

OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE-MER

SECTION HYDROLOGIQUE

EVAPOTRANSPIRATION REELLE DE LA FORET AMAZONIENNE

EN GUYANE

Michel-Alain ROCHE

CAYENNE
Janvier 1980

ORSTOM Fonds Documentaire
N° : 32793 ep 1
Cote : B



Résumé

L'évapotranspiration réelle de la forêt tropicale humide en Guyane, sous une pluviométrie de 2000 à 4000 mm est mesurée par la méthode du bilan hydrologique, sur neuf bassins versants observés durant 26 ou 9 neuf années. La valeur pluriannuelle est de 1530 mm, avec des écarts propres à chaque bassin ne dépassant pas + 7 %. L'ETR ainsi mesurée concorde, avec des écarts inférieurs à 4 %, avec celle qui est calculée par la méthode de THORNTHWAITE.

L'interception de la pluie par la voûte forestière a été également mesurée. Elle représente 15 % de la pluviométrie brute et environ 30 % de l'ETR. L'évaporation du sol est évaluée à 2,5 % de la pluviométrie et 5 % de l'ETR, d'après des mesures effectuées en bac sous forêt. La transpiration assurerait ainsi 65 % de l'ETR.

Les valeurs de l'ETR de la forêt en Guyane sont analogues ou inférieures, de 20 % au maximum, à celles qui ont été mesurées en forêt congolaise.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION
2. DEFICIT D'ECOULEMENT ET EVAPOTRANSPIRATION REELLE
3. DONNEES PLUVIO-HYDROMETRIQUES
4. VALEURS DE L'ETR DE LA FORET EN GUYANE
 - Valeurs obtenues par le bilan hydrologique
 - Comparaison avec les valeurs calculées par les formules de PENMAN et de THORNTHWAITE
5. EVALUATION DES DIVERSES COMPOSANTES DE L'EVAPOTRANSPIRATION REELLE
6. COMPARAISON AVEC L'ETR MESUREE EN D'AUTRES REGIONS
7. CONCLUSION

Bibliographie

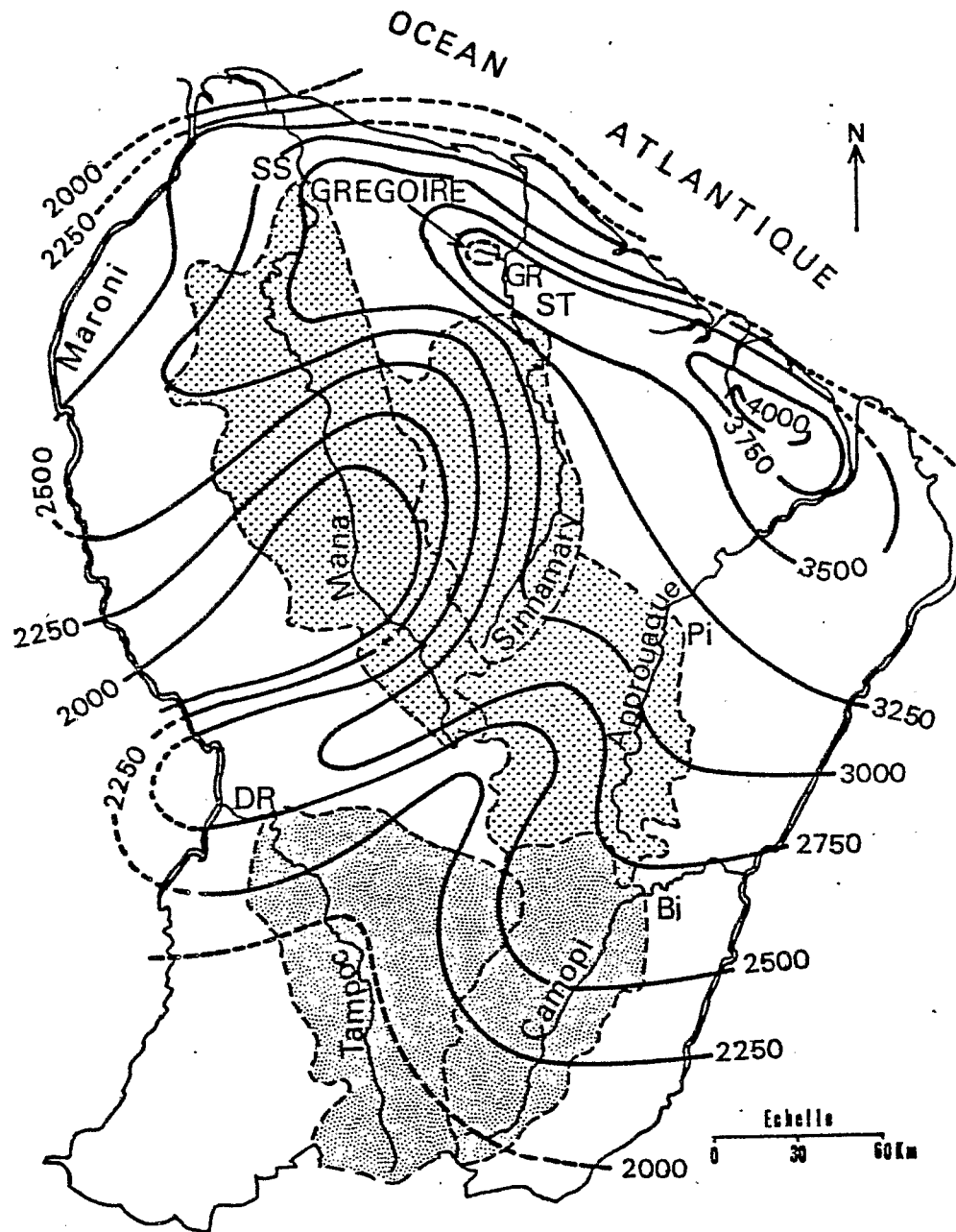


Fig. 1 : Pluviométrie moyenne annuelle (mm) en Guyane durant la période 1956-1976 (d'après Atlas de Guyane). Situation des bassins versants.

1. INTRODUCTION

L'évapotranspiration réelle de la forêt tropicale humide a pu être mesurée en Guyane par l'établissement du bilan hydrologique pluri-annuel de bassins versants, de 10 000 à 0,3 km², totalement couverts par ce type de végétation. Les valeurs obtenues sont comparées aux évapotranspirations réelle et potentielle calculées par formules ainsi qu'aux valeurs obtenues en Afrique, notamment dans le bassin du Congo.

Le bilan hydrique d'un bassin peut s'écrire

$$DE = ETR + Hs + \Delta R = P - He$$

DE est le déficit d'écoulement,

ETR l'évapotranspiration réelle qui inclut la transpiration des végétaux ainsi que l'évaporation sur les branches et le feuillage après l'interception de la pluie,

Hs les pertes, ou les alimentations souterraines, en relation avec les nappes des bassins adjacents,

ΔR la variation des réserves d'eaux souterraines, dont les résurgences dans le bassin contribuent à l'écoulement superficiel,

P la pluviométrie,

He l'écoulement superficiel à l'exutoire du bassin.

Le bilan hydrologique a été établi sur la base des données homogénéisées, pour cinq bassins de 4 800 à 10 000 km², sur la période 1956-1976, et pour trois bassins représentatifs de 12,4 à 0,3 km² à Grégoire sur la période 1968-1976 (tableau I).

La localisation de ces bassins est indiquée sur la carte d'isohyètes pluriannuels (fig. 1).

2. DEFICIT D'ÉCOULEMENT ET ÉVAPOTRANSPIRATION RÉELLE

L'assimilation de l'ETR au déficit d'écoulement nécessite que les termes Hs et ΔR puissent être négligés devant P et He.

En ce qui concerne les bassins en cause, cette condition peut-elle être acceptée pour le terme Hs, qui représente les échanges souterrains avec les bassins adjacents ou un inféro-flux sous l'exutoire ?

Leur structure hydrogéologique, considérée à l'échelle de plusieurs kilomètres carrés, est relativement simple. Ils sont établis sur des roches antécambriennes éruptives (granites, roches vertes) ou très métamorphisées (migmatites à schistes) qui constituent le bouclier guyanais. Une altération intense y a créé des sols ferrallitiques, argilo-sableux, épais de plusieurs mètres, pour lesquels sont distingués deux principaux systèmes de circulation hydrique : l'un à drainage latéral oblique, la présence d'un horizon pédologique peu profond et de faible perméabilité bloquant plus ou moins la percolation, l'autre à drainage vertical, libre sur une plus grande profondeur (R. BOULET - 1977, F.X. HUMBEL - 1978, E. FRITSCH - 1979).

Ces deux types de drainage engendrent une phase de tarissement de l'écoulement superficiel à composantes multiples. Un tarissement rapide, de l'ordre de quelques jours, pour lequel se distinguent souvent des composantes secondaires, marque la contribution importante du drainage oblique d'un ou plusieurs horizons pédologiques peu profonds. Il est relayé par un tarissement plus lent, essentiellement assuré par la vidange de terrains altérés plus homogènes et profonds, lorsque ceux-ci bien sûr sont entaillés par le thalweg.

Dans de telles conditions d'altération, il est probable que les lignes de crête de la topographie ne correspondent pas toujours exactement avec celles du mur de la nappe (horizon imperméable ou socle sein), déterminant ainsi un bassin versant souterrain différent du bassin superficiel.

Toutefois, dans le cas où des échanges souterrains peuvent se produire alors avec les bassins voisins, ce type de structure hydrogéologique et les faibles transmissivités ne peuvent donner lieu qu'à des débits relativement faibles par rapport à l'apport propre du bassin. Par ailleurs, pertes et apports, dès lors que le périmètre du bassin s'accroît, tendent à se compenser. Une réserve peut cependant être faite sur ce dernier point pour le bassin Grégoire III, compte tenu de ses petites dimensions.

L'inféro-flux sous les stations de mesure d'écoulement est nul car celles-ci sont installées sur des seuils rocheux inaltérés.

Ainsi, le terme H_s paraît pouvoir être négligé pour ces bassins de Guyane.

La variation des réserves souterraines, représentée par le terme $+ \Delta R$ peut-être considérée comme voisine de zéro, car la pluviométrie et les caractéristiques de la phase de tarissement étaient presque analogues à la fin des années limitant les périodes sur lesquelles les bilans ont été établis. D'ailleurs, une différence entre l'état de ces réserves d'eau dans les sols tend à devenir négligeable devant P et H_e compte tenu de la durée de ces périodes (21 à 9 ans).

Il ressort que les conditions hydrogéologiques des bassins étudiés sont particulièrement favorables pour permettre d'assimiler, avec une marge d'erreur faible, l'évapotranspiration au déficit d'écoulement, et écrire :

$$ETR = P - H_e$$

3. DONNÉES PLUVIO-HYDROMÉTRIQUES

La pluviométrie moyenne sur les grands bassins, pour la période 1956-1976, a été évaluée par planimétrie de la carte d'isohyètes présentée dans l'Atlas de la Guyane (1979). Il faut mentionner que le nombre restreint des postes de mesure, notamment dans la moitié méridionale du pays, est à l'origine d'une incertitude dans le tracé des isohyètes et par conséquent dans l'évaluation de la pluviométrie moyenne.

A. Grégoire, ce terme a été calculé par la méthode de Thiessen, d'après les observations journalières effectuées sur un réseau composé de 2 à 16 pluviographes selon les bassins (M.A. ROCHE, 1979).

Les écoulements superficiels ont été mesurés par l'enregistrement continu des hauteurs d'eau à des stations où les relations hauteurs-débits ont été établies par des séries de jaugeages (M.A. ROCHE, 1979).

Les résultats pluvio-hydrométriques sont regroupés dans le tableau I.

TABLEAU I - Caractéristiques hydropluviométriques et déficit d'écoulement de bassins versants sous forêt tropicale humide en Guyane

| BASSINS VERSANTS | Période | Superficie Km ² | P moy mm | He mm | DE mm | Ke % | K DE % | Altitude moyenne approximative (m) |
|---------------------------|-----------|-------------------------------|-------------|----------|----------|---------|-----------|---|
| La MANA à SAUT SABBAT | 1956-1976 | 10300 | 2473 | 934 | 1539 | 37,8 | 62,2 | 100 |
| La SINNAMARY à SAUT TIGRE | 1956-1976 | 5720 | 2777 | 1273 | 1504 | 45,8 | 54,2 | 100 |
| L'OYAPOCK à PIERRETTE | 1956-1976 | 6200 | 2801 | 1164 | 1637 | 41,6 | 58,4 | 200 |
| Le CAMOPI à BIENVENUE | 1956-1976 | 4810 | 2436 | 913 | 1523 | 37,5 | 62,5 | 250 |
| Le TAMPOC à DEGRAD ROCHE | 1956-1976 | 7650 | 2125 | 706 | 1419 | 33,2 | 66,8 | 250 |
| GREGOIRE à STATION I | 1968-1976 | 8,4 | 3676 | 2148 | 1528 | 58,4 | 41,6 | 90 |
| GREGOIRE à STATION II | 1968-1976 | 12,4 | 3697 | 2260 | 1437 | 61,1 | 38,9 | 50 |
| GREGOIRE à STATION III | 1968-1976 | 0,32 | 3751 | 2307 | 1444 | 61,5 | 38,5 | 40 |

4. VALEURS DE L'ETR DE LA FORET EN GUYANE

Valeurs obtenues par le bilan hydrologique

Les valeurs de l'ETR pluriannuelle déduites du bilan hydrologique sur la base des données précédentes varient de 1 640 mm à 1 420 mm selon les bassins, pour une pluviométrie pluriannuelle comprise entre 3 750 mm et 2 125 mm (tableau I). Toutefois, il ne ressort pas de corrélation entre l'ETR et la pluviométrie.

L'ETR de la zone nord, regroupant trois bassins (fig. 1), est de 1 560 mm pour une pluviométrie de 2 650 mm.

Celle de la zone sud, comprenant deux bassins, est de 1 460 mm pour une pluviométrie de 2 250 mm.

Sur les bassins de Grégoire, les valeurs sont comprises entre 1 435 et 1 530 mm.

Comparaison avec les valeurs calculées selon PENMAN et THORNTWATTE

L'évapotranspiration potentielle ETP calculée par la formule de PENMAN, sur la période 1969-1972, est de 1 565 mm à Grégoire, valeur légèrement supérieure à l'ETR de 1 440 à 1 530 mm mesurée par le bilan hydrologique des bassins, de 1968 à 1976.

H. MADEC (1963) a calculé l'ETP et l'ETR par la méthode de THORNTWATTE. Il admet que l'ETR est égale à l'ETP lorsque la terre est suffisamment humide, et que par ailleurs le sol est capable d'emmagasinier 100 mm d'eau restituable aux végétaux, le reste s'évaporant. Ainsi, le sol peut au cours des mois déficitaires subvenir pendant un certain temps aux besoins des plantes. Après épuisement de la réserve d'eau utile du sol, représentée par les 100 mm, la plante peut encore supporter un déficit mais son évapotranspiration réelle est inférieure à l'ETP.

Calculées pour 8 stations de Guyane, les valeurs de l'ETP varient de 1 630 mm à 1 470 mm selon les stations, et celles de l'ETR de 1 590 mm à 1 410 mm. Ces différences minimes entre l'ETR et l'ETP s'expliquent par le régime des précipitations en Guyane où des périodes de plusieurs semaines sans pluies sont rares.

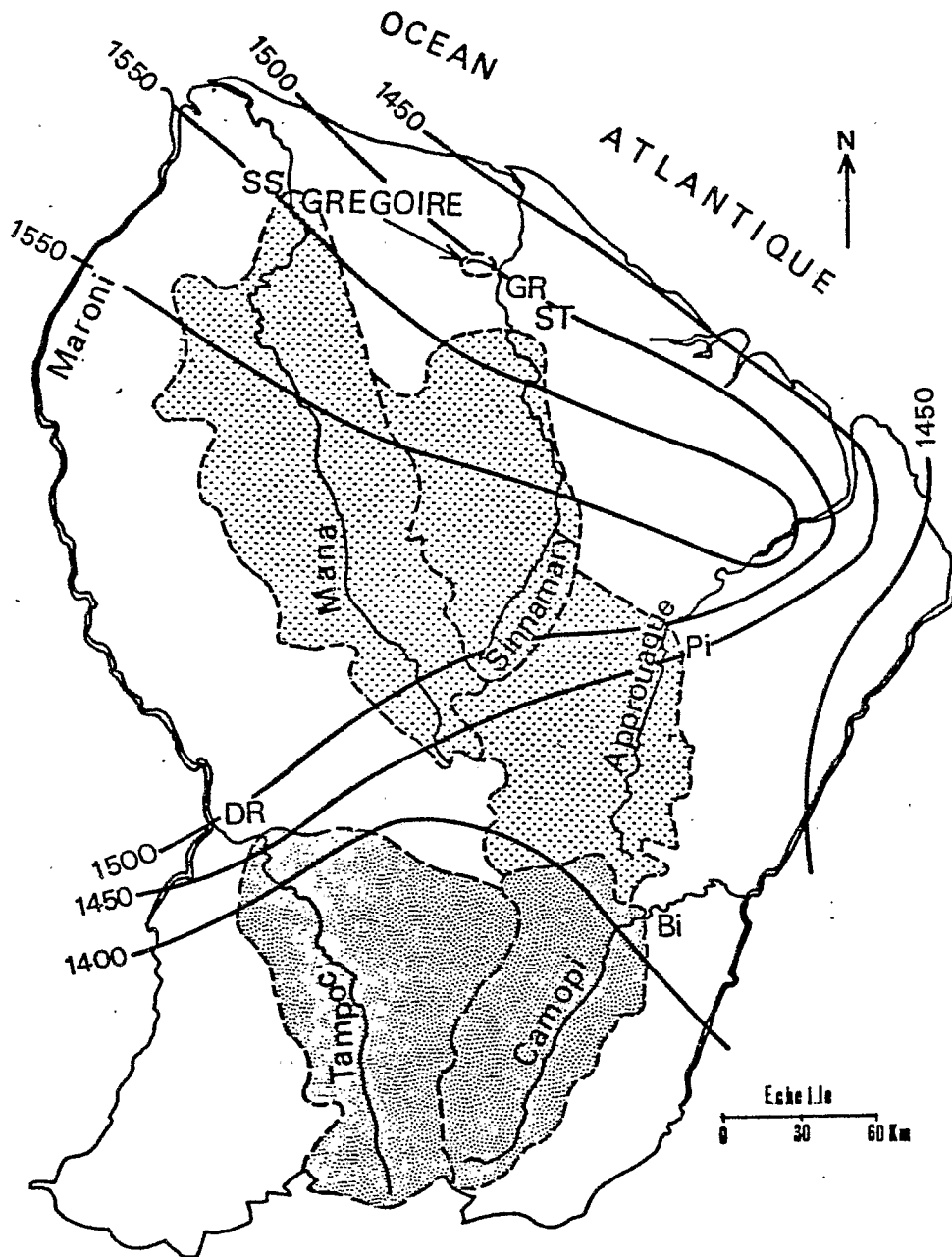


Fig. 2 : Evapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm) en Guyane, estimée selon la méthode de Thornthwaite sur la période 1956-1960, d'après H. MADEC - 1963.

La carte en courbes d'égales ETR (fig 2) qu'elle permet de tracer, offre le moyen d'évaluer par planimétrie une valeur calculée de l'ETR des bassins étudiés (tableau ci-après).

| | ETR Bilan | ETR Thorn. | ETP. Penm. |
|--------------|-----------|------------|------------|
| GREGOIRE | 1 470 | 1 500 | 1 565 |
| BASSINS NORD | 1 560 | 1 515 | - |
| BASSINS SUD | 1 460 | 1 400 | - |

La comparaison des valeurs obtenues par les différentes méthodes d'évaluation peut ainsi être effectuée, en tenant compte cependant que la multiplicité des périodes prises en considération peut engendrer une part des écarts constatés.

Quoi qu'il en soit ces écarts, ne dépassant pas 2 à 4 %, apparaissent faibles. La cohérence des résultats d'ETR obtenus par le bilan hydrologique et la méthode de THORNTHWAITTE permet d'avaliser la carte de H. MADEC.

Ces résultats justifient également la mention de l'ETP mensuelle, telle qu'elle ressort des calculs effectués avec la formule de PENMAN pour la station de Grégoire (1968-1972), et des ETP et ETR calculées selon la méthode de THORNTHWAITTE, pour la station de ROCHAMBEAU (1956-1960).

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | An |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|------|
| GREGOIRE | | | | | | | | | | | | | |
| ETP Penman mm | 101 | 110 | 126 | 125 | 108 | 105 | 120 | 145 | 160 | 160 | 155 | 150 | 1565 |
| % | 6,5 | 7,0 | 8,1 | 8,0 | 6,9 | 6,7 | 7,7 | 9,3 | 10,2 | 10,2 | 9,9 | 9,6 | 100 |
| ROCHAMBEAU | | | | | | | | | | | | | |
| ETP Thorn. mm | 123 | 112 | 129 | 129 | 134 | 129 | 130 | 137 | 133 | 137 | 129 | 128 | 1549 |
| % | 7,9 | 7,2 | 8,3 | 8,3 | 8,7 | 8,3 | 8,4 | 8,8 | 8,6 | 8,8 | 8,3 | 8,3 | 100 |
| ETR Thorn. mm | 123 | 112 | 129 | 129 | 134 | 129 | 130 | 137 | 129 | 64 | 129 | 128 | 1473 |
| % | 8,4 | 7,6 | 8,8 | 8,8 | 9,1 | 8,8 | 8,8 | 9,3 | 8,8 | 4,3 | 8,8 | 8,8 | 100 |

5. EVALUATIONS DES DIVERSES COMPOSANTES DE L'ETR

L'évapotranspiration globale, telle qu'elle est mesurée par le bilan hydrologique, est constituée d'un ensemble de phénomènes parmi lesquels peuvent être distinguées principalement la transpiration hydrique des végétaux, l'interception des averses par le feuillage et les branches (dont une partie est évaporée, l'autre partie étant probablement absorbée puis transpirée), l'évaporation du sol et de sa litière.

L'interception de la pluie par la voûte forestière a été mesurée à Grégoire en 1974-1975, à trois stations de 13, 13 et 6 pluviomètres groupées autour d'une clairière artificielle où étaient effectuées des observations climatologiques. L'interception durant une année y a arrêté respectivement 23 %, 14 % et 2 % des précipitations, la valeur globale de l'interception, 470 mm, représentant 15 % des 3 060 mm de pluie tombés dans la clairière et 30 % de l'ETR. L'écoulement le long des troncs a été estimé inférieur à 1 % de la pluie. Il est à signaler que les surfaces basales des troncs d'arbres d'un diamètre supérieur à 1 cm représente dans la forêt guyanaise de 0,3 à 0,5 % de la superficie totale (J.P. LESCURE, Communication personnelle).

Par ailleurs, durant la même période, deux bacs placés sous forêt, l'un de classe A, l'autre enterré, à section carrée de 1 m², ont évaporé respectivement 74 mm et 67 mm soit 2,5 % de la pluviométrie annuelle ou 4,5 % de l'évapotranspiration globale. Cette évaporation peut, en première approximation, représenter celle du sol et de sa litière.

Il est à signaler que les bacs de mêmes caractéristiques que les précédents, mais situés en clairière, ont évaporé respectivement 810 mm et 769 mm durant la même période. Ces valeurs, qui équivalent à la moitié environ de l'ETR, montrent que les phénomènes évaporatoires en clairière ne sont guère représentatifs de ceux qui interviennent au niveau de la voûte forestière.

6. COMPARAISON AVEC L'ETR MESUREE EN D'AUTRES REGIONS

Dans d'autres conditions naturelles favorables, les bilans hydrologiques pluriannuels, établis pour de vastes superficies, ont fourni des valeurs de l'ETR parmi lesquelles il est intéressant de situer celles de la forêt guyanaise.

Le bilan hydrologique du lac Tchad (profondeur 1 à 4 m, superficie 20 000 km²), établi sur la période 1954-1969, a permis d'estimer une valeur globale des pertes hydriques tandis que le bilan salin, rendant possible

la détermination des parts relatives de l'infiltration et de l'évaporation, a conduit à attribuer à cette dernière une valeur égale ou supérieure à 2 200 mm, sous une pluviométrie de 325 mm (M.A. ROCHE - 1973).

Les déficits d'écoulement de bassins versants de régime équatorial du sud de la côte d'Ivoire, du sud du Cameroun, de l'extrême nord et du moyen Congo sont compris entre 700 et 1450 mm (J. RODIER, 1964, P. DUBREUIL, 1972). Toutefois ces bassins, moins arrosés que la forêt guyanaise peuvent être en partie couverts de savane dont l'évapotranspiration réelle est plus faible que celle de la forêt, ou situés à des altitudes très supérieures à celles des bassins guyanais.

L'ETR de la forêt équatoriale congolaise a été estimée par le bilan hydrologique à $1\ 395 \pm 140$ mm par E.A. BERNARD (1953). Plus tard, BULTOT (1968), par la même méthode, aboutit pour la cuvette centrale du bassin congolais, à une valeur de 1 280 mm, sous une pluviométrie de l'ordre de 2 000 mm. D'autre part, A. FOCAN et J.J. FRIPIAT (1953) mesurent une ETR de 1 433 mm pour la forêt de Yangambi, au Zaïre, dont 1 066 mm transpirés et 367 mm interceptés (26 % de l'ETR).

L'ETR de la forêt congolaise apparaît ainsi analogue ou inférieure, au maximum de 20 %, aux valeurs obtenues en Guyane.

Dans les îles Loyautés, l'interception par la forêt tropicale humide mesurée durant deux ans représente 295 mm, soit 22 % des 1 500 mm de pluie (G. GIRARD, 1974).

De nombreuses mesures de ce type ont été effectuées en Europe et dans l'est des Etats-Unis ^{(dont} W.E. SOPPER et H.W. LUL, 1967, G.SCHNOCK, 1971, A.A. MOLCHANOV, 1971, P. DUVIGNEAUD, 1974). L'ETR mesurée par le bilan hydrologique varie entre 580 et 380 mm ; l'interception représente le plus fréquemment de 15 à 20 % des précipitations, dépassant parfois 30 % (J.O. HELVEY, J.H. PATRIC, 1965). La transpiration, variant entre 350 et 230 mm selon la latitude et le type de la forêt, apparaît trois fois plus faible que celle de la forêt tropicale humide.

CONCLUSION

L'évapotranspiration pluriannuelle de la forêt tropicale humide en Guyane, déduite de bilans hydrologiques, est comprise entre 1 640 mm et 1 420 mm, soit $1530 \text{ mm} \pm 7 \%$, sous une pluviométrie de 2 000 mm à 4 000 mm. Il est est distingué des valeurs de 1 560 mm pour un groupe nord de bassins (22 000 km²) et de 1 460 mm pour un groupe sud (12 460 km²), soit pour

L'ensemble $1\ 525 \pm 8 \%$. L'ETR mesurée sur les bassins de Grégoire est estimée à $1\ 470 \pm 4 \%$. Ces valeurs sont légèrement supérieures, de 2 à 4 %, à celles de l'ETR calculées, pour les mêmes zones, par la méthode de THORNTHWAITTE.

L'interception de la pluie par la voûte forestière représente 30 % de cette évapotranspiration, l'évaporation su sol environ 5 %. Ainsi, la transpiration hydrique des arbres en assurerait pour sa part 65 %.

Les valeurs de l'ETR de la forêt guyanaise sont analogues, ou supérieures au maximum de 20 %, à celles de la forêt congolaise. Cet écart pouvant être imputable aux différences climatiques entre les deux régions. La part revenant à la transpiration, 800 mm à 1 000 mm, est voisine de celle qui a été mesurée pour la forêt congolaise (1 000 mm).

L'évapotranspiration de la forêt tropicale apparaît ainsi trois à quatre fois plus élevée que celle des forêts de la zone tempérée.

REFERENCES

Atlas de la Guyane - 1979.

AUBREVILLE (A.) -1971- Quelques réflexions sur les abus auxquels peuvent conduire les formules d'évapotranspiration réelle ou potentielle en matière de sylviculture et de bioclimatologie tropicale. Bois et Forêt des Tropiques, n° 136, p. 32-34.

BERNARD (E.A.) -1945- Le climat écologique de la cuvette centrale congolaise. INEAC, Bruxelles.

BERNARD (E.A.) -1953- L'évapotranspiration annuelle de la forêt équatoriale congolaise et l'influence de celle-ci sur la pluviosité. Bull. de l'Inst. Royal Colonial Belge, XX-IV, p. 1027-1032.

BOULET (R.) -1977- Aperçu sur le milieu pédologique guyanais - Caractères originaux et conséquences sur la mise en valeur. Sect. Pédol. ORSTOM, cote P 149, 36 p.

BOULET (R.), FRITSCH (E.), HUMBEL (F.X.) -1978- Méthode d'étude et de représentation des couvertures pédologiques de Guyane Française. Sect. Pédol. ORSTOM, 23 p.

BULTOT (F.) -1961- Sur la détermination des moyennes mensuelles et annuelles de l'évaporation réelle et de l'écoulement dans le bassin congolais. INEAC, Bruxelles, p. 816-838, 4 fig.

DEACON (E.L.), PRIESTLEY (C.H.B.), SWINBANK (W.C.) -1958- Evaporation et bilan hydrique. Climatologie. Compte-rendu de recherches UNESCO.

DUBREUIL (P.) -1972- Recueil des données de base de bassins représentatifs et expérimentaux, 1951-1969. ORSTOM, 916 p.

DUVIGNEAUD (P.) -1974- La synthèse écologique. Dion.

FOCAN (A.), FRIPIAT (J.J.) 1953. Une année d'observation de l'humidité du sol à Yangambi. Bull. Sec. Inst. Roy. G1. Belge.

FOUGEROUZE (J.) -1966- Quelques problèmes de bio climatologie en Guyane Française. L'agronomie tropicale, n° 3, p. 292-346.

GIRARD (G.) (1974- Etude de l'interception par la forêt aux îles Loyautés. Sect. Hydrol. ORSTOM., 9 p.

HELVEY (J.D.), PATRIC (J.H.) -1965- Canopy and Litter Interception of Rainfall by Hardwoods of Eastern United States. Water Resources Research, I, 2, p. 193-206.

HUMBEL (F.X.) -1978- Caractérisation, par des mesures physiques, hydrique et d'enracinement, des sols de Guyane Française à dynamique de l'eau superficielle. Sc. du sol., n° 2, p 83-94.

MADEC (H.) -1963- L'évapotranspiration potentielle et le bilan de l'eau en Guyane, d'après les méthodes de Thornthwaite. Météo nat., Cayenne, 12 p.

- MOLCHANOV (A.A.) -1971- Cycles of atmospheric precipitation in different types of forests of natural zones of the USSR. Actes coll. Productivité des écosystèmes forestiers, UNESCO, 1969, Bruxelles, pp. 49-68.
- OBERLIN (G.). -1978- L'ETR en hydrologie. XV journées de l'Hydrauliques.
- PENMAN (H.L.) -1948- Natural évaporation from open water, bare soils, and grass. Proc. roy. Soc. London. A 193.
- Productivité des écosystèmes forestiers. Actes. Coll. Bruxelles. UNESCO. Paris. 1971.
- RIOU (G.) -1974- La détermination pratique de l'évaporation. Application à l'Afrique Centrale. Thèse doct. ès-sc., Paris, Mémoires ORSTOM, n° 80, 236 p.
- ROCHE (M.A.) -1973- Traçage naturel salin et isotopique des eaux du système hydrologique du lac Tchad. Thèse doct. ès-sc., Paris VI, ORSTOM, 398 p., 131 fig.
- ROCHE (M.A.) -1979- Le réseau hydrométrique de Guyane (1951-1978). Sect. Hydrol. ORSTOM, Cayenne, 104 p., 25 fig.
- ROCHE (M.A.) -1980- Comportements hydrologiques comparés et érosion de l'écosystème forestier tropicale humide à Ecérex, en Guyane. Sect. Hydrol. ORSTOM. 51 p. 13 fig.
- RODIER (J.). -1964- Régimes hydrologiques de l'Afrique noire à l'est du Congo. ORSTOM, Paris, 137 p.
- SCHNOCK (G.). -1971- Le bilan de l'eau dans l'écosystème forêt. Application à une chênaie mélangée de haute Belgique. Actes Coll. Productivité des écosystèmes forestiers, UNESCO, 1969, Bruxelles, pp. 41-47, 2 fig.
- SOLLINS (P.), DREWRY (G.) 1970. Electrical Conductivity and Flow Rate of Water Through the Forest Canopy. A Tropical Rain Forest. U. S. Atomic Energy Commission, III. p. 137-153.
- SOPPER (W.E.), LUL (H. W). -1967- International Symposium on Forest Hydrology. Pergamon Press. 813 p.
- THORNTON (C.W.). -1945- The Water Balance of Tropical Climates. Bull. Amer. Météorol. Soc., 32, p. 116-173.