

## Les régimes hydrologiques de l'Amazonie et de ses affluents

**M. MOLINIER**

*Orstom, BP 1857, Yaoundé, Cameroun*

**J.-L. GUYOT**

*Orstom, CP 09747, 700001-970 Brasília DF, Brésil*

**EURIDES DE OLIVEIRA & VALDEMAR GUIMARÃES**

*CGRH/DNAEE, SGAN 603, 70830-030 Brasília DF, Brésil*

**Résumé** Le bassin amazonien s'étend sur plus de 6 millions de km<sup>2</sup> et apporte 209 000 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> en moyenne par an à l'océan Atlantique. La distribution des débits spécifiques sur l'ensemble du bassin montre de fortes tendances régionales, avec des valeurs plus faibles pour les affluents méridionaux de l'Amazonie (Xingu, Tapajós, Madeira, Purus, Juruá) qui présentent un régime tropical austral, mais beaucoup plus fortes pour les affluents septentrionaux de la zone équatoriale (Içá, Japurá, Uaupés, Negro) dont le régime est du type équatorial de transition, voire tropicale boréal pour le Rio Negro, par exemple. Cette variabilité régionale est évidemment très fortement corrélée à la pluviométrie. Le cours principal (Solimões/Amazonie) est caractérisé par un régime équatorial altéré par les différents apports latéraux, avec un maximum hydrologique en mai vers l'amont et en juin à l'aval et une variabilité saisonnière assez peu marquée. Sur les 20 années de la période d'étude ( $\approx$  1970-1990), la variabilité interannuelle du module est également très faible sur le cours principal de l'Amazonie ainsi que sur ses affluents de la zone équatoriale. Cette variabilité est plus importante sur les bassins pour lesquels le débit spécifique, donc la pluviométrie, est inférieur, cas du Rio Branco et des affluents méridionaux de l'Amazonie.

### **The hydrological regimes of the Amazon river and its tributaries.**

**Abstract** The Amazon drainage basin extends over more than  $6 \times 10^6$  km<sup>2</sup> and discharges a mean annual flow of 209 000 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> into the Atlantic Ocean. The specific discharge distribution over the whole drainage basin shows a strong regional tendency, with low values for the southern tributaries (Xingu, Tapajós, Madeira, Purus, Juruá), which present an austral tropical regime, but higher values for the northern tributaries of the equatorial area (Içá, Japurá, Uaupés-Negro) which present an equatorial transition regime or a boreal tropical regime, like the Rio Negro river for example. This regional variability is obviously correlated to the rainfall. The Solimões-Amazonas river is characterized by an equatorial regime altered by the yields of the different tributaries, with a hydrological maximum in May upstream and in June downstream and a seasonal variability which is very low. During the 20 year study period ( $\approx$  1970-1990), the inter-annual variability of the mean discharge

was very low along both the Solimões-Amazonas river and its equatorial tributaries. This variability is higher in the drainage basins where the specific discharge and, of course, the rainfall are lower, for instance in the case of the Rio Branco river and of the southern tributaries.

## INTRODUCTION

Les premières estimations du débit de l'Amazone datent du siècle dernier (Spix & Marius, 1831; Reclus, 1877; Siemens, 1896; Katzer, 1898). Elles s'appuyaient sur des mesures ponctuelles, basées sur l'estimation de la vitesse moyenne du courant et de la forme de la section du fleuve. La première étude sur les régimes de l'Amazone est due à Pardé (1936) qui, en se basant sur les observations faites par Le Coite (1935) à partir de hauteurs d'eau du Service de la Navigation brésilien et non sur les mesures de débit qui n'existaient pas et à partir du calcul d'un bilan hydrique rudimentaire, donne un aperçu de la variabilité temporelle du régime de l'Amazone. Il faut attendre 1964 pour que soient réalisés, à la station de référence de Óbidos par l'US Geological Survey (Oltman *et al.*, 1964), des jaugeages précis qui permettent, enfin, d'avoir une idée correcte des débits de ce fleuve. Le réseau hydrométrique du Departamento Nacional de Aguas e Energia Elétrica (DNAEE) est entrée en opération dans les années 1970 avec les premières mesures régulières de débit sur plusieurs centaines de stations. Jusqu'à ces toutes dernières années, il n'y a donc pas eu d'étude sérieuse du régime hydrologique de l'Amazone. Ceci peut expliquer que certaines publications récentes sur la modélisation de l'hydrologie de l'Amazone aient utilisé des séries chronologiques peu fiables.

Un accord de coopération signé entre l'Orstom et deux organismes brésiliens (le Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) et le DNAEE) a été à l'origine du programme HiBAm (Hidrologia da Bacia Amazônica) dont l'objectif principal est l'étude de la biogéohydrodynamique de cet immense bassin. Un des objectifs secondaires de ce programme est d'effectuer une étude assez complète de l'hydrologie du bassin amazonien, en focalisant les recherches sur la réalisation de jaugeages précis par exploration complète du champ des vitesses dans la section de quelques stations clés, l'établissement de courbes de tarage tenant compte du gradient limnimétrique, la critique et l'homogénéisation des données hydroclimatiques du DNAEE permettant le calcul de bilans hydriques précis par sous-bassins et la télétransmission satellitaire de données hydrologiques. Les résultats obtenus à ce jour sont particulièrement importants et ont permis de mieux connaître l'Amazone et ses affluents en fournissant des données et estimations fiables sur le volume et les fluctuations de leurs apports. On a pu ainsi déterminer de manière précise les contributions respectives du Solimões et du Rio Negro, formateurs de l'Amazone au Brésil, évaluer les apports totaux de ce bassin à l'océan Atlantique, mettre au point un modèle de prévision de la crue à Manaus, plus grande ville d'Amazonie, et effectuer une première régionalisation des débits des différents cours d'eau de ce bassin.

Une des ambitions de ce travail est donc de décrire précisément, sur les traces de Maurice Pardé, le régime hydrologique de l'Amazone, en utilisant les mêmes descripteurs que Jean Rodier en Afrique.

## LE BASSIN AMAZONIEN

Le bassin de l'Amazonie, le plus important des fleuves de la planète en terme de surface drainée et de débit, couvre 6 112 000 km<sup>2</sup> (près de 5% des terres émergées) et apporte à l'Atlantique un volume d'eau qui représente environ 15% des apports d'eau douce aux océans.

Ce bassin, situé entre 5°N et 20°S, s'étend sur sept pays: le Brésil (63%), le Pérou (16%), la Bolivie (12%), la Colombie (5,6%), l'Equateur (2,3%), le Venezuela (0,6%) et la Guyana (0,2%). Il est limité au nord par les reliefs du bouclier guyanais, à l'ouest par la chaîne des Andes, au sud par le plateau du bouclier brésilien et à l'est par l'océan Atlantique. Entre les Andes et les boucliers anciens, les limites du bassin ne sont pas très marquées et des phénomènes de diffluence sont observés: au nord avec l'Orénoque et au sud vers le Rio de la Plata.

Le bassin amazonien est divisé en trois grandes unités morpho-structurales (Fig. 1) héritées de l'histoire géologique du bassin: les boucliers, la chaîne des Andes et la plaine amazonienne, qui occupent respectivement 44%, 11% et 45% de la superficie totale du bassin versant. Les principaux formateurs de l'Amazonie présentent des caractéristiques hydrographiques liées à ces trois grandes unités. Les deux fleuves d'origine andine (Rio Marañón/Solimões et Rio Madeira) signent leurs apports à l'Amazonie par des eaux chargées en matières dissoutes et particulaires (Gibbs, 1967).

Dans la région de Manaus, la convergence des apports des rios Solimões, Negro et Madeira entraîne une nette augmentation des surfaces drainées et donc des débits. Cette concentration des apports, associée à une très faible pente hydraulique, va générer des perturbations dans l'écoulement de ces fleuves, aggravant la non-univocité des courbes de tarage dans cette région (Meade *et al.*, 1991).

Le bassin amazonien est soumis à un régime des précipitations essentiellement d'origine Atlantique (Salati *et al.*, 1978) et reçoit en moyenne 2460 mm an<sup>-1</sup> (Molinier *et al.*, 1991). Dans la partie brésilienne du bassin, la distribution saisonnière des précipitations montre des différences sensibles entre le nord et le sud (Fig. 2). Au nord de l'équateur (bassin du Rio Negro), le maximum pluviométrique est observé de mai à juillet alors qu'il se manifeste de décembre à mars dans le sud du bassin. Dans les bassins andins de Bolivie, l'effet du relief est très marqué avec des valeurs extrêmes de 6000 mm an<sup>-1</sup> au pied des Andes et de 300 mm an<sup>-1</sup> dans certaines vallées abritées (Roche *et al.*, 1992).

Les apports combinés des tributaires méridionaux et septentrionaux, aux régimes différents, associés à l'effet régulateur des zones d'inondation (les varzeas), génèrent, à l'aval de Manaus, un hydrogramme de l'Amazonie à crue unique et étalée d'avril à juillet.

Après les études de Le Cointe et Pardé (déjà cités), Oltman *et al.* (1968) puis Rodier & Roche (1978) ont donné une très bonne approximation de la crue de l'Amazonie. Jean Rodier est, d'ailleurs, le premier qui a pris en compte, avec une assez bonne précision, les débordements en très hautes eaux à Óbidos. Grâce aux récents jaugeages du DNAEE à cette même station et aux stations hydrométriques situées plus en amont (Guimarães *et al.*, 1993; 1994), on peut estimer que les crues record de 1953 et 1989 de l'Amazonie ont apporté à l'océan Atlantique des débits instantanés de 360 000 à 380 000 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>.

Le calcul du débit de l'Amazonie et celui de ses principaux tributaires est compliqué par les fortes vitesses observées mais aussi par la très faible pente des cours d'eau qui

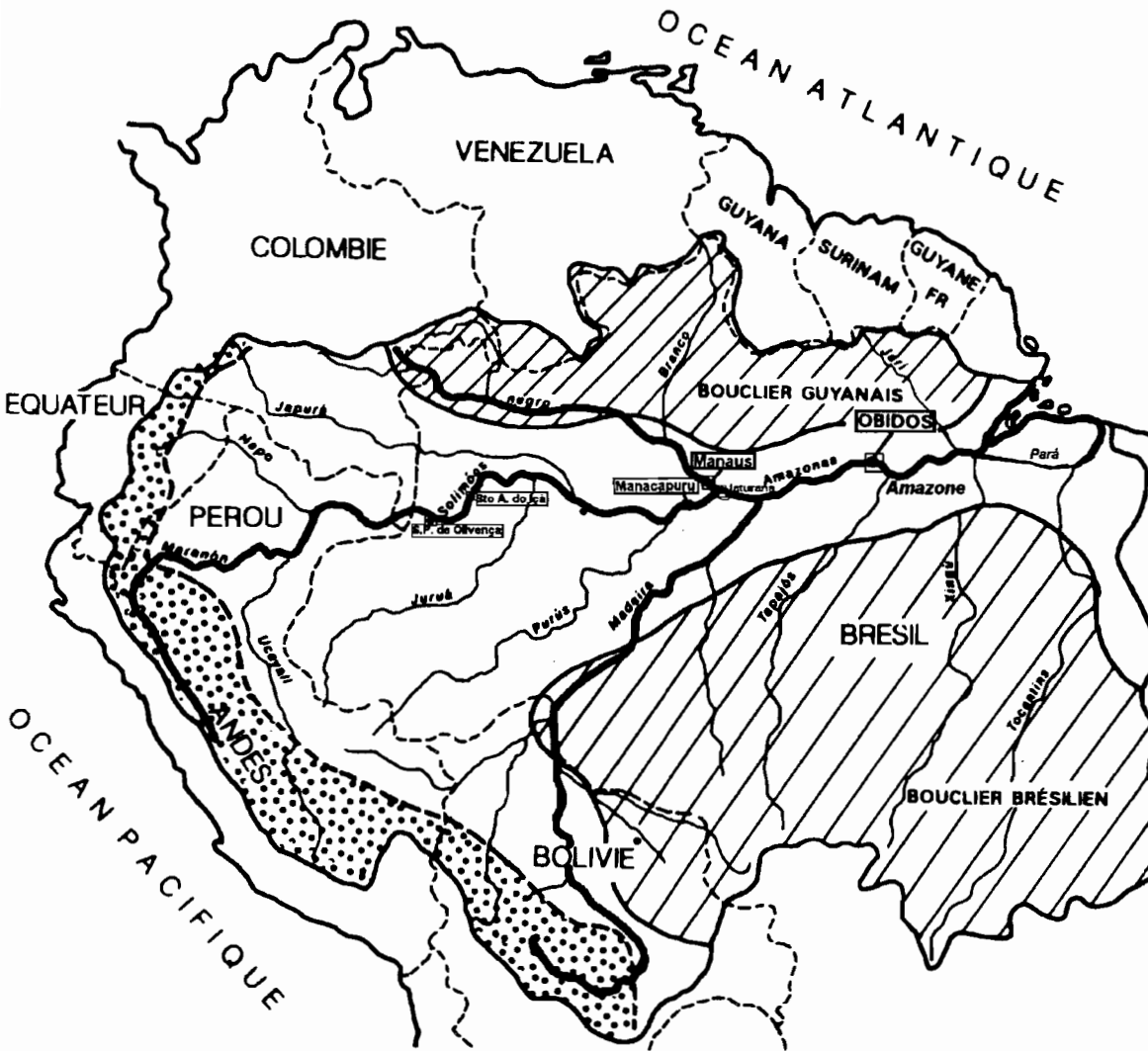


Fig. 1 Le bassin amazonien.

ne dépasse pas  $2 \text{ cm km}^{-1}$  dans leur partie aval. Il ne s'agit pas seulement d'un écoulement classique de l'amont vers l'aval, mais aussi et surtout d'une poussée des eaux situées en aval par l'onde de crue des fleuves d'origine andine. De ce fait, les relations hauteurs-débits sont rarement univoques et présentent des courbes en forme de lasso (Jacon & Cudo, 1987). Pour cette raison, les apports de certains tributaires importants, comme le Rio Negro, étaient, jusqu'à maintenant, mal connus.

### CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES

Le « Rio Amazonas » se forme au Pérou par la rencontre des rivières andines Ucayali et Marañón et, un peu plus en aval, du Napo qui vient de l'Equateur. En entrant au

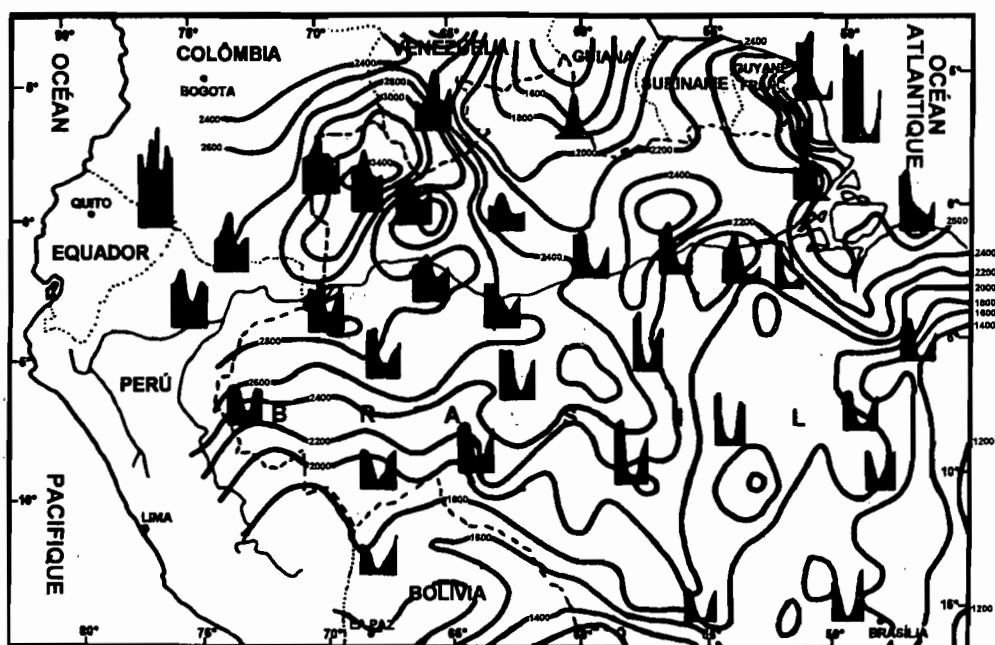


Fig. 2 Distribution de la pluviométrie (d'après Salati, 1978); isohyètes moyennes annuelles (d'après Hiez *et al.*, 1992).

Brésil ce fleuve change de nom pour prendre celui de Solimões. Il ne retrouvera ce nom d'Amazone qu'après avoir reçu, au Brésil, les eaux du Rio Negro. A la frontière entre le Pérou et le Brésil, à Tabatinga, il lui reste encore près de 3000 km à parcourir et son débit est déjà de  $46\ 000\ \text{m}^3\ \text{s}^{-1}$ , c'est-à-dire l'équivalent de celui du Congo (deuxième fleuve du monde) à son embouchure. Cependant, malgré cette distance, la dénivelée totale, avant de rencontrer les eaux de l'Atlantique, n'est que de 60 m, ce qui explique la particularité de la propagation de l'onde de crue, comme indiqué précédemment. Sur cette distance, son volume va être multiplié par 4,5 pour déverser, en moyenne, près de 6600 milliards de  $\text{m}^3$  par an à l'océan Atlantique, soit  $209\ 000\ \text{m}^3\ \text{s}^{-1}$ .

Cette grande quantité d'eau est le résultat de plusieurs facteurs. Les principaux sont, bien sûr, l'alimentation très diversifiée de ce bassin situé à cheval sur l'équateur, dans une des zones les plus pluvieuses du monde, et l'immense superficie de son bassin hydrographique.

Tout au long du parcours brésilien les apports se répartissent à peu près à égalité entre les affluents de rive gauche et de rive droite (respectivement 46% et 54%). Le régime saisonnier évolue au fur et à mesure de son cours en fonction de ces apports. On peut distinguer, tout d'abord, deux grandes catégories d'apports correspondant à l'origine rive gauche ou rive droite des affluents. Les apports de rive gauche proviennent d'une région, en moyenne, plus pluvieuse avec un maximum de pluviométrie centrée sur les mois de mai à juillet, ce qui explique que le débit spécifique moyen de ces affluents soit en général plus élevé. En revanche, les affluents de rive droite originaires du sud du bassin, moins arrosés et où les mois de plus forte pluviosité sont les mois de janvier à mars, ont une hydraulicité plus faible. Les affluents de rive gauche descendant du

bouclier guyanais, au nord est du bassin, ont un débit spécifique comparable aux affluents de rive droite. Ceci est du, principalement, à une pluviométrie inférieure, surtout sur les bassins du Rio Branco (moyenne pluviométrique de 1650 mm) et du Rio Trombetas (moyenne pluviométrique de 1800 mm). Les bassins de rive gauche situés au nord ouest bénéficient d'une pluviométrie moyenne annuelle beaucoup plus forte pouvant dépasser 3000 mm (amont du Rio Negro).

Le maximum mensuel moyen des affluents de rive droite a toujours lieu avant le mois de juin, alors que celui des affluents de rive gauche se situe invariablement après ce mois de juin. Pour le Solimões-Amazone le mois le plus abondant est, en général, ce mois de juin.

### VARIABILITE REGIONALE

Pour mieux appréhender la variabilité régionale des écoulements, 109 bassins hydrographiques de l'Amazonie brésilienne (Molinier *et al.*, 1991, Guyot *et al.*, 1993) et bolivienne (Roche *et al.*, 1992) ont été retenus. Leurs superficies varient de 1000 km<sup>2</sup> à 6 112 000 km<sup>2</sup> et la pluviométrie moyenne annuelle de 1400 mm à 3400 mm.

L'étude de la variation des débits en fonction de la superficie du bassin drainé (Fig. 3) semble indiquer qu'il existe une très nette tendance régionale. Cette tendance est accentuée lorsque l'on prend en compte les débits spécifiques ou les coefficients d'écoulements (Fig. 4). Il est possible ainsi de distinguer, tout au moins pour la partie brésilienne, cinq régions différentes du bassin amazonien (Fig. 5):

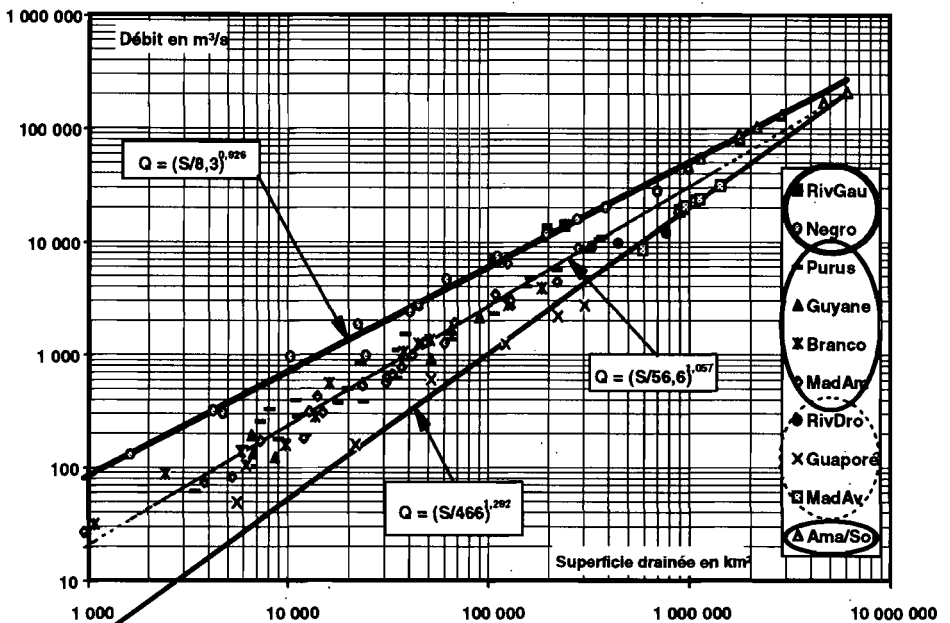


Fig. 3 Débit moyen annuel vs superficie (Amazonie et tributaires).

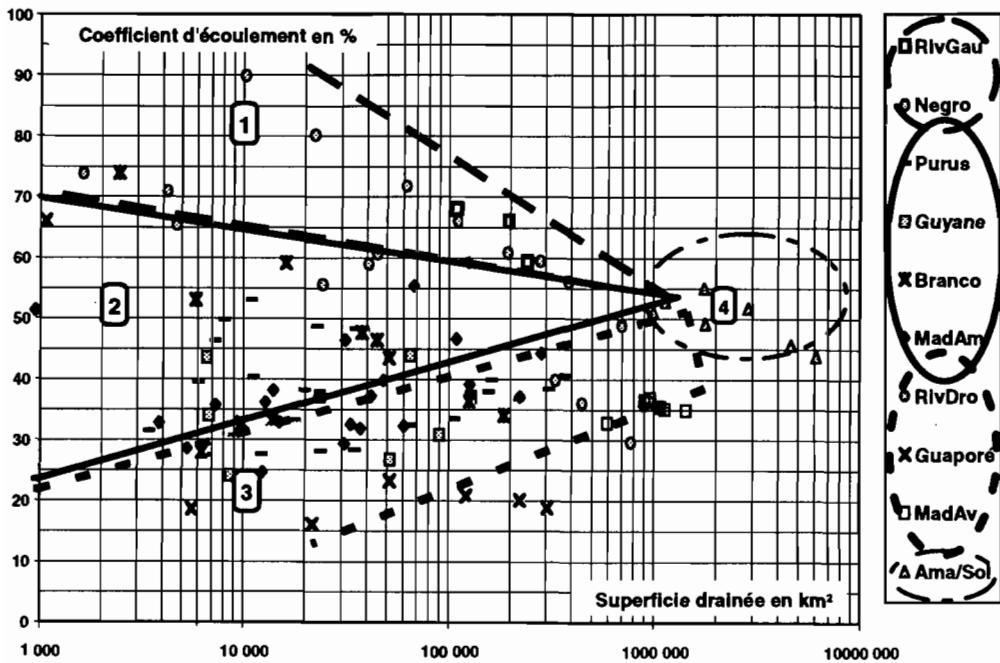


Fig. 4 Coefficient d'écoulement vs superficie drainée.

#### Coefficient d'écoulement vs superficie drainée.

- le Rio Negro et les affluents rive gauche du Solimões en amont de Manaus, où les débits spécifiques varient entre 50 et 90  $l s^{-1} km^{-2}$  [Zone 1];
- les affluents issus du bouclier guyanais, comme le Rio Branco, le Trombetas, le Jari, etc., pour lesquels les débits spécifiques sont compris entre 15 et 40  $l s^{-1} km^{-2}$  [Zone 2N];
- dans la même gamme de débits spécifiques, on retrouve les affluents rive droite du Solimões en amont de Manaus (Purus, Juruá) et la partie amont du bassin du Madeira, y compris les tributaires boliviens [Zone 2S];
- la partie aval du Madeira et les autres affluents rive droite en aval de Manaus dont les débits spécifiques sont compris entre 5 et 25  $l s^{-1} km^{-2}$  [Zone 3];
- enfin le Solimões/Amazonie, à partir de son entrée au Brésil (São Paulo de Olivença), qui est la résultante de toutes ces composantes régionales et dont les débits spécifiques vont de 34  $l s^{-1} km^{-2}$  (embouchure) à 50  $l s^{-1} km^{-2}$  [Zone 4].

En réalité, si l'on observe la distribution pluviométrique (Fig. 2) et la répartition des coefficients de ruissellement ou des débits spécifiques en fonction de la pluviométrie moyenne du bassin, on s'aperçoit que ces tendances régionales sont fortement liées à cette pluviométrie moyenne. On obtient ainsi une très bonne corrélation entre les écarts [ $Q_{obs} - Q_{calc}$ ] des débits observés [ $Q_{obs}$ ] et des débits calculés [ $Q_{calc} = (S/56,6)^{1,057}$  de la Fig. 3] et la pluviométrie (Fig. 6). La combinaison des deux relations obtenues permet de déterminer une relation unique entre les débits moyens annuels ( $Q$  en  $m^3 s^{-1}$ ), la pluviométrie annuelle moyenne ( $P$  en mm) et la superficie drainée par chacun des bassins hydrographiques ( $S$  en  $km^2$ ) pour tout le bassin amazonien (Fig. 7) dont l'équation est:

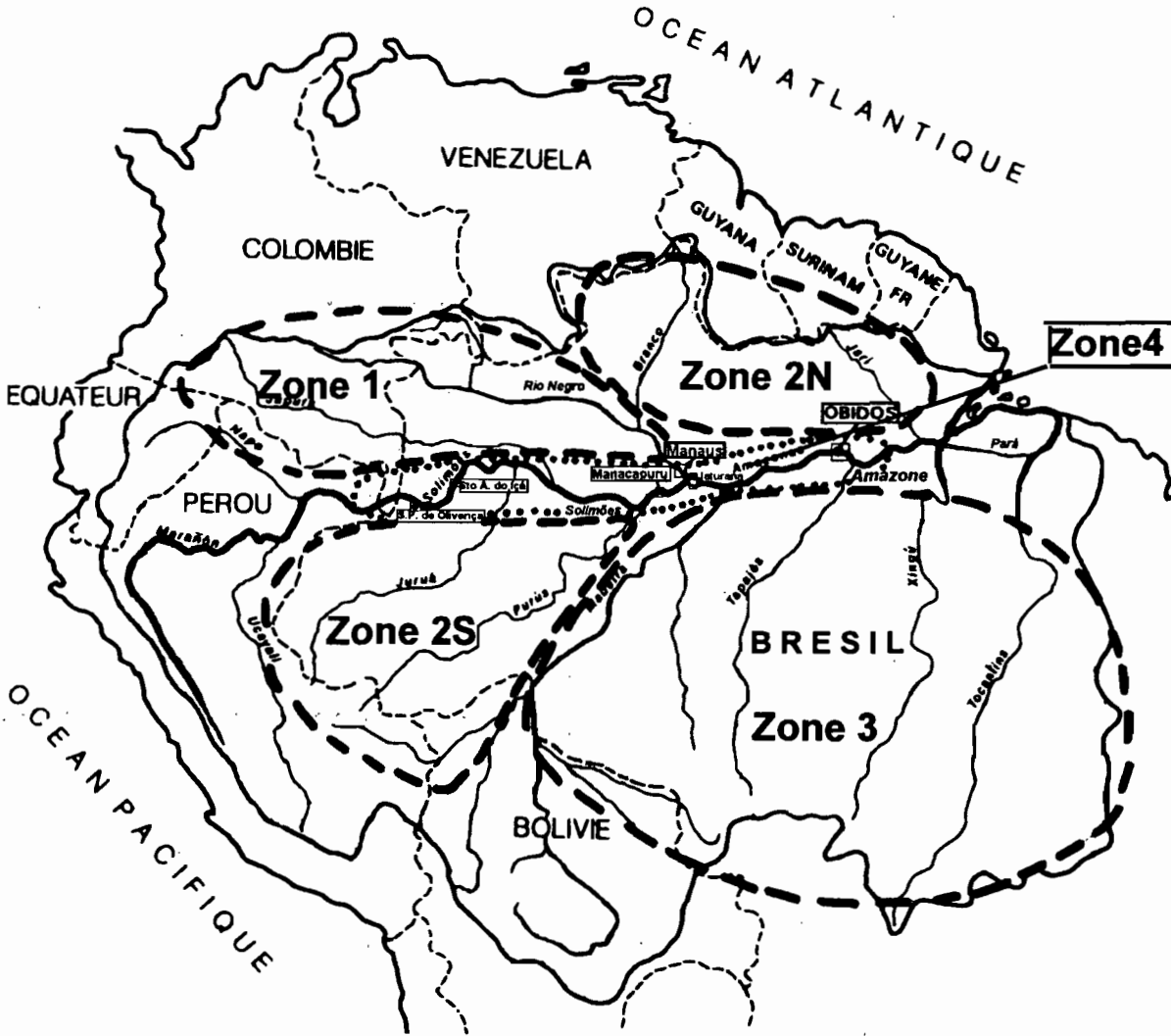


Fig. 5 Les cinq régions différentes du bassin amazonien.

$$Q = \left[ \frac{S}{236} \right] \times e^{1178P}$$

Quelques bassins s'écartent sensiblement de cette courbe moyenne. En particulier le bassin du Guaporé/Itenez dont la partie amont est constituée de zones inondées qui ne contribuent pas ou très peu à l'écoulement et où l'on observe, en outre, des défluences vers le bassin du Paraguay.

L'écart quadratique moyen des débits observés à la courbe moyenne (Fig. 3) qui était de 7770, n'est plus que de 1100 après correction des valeurs observées par la pluviométrie annuelle moyenne (Fig. 7), soit une réduction de 86%.



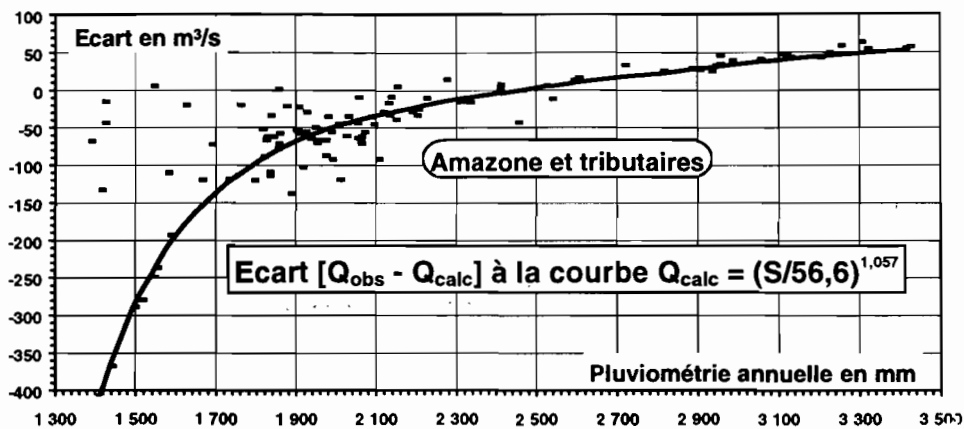


Fig. 6 Pluviométrie annuelle vs  $[Q_{obs} - Q_{calc}]$ .

### VARIABILITE SAISONNIERE

La variabilité saisonnière étant liée aux régimes climatiques, donc à la pluviométrie, il n'est pas surprenant que l'analyse régionale de celle-ci mette de nouveau en évidence les différentes zones précédemment déterminées (Fig. 5).

En suivant la classification établie par Jean Rodier (Rodier, 1964), on distingue quatre types de régime (Fig. 8):

- Le régime tropical austral, à un seul maximum qui survient au cours du premier semestre de l'année calendaire. Ce régime est représenté par les rivières originaires de l'hémisphère sud comme le Purus, le Madeira et ses affluents, le Xingu, le Tapajos, ...

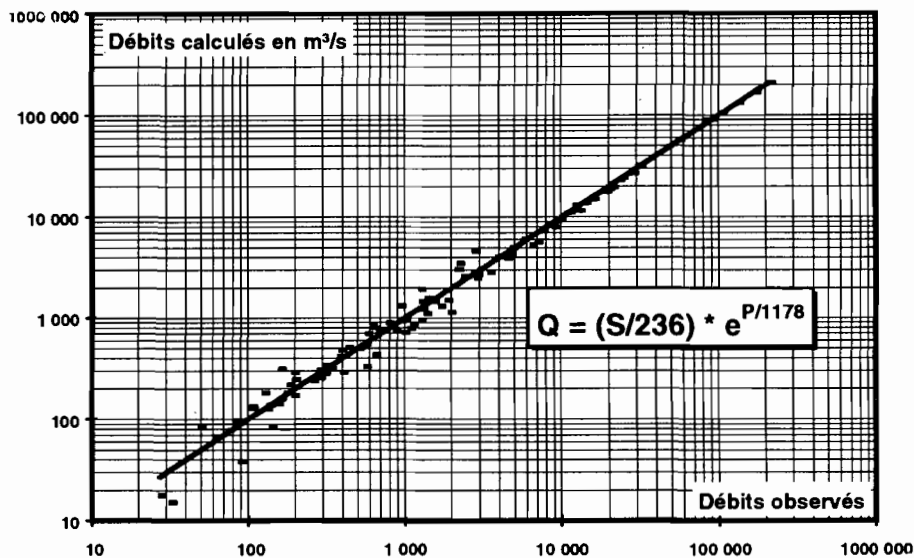


Fig. 7 Débits calculés vs débits observés (Amazonie et tributaires).

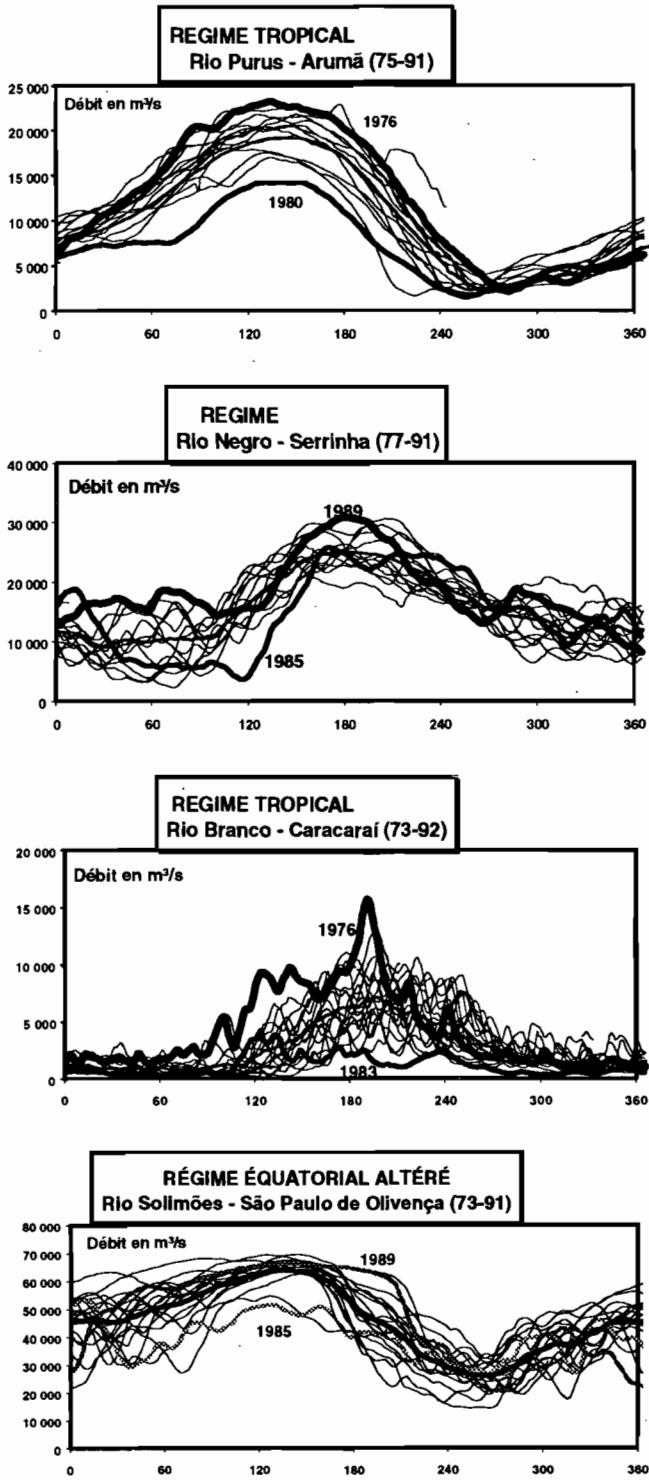


Fig. 8 Bassin amazonien: variabilité saisonnière.

- Le régime tropical boréal (Rio Branco en particulier) dont le maximum est bien marqué et survient au cours du deuxième semestre.
- Le régime équatorial représenté par le Rio Negro, mais aussi les rivières Içá et Japurá, pour lequel le maximum est moins accentué (on peut même parfois observer deux maxima) et survient en milieu d'année.
- Le régime équatorial altéré représenté par le Solimões et l'Amazonie qui est sous l'influence des trois régimes cités précédemment.

Pour tous ces cours d'eau le rapport  $RQm$  des débits mensuels extrêmes est directement proportionnel au  $RQj$  (rapport des débits journaliers extrêmes) et à  $FQ3$  (Fig. 9 – pourcentage du volume écoulé pendant les 3 mois de plus hautes eaux en fonction du volume total écoulé) et inversement proportionnel aux débits spécifiques (Fig. 10). C'est au sud du bassin amazonien, sur le Beni que l'on rencontre les valeurs les plus fortes de  $RQm$  (5-15), ensuite viennent les rivières du nord (Rio Branco). Le Solimões, l'Amazonie ainsi que les affluents originaires de l'Amazonie péruvienne et colombienne (Içá, Japurá) ont des valeurs  $RQm$  comprises entre 1,7 et 2,5; valeurs que l'on peut comparer à celle du Congo qui est de 1,92 (Olivry *et al.*, 1989).

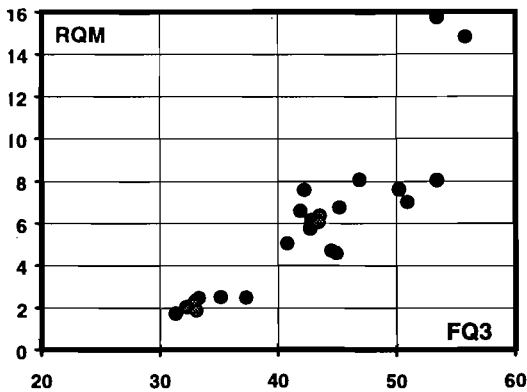


Fig. 9  $FQ3$  vs  $RQm$ .

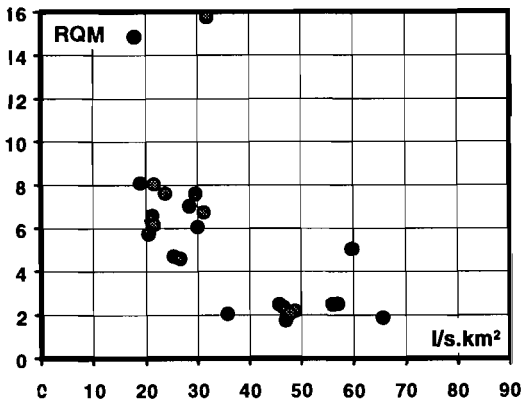


Fig. 10 Débit spécifique vs  $RQm$ .

## VARIABILITE INTERANNUELLE

Une des caractéristiques principales des régimes de l'Amazonie et de ses affluents est leur remarquable stabilité interannuelle. A l'exception des rivières originaires du bouclier guyanais, dont le Rio Branco est un exemple typique, les rapports  $RQa$  (équivalent au  $K3$  utilisé par Jean Rodier) des débits annuels extrêmes sont toujours inférieurs à 2 et même à 1,5 dans la plupart des cas. Ces valeurs du  $K3$  qui sont indépendantes du nombre d'années d'observation sont, en général, bien inférieures à celles des fleuves tropicaux africains citées par Rodier (1964) et même à celle du Congo qui est de 1,67 (Olivry *et al.*, 1989). Cependant, on retrouve des valeurs très voisines de  $K3$  pour les cours d'eau africains de la zone tropicale de transition à équatoriale de transition (Sanaga) ou équatoriale pure (Ogoué et Sangha).

Comme dans le cas de la variabilité saisonnière, les rapports  $RQm$  sont liés aux zones géographiques définies précédemment. Les valeurs les plus faibles de  $RQa$  (inférieures à 1,35) se rencontrent dans les zones 1 et 4 ( $RQm$  compris entre 1,7 et 5). Les bassins correspondant à la zone 3 ont tous des  $RQa$  compris entre 1,40 et 2,40 ( $RQm$  compris entre 5 et 8 avec deux exceptions à 15). Les rivières de la zone 2N ont toutes des rapports  $RQa$  supérieures à 3 ( $RQm$  voisin de 8). Enfin les  $RQa$  des bassins de la zone 2S sont variables mais généralement compris entre 1 et 2 ( $RQm$  entre 4 et 8).

## CONCLUSION

Un des principaux résultats du programme HiBAM est donc d'avoir permis de mieux connaître le régime de l'Amazonie et de préciser les contributions de ses différents tributaires. La régionalisation des débits a fait ressortir le rôle prépondérant de la pluviométrie dont la variabilité, tant spatiale que temporelle, semble expliquer les irrégularités régionales et saisonnières des débits. Cependant, on observe une assez remarquable stabilité interannuelle des modules de ces cours d'eau amazoniens ce qui, hormis quelques fleuves de la zone tropicale, n'est pas le cas des cours d'eau africains. Sans préjuger de l'influence de certains autres facteurs, physiques ou climatiques, il apparaît qu'une explication peut être donnée par la différence de pluviosité dans ces deux régions du globe. En effet, si l'on excepte le bassin du Guaporé à la limite du Brésil et de la Bolivie, la pluviométrie moyenne interannuelle des bassins de la région amazonienne est toujours supérieure à 1650 mm; alors que tous les grands bassins africains étudiés par Rodier ont une pluviométrie moyenne inférieure à 1650 mm hormis l'Ogoué à Lambaréné et deux stations de la Sanaga, deux fleuves à régime équatorial. A ces totaux pluviométriques plus faibles est associée une variabilité interannuelle plus forte contrairement à ce qui se passe en Amazonie où les précipitations annuelles sont assez homogènes d'une année sur l'autre.

Mais la pluviométrie à elle seule ne peut expliquer ces différences constatées entre les régimes amazoniens et les régimes africains. Il convient d'étudier non seulement la quantité des apports mais aussi leurs origines et la manière dont ils se combinent pour former le grand fleuve régional. A ce titre, une étude comparative des deux plus puissants fleuves du monde, l'Amazonie et le Congo, s'avère indispensable pour mieux analyser et comprendre les spécificités de chacun d'eux et de leurs formateurs. Pourquoi, par exemple, observe-t-on deux maxima sur le Congo dont le bassin est à

cheval sur l'équateur, alors qu'il n'en existe qu'un seul sur le Rio Negro dont le bassin est également situé de part et d'autre de l'équateur. On constate d'ailleurs, que la période des plus basses eaux sur le Congo correspond à la période des plus hautes eaux sur le Rio Negro. Si l'on étend cette comparaison à l'ensemble de l'Amazonie, on s'aperçoit que, à superficies égales (3 475 000 km<sup>2</sup>), le bassin hydrographique de l'Amazonie reçoit 2710 mm de pluie en moyenne par an et restitue un débit de 148 500 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>, alors que le Congo qui reçoit 57 % de cette quantité de pluie (1550 mm), ne restitue que 43 000 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>, soit 3,5 fois moins que l'Amazonie. Le déficit d'écoulement de l'Amazonie, déficit que l'on peut assimiler, sur une longue période, à l'évapotranspiration réelle, est de l'ordre de 1350 mm alors qu'il n'est que de 1160 mm pour le bassin du Congo dont le coefficient d'écoulement (25 %) n'est que la moitié de celui de l'Amazonie.

Un des prolongements prévus de ce programme HiBAm, dès 1996, sera donc l'étude comparative des régimes du Congo et de l'Amazonie et des facteurs qui les conditionnent.

## REFERENCES

- Gibbs, R. J. (1967) The geochemistry of the Amazon river system. Part I. The factors that control the salinity and the composition and concentration of the suspended solids. *Geol. Soc. Am. Bull.* **78**, 1203-1232.
- Guimarães, V., Guyot, J. L. & Conceição, S. C. (1993) *Medição de Descarga Líquida no Rio Amazonas em Óbidos* (Jaugeages de l'Amazonie à Obidos). Publ. DNAEE-CGRH, Brasília.
- Guimarães, V., Guyot, J. L. & Conceição, S. C. (1994) *Medição de Descarga Líquida em Grandes Rios: Rio Amazonas em Óbidos. Relatório Técnico da Maior Medição de Descarga Líquida Realizada no Mundo: 279 000 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>* (Jaugeages des grands fleuves: L'Amazonie à Obidos. Rapport technique du plus gros jaugeage réalisé dans le monde: 279 000 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>). Publ. DNAEE-CGRH, Brasília.
- Guyot, J. L., Molinier, M., Oliveira, E. de., Cudo, K. J. & Guimarães, V. S. (1993) Balanço hídrico do Rio Negro (Bilan hydrique du Rio Negro). In: *X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos* (ABRH, Gramada, Novembro de 1993). *Anais* **2**, 535-544.
- Jaccon, G. & Cudo, K. J. (1987) Medições de descarga líquida dos rios Solimões a Amazonas pelo método do barco em movimento (Jaugeages du Solimões et de l'Amazonie par la méthode du moving-boat). In: *IV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 358-369. ABRH, Rio de Janeiro.
- Hiez, G., Cochonneau, G., Séchet, P. & Medeiros Fernandes, U. (1992) Application de la méthode du vecteur régional à l'analyse de la pluviométrie annuelle du bassin amazonien. *Veille Climat. Satellit.* **43**, 39-52.
- Le Cointe, P. (1935) Les crues annuelles de l'Amazonie et les récentes modifications de leur régime. *Ann. Géogr.* **44**, 614-619.
- Molinier, M. & Thébé, B. (1977) *Données hydrologiques en République Populaire du Congo*. Orstom, Brazzaville.
- Molinier, M., Da Silva Maia, A. C. & Dos Santos, D. F. (1991) Balanço hídrico da bacia amazônica: metodologia e primeiros resultados (Bilan hydrique de l'Amazonie: méthodologie et premiers résultats). In: *IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos* (Rio de Janeiro, Novembro 1991).
- Molinier, M. (1992) *Régionalisation des débits du bassin amazonien. VIII Journées hydrologiques: Régionalisation en hydrologie et application au développement*. Orstom, Montpellier.
- Molinier, M., Cudo, K. J. & Guimarães, V. (1992) Disponibilidade de água na bacia amazônica (Les ressources en eaux superficielles du bassin amazonien). In: *Simpósio Int. de Estudos Ambientais em Florestas Tropicais Úmidas, Forest '92*, (Rio de Janeiro).
- Molion, L. C. B. (1991) Climate variability and its effects on Amazonian hydrology. In: *Water Management of the Amazon Basin* (ed. par B. P. F. Braga & C. Fernandez-Jauregui), 261-274. Publ. UNESCO-Rostlac, Montevideo.
- Olivry, J. C., Bricquet, J. P. & Thiebaut, J. P. (1989) Bilan annuel et variations saisonnières des flux particuliers du Congo à Brazzaville et de l'Oubangui à Bangui. *La Houille Blanche* **3/4**, 311-315.
- Oltman, R. E., Sternberg, H. O'R., Ames, F. C. & Davis, L. C. (1964) Amazon river investigations reconnaissance measurements of July 1963. *USGS Circular* **486**.
- Oltman, R. E. (1968) Reconnaissance investigations of the discharge and water quality of the Amazon river. *USGS Circular* **552**.
- Pardé, M. (1936) Les variations saisonnières de l'Amazonie. *Ann. Géogr.* **45**, 502-511.
- Pardé, M. (1954) Sur le régime et spécialement sur les variations saisonnières des cours d'eau brésiliens. *La Houille Blanche* **6**, 823-846.

- Roche, M. A., Jauregui, C. F., Rivera, A. A., Mendez, J. P., Rada, E. S. & Vargas, J. L. M. (1992) *Balace Hidrico Superficial da Bolivia* (Bilan hydrique superficiel de la Bolivie). PHICAB, Orstom, Senamhi, Unesco.
- Rodier, J. (1964) Régimes hydrologiques de l'Afrique Noire à l'Ouest du Congo. *Mém. Orstom* 6. Orstom, Paris.
- Rodier, J. A. & Roche, M. (1978) *World Catalogue of Maximum Observed Floods* (Répertoire mondiale des crues maximales observées). IAHS Publ. no. 143.
- Salati, E., Marques, J. & Molion, L. C. B. (1978) Origem e distribuição das chuvas na Amazônia. (Origine et distribution des pluies en Amazonie). *Interciencia* 3(4), 200-205.