

ESTIMATION DU BILAN HYDRIQUE DANS UNE FORET SEMPERVIRENTE DE BASSE COTE-D'IVOIRE

C. HUTTEL
ORSTOM,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract-Résumé

ESTIMATE OF WATER BALANCE IN AN EVERGREEN FOREST IN THE LOWER IVORY COAST.

Two plots for estimating the weekly water balance have been in use since January 1969 in the forest of Banco near Abidjan. Measurements by a neutron moisture meter of variations in soil humidity together with rainfall tables make it possible to calculate the true weekly evapotranspiration over a large part of the year. The true evapotranspiration thus obtained was compared with a measured potential evapotranspiration, and its variations were correlated with the rate of growth of the trees.

ESTIMATION DU BILAN HYDRIQUE DANS UNE FORET SEMPERVIRENTE DE BASSE COTE-D'IVOIRE.

Depuis janvier 1969, deux parcelles pour l'estimation du bilan hydrique hebdomadaire sont en place en forêt du Banco près d'Abidjan. Les mesures par un humidimètre à neutrons des variations d'humidité du sol associées à des relevés de précipitations permettent de calculer une évapotranspiration réelle hebdomadaire sur une grande partie de l'année. Cette ETR ainsi obtenue a pu être comparée à une évapotranspiration potentielle mesurée et ses variations ont été mises en corrélation avec le rythme de croissance des arbres.

Depuis quelques années déjà, l'Office de la recherche scientifique et technique d'outre-mer (ORSTOM) a entrepris dans le cadre du Programme biologique international une étude sur la productivité de la forêt sempervirente de basse Côte-d'Ivoire. Le présent article concerne une partie des travaux réalisés dans la forêt du Banco située à 4 km à l'ouest d'Abidjan.

DESCRIPTION DU MILIEU

Le climat

Il est du type subéquatorial humide. Les températures mensuelles moyennes oscillent autour de 26°C et leur amplitude de variation annuelle est faible [1]. Les précipitations abondantes (2100 mm par an) se répartissent en deux saisons à forte pluviosité (mai-juillet et octobre-novembre) séparées par deux saisons plus sèches (décembre-avril et août-septembre). Les variations de l'importance et de la répartition des précipitations peuvent être grandes d'une année à l'autre [2].

La topographie

Le relief général de la forêt du Banco consiste en un plateau faiblement ondulé et découpé par des talwegs étroits et profonds [3]. En fonction de ce relief deux stations ont été choisies, l'une sur le plateau et l'autre au fond d'un talweg; elles sont à 400 m de distance mais séparées par une dénivellation de 50 m.

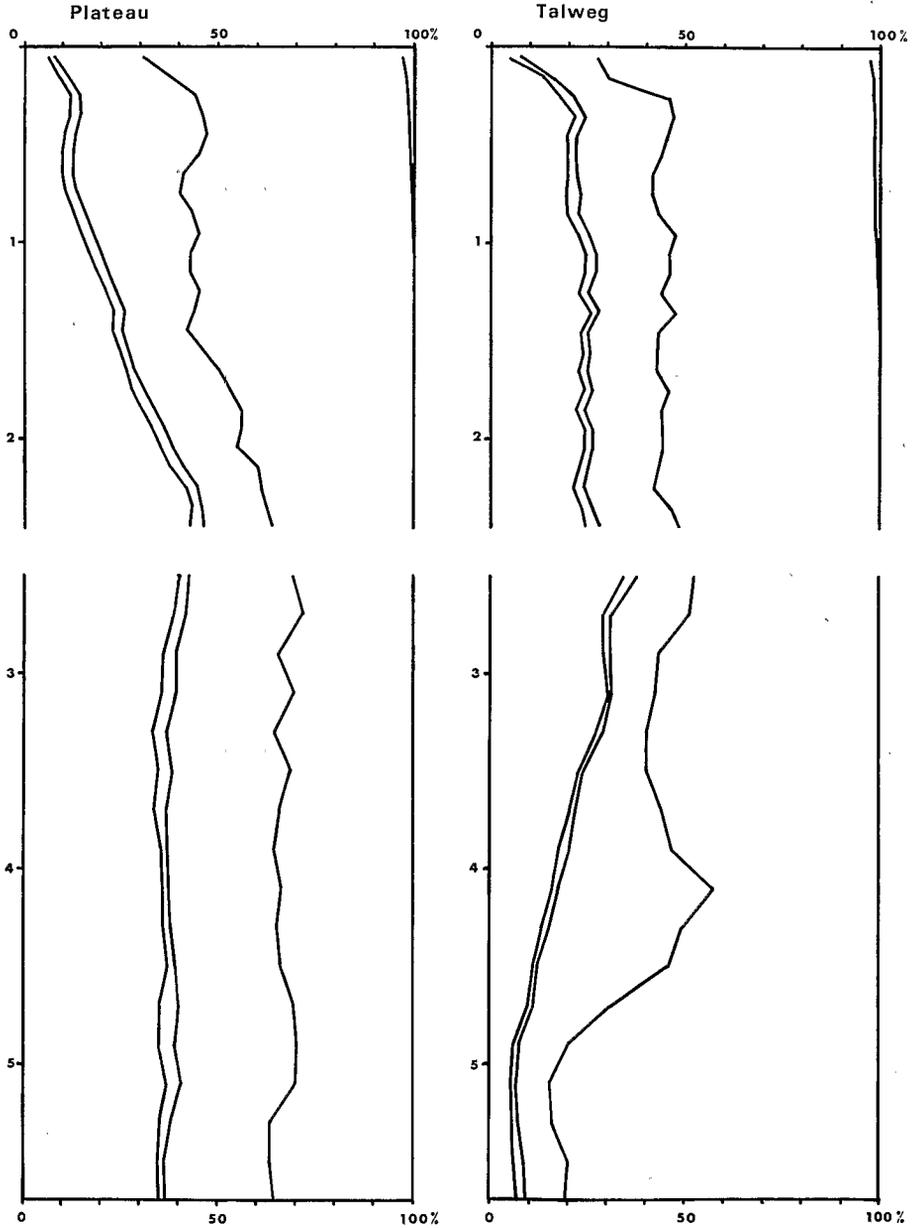


FIG. 1. Granulométrie des sols des deux stations

- 0 à 2,5 m de profondeur: profil moyen sur 3 prélèvements analysés tous les 10 cm.
- 2,5 à 6 m de profondeur: un seul profil, analyses tous les 20 cm.

De gauche à droite:

- argile, éléments de diamètre inférieur à $2 \mu\text{m}$
- limon, éléments de diamètre de 2 à $20 \mu\text{m}$
- sables fins, éléments de diamètre de $20 \mu\text{m}$ à 0,2 mm
- sables grossiers, éléments de diamètre de 0,2 mm à 2 mm
- matière organique.

La végétation

On compte en moyenne 265 arbres de plus de 40 cm de circonférence par ha pour une surface terrière (somme en m² des surfaces des sections à 1, 3 m de hauteur des arbres dans 1 ha) comprise entre 23 et 44 m²/ha. Les essences les plus abondantes sont Turraeanthus africana, Strombosia glaucescens, Dacryodes klaineana, Coula edulis et Allanblackia floribunda [4]. Il existe des différences qualitatives de composition floristique entre nos deux stations, Monodora myristica et Cola chlamydantha abondants dans le talweg étant absents au plateau. On trouve également des différences quantitatives, Turraeanthus africana étant plus abondant dans le talweg. La végétation de la forêt du Banco est représentative d'un groupement psammohygrophile localisé sur les sables tertiaires [5].

Les sols

Ces sables détritiques continentaux ont donné naissance sous forêt à des sols ferrallitiques fortement désaturés et appauvris superficiellement en argile. Ils sont caractérisés par un taux de saturation du complexe absorbant très bas (environ 10% en surface) et par un horizon humifère plus acide que les horizons sous-jacents [6]. Les profils texturaux de nos deux sols sont différents (fig. 1). Si le sol du talweg, qui est un sol colluvionné [7], ne présente pas de variations verticales de sa granulométrie entre 40 et 250 cm de profondeur, il n'en est pas de même pour le sol du plateau où un horizon sablo-argileux léger surmonte une zone épaisse argilo-sableuse. Deux profils effectués sur 6 m d'épaisseur montrent le passage en profondeur du sol sablo-argileux à un sol sableux dans le talweg et la continuation du sol argilo-sableux sur le plateau. Peu en dessous de 6 m de profondeur l'horizon sableux du talweg fait place sans transition à une zone argileuse compacte.

METHODES D'ETUDE

Le but de notre travail était d'estimer l'évapotranspiration réelle dans ce type de forêt et de voir si ses variations sont liées à celles de la croissance des arbres. Dans ce but on a choisi dans chaque station une parcelle représentative de 300 m² pour les mesures du bilan hydrique et une parcelle de 800 m² pour y suivre la croissance des arbres. Les relevés concernant le bilan hydrique sont hebdomadaires, mais pour obtenir une précision suffisante dans la mesure de la croissance des arbres, il a été nécessaire d'adopter un intervalle de trois semaines.

Bilan hydrique

Pour notre estimation nous n'avons tenu compte que de deux facteurs, les précipitations sous couvert et les variations d'humidité du sol. Les facteurs négligés sont le ruissellement, l'écoulement d'eau le long des troncs, le drainage profond et l'interception vraie.

Sachant que nos parcelles ont été choisies en des endroits plats et que le ruissellement annuel sous forêt n'atteint pas 1% des précipitations sur des pentes fortes [8], il n'a pas été effectué de mesures de ruissellement. Des mesures de

l'écoulement d'eau le long des troncs ont été faites pendant plus d'un an et elles ont montré que la quantité d'eau atteignant le sol par cette voie représente moins de 1% des précipitations [9]. Cette valeur est en accord avec les mesures les plus récentes faites à Porto Rico [10]. Ce poste du bilan d'eau peut donc également être négligé. N'ayant pas trouvé de méthode satisfaisante et assez précise pour mesurer le drainage profond [11], nous n'avons pu calculer l'évapotranspiration réelle (ETR) pour les périodes à forte pluviosité pendant lesquelles les eaux de pluie percolent en profondeur. Par ailleurs, négligeant volontairement et pour des raisons techniques l'interception vraie (eau directement évaporée à partir des surfaces végétales mouillées), l'estimation de notre ETR est faite par défaut. L'erreur faite est difficile à estimer, les auteurs ayant travaillé en forêt tropicale donnant des pourcentages très variables allant de 3% pour une forêt au Nigeria [12] à 68% dans une forêt brésilienne [13]. D'après quelques mesures faites dans une petite clairière, notre interception semble proche de la valeur trouvée dans la forêt de Kade au Ghana, 15% [14]. En effet, les pluies de faible intensité (moins de 2 mm/h), celles qui sont le plus sujettes à interception, représentent moins de 2% des précipitations; par contre les pluies violentes (plus de 20 mm/h) en forment plus du tiers.

Les précipitations sous couvert sont mesurées par un ensemble de pluviomètres constitués d'une surface collectrice de 500 cm² et d'un réservoir pouvant contenir 500 mm de précipitations. Ils sont disposés au hasard et leur nombre a été porté de 3 à 6, puis à 12 et finalement à 24. A partir de 12 pluviomètres, la précision obtenue sur la moyenne est de l'ordre de 10% pour les pluies supérieures à 5 mm.

L'humidité du sol a été suivie d'une manière désormais classique à l'aide d'un humidimètre à neutrons type HP 110 (source Ra-Bé de 5 mCi) associé à un icromètre IP 110, qui ont été remplacés en janvier 1971 par une sonde HP 310 (source Am-Bé de 50 mCi) associée à un EC 310 avec minuterie électronique. L'emploi d'un réflecteur neutronique permet de faire une mesure dès 10 cm de profondeur [15]. Le matériel ainsi que la maintenance sont fournis par le Laboratoire des radioisotopes que le CEA a installé au Centre ORSTOM d'Adiopodoumé. Dans chaque station, 5 tubes d'accès de 2, 5 m ont été mis en place en octobre 1968 et utilisés à partir de janvier 1969. En août 1969, ils ont été complétés par deux tubes de 6 m relevés à partir de novembre 1969.¹

Pour l'exploitation des résultats, nous utilisons la moyenne hebdomadaire horizon par horizon des tubes de 2, 5 m. Les tubes de 6 m sont exploités à part. Les mesures sont faites tous les 10 cm jusqu'à 1, 5 m de profondeur et tous les 20 cm au-delà. En tenant compte de la granulométrie, des profils hydriques relevés (particulièrement dans la station du plateau), ainsi que des profils racinaires [16], on a regroupé les horizons en 4 tranches de sol d'épaisseurs inégales:

- 0 - 27 cm: horizon superficiel à forte densité de racines
- 27 - 67 cm: horizon bien exploré par les racines
- 67 - 127 cm: horizon de transition à faible densité de racines
- 127 - 232 cm: horizon de profondeur à racines rares.

¹ La continuité des mesures a pu être réalisée grâce à la collaboration occasionnelle ou assidue de Mme Bernhard-Reversat, MM. Cremers, G., Delaunay, J., Passamba Romba, P., Tchéloulou, J. et Zéhourou Toti, D.

Le regroupement des horizons pour les tubes de 6 m est similaire: 0 - 27, 27 - 77, 77 - 182 cm et ensuite en tranches de 1 m jusqu'à 5, 82 m de profondeur. Ces regroupements sont les mêmes dans les deux stations.

La méthode d'étalonnage utilisée est la méthode au champ: mesure de l'humidité pondérale par prélèvement à la tarière autour d'un tube et passage à l'humidité volumique par la densité apparente du sol. Celle-ci est connue dans chaque station par 250 mesures faites au densitomètre à membrane sur 6 profils de 2, 5 m. La corrélation entre les humidités volumiques ainsi obtenues et les comptages neutroniques a été calculée dans chaque station ($r = 0,979$ pour $n = 48$ au plateau, $r = 0,906$ pour $n = 54$ dans le talweg).

L'ETR a été calculée en retranchant algébriquement des précipitations les variations du stock d'eau du sol. Ceci ne peut être fait que lorsque l'examen des profils hydriques nous assure que la réhumidification du sol par les eaux de pluie ne va pas au-delà du dernier horizon mesuré.

Croissance des arbres

La croissance des arbres est mesurée par les variations de la circonférence de tous les arbres dans une parcelle de 800 m²: On a utilisé des dendromètres en ruban [17] munis de deux repères dont on mesure, avec une loupe micrométrique, l'écartement à 0,1 mm près. Les accroissements de surface terrière par période de trois semaines sont ainsi connus avec une erreur relative inférieure à 10%. Pour pouvoir comparer les deux stations, on a été obligé d'exprimer les variations de surface terrière par rapport à la surface terrière initiale.

RESULTATS

Les résultats exposés ici couvrent la période allant de janvier 1969 à août 1971.

Tubes de 2, 5 m (figs 2 et 3, A, B, C et D)

Dans les deux stations on constate une atténuation des variations de l'humidité du sol avec la profondeur. Le premier horizon (figs 2A, 3A) peut perdre 48% (plateau) et 58% (talweg) de son eau; cette variation est moins importante dans le dernier horizon (figs 2D, 3D) où elle n'est plus que de 38% et 30%. Ces différences s'observent très bien sur les pentes des courbes d'humidité de juillet à septembre 1969. L'atténuation des variations se produit également en phase de réhumectation: les pluies de mars 1969 réhumidifient fortement les deux horizons superficiels, l'augmentation est plus faible dans le troisième (figs 2C, 3C) et finalement à peine marquée, et en plus avec un retard, dans la dernière tranche de sol. L'atténuation est moins sensible dans le cas de fortes pluies qui réhumidifient rapidement tout le profil (octobre 1969, novembre 1970, avril 1971).

Les différences entre les deux stations résident dans les valeurs absolues de l'humidité ainsi que dans les pourcentages de variation.

Dans la station du talweg, l'humidité à un moment donné est sensiblement la même sur tout le profil, les moyennes étant entre 18% et 20%.

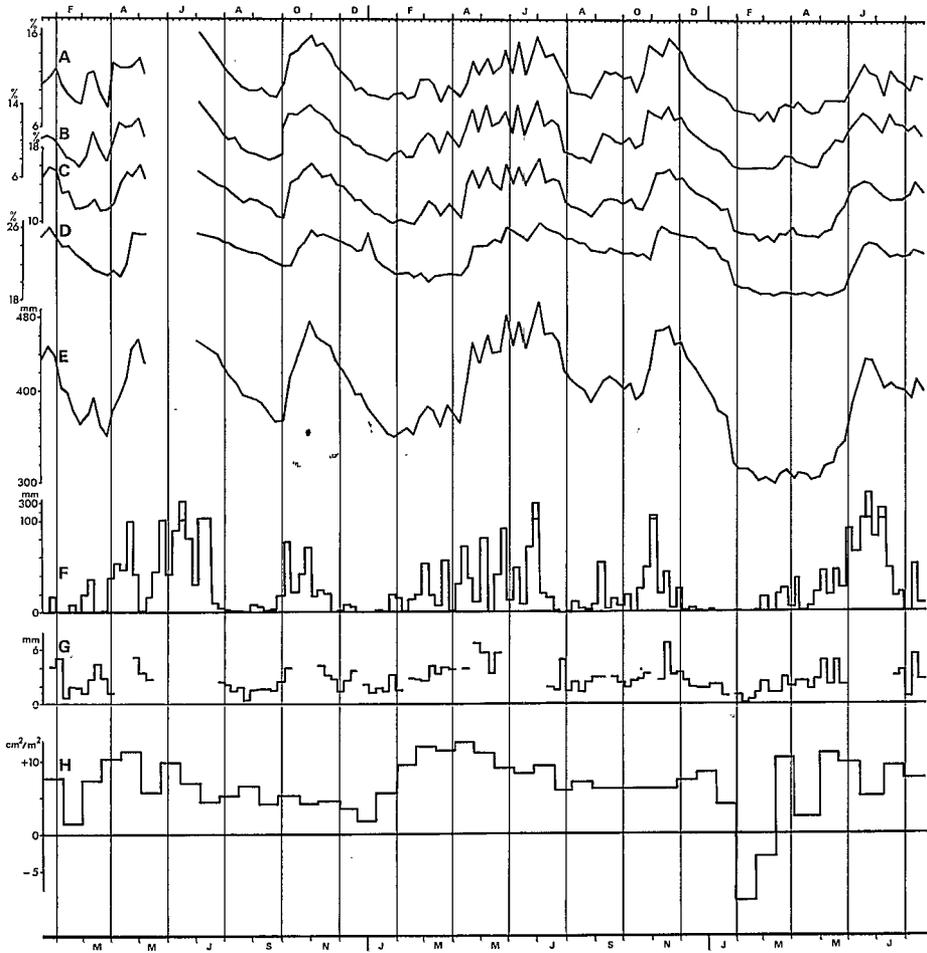


FIG. 2. Station du plateau

Abcisse: temps en mois et repères pour les dates de mesures (janvier 1969 - août 1971).

Ordonnées: humidité volumique du sol dans les tranches

A - 0 à 27 cm de profondeur

B - 27 à 67 cm de profondeur

C - 67 à 127 cm de profondeur

D - 127 à 232 cm de profondeur

E - Variations du stock d'eau du sol (mm)

F - Précipitations hebdomadaires (mm)

G - Moyennes hebdomadaires de l'évapotranspiration journalière (mm)

H - Variations de la surface terrière des arbres en cm² par m² de surface terrière initiale et par 3 semaines.

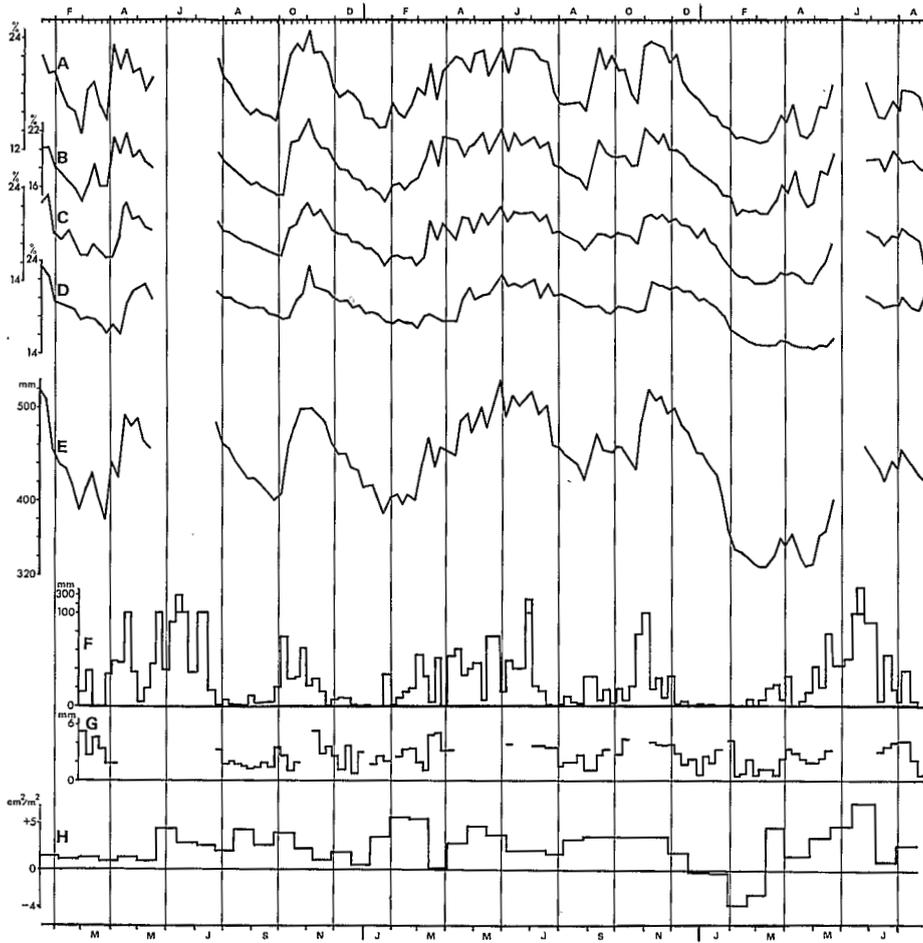


FIG. 3. Station du talweg

Abcisse: temps en mois et repères pour les dates de mesures (janvier 1969 - août 1971).

Ordonnées: humidité volumique du sol dans les tranches

A - 0 à 27 cm de profondeur

B - 27 à 67 cm de profondeur

C - 67 à 127 cm de profondeur

D - 127 à 232 cm de profondeur

E - Variations du stock d'eau du sol (mm)

F - Précipitations hebdomadaires (mm)

G - Moyennes hebdomadaires de l'évapotranspiration journalière (mm)

H - Variations de la surface terrière des arbres en cm^2 par m^2 de surface terrière initiale et par 3 semaines.

Ceci est la conséquence de l'homogénéité de la texture sur tout le profil (fig. 1). Il n'en est pas de même pour les relevés de la station du plateau où les moyennes approximatives des horizons successifs sont 12%, 10%, 13% et 23%. L'horizon argilo-sableux se singularise particulièrement. Les valeurs moyennes des deux stations sont 17% au plateau et 19% dans le talweg.

La différence des textures des sols des deux stations peut aussi expliquer les différences des pourcentages de variations. Dans le talweg, la granulométrie, donc les potentiels capillaires, sont constants sur tout le profil. Le pourcentage de variation de l'humidité du sol est donc fonction uniquement de l'activité racinaire; la densité de racines diminuant rapidement avec la profondeur, le pourcentage de variation évolue dans le même sens: 58%, 52%, 47% et 30% pour les quatre horizons contenant respectivement 340, 100, 30 et 10 mg de racines d'un diamètre inférieur à 1 cm dans 100 cm³ de terre. Cette décroissance est moins nette dans la station du plateau où la diminution avec la profondeur de la densité des racines, elle-même moins rapide, est partiellement compensée par l'augmentation de la proportion d'éléments fins, donc par une augmentation de la gamme d'eau utile. Les pourcentages de variation y sont de 48%, 45%, 39% et 38% pour des horizons où on trouve 450, 200, 100 et 15 mg de racines de diamètre inférieur à 1 cm dans 100 cm³ de sol.

Régime des précipitations (figs 2F, 3F)

On observe quelques différences entre les trois années de mesure. La grande saison sèche est peu marquée en 1969, nette en 1970 et particulièrement rigoureuse en 1971. La petite saison sèche de 1969 est d'une rigueur inhabituelle et celle de 1970 de courte durée. La grande saison des pluies de 1970 est caractérisée par des alternances de périodes plus ou moins pluvieuses. La période étudiée est particulièrement sèche par rapport aux moyennes calculées sur plusieurs années [2]. Il n'existe pas de différence significative entre les deux stations.

Stock d'eau du sol (figs 2E, 3E)

Ces variations sont cycliques: chute en saison sèche (minimums de 297 mm au plateau et de 300 mm dans le talweg) et remontée rapide en saison humide (maximums de 496 mm et 543 mm respectivement). Le stock est toujours plus élevé dans la station du talweg, la teneur en argile sur l'ensemble du profil étant plus grande: 21% pour 19% au plateau. Les quantités d'eau pouvant être évapotranspirées sont peu différentes d'une station à l'autre: 199 mm et 213 mm.

Evapotranspiration réelle (figs 2G, 3G)

Les résultats pouvant être obtenus de cette manière sont très fragmentaires mais permettent néanmoins de dégager quelques faits.

L'ETR varie entre 0, 5 et 6, 5 mm par jour. Les valeurs les plus fortes se rencontrent au début ou à la fin des saisons pluvieuses, les plus faibles au cours des saisons sèches. La moyenne calculée sur nos mesures est aux environs de 2, 5 mm par jour. Il n'y a pas de différences significatives entre les deux stations.

Nous avons pu comparer nos résultats aux mesures de l'évapotranspiration potentielle (ETP) fournies par le Laboratoire de bioclimatologie de l'ORSTOM à Adiopodoumé [18].² On a pu voir que l'ETR est très proche de l'ETP en fin de saison pluvieuse, mais diminue rapidement par rapport à cette dernière en période sans pluies importantes.

A la station du plateau, le total des précipitations en 1970 est de 1449 mm; la somme de nos mesures d'ETR de 816 mm. Pour les périodes où le calcul de l'ETR est impossible, nous avons pris les valeurs de l'ETP mesurée à Adiopodoumé et le total annuel de l'évapotranspiration est 1075 mm. La quantité d'eau percolée au-delà de 2, 3 m de profondeur est donc de 374 mm. Durant cette année relativement sèche, pendant laquelle on a observé un déficit des précipitations de 750 mm par rapport à la moyenne, le quart des précipitations a percolé en profondeur.

Croissance des arbres (figs 2H, 3H)³

Elle est suivie depuis 1967 et montre une rythmicité saisonnière marquée: croissance faible en grande saison sèche avec accélération rapide dès les premières pluies, pour atteindre un maximum au début de la saison humide, puis diminution lente relativement indépendante du régime des pluies. On a pu noter une diminution de la circonférence de nombreux arbres lors des périodes d'harmattan (janvier 1968 non figuré, février-mars 1971). Cette décroissance est due à une déshydratation des tissus non lignifiés qui redeviennent turgescents dès la première pluie. Les arbres considérés individuellement montrent une grande variabilité inter- et intraspécifique dans leur croissance. Un rythme semblable a été défini sur un ensemble d'arbres au Nigeria [20].

Cette rythmicité est plus nette dans la station du plateau. Les deux stations diffèrent surtout par l'importance de cette croissance. Pendant la période considérée, l'augmentation d'aire basale en dm^2 par ha de terrain est de 80 au plateau et de 32 dans le talweg, soit des augmentations de 2,9% et 1% respectivement. Cette différence est essentiellement due à la présence et à l'abondance dans le talweg de Monodora myristica, petit arbre à croissance très lente et très capricieuse.

Pour les périodes où des mesures de croissance et des résultats d'ETR sont disponibles, on a calculé la corrélation existant entre ces deux valeurs (fig. 4). Elle est hautement significative dans la station du plateau, mais n'a pas pu être trouvée dans la station du talweg. Si dans l'une des stations la quantité d'eau évapotranspirée semble être une bonne indication de l'activité de la végétation, il faut admettre l'existence d'un facteur limitant différent pour la station de talweg, et pour Monodora myristica en particulier.

Tubes de 6 m (figs 5, 6)

Ils ont été mis en place après qu'on ait pu constater une variation encore importante de l'humidité à 2, 3 m de profondeur.

² Mesures effectuées par pesée en continu d'un monolithe de terre (60 x 60 x 65 cm) avec une couverture herbacée rase [19].

³ Par manque de loupe micrométrique, il n'a pas été fait de mesures de septembre à novembre 1970. La croissance des arbres pendant cette période a été rapportée à 3 semaines et figurée par un trait continu.

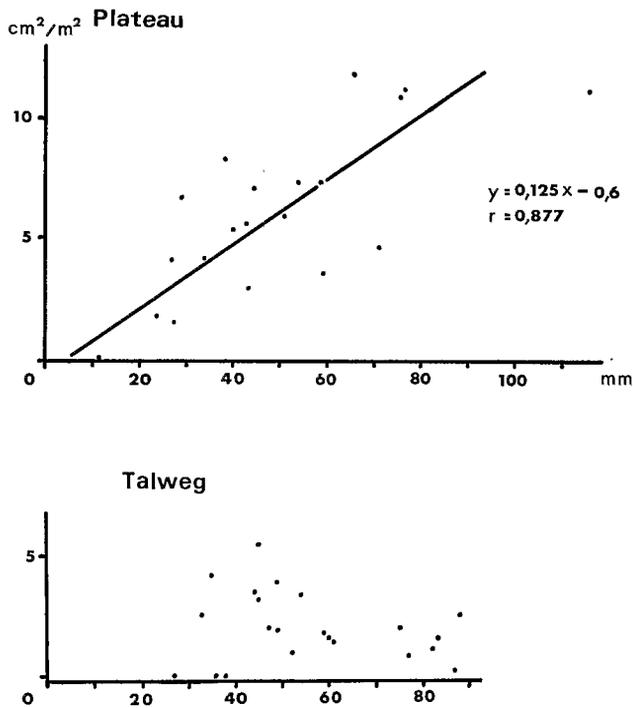


FIG. 4. Corrélation entre l'ETR en mm par 3 semaines et la croissance des arbres par période de 3 semaines.

Le phénomène d'atténuation déjà constaté sur les tubes de 2,5 m se retrouve ici un peu amplifié. Dans les deux dernières tranches de sol du plateau (figs 5f, 5g) la variation d'humidité n'est plus que de 25%. L'humidité y est presque constante de novembre 1969 à juin 1970. Ce n'est que fin juin que les eaux de pluie de la grande saison humide arrivent à ce niveau, et alors l'augmentation de l'humidité y est brutale. La diminution consécutive est fort lente et il est difficile de conclure sur les causes de cette diminution. Il est peu probable qu'elle soit due au prélèvement d'eau par les racines; la présence de ces dernières est fort occasionnelle à cette profondeur et par ailleurs on y constate en septembre-novembre 1970 ainsi qu'en mars-avril 1971 une diminution d'humidité alors que les horizons superficiels (figs 5a, 5b) sont réhumidifiés et que les racines exploitent effectivement cette eau. Cet assèchement très faible devrait être imputé à un drainage très lent.

La granulométrie bien particulière des horizons profonds du profil de la station de talweg, sables (90% au moins) reposant sur une couche argileuse compacte, introduit une originalité dans les variations d'humidité. Il se produit en saison humide un engorgement temporaire des horizons inférieurs jusqu'à 3,5 m de profondeur environ (figs 6f, 6g). Cette

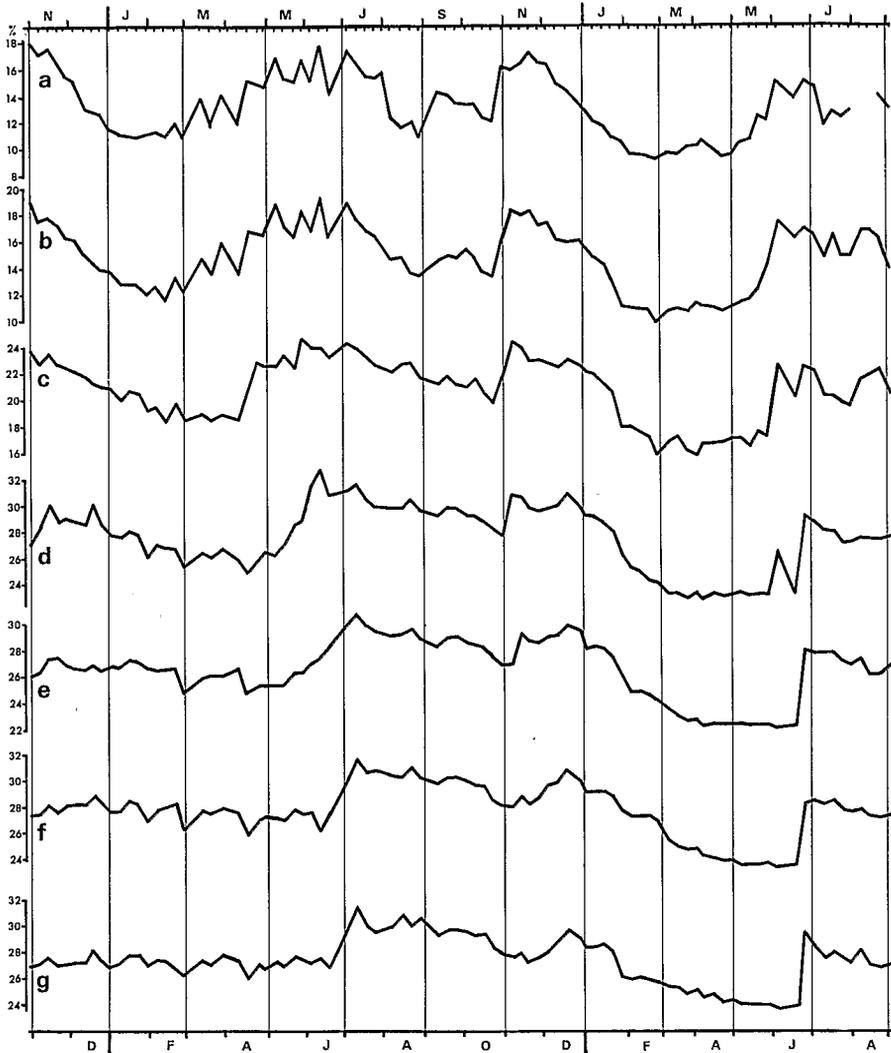


FIG. 5. Station du plateau

Variations de l'humidité volumique dans les tranches de sol.

- a - 0 à 27 cm de profondeur
- b - 27 à 77 cm de profondeur
- c - 77 à 182 cm de profondeur
- d - 182 à 282 cm de profondeur
- e - 282 à 382 cm de profondeur
- f - 382 à 482 cm de profondeur
- g - 482 à 582 cm de profondeur.

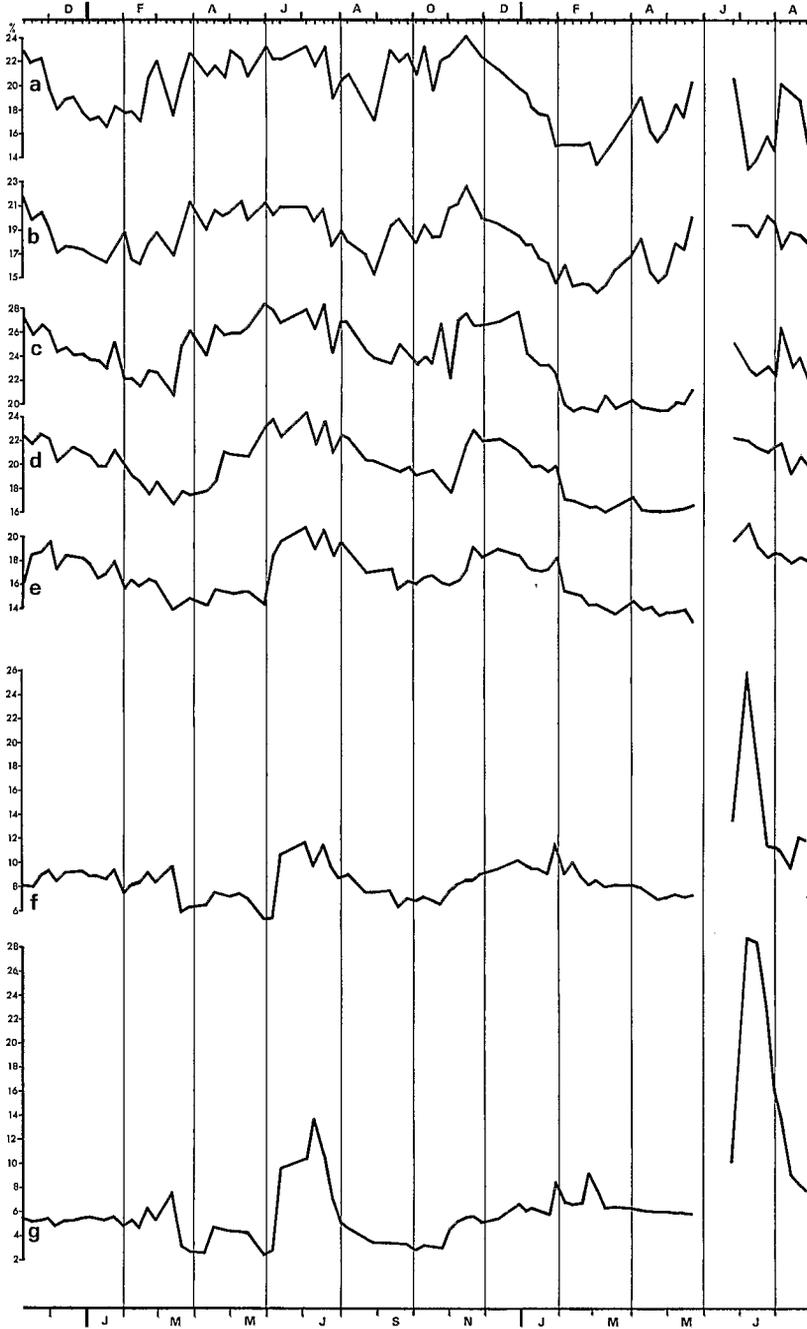


FIG. 6. Station du talweg Variations de l'humidité volumique dans les tranches de sol.

a - 0 à 27 cm de profondeur

c - 77 à 182 cm de profondeur

f - 382 à 482 cm de profondeur

b - 27 à 77 cm de profondeur

d - 182 à 282 cm de profondeur

g - 482 à 582 cm de profondeur.

e - 282 à 382 cm de profondeur

augmentation est faible dans le cas de pluies étalées dans le temps (saison humide 1970), elle est beaucoup plus importante si l'arrivée des pluies est plus brutale (saison humide 1971). Dans ce cas, il est certain que la diminution d'humidité qui suit cet engorgement est réalisé par un départ d'eau libre par drainage; la vitesse du phénomène et le retard de l'horizon 6g sur l'horizon 6f plaident dans ce sens.

CONCLUSION

La méthode neutronique de mesure de l'humidité du sol telle qu'elle a été employée présente de nombreux avantages: rapidité des mesures permettant de multiplier les profils (130 mesures en une demi-journée), bonne précision des mesures (intégration sur 100 s). La possibilité de faire des mesures suivies dans ce temps à des endroits fixes est particulièrement appréciable si le but recherché est d'effectuer un bilan. L'inconvénient majeur de cette méthode est l'étalonnage de la sonde. L'intervalle entre deux mesures, une semaine plus ou moins un jour, est nécessaire pour bien suivre les phénomènes et, dans certains cas, un intervalle plus court encore pourrait être utile. Les relevés d'humidité du sol associés à la mesure de la croissance des arbres donnent un exemple de la rythmicité saisonnière d'un facteur du milieu et de sa répercussion sur l'activité de la végétation.

REFERENCES

- [1] ROUGERIE, G., Le façonnement actuel des modelés en Côte d'Ivoire forestière, Mém. IFAN n° 58 (1960) 542.
- [2] ASECNA, Relevés mensuels des observations météorologiques au sol, Station Ecole forestière du Banco.
- [3] AVENARD, J.M., Aspects de la géomorphologie dans le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, Mém. ORSTOM n° 50 (1971) 7.
- [4] BERNHARD, F., Problèmes posés par la structure de la végétation et la production de litière dans la forêt du Banco (basse Côte d'Ivoire), Adiopodoumé (1966) 54.
- [5] MANGENOT, G., Etudes sur les forêts des plaines et plateaux de Côte d'Ivoire, Etudes Eburnéennes IFAN IV (1955) 5.
- [6] ROOSE, E., CHEROUX, M., Les sols du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, Cahiers ORSTOM, Sér. Pédol, IV 2 (1966) 51.
- [7] PERRAUD, A., Les sols dans le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, Mém. ORSTOM n° 50 (1971) 265.
- [8] ROOSE, E., Quelques exemples des effets de l'érosion hydrique sur les cultures, C.r. Coll. Fertilités des sols Tananarive II (1967) 1385.
- [9] HUTTEL, Ch., Rapport annuel d'activité 1969, Annexe ORSTOM, Adiopodoumé (1970) 30.
- [10] SOLLINS, P., DREWRY, G., "Electrical conductivity and flow rate of water through the forest canopy", A Tropical Rain Forest, USAEC-H/137-H/153.
- [11] ROOSE, E., HENRY DES TUREAUX, P., Deux méthodes de mesures du drainage vertical dans un sol en place, Agriculture trop. XXV 12 (1970) 1079.
- [12] HOPKINS, B., Vegetation of the Olokemeji Forest Reserve, Nigeria. III. The microclimate, with special reference to the seasonal changes, J. Ecol. 53 1 (1960) 125.
- [13] RICHARDS, P.W., The tropical rain forest, Cambridge University Press (1952) 450.
- [14] NYE, P.H., Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest, Pl. Soil 13 4 (1961) 333.
- [15] MOUTONNET, P., BUSCARLET, L.A., MARCESSE, J., Emploi d'un humidimètre à neutrons de profondeur associé à un réflecteur pour la mesure de la teneur en eau des sols au voisinage de la surface, Anns inst. tech. Bâtim. 233 (1967) 1.
- [16] HUTTEL, Ch., Rapport d'activité pour l'année 1968, ORSTOM, Adiopodoumé (1969) 37.

- [17] HALL, R.C., A vernier tree-growth band, J. For. 42 10 (1944) 742.
- [18] BERNHARD-REVERSAT, F., HUTTEL, Ch., LEMEE, G., «Quelques aspects de la périodicité écologique saisonnière et de l'activité végétale en forêt ombrophile sempervirente de Côte d'Ivoire», Symp. Tropical Ecology Emphasizing Organic Productivity, New Delhi, janvier 1971 (sous presse).
- [19] ELDIN, M., Nouvelle installation d'enregistrement, précise et économique, de l'évapotranspiration potentielle, Agr. trop. II (1968) 1182.
- [20] HOPKINS, B., Vegetation of the Olokemeji forest reserve. VI. The plants on the site with special reference to their seasonal change, J. Ecol. 58 3 (1970) 765.

DISCUSSION

P.A. HUXLEY: Were there any major changes in the canopy structure of the valley forest — with its high proportion of Monodora myristica — which might have affected water loss and/or the relationship you described between evaporation and growth? In some parts of Africa this species is semideciduous.

C. HUTTEL: Monodora myristica is an evergreen, and its leaf fall shows no obvious seasonal rate. This small tree grows in abundance only at the thalweg station. The potential evapotranspiration found in the thalweg does not differ from that found on the plateau. But the growth observed for this species is slight and the growth rate haphazard. Furthermore, the variation in behaviour by individual trees is very high.

Reprint from

"ISOTOPES AND RADIATION
IN SOIL-PLANT RELATIONSHIPS
INCLUDING FORESTRY"

HUTTEL

16 JUL 1974

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY

VIENNA, 1972

O. R. S. I. O. M.

Collection de Références

n° 6956 Bot.