

# Sur le régime et spécialement sur les variations saisonnières des cours d'eau brésiliens

## On the regime and particularly on the seasonal variations of the rivers in Brazil

PAR M. PARDÉ

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE  
ET A L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ ET D'HYDRAULIQUE

*Explications liminaires. Cette communication n'est qu'une partie, la plus originale, d'une étude beaucoup plus vaste, dont l'auteur présente en raccourci les autres chapitres : abondance moyenne annuelle — étiages — crues — phénomènes imputables à la dynamique fluviale. Les variations saisonnières varient selon la latitude des divers rios, et l'auteur distingue un régime tropical austral, un régime tropical boréal altéré, des régimes équatoriaux et sub-équatoriaux, enfin des régimes complexes changeants. Pour chacun d'eux, l'auteur analyse les bassins ou les cours d'eau les plus représentatifs dudit régime, et note au passage le comportement insolite et déroutant de certains d'entre ces derniers.*

*Preliminary explanations. This paper is only a part, the most original, of a much wider study, of which the author briefly outlines the other chapters: mean annual abundance—low water—floods—phenomena that can be ascribed to river dynamics.*

*The seasonal variations vary according to the latitude of the different rios, and the author distinguishes between an austral tropical regime, an altered boreal tropical regime, equatorial and sub-equatorial regimes, and finally complex changing regimes. For each of them the author analyses the most representative catchment areas or water courses of the particular regime, and carefully note the unusual and confusing behaviour of some of these regimes.*

### INTRODUCTION

*La Houille Blanche* voulant honorer, par un numéro spécial, les aménagements hydrauliques effectués au Brésil, m'a demandé un article d'ensemble sur les rivières qui drainent cet immense territoire, et qui comprennent le plus puissant des fleuves terrestres, à savoir l'Amazone.

J'ai donc élaboré un mémoire intitulé : *Quelques aperçus relatifs à l'hydrologie brésilienne*.

Ce texte ne pouvait traiter de manière très succincte un sujet énorme, et d'ailleurs, insuffisamment connu pour une partie considérable du réseau fluvial en question, malgré le développement remarquable de l'Hydrométrie (\*)

dans ce pays déjà si riche en réalisations scientifiques et techniques. Cependant mon mémoire s'est révélé trop long pour qu'on l'imprime sans

en deux volumes sur le Paraíba do Sul. Pour le réseau amazonien, par malheur, nous ne disposons que de données en hauteurs d'eau. Force nous était d'évaluer les débits moyens annuels du fleuve monstrueux et de ses tributaires d'après les précipitations. Mais les stations pluviométriques sont très clairsemées en Amazonie. Cependant le superbe *Atlas pluviométrique du Brésil*, publiée en 1948 par la *Divisão de Aguas*, du Ministère fédéral de l'Agriculture (60 × 45 cm, 49 pages, 25 figures), nous a fourni sur ce point des renseignements précieux. Et j'ai utilisé avec un grand profit la belle carte au 1/5.000.000<sup>e</sup> du Brésil, publiée en 1950 par l'*Instituto Brasileiro de Geografia e de Estatística*.

Tous ces documents imprimés, et des quantités de chiffres dactylographiés m'ont été fournis généreusement par les Directeurs de la *Divisão de Aguas*, notamment par M. Antonio José ALVES DE SOUZA, puis par son successeur, M. Waldemar José DE CARVALHO.

J'avais moi-même, précédemment, fait paraître un article sur les *Variations saisonnières de l'Amazone* (*Annales de Géographie*, 1936, pp. 502-511) et un autre sur le *Régime des cours d'eau argentins, uruguayens, paraguayens et sud-brésiliens* (*Estudios geográficos*, de Madrid, Año XIII, nov. 1952, pp. 616-648, 6 fig.).

(\*) Les données hydrométriques principales sont des *Annuaire fluviométriques*, établis d'après des milliers de jaugeages modernes, mais seulement relatifs à la région la plus peuplée du pays, c'est-à-dire au sud-est (Bassins du Rio-Grande qui, joint au Paranaíba, constitue le Parana, du Paraíba do Sul, du São Francisco, du Doce, de l'Uruguay, du Jequirica, du Pardo, du Jequitinhonha, etc.). En outre, un bel ouvrage, en deux volumes, de M.F.A. SOLDANO : *Regimen y aprovechamiento de la Red fluvial argentina*, contient des données sur l'Uruguay et quelques secteurs brésiliens du Paraguay et du Parana. M. MAGARINOS TORRES a publié une belle étude



FIG. 1. — Carte du réseau fluvial, des principales stations hydrométriques et de quelques stations pluviométriques (y compris toutes celles qui étaient en service dans le centre nord et ouest en 1938.)  
 ▲ stations hydrométriques  
 ● stations pluviométriques

dépasser gravement les limites acceptables dans la publication envisagée. J'aurais donc pu en réduire toutes les parties de moitié ou des deux tiers. Mais la Direction de la Houille Blanche a estimé comme moi que cette contraction d'une étude déjà très abrégée malgré son ampleur, ne pouvait se faire sans dommage pour le meilleur

de la substance et pour la clarté de l'analyse. On a donc préféré reproduire le texte intégral d'un seul chapitre, celui qui concerne les variations saisonnières. On a choisi cet élément du régime parce que c'est probablement lui qui présentera le plus d'originalité, en raison de l'hydrologie, étrange pour la plupart des lecteurs, qui se des-

sine dans un secteur assez étendu de la région côtière, de part et d'autre de Bahia. D'autre part, il n'est point exclu que la *Houille Blanche* fasse

imprimer ou polycopier plus tard l'ensemble du mémoire. Cependant, on résumera pour commencer les chapitres non reproduits ci-dessous.

## I. — ÉLÉMENTS HYDROLOGIQUES AUTRES QUE LES VARIATIONS SAISONNIÈRES

### A) Abondance moyenne annuelle

L'abondance moyenne annuelle se caractérise par les *modules* ou débits moyens annuels *spécifiques* (en lit. sec. par km<sup>2</sup> de surface réceptrice ou en millimètres de pluie écoulée), puis par les modules bruts, présentés tels quels sans égard aux superficies drainées. Elle est dominée par les faits suivants (fig. 2) :

1° *L'abondance pluviale est en général très grande sur la majeure partie du Brésil*, qui reçoit plus de 1.500 mm sur des millions de km<sup>2</sup> et plus de 2.000 mm sur un tiers peut-être du pays; on recueille même 3.000 mm et plus dans l'extrême-ouest amazonien, et par plaques isolées et restreintes sur les reliefs sud-orientaux voisins de l'Océan;

2° Cependant, une étendue supérieure à celle de la France, soit plus de 800.000 km<sup>2</sup> (un dixième de la surface totale) dans l'angle oriental du Brésil (bassin du São Francisco et zones voisines) n'encaisse que moins de 1.000 mm, avec des chiffres inférieurs à 500 mm sur des zones relativement spacieuses;

3° Or, sous les températures moyennes annuelles de 18 à 26° qui règnent au Brésil, *l'évapotranspiration, c'est-à-dire le déficit d'écoulement ou différence entre pluies tombées et pluies écoulées, ne peut qu'être considérable*, au point de réduire à des valeurs très faibles ou infimes les parts des débits dans la région d'arrosage médiocre ci-dessus localisée. Et on a lieu de croire que dans les secteurs les plus pluvieux, le déficit plafonne à des valeurs comprises entre 1.300 et 1.500 ou 1.600 mm, selon les autres facteurs régionaux.

En conséquence, dans la zone peu pluvieuse orientale, certaines rivières, semblables en cela aux ouadis maghrébins ou aux creeks nord-américains, débitent moins de 1 et même de 0,5 l/s par km<sup>2</sup>, soit de 31,5 et de 15,75 mm. Entre Januária et Juazeiro, pour 289.228 km<sup>2</sup>, le São Francisco ne gagne que 2,50 l/s par km<sup>2</sup>. Des fleuves côtiers voisins ne roulent que 1,62 l/s par km<sup>2</sup> (Rio de Contas), 0,488 (Itapicuru), 2,3 (Rio Pardo) contre 6,75 à 7 pour la Seine à Paris. Le bassin total du São Francisco n'émet sans doute que 5,3 à 5,5 l/s par km<sup>2</sup>.

En revanche, une foule de rivières, dans les régions accidentées et très arrosées du sud-est (bas-

sins de l'Uruguay, du Parana et de ses affluents, Iguazu, Rio Grande et autres, puis du Paraíba do Sul, derrière Rio de Janeiro, etc.) débitent pour des petites surfaces 25 à 40 l/s par km<sup>2</sup>, et pour 10.000 à 50.000 km<sup>2</sup> de 15 à 25 l/s par km<sup>2</sup> (25 pour l'Iguazu, 18 à 20 pour le Rio Grande). En conséquence, on trouve environ 14 pour les 700.000 km<sup>2</sup> du Parana à Guayra, 6,7 seulement pour le Paraguay, à sa sortie du Brésil, mais 15 à 17 pour l'Uruguay brésilien.

Pour le système géant de l'Amazone, on est réduit à ne raisonner que d'après les valeurs approximatives des pluies et des déficits d'écoulement probables. On trouve de la sorte des chiffres relativement formidables étant donné les étendues des bassins considérés, par exemple quelque 30 l/s par km<sup>2</sup> (comme pour l'Isère, l'Inn, ou le Rhin à Bâle) pour 300.000 km<sup>2</sup> du Purus (\*) et 200.000 km<sup>2</sup> du Jurua, 35 à 40 pour 150.000 à 175.000 km<sup>2</sup> du Yapura, 14 ou 15 pour 700.000 à 800.000 km<sup>2</sup> du Tocantins, 15 à 17 pour 500.000 km<sup>2</sup> du Xingu, 16 à 18 pour 500.000 km<sup>2</sup> du Tapajoz, et pour 1.000.000 de km<sup>2</sup> de la Madeira, 20 à 22 pour 500.000 km<sup>2</sup> du Rio Negro; et choses tout à fait fantastiques, et sans autre exemple dans le reste du globe, 23 à 25 pour 3.300.000 km<sup>2</sup> de l'Amazone au confluent avec le Rio Negro inclus, puis 18 à 20 l/s par km<sup>2</sup> sinon plus pour les 5.600.000 km<sup>2</sup> de tout le bassin amazonien au confluent du Xingu inclusive-

Cela ferait en gros 100.000 à 110.000 m<sup>3</sup>/s contre 40.000 (et 11 l/s par km<sup>2</sup>) pour le Congo, et 30.000 (17,6) pour le Yang-tsé-Kiang. On aurait 16.000 à 18.000 m<sup>3</sup> pour la Madeira, 10.000 à 12.000 pour le Rio Negro, ou pour le Tocantins, 8.000 à 10.000 pour le Purus, et pour le Xingu, comme pour le Tapajoz. D'après des chiffres moins sujets à caution, on peut admettre 9.000 à 10.000 m<sup>3</sup> pour le Parana aux chutes de Guayra, 10.500 à 11.500 pour ce fleuve à Posadas, en Argentine, et 15.000 à 16.000 dans le même pays à Corrientes, grâce à l'appoint du Paraguay (4.500 m<sup>3</sup>, dont 3.000 m<sup>3</sup> venant du Brésil). L'Uruguay donne 4.000 à 4.500 m<sup>3</sup> à son embouchure, dont 3.250 à 3.500 originaires du Brésil.

Le São Francisco apporte à la mer quelque 3.300 m<sup>3</sup>, le Paraíba do Sul et le Doce, 1.000, le Rio Grande et le Paranaíba, chacun 2.250 à 2.500.

(\*) Les surfaces réceptrices données pour ces grandes rivières ne sont que très grossièrement approximatives.

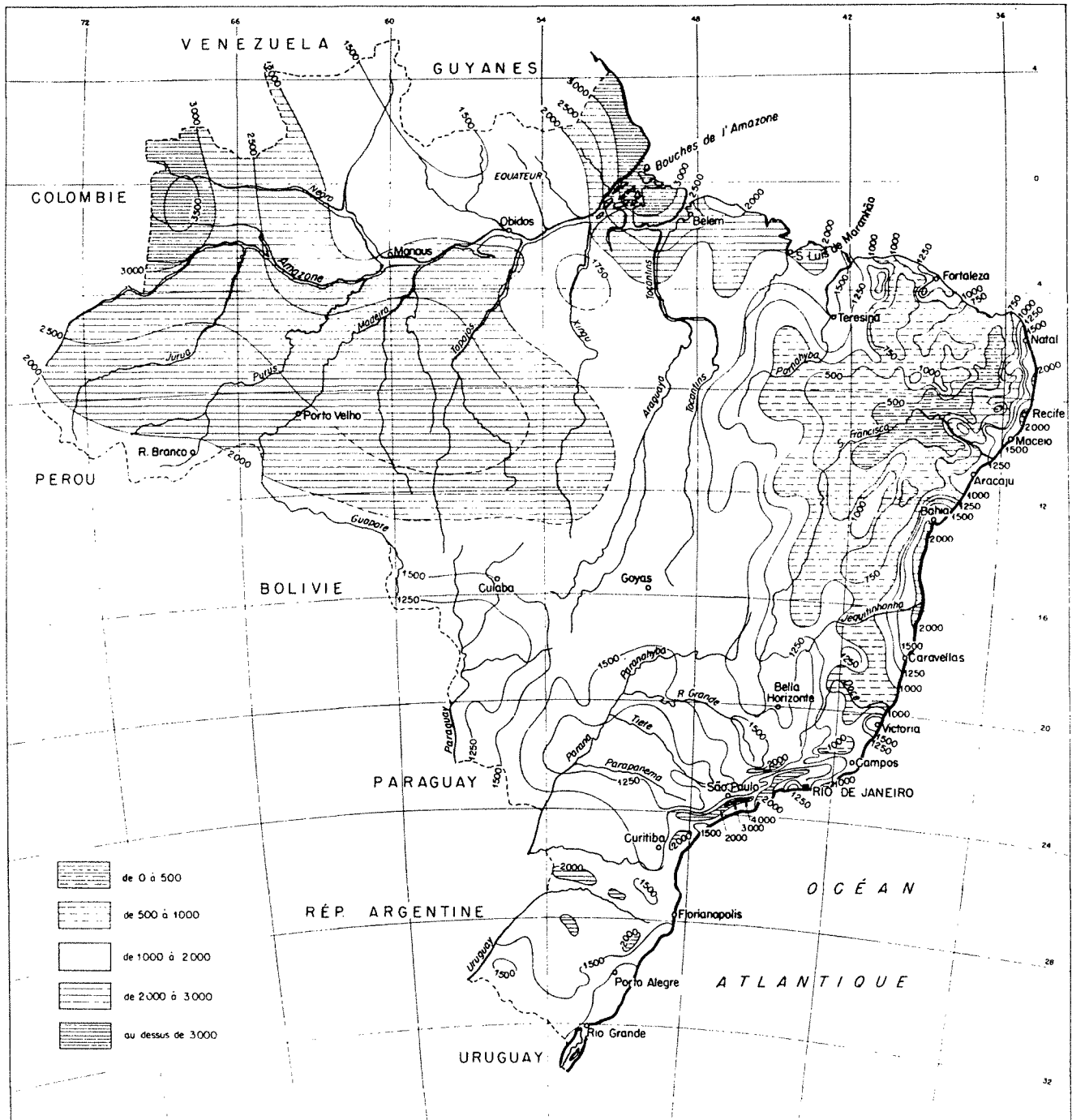


FIG. 2. — Carte des pluies. — Isohyètes annuels.

## B) Étiages

Un des faits les plus importants de l'hydrologie brésilienne est l'abondance conservée par les étiages de nombreuses rivières; et d'abord, dans toute la zone sud-orientale à climat tropical typique, avec grandes pluies d'été, médiocrité pluviale ou sécheresse en hiver. Le fait doit d'ailleurs tenir non à ces répartitions pluviales, mais à des pouvoirs de rétention remarquables possédés par des terrains. Il s'agit de roches en place

basaltiques ou plus communément gréseuses, et surtout, semble-t-il, d'épais manteaux superficiels de décomposition fournis aux dépens de ces roches ou des éléments cristallins imperméables à l'état de masses non fissurées, qui abondent.

Quoi qu'il en soit, le minimum minimorum relativement catastrophique du Parana à Posadas, en 1944, représentait encore 3.200 m<sup>3</sup>, soit 4 l/s par km<sup>2</sup> (4,3 pour le Rhône inférieur, moins de 1 pour le Mississippi, de 0,5 pour la Seine). Et dans les réseaux de ce fleuve ou du Paraíba méridional

dional, ou du haut São Francisco, à l'issue de surfaces modérées ou restreintes (quelques centaines de km<sup>2</sup>), les étiages minima connus sont encore généralement compris entre 4 et 8 ou 10 l/s par km<sup>2</sup>, valeurs dignes des chiffres trouvés pour les rivières nivales des Alpes françaises ou suisses, et pour les cours d'eau pyrénéens septentrionaux.

Puis, sans avoir là-dessus de certitude, nous avons lieu de supposer que des chiffres aussi avantageux, ou encore plus imposants, pour des causes géologiques, et en raison de la longue durée des pluies qui garnissent les réserves souterraines, caractérisent une quantité, peut-être la majeure partie des rivières amazoniennes à l'issue de petites surfaces. Sur les tronçons principaux de ce bassin, les minima les plus faibles doivent encore être honorables (quelques l/s par km<sup>2</sup>) ou magnifiques. Sur l'Amazone lui-même, ces influences sont encore renforcées par les compensations interrégionales que nous verrons jouer dans les variations saisonnières. Et nous ne serions point surpris que des débits déjà rares par leur faiblesse relative atteignent encore 7 à 8 l/s par km<sup>2</sup> à Obidos, ou à la fin du cours; soit respectivement 31.000 à 36.000, puis 39.000 à 45.000 m<sup>3</sup>, c'est-à-dire autant, en pénurie, que le module du Congo.

Par contre, à l'extrême sud-est, un climat moins régulier dans ses vicissitudes, et surtout, selon la vraisemblance, des terrains à faible pouvoir de rétention dépriment les écoulements en étiage. L'Uruguay inférieur à Concordia, hors du Brésil, est tombé en mai 1935 à 250 m<sup>3</sup>, soit à 1 l/s par km<sup>2</sup>. A l'amont, certains de ses tributaires s'anéantissent plus encore, comme la plupart des rivières pluviales européennes.

### C) Les crues

En opposition (mais aussi en corrélation) avec ces indigences, le bassin de l'Uruguay semble éprouver des crues très puissantes. Ce fleuve aurait roulé 30.000 m<sup>3</sup> pour 227.000 km<sup>2</sup> à Federación, le 12 mai 1941, maximum comparable à ceux du très dangereux Ohio. Plus au nord, l'Iguazu aurait débité le 9 juin 1936, au lieu de ses grandes chutes, 25.000 m<sup>3</sup>, soit, pour 48.000 km<sup>2</sup>, plus de 500 l/s par km<sup>2</sup>, chiffre relativement formidable. Et tout à fait fantastique encore aurait été le déluge du Jacui en mai 1941 : 40.000 m<sup>3</sup>/s pour moins de 60.000 km<sup>2</sup>. Dans cette zone, les inondations graves ont lieu surtout au printemps et en automne.

Les crues sérieuses se produisent presque exclusivement en saison chaude et surtout en été (janvier-mars) dans toute la vaste zone du climat tropical typique, par exemple pour le Paraguay supérieur, le réseau du Parana en amont de l'Iguazu, le Paraiiba do Sul, le São Francisco, etc., ou sur les cours supérieurs des affluents

amazoniens de droite; puis, avec un retard atteignant quelques semaines à un mois, sur les tronçons inférieurs des mêmes rivières, pour les causes que l'on verra en étudiant les variations saisonnières. Au nord du bassin, la fréquence est la plus marquée en mai-juillet. Il semble que dans presque toute cette vaste zone, les débits maxima spécifiques à l'issue de surfaces dépassant quelques milliers de km<sup>2</sup>, soient bien moins massifs que pour l'Uruguay, l'Iguazu, le Jacui peut-être, et leurs tributaires. Cette infériorité sensible me paraît en tout cas guère douteuse pour le Parana, qui aurait débité cependant en juin 1905 (exception saisonnière) 30.000 m<sup>3</sup> ou plus pour 700.000 km<sup>2</sup> à Guayra, 35.000 à 40.000 à Posadas (peut-être 50.000 ou plus à Corrientes) loin au-delà du Brésil.

Les crues, elles aussi estivales en principe, du Paraguay supérieur sont, au cours de leur propagation dans le cours moyen, retardées de plusieurs mois et aplaties par l'étalement sur l'immense champ d'inondation du *Pantanal*. Grâce à ce phénomène, on ne connaîtrait pas plus de 6.500 m<sup>3</sup> à Puerto-Sastre, soit 15 l/s seulement par km<sup>2</sup>. A Juazeiro, le São Francisco a roulé 14.400 m<sup>3</sup> en 1949.

Les débits maxima de l'Amazone ont presque tous lieu en mai et juin sur le cours inférieur. D'après les modules, il nous semble extrêmement probable qu'ils peuvent dépasser 150.000 m<sup>3</sup> à Obidos, et 160.000 à Santarem, chiffres inconnus à beaucoup près, ailleurs dans le monde. Et peut-être les maxima exceptionnels frisent-ils 200.000 m<sup>3</sup>. Une grande crue a d'ailleurs lieu tous les ans sur le bas Amazone, régularité encore plus sensible que sur les rivières tropicales à petits bassins, et qui contraste avec le désordre relevé à ce point de vue sur l'Uruguay et ses tributaires.

Enfin, des crues très brutales et peut-être exorbitantes pour leurs débits spécifiques se localisent sur des surfaces restreintes : quelques dizaines à quelques milliers de km<sup>2</sup>. Le Professeur H. O. REILLY-STERNBERG en cite une de ce genre, survenue le 15 décembre 1948, et qui dévasta 1.500 km<sup>2</sup>, drainés par quelques petits affluents du Paraiiba do Sul. Mais rien ne nous révèle en quelles zones peuvent se produire ces phénomènes, ni quels chiffres pluviaux ou hydrométriques expriment leur violence. A tort ou à raison, nous inclinons à les croire moins formidables que les crues méditerranéennes d'Europe, par exemple, ou que les « flash floods » encore plus terribles des États-Unis.

### D) Faits de dynamique fluviale.

Pour bien caractériser les rivières brésiliennes, il faudrait pouvoir déborder des cadres fixés par

TABLEAU A. — DÉBITS MOYENS MENSUELS BRUTS, en m<sup>3</sup>/s (Q), et COEFFICIENTS DE DÉBIT (C) CORRESPONDANTS (1)

RIVIÈRE	STATION	Périodes d'observations	Surface réceptrice km <sup>2</sup>		Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy. Ann.	q <sup>(2)</sup>
Ibirapuita.....	Alegrete.....	1941-1949	5.850	Q C	48 0,549	<b>21</b> <b>0,24</b>	19,7 0,225	98,5 1,127	<b>173</b> <b>1,978</b>	101,5 1,161	107 1,223	101 1,155	91,3 1,043	<b>174</b> <b>1,990</b>	61 0,697	54 0,617	87,5	15
Paraiíba do Sul	Cacapava.....	1923-1942	8.490	Q C	222,8 1,488	<b>249,3</b> <b>1,664</b>	239 1,595	178,6 1,192	131,8 0,878	112 0,747	93,5 0,625	<b>84,8</b> <b>0,566</b>	94,8 0,633	108,7 0,725	113,5 0,755	168 1,122	150	17,7
— do —	Barra do Pirai..	1922-1942	16.350	Q C	507 1,53	<b>573</b> <b>1,73</b>	560 1,69	404 1,22	283 0,85	239 0,72	197 0,59	<b>161,5</b> <b>0,49</b>	187 0,56	212 0,64	256 0,78	396 1,20	331,3	20,3
— do —	Campos.....	1928-1933	56.322	Q C	1.554 1,63	<b>1.639</b> <b>1,715</b>	1.443 1,52	1.048 1,095	783 0,82	713 0,745	598 0,626	546 0,571	<b>519</b> <b>0,543</b>	587 0,615	770 0,805	1.275 1,305	956	17
Sao Francisco.	Porto Réal.....	1928-1942	4.836	Q C	181,4 1,90	<b>185,3</b> <b>1,94</b>	156 1,632	104,4 1,092	70,9 0,742	53,7 0,562	45,7 0,478	35,7 0,374	<b>33,7</b> <b>0,352</b>	38,2 0,398	76,2 0,795	165,8 1,734	95,6	19,8
— do —	Juazeiro.....	1929-1942	490.769	Q C	4.725 1,752	<b>4.784</b> <b>1,777</b>	4.702 1,75	3.675 1,365	2.498 0,926	1.692 0,628	1.438 0,534	1.248 0,463	<b>1.094</b> <b>0,406</b>	1.225 0,459	1.882 0,699	3.362 1,249	2.694	5,48
Rio Grande....	Bon Jardim.....	1939-1945	486	Q C	23,2 1,616	<b>25,3</b> <b>1,770</b>	22,5 1,563	15,9 1,111	11,4 0,797	9,6 0,672	8,5 0,594	<b>7</b> <b>0,489</b>	7,3 0,510	8,8 0,615	12,7 0,888	19,5 1,362	14,3	29,4
— do —	Porto Capetinga.	1939-1945	25.520	Q C	892 1,844	<b>918</b> <b>1,900</b>	780 1,614	512 1,060	363 0,752	303 0,627	262 0,542	214 0,443	<b>212</b> <b>0,439</b>	254 0,526	381 0,789	705 1,459	483	18,5
— do —	San José de Barra	1939-1945	52.110	Q C	1.620 1,788	<b>1.720</b> <b>1,899</b>	1.510 1,666	991 1,093	670 0,740	583 0,644	510 0,563	<b>412</b> <b>0,455</b>	417 0,460	501 0,553	725 0,800	1.216 1,341	906,2	17,4
Sapucaí.....	Porto Carrito....	1939-1945	24.062	Q C	648 1,637	<b>790</b> <b>1,996</b>	690 1,742	427 1,079	304 0,769	260 0,656	230 0,582	<b>184</b> <b>0,465</b>	193 0,488	223 0,564	325 0,822	477 1,204	396	16,4
Iguazu.....	Porto Uniao.....	1931-1933	23.680	Q C	386 0,735	392 0,745	340 0,645	689 1,32	873 1,66	<b>877</b> <b>1,665</b>	556 1,06	<b>232</b> <b>0,44</b>	601 1,14	585 1,11	314 0,595	472 0,90	526	22,2
Parana.....	Corrientes (3)... (Argentine).....	1901-1950	1.936.000	Q C	16.550 1,015	20.400 1,25	<b>20.800</b> <b>1,275</b>	19.050 1,17	16.900 1,038	17.000 1,043	15.550 0,955	12.500 0,766	<b>12.450</b> <b>0,764</b>	14.250 0,874	14.700 0,902	15.350 0,941	16.300	8,4
Jequitinhonha..	Itamarati.....	1935-1943	61.907	Q C	<b>1.247</b> <b>2,457</b>	930 1,832	882 1,738	421 0,83	211 0,416	162,5 0,321	136 0,258	118 0,233	<b>113</b> <b>0,223</b>	157 0,309	652,5 1,286	1.064 2,097	507,5	8,2
Doce.....	Colatina.....	1938-1944 — 1942	77.407	Q C	<b>1.857</b> <b>1,906</b>	1.402 1,44	1.436 1,475	1.060 1,089	771 0,792	652 0,669	584 0,60	515 0,528	<b>464,5</b> <b>0,477</b>	569 0,584	843 0,865	1.538 1,580	974	12,6
Rio Mucuri....	Mairinque.....	1938-1943	13.820	Q C	188,6 2,22	98,5 1,16	111,3 1,32	82,9 0,975	50,2 0,59	49,5 0,582	39 0,458	34 0,400	<b>30,8</b> <b>0,362</b>	44,5 0,524	82,2 0,967	<b>207,4</b> <b>2,44</b>	85	6,14
Rio de Contas..	Itapira.....	1936-1943	52.227	Q C	67 0,792	97,5 1,152	<b>131,5</b> <b>1,554</b>	104,4 1,233	104,8 1,238	78,9 0,932	60,2 0,71	57,9 0,684	<b>41,6</b> <b>0,492</b>	46,6 0,550	97,2 1,148	<b>128,2</b> <b>1,514</b>	84,7	1,62
Cachoeira.....	Itabuna.....	1936-1943	4.078	Q C	26,2 0,983	29,7 1,117	47,3 1,782	<b>50,9</b> <b>1,920</b>	34,2 1,285	25,7 0,968	11,2 0,417	8,5 0,319	<b>7,6</b> <b>0,287</b>	8,75 0,330	<b>48,5</b> <b>1,828</b>	20,4 0,767	26,55	6,52
Rio Pardo.....	Mascote.....	1937-1943	27.915	Q C	64,3 1,000	75,9 1,182	<b>100,6</b> <b>1,567</b>	94,8 1,477	60,4 0,942	50,4 0,785	39,6 0,617	35,2 0,548	<b>30,8</b> <b>0,480</b>	34,2 0,532	66,5 1,036	<b>117,3</b> <b>1,829</b>	64,2	2,3
Jequirica.....	Pimenteira Lage.	1932-1943	5.000	Q C	8,54 0,706	8,87 0,733	<b>14,82</b> <b>1,225</b>	10,69 0,884	11,36 0,939	12,2 1,02	<b>18,25</b> <b>1,52</b>	14,13 1,169	11,36 0,938	<b>10,5</b> <b>0,868</b>	11,6 0,958	12,8 1,058	12,1	2,42
Itapicuru.....	Cajueiro.....	1935-1943	35.123	Q C	7,9 0,46	14,68 0,856	<b>50,2</b> <b>2,93</b>	20,4 1,19	26,2 1,528	18,3 1,068	16,8 0,98	16,54 0,965	12,23 0,714	<b>6,18</b> <b>0,360</b>	6,8 0,397	9,46 0,552	17,14	0,488

(1) Le coefficient de débit est le rapport du débit considéré au module, ou débit moyen annuel.

(2) q : débits moyens annuels, en l/s/km<sup>2</sup>.

(3) Les débits du Parana à Corrientes sont peut-être exagérés de 2 à 3 centièmes, au moins pour le module global.

l'Hydrologie pure (ou simple étude des régimes) et signaler puis expliquer force phénomènes qui ressortent essentiellement de la *Dynamique fluviale* : vitesses, puissances tractrices et érosives des courants, profils en long et en travers, transports solides.

Sur ces derniers nous savons très peu de chose. Cependant il paraît probable que le Parana brésilien charrie relativement très peu de boues : probablement moins de 100, et plutôt de 50 tonnes par km<sup>2</sup> et par an (500 à 1.000 pour maintes rivières des grandes Alpes, 2.500 pour le Fleuve Jaune). La cause serait la rareté des roches très délitables en éléments fins, et encore plus la richesse de la couverture végétale, surtout forestière. Mais ce même facteur devrait réduire à des valeurs modérées ou petites la turbidité de l'Amazonie qui draine la plus grande sylve équatoriale du monde, dans un bassin extrêmement plat sur la moitié de son étendue, et peu accidenté sur les quatre cinquièmes du reste. Or, le fleuve géant charrierait en moyenne au moins 750 grammes par m<sup>3</sup>, et peut-être 1.000, soit 2 ou 2,5 milliards de tonnes, ou encore 400 à 500 tonnes ou plus par km<sup>2</sup> et par an; chiffres tout à fait inattendus et relativement énormes (moins de 50 tonnes par km<sup>2</sup> et par an pour le Congo!). Si ces valeurs ne sont point fausses, nous estimons qu'on peut les attribuer à l'érosion venue de la partie

andine extrême-orientale du bassin, ou à la zone semi-steppique, donc mal protégée par la végétation de la haute Madeira au sud-ouest, ou aux érosions latérales exercées dans les méandres remarquables du Purus, du Jurua et d'autres rivières, ou à tous ces facteurs combinés.

Et il faudrait un copieux chapitre pour décrire une autre caractéristique de l'Hydrographie fluviale brésilienne, à savoir le grand nombre des ruptures de pente, rapides ou cataractes, phénomènes qui évoquent les traits analogues des profils en long africains pour les mêmes latitudes. On citera seulement ici la cataracte grandiose de Paulo Afonso sur le bas São Francisco, celle du bas Iguazu (80 m pour l'une et l'autre), puis le Parana, celle de Guayra (40 m), particulièrement intéressante en raison des débits puissants que l'on a signalés, et qui parfois nivèleraient presque la chute. Ces accidents des profils sont on ne peut plus favorables aux aménagements hydro-électriques, mais néfastes comme bien l'on pense à la navigation intérieure. Celle-ci peut cependant triompher, avec de beaux tirants d'eau, sur des milliers de kilomètres dans le réseau amazonien.

Et nous en venons à l'objet principal de cette étude, *les variations saisonnières*.

## II. — VARIATIONS SAISONNIÈRES

Pour examiner et caractériser avec précision cet élément des régimes, les débits moyens mensuels applicables à de longues périodes sont le critère fondamental. Mais cela ne suffit point. Il nous faudrait encore les courbes des débits classés de diverses fréquences, partielles ou cumulées, pour chaque mois de chaque année et pour les périodes entières. Car des moyennes identiques, pour des mois différents, peuvent intégrer des variabilités très inégales, et notamment des possibilités très dissemblables d'écart entre les extrêmes. En général, les Services officiels, pour la plupart des pays, n'établissent point ces fréquences dans les cadres mensuels, ou ils ne publient point les résultats de tels calculs lorsque, par hasard, ils les ont effectués.

Cependant, notre examen aboutirait déjà à des conclusions d'une haute importance si, à défaut des données susdites sur les fréquences, nous possédions des débits moyens mensuels de périodes assez longues pour toutes les principales artères du réseau brésilien. Mais nous ne sommes bien ou moyennement pourvus à cet égard que pour quelques bassins méridionaux et sud-orientaux. Malgré cette insuffisance, qui ne doit en rien faire oublier le très sérieux effort des Services hydrométriques brésiliens et les très beaux

résultats déjà obtenus par eux, nous pourrions mettre en évidence certains faits essentiels, et pour d'autres, soulever, utilement peut-être, des problèmes et poser des jalons.

### A) Régime tropical austral

#### 1. GÉNÉRALITÉS.

Nous commencerons par examiner les types les plus simples, les plus répandus de beaucoup, et marqués par une seule époque de hautes eaux en saison la plus chaude, une seule phase de basses eaux durant les mois plus frais, une seule bosse, un seul creux dans les graphiques des moyennes mensuelles. Ces types appartiennent pour la plupart au régime tropical austral qui correspond à une distribution pluviale dont quelques exemples (1914-38) sont donnés dans le tableau I.

Par le fait qu'ils s'appliquent à trop peu de postes, ces jeux de chiffres donnent d'ailleurs une idée incomplète (et nous reviendrons là-dessus plus loin) des nuances que comporte ce climat aussi bien pour la durée de la saison très pluvieuse, et pour la date du maximum des précipitations que pour la date du minimum et pour la gravité de ce dernier. Sans trop de simplisme,



TABLEAU I

	Sena Madureira (Haut Parana)	Missao Cururu (Tapajoz moyen)	Porto Nacional (Tocantins moyen)	São Francisco (Haut São Francisco)	Araguari (Haut Paranaíba)	Agudos (Parana)	Altamira (Xingu inférieur)	Cuyaba (Rio Cuyaba)	Corumba (Paraguay)	Bela Vista (Rio Apa)
Janvier.....	315,8	400	294,2	209,1	295,4	187,4	252,2	210	183,3	160,4
Février.....	301,3	437,9	297,3	168,2	261,1	148,8	272	183	134,6	125,1
Mars.....	257,6	418,5	386,1	151,8	227,8	99,2	303,4	223,6	115,4	112,9
Avril.....	225,1	311,4	154,5	68,8	101,7	45,4	256,9	104,6	83,1	118
Mai.....	111,6	97,7	41,2	20	16,7	44,2	158	43,1	65,5	121
Juin.....	62,9	38,7	0,4	5,7	10,7	53,4	97,6	13,7	35,2	72,3
Juillet.....	32,1	40	3,2	2,3	10,1	22,5	47	9,1	19,9	38,2
Août.....	42,2	46,7	10	5,8	10,4	34,1	27,3	22	20,5	44,1
Septembre...	101,3	127,8	35,3	16,5	43,8	66,7	40,9	45,6	57,6	73,4
Octobre.....	195,1	199,3	144,3	94,2	166,9	76,9	52,4	128,8	97	125,7
Novembre...	197,7	322,5	242	212	243,6	86,8	58,6	155,2	124,2	148,5
Décembre...	294,1	329,2	287,4	253,4	392,5	189,4	121,6	211,5	176,6	169,9
Année...	2.136,8	2.769,8	1.795,9	1.207,8	1.785,7	1.054,8	1.687,8	1.350,2	1.114,9	1.309,5

on peut dire ceci : la sécheresse est d'autant plus complète en hiver et la saison des pluies d'autant plus courte (4 mois, contre 7 plus au nord dans la majorité des lieux) qu'on s'éloigne plus de l'Equateur. A des latitudes assez basses, l'hiver bénéficie d'arrosages encore modestes, mais plus tout à fait insignifiants (quelques dizaines de mm, au lieu de quelques mm par mois). Quant au maximum, il tend à se fixer un peu avant le début de l'été, donc en décembre au sud-est dans les zones du São Francisco, du Paranaíba do Sul, du Parana, et à devenir plus tardif (jusqu'en mars), vers le nord.

Ces régimes triomphent, non point comme on le verra, sur les régions côtières entre Natal et l'embouchure du Doce, laquelle se trouve vers le 20° degré de latitude, mais sur des millions de km<sup>2</sup> à l'intérieur du pays, au sud de l'Amazonie moyen et inférieur, et sur les domaines du Paraguay et du Parana supérieurs. Ils parviennent même jusqu'à la cote sud orientale, sur une large façade, entre Rio de Janeiro et Florianopolis, à peu près.

## 2. PARAIÏBA DO SUL.

Et c'est dans ce dernier secteur que le Paranaíba do Sul, une des mieux étudiées parmi les rivières brésiliennes, montre ses caractéristiques à la

fois typiques et point particulières au fleuve en question.

Sur le cours supérieur à Caçapava, les moyennes globales de débits sont assez peu différencées de janvier à mars, avec des coefficients mensuels (rapport des débits en question aux modules annuels), de 1,488, 1,664, 1,595. La moyenne maximum se situe en février, ce qui correspond à août boréal. On aura remarqué aussitôt qu'un coefficient mensuel de 1,664 indique un maximum bien peu saillant. Songeons que pour d'autres régimes pluviaux tropicaux, le coefficient le plus élevé peut atteindre beaucoup plus, même en dehors de zones où l'abondance pluviale ne dure pas deux ou trois mois et où le sol emmagasine peu de réserves. Sur ces rivières on trouve 4,20 en septembre (sur le Sénégal à Bakel). On note encore 3,5 en septembre pour le Niger à Koulikoro, 2,36 sur la Sanaga subéquatoriale à Edea, 4,5 pour la Bénoué à Garoua, 2,2 pour le puissant Oubangui à Bangui, 3,5 pour le Nil Bleu à Khartoum, 2,87 pour le Fleuve Rouge, etc.

Un fait important, et qu'on retrouvera dans les bassins limitrophes de l'intérieur, est à signaler : c'est la discordance entre les moyennes mensuelles maxima pour les pluies et pour les débits. Les précipitations doivent être les plus denses en décembre, mais l'écoulement atteint



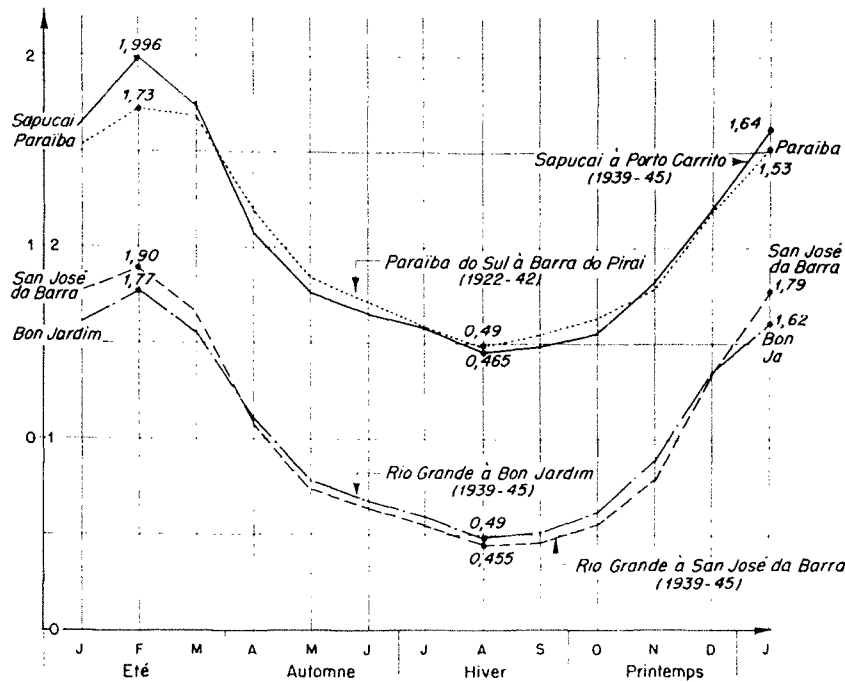


FIG. 3. — Régime pluvial tropical austral. Coefficients mensuels de débits.

son apogée deux mois plus tard. C'est qu'en décembre, et malgré l'abondance déjà respectable des chutes d'eau de novembre, les sols, desséchés pendant plusieurs mois auparavant, n'ont pas eu le temps de se saturer, et qu'ils absorbent encore beaucoup d'eau atmosphérique. En janvier, et encore plus en février, sous des précipitations encore très généreuses, l'imprégnation permet un ruissellement bien plus intense et aussi des résurgences abondantes; ce qui revient à dire que le coefficient d'écoulement augmente sensiblement de décembre à février, et peut-être à mars.

D'autre part (et c'est ce qui explique la modeste valeur des coefficients de janvier à mars), la moyenne mensuelle maxima change nettement de mois, *suivant les années*. En vingt ans, à Caçapava, on la note deux fois en décembre, six fois en janvier, sept en février, et cinq en mars. En aucun de ces mois on ne peut escompter avec certitude que le débit moyen sera très fort. Je constate 309,7 en janvier 1926, mais 110,3 seulement, ce qui signifiait de vraies basses eaux en janvier 1936, 415,8 en février 1931, mais 117,5 en février 1936, 402,8 en mars 1923, et 145,1 en mars 1925. En certaines années, il ne vient pour ainsi dire point de véritables hautes eaux estivales moyennes. Si après la pénurie persistante de janvier-février 1936 on a eu 327,4 en mars, l'été de 1941 n'a point connu de moyennes supérieures à 154,1 en janvier, ni à 156,1 en mars. Bref, point de très hautes eaux régulières, ne manquant pour ainsi dire jamais en un mois donné, et assurant à celui-ci un gros coeffi-

cient comme ceux que nous avons énumérés pour les rivières d'autres régions tropicales.

Mêmes caractéristiques estivales à peu près, sur le cours moyen à Barra do Pirai en vingt et un ans. Le coefficient mensuel maximum, toujours en février, ne dépasse point 1,73; décembre possède la moyenne maxima trois fois, janvier cinq fois, février sept, et mars six. Les moyennes extrêmes sont 735 et 228 m<sup>3</sup> pour janvier, 1.029 et 262 pour février, avec cinq valeurs moindres que 400 m<sup>3</sup>, puis 949 et 306 m<sup>3</sup> en mars. L'été 1941 encore attendit en vain de grosses eaux. Mais ces caprices peuvent être qualifiés de régularité fort louable, en comparaison des vicissitudes ultra-fantasques que nous verrons, au nord-est dans la région côtière vers Bahia et Recife, ou bien au sud-ouest, dans le réseau de l'Uruguay ou au voisinage de celui-ci.

En contraste avec la médiocrité relative des moyennes mensuelles maxima, et avec cette variabilité en date et en débit des hautes eaux d'une année à l'autre, la saison des basses eaux offre moins d'imprévu. Elle ne comporte pour ainsi dire jamais de crues. Quant à la date des moyennes mensuelles minima, elle est à Barra do Pirai : huit fois août, sept fois septembre, quatre fois octobre, une fois novembre. Soit en somme un étiage très net dans la deuxième moitié de l'hiver, avec prolongation assez fréquente, quand les pluies tardent, au début du printemps. Sur le cours supérieur à Caçapava, la tendance à la continuation des basses eaux jusqu'à la veille de l'été (décembre 1935, par exemple) est peut-être plus sensible. Mais seule une étude plus ap-

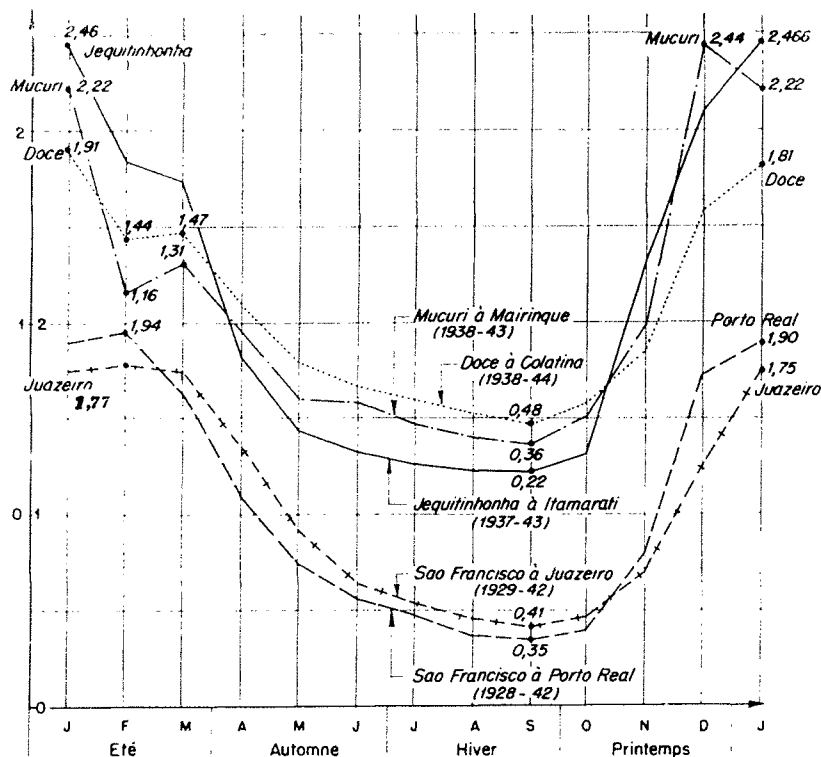


FIG. 4. — Régime tropical pur (São Francisco) ou plus ou moins altéré (Doce, Jequitinhonha, Mucuri).

profondie permettrait une conclusion formelle à cet égard.

Dans les pays de régime tropical plus accentué, avec saison pluvieuse plus courte, la moyenne minima au lieu de prendre place dans la deuxième partie de l'hiver, comme ici, a lieu plutôt lors du premier ou même du second mois du printemps, à cause du retard normal des grandes pluies, et du fait que le dessèchement antérieur et les températures des mois en question sont plus sévères que dans la région brésilienne ici considérée. D'où plus grosse capacité d'évapotranspiration, aux dépens des premières chutes d'eau bien nourries.

Par exemple, la moyenne mensuelle minima se manifeste en mai (ce qui serait novembre dans l'hémisphère austral) sur le Sénégal à Bakel, en avril sur le Niger à Koulikoro et sur la Bénoué à Garoua, sur la Son, affluent méridional du Gange, et sur le Nil Bleu à Khartoum ou sur son affluent le Sobat.

Cependant la principale caractéristique des basses eaux moyennes dans le bassin du Paraíba n'est pas sa date. C'est l'abondance que conservent les débits moyens mensuels minima; le coefficient mensuel d'août est 0,566 du module à Caçapava, 0,49 à Barra do Pirai. Citons par comparaison : 0,035 sur la Son, 0,10 sur le Nil Bleu, 0,27 sur le Fleuve Rouge à l'origine du delta, 0,043 sur le Niger à Koulikoro, bien moins sur le Sénégal.

Si l'on songe à l'infinité des pluies et aux valeurs relativement élevées de la température pendant les quatre à cinq mois hivernaux dans le Brésil tropical, on est surpris d'une aussi bonne tenue fluviale lors de la saison des maigres. Certes, la longue durée et l'abondance des pluies de saison chaude restreignent le temps où les rivières doivent vivre sur leurs réserves souterraines, et permettent un bon remplissage hydrique du sous-sol. Mais diverses comparaisons montrent que cette explication ne suffit point. On est contraint, comme pour les étiages extrêmes, d'invoquer le pouvoir constitutionnel remarquable de rétention possédé par le sol. Nous retrouverons ce phénomène et son explication, sur de vastes zones voisines.

### 3. RIO SÃO FRANCISCO.

L'allure du régime saisonnier est assez semblable sur le São Francisco, aussi bien à Porto Real, non très loin de la source qu'à Juazeiro où la surface réceptrice atteint 490.769 km<sup>2</sup>. Cependant, à Porto Real, il y a moins de moyennes maxima en mars (1 sur 15) et plus en décembre (4). Le coefficient de janvier égale presque celui de février et décembre l'emporte sur mars. En somme, le centre de gravité, si l'on peut dire ainsi, des hautes eaux est avancé d'à peu près un mois, pour des causes d'ordre pluvial ou géologique. A Juazeiro, les faits relatifs à cette épo-

que de l'année sont contradictoires. On ne trouve qu'une seule fois sur quatorze une moyenne mensuelle maxima en décembre, mais deux autres chiffres de ce mois sont très élevés. Puis une moyenne maxima, la seconde des quatorze ans, apparaît en avril contre pas une seule durant ce mois à Porto Real. La variabilité en un même mois, d'un été à l'autre, est encore énorme. Par exemple je citerai pour mars 7.750 m<sup>3</sup> en 1929, 2.401 en 1934. Cette irrégularité empêche les coefficients de débits d'atteindre 2 en moyenne globale pour toute la période. Finalement, c'est encore février qui s'adjuge les plus hautes eaux moyennes, mais avec un très faible avantage sur janvier aux deux stations.

Cependant, sur le cours supérieur, mars se tient loin au-dessous de février (1,63 contre 1,94). A Juazeiro, mars égale presque février avec 1,75, contre 1,777 et 1,752 en janvier. Le fait doit avoir pour cause une accentuation de la pluviosité de mars sur le cours moyen; puis la longueur du cours et le fait que de gros débits passés durant la deuxième quinzaine de février dans le haut bassin ne surviennent que plus tard sur le cours inférieur.

Le centre de gravité des basses eaux est plus tardif que sur le Paraíba. A Porto Réal, 9 moyennes minima sur 15 appartiennent à septembre, et 3 à octobre, 2 seulement à août. A Juazeiro, 10 chiffres de ce genre sont de septembre, 4 d'octobre, ce qui est le début du printemps. Mais, fait contradictoire et qui mériterait d'ailleurs d'être prouvé avec certitude par des analyses rigoureuses, il semble que la prolongation de réelles basses eaux jusqu'à novembre soit plus rare que sur le Paraíba.

D'autre part, les coefficients de débits des mois à médiocre abondance, quoique plus faibles que sur le Paraíba, demeurent honorables, à Porto Réal (0,352 en septembre) et encore plus à Juazeiro (0,406) malgré la médiocrité générale de l'alimentation, fait qui tend à affecter le plus les saisons de basses eaux.

Car sous de mêmes répartitions pluviales, en pourcentages mensuels, les coefficients d'écoulement de la rivière la moins bien alimentée tendent à être plus inférieurs à ceux d'autres cours d'eau pour les mois de faibles précipitations que pour ceux d'alimentation généreuse.

Donc là encore les facteurs auxquels nous avons fait allusion plus haut et surtout, semble-t-il, l'influence géologique, c'est-à-dire le pouvoir de rétention du sol, contribuent à rendre point trop contrasté, tout au moins pour les moyennes mensuelles, le régime pluvial tropical qui, ailleurs, peut être à tous points de vue excessif.

#### 4. BASSINS DU RIO GRANDE ET DU HAUT PARANA EN GÉNÉRAL.

Nous retrouvons le même genre de modération,

dans le domaine du Rio Grande, qui, nous le rappelons, forme le Parana par sa jonction avec le Paranaíba. Aux stations hydrométriques de ce bassin partiel, les coefficients mensuels globaux les plus faibles que nous ayons calculés ne tombent point au-dessous de 0,49 (août) à Bon Jardim (486 km<sup>2</sup>), de 0,40 (septembre) à Porto Capetinga (25.520 km<sup>2</sup>), de 0,455 (août) à San José da Barra (52.110 km<sup>2</sup>); ni de 0,465 (août) à Porto Carrito sur l'affluent le Sapucaí. A ces quatre postes les coefficients les plus forts apparaissent en février, malgré la prépondérance des moyennes pluviales de décembre ou au plus tard de janvier, et ils n'atteignent encore nulle part 2 (1,996 sur le Sapucaí, 1,77 à Bon Jardim). Janvier vient au second rang partout, sauf sur le Sapucaí où mars prend sur lui l'avantage. Tous ces chiffres pour le bassin du Rio Grande s'appliquent par malheur à sept années seulement (1939-45). Les observations d'une bien plus longue période changeraient peut-être les classements respectifs de janvier et de mars, puis d'août et de septembre. Mais presque certainement elles laisseraient l'avantage à février, avec des coefficients globaux partout inférieurs à 2, sauf exceptions insignifiantes. Et elles maintiendraient sans doute, pour le mois le plus maigre, des coefficients supérieurs à 0,40, et plus généralement à 0,45.

D'après les pluies mensuelles et divers indices hydrométriques (débits et surtout hauteurs d'eau du Parana supérieur brésilien, puis du Parana moyen), nous avons lieu de penser que dans l'ensemble du réseau du Parana, en amont de l'Iguazu, ou tout au moins de l'Ivaí, donc dans les domaines du Paranaíba au nord-est, puis, sur le Tiète, le Parapanema et leurs branches au sud-est, le régime est presque identique, c'est-à-dire pluvial tropical avec maximum d'été, minimum d'hiver et rapport inférieur à 5 ou 4,5 entre les moyennes mensuelles globales extrêmes. Les plus basses eaux ordinaires apparaissent en tout cas en août d'après les moyennes des hauteurs à Puerto Coronel Quito (618 km à l'amont de Guayra), et juste à l'aval du confluent du Rio Grande et du Paranaíba, puis à Guayra même. En ce dernier point, le maximum se fixe sur février avec un faible avantage sur mars, favorisé sans doute par le retard de l'écoulement et aussi par l'accroissement probable des débits en mars (comme en avril), au sud-est sur l'Ivaí et les rivières voisines (zone de transition avec celles de l'Iguazu et de l'Uruguay où le régime n'est plus du tout pluvial tropical). A Puerto Coronel Quito, le maximum prendrait place en janvier, donc au premier mois de l'été, avec une mince supériorité sur février et sur mars.

Enfin, sur le Paraguay supérieur à Caceres et sur son affluent le Cuyaba, d'après le livre de M. SOLDANO, les hauteurs moyennes indiquent un

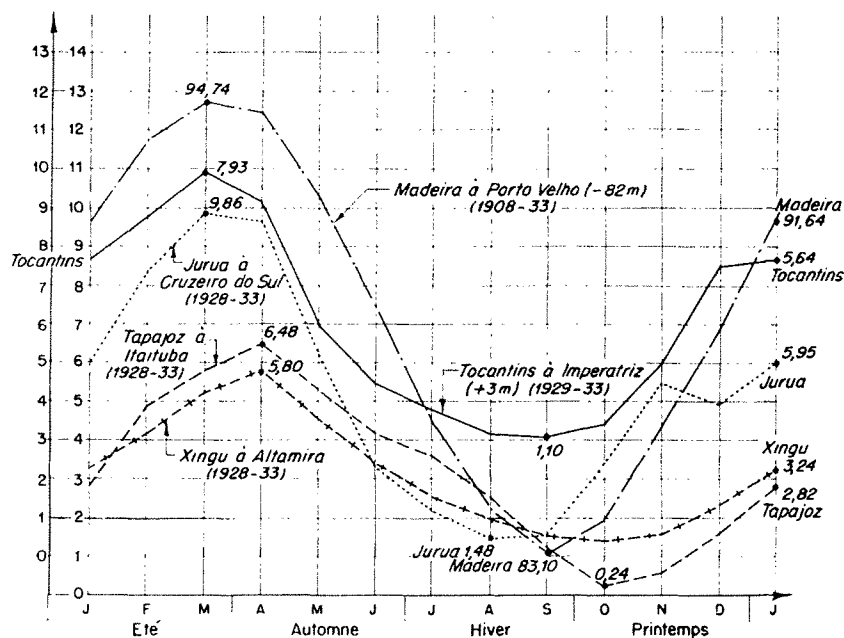


FIG. 5. — Affluents de l'Amazonie et Tocantins. Régime tropical austral (hauteurs moyennes mensuelles).

régime semblable et typique sur lequel nous reviendrons.

##### 5. BASSIN DE L'AMAZONE.

Comme nous l'avons déploré, c'est pour le réseau amazonien que nous possédons le moins de données hydrométriques, puisque celles-ci se limitent à des hauteurs aux échelles en un très petit nombre de points.

###### a) Régime tropical austral typique ou peu retardé.

Mais ces documents suffisent à nous montrer bien des choses captivantes.

Tout d'abord, certaines rivières manifestent un régime tropical austral presque pur, avec moyenne mensuelle maxima fixée en mars. Il en est ainsi pour le Jurua supérieur à Cruzeiro do Sul, et pour le Tocantins, fleuve à part, faut-il dire, à Imperatriz, puis pour la Madeira moyenne à Porto Velho, et sans doute aussi à Humaita un peu plus en aval, d'après le nombre des maxima mensuels absolus (9 en mars, 8 en avril). Le Tapajoz moyen à Cururu aurait même un régime tropical austral encore plus net, grâce à un maximum de février équivalent à août; car je relève en ce lieu, en dix ans, 5 plus hautes cotes annuelles en ce mois, 2,5 en mars.

Dans ces régimes, comme de juste, le minimum moyen appartient à l'hiver, surtout à la fin de cette saison. Il doit survenir en septembre sur le Tapajoz moyen et sur la Madeira, dès août sur le Jurua à Cruzeiro do Sul.

###### b) Régime tropical à maximum nettement retardé.

Plus répandu dans l'Amazonie, sur les cours inférieurs des grandes rivières tout au moins, est le type tropical retardé avec maximum d'avril équivalant à notre mois d'octobre. C'est le cas d'après les moyennes mensuelles les plus fréquents, pour le moyen Purus à Labrea (10,5 maxima en avril, 4 en mars, 1,5 en mai), puis pour le Tapajoz inférieur à Itaituba (moyenne de 6,48 m en avril contre 5,82 en mars), pour le Xingu inférieur à Altamira (12 maxima en avril, 4 en mars, 1 en février, 1 en mai), et pour l'Araguaia supérieur (tributaire du Tocantins) à Goiaz (6,5 maxima en avril, 2,5 en mars).

Les minima annuels dans ce groupe se manifestent encore en septembre et octobre, ainsi qu'on pouvait le conjecturer d'après l'étude précédente sommaire que nous avons consacrée aux étiages.

Le retard approximatif d'un mois pour les maxima comme pour les minima (avec moins de netteté pour ceux-ci), dans le sous-groupe ici considéré, par rapport au précédent, doit tenir d'abord au fait que, sauf pour l'Araguaia, il s'agit de stations situées plus sur les cours inférieurs que dans les exemples précédents. Le décalage a au moins partiellement pour cause la grande durée de la translation des ondes, chose due à la faiblesse des pentes et à la longueur des cours, et aux tracés du réseau, donc aux caractéristiques du relief, plus qu'à des facteurs climatiques.

Pour la même raison, le maximum de la Volga tarde jusqu'au début de juin à Stalingrad, alors qu'il prend place en mai à Kouybiechef et à Gorkii; en avril vers les sources du fleuve et sur l'Oka.

Cependant, le maximum moyen d'avril, et donc, nous le répétons, du début de l'automne, peut ne pas avoir une origine uniquement morphologique, et s'expliquer aussi par des causes pluviales. Dans la région considérée, et, semble-t-il, d'autant plus qu'on descend plus vers le nord (mais les preuves sûres nous manquent faute de postes dans presque toute cette région), les précipitations d'avril, sans égaler celles de mars, sont encore très puissantes et elles bénéficient d'un sol saturé par les surabondantes chutes d'eau des trois mois précédents. Aussi leur écoulement ne doit-il subir qu'un déficit assez médiocre, peut-être le plus faible de n'importe quel mois dans des parties étendues de l'Amazonie. Et le ruissellement considérable qui s'ensuit ajoute ses effets à ceux de la lenteur sur des distances démesurées pour reporter en avril des maxima qui, dans les cours supérieurs les plus nombreux, auraient lieu plutôt en mars. De la même manière doivent partiellement s'expliquer en Afrique le maximum d'octobre suivi par novembre sur l'Oubangui à Bangui, et celui de novembre dépassant de très peu octobre sur la Sanga à Ouesso.

**B) Régime tropical boréal altéré**

En raisonnant trop vite d'après leur seule situation par rapport au cours amazonien, on pourrait croire que les principaux affluents septentrionaux : Putumayo, Yapura, Rio Negro et Trombetas manifestent un contraste éclatant avec les rivières dont nous venons de montrer les régimes saisonniers du type tropical austral. Les tributaires de gauche offriraient donc des régimes tropicaux boréaux, avec maxima francs durant un des mois de notre été, c'est-à-dire en juillet, août ou septembre. La réalité diffère sensiblement de cette vue théorique, pour la raison essentielle que la partie de l'Amazonie située dans l'hémisphère boréal ne dépasse guère en latitude le 4° degré qui n'est même pas la limite de la zone équatoriale. Et le Yapura pour presque tout son domaine, le Rio Negro inférieur, et

*Répartition pluviale de type tropical boréal*

Boa Vista (Rio Branco)			
Janvier . . .	28,7	Juillet . . . . .	323,4
Février . . .	33,1	Août . . . . .	173,8
Mars . . . . .	36,2	Septembre . . .	78,4
Avril . . . . .	84,2	Octobre . . . . .	64,7
Mai . . . . .	283,6	Novembre . . .	48,4
Juin . . . . .	329,2	Décembre . . .	39,4

le Putumayo encore plus, ne drainent que des zones comprises entre l'Equateur et le 3° ou le 4° degré sud. En ce territoire, d'ailleurs, le maximum de la pluie doit se situer, d'après deux ou trois stations, en mai plutôt qu'en juin. Cependant au poste le plus septentrional de l'Amazonie brésilienne, Boa Vista sur le Rio Branco, affluent du Rio Negro, les plus grosses précipitations se présentent en juin et celles de juillet sont presque aussi fortes; un minimum très marqué se dessine de novembre à mars : traits conformes, dans une assez large mesure, aux règles du régime tropical nord. Mais les pluies d'août sont déjà modérées, puis celles de septembre faibles, compte tenu de la chaleur. Bref, même dans cette région qui n'est qu'une étroite lisière, on ne peut s'attendre à trouver des maxima fluviaux en août ou en septembre, comme dans l'Inde, en Indochine, au nord de l'A.O.F., en Ethiopie. Et le maximum moyen de juillet pour les cotes, vers l'origine du Rio Negro inférieur à Barcelos, doit être dû en partie au retard de la translation sur le long cours. Il ne l'emporte que de 4 cm sur le chiffre de juin. D'autre part, les basses eaux ont lieu en automne (novembre et décembre), bien plutôt qu'en hiver, quoique en cette dernière saison les débits soient encore relativement médiocres. Bref, sur le Rio Negro moyen et inférieur, et sans doute encore plus sur le cours supérieur de cette rivière et dans les parties septentrionales du Rio Branco et du Trombetas, faute de zones réceptrices à latitude élevée, on trouve bien le régime tropical boréal, avec maximum de saison chaude, minimum de saison froide, si l'on peut dire ainsi, mais non sans déformations ni décalages. Et il paraît assez logique de soupçonner que le régime s'abâtardit encore plus au point de devenir presque méconnaissable et de ne plus mériter l'étiquette de tropical boréal, plus au sud, sur le Yapura, le Putumayo et peut-être déjà sur l'Uaupés ou Rio Negro supérieur. Pour certains de ces cours d'eau nous supposons même, on va le voir, qu'une hydrologie complexe est possible.

**C) Régimes subéquatoriaux ou équatoriaux**

*a) RIVIÈRES AMAZONIENNES.*

En Afrique, maintes rivières congolaises, surtout dans l'hémisphère sud, ont un régime que l'on peut appeler tropical subéquatorial, à deux maxima, l'un à la fin du printemps, l'autre au début de l'automne, parce qu'il y a pour les pluies deux saisons de surabondance plus ou moins séparées par deux saisons sèches.

La distinction se fait encore mieux sous l'équateur, et certains petits affluents du Congo ou de ses grands tributaires doivent avoir un régime équatorial conforme à la théorie, avec deux apogées pour les moyennes mensuelles.

TABLEAU II  
PLUIES ÉQUATORIALES OU SUBÉQUATORIALES DE L'AMAZONIE BRÉSILIENNE  
AVEC DEUX OU TROIS MAXIMA MENSUELS (1914-38)

	Carauari (Jurua)	Coari (Solimoes)	Fonte Boa (Solimoes)	Taracua (Haut Rio Negro)	Remate de Males Esperança (Solimoes)	Tefé (Solimoes)	Uaupés (Rio Negro)
Janvier.....	293,6	271,4	297,5	335,5	309,9	178,2	298,7
Février.....	261,4	260,5	257,1	272	281,3	257,2	241,8
Mars.....	326,6	299	292,3	301,9	374,9	249,6	281
Avril.....	317,3	312,2	258,7	396,1	304,1	249,4	283,7
Mai.....	211	230,9	320,5	423,7	264,2	255,6	343,6
Juin.....	101,4	130,7	232,4	322	158,8	168,7	238,3
Juillet.....	62,7	64,3	186,4	317,9	123,6	98,1	229,1
Août.....	84,8	68,3	154,5	246	134,7	87	181,8
Septembre.....	167,6	94,7	148,1	214,1	186,6	109	169
Octobre.....	225,1	156,3	169,7	198,1	236,1	149,7	164,7
Novembre.....	206,7	159,5	220,3	232,8	234	195	190,5
Décembre.....	276	232,7	203,9	270,9	317,7	201,1	270,4
Année.....	2.534,8	2.280,5	2.741,4	3.531	2.925,9	2.198,6	2.892,6

C'est le cas dans les territoires français pour deux affluents du Congo inférieur, la Djoué et la Foulakary, puis par exemple encore, en dehors du bassin congolais pour la Lobé, le Nyong, la Bia.

Existe-t-il des régimes semblables en Amazonie brésilienne? Ici nous devons raisonner d'après le seul indice des pluies, insuffisamment connues. Cependant, plusieurs stations occidentales nous montrent sans équivoque deux ou trois maxima mensuels (tableau II). Mais cela ne semble point être la pluviosité équatoriale classique, si nette en des secteurs congolais étendus, à ce qu'il semble, avec deux pointes postéquinoxiales séparées par cinq ou six mois, et une relative sécheresse lors de l'un de ces intervalles.

Dans l'ouest de l'Amazonie brésilienne, l'espacement est certes de quatre mois à Uaupés et à Fonte Boa (janvier et mai), puis plus souvent de deux ou trois mois, à Tefé (Solimoes), à Porto Do Moz, ici par exception vers le bas Xingu, donc très loin de l'Ouest amazonien, et de un mois dans cette dernière zone surtout considérée ici, à savoir à Carauari (Jurua), à Humaita (Madeira moyenne), à Manaus (confluent de l'Amazone et du Rio Negro), à Remate de Males Esperança, à

São Paulo de Olivença (Solimoes vers les frontières colombiennes ou péruviennes). D'ailleurs à plusieurs postes on note trois apophyses.

Somme toute il paraît s'agir dans cette zone, en ce qui concerne les pluies, d'un simple dédoublement, voire même d'un timide détriplement du maximum d'été austral, avec précipitations encore énormes entre les paroxysmes estivaux très rapprochés. Et nous ne jugeons pas impossible que le premier surcroît d'arrosage, bien plus fortement entamé que le second par l'infiltration, n'engendre point un premier maximum distinct sur les *rivières locales*.

Le dédoublement des maxima hydrométriques nous paraît, non pas certain (les informations précises et directes nous manquent là-dessus), mais plus possible, sinon probable, d'après le peu qu'on sait sur les pluies et les niveaux hydrométriques, dans la partie du réseau situé entre les confins occidentaux du Brésil, inclusivement, et les Andes. Le fait caractériserait alors les domaines du haut Rio Negro ou Uaupés, du Yapura, du Putumayo, puis plus au sud, le Maranon et l'Ucayali (sans compter des complications ou fausses complications! possibles, causées par des fontes de neiges andines, en ces derniers

secteurs). Bref, nous ne jugeons pas invraisemblable qu'une hydrologie nettement équatoriale, avec deux maxima séparés par cinq à six mois, existe à l'ouest du réseau amazonien. Elle serait déterminée par des facteurs plus liés à la longitude qu'à la latitude. Mais faute d'observations hydrométriques directes et précises dont nous disposerions, ce ne sont là que des hypothèses, nous n'osons pas même écrire : des faits probables.

b) FLEUVES CÔTIERS VERS BAHIA, RECIFE, NATAL.

Par contre, grâce à des documents précis et assez nombreux fournis par de bons Annuaire, nous pouvons caractériser en connaissance de cause les fleuves côtiers qui s'échelonnent entre le 18° et le 12° degré de latitude à peu près, au sud du bas São Francisco.

Les distributions pluviales (tableau III) dans la zone ici considérée, puis plus au nord jusque vers le 5° degré, varient d'ailleurs sensiblement sur de courtes distances, d'ouest en est, puisqu'on finit par trouver sur la côte, au sud de Recife, entre le 8° et le 12° degré, un maximum pluvial dans la première moitié de la saison froide, en mai-juin-juillet; et en arrière sur des bandes

successives assez étroites, les plus grandes abondances pluviales se produisent en avril-juin, puis en mars-mai, et ensuite en février-avril, ce qui est presque la répartition saisonnière tropicale. En outre, la pluviosité sur celles de ces zones quasi-méridiennes qui sont les plus voisines de l'Océan, offre plus d'un maximum mensuel : particularité très importante. Enfin, les bandes plus haut définies, à régimes pluvieux différents, viennent à tour de rôle, en biais, rejoindre l'Océan au sud de Bahia, puis, mais en moins grand nombre et avec moins de netteté, au nord de Recife : au sud, à partir du 18° degré, elles sont même relayées par des bandes nouvelles avec trimestres les plus pluvieux en janvier-mars (pluviosité tout à fait tropicale), puis en décembre-février, et enfin en novembre-janvier. Cette dernière zone étant très large contrairement régionalement le retour sur une longue lisière maritime, du régime pluvial tropical pur, qui règne (on l'a vu) dans les secteurs de Rio de Janeiro, Santos, etc.

Dans la région où les bandes parallèles de pluviosité saisonnières différentes sont les plus étroites, se manifestent des régimes très variés, selon le nombre des lanières traversées par les cours

TABLEAU III  
EXEMPLE DE RÉPARTITIONS PLUVIALES MENSUELLES DANS LA RÉGION CÔTIÈRE  
ENTRE LE 18° ET LE 5° DEGRÉS

	João Pessoa	Itabaiana	Maccio	Recife	Ondina (Bahia)	Ilheus (Cachoeira)	Jequié (Rio de Contas)
Janvier.....	72,9	25	73,1	54	75,7	150,5	45,5
Février.....	117	29,4	75,2	103,9	115	170,1	88,3
Mars.....	180,8	45,6	137,5	134,9	168,9	249,2	118,1
Avril.....	258,8	95,7	183,3	223	294,6	295,9	105,1
Mai.....	271,1	156,3	288,8	239,5	302	214,5	54,2
Juin.....	311,3	153,3	301,1	278,9	220,9	154,4	42,3
Juillet.....	198,3	153,3	218,8	174,3	192,1	180,8	51,6
Août.....	124,3	96,4	136,7	104,7	113,2	124,7	53,2
Septembre.....	60,1	57,1	86,5	52,3	82,8	106,3	23,6
Octobre.....	24,1	35,4	43,9	18,1	89,1	109	38,5
Novembre.....	28,9	34,7	27,2	23,9	111,4	189,6	111,2
Décembre.....	45,1	42,5	44,1	29	126,4	169,7	82,5
Année. ...	1.692,7	924,7	1.616,2	1.436,8	1.891,6	2.114,7	814



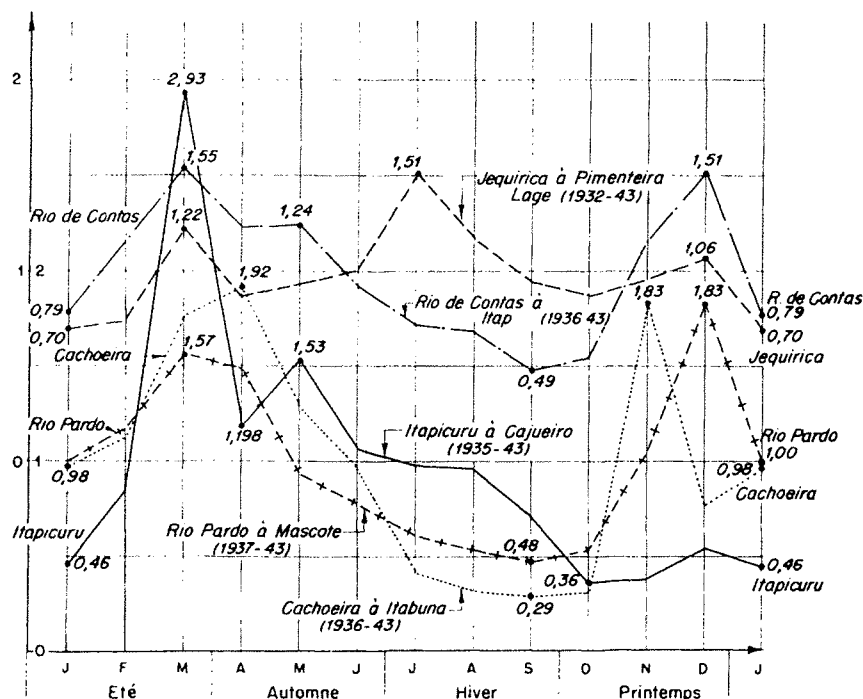


FIG. 6. — Fleuves côtiers de régimes subéquatoriaux variés, au sud de Bahia.

avant les stations hydrométriques considérées. Les hydrologies sont d'autant plus contraires aux régimes tropicaux typiques que les sources sont moins enfoncées à l'intérieur et que la diversité pluviale, en arrière de la cote, est plus marquée.

Commençons donc par les rivières aux régimes les plus tropicaux, pour finir par les cas les moins conformes à cette catégorie.

Le Jequitinhonha, qui débouche vers le 16° degré, a la majeure partie de son bassin évasé dans la zone de pluies tropicales presque classiques. A Itamarati, où il draine 61.907 km<sup>2</sup>, il n'a qu'un seul maximum, un seul minimum. Et cependant ce fleuve diffère assez sensiblement du São Francisco, du Paraíba do Sul, du Rio Grande, du Sapucaí par certains détails. L'apogée s'érige en janvier, premier mois estival, et non en février. Puis elle présente un coefficient relativement élevé : 2,457 contre moins de deux pour les maximums mensuels des rivières tropicales plus haut énumérées. Décembre avec 2,097 l'emporte sur mars et même sur février, ce qui est aussi nouveau. Puis les coefficients minima, classiquement situés en hiver (0,233 en août, 0,223 en septembre) sont bien plus faibles que sur les organismes précités. Donc hydrologie à maximum plus précoce et moyennes mensuelles plus contrastées que sur lesdits cours d'eau, pour des causes pluviales ou géologiques ou pour ces deux raisons à la fois.

A Colatina, vers le 19° degré, le Doce dessert un hinterland de 77.407 km<sup>2</sup>, plus uniformément arrosés par des pluies de novembre-janvier (donc

surtout de printemps) que ce n'est le cas pour le Jequitinhonha, lequel traverse les bandes de pluviosités maxima plus tardives et d'abord nettement tropicales. D'où hydrologie moins classique pour le Doce. De février à mars après le maximum de janvier, il n'y a plus baisse continue mais recrudescence significative, quoique très légère (de 1,44 à 1,475) après un affaissement brutal suivant janvier. Comme pour le Jequitinhonha, décembre avec 1,58 offre la plus grosse moyenne après janvier.

D'autre part, la nature du sol ou une pluviométrie mieux répartie atténuent les écarts entre moyennes mensuelles globales extrêmes puisqu'on a 0,477 encore en septembre, contre 1,906 seulement lors du maximum de janvier, valeurs qui rappellent celles du Paraíba do Sul, du Rio Grande, etc.

Puis le Mucuri, situé entre le Jequitinhonha et le Doce, serait presque aussi tropical que le second, si son bassin, au lieu de manquer d'ampleur (13.820 km<sup>2</sup> à Mairinque), empiétait plus dans l'hinterland. Faute de cette condition, si le maximum de décembre (2,44) et les débits encore avantageux de janvier (2,22) sont des traits presque tropicaux, les coefficients de 1,16 pour février et de 1,31 pour mars intriguent par leur médiocrité relative. Mais un fait plus frappant que celle-ci, est qu'ils dessinent une recrudescence, d'ailleurs peu audacieuse, à la fin de l'été.

*Et j'en viens à des régimes bien plus insolites.*

Le Rio de Contas, dont l'embouchure se trouve vers le 14° degré et qui draine à Itapira 52.227

km<sup>2</sup>, exhibe son *maximum principal* (et non plus une *recrudescence à peine saillante*) en mars (1,554). Son abondance est presque aussi grande en décembre (1,514). Le véritable minimum estival, de 0,792, et la pénurie plus sensible de la fin de l'hiver et du début du printemps (0,492 en septembre), lui composent un remarquable régime complexe à quatre phases.

Le Rio Pardo à Mascote (27.915 km<sup>2</sup>) a, comme le Rio de Contas, deux maxima et deux minima dans les mêmes mois. Mais grâce à sa situation plus méridionale (15° au 16° degré), son indigence d'été n'est point grave; le coefficient le plus faible, celui de janvier, ne s'abaisse point au-dessous de 1. Le maximum principal vient en décembre, comme pour le Mucuri; et avec 1,829 il dépasse nettement la recrudescence de mars (1,567, devant un coefficient presque aussi fort en avril). Le minimum de printemps a presque le même coefficient que pour le Rio de Contas.

Encore moins conforme que le Contas au type tropical, est l'Itapicuru, qui se termine un peu au nord du 12° degré et comporte, dans ses 35.123 km<sup>2</sup> aboutissant à Cajueiro, des zones appartenant à la région intérieure soumise aux pluies estivales classiques, mais qui draine aussi trop les bandes de pluviosité changeante pour offrir en définitive un régime tropical. En effet, s'il présente un maximum d'ailleurs surfait par la brièveté de la période (coefficient de 2,93) en mars (\*), ses autres coefficients estivaux, par un contraste brutal, sont inférieurs à l'unité : 0,856 en février, 0,46 en janvier, chiffre qui signifie pour ce dernier mois une véritable indigence. Puis le débit, retombé violemment au coefficient 1,19 en avril, remonte à 1,528 en mai (\*\*), cœur de l'automne. Enfin, après les basses eaux printanières accentuées d'octobre (0,360) et de novembre (0,397), on observe un léger mais curieux exhaussement en décembre (0,552).

Quant à la Cachoiera à Itabuna (vers le 15° degré), sa position plus méridionale ne la fait pas plus rentrer que ce n'est le cas pour l'Itapicuru dans le domaine des pluies maxima estivales, car la petitesse de la surface réceptrice (4.078 km<sup>2</sup>) maintient celle-ci entièrement dans la zone côtière. Le régime est donc encore plus différent du type tropical que ceux du Pardo, du Contas,

et de l'Itapicuru. En effet, le premier maximum succédant brusquement aux très basses eaux hiverno-printanières de juillet-octobre (0,287 en septembre), surgit en novembre avec 1,828; et aussitôt après, en décembre, on observe, au lieu du flot abondant noté sur les rivières précédentes, un embryon de pénurie (0,767). L'autre maximum apparaît en avril (1,92) après des eaux déjà abondantes de mars (1,781). Pour le coup, moins indument que dans les trois ou quatre régimes précédemment analysés, et malgré la distance appréciable par rapport à l'Equateur, on pourrait qualifier cette hydrologie de pseudo-équatoriale. Et le graphique des débits moyens mensuels ressemble assez curieusement à celui de certaines rivières congolaises.

Nous arrivons au bout des surprises que peuvent nous réserver ces rivières, dans l'état actuel de notre information, avec le Jequirica, voisin septentrional du Rio de Contas. Un peu plus loin que le 13° degré, ce bassin, à Pimenteira Lage, ne comprend que 5.000 km<sup>2</sup>. Or, de 1932 à 1943, le coefficient mensuel moyen le plus grand appartient à l'hiver (1,52 en juillet). Un second maximum se montre au terme de l'été (1,225 pour mars) et un troisième peu sensible à la fin du printemps en décembre (1,058). La plus faible moyenne vient au début de l'été (0,706 en janvier). Il nous est très difficile de déterminer dans quelle mesure ces fluctuations suivent celles des pluies, compte tenu des coefficients d'écoulement et de leurs facteurs thermiques. Il paraît assez logique d'attribuer le maximum principal de juillet au minimum des températures et de l'évapotranspiration, et non à un paroxysme pluvial qui semble inexistant en ces parages, où les précipitations les plus abondantes tomberaient plutôt en mai ou juin.

Nous renonçons en tout cas à chercher un qualificatif pour ce dernier régime, ou à ceux probablement encore plus favorables aux débits de la saison la moins chaude, qui doivent se manifester sur les petits fleuves côtiers, plus au nord, de part et d'autre de Recife, là où le trimestre le plus pluvieux coïncidant presque avec les moins grandes chaleurs est celui de mai à juillet.

Mais nous ne pouvons point en finir avec les rivières plus méridionales dont nous venons de passer en revue les si diverses et si complexes variations saisonnières, sans signaler la très grande irrégularité que subissent leurs débits moyens mensuels, d'une année à l'autre; fait probablement très contraire aux principes des climats équatoriaux ou subéquatoriaux authentiques. Donc, dans les limites de 8 ans en décembre, le Pardo a débité 74 millions de m<sup>3</sup> en 1939, 1.071 en 1942. Pour pas plus de 9 mois de novembre, je vois sur le Rio de Contas 16,6 millions de m<sup>3</sup> en 1939, 1.114 en 1942. Sur 13 mois de décembre pour le Jequirica, 1940 a connu 7,433

(\*) Le chiffre exorbitant, pour mars 1940, de 720,8 millions de mètres cubes (contre 12,037 en mars 1937), contribue beaucoup au rapport de 2,93. On aurait moins de 2,50 ou même de 2,25 si les calculs portaient sur vingt ou trente années au lieu de neuf seulement.

(\*\*) Déjà sur le Rio de Contas, les coefficients se relèvent de 1,233 en avril à 1,238 en mai. Nous n'avons point signalé plus haut cette recrudescence à peine sensible, et due principalement sans doute, à l'intervention d'une moyenne particulière excessive (celle de mai 1936) dans la courte série de huit années. Mais nous n'osons point affirmer que les observations d'une longue période feraient disparaître à coup sûr cette apophyse légère des moyennes globales.

TABLEAU IV

	Guarapuava (Iguazu)	Alegrete (Ibirapuita)	Guayra (Parana)	Santa Cruz do Sul (Jacui)	Uruguayana (Uruguay moyen)	Ivai (Ivai)
Janvier.....	174	128,7	212	144	123,5	187,6
Février.....	111,6	112,1	125,8	102,4	88,5	131,2
Mars.....	124,2	152	115,7	121,2	149,6	116,2
Avril.....	114,2	152,3	129	135,1	142,7	96,1
Mai.....	142,8	155,6	156,9	157	123,3	115,6
Juin.....	171,3	128,4	116,9	169,1	104,3	137,9
Juillet.....	88,4	106,3	64,3	145,5	66,3	77,6
Août.....	121,9	100,1	91	161,1	71,4	116,1
Septembre.....	132,8	132,9	104,8	173,8	101,9	117,4
Octobre.....	172,6	138,8	157,5	128	131,9	156,6
Novembre.....	129,4	117,9	144,5	110,7	91,7	122,4
Décembre.....	154,5	116,8	145,2	119,3	122,5	147,5
Année.....	1.637,7	1.541,9	1.563,6	1.667,2	1.317,9	1,522

millions de m<sup>3</sup>, 1942, 173,510 millions. Pour la Cachoeira, voici 3,758 millions en novembre 1939, 419,2 en novembre 1942. Et pour 7 mois d'avril seulement, le Rio Pardo moins fantasque a débité 41,6 millions de m<sup>3</sup> en 1939, 679 en 1941. Pour le Jequitinhonha, 430 millions de m<sup>3</sup> en décembre 1939 s'opposent à 8.445 millions en 1942. Et nous avons cité des extrêmes phénoménalement contrastés pour l'Itapicuru en mars.

D'une façon générale, il semble que cette irrégularité diminue dans la mesure où les bassins ont plus d'étendue (facteurs de compensations interrégionales, généralement) et où les variations saisonnières sont moins éloignées du type tropical classique.

## 2. RÉGIMES « SUBTROPICAUX » AVEC DEUX SAISONS DE HAUTES EAUX.

Au sud du Tropique du Capricorne et jusque dans l'Uruguay, au-delà du 32° degré, on voit triompher d'autres régimes, à deux maxima et deux minima saisonniers, en rapport avec des distributions pluviales compliquées, très différentes des types tropicaux simples qui règnent, plus au nord et aussi sur la côte océanique entre le 23° et le 28° degré, dans les régions de Rio de Janeiro, São Paulo, et jusque vers Florianopolis.

Ces répartitions diffèrent d'ailleurs plus ou moins de celles que l'on vient de voir produire les régimes à deux ou même trois maxima, de certains fleuves côtiers situés au nord-est de la zone littorale avec maxima pluviaux de pleine saison chaude. Puis elles comportent elles-mêmes toutes sortes de nuances régionales pour les dates des trimestres respectivement les plus arrosés et les plus secs, et pour divers détails.

Elles s'affirment en maîtresses dans le sud-est de l'empire du Parana moyen [bassin de l'Iguazu et peut-être aussi de l'Ivai (\*)] et dans toute l'étendue des Etats de Santa Catarina et de Rio Grande do Sul (Uruguay et affluents, Jacui, etc.).

Si l'on ne considère que les trimestres les plus riches en précipitations, on voit indiqués pour cette zone, dans une carte de l'Atlas pluviométrique du Brésil : novembre-janvier au nord, puis brusquement, à partir du cours de l'Iguazu ou de ses environs, août-octobre, ou avril-juin, puis juin-août, juillet-septembre, mars-mai, mai-juillet. Il y a là un désordre complet au moins dans les apparences, et en tout cas l'absence d'un dé-

(\*) Déjà à Bela Vista sur le Rio Apa, affluent oriental du Paraguay, à la latitude du Parapanema, donc plus au nord que l'Ivai (voir tableau I), s'esquisse très nettement un second maximum pluvial en automne (avril-mai).

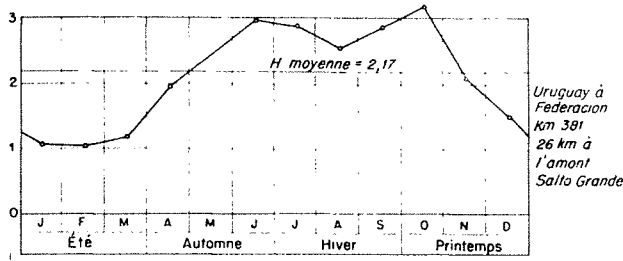


FIG. 7. — Hauteurs mensuelles moyennes de l'Uruguay d'après Soldano.

coupage net selon les méridiens ou les parallèles, pour les secteurs successifs. La variété régionale paraît encore plus prodigieuse pour les dates du trimestre le moins arrosé. On peut cependant conclure que dans des parties étendues de ces régions, à partir de l'Ivaï, les pluies tendent à avoir de plus en plus leur maximum plutôt en saison froide et leur minimum plutôt en saison chaude. Quelques exemples locaux montreront cette variété, si fuyante qu'elle défie les classifications usuelles (Tableau IV).

Pour souligner le caractère étrange, bâtard de ces régimes, on ne saurait mieux faire que de mettre en évidence le fait suivant : à quantité de stations, l'été comporte à la fois, par janvier ou février, un maximum secondaire ou même principal, et un minimum relatif, presque aussitôt après, en février ou en mars.

En général l'automne, en mai ou juin, connaît un ou deux mois très pluvieux. Et on peut faire la même remarque pour le printemps (surtout en octobre). On ne se trompera guère en disant que, selon des modalités de plusieurs sortes, il y a tendance à 3 maxima, en été, en automne, au printemps. Mais les grosses pluies d'été, tout en donnant assez souvent de fortes crues, sont bien plus attaquées par l'évapotranspiration à cause des fortes chaleurs, que les précipitations des saisons plus fraîches. L'hiver connaît en général le minimum le plus accentué pour les pluies. Mais cette faiblesse n'est que relative et ne comporte nulle part une vraie pénurie, les moyennes générales dépassant, partout sans doute, 60 mm pour le mois le plus sec. Et l'évapotranspiration tombe à ses minima en cette saison, avec des valeurs à vrai dire point petites, car les températures demeurent très tièdes (en juillet, 12 à 14° sur l'Uruguay, 15 à 16° sur l'Iguazu, contre 20 à 24° et 25 à 27° respectivement en janvier).

On conçoit donc que les régimes tendent à présenter un maximum moyen en automne (mai ou juin), un autre au printemps (octobre dans les cas les plus nombreux, semble-t-il). On constate aussi un minimum d'hiver (août ou septembre) et un autre malgré l'abondance pluviale, en été (février ou mars). Par exemple à Alegrete sur l'Ibirapuita, tout à fait

au sud-ouest du pays, en 1941-49 octobre a 174 m<sup>3</sup>, mai 173, septembre 91,3; mars, pas plus de 19,7. Pour l'Uruguay inférieur à Federación, les niveaux d'août sont très supérieurs à ceux de février et ne marquent pas une véritable pénurie, mais seulement une légère réduction de l'abondance entre les deux saisons des plus hautes eaux. L'Iguazu à Tipo, non loin en amont de sa chute grandiose, est presque aussi faible en août (hiver) qu'en mars. Mais cet équilibre relatif entre les deux périodes d'indigence ne doit apparaître qu'au nord, sur cette rivière et sur l'Ivaï moins sûrement, ou sur une bande étroite au sud de l'Iguazu. Les régimes de ces derniers cours d'eau doivent donc former la transition entre la zone tropicale, où prédominent les débits du semestre le plus chaud, et la zone méridionale, où l'Uruguay et ses tributaires doivent être dans l'ensemble sensiblement les plus gonflés durant le semestre frais, mai-octobre.

En somme, et c'est un fait curieux, on trouve dans toute cette zone méridionale des régimes assez semblables à ceux des rivières nivo-pluviales et pluvio-nivales françaises ou italiennes septentrionales, très sensibles aux pluies méditerranéennes d'automne et qui éprouvent aussi des hautes eaux printanières. Mais le maximum sud-brésilien de printemps ne doit pas une goutte d'eau à la fonte des neiges. Il s'agit ici d'une hydrologie entièrement pluviale, pour laquelle un qualificatif n'est encore point facile à trouver. Disons du bout des lèvres et sans aucune admiration pour le terme que c'est, si l'on veut, un régime pluvial « subtropical ».

Il ne contraste pas de manière éclatante avec les types « pseudo équatoriaux » que l'on a vus vers Bahia. Mais il s'oppose beaucoup plus radicalement à l'hydrologie tropicale plus ou moins pure dont les maxima d'été ou du début de l'automne triomphent sur une grande partie du Brésil.

Selon les sous-régions dont on a esquissé la différenciation au point de vue des répartitions pluviales mensuelles et trimestrielles, et sans doute aussi selon les groupes d'années, les classements respectifs des débits moyens mensuels de printemps ou d'automne, peut-être même encore les dates de maxima en question doivent

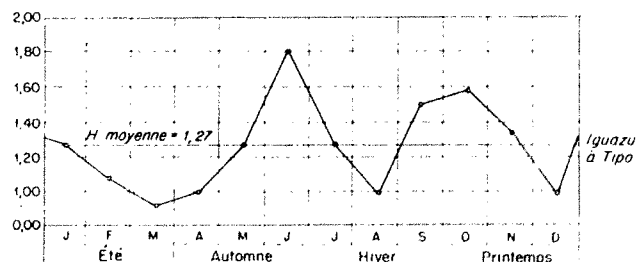


FIG. 8. — Hauteurs mensuelles moyennes de l'Iguazu d'après Soldano.

pouvoir varier, surtout en ce qui concerne le printemps.

Quant aux écarts entre hautes et basses eaux moyennes globales, ils doivent différer encore plus d'après les régions, et pour plus d'exactitude sans doute, surtout d'après les pouvoirs d'emmagasinement du sol. Par malheur, pour les débits moyens mensuels de ces rivières, nous sommes mal documentés. On peut cependant signaler que l'Ibirapuita est près de neuf fois plus fort en octobre qu'en mars, chiffre à peu près double de ceux qu'on a soulignés pour maintes rivières du type tropical.

Sur l'Iguazu, d'après des moyennes de trois ans à Porto Uniao (début du cours moyen), le rapport n'atteindrait pas tout à fait 4, ce qui peut être une exception en cette zone. Mais je n'estime point du tout certain que dans l'ensemble du bassin de l'Uruguay le rapport des moyennes mensuelles globales extrêmes soit excessif, et qu'ainsi ce fleuve contraste de manière flagrante avec la pondération dont témoignent à ce point de vue le Parana et nombre de ses affluents. Certes, d'après la très grande faiblesse des étiages et malgré la possibilité de crues en été, on peut supposer sans trop de risque que les moyennes mensuelles globales minima offrent de pauvres coefficients. Mais nous ne sommes point sûrs que les coefficients globaux les plus avantageux soient élevés, ni même qu'ils atteignent 1,75. Car les hautes eaux, d'après les moyennes, s'étalent sur deux saisons, ou pratiquement (dans le cours inférieur de l'Uruguay faute de creux intermédiaire profond) sur un semestre, et cela ne peut se faire qu'aux dépens du coefficient le plus élevé. Cet écrêtement se réalise grâce à des différences pluviales bien plus capricieuses, pour un même mois, dans le système de l'Uruguay que dans celui de Parana. C'est en cela, dans les valeurs successives des moyennes pour les mêmes mois, à travers plusieurs années, bien plus que pour les moyennes mensuelles globales des différents mois comparées les unes aux autres, que les rivières étudiées dans ce paragraphe manquent de pondération. On ne saurait trop redire à ce propos que les climats *tempérés* ne sont pas du tout ou guère, pour leurs pluies, des climats *réguliers*, avec répartitions mensuelles semblables à elles-mêmes dans la suite des millésimes. La réalité se montre pour eux généralement toute contraire. Il peut, il doit y avoir bien plus de régularité dans les contrastes pluvieux saisonniers sous des climats tropicaux typiques. Et nous avons vu cela se traduire dans les débits du Rio Grande, du Paraiba, etc.

A cet égard, les inconstances de l'Ibirapuita ne font probablement que refléter, peut-être point avec une exagération très grande, la tendance du réseau uruguayen dans son ensemble. En neuf ans, les moyennes particulières des deux mois

les plus riches ont varié à Alegrete comme de 1 à 31 en mai, comme de 1 à 14,5 en octobre; celles du mois le plus pauvre (mars) ont fluctué comme de 1 à 7; et janvier, mois de débits encore maigres (41 m<sup>3</sup>), a connu 4,8 m<sup>3</sup> en 1945, 178 en 1944. Pour quarante ans et cinquante ans et plus, les rapports dépasseraient peut-être 20 ou 30 pour tous les mois et 50 pour plusieurs d'entre eux.

Mais, sous de mêmes conditions climatiques, selon toutes chances, les moyennes mensuelles particulières ou globales les plus riches seraient un peu moins gonflées, les moyennes les plus pauvres supérieures de beaucoup (en pourcentages), et les rapports des moyennes extrêmes bien moindres (proposition qui résulte des considérations arithmétiques les plus élémentaires), si le sol possédait un pouvoir d'emmagasinement supérieur à la maigre faculté que révèlent, en ceci, les étiages.

## D) Régimes complexes changeants des plus grands fleuves

### 1. GÉNÉRALITÉS.

Plus un bassin fluvial est situé à cheval sur des zones climatiques différenciées, plus son régime évoluera de l'amont à l'aval; car les affluents successifs le modifieront plus ou moins graduellement et sérieusement selon le dessin du réseau, l'échelonnement de leurs confluences, les aires respectivement drainées par eux et par la rivière principale, et les variations saisonnières de celle-ci et d'eux.

C'est l'hydrologie complexe changeante. Elle comporte sans doute, au long des cours, des perturbations très importantes, sinon des subversions totales par rapport aux régimes des branches supérieures, pour les fleuves côtiers voisins de Bahia. Nous avons noté précédemment quelques résultats de ces vicissitudes, il serait trop long ici (et peut-être difficile) d'en suivre les phases certainement captivantes.

Pour les très grandes rivières brésiliennes, ces transformations doivent en principe n'être point très spectaculaires. Car le Parana, comme l'Amazone, ont beau développer leur réseau sous des climats point identiques pour la totalité de chacun des bassins en question, les surfaces où prévaut le régime tropical austral pur ou déformé l'emportent de manière écrasante sur les aires où se développent d'autres influences. Et cette relative similitude rend secondaires les retouches produites dans les régimes, au fil de l'eau, par les affluents hétérogènes.

### 2. PARANA.

Tout d'abord, l'hydrologie tropicale simple à maximum estival et basses eaux d'hiver, l'emporte presque sans lutte ni nuances appréciables

sur 650.000 à 675.000 km<sup>2</sup> du Parana brésilien, alors qu'au confluent avec l'Iguazu, ce fleuve draine à peu près 770.000 km<sup>2</sup>.

Et si l'Ivai et le Pequeri ont une tendance au régime subtropical à 2 maxima, chose point démontrée, ce phénomène à Puerto Guayra ne se manifeste point ou guère, sauf peut-être par une décroissance encore plus lente qu'à l'amont, des hauteurs moyennes (et par conséquent des débits) entre mai et juin. 200 km plus loin, les hauteurs à Puerto Bertoni traduisent sans équivoque l'influence perturbatrice de l'Iguazu. Le maximum automnal de cette rivière remplace par un palier, sur le fleuve, la décroissance peu accentuée mais encore nette que nous venons de noter de mai à juin pour Guayra. Fait plus significatif, plus apparent sur le graphique, octobre, date de l'autre maximum de l'Iguazu, comporte une recrudescence du Parana en ce mois, avant une courte baisse en novembre. Ainsi l'Iguazu, bien qu'il ajoute seulement 1.200 m<sup>3</sup> au module sept à huit fois plus fort du Parana, donne à celui-ci un régime à deux maxima, dont l'un n'est qu'une très médiocre apophyse, à vrai dire. Et les hautes eaux de l'été tropical austral, et la médiocrité hivernale si frappantes aux stations d'avant l'Iguazu, demeurent de beaucoup les traits prédominants. En somme, l'hydrologie très simple du Parana s'est très légèrement détraquée avant même que le Paraguay n'intervienne de manière déconcertante (et d'ailleurs avec des effets point décisifs). Mais le cas du Paraguay est une autre histoire que nous reprendrons plus loin.

### 3. AMAZONE.

Alors que le régime saisonnier du Parana se complique seulement à l'approche du cours inférieur, celui du formidable Amazone se montre, non sans quelque supercherie, le plus simple vers l'aval, que nous considérons en examinant, d'abord, les cotes à Obidos.

Rien de plus enfantin apparemment. En six ans (1928-33), le maximum vient en mai, dont la cote moyenne dépasse de très peu (6,36 m contre 6,30 m) celle de juin. Le minimum se place en novembre (0,86 m). Les indications fournies par les hauteurs extrêmes de chaque mois de chaque année en vingt ans (1928-47) confirment cette indication : 11 maxima appartiennent à mai, 9 à juin. La régularité pour les dates est moindre en ce qui concerne les étiages. Sur 18 chiffres bien nets, 8,5 reviennent à novembre, 4 à octobre, 3,5 à décembre, 2 à janvier, 1 à septembre (mais c'est le niveau le plus faible de tous). L'interprétation est assez facile; d'abord pour les hautes eaux. Le maximum de mai-juin, ou plus exactement sans doute du 10 mai au 10 juin, c'est avant tout, survenant avec un grand retard

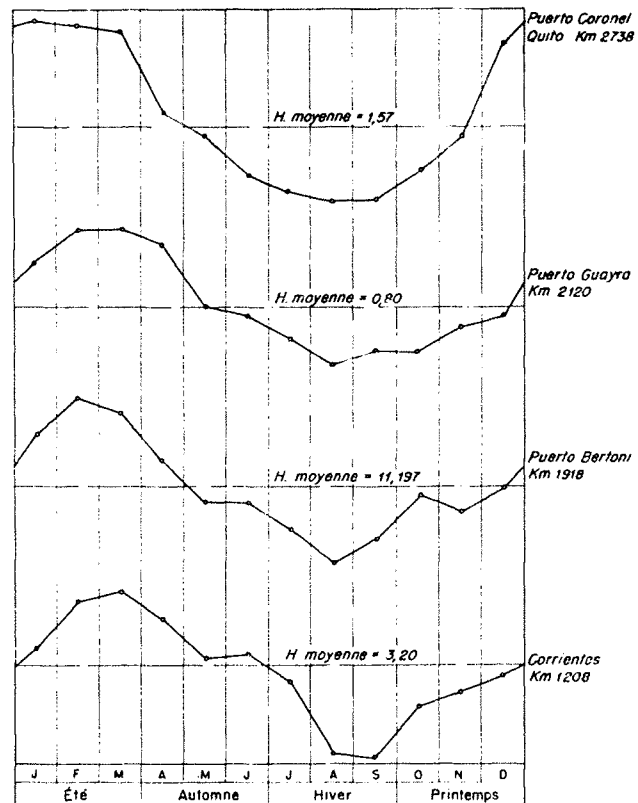


FIG. 9. — Hauteurs moyennes mensuelles du Parana d'après Soldano.

sur les ruissellements locaux maxima, par l'effet des longues distances et de la déclivité, puis des inondations ennemies des translations rapides, le flot tropical austral noté en avril (donc déjà avec un décalage vers l'automne) sur le Jurua et le Purus moyen, et en mars sur la Madeira moyenne. Le régime tropical boréal, point parfait, du Rio Nègre et l'hydrologie sans doute plus hybride, mais point très différente, du Yapura, n'ont pu contrecarrer autrement que par des retouches l'emprise de la tendance australe. Car d'abord, les bassins de ces rivières, et surtout leurs parties situées au nord de l'Equateur, sont bien moins vastes que les contrées méridionales de l'Amazonie. Puis, sur le Rio Nègre inférieur, vu la répartition particulière des pluies, les débits d'avril sont déjà imposants. Les écoulements probablement encore plus riches de mai, sur le Trombetas, puis sur les affluents occidentaux de rive gauche, et selon les données hydrométriques directes, sur le Rio Nègre, aident l'Amazonie d'Obidos, compte tenu des temps de translation, à rester presque aussi abondante en juin qu'en mai. Et le maximum tropical boréal de juillet ou de la fin de juin, dans la partie la plus septentrionale du bassin, ne fait que ralentir la baisse des eaux amazoniennes en juillet et en août.

Par contre, plus loin qu'Obidos, vers l'Océan,

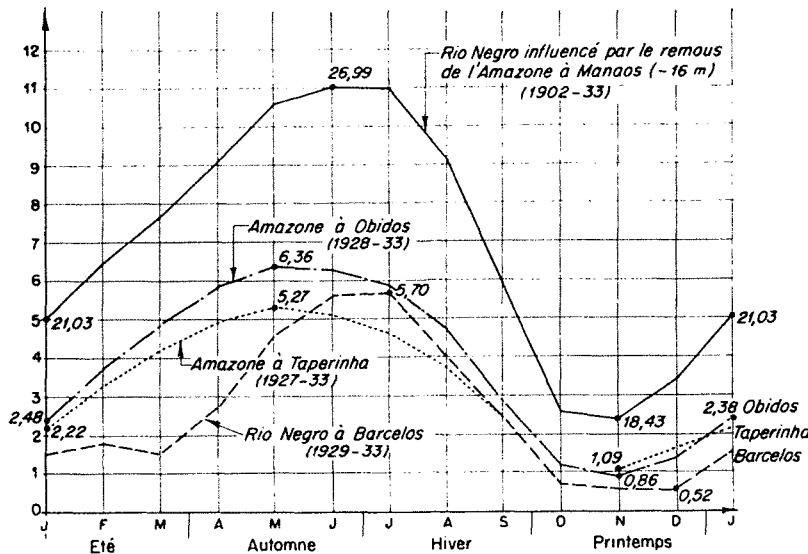


FIG. 10. — Régime tropical nord et Amazonie inférieure. Hauteurs moyennes mensuelles.

à Taperinha ou Santarem, juste après le confluent avec le Tapajoz, l'avantage de mai sur juin passe de 6 à 15 cm. Donc il se révèle, si la conformation de la courbe hauteurs-débits ne dément point l'impression créée par les cotes, plus sensible qu'à Obidos. Et l'infériorité d'avril sur mai se réduit de 49 à 27 cm. L'évolution serait inverse, avec juin égalant mai, sans doute, si le seul facteur de transformation était le déplacement peu rapide de l'onde vers l'aval. Donc un facteur nouveau est intervenu pour créer la légère modification exposée. C'est certainement le fait que le Tapajoz à Itaituba présente son maximum, cependant retardé lui-même par la distance, comme on l'a vu, en avril, et qu'il baisse ensuite très vivement (de 1,09 m entre avril et mai, puis de 1,20 entre mai et juin). La contraction de son renfort combat la tendance opposée qui se manifeste sur le Rio Négro, et peut-être aussi sur le Yapura et le Trombetas.

Pas plus de mystère pour la saison des basses eaux. Le fait essentiel est non seulement que le régime tropical austral est prépondérant pour elles comme pour les gros débits; mais encore que, pas plus que pour ces derniers, il n'y a de contraste absolu pour les étiages, avec décalage voisin de six mois, entre le régime des rivières septentrionales et celui des affluents méridionaux. Les sommets et les creux des graphiques pour les uns et pour les autres ne sont séparés que par deux à trois mois, en gros. En effet, comme nous l'avons déjà vu, les rivières septentrionales, et qui le sont d'ailleurs bien peu, n'ont pas leur minimum en plein hiver et au début du printemps (pour elles ce serait de novembre à avril ou mai). Leur affaiblissement se prononce surtout en automne boréal (d'octobre à décembre); ainsi, ce minimum avancé coïncide, à peu

d'intervalle près, avec celui des rivières tropicales australes, plus classique quoique lui-même retardé, puisque les creux annuels boréaux, en Amazonie, prennent place d'août à décembre, ou de septembre à janvier. C'est cette analogie partielle des régimes respectifs, opérant de chaque côté de l'Amazonie, qui donne à celle-ci, après le confluent avec la Madeira, une apparence aussi simple.

Mais il ne faut pas s'y fier. Examinons, ou tâchons de supputer ce qui se passe avant le confluent avec la Madeira, et d'abord sur un court tronçon entre l'embouchure de cette rivière et celle du Rio Négro. A Manaus, sur celui-ci, mais à proximité de l'Amazonie qui exerce un remous, le maximum de juin, avec un avantage de 2 cm seulement sur juillet, mais de 36 cm sur avril, exprime peut-être, non seulement le régime du Rio Négro, mais encore, par compromis, celui du fleuve principal. Entre le Rio Négro et la Madeira, donc, l'influence boréale introduirait un avantage modique, mais significatif de juin sur mai, au lieu du contraire à Obidos et à Taperinha. Mais le semestre des basses eaux doit être presque le même à Manaus qu'aux deux stations d'aval. A l'amont le plus proche, entre le confluent du Putumayo et celui du Rio Négro, exclusivement, il se peut qu'on retrouve presque en tous points l'hydrologie essentiellement tropicale sud retardée, qui prédomine en aval de la Madeira. Car selon de fortes chances, le puissant Yapura doit différer encore moins du Purus et du Jurua faute de situation vraiment septentrionale pour lui, que ne s'opposent par exemple la Madeira et le Rio Négro. Mais plus à l'ouest encore, il n'est pas impossible, comme on l'a vu, que se manifeste sur les branches péruviennes et colombiennes du réseau une hydrologie équa-



toriale à deux maxima et que le facteur neige (\*) opérant sur les Andes ajoute un élément de complexité foncière. Dans ce cas, le Marañon et même sa continuation brésilienne, le Solimoes, jusqu'aux confluents avec le Putumayo ou le Jurua, auraient peut-être, comme le prétendent certains auteurs, deux périodes de hautes eaux séparées par deux phases d'indigence bénigne.

D'après DENIS (*Géographie Universelle*, A. Colin), le Marañon péruvien aurait une poussée de décembre à février, une autre d'avril à juillet. Et même à Téfé, plus en aval, après les confluents du Jurua et du Yapura, le Solimoes roulerait ses hautes eaux en octobre-janvier, puis de mars à juillet. Nous aimerions savoir si ces assertions se fondent sur des chiffres hydrométriques sérieux ou sur des constatations faites à l'œil. On voit quels éléments d'ailleurs incertains de com-

(\*) Si ce facteur agit, c'est surtout sur le haut Marañon, enserré et enfoncé dans les Andes sur plus de 600 km de distance, puis sur le tiers supérieur de l'Ucayali, et à un degré bien moindre dans l'extrême-ouest pour de petites parties des bassins du Napo, du Putumayo, du Yapura. Les températures élevées et uniformes, ou peu différenciées, sous ces latitudes, doivent restreindre à très peu de chose ou abolir l'alternance de la rétention, puis de la fonte. De toutes façons, les pulsations fluviales dues à la neige sont limitées à de trop petites surfaces pour jouer un rôle marquant à côté des résultats des fluctuations saisonnières pluviales sur le Solimoes et déjà, peut-être, sur le Marañon inférieur.

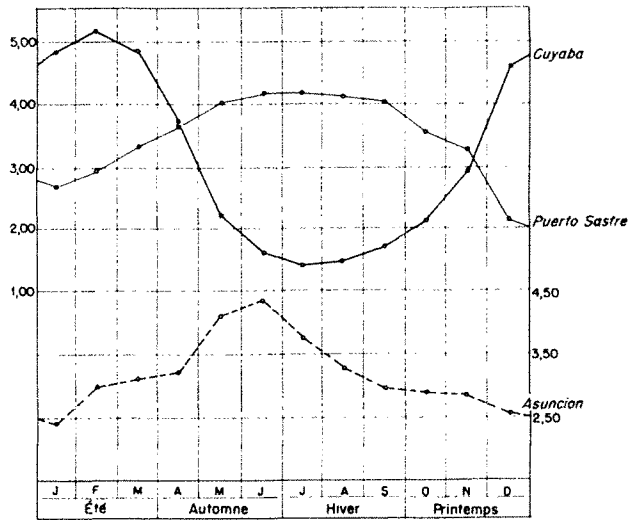


Fig. 11. — Hauteurs moyennes mensuelles du Paraguay d'après Soldano.

plexité peuvent agir dans la moitié, ou plus sûrement dans le tiers occidental du bassin et comment la simplicité d'Obidos et de Taperinha peut être géographiquement, et jusqu'à un certain degré, un masque.

Il importe de faire ici ressortir qu'aucun trompe-œil de ce genre ne fonctionne sur le bas-Congo, second fleuve mondial et que l'on compare souvent à l'Amazonie, parce que l'Équateur traverse

TABLEAU B. — BASSIN DE L'AMAZONE. — HAUTEURS MOYENNES MENSUELLES

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Jurua à Cruzeiro do Sul. .... (1928-1933)	5,95	8,32	<b>9,86</b>	9,64	6,35	3,35	2,21	<b>1,48</b>	1,60	3,34	<b>5,43</b>	4,95
Rio Negro à Barcelos (1929-1933).	1,53	<b>1,80</b>	1,55	2,84	4,51	5,66	<b>5,70</b>	4,02	2,44	0,68	0,58	<b>0,52</b>
Rio Negro à Manaus (1902-1933).	21,03	22,46	23,63	25,18	26,63	<b>26,99</b>	<b>26,97</b>	25,15	21,79	18,55	18,43	19,38
Madeira à Porto Velho. .... (1908-1933)	91,64	93,70	<b>94,74</b>	<b>94,45</b>	92,29	89,50	86,69	84,30	<b>83,10</b>	83,98	86,40	88,75
Tapajoz à Itaituba (1928-1933)..	2,82	4,80	5,82	<b>6,48</b>	5,39	4,19	3,53	2,55	1,13	<b>0,24</b>	0,53	1,56
Amazonie à Obidos (1928-1933).	2,38	3,75	4,89	5,87	<b>6,36</b>	<b>6,30</b>	5,82	<b>4,78</b>	2,82	1,06	<b>0,86</b>	1,35
Xingu à Altamira (1928-1933)..	3,24	4,17	5,24	<b>5,80</b>	4,57	3,47	2,50	1,98	1,58	<b>1,42</b>	1,58	2,36
Amazonie à Taperinha (1927-1933).	2,22	3,29	4,23	5,00	<b>5,27</b>	5,12	4,69	3,86	2,45	1,22	<b>1,09</b>	1,54
Tocantins à Imperatriz. .... (1929-1933)	5,64	6,73	<b>7,93</b>	7,24	3,99	2,41	1,68	1,26	<b>1,10</b>	1,42	2,91	5,49

les bassins géants de l'un et de l'autre. Lui aussi éprouve surtout l'influence des pluies tropicales ou *subéquatoriales d'hémisphère sud*. Mais celles-ci ne se répartissent pas du tout comme en Amérique. Elles connaissent, jusqu'à proximité de l'Océan, en général deux maxima traduits par les variations des rivières, comme le Congo Supérieur et le Kassai, avec prédominance du flot d'avril-mai (automne) sur celui d'octobre-décembre (printemps), pour le premier et le contraire pour le second. En outre la Sanga, et surtout l'Oubangui, venus plus franchement que le Rio Négro de l'hémisphère nord, ont un maximum tropical boréal non classique (ce qui le placerait en juillet-août ou septembre) mais retardé sur octobre (tandis que celui du Rio Négro est avancé sur juin). En définitive, la surabondance septentrionale unique d'octobre-décembre se joint avec une faible avance au second flot des rivières australes. D'où prédominance très sensible pour le Congo inférieur du maximum de décembre sur celui de mai (ondes retardées par les distances). Or c'est presque exactement en octobre-décembre que l'Amazone inférieur connaît son unique phase de basses eaux. Et en mai, tandis qu'il culmine, le bas Congo, tout en éprouvant son premier gonflement distinct, reste bien plus faible qu'en décembre (à Léopoldville : 2,96 m contre 4,85 m). Mais à Stanleyville, il roule plus d'eau en avril-mai qu'en novembre-décembre. Presque sur tout son cours, les observations hydrométriques, infiniment plus nombreuses que dans le bassin de l'Amazone, y compris force jaugeages, révèlent deux saisons de hautes eaux, deux époques de faiblesse avec des différences notables d'amont en aval entre les classements respectifs, les ordres de succession des quatre moyennes mensuelles respectivement les plus fortes et les plus faibles. Or nous avons vu que sur la majeure partie du cours de l'Amazone, au Brésil tout au moins, le graphique des moyennes mensuelles ne présente qu'une seule bosse et un seul creux.

#### 4. PARAGUAY.

Si l'on voulait préjuger des facteurs d'après les seules apparences hydrométriques, les transformations du régime paraguayen entre l'amont et l'aval nous abuseraient terriblement.

Le point crucial est qu'au rebours de ce qu'on observe tout au long du Parana et de l'Amazone inférieur, l'allure des variations saisonnières change sur le Paraguay du tout au tout. En effet, dans le haut bassin, à Cuyaba sur le Rio de ce nom, et à São Luis de Cáceres un peu plus au sud, sur le Paraguay lui-même mais avant le confluent avec le Cuyaba, l'hydrologie est, comme on l'a déjà dit, tropicale typique avec maximum de février, minimum de juillet-août. Puis à Corumba, soit 740 km au sud de São Luis de Cáceres, on observe presque l'inverse avec maximum de juin, minimum de décembre-janvier. A Puerto Sastre, peu après la sortie du Brésil, le maximum encore retardé et surtout aplati s'étale de juin à août avec un très léger avantage pour juillet, le creux est en janvier. Or, aucun changement sensible des régimes saisonniers dans les affluents n'a pu produire cette interversion sensationnelle. La cause n'offre cependant aucun mystère. C'est l'étalement des eaux estivales, chaque année, sur le champ d'inondation du « Pantanal », long de 1.200 km, et submersible, de par sa conformation, sur une largeur moyenne de plusieurs dizaines de kilomètres. D'où, la très faible déclivité de 3 à 4 cm par km aidant, le décalage de quatre à cinq mois, par rapport aux stations du bassin supérieur, dans le graphique des moyennes hydrométriques mensuelles. Sur le cours inférieur, hors du Brésil, quelques affluents de régime tropical apporteront leur flot principal en été. Ils créeront d'abord une poussée en février, suivie d'un palier de février à mars, loin au-dessous du maximum retardé par la morphologie du talweg. Plus loin, après la jonction avec le Pilcomayo et le Bermejo venus des Andes, l'apport de ces rivières aura créé de hautes eaux en plateforme, de février à juin.

### CONCLUSION

Nous nous bornerons pour conclure à exprimer le vœu que les observations hydrométriques modernes, et notamment les bonnes mesures de débits, soient étendues à l'ensemble du réseau fluvial brésilien y compris le système de l'Amazone. Certes, les jaugeages sur des rivières aussi abondantes, larges et profondes, et en particulier sur le gigantesque fleuve principal, présenteront des difficultés graves, mais probablement toutes surmontables dans l'état actuel de la technique,

très coûteuses à vrai dire. Et l'évidence de cet inconvénient pratique, rendu plus lourd par l'infinité du peuplement et par la léthargie industrielle et commerciale de l'Amazonie, peut détourner les Administrations intéressées de l'effort à consentir. Nous avons le ferme espoir que, dans un avenir proche, ces objections seront balayées par une curiosité scientifique dont les fruits, tôt ou tard, et comme toujours, profiteront à l'économie nationale brésilienne.