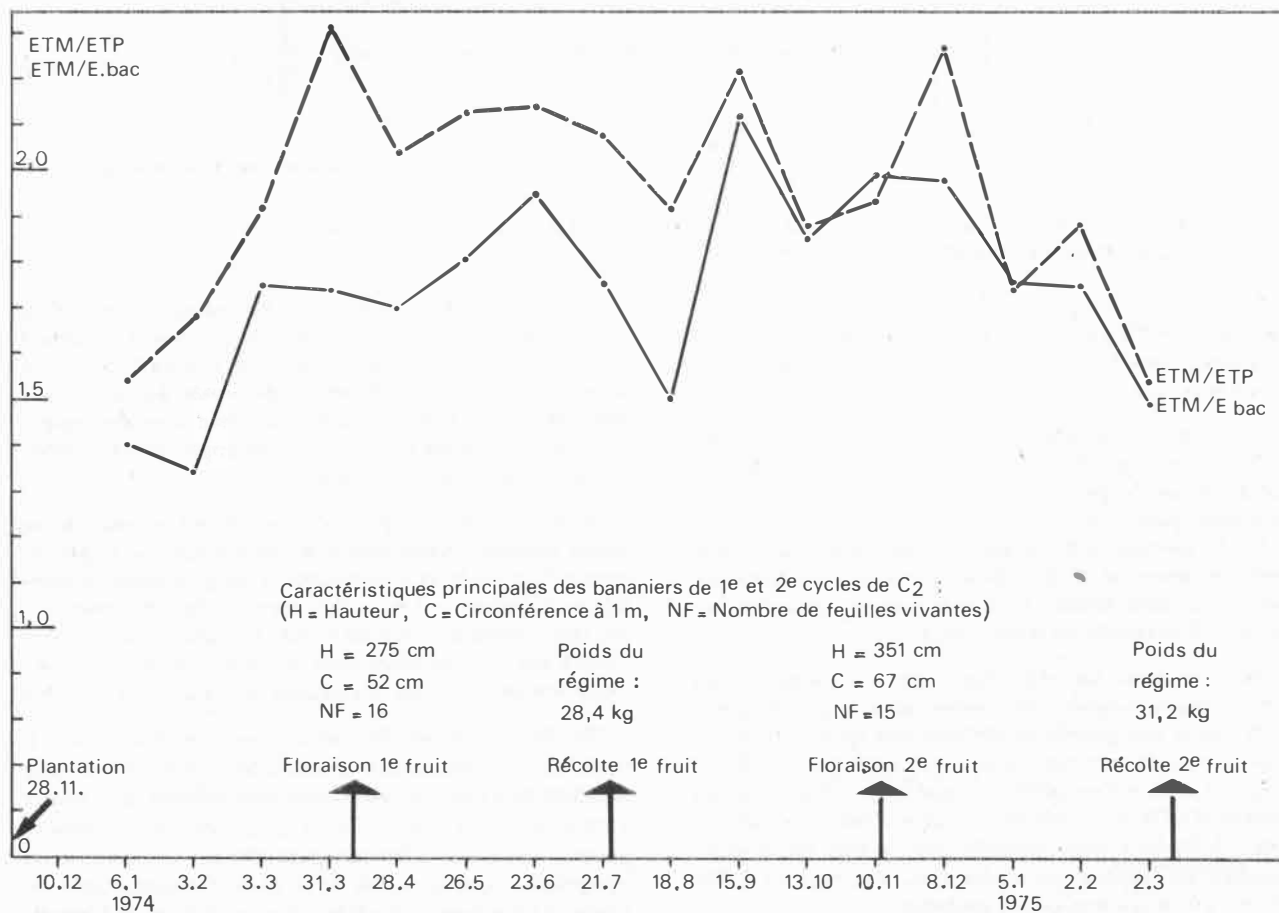


Fig. 5 • ETM de C₂ en fonction de l'ETP calculée ou de l'évaporation du bac de classe A.

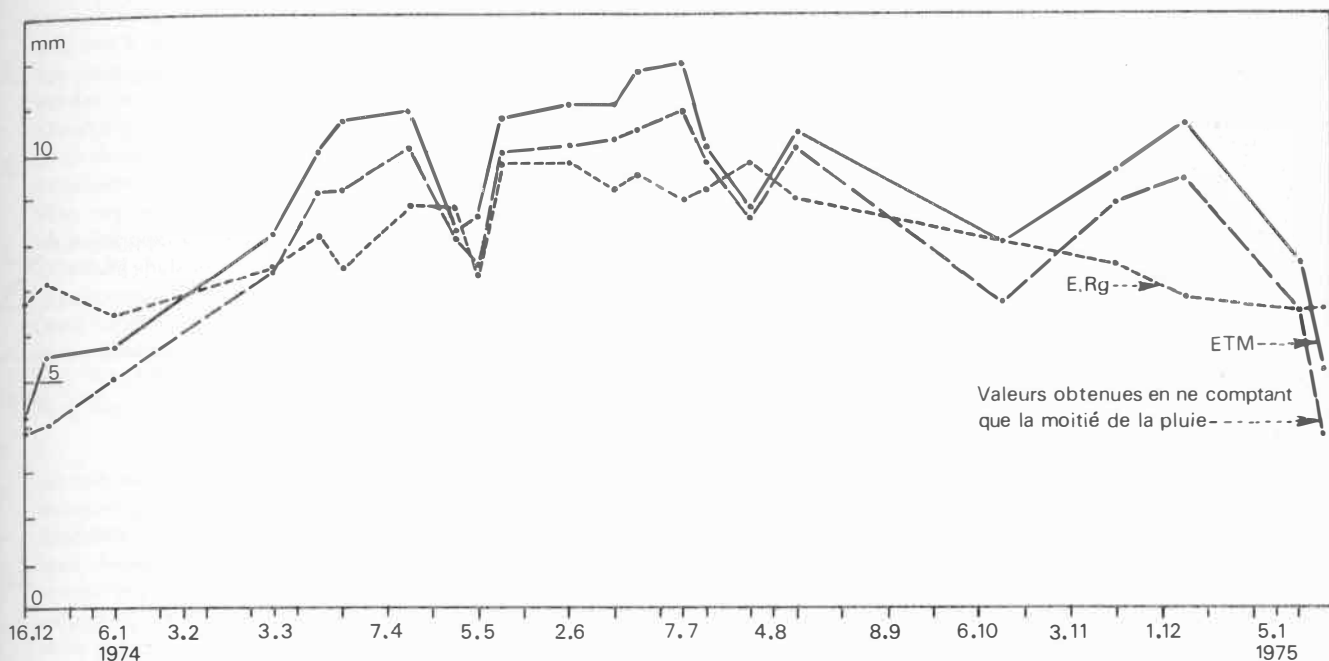


Fig. 6 • Valeurs journalières de l'ETM de C2 et de E.Rg (Moyennes hebdomadaires isolées des semaines à pluviométrie inférieure à 21 mm).

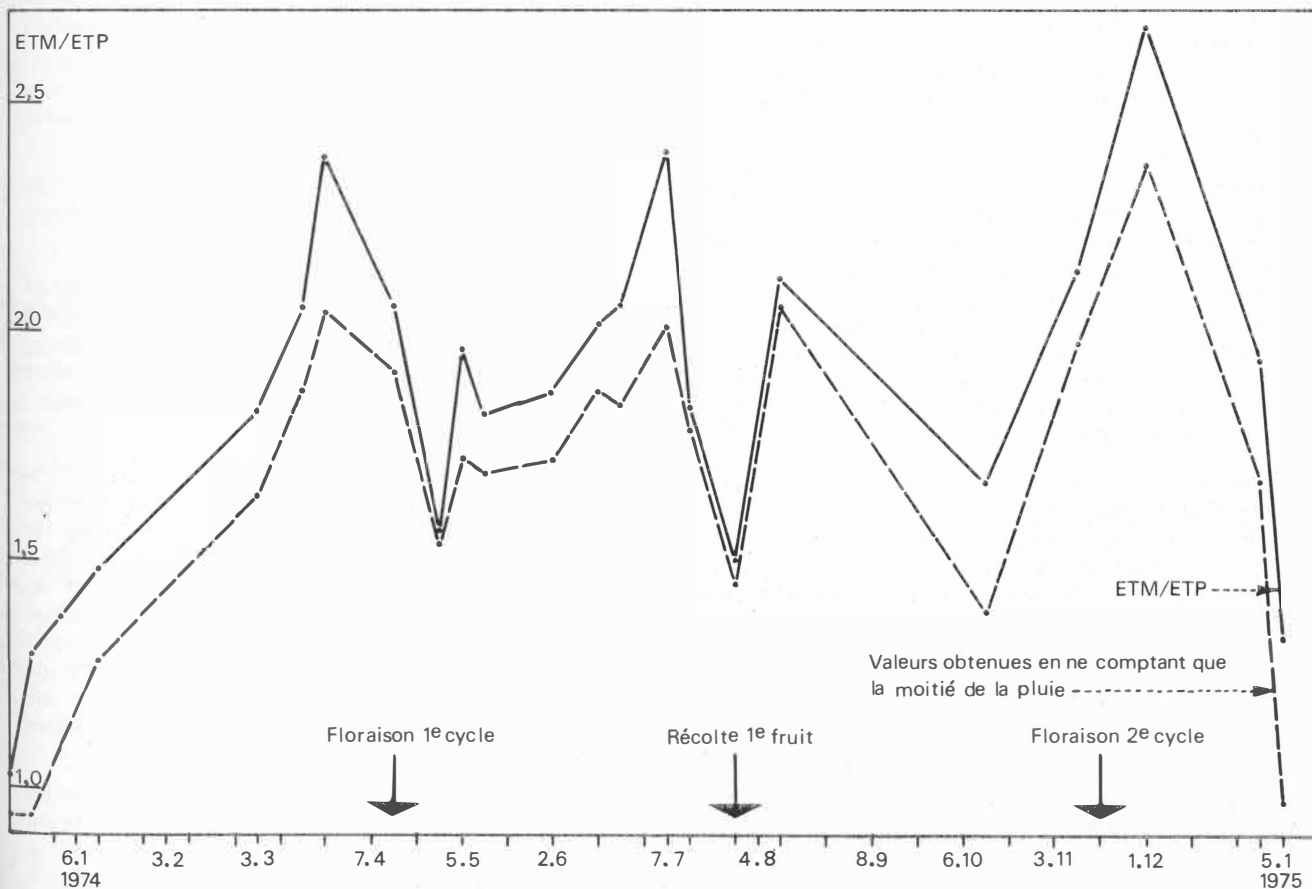


Fig. 7 • ETM de C2 en fonction de l'ETP calculée (Semaines isolées à pluviométrie inférieure à 21 mm).

mation maximale (huit à dix semaines après floraison) dans les conditions de la batterie des cuves C1 et C2. Avec l'évaporation du bac de classe A, ces rapports sont de 1,5 à 1,6.

Notons que les mesures correspondant au deuxième cycle sont pratiquement à éliminer, d'une part en raison de l'hétérogénéité de disposition du bananier sur la cuve ainsi que par la disposition et le développement des bananiers de l'anneau de garde, d'autre part par le nombre restreint de mesures effectuées à faible pluviométrie.

Le début du troisième cycle présente plus d'intérêt, comme nous le verrons par la suite, étant donné la sécheresse de la période de mesure.

● cuves C3 et C4.

Lors de la plantation de la parcelle II fin avril 1974, un bananier a été planté sur la cuve C4, alors que C3 était laissé en sol nu. La figure 8 indique les valeurs journalières moyennes par groupe de quatre semaines de l'ETM de C4, de l'évaporation de C3 et de celle du bac de classe A, de l'ETP calculée et du rayonnement global E.Rg. On observe encore des valeurs d'ETM supérieures à E.Rg mais dans une proportion bien moindre que dans le cas de C1 ou de C2, ce qui s'explique par la situation sous le vent de la parcelle de cette deuxième batterie de cuve.

On note aussi que l'évaporation en sol nu (C3) est supérieure à l'ETP et même à l'évaporation du bac de classe A jusqu'au moment de la floraison du bananier de C4 (et de ceux de l'anneau de garde) : ceci peut éventuellement s'expliquer au cours des premières semaines après plantation, lorsqu'aucun ombrage sur C3 n'est assuré par les bananiers de l'anneau de garde (on observe en effet des températures de la couche superficielle du sol supérieures à celle de l'eau du bac, ce qui s'explique par la couleur très foncée de ce type de sol, dès qu'il est humide). Nous verrons cependant que ces valeurs sont nettement moins élevées lorsqu'on ne considère que les semaines à faible pluviométrie (figures 8, 9 et 10). La figure 9 montre les rapports de l'ETM de C4 et de l'évaporation de C3 sur l'ETP calculée et sur l'évaporation du bac de classe A.

Quant à l'évaporation du sol nu (C3) on voit que celle-ci devient rapidement inférieure à la moitié de l'évaporation du bac de classe A et se situe après couverture complète aux environs de 0,4 E.bac (à l'exception de quelques valeurs qui peuvent être des fluctuations hebdomadaires aléatoires).

● indications sur la consommation spécifique du bananier :

Bien que l'on ne puisse faire de comparaison directe, étant donné que les deux cuves C3 et C4 ne disposent pas d'une couverture foliaire identique (la cuve C3, laissée en sol nu n'est en effet ombragée que par les quatre bananiers de l'anneau de garde, entourant directement la cuve), on peut donner une indication de la consommation spécifique du bananier, par différence entre l'ETM mesurée sur C4 et l'évaporation du sol nu mesurée sur C3.

La figure 13 représente cette consommation en rapport sur l'ETP et sur l'évaporation du bac de classe A, d'une part selon l'ensemble des mesures groupées en moyenne par quatre semaines (figure 9), d'autre part selon les valeurs hebdomadaires isolées de semaines à faible pluviométrie (figures 10, 11 et 12). On peut avoir une indication de la consommation spécifique en rapport avec des références climatiques, par une courbe intermédiaire telle que celle proposée sur la figure 13 en rapport avec l'évaporation du bac de classe A. Cette courbe suggère qu'au stade adulte, la consommation propre du bananier correspond approximativement à l'ETP gazon : elle est donc de 4 à 5 mm par jour, ce qui correspond à un débit de 16 à 20 litres passant par le pseudo-tronc du bananier chaque jour (MORELLO, cité par CHAMPION (1960) trouve de 9 à 25 litres par jour selon l'ensoleillement).

En attendant des mesures plus précises reliées directement au comportement hydrique du bananier (répercussion physiologique, mise en évidence de phases critiques éventuelles), ce type d'indication peut servir de première base permettant l'établissement de normes d'irrigation tenant compte du stade de développement, et ceci plus particulièrement dans le cadre de l'irrigation localisée lorsque seule une faible proportion de la surface du sol est mouillée. Si dans la pratique il n'était pas possible d'ajuster exactement les apports en fonction des données d'une telle courbe et du stade de développement, on pourrait cependant déterminer au moins deux phases à savoir :

- dose inférieure ou égale à 50 p. cent de l'évaporation du bac de classe A par exemple, jusque vers quatorze semaines après plantation,
- dose équivalente à l'évaporation du bac de classe A de quatorze semaines après plantation jusque vers dix-douze semaines après floraison.

Bien que ces normes ne puissent s'appliquer strictement qu'en premier cycle, étant donné l'hétérogénéité de stades de développement lors des cycles suivants, ces conditions doivent permettre d'ajuster mieux les apports, notamment lorsque les disponibilités en eau constituent une contrainte.

● dernières mesures effectuées :

De février à juillet 1975, une nouvelle période de sécheresse a permis de prolonger les mesures d'ETM sur un troisième cycle pour la cuve C2, et un deuxième cycle pour C4. Malgré l'introduction d'une source d'hétérogénéité de répartition, sur les cuves (rejets non centrés) et sur l'anneau de garde (perturbation de la symétrie de plantation, stades de développement variables) une succession de plus de vingt semaines à faible pluviométrie permet d'effectuer une analyse fiable en moyenne journalière par groupe de quatre semaines.

Les figures 14 et 15 rapportent cette analyse pour les cuves C2 et C4. On obtient dans les deux cas une évolution régulière en fonction du stade de développement qui ne différerait que de deux à trois semaines d'un bananier à l'autre (au cycle près). Pour C2, les dernières mesures se

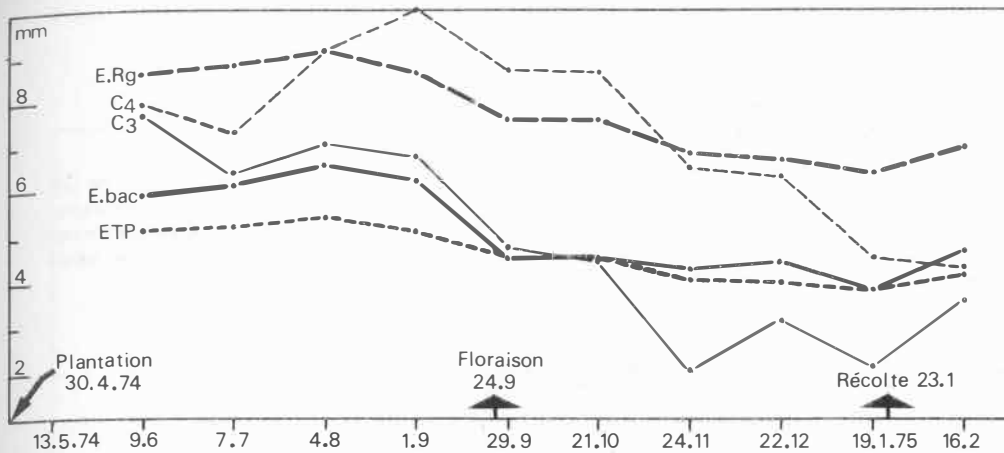


Fig. 8 • Valeurs journalières (Moyennes sur 4 semaines) de l'ETM de C4, de l'évaporation de C3, de l'ETP calculée, de l'évaporation du bac de classe A et de E.Rg.

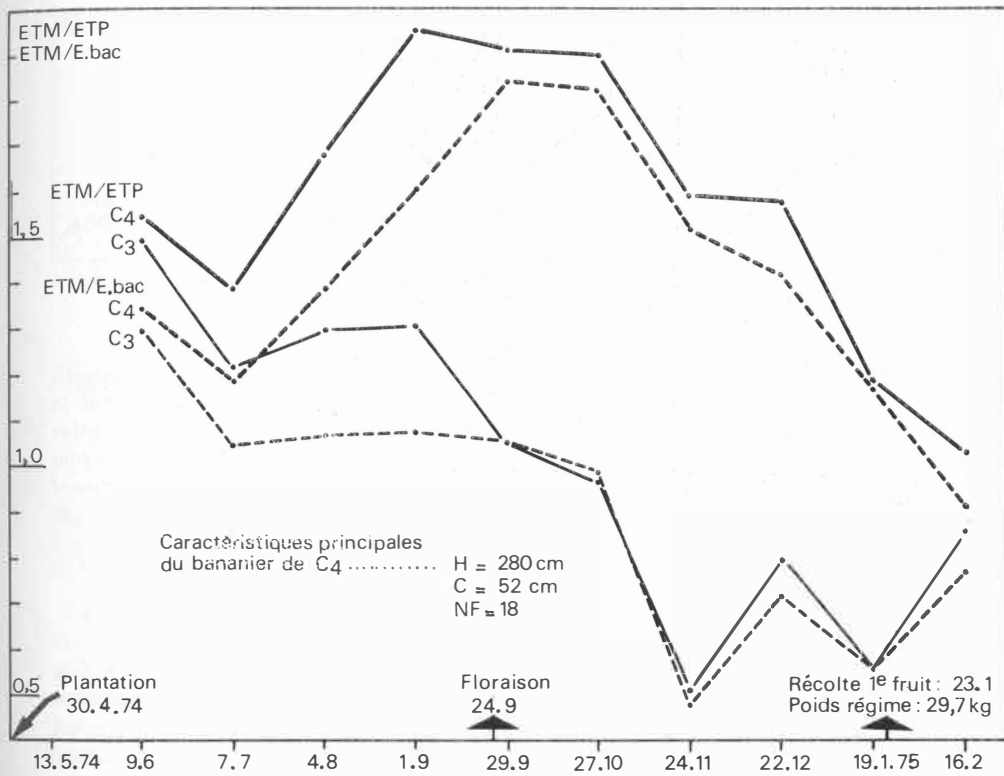


Fig. 9 • Evaporation de C3 et ETM de C4 en fonction de l'ETP calculée ou de l'évaporation du bac de classe A.

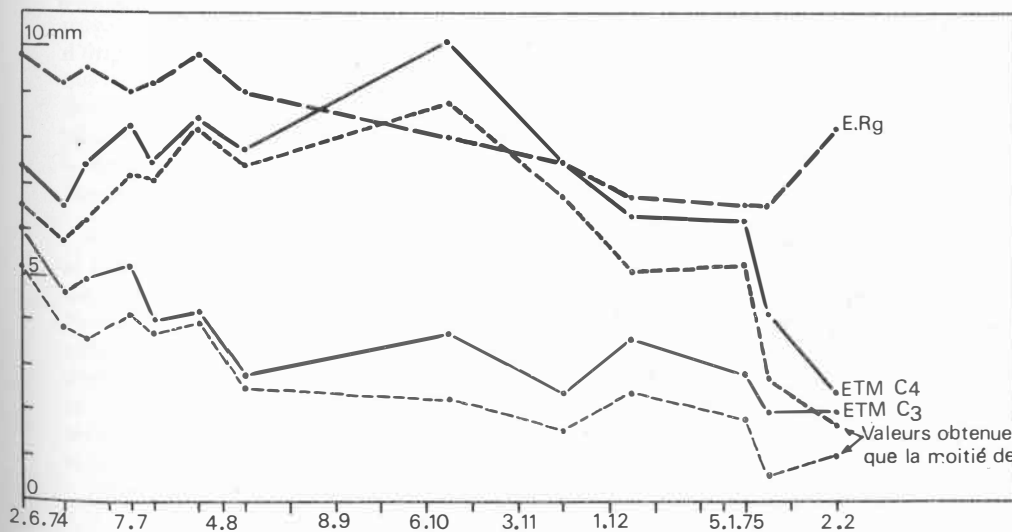


Fig. 10 • Valeurs journalières de l'évaporation de C3, de l'ETM de C4 et de E.Rg (Moyennes hebdomadaires isolées des semaines à pluviométrie inférieure à 21mm).

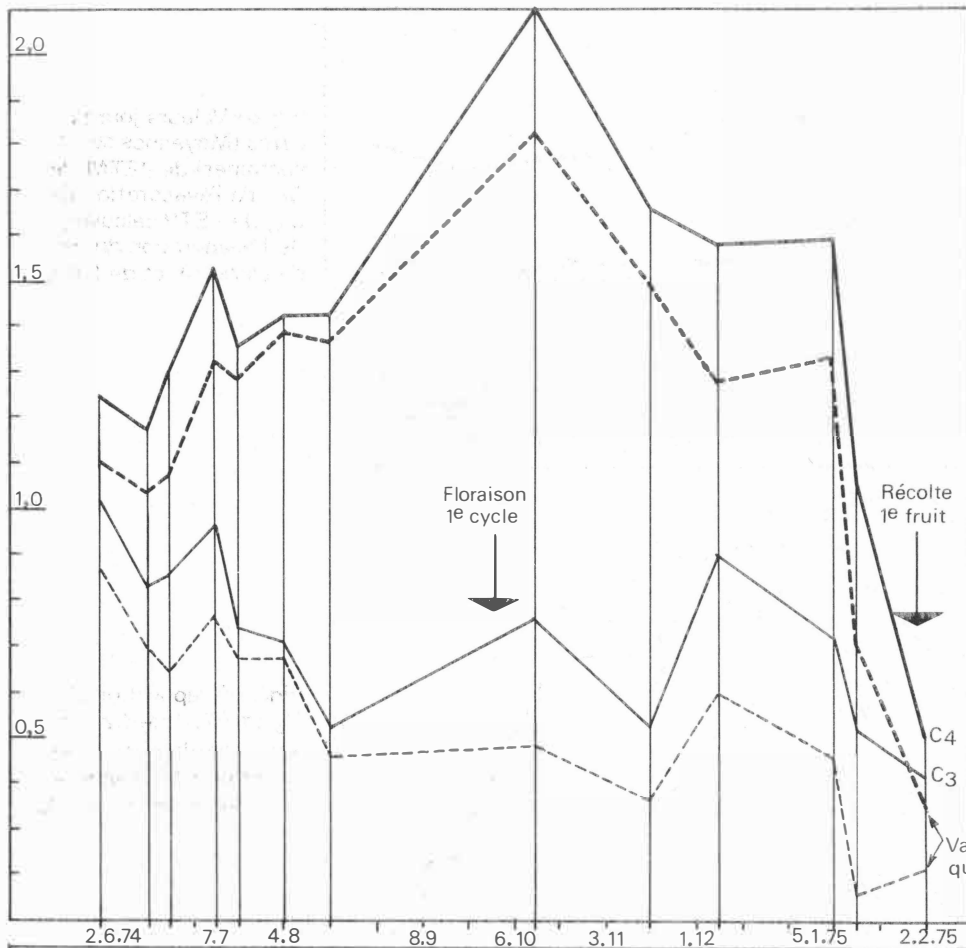


Fig. 11 • Evaporation de C3 et ETM de C4 en fonction de l'ETP calculée (Semaines isolées à pluviométrie inférieure à 21 mm).

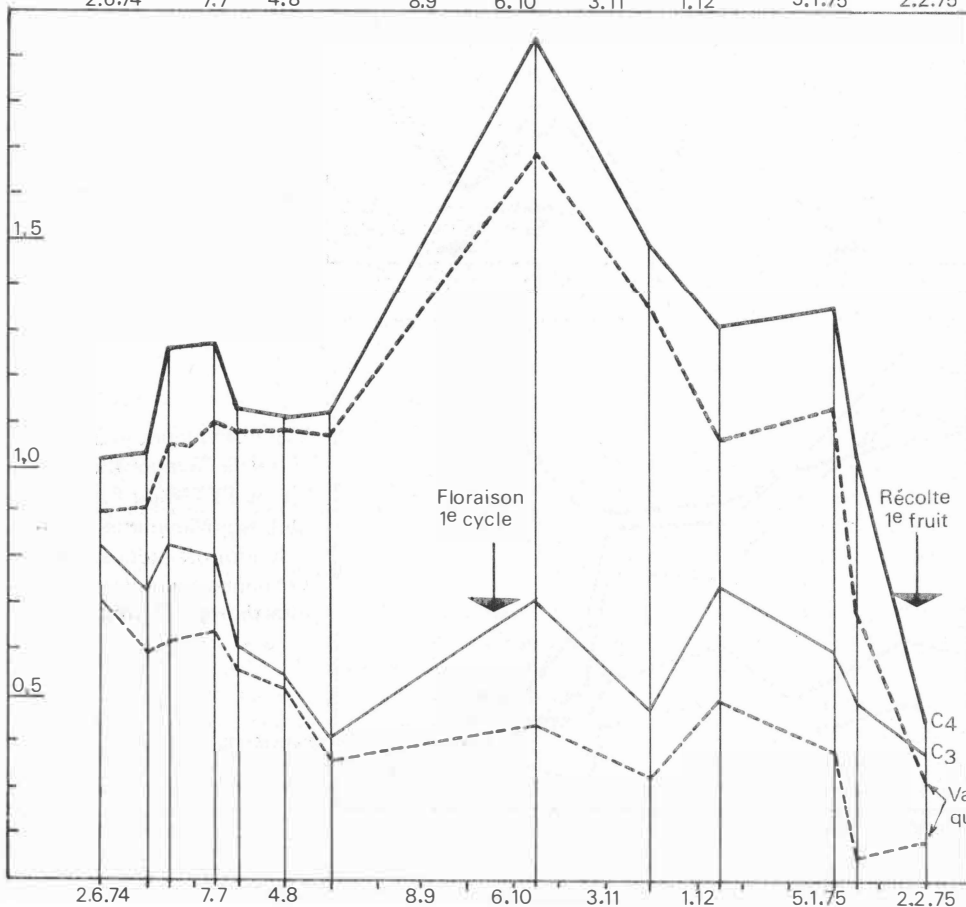


Fig. 12 • Evaporation de C3 et ETM de C4 en fonction de l'évaporation du bac de classe A (Semaines isolées à pluviométrie inférieure à 21 mm).

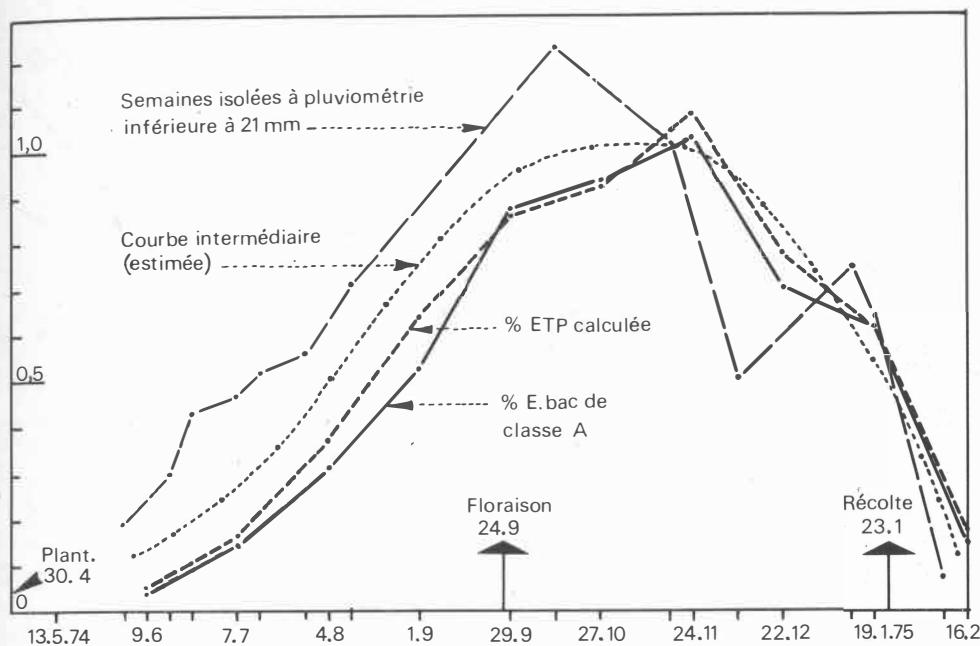


Fig. 13 • Consommation spécifique du bananier : Différence entre l'ETM de C4 et l'évaporation de C3 en fonction de l'ETP calculée ou de l'évaporation du bac de classe A.

situent aux environs de quatre semaines avant floraison et une semaine pour C4. On se trouve donc proche des valeurs maximales probables. En considérant la valeur moyenne entre la courbe réelle et la courbe obtenue en ne tenant compte que de la moitié de la pluie, on aboutit à des rapports ETM/ETP de l'ordre de 1,8 pour C2 et de 1,6 pour C4, et de ETM/E.bac respectivement de 1,5 et 1,4, la différence s'expliquant par la situation plus au vent de C2.

Remarque : comme on l'a vu précédemment, les valeurs élevées d'ETM observées (en particulier sur C2, mais même sur C4) implique une action importante de l'advection. Ceci s'explique en partie par des possibilités d'irrigation insuffisantes des parcelles I et II jusqu'en septembre 1974 (premier cycle sur C2 et partiellement deuxième cycle de C2, et premier cycle de C4). A partir de cette date ces parcelles ont été irriguées normalement, par un système d'irrigation localisée (RINKO) : on constate cependant que les valeurs d'ETM observées alors (dernières mesures) demeurent du même ordre de grandeur. Ceci peut correspondre en fait, à une légère diminution relative étant donné le développement un peu plus important des bananiers de deuxième et troisième cycle par rapport au premier cycle.

On note en effet que les bananiers sont bien développés et l'on passe des hauteurs 2,80 m à 3,50 m entre premier et deuxième cycle, avec des régimes pesant plus de 30 kg. Notons aussi que l'alimentation en eau en surabondance, telle que l'exigent les mesures par drainage, n'ont pas eu d'effet dépressif, mais qu'au contraire, nous avons constaté en Martinique comme en Guadeloupe, une avance très sensible dans le développement des rejets et donc une forte réduction de l'intervalle entre deux récoltes.

b) en Guadeloupe.

Les mesures ont été effectuées durant un deuxième cycle du bananier. La croissance de la plante a été mesurée par sa surface foliaire rapportée à l'unité de surface du sol (indice foliaire). La figure 16a indique l'évolution de cet indice qui est évidemment maximum au moment de la floraison avec une valeur de 5.

La figure 16b rapporte les valeurs moyennes journalières de l'ETP mesurée sur gazon, de l'ETM mesurée sur bananier et du rayonnement global exprimé en mm d'eau évaporée (annexe 2). Les valeurs de l'ETP gazon sont comprises entre 4 et 6 mm d'eau par jour, valeurs conformes aux résultats déjà obtenus (SCHOCH, VILLELE, GRANIER 1975). Les valeurs de l'ETM bananier sont en revanche comprises entre 5 et 8 mm d'eau par jour, soit plus élevées que l'ETP gazon.

Le rapport ETM/ETP atteint donc une valeur maximale de 1,6 (figure 16c) dès que l'indice foliaire des bananiers atteint la valeur 3. Soulignons que lorsque l'eau n'est pas un facteur limitant, la notion très spécifique de l'ETP dépend étroitement des caractéristiques de la surface du couvert végétal (PERRIER 1975). Il n'est donc pas étonnant d'avoir les valeurs d'ETM bananier supérieur à ETP gazon.

Notons toutefois que l'ETM bananier est tout de même inférieure au rayonnement global exprimé en mm d'eau évaporée.

CONCLUSION

La méthode de mesure de l'ETM par des cuves lysimétriques à drainage peut donner des résultats corrects pour des plantes à développement important comme le bananier,

Fig. 14 • Valeurs journalières (moyennes par 4 semaines) de l'ETM de C2 (3^e cycle) et de E.Rg.

V = Valeur obtenue en ne comptant que la moitié de la pluie.
H = Hauteur du bananier.

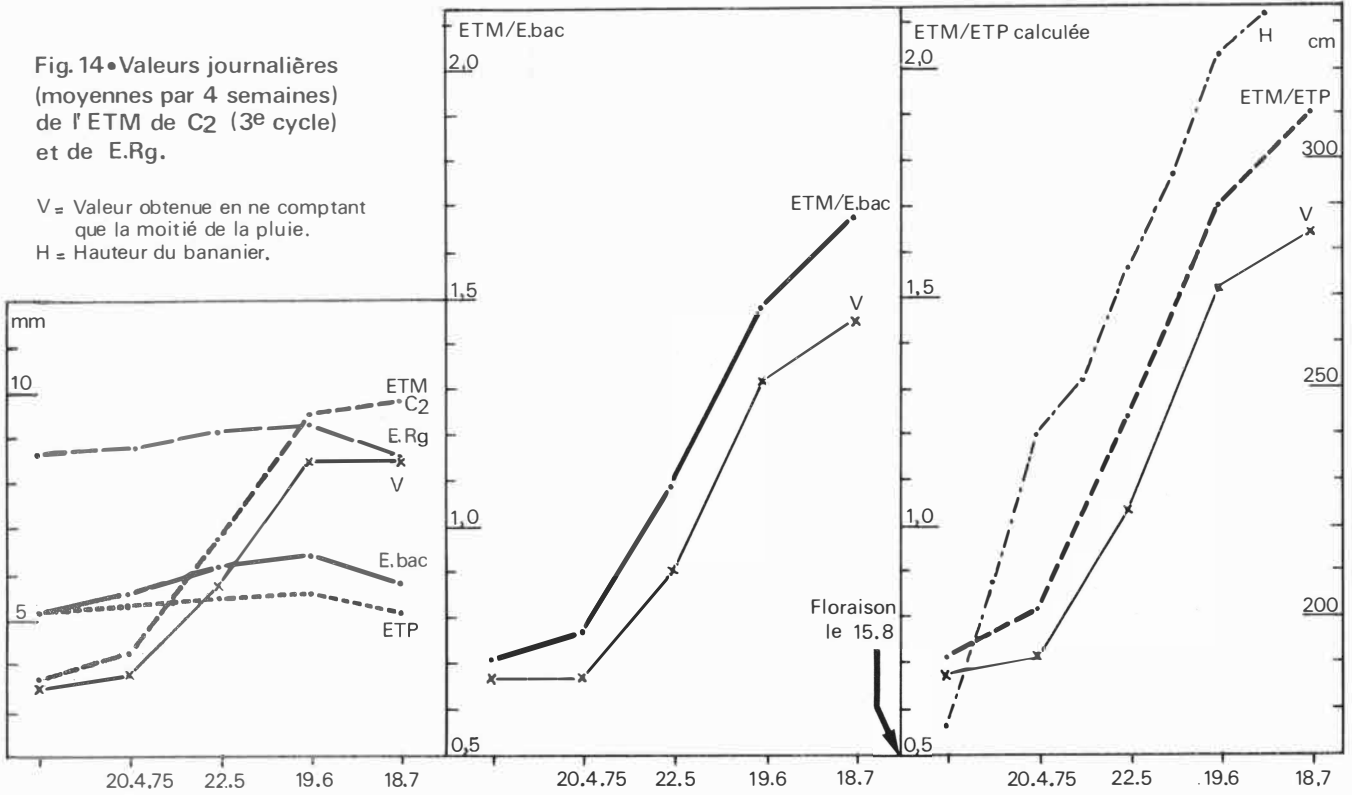
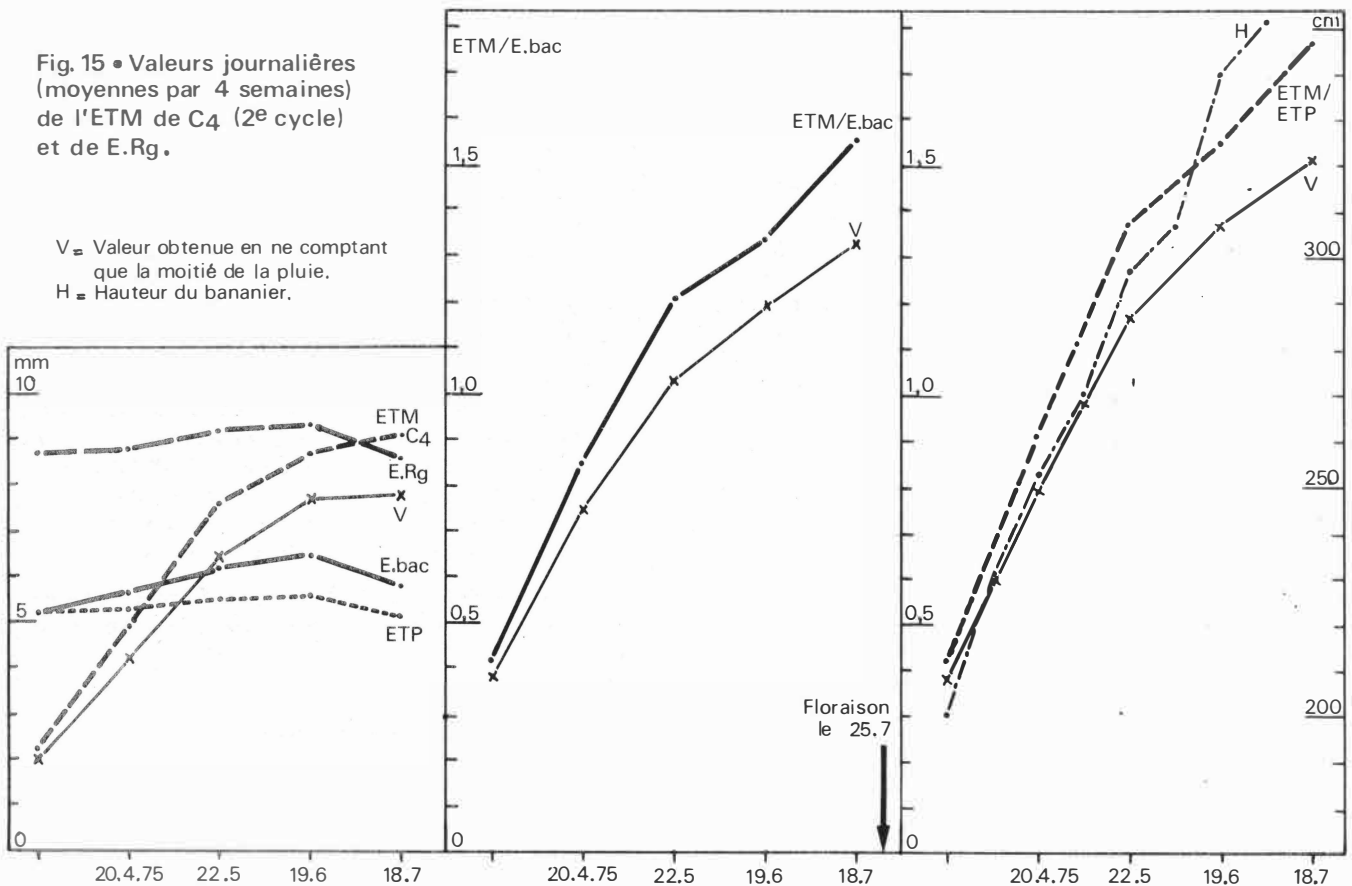


Fig. 15 • Valeurs journalières (moyennes par 4 semaines) de l'ETM de C4 (2^e cycle) et de E.Rg.

V = Valeur obtenue en ne comptant que la moitié de la pluie.
H = Hauteur du bananier.



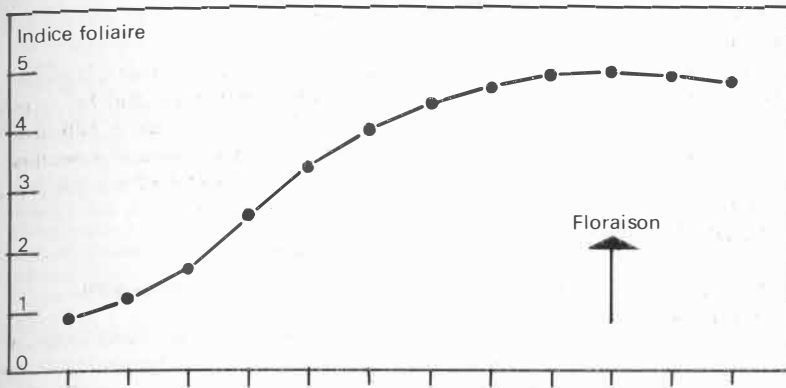
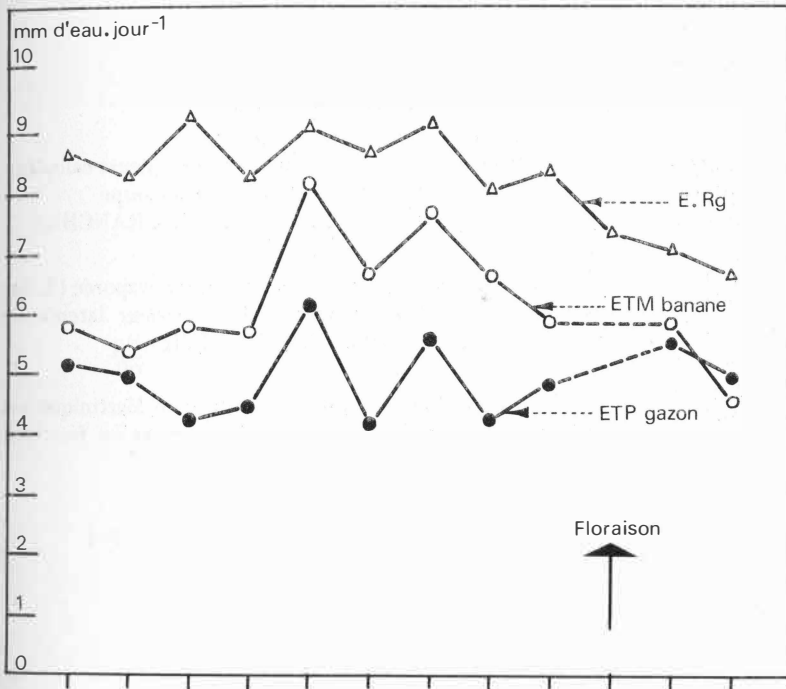
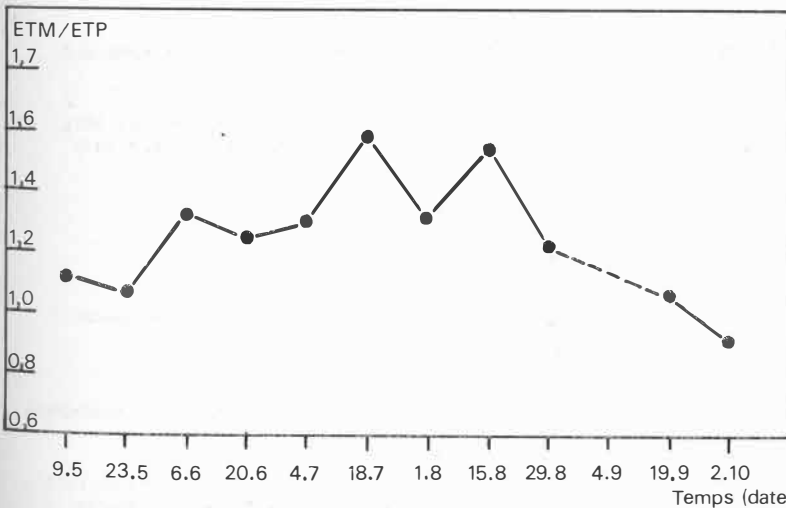


Fig.16 • Station INRA-Duclos (Guadeloupe)
EN FONCTION DU TEMPS :

(a) Evolution bi-mensuelle de l'indice foliaire (surface des feuilles rapportée à l'unité de sol) des bananiers, sur les cuves lysimétriques.



(b) Valeurs journalières (moyennes obtenues sur des périodes de deux semaines) :
• ETP mesurée sur gazon,
• ETM mesurée sur bananier,
• Rayonnement global en mm d'eau évaporée.



(c) Variation du rapport ETM/ETP.

à condition de pouvoir éliminer ou limiter l'incertitude de la mesure de la pluie réellement interceptée au niveau de la surface des cuves : c'est ce que montre la concordance des résultats obtenus à partir de mesures simultanées sur deux cuves, ou de mesures effectuées sur plusieurs cycles en Martinique et en Guadeloupe.

On pourra retenir, pour des bananiers ayant atteint leur stade de développement, des valeurs de ETM/ETP de l'ordre de 1,6 maximal, et de ETM/E.bac de 1,4 (ce qui correspond aux valeurs trouvées par GHAVAMI 1973). L'ETP gazon ne constitue donc pas une limite supérieure à l'ETM du bananier, et elle n'est à considérer qu'en tant que référence climatique, tout comme l'évaporation du bac de classe A qui représente a priori une référence tout aussi intéressante et dont la mesure directe est plus aisée : elle pourra donc être retenue au même titre que l'ETP gazon ou calculée, selon les disponibilités du réseau agrométéorologique.

Rappelons également que ces valeurs d'ETM ne correspondent pas obligatoirement aux doses d'irrigation optimales du point de vue agronomique ou économique, et qu'elles doivent servir avant tout de référence à des essais agronomiques en variante de doses permettant de chiffrer l'efficacité de l'eau. En ce sens une connaissance plus approfondie de l'évolution des besoins selon le stade de développement de la plante est également à rechercher tant pour confirmer les premières indications présentées dans cette étude, que pour déterminer l'existence éventuelle de phases critiques, comme on a pu le montrer sur d'autres plantes (ROBELIN 1963, LANGLET 1973).

BIBLIOGRAPHIE

- ARSCOTT (T.G.), BHANGOO (M.S.) et KARON (M.L.). 1965.
Irrigation investigations of the Giant Cavendish Banana.
I. Consumption of water applied to banana plantings in the upper Aguan Valley, Honduras, as influenced by temperature and humidity.
Trop. Agriculture, Trin., vol. 42, n°2.
- AUBERT (B.). 1968.
Étude préliminaire des phénomènes de transpiration chez le bananier.
Fruits, vol. 23, n°7 et 9.
- BEUGNON (M.).
Étude préliminaire de la consommation d'eau du bananier.
IFAC, R.A. 64, doc. 48
Consommation du bananier en eau.
IFAC, R.A. 66, doc. 4.
- BONHOMME (R.), VARLET GRANCHER (C.). 1973.
Évaluation de l'énergie solaire en Guadeloupe.
Communication au Congrès international «Le soleil au service de l'homme». Maison de l'UNESCO. 2-6juillet, E. 125-1 à E.125-B.
- CHAMPION (J.). 1960.
Les besoins en eau du bananier (étude bibliographique).
Doc. IFAC
- GHAVAMI (M.). 1973.
Determining water needs of the banana plant. Transactions of the ASAE.

ANNEXE 1

On peut estimer le poids total d'un bananier à la récolte (rejet compris) à environ 200 kg de matière fraîche, ce qui correspond avec 90 p. cent de teneur en eau à 180 litres. Sur un cycle de neuf mois la consommation journalière moyenne aura donc été de 0,67 litre, soit 0,17 mm par jour, ramené au 4 m² d'une cuve lysimétrique.

ANNEXE 2

Mode de calcul du rayonnement global et de ETP.

a) le rayonnement global a été mesuré en Guadeloupe, et calculé en Martinique à partir des durées d'insolation, selon la formule de BLACK :

$$R_g = R_{go} (a + b \cdot \frac{d}{D}) \text{ en cal. cm}^{-2} \text{ j}^{-1}$$

avec R_{go} = rayonnement solaire potentiel
D = durée astronomique du jour
d = durée d'insolation (mesurée)
(a = 0,29 coefficient d'ajustement, valeurs calculées pour St-François en Guadeloupe (BONHOMME, VARLET GRANCHER, 1973).

L'expression de R_g exprimé en mm d'eau évaporée (E. R_g) est obtenue en tenant compte de la chaleur latente de vaporisation de l'eau (600 cal. g⁻¹) soit $E.R_g = \frac{R_g}{60}$

b) l'ETP calculée prise comme référence en Martinique est obtenue à partir d'une formule d'ajustement en fonction du rayonnement global.

$$ETP = (0,010 \pm 0,001) R_g = 0,6 E.R_g$$

valeur mise au point pour St-François (Guadeloupe) (SCHOCH, VILLELE, GRANIER, 1975).

- GHAVAMI (M.). 1974.
Irrigation of Valery banana in Honduras.
Trop. Agriculture Trin., vol. 51, n°3.
- GODEFROY (J.). 1967.
Les besoins en eau du bananier dans les différentes régions de Côte d'Ivoire.
Bulletin d'Information IFAC Côte d'Ivoire, n°14.
- GUILLEMOT (J.), LACHENAUD (J.L.), DORMOY (M.). 1973.
Quelques caractéristiques de sols des zones bananières de la Martinique.
Fruits, vol. 28, n°5.
- HALLAIRE (M.). 1963.
Potentiel efficace de l'eau dans le sol.
L'eau et la production végétale. INRA, 1964.
- LANGLET (A.). 1973.
Effets de la sécheresse sur la croissance et la production du sorgho grain.
Ann. agron., 24, 3.
- MORELLO (J.).
Transpiration y balance de agua de la bananera en las condiciones de la ciudad de Sao Paulo.
Univers. Sao Paulo Botánica, n°10, p. 27-97.
- PERRIER (A.), ARCHER (P.), BLANCO DE PABLOS (A.). 1974.
Étude de l'évapotranspiration réelle et maximale de diverses cultures : dispositif et mesures.
Ann. agron., 25, 5.

- PERRIER (A.). 1975.
Étude physique de l'évapotranspiration dans les conditions naturelles.
Ann. agron., 26, 2, p. 105-123.
- PUECH (J.) et HERNANDEZ (M.). 1973.
Evapotranspiration comparée de différentes cultures et étude de quelques facteurs influençant les rythmes de consommation.
Ann. agron., 24, 4.
- ROBELIN (N.). 1963.
Contribution à l'étude du comportement du maïs grain vis-à-vis de la sécheresse.
Journée internationale de l'Irrigation. Ed. par Association des Producteurs de maïs.
- ROBELIN (N.). 1967.
Action et arrière-action de la sécheresse sur la croissance et la production du tournesol.
Ann. agron., 18, 6.
- SARRAF (S.) et BOVEE (A.C.J.). 1973.
Evapotranspiration du bananier.
Magon.
- SCHOCH (P.G.), de VILLELE (O.), GRANIER (J.). 1975.
Besoins climatiques en eau des cultures aux Antilles françaises.
Nouvelles agronomiques des Antilles et de la Guyane, n 2, p. 101-108.
- SHMUELI (E.). 1953.
Irrigation studies in the Jordan Valley.
I.- Physiological activity of the banana in relation to soil moisture.
Bulletin of the Research Council of Israel.
- TROCHOULIAS (T.). 1973.
The yield response of bananas to supplementary watering.
Austral. Journal of Exp. Agric. and Animal Husbandry.



Complément concernant l'article de M. LASSOUDIÈRE
paru dans FRUITS, juin 1974, vol. 29, n°6:

«Croissance et développement du bananier Poyo en Côte d'Ivoire selon les variations climatiques».

La transformation mathématique $X = 1 + \log \frac{L1}{(L.1)^2}$ mise au point pour interpréter

la croissance en longueur des feuilles du bananier, ne s'applique ni à la croissance en hauteur, ni à la croissance en «nombre de feuilles du bananier». L'interprétation des résultats d'observation par les critères de développement taille (X T) et de développement «nombre de feuilles» (X F) et par leur rapport X F/X T s'avère donc inexacte.

Seuls les résultats d'observation non transformés doivent donc être pris en considération.

L'affirmation selon laquelle les deux composantes climatologiques primordiales pour le bananier sont l'insolation et le bilan hydrique devra être revue. La température apparaît en effet avoir une action importante sur le développement de la plante.