

I H H

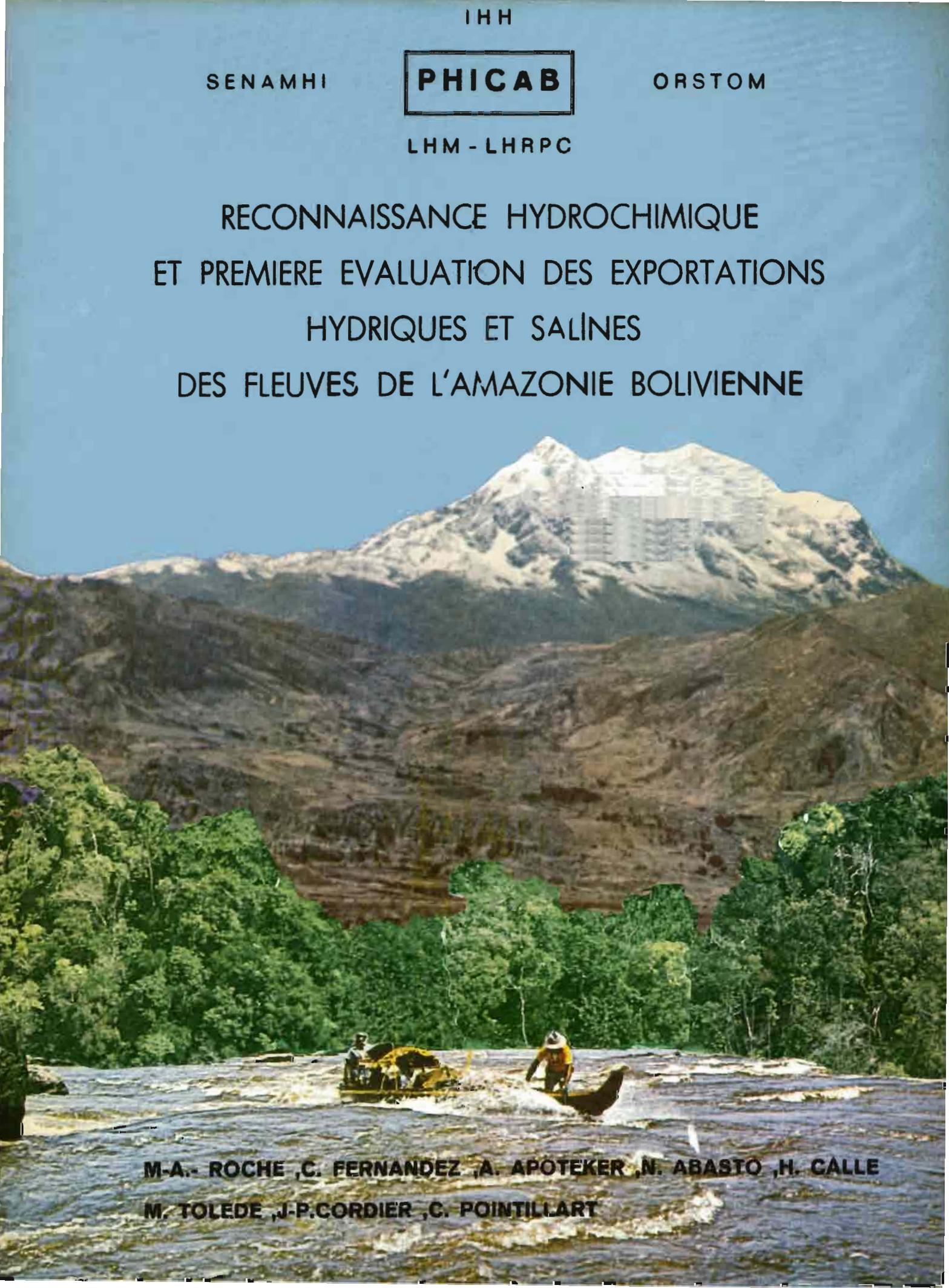
SENAMHI

PHICAB

ORSTOM

LHM - LHRPC

RECONNAISSANCE HYDROCHIMIQUE
ET PREMIERE EVALUATION DES EXPORTATIONS
HYDRIQUES ET SALINES
DES FLEUVES DE L'AMAZONIE BOLIVIENNE



M-A. ROCHE ,C. FERNANDEZ ,A. APOTEKER ,N. ABASTO ,H. CALLE
M. TOLEDE ,J-P.CORDIER ,C. POINTILLART

1991-1992

I H H
S E N A M H I P H I C A B O R S T O M
L H M - L H R P C

RECONNAISSANCE HYDROCHIMIQUE
ET PREMIERE EVALUATION DES EXPORTATIONS
HYDRIQUES ET SALINES
DES FLEUVES DE L'AMAZONIE BOLIVIENNE

M-A. ROCHE ,C. FERNANDEZ ,A. APOTEKER ,N. ABASTO ,H. CALLE
M. TOLEDE ,J-P. CORDIER ,C. POINTILLART

1986

1991-1992

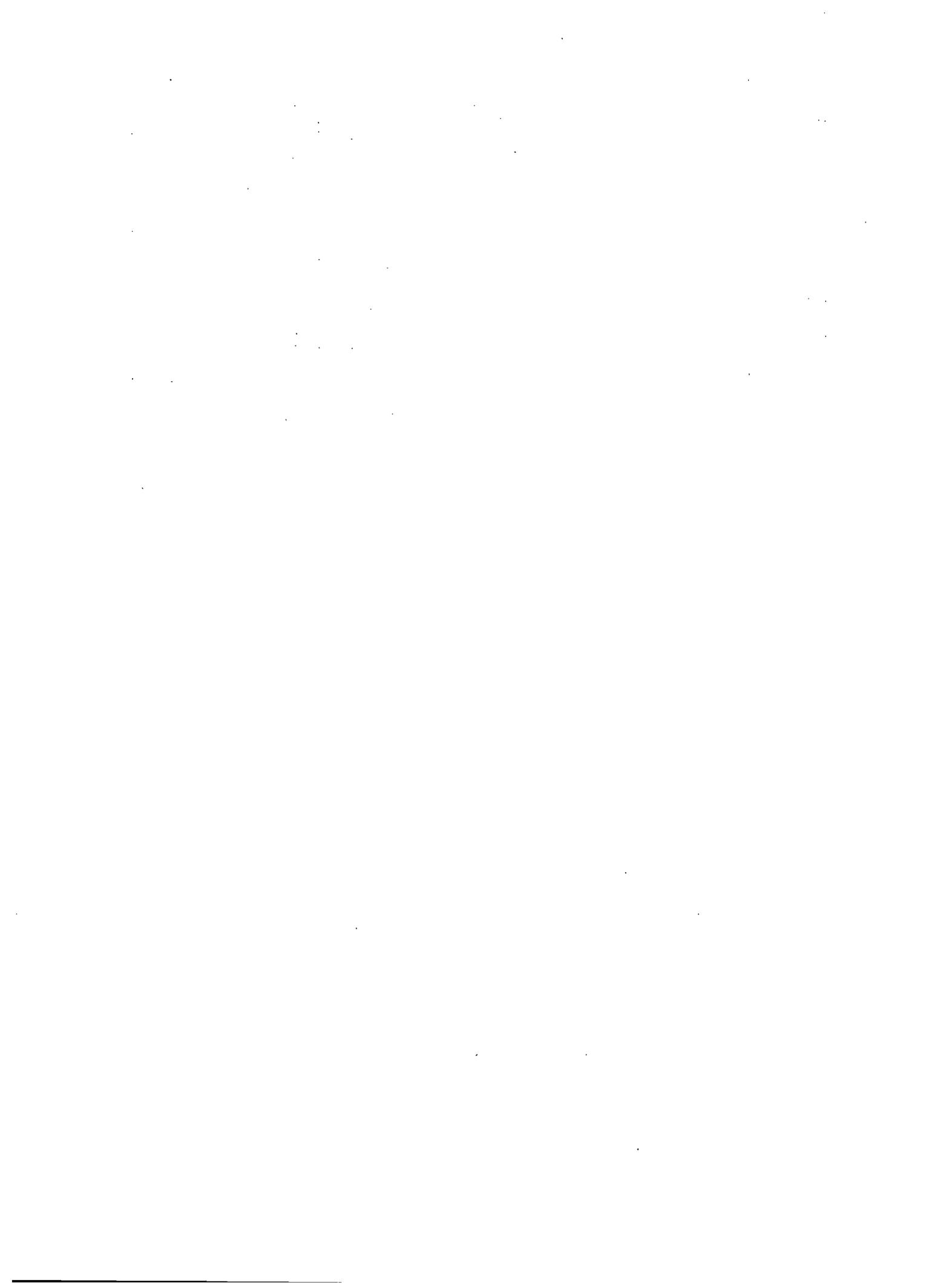
SOMMAIRE

	<u>Page</u>
<u>PRESENTATION GENERALE</u>	7
1. Introduction	9
2. Le système hydrologique, son fonctionnement	13
3. Les bassins, les stations, les superficies et zones géographiques	16
4. La pluviométrie des bassins	27
5. Le traitement informatique des données	32
6. Méthodes de mesures et d'analyses, corrélations de caractéristiques	34
 <u>LES EXPORTATIONS HYDRIQUES ET SALINES DU SYSTEME BENI-MADRE DE DIOS - ORTHON</u>	 39
1. <u>LE BASSIN DU RIO BENI JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LE MADRE DE DIOS</u>	41
1.1. Le bassin du Rio Beni dans les Andes	41
1.1.1. L'intérieur du bassin	41
1.1.2. Les Rios Unduavi, Taquesi, Tamampaya	42
1.1.3. Le Rio Coroico	43
1.1.4. Le Rio Beni à Angosto del Bala	59
1.1.5. L'ensemble du bassin andin du Rio Beni.	68
1.2. Le bassin du Rio Beni dans la plaine amazonienne	69
1.2.1. Le Rio Beni à Portachuelo	78
1.2.2. Le Rio Beni à sa confluence avec le Madre de Dios	
2. <u>LE BASSIN DU RIO MADRE DE DIOS DANS LA PLAINE AMAZONIENNE</u>	82
2.1. Le Rio Madre de Dios à Miraflores	82
2.2. Le Rio Madre de Dios à sa confluence avec le Beni	93
3. <u>LE BASSIN DU RIO ORTHON DANS LA PLAINE AMAZONIENNE</u>	95

4. <u>LE BASSIN DU RIO BENI EN AVAL DES CONFLUENCES DU MADRE DE DIOS ET DE L'ORTHON</u>	106
4.1. Le Rio Beni à Cachuela Esperanza	106
4.2. Comparaison des exportations à Cachuela Esperanza avec la somme des apports amont.	116
Le Rio Beni à sa confluence avec le Mamoré	
<u>LES EXPORTATIONS HYDRIQUES ET SALINES DU SYSTEME GRANDE-MAMORE-ITENEZ</u>	121
1. <u>LE BASSIN DU RIO MAMORE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC L'ITENEZ</u>	
1.1. Le bassin du Rio Mamoré dans les Andes	123
1.1.1. Le bassin versant andin du Rio Grande	123
1.1.1.1. L'intérieur du bassin	123
1.1.1.2. Le Rio Grande à Abapo	124
1.1.2. Les bassins versants andins orientaux des Rios Grande et Mamoré	132
1.1.2.1. Les Rios San Mateo et Espiritu Santo, le Rio Chaparé à Villa Tunari	134
1.1.2.2. Les affluents des Rios Chaparé et Chimoré, le Rio Chimoré, le Rio Sacta	135
1.1.2.3. Le Rio Ichilo à Puerto Villarroel	137
1.1.2.4. Les Rios Yapacani et Pirai	138
1.1.2.5. Les Rios au nord du Rio San Mateo	142
1.1.2.6. Synthèse des bassins versants andins orientaux des Rios Grande et Mamoré	142
1.2. Le bassin du Rio Mamoré dans la plaine amazonienne	144
1.2.1. Le Rio Mamoré à Puerto Ganadero (Trinidad)	144
1.2.2. Le Rio Ibaré à Puerto Almacen et les inondations (Trinidad)	151
1.2.3. Le Rio Mamoré à Puerto Siles	158
1.2.4. Le Rio Mamoré a Puerto Siles	168
2. <u>LE BASSIN DU RIO ITENEZ DANS LA PLAINE AMAZONIENNE</u>	169
2.1. Le Rio Itenez à Campamento More-Vuelta Grande	169

2.2. Le Rio Itenez à sa confluence avec le Mamoré	178
2.3. Synthèse sur les exportations des bassins du Mamoré et de l'Itenez à leur confluence.	179
3. <u>LE BASSIN DU RIO MAMORE EN AVAL DE SA CONFLUENCE AVEC L'ITENEZ</u>	179
3.1. Le Rio Mamoré à Guayaramerin, d'après la somme des apports amont	179
3.2. Le Rio Mamoré à Guayaramerin, observé	180
3.3. Le Rio Mamoré à Guayaramerin. Comparaison entre la somme des apports amont et les apports mesurés à la station	193
3.4. Le Rio Yata et les affluents boliviens et brésiliens en aval de Guayaramerin	194
3.5. Le Rio Mamoré à sa confluence avec le Beni	195
<u>LES SALINITES GLOBALES ET LES EXPORTATIONS HYDRIQUES ET SALINES DU SYSTEME DU HAUT MADERA</u>	197
1. Le bassin du Rio Madera à la confluence des Rios Beni et Mamoré.	199
2. Contributions des sous-bassins aux exportations hydriques et salines du Haut Madera	199
3. Synthèse sur l'évolution des salinités globales dans l'ensemble du bassin du Haut Madera	201
4. Comparaisons des salinités et des exportations hydriques et ioniques du Beni, du Mamoré et du haut Madera avec celles des grands fleuves du monde.	206
<u>EVOLUTION SPATIALE DES CONCENTRATIONS IONIQUES SPECIFIQUES DANS LES FLEUVES DU BASSIN AMAZONIEN DE BOLIVIE</u>	211
1. Les teneurs ioniques spécifiques	213
2. Les teneurs ioniques relatives et les types d'eau	224
3. Essai d'évaluation des exportations d'ions spécifiques	226
<u>CONCLUSION</u>	
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	

PRESENTATION GENERALE



1. INTRODUCTION

L'Amazonie bolivienne correspond à la moitié supérieure du bassin du Río Madera (Fig. 1), dont une partie se trouve en outre au Pérou et au Brésil. Le bassin s'étend sur la Cordillère orientale des Andes, la plaine adjacente et le Bouclier Brésilien. Les eaux s'y écoulent ainsi dans des zones de relief, de lithologie, de climat et de végétation très variées.

L'hydrochimie que les eaux des différents formateurs du Río Madera acquièrent au long de ces trajets, ainsi que les exportations hydriques et salines des principaux sous-bassins, étaient inconnues (sauf en trois stations pour les débits) quand fut conçue en 1982, dans le cadre du PHICAB*, la mise en place d'un réseau hydrométrique accompagnée de prélèvements pour l'analyse chimique des eaux. Cette même année, au cours d'une mission de reconnaissance en avril-mai fut effectué un échantillonnage d'eau pour analyses chimiques complètes sur l'ensemble du bassin (cartes offset), tandis que les mesures hydrométriques (N. Abasto *et al.*, 1985) et les analyses périodiques débutaient en 1983 (Fig. 2). Le système d'échantillonnage de l'étude comprend ainsi des campagnes de prélèvements sur l'ensemble du bassin durant une courte période hydrologique (1 mois environ) et des prélèvements périodiques à des stations du bassin.

*PHICAB : Programme sur l'hydrologie et la climatologie de la Bolivie.



Fig. 1. : Situation du haut bassin du Rio Madera en Amazonie

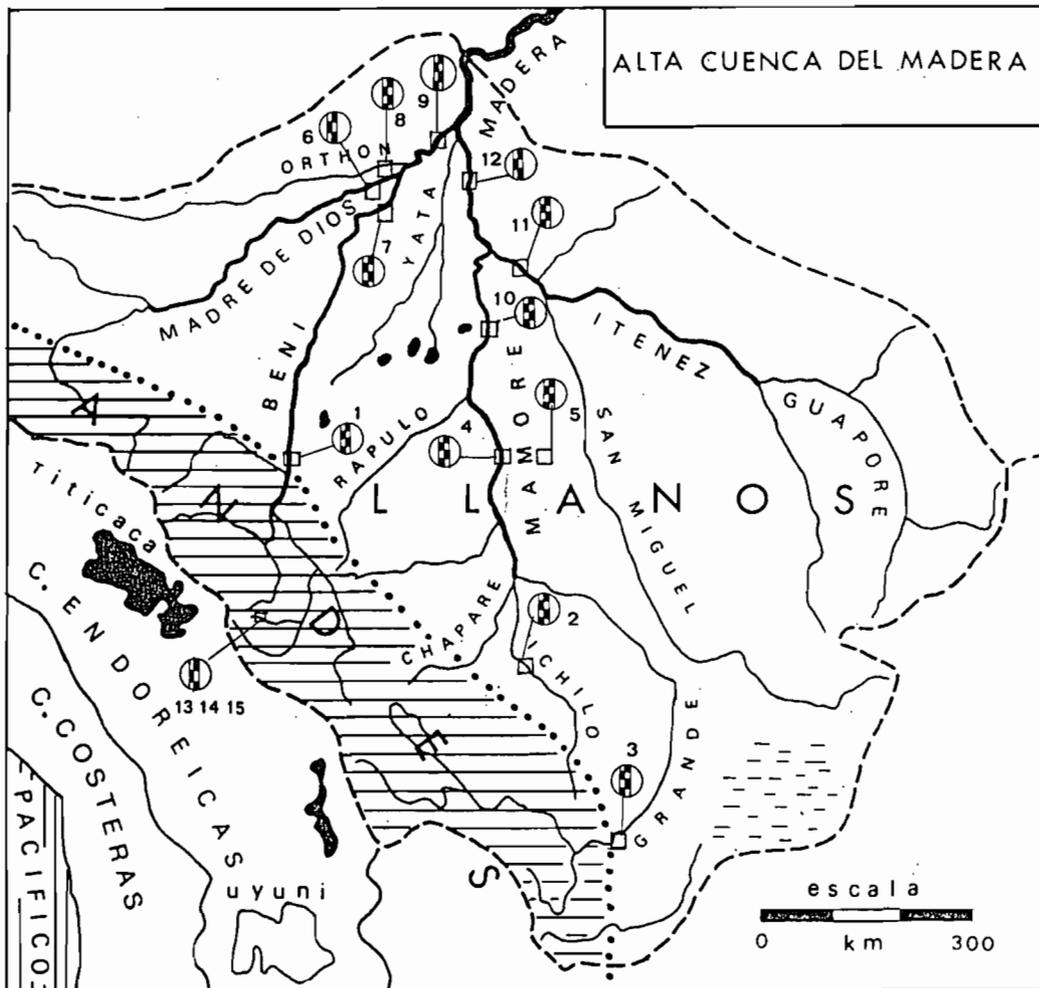


Fig. 2. : Les stations hydrométriques (réseau PHICAB) et de prélèvements périodiques dans le bassin amazonien de Bolivie
 1 : Angosto del Bala; 2 : Puerto Villarroel; 3 : Abapo;
 4 : Puerto Ganadero; 5 : Puerto Almacen; 6 : Miraflores; 7 : Portachuelo; 8 : Caracoles; 9 : Cachuela Esperanza; 10: Puerto Siles; 11 : Campamento More, Vuelta Grande; 12 : Guayaramerin; 13, 14, 15 : Puente Villa.

Cet ouvrage présente les résultats obtenus au terme des deux premières années d'observation. Mettre en place et gérer un tel réseau dans ces régions immenses, quasi inhabitées, sur des trajets de plusieurs milliers de kilomètres, n'est pas une tâche facile. Aussi, ces premiers résultats ne veulent-ils représenter qu'un aperçu initial de l'étude qui se poursuit avec une expérience et des moyens accrus, permettant notamment de recueillir des séries de données hydrologiques et hydrochimiques plus complètes.

Il faut savoir que les résultats obtenus sont souvent évalués sur la base de séries non homogénéisées et de périodes de temps qui ne correspondent pas toujours pour les débits et les concentrations. A ce stade de l'étude, l'application d'une méthode rigoureuse aurait été impossible, et souvent fort spéculative. Aussi, ces résultats ne prétendent-ils constituer qu'une reconnaissance des modes de distribution et de variation hydrochimiques, des phénomènes qui en sont la cause, avec la définition des gammes de salinités et des premiers ordres de grandeurs des exportations. Cette phase initiale a déjà permis d'orienter et de préciser la suite de l'opération dans le cadre du PHICAB.

L'étude de la physico-chimie des eaux du bassin amazonien doit permettre à terme :

- l'établissement de bilans hydrochimiques et la description des régimes hydrochimiques du bassin : variations dans le temps et dans l'espace des principales caractéristiques des teneurs en solution et en suspension et des exportations de matières des bassins versants, risque de colmatage de sites de retenue.
- L'explication mécanique et géochimique des phénomènes d'érosion-transport-sédimentation.
- L'écologie hydrochimique des grands types de milieux aquatiques.

- La qualité des eaux et leur possibilité d'utilisation pour l'irrigation, l'alimentation d'agglomérations et d'usines.
- L'utilisation des caractéristiques physico-chimiques des eaux à des fins hydrologiques : évaluation des débits relatifs aux confluences, contribution à l'étude de mécanismes hydrologiques (origines de crues, systèmes d'inondations), contribution à la télédétection hydrologique (vérité sol).

2. LE SYSTEME HYDROLOGIQUE , SON FONCTIONNEMENT

Le Río Madera prend naissance dans le nord de la Bolivie à la confluence de quatre grands fleuves : le Madre de Dios, le Beni, le Mamoré, tous trois originaires de la Cordillère Orientale des Andes, et l'Itenez (ou Guaporé) issu du Bouclier Brésilien (fig. 2 et 3). Ces cours d'eau débouchent depuis les zones de reliefs dans la vaste plaine, très plate (llanos), constituée entre les Andes et le Bouclier, par l'accumulation de sédiments pliocènes et quaternaires dont le niveau, comme celui des eaux, est contrôlé par la remontée du socle qui affleure dans la zone de Guayaramerin-Cachuela Esperanza. Des superficies immenses y sont inondées lors des hautes eaux, plusieurs mois de l'année.

Dans les Andes, les bassins s'étalent depuis les glaciers, dont les plus hauts culminent entre 5200 et 7000 m, ou les régions semi-arides qui leur font souvent suite au sud-est de La Paz et le sud de la Cordillère, jusqu'à la forêt tropicale humide du piémont. Dans la plaine, la forêt est relayée à l'est par la savane inondable à forêt galerie mais réapparaît sur le Bouclier et dans le nord, après la confluence du Mamoré et de l'Itenez, où elle constitue la lisière de la forêt amazonienne.

Les terrains andins sont paléozoïques, mésozoïques, tertiaires et localement quaternaires. Ils ont été affectés par la phase de plisse-



Fig. 3 : Carte hydrographique de Bolivie

ments pliocène, avec par endroits du Crétacé supérieur et de l'Eocène plissés lors de la phase anté ou intra-oligocène. Les plus hauts sommets sont constitués de roches éruptives (granites). Le Permien ou le Crétacé contient des argiles rouges gypsifères dont les gisements sont localement exploités. Un gisement de chlorure de sodium est signalé dans le bassin du Rio Grande. Des schistes paléozoïques noirs ont la caractéristique de se couvrir d'exudations blanches en dehors des périodes de pluies rapprochées et d'être lessivés par celles-ci. L'étude montrera que ces dépôts sont essentiellement du sulfate de magnésium.

Les régimes hydrologiques peuvent être comparés au type tropical de transition (J. Rodier, 1963), à la limite des Andes, puis au type tropical dans la plaine, après la confluence des premiers cours d'eau d'origine montagnaise (Fig. 4). Ainsi les hydrogrammes à multiples crues se fondent vers l'aval pour donner naissance à la grande crue annuelle, précédée ou suivie souvent de petites crues bien différenciées. La crue annuelle apparaît de moins en moins dentelée de l'amont vers l'aval des grands fleuves. Elle est davantage régularisée, et

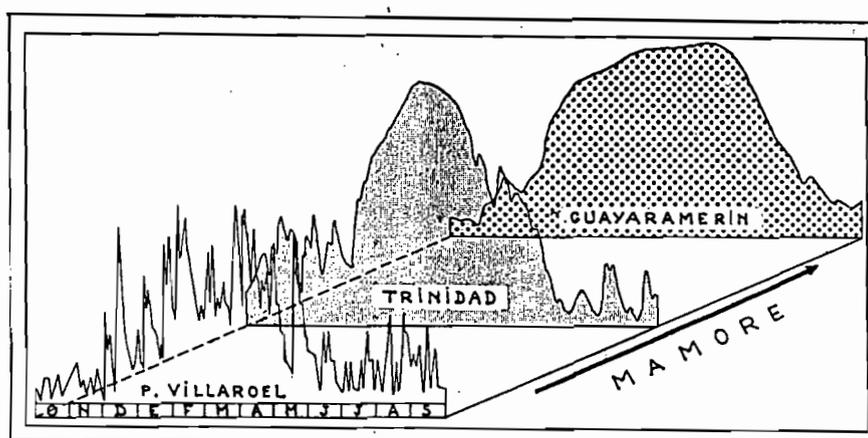


Fig. 4 : Formes des hydrogrammes depuis le pied des Andes jusqu'à la formation du Rio Madera. Exemple du Rio Mamoré.

l'hydrogramme plus aplati, sur le Mamoré et l'Itenez en raison de trajets plus longs et surtout des vastes zones d'inondation. Ceci explique également un retard des crues du Mamoré et de l'Itenez par rapport à celles du Beni et du Madre de Dios, lequel peut représenter un décalage de deux mois.

Ces inondations d'une ampleur remarquable, se répandent sur des superficies de l'ordre de 100 000 à 150 000 km², intéressant en particulier les bassins du Mamoré et de l'Itenez. Elles se produisent principalement à partir de la confluence des Ríos Chaparé, Ichilo et Grande, jusqu'à celle du Mamoré et de l'Itenez.

Pendant la période d'inondation, il apparaît, d'avion, que les eaux blanches et turbides des formateurs aval suffisent au remplissage du lit majeur du Mamoré, lequel de pente extrêmement faible ne permet pas de surcroît l'évacuation des eaux de la plaine latérale. Celles-ci originaires des pluies locales et du débordement des affluents, sont claires et de couleur noire rougeâtre car intimement mêlées au sol et à la végétation herbacée sur de faibles épaisseurs. Elles sont ainsi à la fois filtrées et enrichies en acide humique, d'où leur transparence et leur teinte. Le mélange entre ces eaux "blanches" et "noires" semble se réaliser progressivement mais la différence de couleur des eaux permet de distinguer des trainées latérales qui dénotent une composante longitudinale de l'écoulement des eaux d'inondation. L'Itenez, qui ne descend pas de reliefs prononcés et draine également de vastes zones inondées, charrie des eaux claires. Ces inondations se produisent de janvier à mai-juin, leur vidange vers les grands axes de drainage étant plus tardive vers l'aval.

3. LES BASSINS , STATIONS , SUPERFICIES ET ZONES GEOGRAPHIQUES

Les principaux bassins du système hydrologique et les stations

correspondantes suivantes, objet de mesures journalières, parfois hebdomadaires, seront étudiés successivement (Fig. 2, 3 et 5).

A. Rios Beni et Madre de Dios et Orthon

Rio Beni dans les Andes (73 670 km²)

- Rio Unduavi à Puente Villa
- Rio Taquesi à Puente Villa
- Rio Tamampaya à Puente Villa
- Yungas de La Paz (Rio Coroico)
- Rio Beni à Angosto del Bala (67 540 km²).

Rio Beni dans la plaine

- Rio Beni à Portachuelo (119 040 km²)

Rio Madre de Dios dans la plaine

- Rio Madre de Dios à Miraflores (124 220 km²)

Rio Orthon (32 370 km²)

- Rio Orthon à Caracoles (32 270 km²).

Rio Beni

- Rio Beni à Cachuela Esperanza (282 470 km²).

Rio Beni à la confluence avec le Rio Mamoré (283 350 km²).

B. Rios Grande, Mamoré et Itenez

Rio Grande dans les Andes

- Rio Grande à Abapo (59 840 km²)

Rios orientaux dans les Andes (29 000 km²)

- Rios Rapulo, Aperé, Securé, Chaparé, Ichilo, Yapacani, Pirai.
- Rio Ichilo à Puerto Villarroel.

Rio Mamoré dans la plaine

- Rio Mamoré à Puerto Ganadero (159 100 km²)
- Rio Ibaré à Puerto Almacen (5 320 km²).

Rio Itenez (303 280 km²)

- Rio Itenez à Campamento Moré-Vuelta Grande (302 000 km²).

Rio Mamoré

- Rio Mamoré à Guayaramerin (547 060 km²)

Rio Mamoré, confluence avec le Beni à Villa Bella (567 830 km²).

C. Rio Madera = Somme du Rio Beni et du Rio Mamoré (851 180 km²).

La répartition des bassins pris en considération dans l'étude des salinités, ainsi que leurs superficies et les zones géographiques correspondantes sont présentées ci-après (tableaux 1 et 3).

3.1. Système Beni-Madre de Dios-Orthon

Outre des prélèvements répartis sur l'ensemble des bassins (cf. cartes offset), et des mesures répétées tout au long du Rio Coroico dans les Yungas de La Paz, un ensemble de huit stations à observations journalières permet de caractériser les salinités et les exportations du système Beni-Madre de Dios-Orthon (Fig. 2).

Parmi ces stations, quatre d'entre elles intéressent les Andes. Trois sont situées en tête de bassin, la quatrième étant installée au pied de la Cordillère à Angosto del Bala où sont contrôlés 95% de la superficie de la zone andine du bassin du Rio Beni.

Plus en aval, un ensemble de quatre autres stations situées près des confluences du Beni avec le Madre de Dios et l'Orthon, et du Beni avec le Mamoré, permet de caractériser les apports de ces principaux formateurs.

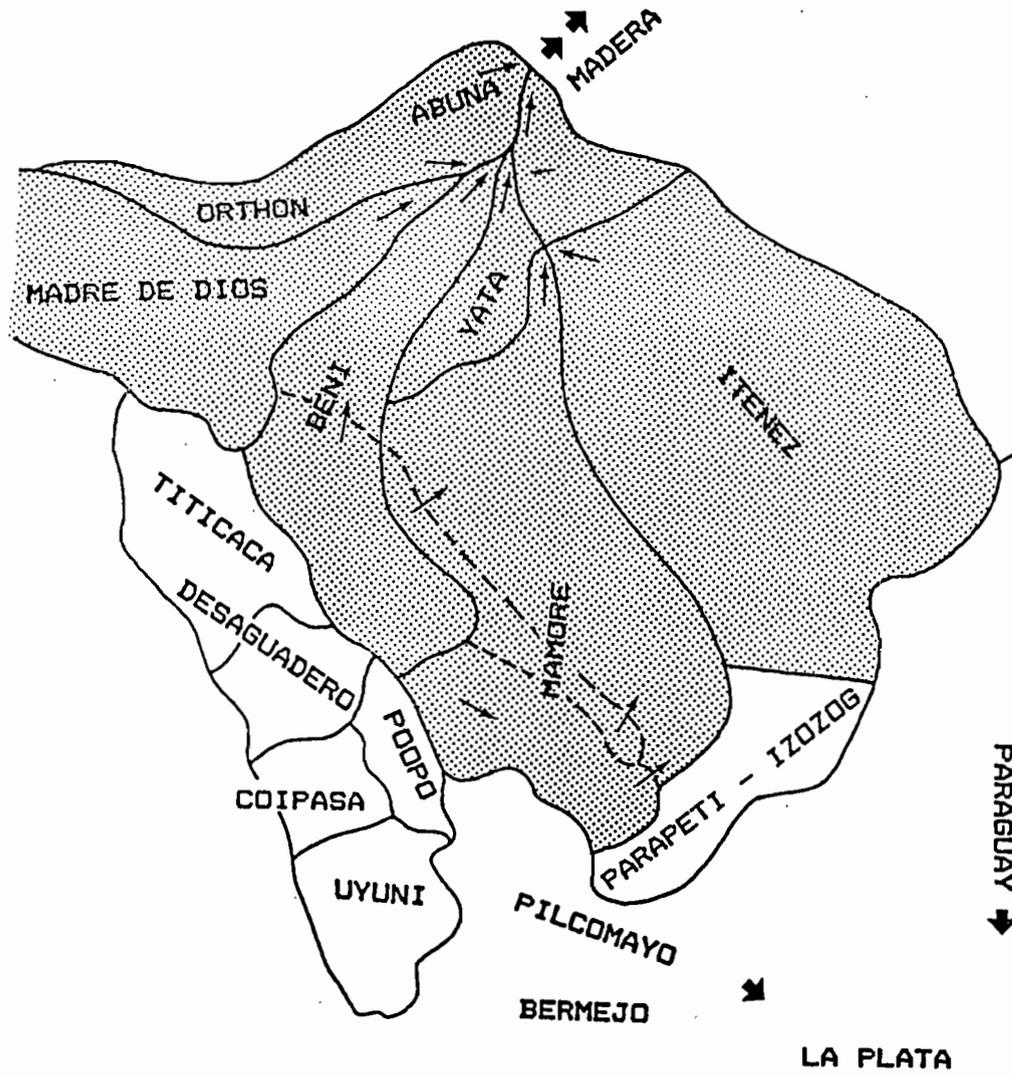


Fig. 5 : Les grands bassins étudiés en Amazonie bolivienne

Le PHICAB a installé la station hydrométrique de Portachuelo sur le Rio Beni et celle de Miraflores sur le Rio Madre de Dios, afin de pouvoir caractériser les apports au Rio Beni à la confluence de ces deux grands fleuves. Le Rio Orthon, peu en aval de cette confluence, contribue également à l'alimentation du Rio Beni. La station de Caracoles a été installée sur ce fleuve. La somme de ces différents apports est mesurée à la station de Cachuela Esperanza sur le Beni.

Le bassin du Rio Beni à Portachuelo couvre $119\,040\text{ km}^2$, dont $73\,670\text{ km}^2$ (61,9%) dans les Andes ($67\,540\text{ km}^2$ (56,7%) à Angosto del Bala, et $6\,130\text{ km}^2$ (5,15%) pour le Haut Madidi et la partie montagneuse de quelques petits affluents de rive gauche), et $45\,370\text{ km}^2$ (38,1%) dans la plaine. De Portachuelo à la confluence du Beni avec le Madre de Dios s'ajoutent $3\,340\text{ km}^2$, correspondant à un accroissement de 2,8%, représentés en grande partie par le bassin du Rio Ivon. La superficie totale du bassin du Beni à sa confluence avec le Madre de Dios est ainsi de $122\,380\text{ km}^2$ dont $73\,670\text{ km}^2$ (60,2%) dans les Andes ($67\,540\text{ km}^2$ (55,2%) à Angosto del Bala et $6\,130\text{ km}^2$ (5,0%) pour le Haut Madidi et la partie montagneuse des quelques petits affluents de rive gauche), et $48\,710\text{ km}^2$ (39,8%) dans la plaine.

Le bassin du Rio Madre de Dios couvre $124\,220\text{ km}^2$ à Miraflores, dont $42\,000\text{ km}^2$ (33,8%) dans les Andes (au-dessous de la courbe 500 m, de la carte topographique du Pérou au 1/1.000.000) et $82\,220\text{ km}^2$ (66,2%) dans la plaine. De Miraflores à la confluence du Madre de Dios avec le Beni, s'ajoutent 780 km^2 , représentant un supplément de 0,63% par rapport à la superficie amont. La superficie totale du bassin du Rio Madre de Dios à sa confluence avec le Rio Beni est ainsi de $125\,000\text{ km}^2$, dont $42\,000\text{ km}^2$ (33,6%) dans les Andes et $83\,000\text{ km}^2$ (66,4%) dans la plaine. La partie péruvienne couvre $95\,270\text{ km}^2$, soit 76,2% de la superficie totale du bassin.

Le bassin du Rio Orthon à Caracoles s'étend sur $32\,270\text{ km}^2$, totalement situés dans la plaine. De Caracoles à la confluence du Rio Orthon avec le Rio Beni, s'ajoutent 100 km^2 , représentant un accroissement de 0,3% par rapport à la superficie amont. La superficie totale du bassin de l'Orthon à sa confluence avec le Beni est ainsi de $32\,370\text{ km}^2$.

Entre la confluence du Rio Beni avec le Rio Madre de Dios et celle du Rio Beni avec le Rio Mamoré, le bassin du Rio Beni couvre $3\,600\text{ km}^2$, se divisant au niveau de Cachuela Esperanza en une partie amont de $2\,720\text{ km}^2$ et une partie aval de 880 km^2 .

La superficie totale des bassins du Rio Beni et du Rio Madre de Dios à leur confluence, plus la totalité de celle du bassin du Rio Orthon, est de $279\,750\text{ km}^2$.

La superficie totale du bassin du Rio Beni à Cachuela Esperanza est ainsi de $282\,470\text{ km}^2$, représentant par rapport aux trois bassins limités à Portachuelo, Miraflores et Caracoles, un supplément de $6\,940\text{ km}^2$ (2,5%) par rapport à la partie amont.

L'accroissement de superficie du bassin du Rio Beni, entre Cachuela et la confluence avec le Rio Mamoré, est de 880 km^2 , soit 0,3% par rapport à l'ensemble amont. La superficie totale du bassin du Rio Beni à sa confluence avec le Mamoré est ainsi de $283\,350\text{ km}^2$.

Le tableau 1 récapitule l'ensemble des superficies de ces bassins.

3.2. Système Grande-Mamoré-Itenez

Outre des prélèvements répartis sur l'ensemble des bassins

(cf. cartes offset), un ensemble de sept stations à observations journalières permet de caractériser les salinités et les exportations du système Rio Grande-Mamoré-Itenez, jusqu'au Rio Madera (fig. 2 et 5).

Parmi ces stations, deux d'entre elles sont situées à la sortie des Andes (Abapo) ou dans le piémont (Puerto Villarroel). La première station contrôle un bassin andin de $59\,840\text{ km}^2$, la seconde comprend une partie du bassin andin complémentaire du Rio Mamoré situé entre les bassins des Rios Grande et Beni. Ce bassin complémentaire couvre $29\,000\text{ km}^2$. Le bassin andin du Rio Mamoré a ainsi une superficie de $88\,840\text{ km}^2$, répartis en 67,4% et 32,6% conformément aux deux bassins andins principaux précédents (tableau 2).

Plus en aval, le bassin du Rio Mamoré à Puerto Ganadero (Trinidad), couvre $159\,100\text{ km}^2$ dont 41,1% dans les Andes et 58,9% dans la plaine.

Le petit bassin affluent du Rio Ibaré, contrôlé à la station de Puerto Almacen s'étend sur $5\,320\text{ km}^2$, totalement dans la plaine en grande partie inondée en période des pluies et des hautes eaux. Ce bassin représente 2,6% de la superficie totale du bassin du Rio Mamoré.

L'ensemble du Rio Mamoré est contrôlé à Puerto Siles où la superficie du bassin atteint $216\,240\text{ km}^2$. La totalité du bassin jusqu'à la confluence du Rio Mamore avec le Rio Itenez couvre $222\,070\text{ km}^2$. L'accroissement de superficie par rapport à Puerto Siles est de $5\,830\text{ km}^2$, soit 2,6%. A cette confluence, la superficie de la plaine représente $127\,400\text{ km}^2$ soit 57,4% du bassin, et celle des Andes 42,6%.

Le Rio Itenez est observé aux deux stations de Vuelta Grande et Campamento More où le bassin versant est d'environ $302\,000\text{ km}^2$. La superficie totale est de $303\,280\text{ km}^2$ à la confluence avec le Rio

Beni, soit un accroissement total de 0,4% par rapport aux stations précédentes.

A leur confluence, les deux fleuves drainent un bassin total de 525 350 km² dont 16,9% sont situés dans les Andes et 20,3% au Brésil.

La station d'observation suivante est Guayaramerin, sur le Rio Mamoré, point de contrôle des apports groupés du Mamoré et de l'Itenez. L'accroissement de superficie du bassin est de 28 820 km² (5,6%) par rapport aux stations de Puerto Siles et Vuelta-Grande, et de 21 710 km² (4,1%) par rapport à la confluence Rio Mamoré-Rio Itenez.

3.3. Le Rio Madera et l'Amazonie bolivienne

Enfin, le bassin total du Rio Mamoré à Villa Bella, c'est-à-dire à la confluence de ce fleuve avec le Rio Beni où commence le Rio Madera, est de 567 830 km². L'accroissement du bassin par rapport à Guayaramerin est de 20 770 km², soit 3,8%. Pour l'ensemble des 567 830 km² du bassin du Mamoré, 303 280 km² correspondent au bassin de l'Itenez (53,4%), 222 070 km² au bassin du Mamoré (39,1%) dont 88 840 km² dans les Andes (15,6%) et 478 990 km² dans la plaine + bouclier brésilien (84,4%), 42 480 km² au complément en aval de la confluence Mamoré-Itenez (7,5%).

En aval de la confluence du Mamoré avec le Beni à Villa Bella, le Rio Madera s'accroît jusqu'à la sortie de Bolivie, des apports du Rio Abuna et de ceux de petits affluents boliviens et brésiliens. La superficie supplémentaire en Bolivie est ainsi de 24 040 km² dont 23 200 km² revenant au bassin du Rio Abuna. Ce bassin a une superficie totale de 33 070 km², le complément se trouvant au Brésil.

Tableau 2 : SUPERFICIE DES BASSINS VERSANTS AMAZONIENS DE BOLIVIE

ORTHON-MADRE DE DIOS-BENI

Bassin	Zone	Station	Superficie Km ²	Partiel %	Total %	
BENI (Alto Beni + Kaka) (Madidi + affluents) Total	Andes	Angosto del Bala	67 540	91,7	23,8	
	Andes	Altitude 500 m	6 130	8,3	2,2	
	Andes	-	73 670	100	26,0	
	Andes	Portachuelo	73 670	61,9	26,0	
	Plaine	Portachuelo	45 370	38,1	16,0	
	Plaine + Andes	Portachuelo	119 040	100	42,0	
Complément (Portachuelo-confluence)	Plaine	Confluence MDD	3 340	2,7	1,2	
TOTAL	Andes	Confluence MDD	73 670	60,2	26,0	
	Plaine	Confluence MDD	48 710	39,8	17,2	
	Plaine + Andes	Confluence MDD	122 380	100	43,2	
MADRE DE DIOS	Pérou	Frontiere	95 270	76,7	33,6	
	Andes	Altitude 500 m	42 000	33,8	14,8	
	Plaine	Miraflores	82 220	66,2	29,0	
	Andes + Plaine	Miraflores	124 220	100	43,8	
	Complément (Miraflores-Confluence)	Plaine	Confluence B.	780	0,6	0,3
	TOTAL	Pérou	Confluence B.	95 270	76,2	33,6
	Andes	Confluence B.	42 000	33,6	14,8	
	Plaine	Confluence B.	83 000	66,4	29,3	
	Plaine + Andes	Confluence B.	125 000	100	44,1	
ORTHON Complément (Caracoles-confluence) TOTAL	Plaine	Caracoles	32 270	99,7	11,4	
	Plaine	Confluence B.	100	0,3	0,04	
	Plaine	Confluence B.	32 370	100	11,4	
	Pérou	Confluence B.	12 280	37,9	4,3	
	Bolivie	Confluence B.	20 090	62,1	7,1	
BENI 3 stations MPC Complément (MPC* - confluences) Complément (MPC-Cachuela E.) Complément (confluences-Cachuela E.) Complément (Cachuela E.-Villa Bella)	Plaine + Andes	MPC	275 530	100	97,2	
	Plaine	Confluences	4 220	0,15	1,5	
	Plaine	Cachuela E.	6 940	0,25	2,4	
	Plaine	Cachuela E.	2 720	0,1	0,96	
	Plaine	Villa Bella	880	0,03	0,31	
Confluences Beni-MDD-Orthon Total	Plaine + Andes	Confluences	279 750	100	98,7	
	Andes	Confluences	115 670	41,3	40,8	
	Plaine	Confluences	164 080	58,7	57,9	
	Plaine + Andes	Cachuela	282 470	100	99,7	
	Andes	Cachuela	115 670	40,9	40,8	
	Plaine	Cachuela	166 800	59,1	58,9	
	Pérou	Cachuela	107 550	38,1	38,0	
	Bolivie	Cachuela	174 920	61,9	62,0	
	Confluence avec Mamore	Plaine + Andes	Villa Bella	283 350	100	100
		Andes	Villa Bella	115 670	40,8	40,8
	Plaine	Villa Bella	167 680	59,2	59,2	
	Pérou	Villa Bella	107 550	38,1	38,1	
	Bolivie	Villa Bella	175 820	62,1	62,0	

*MPC = ensemble des stations Miraflores + Portachuelo + Caracoles.

Tableau 2 : SUPERFICIE DES BASSINS VERSANTS AMAZONIENS DE BOLIVIE

GRANDE-MAMORE-ITENEZ

BASSIN	ZONE	STATION	Superficie Km 2	Partiel %	Total %
Grande Affluents Grande + Mamoré Grande + Mamoré	Andes	Abapo	59 840	67,4	7,0
	Andes	Altitude 500 m	29 000	32,6	3,4
	Andes	Altitude 500 m	88 840	100	10,4
Mamore	Andes	Pto. Ganadero	84 680	53,2	9,9
	Plaine	Pto. Ganadero	74 420	46,8	8,7
	Total	Pto. Ganadero	159 100	100	18,7
Ibare	Plaine	Pto. Almacen	5 320	100	0,6
Mamore	Andes	Pto. Siles	88 840	41,1	10,4
	Plaine	Pto. Siles	127 400	58,9	15,0
	Total	Pto. Siles	216 240	100	25,4
Mamore (complément)	Pto. Siles-Confluence	Confluence I	5 830	100	0,7
Mamore	Andes	Confluence I	88 840	40,0	10,4
	Plaine	Confluence I	133 230	60,0	15,7
	Total	Confluence I	222 070	100	26,1
Itenez	Plaine-bouclier	Vuelta Grande	302 000	99,6	35,5
	Complément aval	Confluence M.	1 280	0,4	0,2
	Brésil	Confluence M.	106 740	35,2	12,5
	Bolivie	Confluence M.	196 540	64,8	23,1
	Total	Confluence M.	303 280	100	35,6
Mamore + Itenez	Brésil	Confluence M.I.	106 740	20,3	12,5
	Andes	Confluence M.I.	88 840	16,9	10,4
	Plaine + bouclier	Confluence M.I.	436 510	83,1	51,3
	Total	Confluence M.I.	525 350	100	61,7
Bassins brésiliens complémentaires Bassins boliviens complémentaires Bassins totaux complémentaires	Rive droite	-	17 970	3,3	2,1
	Rive gauche	-	3 740	0,6	0,4
	Rive droite + gauche	-	21 710	4,0	2,6
Mamore	Andes	Guayaramerin	88 840	16,2	10,4
	Plaine + bouclier	Guayaramerin	458 220	83,8	53,9
	Brésil	Guayaramerin	124710	22,8	14,7
	Total	Guayaramerin	547 060	100	64,3
Yata Bassins brésiliens complémentaires Bassins boliviens complémentaires	Plaine	Confluence M.	17 870	3,1	2,1
	Rive droite	-	2 700	0,5	0,3
	Rive gauche	-	200	0,03	0,02
Bassins totaux complémentaires	Rive droite + gauche	-	20 770	3,7	2,4
Mamore total	Total	Villa Bella	567 830	100	66,7
Mamore total	Andes	Altitude 500 m	88 840	15,6	10,4
	Plaines + bouclier	Villa Bella	478 990	84,4	56,3
	Brésil	Villa Bella	127 410	22,4	15,0
	Bolivie	Villa Bella	440 420	77,6	51,7
	Itenez	Confluence M.	303 280	53,4	35,6
	Mamore	Confluence I.	222 070	39,1	26,1
	Confluence-V. Bella Mamore s.l.	Villa Bella	42 480	7,5	5,0
	Villa Bella	264 550	46,6	31,1	

Tableau 3 : SUPERFICIE DES BASSINS VERSANTS AMAZONIENS DE BOLIVIE

RIO MADERA

Bassin	Zone	Station	Superficie Km 2	Partiel %	Total %
MADERA	Total	Villa Bella	851 180	100	100
	Pérou Brésil Bolivia	Frontiere	107 550	12,6	12,6
		Frontiere	127 410	15,0	15,0
		Frontiere	616 220	72,4	72,4
	Andes totales Plaines + Bouclier	500 m	204 510	24,0	24,0
		Confluence B.M.	646 670	76,0	76,0
	Orthon Madre de Dios Beni s.l. Mamore s.l. Itenez Systeme Beni Systeme Mamoré	Confluence B.	32 370	3,8	3,8
		Confluence B.	125 000	14,7	14,7
		Villa Bella	125 980	14,8	14,8
		Villa Bella	264 550	31,1	31,1
Confluence M.		303 280	35,6	35,6	
Villa Bella		283 350	33,3	33,3	
Villa Bella		567 830	66,7	66,7	
ABUNA	Bolivie	Abuna	23 200	70,2	-
	Brésil	Abuna	9 870	29,8	-
	Total plaine	Abuna	33 070	-	-
Complément (Villa Bella-Abuna) Complément (Villa Bella-Abuna) TOTAL	Bolivie	Abuna	840	-	-
	Brésil	Abuna	2 900	-	-
	"	"	36 810	-	-
MADERA	TOTAL	Abuna	887 990	100	100
	Bolivie Pérou Brésil	Abuna	640 260	72,1	72,1
		Abuna	107 550	12,1	12,1
		Abuna	140 180	15,8	15,8
	Andes totales Plaine + bouclier	Abuna	204 510	23,0	23,0
		Abuna	683 480	77,0	77,0
	Abuna + complément Orthon Madre de Dios Beni s.l. Mamoré Itenez	Abuna	36 810	4,1	4,1
		Abuna	32 370	3,6	3,6
		Abuna	125 000	14,1	14,1
		Abuna	125 980	14,2	14,2
Abuna		264 550	29,8	29,8	
Abuna		303 280	34,2	34,2	
Abuna		303 280	34,2	34,2	
Systeme Beni Systeme Mamoré Systeme Abuna + Compl.	Abuna	283 350	31,9	31,9	
	Abuna	567 830	63,9	63,9	
	Abuna	36 810	4,2	4,2	
ACRE	Bolivie	Cobija	1 930	100	-
TOTAL	Bolivie	Amazonie	642 190	100	-

Entre Villa Bella et Abuna, le bassin du Rio Madera s'accroît de 36 810 km², couvrant une superficie totale de 888 000 km² dont 72% en Bolivie, 12% au Pérou et 16% au Brésil. Cette superficie est répartie pour 23% dans les Andes et 77% dans la plaine et sur le Bouclier brésilien. Le système général du Beni y représente 32% contre 64% pour le système général du Mamoré (cf. tableau 3).

Le bassin du haut Madera en Bolivie (sans le système Parapeti-Izozog) couvre ainsi 640 260 km². Le bassin amazonien dans son ensemble comprend de plus une petite partie du bassin du Rio Acre, soit 1 930 km². La superficie totale du bassin Amazonien de Bolivie est ainsi de 642 200 km².

4. LA PLUVIOMETRIE DES BASSINS

La carte de pluviométrie moyenne annuelle (Fig. 6), réduction d'une reproduction offset au 1/4 000 000 (M.A. Roche, N. Rocha, 1985), montre la distribution spatiale des pluies sur les bassins étudiés. Les pluviométries moyennes ont été évaluées dans le cadre de l'établissement des bilans hydrologiques (O. Espinoza, 1985; W. Garcia, 1985; N. Abasto, C. Cruz, à paraître).

Le bassin du Rio Mamoré peut être subdivisé en trois zones :

- Le bassin du Rio Grande dans sa partie supérieure est semi-aride, avec des valeurs minimums de l'ordre de 480 mm dans la région de Cochabamba. Une zone à forte pluie, avec un maximum de 1700 mm sur les premiers reliefs des Andes, est à noter à l'ouest d'Abapo. La pluie moyenne sur le bassin est évaluée à 750 mm.
- Les bassins andins des affluents du Mamoré, situés entre ceux du Rio Grande et ceux du haut-Beni, sont les plus arrosés de Bolivie avec des hauteurs de pluies comprises entre 2000 et 6000 mm, le maximum se situant sur les deux formateurs du Chaparé (l'Espiritu Santo

et le San Mateo), sur le Haut-Securé, sur le Chimoré et le Sacta. La précipitation moyenne sur cet ensemble est estimée à 3000 mm.

- La plaine, avec des précipitations comprises entre 800 mm sur le Rio Grande, 3000 mm sur l'Ichilo, 1900 mm au début du Madera. L'augmentation des hauteurs de pluie s'observe vers le Nord (800 à 1900 mm) et vers l'Ouest (1000-1900 mm à 2000-4000 mm). La pluie moyenne sur le bassin est évaluée à 1690 mm et 1800 mm sur l'ensemble du bassin du Mamoré.

Le bassin du Rio Itenez reçoit des précipitations comprises entre 900 mm au sud, 1800 mm à l'est et 1900 mm au nord-est.

Le bassin du Rio Beni dans sa partie andine reçoit de l'ordre de 800 à 1000 mm sur les sommets, plus de 4000 mm à la partie supérieure des vallées chaudes (Yungas). Les hauteurs de pluies dans les zones les plus abritées de ces vallées sont de l'ordre de 1500 mm. Les zones très protégées car situées à l'ouest des crêtes de la cordillère orientale, comme la vallée du Rio La Paz et Luribay, ont des précipitations comprises entre 300 et 500 mm. La pluie moyenne sur le bassin andin est estimée à 1630 mm.

Les pluies dans l'Alto-Beni varient entre 1500 et plus de 2000 mm, tandis que celles de la plaine sont comprises entre 1650 et 2000 mm. La pluviométrie moyenne sur le bassin de la plaine est évaluée à 1800 mm, et 1930 mm sur l'ensemble du bassin du Rio Beni.

Le bassin du Rio Madre de Dios reçoit des précipitations importantes, de 2500 mm à 7000 mm sur le versant andin, et de 1800 à 2500 mm dans la plaine.

La distribution spatiale des pluies apparaît très distincte selon les régions, tandis que la distribution temporelle des pluies mensuelles au cours de l'année présente la même forme sur l'ensemble

du bassin amazonien.

La variation saisonnière du climat est déterminée par les mouvements de la Zone Intertropicale de Convergence (ZITC) et les mouvements des anticyclones atlantique et pacifique entre lesquels se maintient fréquemment une vallée de basses pressions sur la Bolivie (fig. 7).

Pendant l'hiver austral, le ZITC atteint les Antilles et les anticyclones tropicaux s'établissent à leurs latitudes les plus septentrionales, voisines du bassin amazonien de Bolivie. C'est la saison sèche, caractérisée par une meilleure stabilité de l'air, avec cependant des pluies dues aux convections diurnes. Parfois, se produisent des intrusions d'air du Sud (Surazos), d'origine polaire avec la présence d'un front froid qui rencontre à cette époque une masse d'air peu humide.

En été austral, la Zone de Convergence revient vers la Bolivie puis oscille sur le pays. C'est la saison des pluies qui détermine finalement la distribution spatiale. Les Alizés venus du Nord-Est ou du Nord, ainsi que les turbulences de la ZITC (vagadas), maintiennent sur le bassin amazonien une masse d'air, dont l'humidité est recyclée à partir de la plaine amazonienne, et qui vient rencontrer les Andes, étant ainsi déviée vers le sud-est. Dans ces régions, elle se trouve en contact avec une masse d'air plus sèche venue du sud, parfois véritable masse polaire qui génère un front froid. Cette masse est formée d'une partie d'air du Pacifique, qui paraît avoir perdu une grande partie de son humidité sur les Andes du sud du Chili, puis qui transite sur les zones semi-arides de l'Argentine, et d'autre part, d'air atlantique venu du sud-est en abandonnant une partie de son humidité sur le sud du Brésil et du Paraguay. Cet air du sud s'insinue dans la plaine amazonienne, entre les Andes et les reliefs du Bouclier Brésilien.

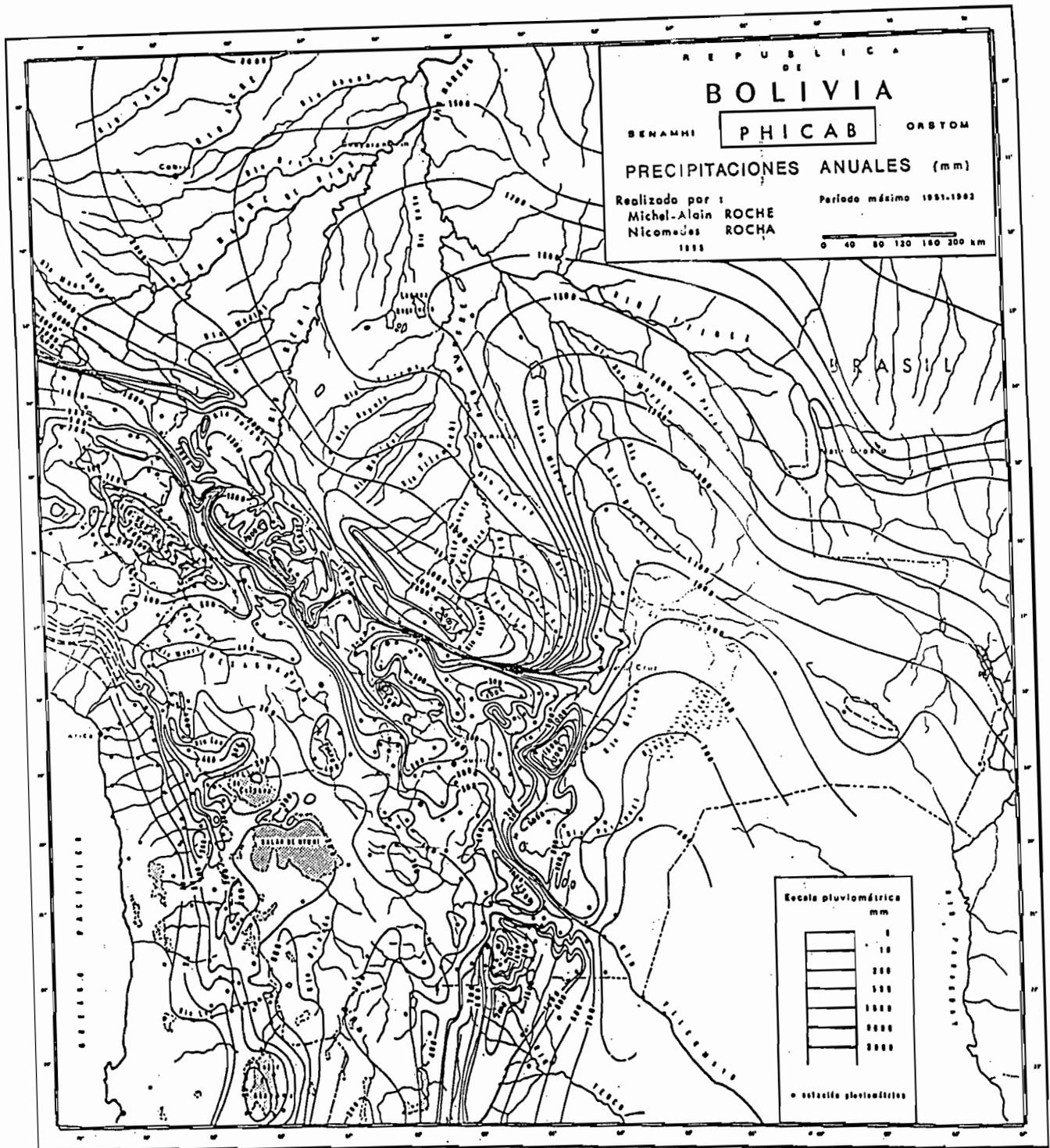
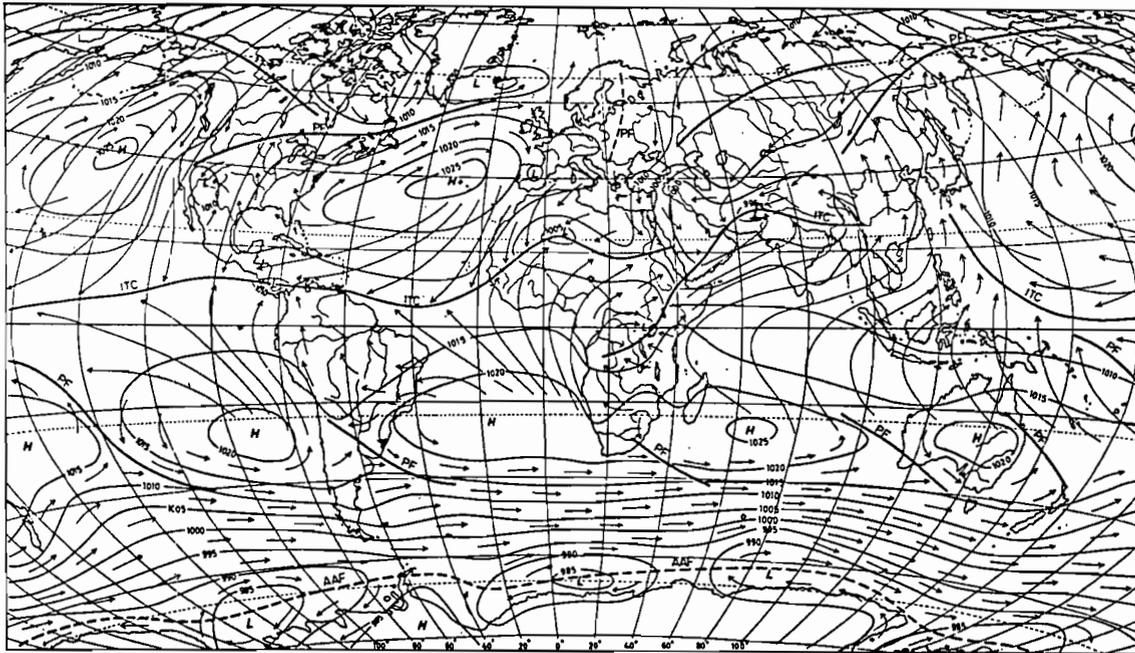
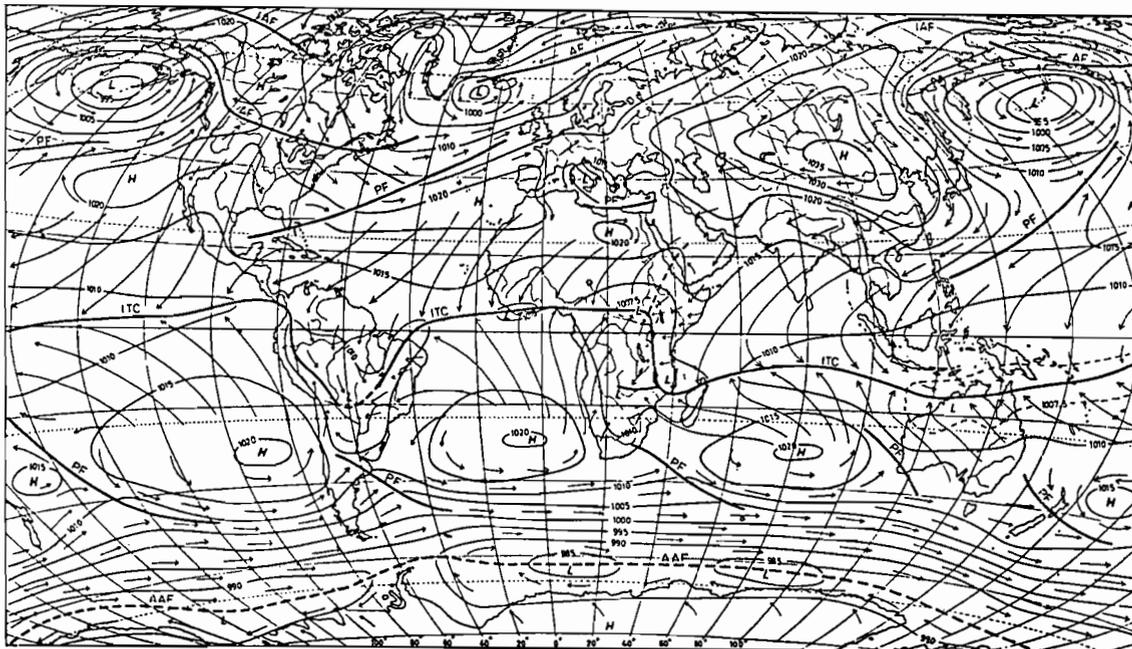


Fig. 6 : Précipitations moyennes annuelles sur les bassins (réduction de la carte offset au 1/4000 000)



JUILLET



JANVIER

Fig 7 : Pressions, vents, zones de convergences et fronts. Schéma "moyen" dans le monde et en Bolivie, basé sur des données de pressions pour la période 1931-1960 (D'après Liljequist GH-1970-Klimatologi, Generalstabens Litografiska Austalt. Stockholm).

L'influence de cette masse d'air, très marquée dans le sud de la Bolivie, avec des précipitations inférieures à 600 mm, diminue progressivement vers le nord de la plaine amazonienne où les précipitations atteignent plus de 2000 mm. La déviation de l'air humide le long des Andes, et son blocage dans les "baies" du relief au contact des premiers contreforts, déterminent de fortes précipitations dans des zones comme le Chaparé ou le haut Madre de Dios au Pérou où les pluies dépassent 6000 à 7000 mm. Au contraire, le blocage de l'air humide par les sommets de la Cordillère met à l'abri d'autres régions des Andes telles que celles de Cochabamba ou de Luribay et la majeure partie du bassin du Rio Grande. La descente de l'air dans ces zones déprimées, où il se réchauffe, n'est pas non plus favorable aux précipitations.

5. LE TRAITEMENT INFORMATIQUE DES DONNEES

Un ensemble de logiciels a été élaboré pour la saisie et le traitement des résultats hydrométriques et physico-chimiques, sur GOUPIIL 3, sbasic, 8", Flex 9, imprimante (EPSON FX 80) et traceur de courbe (Hitachi). Ces logiciels permettent :

- la saisie, la sortie en tableau sur imprimante ou sur écran, la correction avec changement de nom (état, opérationnel...) de fichiers par station pour :
 - . hauteurs journalières, liste de jaugeages, tracé de courbes d'éta-lonnage, hauteurs-débits, traduction hauteur-débit, constitution des débits journaliers.
 - . Conductivités ou toutes caractéristiques journalières (exemple tableau 21).
 - . Tracé sur écran ou sur traceur de la variation dans le temps des valeurs journalières (telles que les conductivités), et dans le même cadre graphique de l'hydrogramme, ou à défaut du limnigramme. Ce sont les logiciels PHICABHQ (L. Rubin de Celis, M.A. Roche-

1985), et PHICABC (A. Apotecker, M.A. Roche, L. Rubin de Celis-1985).

- . Tracés sur traceur, simultanément pour une même année (civile ou hydrologique), dans le même cadre graphique, des valeurs journalières de plusieurs stations, tels les limnigrammes ou les hydrogrammes de stations voisines sur un même bassin (fig.19).
- . Tracé sur traceur, simultanément pour une série d'années (civiles ou hydrologiques), dans le même cadre graphique, des valeurs journalières d'une même station, tels les limnigrammes ou les hydrogrammes (Fig. 45).
- La saisie, l'affichage sur écran ou sortie sur imprimante, la correction de tableaux de valeurs physico-chimiques (l, n, x, y).
- Le tracé de l'"histogramme" des teneurs spécifiques en ions pour chaque échantillon d'eau, en toutes unités (meq.l^{-1} , mg.l^{-1} , %, ...) avec choix de l'échelle du tracé (exemple : Fig. 64 et carte offset).
- Le tracé du diagramme des teneurs relatives, en "carré" ou en "camembert", avec choix de l'échelle du tracé (cf. carte offset des teneurs relatives) et de la dimension du côté du carré ou diamètre.
- Le calcul et le tracé de corrélations entre deux séries de valeurs, avec :
 - . choix entre ajustements : linéaire, exponentiel, de puissance, logarithmique, d'après les coefficients de corrélation affichés et le tracé graphique des points sur écran,
 - . tracé de la courbe sélectionnée (et des points) sur écran,
 - . option de tracé sur traceur (exemple : Fig. 8),
 - . option de sélection de points (formes et couleurs); nombreuses autres options.
- Tracé graphique sur traceur de profils longitudinaux d'évolution des teneurs ioniques, par bassin (exemple : Fig. 62).
- D'une façon générale, toutes possibilités de tracé standard, avec adaptation spécifique en conversationnel, de cadres graphiques et situation de points (x, y) en coordonnées arithmétiques ou logarithmiques.

6. METHODES DE MESURES ET D'ANALYSES , CORRELATIONS DE CARACTERISTIQUES

La conductivité est exprimée en microsiemens à 25°C (uS 25°C). La relation entre la somme des teneurs ioniques (Cl^- , SO_4^{--} , CO_3H^- , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) et la conductivité C (Fig.8) est :

$$S (\text{mg.l}^{-1}) = 0,797 \text{ Cond (uS)} - 9,37 \quad (1)$$

$$S (\text{meq.l}^{-1}) = 0,0214 \text{ Cond (uS)} - 0,283 \quad (2)$$

Les bicarbonates peuvent être acquis par dissolution de roches carbonatées ou par dissolution du gaz carbonique de l'atmosphère. Ce dernier cas se présente si le bassin ne contient pas de roches carbonatées. Dans le cas contraire, on considère que l'origine des bicarbonates est mixte. La salinité ionique globale provenant de l'érosion (pe) est alors intermédiaire entre la somme des teneurs de tous les ions et cette même valeur diminuée de la teneur en bicarbonates.

La relation entre la salinité pe (sans les bicarbonates) et la conductivité s'ajuste à une équation de puissance (Fig.8) :

$$pe (\text{mg.l}^{-1}) = 0,182 \text{ Cond}^{1,142} (\text{uS}) \quad (3)$$

$$r = 0,966 \quad 84 \text{ couples}$$

L'ajustement à cette équation n'est toutefois guère satisfaisant pour des conductivités supérieures à 500 uS. C'est pourquoi une courbe de relation a également été tracée à la main.

Le calcium et le magnésium ont été analysés par spectrométrie d'absorption atomique en flamme, le sodium et le potassium par spectrophotométrie d'émission de flamme.

Les chlorures, nitrates et phosphates ont été analysés par

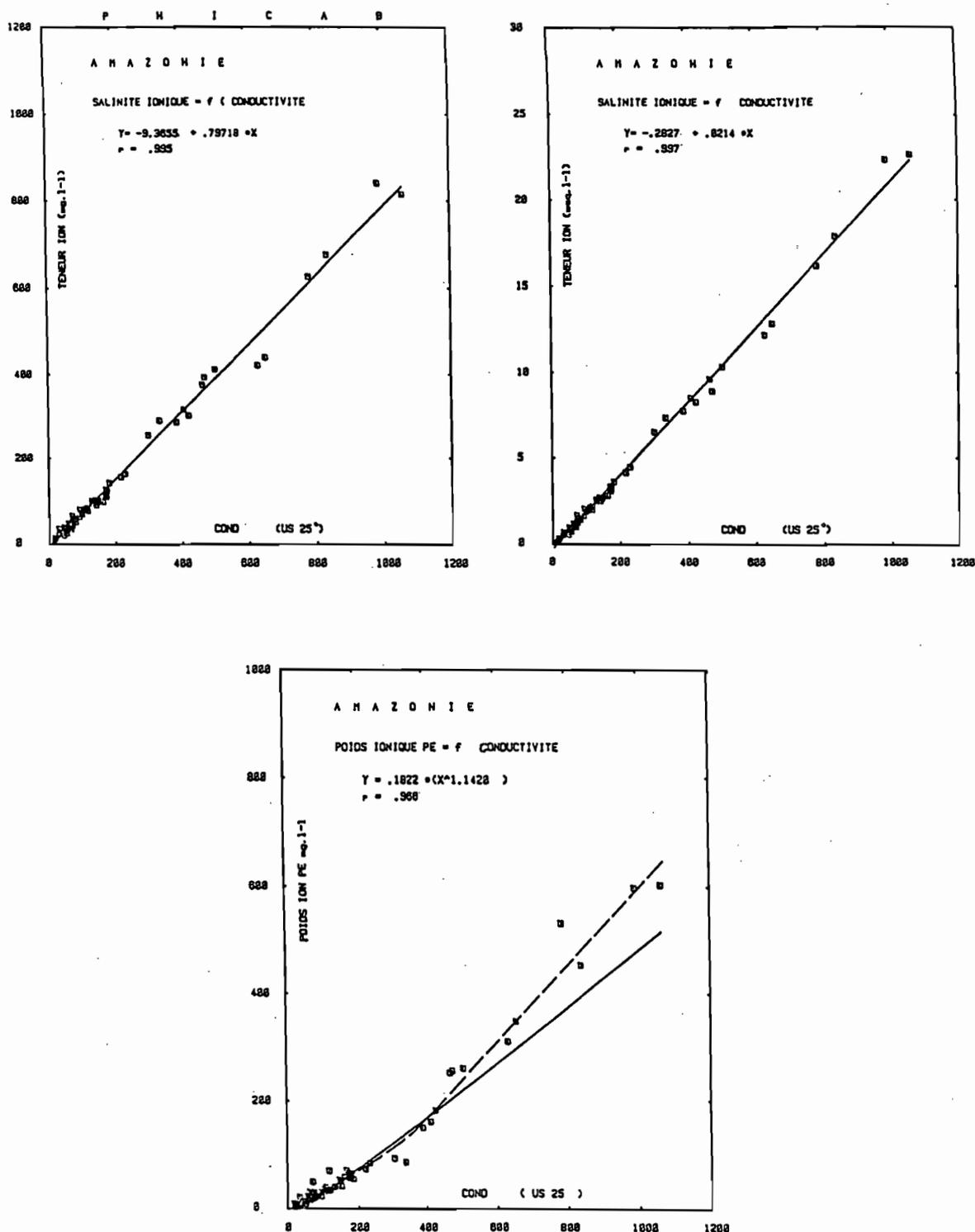


Fig. 8 : Régressions entre la conductivité et la salinité exprimée en meq.l^{-1} ou en mg.l^{-1} .

colorimétrie, et les sulfates par turbidimétrie, en flux continu sur Technicon.

L'alcalinité a été dosée sur le terrain, pour certaines eaux prélevées sur l'ensemble du bassin en avril-mai 1982, à l'acide sulfurique 0,0172 N avec l'héliantine et la phénolphathéine pour indicateurs colorés. Les teneurs sont présentées dans le tableau ci-après. Les dosages n'ont pas été refaits en laboratoire et les valeurs présentées sont calculées comme étant le complément de la balance ionique. Les dosages effectués sur le terrain n'ont pas mis en évidence des carbonates, aussi l'alcalinité sera considérée comme la teneur en bicarbonates.

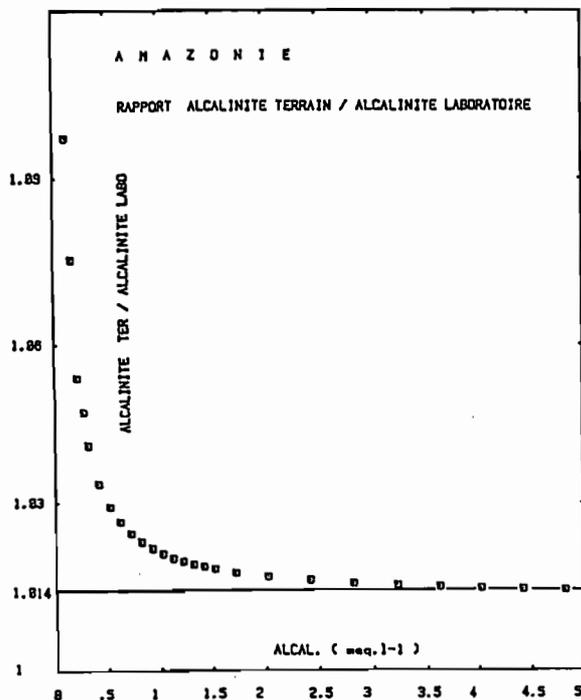
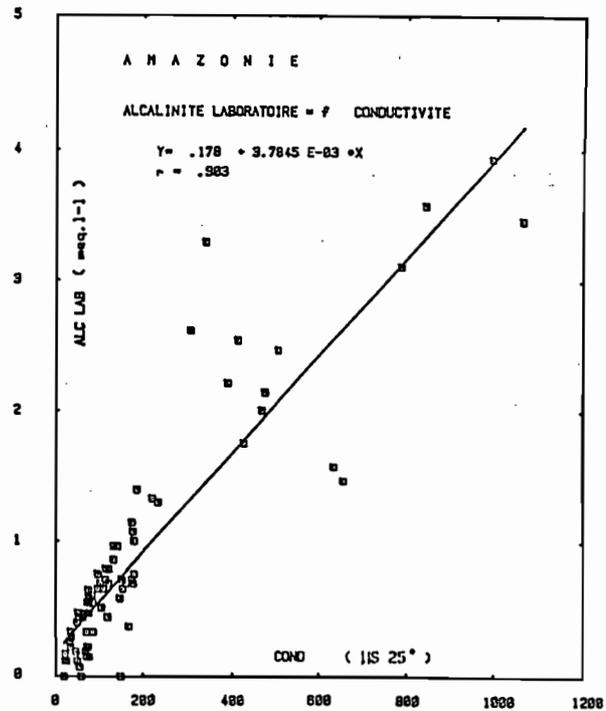
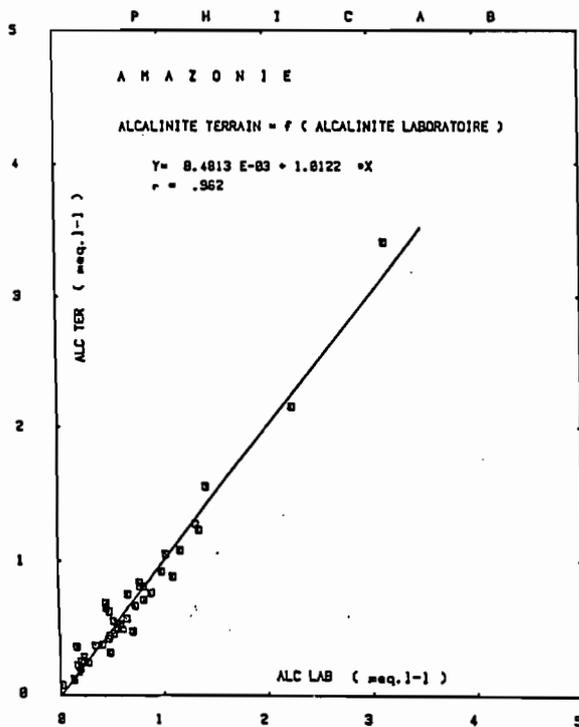
La régression entre l'alcalinité mesurée sur le terrain et l'alcalinité mesurée au laboratoire, exprimée en meq.l^{-1} , s'ajuste le mieux à une équation linéaire

$$\text{Alc ter} = 1,0122 \text{ Alc lab} + 0,0085$$

avec un coefficient de corrélation $r = 0,983$ pour 51 couples de valeurs (fig. 9).

L'écart relatif entre les deux types de valeurs, représenté par le rapport alcalinité terrain/alcalinité laboratoire, évolue en fonction de l'alcalinité (de laboratoire) entre 1,10 et 1,014 pour la gamme de valeurs rencontrées (tableau ci-après et fig. 9). Pour les valeurs d'alcalinité les plus fréquentes, l'écart est ainsi compris entre 5 et 2%. Ces faibles écarts identifiés pour l'ensemble des valeurs communes disponibles permettent de prendre en considération les valeurs obtenues par le complément de la balance ionique.

la corrélation entre l'alcalinité de terrain (meq.l^{-1}) et la con-



NO	NUM ECH	ALCAL. meq.l-1	At / Al
1	1	.1	1.097
2	2	.15	1.0753
3	3	.2	1.0536
4	4	.25	1.047
5	5	.3	1.0405
6	6	.4	1.0334
7	7	.5	1.0292
8	8	.6	1.0264
9	9	.7	1.0243
10	10	.8	1.0228
11	11	.9	1.0216
12	12	1	1.0207
13	13	1.1	1.0199
14	14	1.2	1.0193
15	15	1.3	1.0187
16	16	1.4	1.0183
17	17	1.5	1.0179
18	18	1.7	1.0172
19	19	2	1.0165
20	20	2.4	1.0158
21	21	2.8	1.0152
22	22	3.2	1.0149
23	23	3.6	1.0146
24	24	4	1.0143
25	25	4.4	1.0141
26	26	4.8	1.014

Fig. 9 : Régressions entre l'alcalinité et la conductivité, et entre l'alcalinité de terrain et de laboratoire.

ductivité (uS) s'ajuste le mieux à l'équation suivante :

$$\text{Alc lab} = 3,78 \cdot 10^{-3} \text{ Cond} + 0,178 \quad \text{avec } r = 0,904$$

pour 88 couples.

**LES EXPORTATIONS
HYDRIQUES ET SALINES GLOBALES
DU SYSTEME BENI-MADRE DE DIOS-ORTON**

1. LE BASSIN DU RIO BENI JUSQU'À SA CONFLUENCE AVEC LE MADRE DE DIOS

1.1. LE BASSIN VERSANT DU RIO BENI DANS LES ANDES

1.1.1. L'INTERIEUR DU BASSIN

Les salinités des eaux de grands formateurs du Rio Beni dans sa partie andine ont été mesurées sur des prélèvements réalisés en avril-mai 1982. Les points d'échantillonnage sont indiqués sur la carte offset, et les résultats, notamment de conductivité et de salinité représentée par la somme des teneurs ioniques, sont reportés dans le tableau en fin d'ouvrage.

- a) Dans la partie nord du bassins, trois cours d'eau ont fait l'objet de mesures (cf. cartes offset) : le Rio Consata, le Rio Zongo et le Rio Coroico qui confluent pour former le Rio Kaka. Les salinités tendent à augmenter de l'amont vers l'aval mais varient beaucoup d'une rivière à l'autre. Elles sont élevées sur le Rio Consata (60 à 410 mg.l^{-1}), moyennes sur le Rio Coroico (14 à 48 mg.l^{-1}) et faibles sur le Rio Zongo (7 à 16 mg.l^{-1}). Le Rio Kaka présente une salinité de 33 mg.l^{-1} .
- b) Un autre groupe, plus méridional, est formé du Rio Unduavi, du Rio La Paz et du Rio Luribay qui confluent pour former le Rio Boopi. La salinité des eaux augmente aussi vers l'aval. Cet accroissement est très net dans le Rio La Paz : de 20 mg.l^{-1} à Chacaltaya, elle atteint 287 mg.l^{-1} à Valencia, quelques dizaines de kilomètres en aval. L'augmentation est encore plus marquée après la confluence avec les cours d'eau venant de Luribay, avec une salinité de 430 mg.l^{-1} .

Cette minéralisation des eaux provient de la dissolution de formations à évaporites (gypse) et de dépôts pelliculaires blancs qui, entre chaque pluie, exudent des schistes par remontées capillaires. Il ressort d'une analyse que ces dépôts sont essentiellement du sulfate de magnésium et de calcium.

Par contre, le Rio Unduavi, avec une salinité de 25 mg.l^{-1} au village d'Unduavi et de 22 mg.l^{-1} plus en aval, apparaît moins salé. Son bassin, plus arrosé que ceux des Rios La Paz et de Luribay, lui confère une hydraulité et des dilutions plus fortes.

- c) Des mesures sont également disponibles pour d'autres affluents du Rio Alto Beni et du Rio Beni : le Rio Tieche présente une salinité de 46 mg.l^{-1} , le Quendeque 75 mg.l^{-1} , le Suapi 35 mg.l^{-1} , le Tuichi 99 mg.l^{-1} .

Les salinités mesurées dans le Rio Alto Beni et le Rio Beni, formés par la confluence de tous ces cours d'eau, sont comprises entre 86 et 110 mg.l^{-1} .

Dans l'ensemble du bassin andin du Rio Beni, les salinités apparaissent assez variables selon les cours d'eau, en fonction de la nature lithologique des bassins, de la position dans le profil longitudinal, de l'hydraulité des bassins. Il en ressort cependant que le Rio Alto Beni et le Rio Beni sont des fleuves de salinités relativement élevées.

1.1.2. LES RIOS UNDUAVI, TAQUESI ET TAMAMPAYA

Les deux cours d'eau Unduavi et Taquesi forment, en tête de bassin, le Tamampaya. Les salinités des eaux ont été mesurées quotidiennement sur les rivières, à la confluence située à Puente

Villa (Tableaux 4 à 6).

Les données disponibles pour le Rio Taquesi couvrent 32 mois avec un total de 858 jours. Les données journalières présentées pour le Rio Unduavi correspondent à une durée d'observation de 30 mois, avec un total de 771 jours. Pour le Rio Tamampaya, la durée d'observation est de 30 mois, avec un total de 844 jours.

Les figures 10 à 12 représentent la variation des conductivités journalières durant les années 1982 à 1985. La figure 13 montre la distribution des conductivités moyennes mensuelles au cours des trois dernières années, conformément aux résultats des tableaux 7a, b, c.

La tendance générale de la variation de la salinité est inverse de celle des débits bien qu'il existe parfois des exceptions. Le phénomène prédominant est donc une dilution des éléments dissous d'autant plus forte que les débits sont élevés.

Les conductivités moyennes sont de 53 US sur le Rio Taquesi, 37 US sur le Rio Unduavi et de 47 US sur le Rio Tamampaya.

1.1.3. LE RIO COROICO

Des mesures de conductivité ont été effectuées sur le Rio Coroico et sur plusieurs petits affluents de celui-ci, d'avril 1983 à avril 1985.

Les résultats de ces mesures périodiques sont présentés dans le tableau 8.

D'un site à l'autre, toujours selon les bassins, leur lithologie, leur superficie, leur pluviométrie, les salinités varient dans

RIO UNDUAVI A PUENTE VILLA

TABLEAU 4a . CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1982

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1												43
2												45
3												44
4												42
5												43
6												45
7												44
8												45
9						44						43
10												45
11						47						44
12												41
13						46						43
14												46
15						46						44
16												44
17						45						44
18												43
19						44						43
20						42						45
21						39						44
22						43						45
23						46						43
24						46						44
25						46						44
26						46						44
27						46						43
28						48						44
29						47						45
30						46						45
31												46
MOYENNE						45.4	43.7					

RIO UNDUAVI A PUENTE VILLA

TABLEAU 4b . CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1983

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1				33		40	40	32	32	38	37	38
2				35			40	34	30	41	34	32
3				36			40	36	31	30	32	34
4				36				36	31	33	32	34
5				34			40	37	31	28	33	33
6				38			40	36	33	30	35	32
7				33			40	37	33	30	35	32
8				34			40	37	34	34	37	32
9				37			41	39	33	37	38	36
10				33			40	38	34	35	38	35
11				33			41	40	32	34	37	35
12				37			41	39	30	27	37	34
13				35			41	38	31	40	38	33
14							43	39	31	39	37	34
15				35			43	31	32	36	38	35
16				38		40	48	32	33	37	46	35
17				37			36	38	33	34	39	35
18				38			40	38	34	38	34	36
19				38			40	33	34	34	40	37
20				36			42	38	35	37	41	35
21				38			43	37	37	37	38	35
22				35			42	36	38	37	21	33
23				37			42	37	37	40	34	33
24				39			42	38	35	35	36	35
25				38			41	38	36	40	38	34
26				30			29	39	36	42	36	34
27				39			33	30	34	29	33	36
28				39			37	41	36	28	33	35
29				41			39	31	37	42	34	34
30				39			39	32		38	37	36
31							31	30		37		
MOYENNE				36.2		40.0	39.8	36.1	33.6	35.4	35.9	34.4

RIO UNDUAVI A PUENTE VILLA

TABLEAU 4 c . CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1984

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	29	36	32	50	41	46	42	49	43	48	39	33
2	35	37	34	40	42	50	43	50	40	46	36	37
3	34	43	37	38	43	44	41	46	43	45	38	34
4	34	39	37	38	41	42	41	48	42	47	38	33
5	35	41	36	45	41	33	44	48	43	43		33
6	30	38	38	45	60	38	42	44	42	44	38	36
7	34	42	41	40	41	38	41	50	43	44	39	32
8	36	37	47	34	36	39	41	35	43	43	37	29
9	38	27	50	28	44	40	43	38	43	43	36	36
10	37	39	37	39	42	40	43	35		41	36	29
11	37	29	35	37	50	40	42	33	43	39	31	32
12	35	41	38	37	41	40	43	36	44	43	25	31
13	36	38	38	41	44	42	43	43	46	50	36	29
14	36	37	39	41	43	41	43	43	44	42	37	31
15	36	37		40	43	40	43	44	44	42	37	33
16	35	37		47	47	47	43	45	43	43	34	32
17	36	40		50	49	41		47	46	42	35	32
18	37	41		50	48	39	43	44	47	39	35	33
19	46	47	35	48	45	39	44	45	48	41	35	33
20	33	49	36	48	50		44	40	45	41		33
21	33	47	32	46	44	42	45	41	47	42	27	34
22	36	38	40	45	43	40	43	41	46	41	34	29
23	37	34	41	46	44	41	44	41	46	42	34	32
24	37	37	37		43	43	44	41	46	42	35	33
25	38	39	38		45	46	44		49	40	34	35
26	36	41	35		47	42	43	41	48	37	31	36
27	35	36	36		47	41	44	42	48	39	33	34
28	33	34	42		47	41	44	44	41	39	30	31
29	32	34	40		45	41	44	43	45	41	34	31
30	23		28	38	47	40	49	46	44	39	31	34
31	28		34		45			44		35		38
MOYENNE	34.8	39.1	37.6	42.1	44.8	41.3	43.2	42.9	44.6	42.0	34.9	32.9

RIO UNDUAVI A PUENTE VILLA

TABLEAU 4 d . CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1985

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1		45	31			26		47	25		22	24
2		35				27		52		23	24	14
3		53				27		48	25	22	28	14
4		36				26		48			17	15
5		46				28		48	27		16	29
6		30				27		48	29		17	28
7		32				26		48	28	46	15	14
8		33			36	29		48	29	22	15	26
9		32			38		28	46	27		16	
10		32			38		25	49	28		17	
11		30			38		25	47	25		16	
12		32			51		25	50	25		31	
13		32			40		39	48	27		39	
14		30			40		27		32		30	
15		31			57		54	43	22		41	
16		32			41		50	28	25		38	
17		34					48	30	21		45	
18		39		37			49	27			59	
19		35		26			24	27	21		66	
20		31		39			25	27	39		34	
21		31		37			49	27	38		31	
22		31					26	27	40		37	
23		33		36				42	21		58	
24		35		35		28	49	28	20		62	
25		33		31		28	51	26	27		65	
26		29		31		55	49	26	27		43	
27		29		32		25	54	26	24		68	
28		31		51		26	26	27			36	
29				34		26	24	25	25		68	
30				34		28	27	28			69	
31							26	25				
MOYENNE		34.0	31.0	36.1	42.1	28.9	37.3	37.2	27.1	28.2	37.4	20.5

RIO TAQUESI A PUENTE VILLA

TABLEAU 5 a . CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1982

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1												66
2												85
3												85
4												85
5												76
6												80
7												80
8												82
9						61						89
10												86
11												81
12												88
13						77						65
14												61
15						78						87
16												85
17						79						82
18												82
19						84						82
20						81						78
21						78						78
22						68						83
23						85						85
24						82						83
25						82						80
26						79						79
27						94						81
28						89						83
29						91						84
30						85						84
31												91
MOYENNE						80.8						82.3

RIO TAQUESI A PUENTE VILLA

TABLEAU 5 b . CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1983

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1			54	53	74	68	72	47	36	58	62	45
2			59	56	69	64	82	57	40	55	41	48
3			52	55	67	66	78	69	45	46	48	49
4			52	56	67	66	44	60	41	46	49	57
5			49	47	75	66	90	64	43	49	53	44
6			61	51	67	66	78	65	51	52	57	50
7			54	45	69	66	77	76	52	53	57	35
8			56	47	74	68	76	65	54	55	58	38
9			59	48	71	70	77	66	53	72	60	55
10			60	47	75	71	76	66	53	72	57	49
11			52	44	75	58	74	68	49	58	62	51
12			47		74	59	77	69	42	55	62	49
13			44	53	47	59	75	69	45	59	61	53
14			43	54	48	65	76	65	49	59	61	59
15			37	53	60	68	81	63	53	62	60	46
16			45	54	55	70	80	63	56	75	61	52
17			45	56	60	71	54	65	57	74	63	51
18			52	54	62	71	66	66	58	62	64	51
19			50	58	65	72	70	59	61	57	66	54
20			46	55	64	69	75	58	59	56	69	55
21			50	54	68	72	75	62	53	61	57	52
22			52	51	68	71	73	66	59	76	52	39
23			61	55	68	71	73	67	59	78	41	51
24			55	57	71	73	73	68	56	50	54	62
25			55	59	71	72	73	69	56	61	58	58
26			57	60	78	73	39	69	59	62	49	49
27			57	61	79	67	44	68	58	62	49	54
28			59	59	74	65	59	45	58	62	47	56
29			60	59	78	67	65	42	59	66	52	49
30			62	59	79	72	66	44		65	49	52
31			64		76		46	38		62		
MOYENNE			53.2	53.8	68.6	67.8	69.8	61.8	52.3	60.6	55.9	50.6

RIO TAQUESI A PUENTE VILLA

TABLEAU 5c . CONDUCTIVITES JOURNALIERES (uS)

PHICAB
ANNEE 1984

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	54	41	52	54	56	76	72	87	81	74	55	48
2	45	37	52	56	58	76	68	86	80	71	49	47
3	41	39	45	45	60	74	72	86	82	75	44	43
4	42	40	39	50	60	70	68	84	77	72	47	41
5	41	33	45	53	61	43	73	84	80	79	43	46
6	36	36	44	56	62	49	72	79	81	70	47	49
7	34	39	52	57	62	49	73	69	76	71	42	49
8	40	34	50	55	62	52	73	48	81	68	50	44
9	35	36	54	57	64	62		40	83	68	38	49
10	41	45	52	57	64	64	75	52	84	70	46	51
11	48	46	40	70	66	66	78	48	55	71	37	45
12	46	47	49	62	67	69	76	55	83	67	51	49
13	41	44	36	63	70	70	78	68	84	66	50	42
14	39	43	37	63	65	67	77	79	84	72	36	47
15	42	42		62	73	69	74	78	82	49	41	62
16	46	42		66	72	74	76	78	82	57	38	60
17	39	40		66	74	73	43	81	85	60	43	60
18	46	42		64	74	64	77	77	87	65	37	59
19	36	43	41	62	71	69	80	78	80	63	38	60
20	48	44	43	62	73	70	80	68	80	68	40	59
21	45	40	53	62	72	70	79	70	80	70	49	58
22	38	43	51	62	72	69	80	70	80	70	50	
23	40	30	52	62	72	44	79	77	80	66	49	45
24	33	39	56		71	45	79	69	85	70	50	49
25	33	42	54		71	73	81	42	81	70	50	54
26	43	45	52		72	85	87	64		73	30	55
27	45	46	52		72	75	80	67	77	71	31	46
28	43	33	50		72	75	81	67	63	68	41	38
29	37	44	42		71	77	80	79	62	70	44	48
30	36		38	56	74	75	81	77	68	68	44	51
31	42		44		72		46	77		46		51
MOYENNE	41.1	40.6	47.3	59.3	67.8	66.4	74.6	70.4	78.7	67.8	43.7	50.2

RIO TAQUESI A PUENTE VILLA

TABLEAU 5d . CONDUCTIVITES JOURNALIERES (uS)

PHICAB
ANNEE 1985

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1		36	42			34		43	25	27	20	49
2		44				41		42	28	30	26	23
3		47				40		44	30		48	22
4		48				41		43	33		20	46
5		40				41		42	42		20	46
6		40				40		42	33		21	40
7		43				41		46	39		22	44
8		38			63	40		42	39		22	
9		42			61		44	31	39		24	
10		46			64		43	33	43		23	
11		39			76		42	38	32		39	
12		42			61		44	40	38		27	
13		38			64		47	41	33		17	
14		37			63		44				33	
15		40			63		45		34		32	
16		45			67		43		31		23	
17		61					46	41	49		22	
18		41		62			46	42			29	
19		53		53			41	39			32	
20		43		60			42	37	27		24	
21		42		60			43	45	27		24	
22		37		56			42	27	30		28	
23		45		48			42	44	30		24	
24		37		35		39	42	40	24		33	
25		42		38		39	42	41	25	35	39	
26		34		37		41	40	37	29		44	
27		33		45		40	42	48	29		47	
28		41		35		42	44	43			23	
29				56		41	41	44			22	
30				50		42	51	37	28		40	
31							42	38				
MOYENNE	41.9	42.0	48.8	64.7	64.7	40.1	43.4	40.4	32.7	30.7	28.9	38.6

RIO TAMAMPAYA A PUENTE VILLA

TABLEAU 6 a . CONDUCTIVITES JOURNALIERES (uS)

PHICAB
ANNEE 1984

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	42	38	39	51	60	62	71	70	65	66	45	47
2	33	34	38	48	57	73	61	70	67	65	30	46
3	40	36	45	49	55	66	64	74	65	61	45	42
4	35	32	39	48	63	56	64	72	65	61	45	38
5	40	37	42	48	58	41	63	77	66	61	44	42
6	37	35	42	48	64	46	63	66	68	63	53	43
7	38	38	46	49	59	47	84	67	68	61	48	43
8	41	33	32	49	62	50	61		80	61	45	37
9	28	37	47	49	64	56	66	44	67	61	43	45
10	36	39	48	53	59	58	64	46	43	62	46	46
11	34	41	37	52	59	59	68	67	66	62	44	38
12	35	41	43	60	60	64	68	52	64	60	45	41
13	37	41	38	52	62	61	64	66	67	63	46	38
14	39	39		53	61	61	66	66	68	69	38	59
15	37	37		54	64	60	66	66	66	48	40	41
16	38	41		74	65	61	63	67	67	62	37	41
17	28	38		55	69	65	64	69	69	60	43	40
18	42	38		56	65	55	74	67	68	58	35	40
19	39	44	39	55	63	59	69	66	67	61	38	41
20	43	46	42	55	67	60	67	59	67	58	34	46
21	42	40	42	55	65	59	70	62	67	64	39	50
22	37	44	43	60	51	61	70	61	68	61	41	38
23	39	33	46	59	63	64	68	66	67	61	44	40
24	33	36	46		66	60	70	60	67	67	37	33
25	36	44	48		53	69	68	65	72	64	43	60
26	39	46	41		64	65	68	60	66	59	34	47
27	34	48	42		64	63	67	60	66	59	48	48
28	41	41	44		64	63	68	64	52	64	33	32
29	34	38	44		72	60	70	64	58	59	36	41
30	34		47	53	68	61	69	66	64		49	41
31	40		41		65		70	66		44		53
MOYENNE	37.1	39.2	42.4	53.5	62.3	59.4	67.4	64.2	65.6	60.9	41.6	43.2

RIO TAMAMPAYA A PUENTE VILLA

TABLEAU 6 b . CONDUCTIVITES JOURNALIERES (uS)

PHICAB
ANNEE 1985

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1		34	38			40		38	26		30	26
2		42				65		39	28		24	37
3		42				66		37	27		21	19
4		41				68		39	30	27	27	48
5		36				57		37	30		28	41
6		35				68		36	35	35	25	40
7		37				60		35	37	29	23	25
8		37			53	66		36	37		25	49
9		39			55		37	31	34		23	
10		40			53		36	33	41		24	
11		33			51		35	34	31		19	
12		38			54		35	35	43		23	
13		36			56			35	31		24	
14		35			82		37		34		26	
15		34			88		38	34	29		20	
16		39			41		36	35	24			
17		40					36	41	22		20	
18		38		53			37	36			31	
19		47		52			38	34			34	
20		37		52			36	34	25		23	
21		37		52			37	34	24		31	
22		32		49			36	35	22		16	
23		41		44			37	37	22		16	
24		37		35		66	36	34	19		22	
25		39		35		64	36	34	26		22	
26		33		40		70	37	35	23		21	
27		31		43		64	37	33	26		22	
28		38		33		70	37	47			31	
29				48		81	36	44	29		26	
30				46		65	37	34	22		54	
31							36	27				
MOYENNE	37.4	38.0	44.8	59.2	64.7	36.5	35.8	28.8	28.0	25.2	35.6	

RIO TAMAMPAYA A PUENTE VILLA

TABLEAU 6 c . CONDUCTIVITES JOURNALIERES (uS)

PHICAB
ANNEE 1982

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1							62					
2							64					
3							63					
4							65					
5							63					
6							64					
7							63					
8							67					
9						62	68					
10							69					
11						63	66					
12							68					
13						61	70					
14							70					
15						63	71					
16							71					
17						63	71					
18							70					
19						61	69					
20						56	70					
21						54	70					
22						53	70					
23						62	70					
24						62	71					
25						75	75					
26						76	69					
27						63	71					
28						83	72					
29						75	70					
30						75	71					
31							72					
MOYENNE						65.0	69.2					

RIO TAMAMPAYA A PUENTE VILLA

TABLEAU 6 d . CONDUCTIVITES JOURNALIERES (uS)

PHICAB
ANNEE 1983

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1					55	54	60	41	39	54	54	43
2				48	59	54	61	46	38	29	44	43
3				46	50	56	62	50	41	37	36	43
4				46	50	56	62	53	39	42	36	43
5				42	52	56	61	53	39	43	47	41
6				45	48	55	61	53	45	45	49	41
7				42	52	55	60	52	47	35	40	38
8				41	59	56	61	55	48	44	50	38
9				44	55	59	61	55	46	48	52	45
10				39	57	57	61	53	46	50	51	44
11				41	57	49	61	56	46	49	53	45
12				58	51	48	63	39	36	52	52	43
13				46	34	50	61	58	41	53	53	47
14				44	36	54	63	51	45	49	53	44
15				47	36	55	63	52	46	54	53	43
16				47	43	59	66	51	48	52	54	46
17				48	45	57	48	51	49	52	54	46
18				43	48	57	54	55	51	49	54	47
19				50	48	67	75	50	50	49	55	46
20				48	52	57	61	52	48	52	54	46
21				47	52	60	62	53	49	58	52	44
22				44	49	60	60	53	51	53	54	37
23				48	52	59	62	55	53	65	40	44
24				49	51	60	63	39	47	45	47	48
25				50	52	61	63	66	50	52	60	47
26				51	51	60	36	57	51	52	51	47
27				53	55	56	41	56	49	57	42	48
28				52	52	56	51	37	51	53	42	46
29				51	53	56	56	38	51	62	42	44
30				51	55	61	56	39		54	44	44
31					51		40	37		54		44
MOYENNE				46.8	50.4	56.7	58.5	51.5	46.2	50.5	48.9	44.0

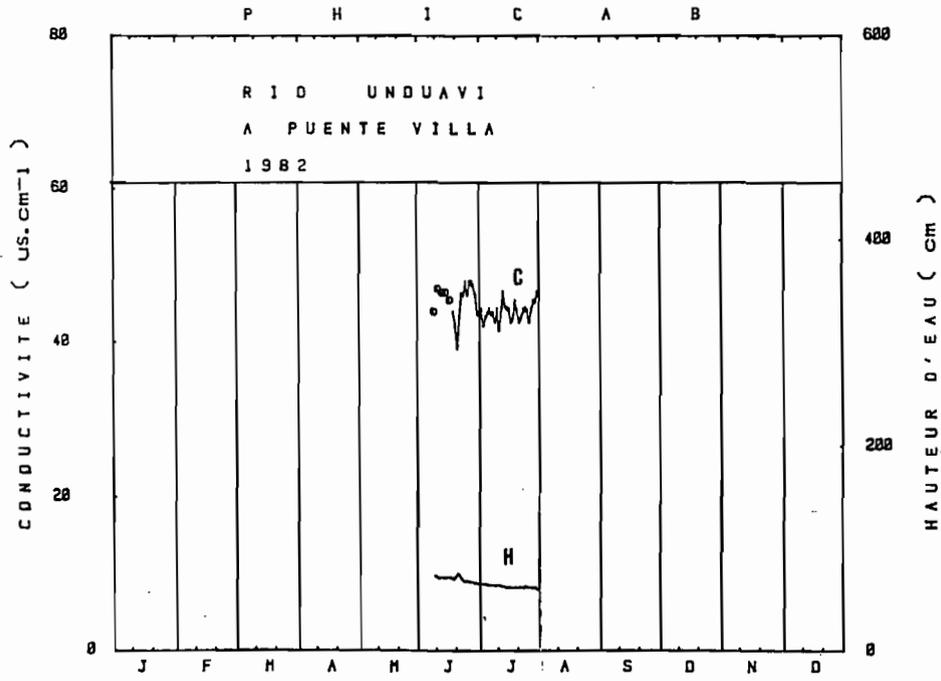


FIG.10a: CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

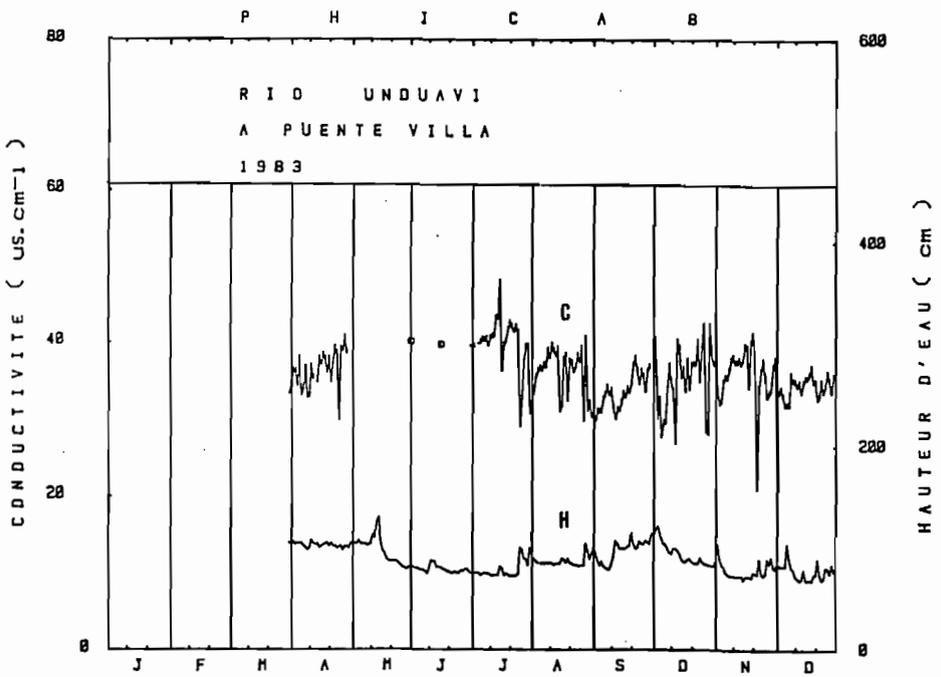


FIG.10b: CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

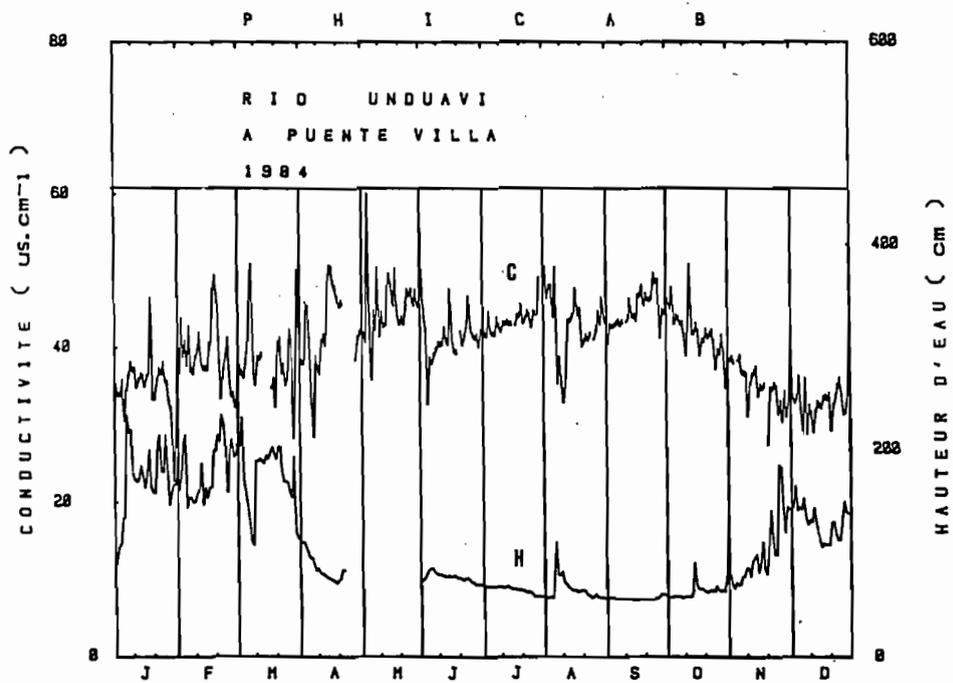


FIG.10c• CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

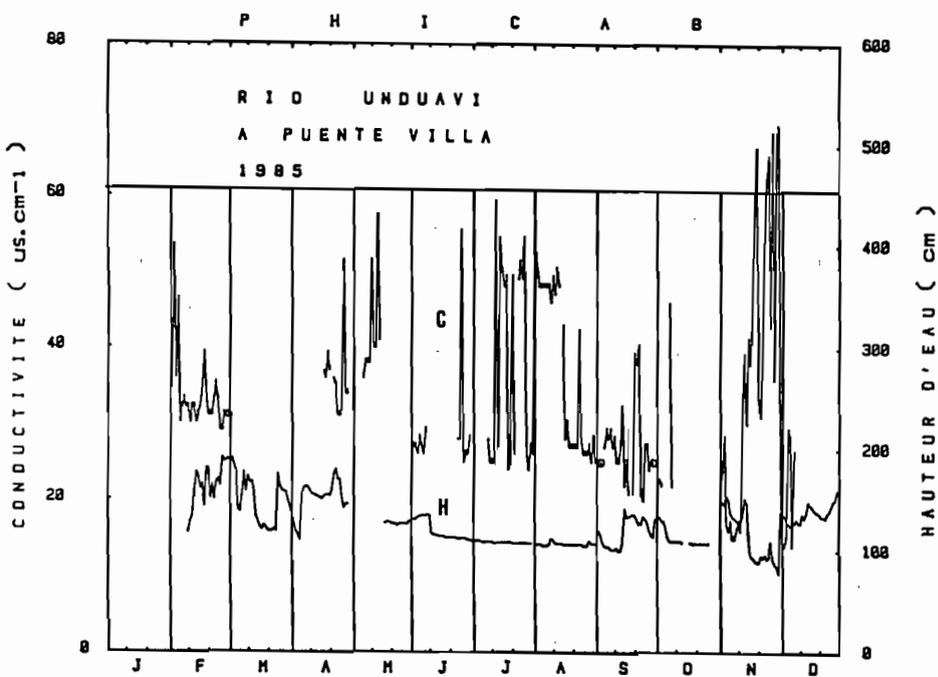


FIG.10d• CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

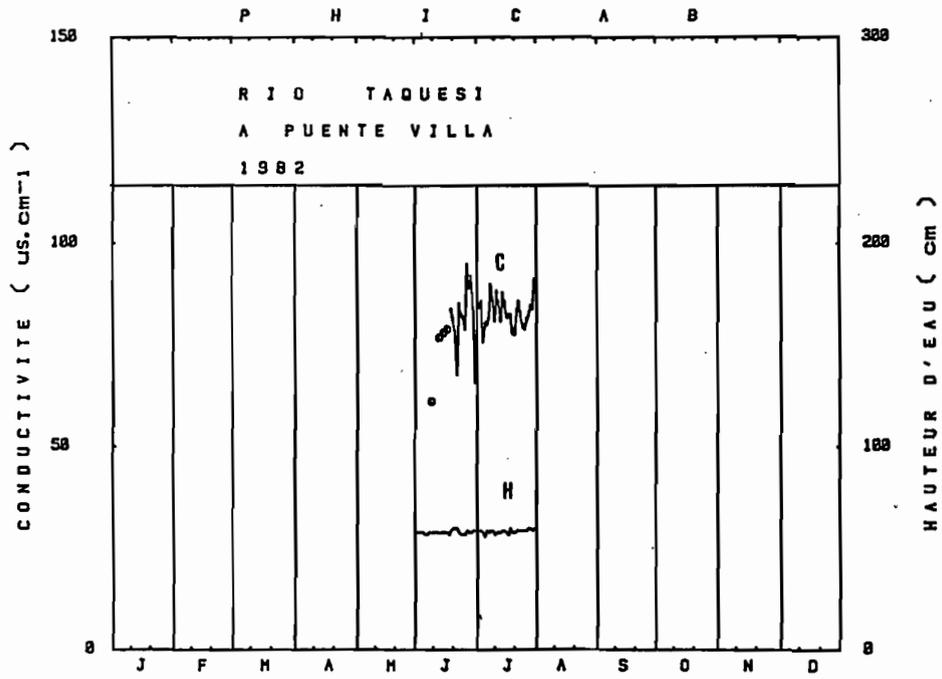


FIG.11a. CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

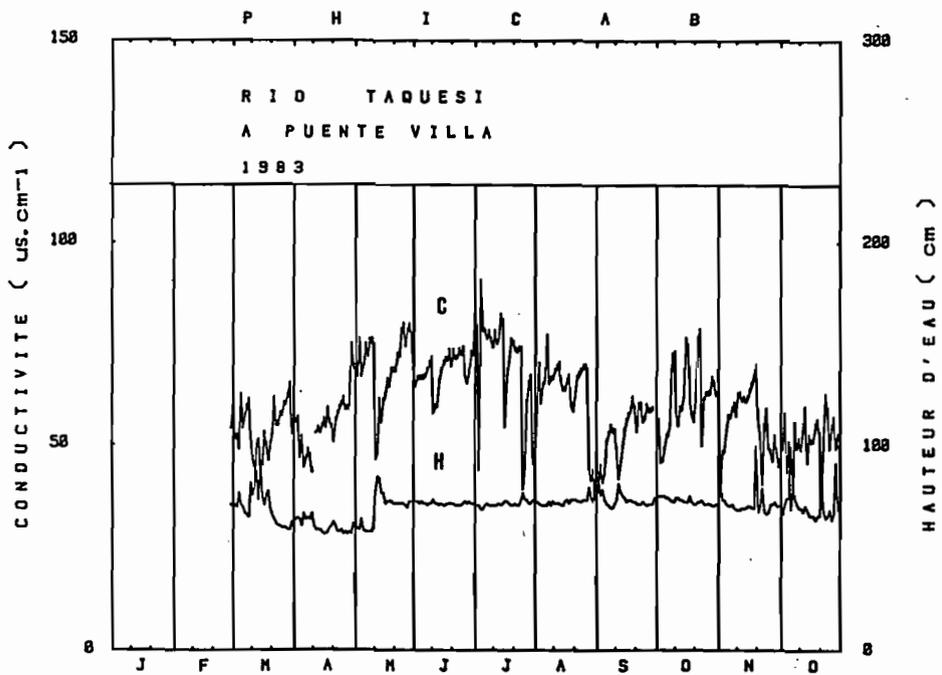


FIG.11b. CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

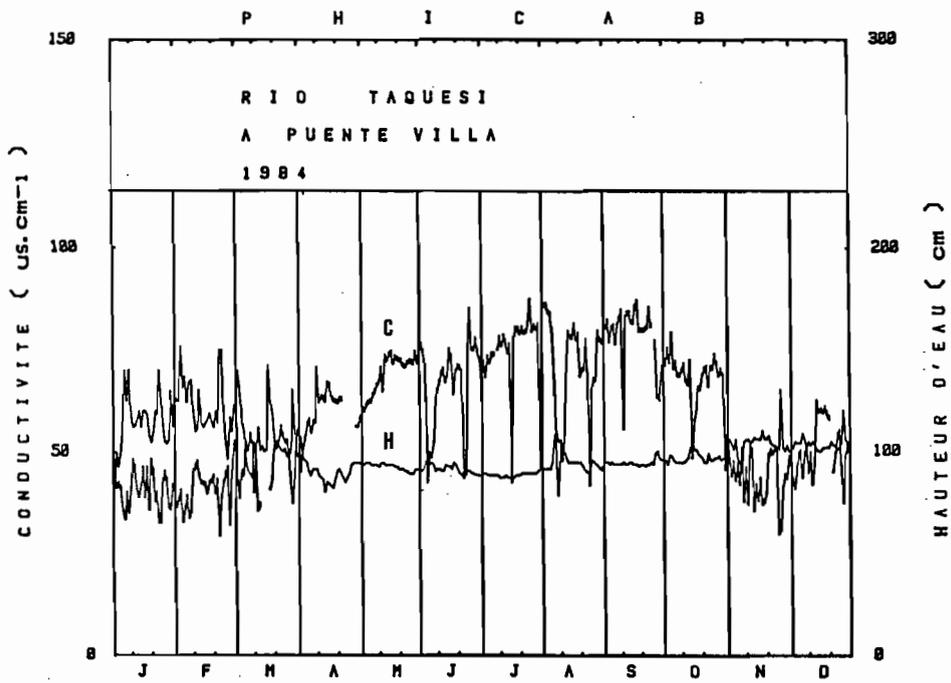


FIG.11c • CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

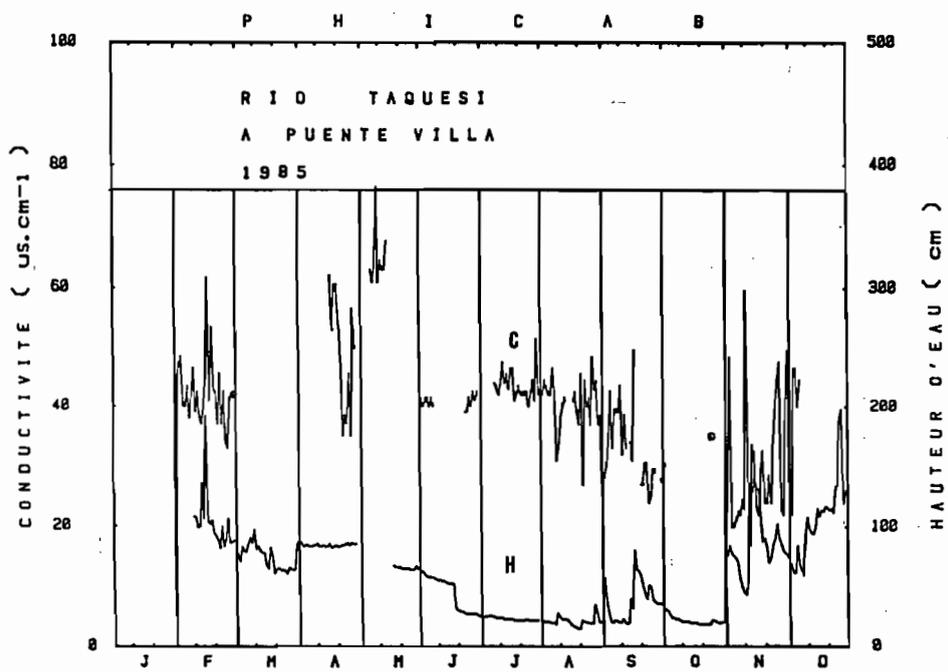


FIG.11d • CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

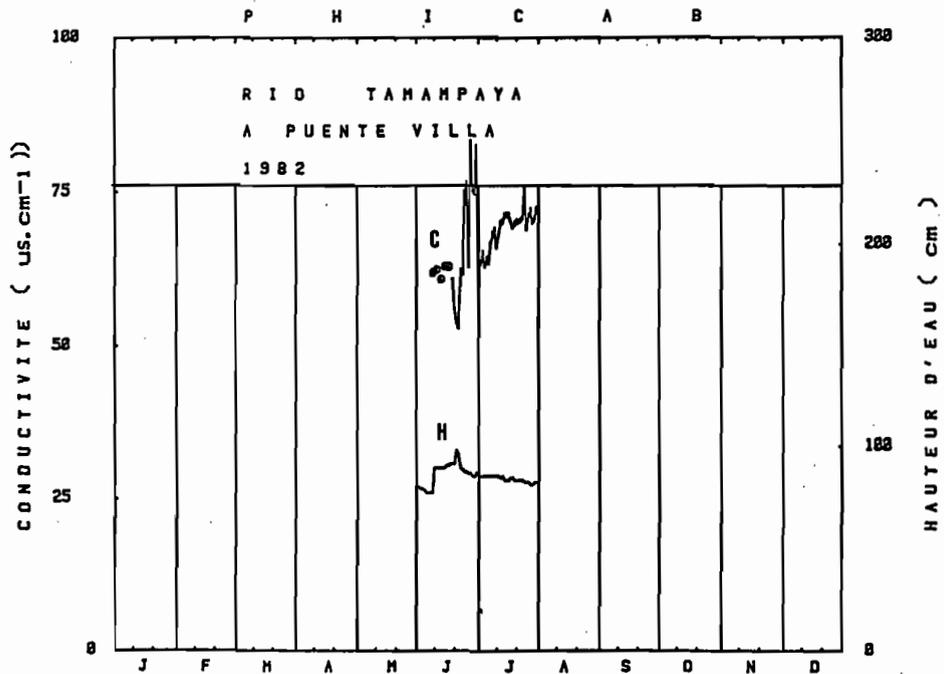


FIG.12a. CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

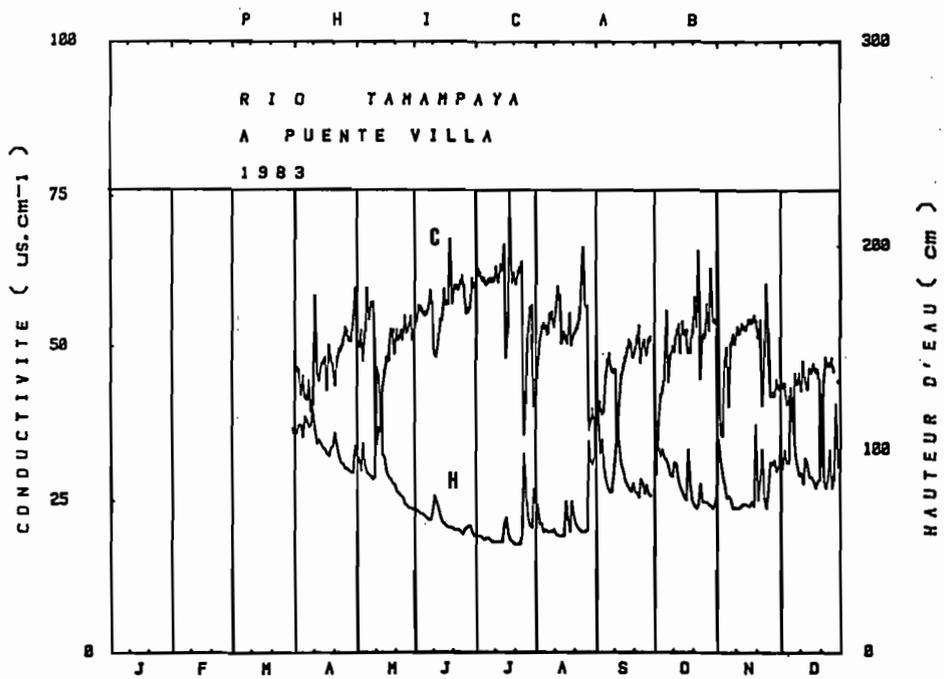


FIG.12b. CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

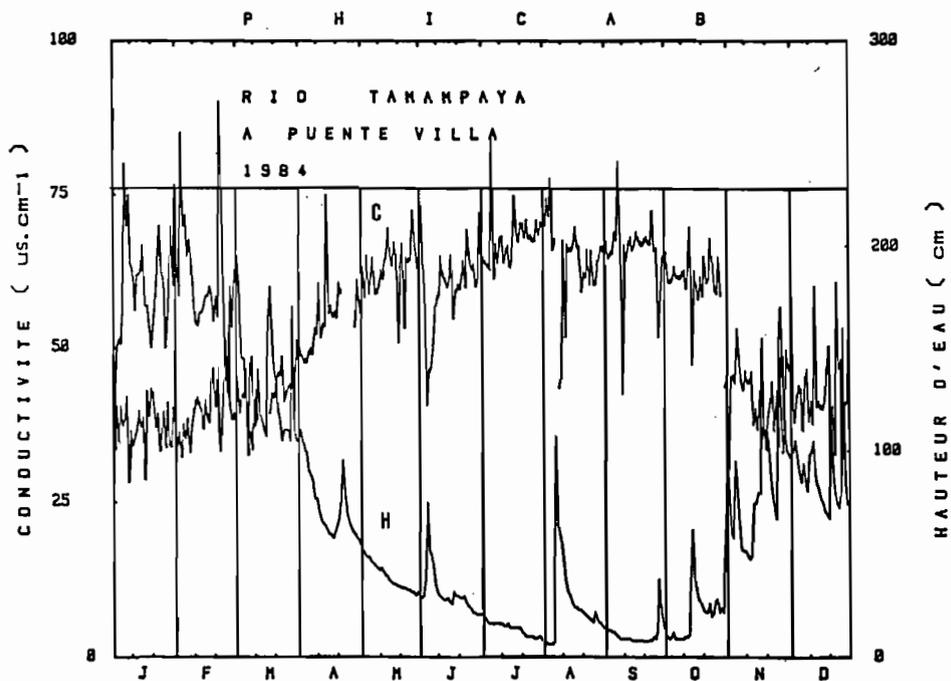


FIG.12c. CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

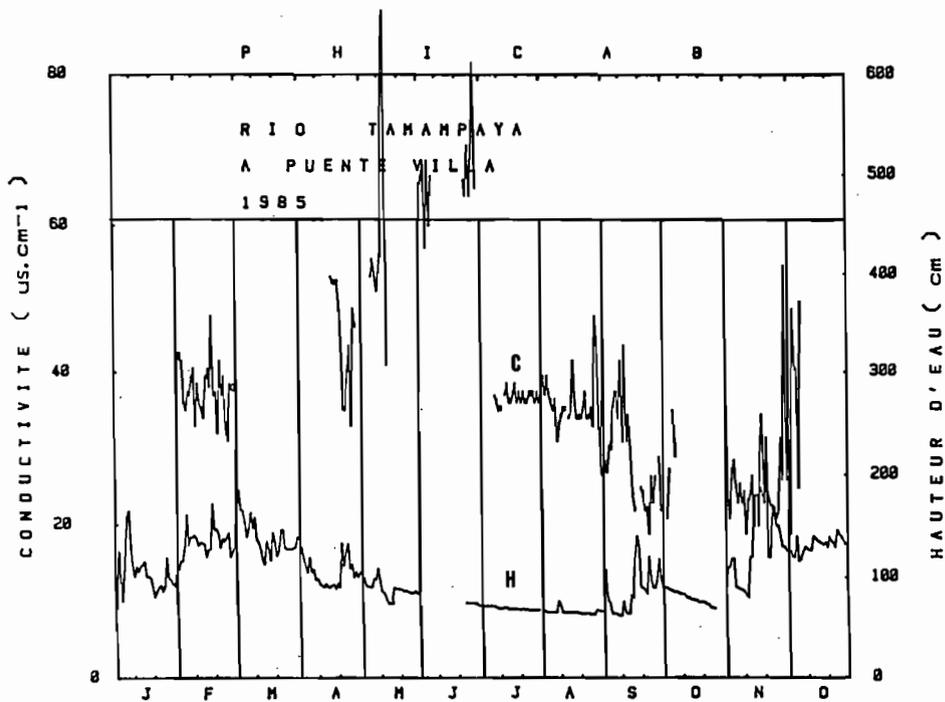


FIG.12d. CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

TABLEAU 7 a

RIO UNDUAVI A PUENTE VILLA

CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (μ S) PHICAB
EN L'ETAT

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1982						45.4	43.7					
1983				36.2		40.0	39.8	36.1	33.6	35.4	35.9	34.4
1984	34.8	39.1	37.6	42.1	44.8	41.3	43.2	42.9	44.6	42.0	34.9	32.9
1985		34.0	31.0	36.1	42.1	28.8	37.3	37.2	27.1	28.3	37.4	20.5
MOYENNE	34.8	36.5	34.3	38.1	43.4	38.9	41.0	38.7	35.1	35.2	36.1	29.3

TABLEAU 7 b

RIO TAQUESI A PUENTE VILLA

CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (μ S) PHICAB
EN L'ETAT

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1982						80.8	82.3					
1983			53.2	53.8	68.6	67.8	69.8	61.8	52.3	60.6	55.9	50.6
1984	41.1	40.6	47.3	59.3	67.8	66.4	74.6	70.4	78.7	67.8	43.7	50.2
1985		41.9	42.0	48.8	64.7	40.1	43.4	40.4	32.7	30.7	28.9	38.6
MOYENNE	41.1	41.3	47.5	54.0	67.0	63.8	67.5	57.5	54.6	53.0	42.8	46.5

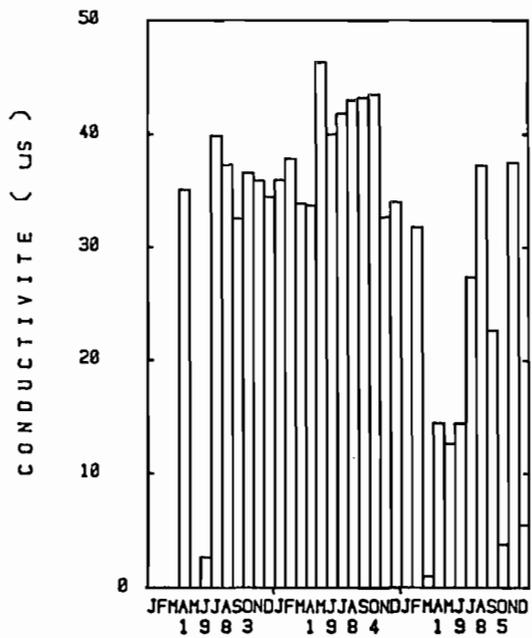
TABLEAU 7 c

RIO TAMAMPAYA A PUENTE VILLA

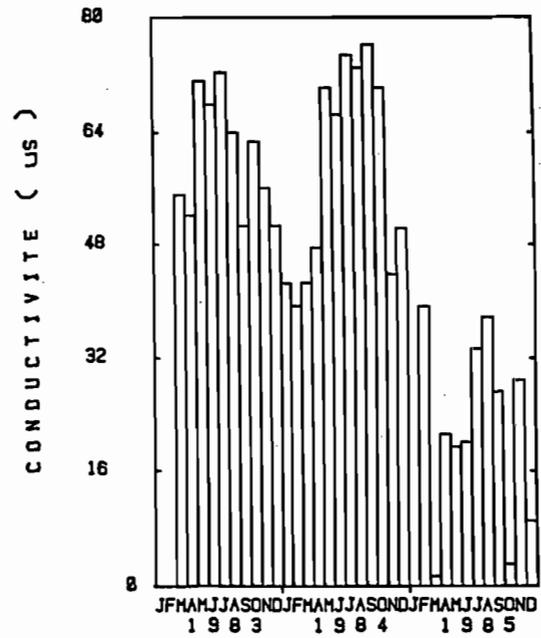
CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (μ S) PHICAB
EN L'ETAT

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1982						65.0	69.2					
1983				46.8	50.4	56.7	58.5	51.5	46.2	50.5	48.9	44.0
1984	37.1	39.2	42.4	53.5	62.3	59.4	67.4	64.2	65.6	60.9	41.6	43.2
1985		37.4	38.0	44.8	59.2	64.7	36.5	35.8	28.8	28.0	25.2	35.6
MOYENNE	37.1	38.3	40.2	48.4	57.3	61.4	57.9	50.5	46.9	46.5	38.6	40.9

P H I C A B
R I O U N D U A V I
A P U E N T E V I L L A



R I O T A Q U E S I
A P U E N T E V I L L A



R I O T A H A M P A Y A
A P U E N T E V I L L A

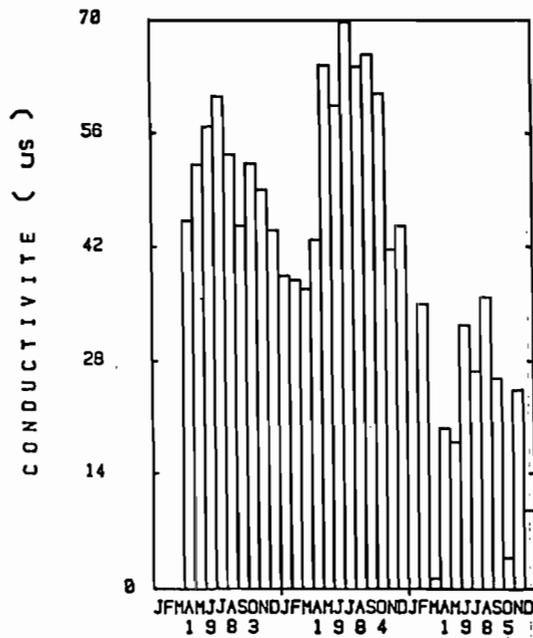


FIG. 13 : DISTRIBUTION DES CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES

Tableau B : Conductivites des eaux (US 25 C) du Rio Coroico et de ses affluents (Yungas de La Paz,1983-1985)

		DATES DES MESURES													
STATION (a[ltitude)	RIO	2/4/83	1-2-3/5/83	2/6/83	1-2/7/83	2-3/8/83	2-3/9/83	30/9/83	1-2/10/83	2-3/12/83	28/12/83	9-10/5/84	17-18/4/85	18-11/7/85	MOYENNE
							4/9/83				29/12/83		19/4/85	12/7/85	
YOLOSA(1370)	YOLOSA	13,6	23	28,8	26,2	31	21,8	31,1	51,7	21,5			31,1	35,6	28,7
	SANTA BARBARA	45,4		51,2	45,4	59,4	56,8	58,9	60,7	28,3		53,7	40	63,1	58,4
SANTA-BARBARA(1180)	COROICO	22,5		26,1	25,3	33,7	39,7	52,6	23,9	48,6		32,9	22	36,5	33,1
	UNION			44,9	41,9										43,4
CHIRQUENO(1290)	CAIDITA DE AGUA	33,3		53,9	44,7	56,2	52	52,2	50,5	38,7		47,8	40,4	41,3	46,5
PUENTE ARNAS(1160)	CASCADA	16,7		28,7	15,9	19,8	18,4	15,4	17,8	16,1		15,9	13		17,0
ALTO CHORO(1160)	CASCADA			38,3	24,4	25	26	24,7	28,9	31,9		32	21,3	37	28,2
	CHORO	17	18,8	22,9	18,6	19,9	16,8	15,9	14,5	16,5		18,8	16,9	22,8	18,3
CHORO(970)	COROICO	29,7	22,7	36,5	29,6	35,7	34,2	27,9	23,6	24,6		33,3	24,4	37,9	38,8
	UNION			33,7	23,5	35			16,5	18,9		29			26,1
	SAN PEDRO	22,9	22,2	25	16,3	16,7	14,4	14,7	45,6	13,2		15,3	13,3	19,5	19,9
SAN PEDRO(920)	COROICO	27,1	25,9	33,8	27,2		29,8	28,3	28,5	17,5		23,2		32,9	26,6
	SAN PEDRITO	14,1	17,6	19,7	16,8	16,9	15,4	14,7	14	12,2		18,8	13	15,6	15,1
	UNION				25,7	27,2	26,2	25,7		12,1					23,4
	COROICO	23,8	25,8		27,2	31,4	27,6	24,1	21,1	15,1		25,7	22,2	33,1	25,2
PUERTO LEON(890)	BUITACALZON	23,2	22,7		28,6	21,8	15	22,9	19,8	14,3		19,5	14,4	24,3	19,9
	UNION				22,7	20	38	28,4	20,4	17,5		25,7			24,7
(890)	CASCADA	24,7	12,3		12	14,1	13,1	12,8	12,8	9,3		10,1	8,4	18,9	12,8
CHOJNA(850)	CHOJNA		50,8		65,2	50,3	59,3	61,5	37,4	47,3		64,5	50	78,4	56,5
BRANJA AVICOLA					290	358	285	320	309	241		300			300,4
SAN SILVERIO(870)	SAN SILVERIO		133		224	181	163	166	144	136		130	139	182	159,8
SANTA ANA(780)	COROICO				29,1	28,7	27,6	28,5	21,5	18,9		35	25,6		26,9
	ARROYO IBTA		275		385	374	336	403	353	319		264			338,6
CARANAVI	YARA				59,6	56,8	49,3	45,8	57,9	33,1		68	56,9	68,1	55,1
PONTAZGO(570)	ALTO BENI		160				145	155	84,6	112		186	160	241	156,5

une gamme étendue : de 11 US pour une cascade située entre Puerto Leon et Chojña, à 380 US pour le ruisseau de la ferme IBTA située au sud de Caranavi.

D'amont en aval du Rio Coroico, les mesures effectuées à Santa Barbara, Choro, San Pedro, Puerto Leon, Santa Ana, Santa Fe et Alcocha, permettent d'étudier un profil longitudinal des conductivités. Celui-ci apparaît sans variation spéciale ou légèrement décroissant jusqu'à Puerto Leon, puis aurait tendance à croître vers l'aval.

1.1.4. LE RIO BENI A ANGOSTA DEL BALA

La station d'Angosto del Bala contrôle une superficie de 67 540 km², soit 92% du bassin versant andin du Rio. Les 8% complémentaires correspondent aux hauts bassins du Rio Madidi et de quelques autres petits affluents de rive gauche.

1.1.4.1. Les salinités

Gammes de valeurs

La conductivité a été mesurée pendant neuf mois, d'avril à décembre 1983 sur 275 jours (tableau 9a). Les valeurs journalières durant cette période varient entre 80 et 206 US. Les conductivités moyennes mensuelles sont comprises entre 100 et 120 US (tableau 10). La moyenne arithmétique de l'ensemble des valeurs moyennes mensuelles est de 112 US.

L'intervalle de variation des conductivités moyennes mensuelles mesurées n'est pas élevé : par rapport à la moyenne de 112 US,

RIO BENI A ANGOSTO DEL BALA

TABLEAU 9a . CONDUCTIVITES JOURNALIERES PHICAB ANNEE 1983

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1				122	105	132	113	93	151	153	105	97
2				108	106	117	101	95	127	106	101	84
3				76	110	116	114	97	101	105	78	88
4				105	100	127	118	103	105	144	78	111
5				104	118	123	122	111	122	121	85	106
6				126		122	127	114	105	132	84	96
7				101	101	121	121	116	116	136	88	80
8				98	91	122	115	120	120	113		86
9				95	100	118	125	120	105	118	109	120
10				97	108	127	129	118	90	129	92	101
11				104	108	116	112	115		119	131	98
12				104	108	97	123	130	101	118	106	100
13				93	100	104	121	124	105	107	117	96
14				96	93	101	105	133	100	108	107	96
15				116	101	117	121	132	143	118	85	102
16				90	95	116	111	130	130	118	95	104
17				108	105	110	87	117	123	120	102	102
18				104	105	112	95	102	121	120	101	119
19				76	107	116	95	119	116	80	110	110
20				104	108	124	105	122	105	109	114	116
21				106	109	127	112	127		91	105	104
22				104	101	125	116	126	113	101	111	122
23				104	101	127	119	126	112	106	98	100
24				108	104	134	127	127	121	137	96	89
25				110	97	133	130	131	110	95	100	118
26				113	106	129	128	134	101	97	116	103
27				120	107	112	128	133	116	105		97
28				98	114	102	108	132	135	112	97	86
29				104	123	118	135	131	174	117	100	90
30				109	127	115	121	121	162	119	132	79
31					128		114	128		115		99
MOYENNE				104.8	106.1	118.7	116.0	120.4	118.9	115.1	101.5	99.8

RIO BENI A ANGOSTO DEL BALA

TABLEAU 9 b . CONDUCTIVITES JOURNALIERES PHICAB ANNEE 1985

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1						97						
2						106						
3						98						
4						97						
5			197									
6			143									
7			127									
8			179									
9			125			104						
10			145									
11			167			80						
12			206									
13			165									
14			212									
15			161									
16			179									
17			143									
18			177									
19			166									
20			169									
21			256			53						
22			199			96						
23			275			55						
24			176			98						
25			181									
26			176									
27			172									
28			209									
29			210									
30												
31												
MOYENNE			182.3			88.0						

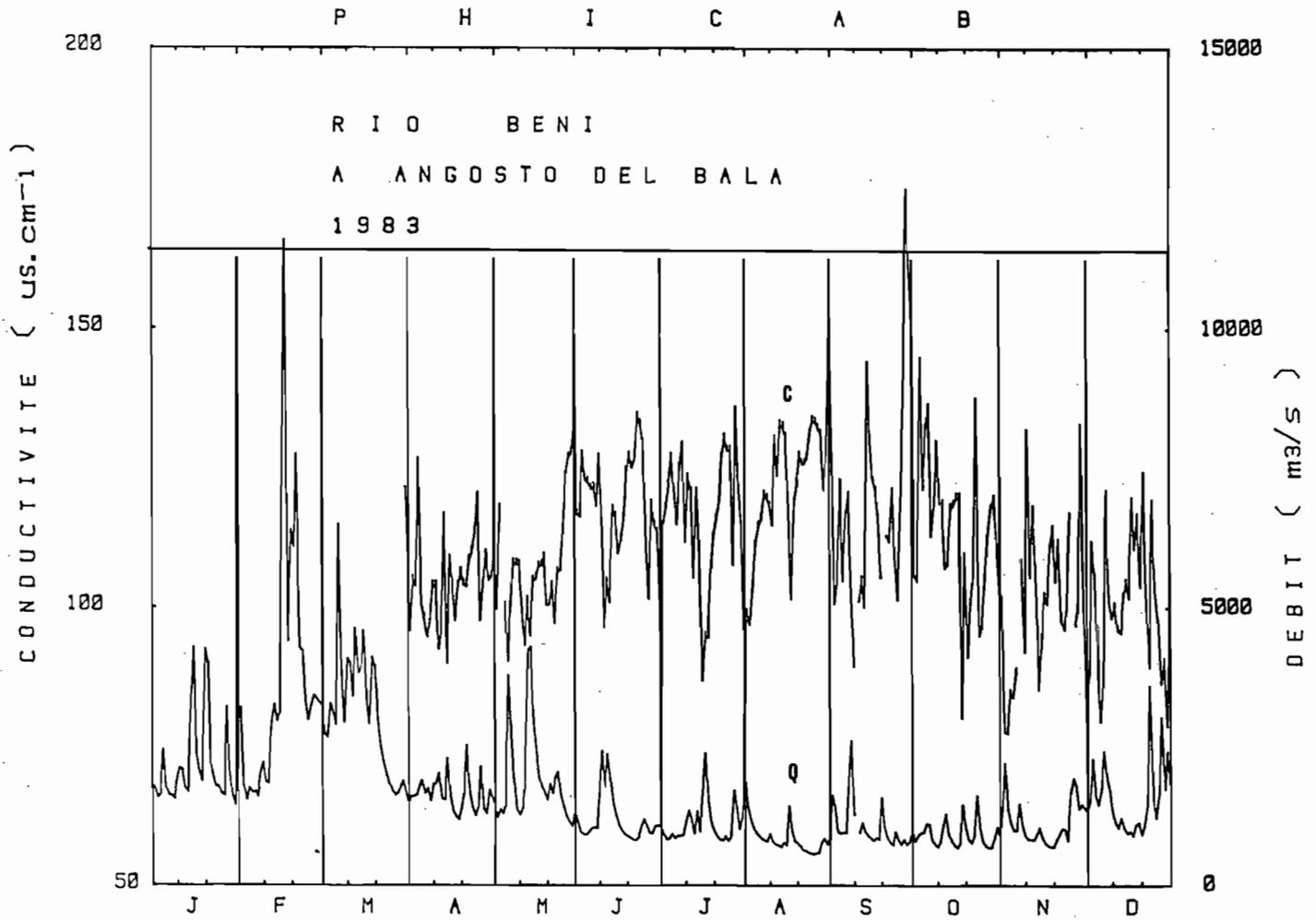


FIG. 14 : C O N D U C T I V I T E S E T D E B I T S

on note un écart de -29% et de +84% pour les valeurs journalières, et de -11% et de +7% pour les moyennes mensuelles.

Les régimes des salinités

L'hydrogramme, en dents de scie, montre de très nombreuses crues; une soixantaine environ pour l'année 1983 (fig. 15). L'écoulement de base maximum et les plus fortes crues sont observés durant l'été, de décembre à mars, qui correspond au coeur de la saison des pluies.

La courbe des conductivités journalières, également hachée, suit une variation inverse de celle de l'hydrogramme : à une crue correspond une diminution de la salinité, la pointe de crue étant marquée par la salinité minimum. Les salinités les plus faibles accompagnent aussi fréquemment les crues les plus fortes bien que ce ne soit cependant pas une règle absolue. Les crues peuvent en effet provenir de plusieurs zones du bassin à géochimie différente selon les formations qui les constituent, d'où l'observation de salinités variables d'une crue à l'autre.

A l'échelle mensuelle, on observe aussi une variation inverse des conductivités moyennes et des débits moyens mensuels (tableau 10 et fig. 16). Les conductivités augmentent quand les débits diminuent, les salinités étant ainsi plus élevées en saison sèche qu'en saison des pluies.

La variation inverse débit/salinité indique que le processus dominant de la minéralisation des eaux fluviales est une dissolution des ions dans les terrains et à leur surface à la suite de l'altération, avec une dilution par les eaux d'écoulement, proportionnelle aux débits.

Corrélation conductivité-débit.

La corrélation entre la conductivité moyenne arithmétique mensuelle et le débit moyen mensuel a un coefficient de corrélation r de 0,69 pour 9 couples de valeurs (fig. 16). Le graphique correspondant illustre également le processus de dilution des concentrations, les points relatifs à la saison sèche étant situés au-dessus de la courbe de régression et ceux de la saison humide en dessous de cette courbe. Le meilleur ajustement correspond à l'équation :

$$\text{Cond (US)} = 21 \log Q (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) + 261$$

Outre ces résultats basés sur les données de l'année 1983, des valeurs relatives à février et mai 1985 sont également disponibles (tableau 9b). Les valeurs de février avec une moyenne de 182 US sont exceptionnellement élevées. Celles de mai, avec une moyenne de 89 US, se situent dans le bas de la gamme tout en étant en accord avec celles de 1983.

Il apparaîtrait ainsi que les salinités à Angosto puissent être particulièrement élevées à certaines périodes. Seules des séries de données plus longues permettront d'étudier ce phénomène, qui pourrait être en relation avec des apports, alors plus importants que la normale, de la part d'affluents à forte salinité, tel par exemple le Rio Boopi (Rio La Paz + Luribay).

Extension des données et salinité moyenne

Afin d'évaluer une conductivité moyenne pour l'année 1983, les valeurs moyennes de janvier à mars ont été estimées sur la base de cette corrélation (respectivement 99, 89 et 93 US).

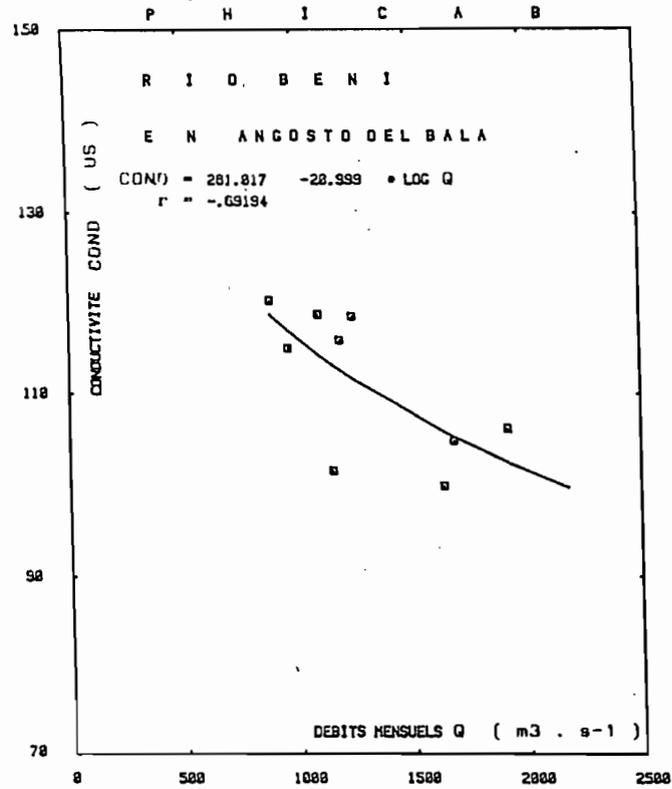


FIG 16 : REGRESSION ENTRE LA CONDUCTIVITE ET LE DEBIT MOYEN MENSUELS

TABLEAU 10 : CONDUCTIVITES ET DEBITS MOYENS MENSUELS
DU RIO BENI A ANGOSTO DEL BALA

NO	DATE	DEBITS m3/s	CONDUCT US
1	0 1 83	2175	(99)
2	0 2 83	3650	(89)
3	0 3 83	3095	(93)
4	0 4 83	1669	104.8
5	0 5 83	1906	106.1
6	0 6 83	1228	118.7
7	0 7 83	1171	116
8	0 8 83	869	120.4
9	0 9 83	1080	118.9
10	0 10 83	946	115.1
11	0 11 83	1137	101.5
12	0 12 83	1624	99.8

1713

107 arithm
102 pondere

P H I C A B

R I O B E N I

A N G O S T O D E L B A L A

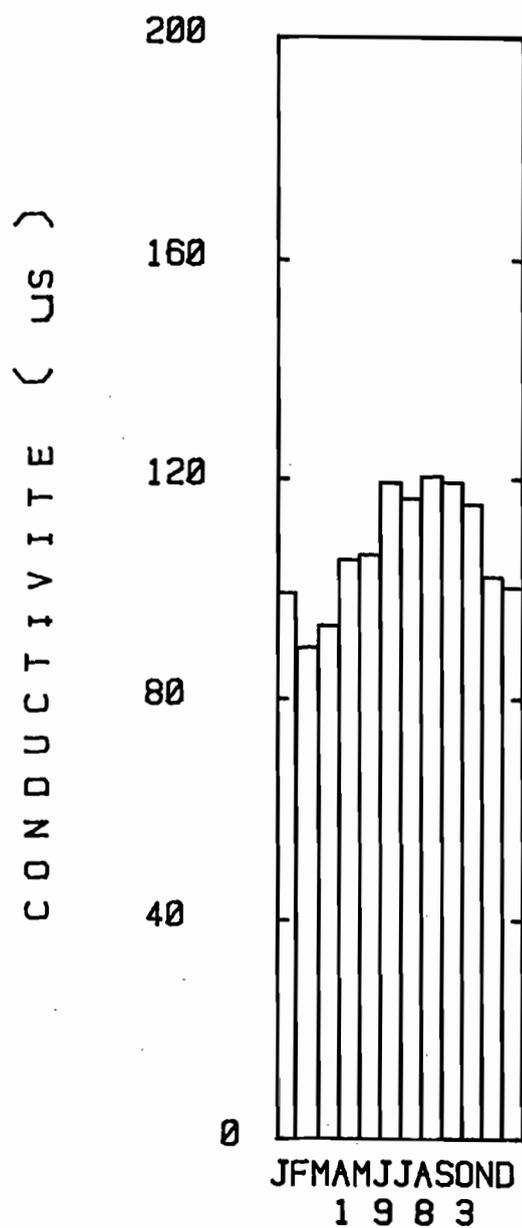


FIG. 15 : DISTRIBUTION DES CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES

La moyenne arithmétique des 12 valeurs ainsi disponibles est de 197 US. La pondération des valeurs moyennes arithmétiques par les débits moyens mensuels, permet d'évaluer une conductivité moyenne annuelle "pondérée" de 102 US, valeur finale à retenir pour 1983, correspondant à un débit moyen annuel de $1689 \text{ m}^3/\text{s}$.

1.1.4.2. Exportations hydriques et ioniques

L'équation (1) permet d'évaluer, à partir de cette valeur de 102 US, une salinité de 72 mg.l^{-1} , correspondant à une exportation ionique de $3,9 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$ (tableau 11).

Tableau 11 : Salinités et exportations mensuelles

BENI A ANGOSTO DEL BALA - ANNEE 1983

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	2164	3638	3084	1656	1892	1218	1159	852	1067	930	1124	1612	1689
EXPOR. IND. 10^6 m^3	5795	8801	8261	4291	5067	3158	3105	2281	2765	2492	2914	4318	53249
COND. US	(99)	(89)	(93)	104,8	106,1	118,7	116,0	120,4	118,9	115,1	101,5	99,8	102,6
IONS mg.l^{-1}	(69,6)	(61,6)	(64,8)	74,2	75,3	85,3	83,2	86,7	85,5	82,4	71,6	70,2	72,5
EXPOR. ION. 10^3 t	403	542	535	318	382	269	258	198	236	205	209	303	3858

Afin d'estimer un ordre de grandeur des différentes caractéristiques de l'exportation hydrique et ionique à Angosto del Bala, une extrapolation peut être tentée sur la base de cette salinité moyenne et des données hydrologiques.

Plusieurs périodes peuvent être prises en considération compte tenu de la disponibilité des résultats hydrologiques. L'une, de 13 années comprises entre 1968 et 1982, avec pour lacunes 1974 et 1975. Une autre de 15 années, comprenant l'estimation des débits de ces deux années manquantes : les estimations hydrologiques corres-

pondantes ont été faites d'après une étude du PHICAB sur le bilan hydrique de ce bassin (O. Espinoza, 1985). Enfin des estimations similaires ont porté sur des périodes respectivement plus longues d'une année, incluant 1983 (14 et 16 ans).

Les exportations hydriques varient de $\pm 3\%$ sur ces 4 périodes pluriannuelles :

- modules : de 1923 à 1983 $m^3.s^{-1}$
- volumes : de 60,7 à 62,5 $10^9 m^3.an^{-1}$.

Le module de l'année 1983 est de 13% inférieur à la moyenne des modules des 4 périodes, et de 12% inférieur à celui de la période homogénéisée la plus longue (16 ans : 1968-1983).

L'extrapolation des exportations ioniques peut se faire provisoirement sur la base de ces exportations hydriques et de la salinité moyenne : 102 US soit $72 mg.l^{-1}$. De la sorte, les exportations des Andes par le Beni à Angosto del Bala sont comprises entre 4,4 et $4,5.10 t.an^{-1}$ selon les périodes pluriannuelles prises en considération. L'exportation de l'année 1983 apparaît 13% plus faible que celles de ces périodes pluriannuelles.

Tableau 12 : Caractéristiques hydriques et salines pluriannuelles du Rio Beni à la sortie des Andes à Angosto del Bala

ANGOSTO DEL BALA PERIODE	Superficie km ²	HYDRIQUE							SALIN					
		Pluie mm	Evp. réelle mm	ECOULEMENT				Cond. pond. US	Salin. pond. mg.l ⁻¹	EXPORTATION				
				Ecoulement mm	10 ⁹ m ³	%	Module m ³ .s ⁻¹			Module sp. l.s ⁻¹ .km ⁻¹	Exp. sal. 10 ⁶ t.	Exp. sal. %	Mod. ion Kg.s ⁻¹	Mod. ion sp. t.an ⁻¹ .km ⁻²
1 an 1983	67540	-	-	800	54,0	100	1713	25,4	102	72	3,9	100	123	183
13 ans 1968-1982*	67540	-	-	925	62,5	100	1981	29,3	102	72	4,5	100	143	211
15 ans 1968-1982	67540	1630	770	905	61,1	100	1938	28,7	102	72	4,4	100	140	207
14 ans 1968-1983*	67540	-	-	916	61,9	100	1961	29,0	102	72	4,5	100	141	209
16 ans 1968-1983	67540	-	-	898	60,7	100	1923	28,5	102	72	4,4	100	138	205

* Sauf 1974 et 1975

1.1.5. L'ENSEMBLE DU BASSIN ANDIN DU RIO BENI

Les estimations réalisées au paragraphe suivant (1.2.2) pour l'ensemble du Rio Beni dans les Andes et la plaine, permettent par différence d'approcher une valeur de l'exportation du bassin andin du Rio Beni correspondant au haut bassin du Rio Madidi et de quelques petits affluents. Le complément d'exportation atteindrait en moyenne $11,0 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ et $0,8 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$, venant s'ajouter à celle qui a lieu à Angosto del Bala.

Le Rio Beni exporterait ainsi des Andes $72 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ et $5,2 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$.

Le tableau 13 résume les principaux résultats du bassin andin pour la période 1968-1982.

Tableau 13 : Salinités et exportations annuelles.

RIO BENI à la sortie des Andes	HYDRIQUE								SALIN						
	Superficie km ²	Pluie mm	Evap. réelle mm	ÉCOULEMENT					Cond. pond. US	Salin. pond. mg.l ⁻¹	EXPORTATION				
				Écoulement mm	10 ⁹ m ³	‰	Module 3 m ³ .s ⁻¹	Module sp. 1.s ⁻¹ .km ⁻¹			Exp. sal. 10 ⁶ t.	Exp. sal. ‰	Mod. ion kg.s ⁻¹	Mod. ion. sp. t.an ⁻¹ .km ⁻²	
PERIODE															
1968-1982	73670	1719	781	980*	72,2	100	2288	31,1	102	72	5,2	100	165	71	

* Ecart entre l'écoulement calculé par bilan et "mesuré" (à Angosto del Bala) = 5%

1.2. LE BASSIN DU RIO BENI DANS LA PLAINE AMAZONIENNE

1.2.1. LE RIO BENI A PORTACHUELO

1.2.1.1. Les salinités

Les mesures de conductivité disponibles à Portachuelo couvrent la période de juin 1984 à juin 1985, avec plusieurs lacunes importantes (tableaux 14 et 15).

Les salinités journalières mesurées montrent des valeurs minimale et maximale respectives de 55 US (34 mg.l^{-1}) en avril et en mai, et de 244 US (185 mg.l^{-1}) à l'étiage en septembre (fig. 17).

Les valeurs moyennes mensuelles non homogénéisées, présentent un minimum de 67 US (44 mg.l^{-1}) en juin et avril 1985, et un maximum de 204 US (153 mg.l^{-1}) en septembre 1984.

Afin d'effectuer les calculs sur des périodes d'une année complète, les lacunes ont été évaluées par interpolation. Les valeurs moyennes mensuelles retenues sont présentées dans le tableau 15 b (fig. 18).

Les salinités moyennes mensuelles observées ont été pondérées par les débits sur la période d'un an observée, afin d'évaluer la salinité moyenne annuelle pondérée :

- de juin 1984 à mai 1985 : $73,7 \text{ mg.l}^{-1}$ soit 104,2 US,
- de juillet 1984 à juin 1985 : $68,4 \text{ mg.l}^{-1}$ soit 97,6 US.

La moyenne de ces valeurs est 71 mg.l^{-1} et 101 US.

Les valeurs de salinités moyennes mensuelles mesurées, appliquées aux débits des mois correspondants des années civiles 1984 et

RIO BENI A PORTACHUELO

TABLEAU 14 a .

CONDUCTIVITES JOURNALIERES

PHICAB
ANNEE 1984

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1							130		199		149	145
2							129		201		140	126
3							132		215		146	118
4							130		215		140	117
5							134		196		136	126
6							134		207		135	128
7							132		204		110	120
8							134		198		112	116
9							137		200		113	123
10						182	134		195		124	125
11						160	133		195		112	
12						162			194		115	116
13									194		113	109
14						161					115	108
15						160					114	108
16											115	121
17						162					114	128
18						161					115	127
19											113	128
20						164		168			105	130
21						164		162			106	130
22						162		158			120	128
23						164		165			121	130
24								164			126	105
25								164			129	103
26								164			119	106
27								170			117	108
28						161		185			153	107
29						165		179			151	107
30						161		179			145	106
31								180				
MOYENNE						163.5	132.7	169.8	204.2		124.1	119.1

RIO BENI A PORTACHUELO

TABLEAU 14 b .

CONDUCTIVITES JOURNALIERES

PHICAB
ANNEE 1985

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	136					115	64					
2	137					63	66					
3	113					58						
4	123					63	66					
5	125					67	68					
6	106					71	66					
7	106					62	65					
8	106					58	66					
9	102					55	61					
10	221					56	63					
11	191					56	63					
12						195						
13						71						
14						121						
15						113						
16						67						
17						114						
18						57						
19					81	58						
20					72	126						
21					63	66						
22					121	65						
23					61	64						
24					60	65						
25					67	66	77					
26					56	65	77					
27					63	64						
28					61	65						
29					60	64						
30					66	76						
31						67						
MOYENNE	132.7				68.9	76.4	67.6					

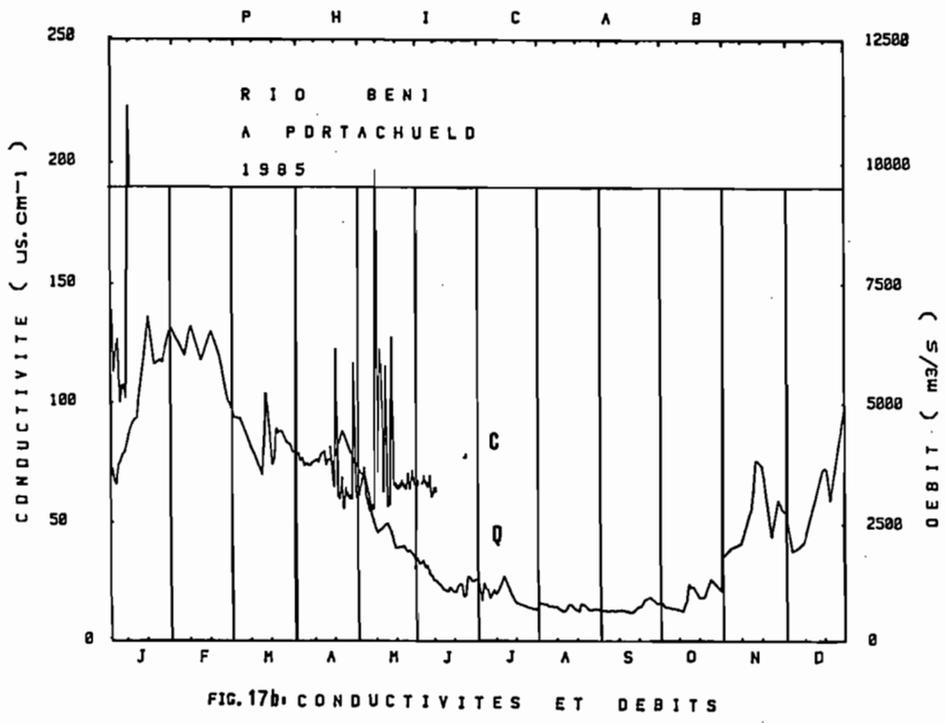
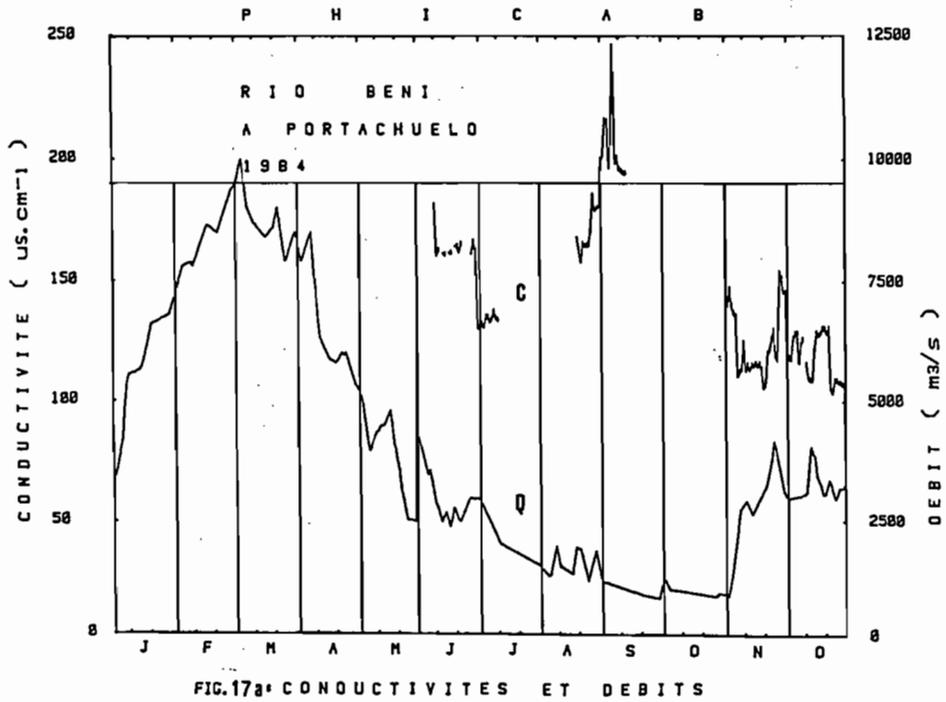


TABLEAU 15a

RIO BENI A PORTACHUELOCONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (µS)
EN L'ETAT

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1984						163.5	132.7	169.8	204.2		124.1	119.1
1985	132.7			68.9	76.4	67.0						
MOYENNE	132.7			68.9	76.4	115.2	132.7	169.8	204.2		124.1	119.1

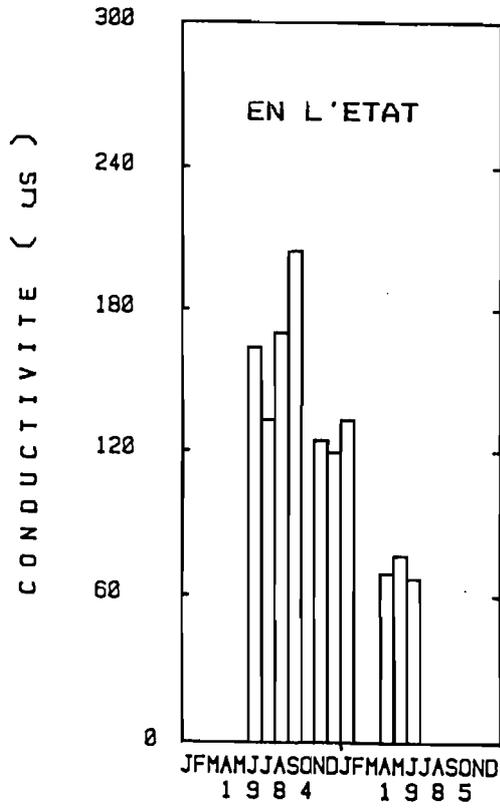
TABLEAU 15 b

RIO BENI A PORTACHUELOCONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (µS)
OPERATIONNELLES

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1984	116.4	60.0	60.0	64.2	61.1	163.5	139.3	163.4	200.0	205.0	124.1	119.1
1985	116.4	60.0	60.0	64.2	61.1	163.5	139.3	163.4	200.0	205.0	124.1	119.1
MOYENNE	116.4	60.0	60.0	64.2	61.1	163.5	139.3	163.4	200.0	205.0	124.1	119.1

P H I C A B
 R I O B E N I
 A P O R T A C H U E L O



R I O B E N I
 A P O R T A C H U E L O

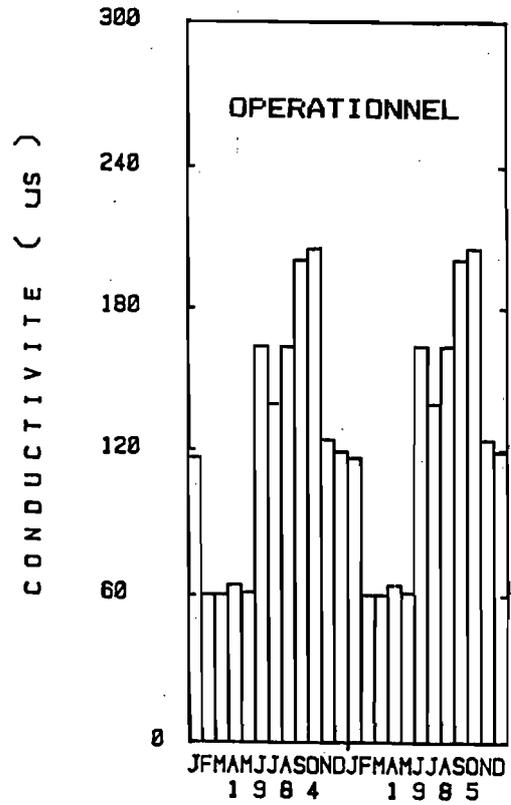


FIG. 18 : DISTRIBUTION DES CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES

1985, fournissent pour ces deux années les salinités moyennes annuelles pondérées suivantes :

- 1984 : $65,8 \text{ mg.l}^{-1}$ soit 94,4 US
- 1985 : $68,1 \text{ mg.l}^{-1}$ soit 97,2 US.

La moyenne sur ces deux années est 67 mg.l^{-1} et 96 US.

La moyenne générale sur les quatre périodes est de 69 mg.l^{-1} soit 98 US, entre les valeurs extrêmes de 66 mg.l^{-1} (94 US) et 74 mg.l^{-1} (104 US).

1.2.1.2. Les exportations hydriques

Sur la base des observations limnimétriques et des étalonnages hauteur-débit effectués par le PHICAB, les débits des trois formateurs Beni, Madre de Dios, Orthon, et du Beni à Cachuela, sont disponibles depuis novembre 1983, avec cependant des lacunes plus ou moins importantes selon les stations et les époques. Un fichier opérationnel des débits a été constitué dans le cadre de cette étude, de novembre 1983 à décembre 1985, par comparaison notamment entre les résultats obtenus aux quatre stations en cause (fig. 17).

Les figures 19 et 20 représentent les hydrogrammes opérationnels pour 1984 et 1985, dessinés dans le même cadre graphique sur traceur de courbe. Les courbes supérieures correspondent, l'une à la somme des trois stations amont, majorée de 0,5% (MPCØ5), l'autre à Cachuela Esperanza. Cette majoration est évaluée d'après le bilan hydrologique sommaire de ce bassin complémentaire.

Les rapports entre la somme des trois débits moyens mensuels majorés MPCØ5 et les débits moyens mensuels à Cachuela Esperanza varient selon les mois entre 0,90 et 1,07, au cours des années 1984 et 1985. A échelle annuelle, ces rapports sont de 0,971 pour 1984

et de 0,973 pour 1985.

Il est supposé que les écarts sont en majeure partie dus aux mesures effectuées à Portachuelo, station la moins bien observée de cet ensemble hydrométrique.

Les valeurs des débits moyens mensuels des années 1984 et 1985 sont mentionnées dans les tableaux 16a et b.

Le tableau ci-après récapitule les exportations hydriques en cette station au cours des années 1984 et 1985, et indique la proportion de ces exportations par rapport à celles évaluées à Cachuela Esperanza.

Périodes	Module $m^3.s^{-1}$	Volume $10^9 m^3 an^{-1}$	Proportion / Cachuela
Juin 1984-mai 1985	3008	94,9	-
Juillet 1985-juin 1985	2866	90,4	-
1984	3976	125,7	39,7 %
1985	2655	83,7	34,5 %

L'hydraulicité de l'année 1985 apparaît nettement inférieure, de 33%, à celle de 1984.

La valeur moyenne de l'exportation hydrique des deux années 1984 et 1985 est de $105.10^9 m^3 .an^{-1}$.

Le bilan hydrologique pluriannuel du bassin total du Rio Beni à Portachuelo (d'après O. Espinoza, 1985, corrigé pour la partie en aval d'Angosto del Bala), permet d'estimer un volume hydrique pluriannuel de $101,7.10^9 m^3 .an^{-1}$, soit un module de $3223 m^3 .s^{-1}$ dont

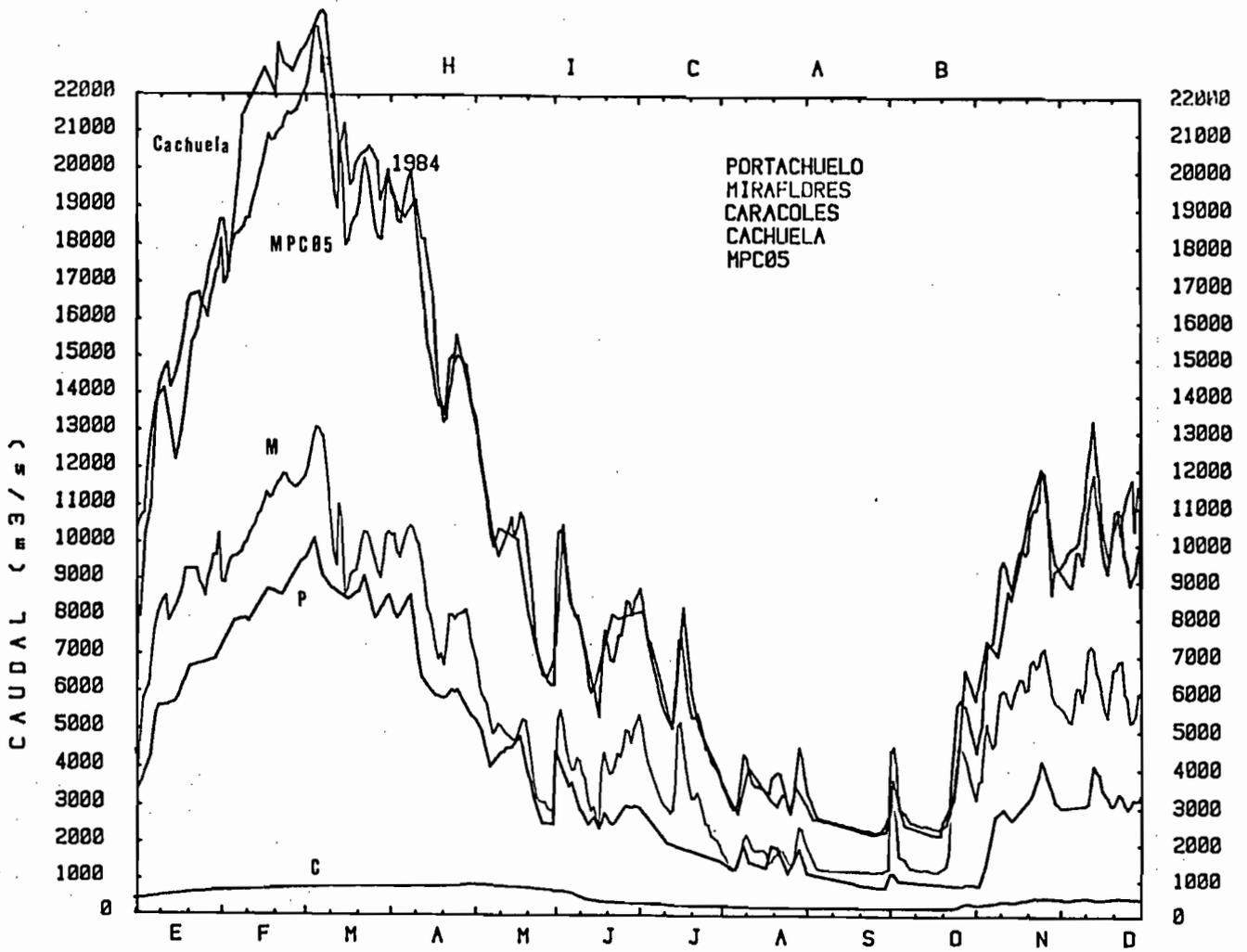


FIG. 19 : HYDROGRAMMES COMPARES DES RIOS BENI , MADHE DE DIOS ET ORTHON.

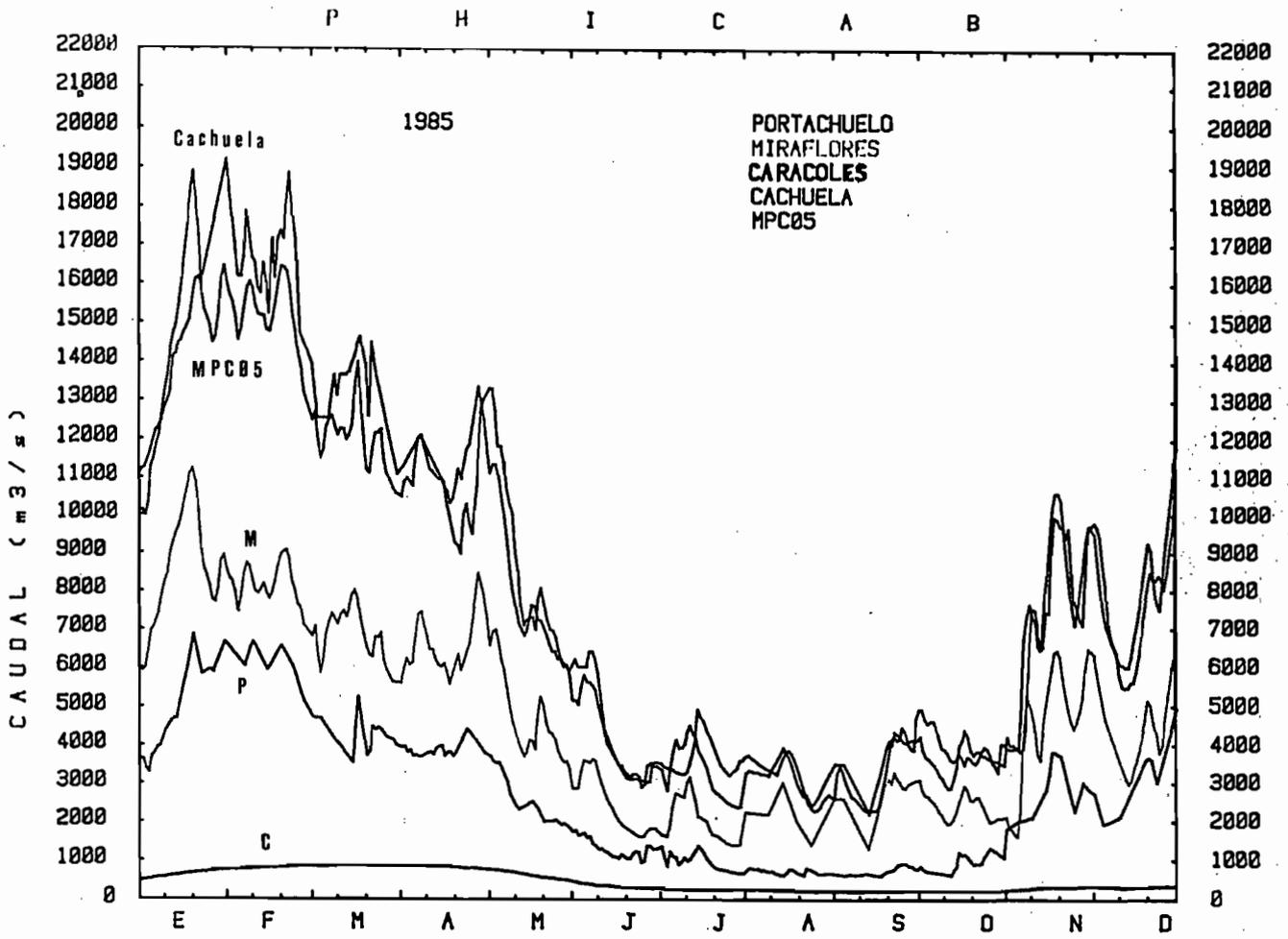


FIG. 20 : HYDROGRAMMES COMPARES DES RIOS BENI , MADRE DE DIOS ET ORTHON

$72,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ proviennent des Andes et $29,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ de la plaine.

Ce module est intermédiaire à ceux des années 1984 et 1985 "observées" ($125,7$ et $83,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3$), mais la moyenne de ces deux années ($104,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3$) est légèrement supérieure, de 3%, à ce module interannuel.

1.2.1.3. Les exportations ioniques

D'après les résultats précédents relatifs aux salinités et aux débits, les exportations salines sont les suivantes :

- juin 1984-mai 1985	:	$6,99 \cdot 10^6 \text{ t}$	} moyenne $7,00 \cdot 10^6 \text{ t}$
- juillet 1984-juin 1985	:	$6,19 \cdot 10^6 \text{ t}$	
1984	:	$8,28 \cdot 10^6 \text{ t}$	
1985	:	$5,71 \cdot 10^6 \text{ t}$	

La forte hydraulicité de l'année 1985 apparaît également pour l'exportation saline, supérieure de 28% à celle de 1984.

La valeur moyenne de l'exportation durant les années 1984 et 1985 est de $7,0 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$.

Les modules des années 1984 et 1985 sont respectivement supérieur et inférieur au module interannuel établi par bilan hydrique du bassin. Les salinités moyennes correspondantes à ces deux années étant estimées à $65,8$ et $68,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, on applique une salinité moyenne interannuelle de $67 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (96 US), pour estimer, sur la base de l'exportation hydrique interannuelle, l'exportation saline interannuelle du Beni à $6,8 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$.

1.2.2. Le Rio Beni à sa confluence avec le Madre de Dios

Les résultats obtenus pour le bassin du Rio Beni, limité

Tableau 16a : Salinités et exportations mensuelles

RIO BENI A PORTACHUELO - Année 1984

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$	5726	8295	8742	6637	3960	3034	2008	1547	975	944	2794	3252	3976
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$	15337	20784	23415	17203	10606	7864	5378	4143	2527	2528	7242	8710	125737
COND. US	116,4	(60)	(60)	64,2	61,1	163,5	139,3	163,4	200	(205)	124,1	119,1	94,4
IONS $mg \cdot l^{-1}$	83,4	38,5	38,5	41,8	39,3	120,9	101,7	120,9	150,0	154,0	89,5	85,6	65,8
EXPOR. ION. $10^3 t$	1279	800	901	719	417	951	547	501	379	389	648	746	8277

Valeur entre parenthèses = valeur interpolée.

Tableau 16b : Salinités et exportations mensuelles

RIO BENI A PORTACHUELO - Année 1985

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$	5105	6133	4227	3890	2449	1305	955	713	715	933	2625	3083	2655,3
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$	13673	14837	11322	10083	6559	3383	2558	1910	1853	2499	6804	8258	83739
COND. US	116,4	(60)	(60)	64,2	61,1	163,5	139,3	163,4	200	(205)	124,1	119,1	97,2
IONS $mg \cdot l^{-1}$	83,4	38,5	38,5	41,8	39,3	120,9	101,7	120,9	150,0	154,0	89,5	85,6	68,1
EXPOR. ION. $10^3 t$	1140	571	436	421	258	409	260	231	278	385	609	707	5705

au pied des Andes à Angosto del Bala, et celui de l'ensemble du bassin à Portachuelo permettent, par différence, de calculer les caractéristiques du bassin aval, comprenant la partie andine du haut Rio Madidi et de quelques petits affluents de rive gauche ainsi que la plaine (tableau 18). La salinité moyenne de l'apport est estimée à 59 mg.l^{-1} , représentant une exportation de $2,4.10^6 \text{ t.an}^{-1}$, soit 35% de l'apport total.

Afin de pouvoir approcher des valeurs de caractéristiques hydriques et salines propres à la totalité des Andes et la totalité de la plaine, un essai d'ajustement de bilan a été effectué pour la partie andine complémentaire (8% de la superficie) et pour la plaine. De même, l'apport du bassin complémentaire, situé dans la plaine entre Portachuelo et la confluence avec le Rio Madre de Dios, peut être également l'objet d'un essai de bilan afin d'obtenir un bilan complet de l'ensemble du Rio Beni à sa confluence avec le Rio Madre de Dios.

La superficie du bassin s'accroît de 2,8% entre la station de Portachuelo et la confluence du Beni avec le Madre de Dios. La pluviométrie moyenne sur le bassin total est évaluée à 1750 mm, celle sur ce complément de superficie également à 1750 mm. En conséquence, les débits à Portachuelo seront surévalués de 2,8% pour leur extrapolation jusqu'à la confluence avec le Madre de Dios.

Les principaux résultats sont résumés dans le tableau 18.

A échelle interannuelle, les Andes (60,2% de la superficie) exportent par le Rio Beni $72,2.10^9 \text{ m}^3 \text{ .an}^{-1}$ et $5,2.10^6 \text{ t.an}^{-1}$ d'ions dissous avec une salinité moyenne de 102 US, soit 72 mg.l^{-1} .

Tableau 17 : Salinités et exportations annuelles.

BENI à PORTACHUELO	Superficie Km ²	HYDRIQUE							SALIN					
		Pluie mm	Evap. réelle mm	ÉCOULEMENT				Cond. pond. US	Salin. pond. mg.l ⁻¹	EXPORTATION				
				Écoulement mm	10 ⁹ m ³	‰	Module 3 m ³ .s ⁻¹			Module sp. 1.8 ⁻¹ .km ⁻¹	Exp. sal. 10 ⁶ t.	Exp. sal. ‰	Mod. jon kg.s ⁻¹	Mod. jon. sp. t.en ⁻¹ .km ⁻²
PERIODE														
(bissextil) 1984	119040	-	-	-	125,7	100	3976	33,4	94,4	65,8	8,28	100	262	70
1985	119040	-	-	-	83,7	100	2655	22,3	97,2	68,1	5,71	100	181	48
84 + 85 : moyenne	119040	-	-	-	104,7	100	3317	27,9	95,5	66,7	7,00	100	222	59
interannuelle 68-82	119040	1788	957	831	101,7	100	3223	27,1	96	67	6,8	100	216	56

Tableau 18 : Salinités et exportations annuelles.

Superficie %	ENSEMBLE du BASSIN DU BENI	Superficie Km ²	HYDRIQUE							SALIN					
			Pluie mm	Evap. réelle mm	ÉCOULEMENT				Cond. pond. US	Salin. pond. mg.l ⁻¹	EXPORTATION				
					Écoulement mm	10 ⁹ m ³	‰	Module 3 m ³ .l ⁻¹			Module sp. 1.1 ⁻¹ .km ⁻¹	Export. sal. 10 ⁶ t.	Export. sal. ‰	Module jon. kg.s ⁻¹	Mod. jon. sp. t.en ⁻¹ .km ⁻²
55,2	Andes-Beni A. Bala	67540	1630	770	905 [*]	61,2	59,6	1938	28,7	102	72	4,4	64,4	140	65
5,0	Andes-Medidi [†]	6130	2700	900	860 [*]	11,0	10,7	350	57,0	(100)	(70)	0,8	11,7	25	131
37,1	Plaine-Andes-Portachuelo	45370	1900	1250	650	29,5	28,7	935	20,6	(81)	(55)	1,6	23,4	51	35
2,7	Plaine Portac.-Confluence	3340	1750	1400	350	1,2	1,2	36	10,9	(43)	(25)	0,03	0,4	0,9	9
60,2	Total Andes, cote 500 m	73670	1719	781	980 [*]	72,2*	70,3	2288	31,1	102	72	5,2	76,1	165	71
39,8	Total plaine confluence	48710	1890	1284	938 [*]	30,5	29,7	966	19,8	(79)	53	1,6	23,9	52	33
97,3	Total bassin Portachuelo	119040	1788	957	831 [*]	101,7	99,0	3223	27,1	96	67	6,8	99,6	216	57
100	Total bassin confluence	122380	1787	973	839 [*]	102,9	100	3261	26,6	95	66	6,8	0,4	217	56

* écart avec l'écoulement calculé par bilan et mesuré = 5%.

La plaine proprement dite (39,8% de la superficie), exporte par le Rio Beni $30,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ d'eau et $1,6 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$ d'ions dissous, avec une salinité moyenne de 79 US, soit $53 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

L'ensemble du bassin du Beni (100%), exporte $102,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, d'eau et $6,8 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$ d'ions dissous, avec une salinité moyenne de 95 US, soit $66 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Les exportations hydriques et salines sont assurées respectivement à 70 et 76% par les Andes qui couvre 60% du bassin.

Le tableau 18 récapitule l'ensemble des caractéristiques principales des salinités et des exportations hydriques des différentes parties du Rio Beni jusqu'à sa confluence avec le Rio Madre de Dios.

2. LE BASSIN DU RIO MADRE DE DIOS DANS LA PLAINE AMAZONIENNE

2.1. LE RIO MADRE DE DIOS A MIRAFLORES

2.1. Les salinités

Les conductivités sont mesurées dans le Rio Madre de Dios à Miraflores, station installée par le PHICAB en novembre 1983, quelques dizaines de kilomètres avant sa confluence avec le Rio Beni, depuis le début novembre 1983 (tableaux 19 et 20). Les valeurs ont été étudiées jusqu'à fin 1985.

La courbe de variation journalière de salinités au cours de l'année suit une variation inverse de celle des débits, indice d'un simple phénomène de lessivage des ions par les pluies sur le bassin (fig. 21 et 22).

La relation conductivité moyenne mensuelle-débit moyen mensuel

RIO MADRE DE DIOS A MIRAFLORES

TABLEAU 19a . CONDUCTIVITES JOURNALIERES PHICAB
ANNEE 1983

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1												
2											71	73
3												
4											83	72
5												
6											78	70
7												
8											86	70
9												
10											78	70
11												
12											89	64
13												
14											77	64
15												
16											81	68
17												
18											69	72
19												
20											65	74
21												
22											63	83
23												
24											63	75
25												
26											74	85
27												
28											72	67
29												
30											63	60
31												
MOYENNE											74.6	71.4

RIO MADRE DE DIOS A MIRAFLORES

TABLEAU 19 b . CONDUCTIVITES JOURNALIERES PHICAB
ANNEE 1984

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1			54			94	68	110	67	66	67	59
2				52	69	88	62	108	66	67	67	57
3			54			60	84	106	77	65	66	59
4				59	67	64	59	108	76	76	63	58
5			55			63	59	103	133	64	66	62
6		58		59	73	56	63	103	142	60		50
7			55			68	62	104	124	133	56	52
8		66		53	76	67	76	103	126	133	56	54
9			58			74	75	122	150	133	57	52
10		54		56	74	78	85	107	96	139	60	50
11			57			97	84	83	160	137	58	53
12		65		60	72	100	91	83	136	160	57	51
13			61			89	85	75	156	150	54	55
14		56		71	72	86	87	77	163	152	54	55
15			63			87		87	164	159	53	54
16		55		62	74	95	75	85	178	155	52	60
17			62			97	54	92	187	159	52	54
18		53		62	76	96	54	68	181	155	51	55
19			40			95	53	65	191	150	53	57
20		68		67	79	84	50	68	191		53	56
21			50			81	58	70	193	58	54	55
22		66		68	77		60	69	198		53	65
23			53			76	79	66	196	58	53	65
24		60		61	84	77	79	66	212	57	52	65
25			57			84	71	79	66	202	58	67
26		62		54	84	70	80	67	199	56	54	66
27			57			84	66	81	66	202	57	66
28		64		62	83	64	94	66	103	57	52	67
29			63			87	64	103	77	107	56	53
30				56	90	63	109	66	106	60	58	57
31			53			92		108	76	56		56
MOYENNE	60.6	53.6	60.0	79.0	78.3	75.3	84.3	150.2	99.6	56.2	57.7	

TABLEAU 19c

RIO MADRE DE DIOS A MIRAFLORES

CONDUCTIVITES JOURNALIERES

PHICAB
ANNEE 1985

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	58	51	62	63	70	88	115		95	85	84	70
2	56	54	63	49	60	98	115		79	96	50	60
3	57	52	61	51	78	88	113	186	91		56	70
4	58	53	62	50	60	101	115	181	80	108	53	67
5	57	60	62	50	61	92	112	161	80		49	71
6	56	61	62	51	69	89	122	147	72		52	79
7	57	59	56	49	67	92	87	188	72	88	53	61
8	56	59	56	49	80	99	87	177	75	89	79	60
9	56	60	56	49	87	87	84		74	94	106	71
10	56	57	56	73	91	85	82	102	80	95	84	74
11	57	59	57	73	79	88	82	100	76	86	57	67
12	55		58		98	91	151	97	86	88	54	86
13	56	61	57	72	82	121	76	120	75	84	50	64
14	57	61	56	72	88		81	104	82	91	117	76
15	56	63	57	72	79	98	87	99	79	85	48	94
16	57	80	58	72	86		78	84	78	92	96	62
17	56	62	57		89	108	99	81	87	92	55	60
18	55	63	56	72	84	115	97	78	88	88	49	60
19	56		56	73	76	109	63	174	91	93	54	59
20	55	61	56	63	108	104	142	132	101		70	62
21	56	61	59	63	75	104	135	200	89	88	67	60
22	52	60	58	74	87	109	122	130	85		95	62
23	54	61	58	111	84	122	116	123	92		58	59
24	53	60	58	76	86	134	127	113	90		56	62
25	54	61	58	71	73	131	124	123	95		47	61
26	51	61	62	67	76		119	118	79		52	58
27	52	64	62	67	86	124	120	121	92		74	
28	52	63	62	74	86		122	116	90		56	58
29	51		63	72	82		123	121	89		103	58
30	51		64	69	104		144	79	83		78	49
31	52		62		86			81				
MOYENNE	55.0	60.3	59.0	66.0	81.2	103.2	108.0	126.3	84.2	90.7	66.7	65.5

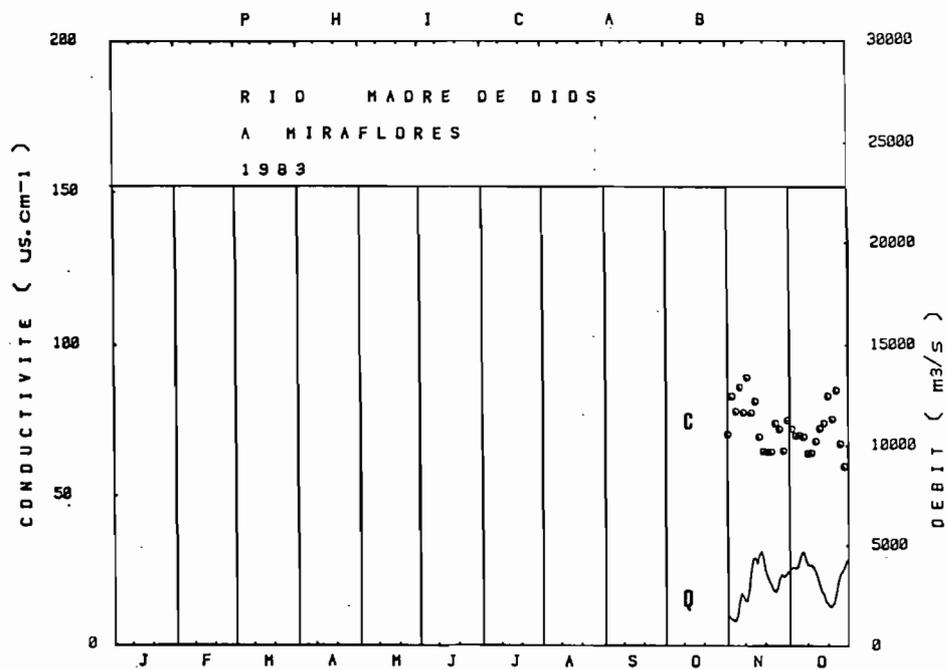


FIG.21a. CONDUCTIVITES ET DEBITS

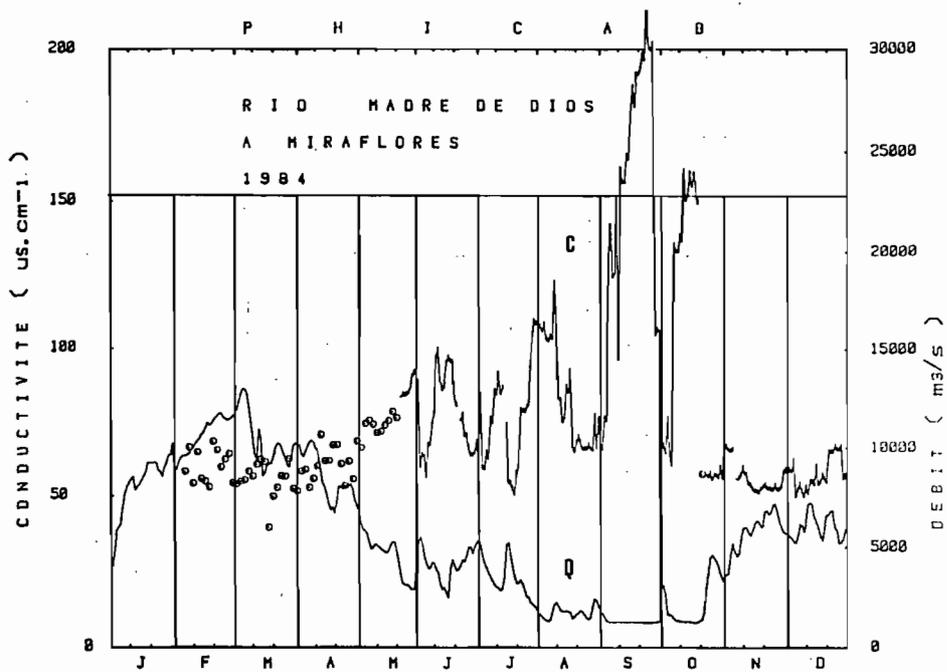


FIG.21b. CONDUCTIVITES ET DEBITS

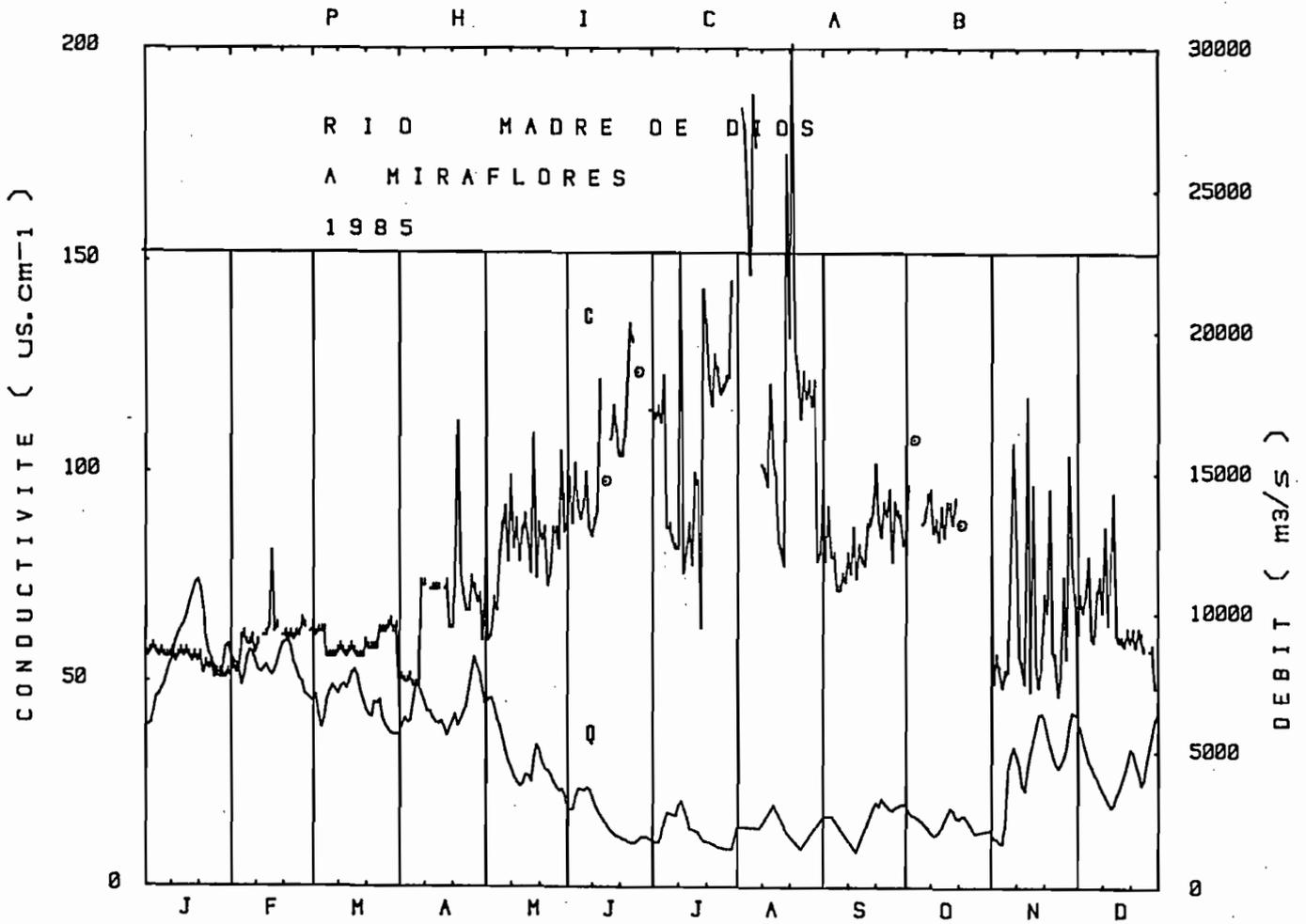


FIG.21c : CONDUCTIVITES ET DEBITS

s'ajuste à une courbe moyenne de forme hyperbolique (fig. 23). Les points représentatifs de la décrue et de l'étiage se situent au-dessus de la courbe moyenne, ceux de la période de montée des eaux en dessous de la courbe. La distribution de ces points suit un "circuit logique" au cours du cycle annuel (segments en pointillés sur le graphique).

Les salinités journalières mesurées montrent des valeurs minimale et maximale respectives de 40 US ($22,5 \text{ mg.l}^{-1}$) et 212 US (160 mg.l^{-1}), correspondant à des périodes de très hautes et très basses eaux.

Les valeurs moyennes mensuelles présentent un minimum de 55 US (35 mg.l^{-1}) en mars 1984 et un maximum de 150 US (110 mg.l^{-1}) en septembre 1984, correspondant respectivement aux débits moyens mensuels maximum et minimum observés durant cette période.

Les moyennes mensuelles de ces salinités, pondérées par les débits moyens mensuels, fournissent une salinité moyenne annuelle "pondérée" de $43,7 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 66,6 US en 1984, et $47,6 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 71,5 US en 1985. La pondération effectuée sur deux ans permet de calculer une salinité de $45,5 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 68,8 US, valeur que l'on retiendra pour le Rio Madre de Dios à sa confluence avec le Rio Beni.

2.1.2. Les exportations hydriques

Les observations limnimétriques ainsi que les jaugeages effectués à la station de Miraflores depuis novembre 1983, permettent d'évaluer jusqu'en mai 1986, soit sur 31 mois, les débits du Rio Madre de Dios, juste en amont de sa confluence avec le Rio Beni (fig. 21). A titre d'exemple de tracé graphique, sont présentés les débits moyens mensuels de la période d'observation sous forme d'histogramme (fig. 22).

TABLEAU 20a

RIO MADRE DE DIOS A MIRAFLORES

CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (µS)
EN L'ETAT

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983											74.6	71.4
1984		60.6	55.6	60.0	79.0	78.3	75.3	84.3	150.2	99.6	56.2	57.7
1985	55.0	60.3	59.0	66.0	81.2	103.2	108.0	126.3	84.2	90.7	66.7	65.5
MOYENNE	55.0	60.4	57.3	63.0	80.1	90.8	91.7	105.3	117.2	95.2	65.8	64.9

TABLEAU 20 b

RIO MADRE DE DIOS A MIRAFLORES

CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (µS)
OPERATIONNELLES

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983											74.6	71.4
1984	66.0	60.6	55.6	60.0	79.0	78.3	75.3	84.3	150.2	99.6	56.2	57.7
1985	55.0	60.3	59.0	66.0	81.2	103.2	108.0	126.3	84.2	90.7	66.7	65.5
MOYENNE	60.5	60.4	57.3	63.0	80.1	90.8	91.7	105.3	117.2	95.2	65.8	64.9

TABLEAU 21a

RIO MADRE DE DIOS A MIRAFLORES

DEBITS MOYENS MENSUELS (m3.s-1)
EN L'ETAT

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983											2966.1	3539.7
1984	7976.0	10555.0	10413.0	8594.6	4505.7	4110.1	3500.8	1759.1	1320.6	2287.6	5734.9	6020.0
1985	8492.7	8141.5	6724.6	6310.7	4588.5	2439.6	2082.5	3977.7	3820.0	2470.2	4459.8	4542.3
1986	7539.2	9705.0	10214.0	7828.8	5713.4							
MOYENNE	8501.7	9600.1	9337.6	8183.3	6201.6	6636.9	6395.3	6433.7	6284.6	6188.9	5789.9	6025.2

TABLEAU 21b

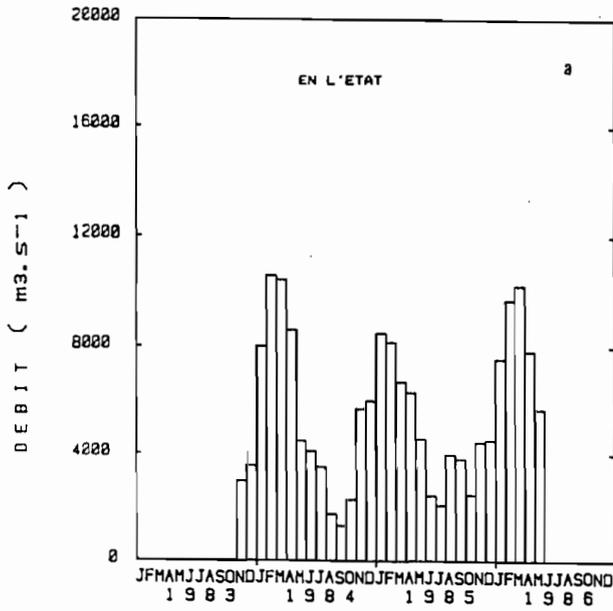
RIO MADRE DE DIOS A MIRAFLORES

DEBITS MOYENS MENSUELS (m3.s-1)
OPERATIONNELS

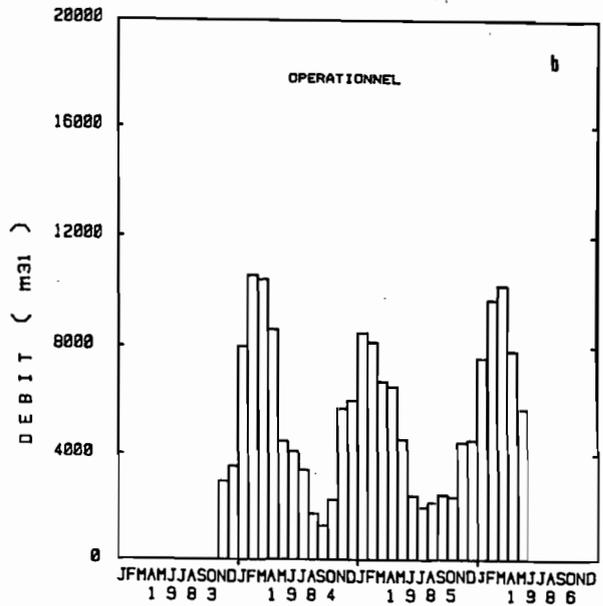
PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983											2966.1	3539.7
1984	7976.0	10555.0	10413.0	8594.6	4505.7	4110.1	3398.7	1759.1	1320.6	2287.6	5734.9	6020.0
1985	8492.7	8141.5	6724.6	6534.7	4588.5	2439.6	2007.0	2171.9	2466.1	2380.5	4459.8	4542.3
1986	7539.2	9705.0	10214.0	7828.8	5713.4							
MOYENNE	8002.6	9467.2	9117.2	7652.7	4935.9	3274.8	2702.8	1965.5	1893.3	2334.0	4386.9	4700.7

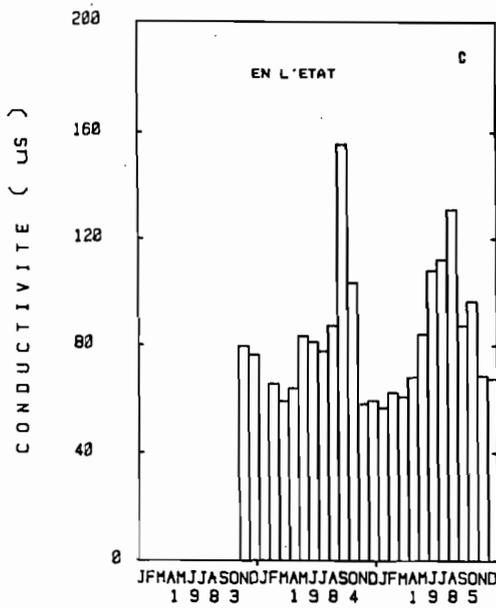
P H I C A B
 R I O MADRE DE DIOS
 A MIRAFLORES



R I O MADRE DE DIOS
 A MIRAFLORES



R I O MADRE DE DIOS
 A MIRAFLORES



R I O MADRE DE DIOS
 A MIRAFLORES

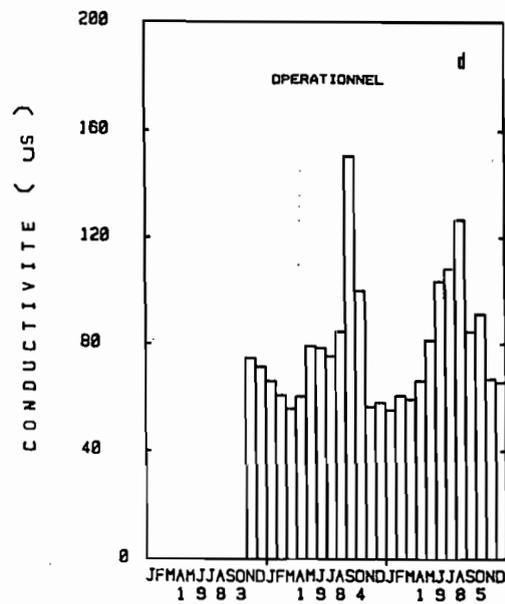


FIG. 22 : DISTRIBUTION DES CONDUCTIVITES ET DES DEBITS MOYENS MENSUELS

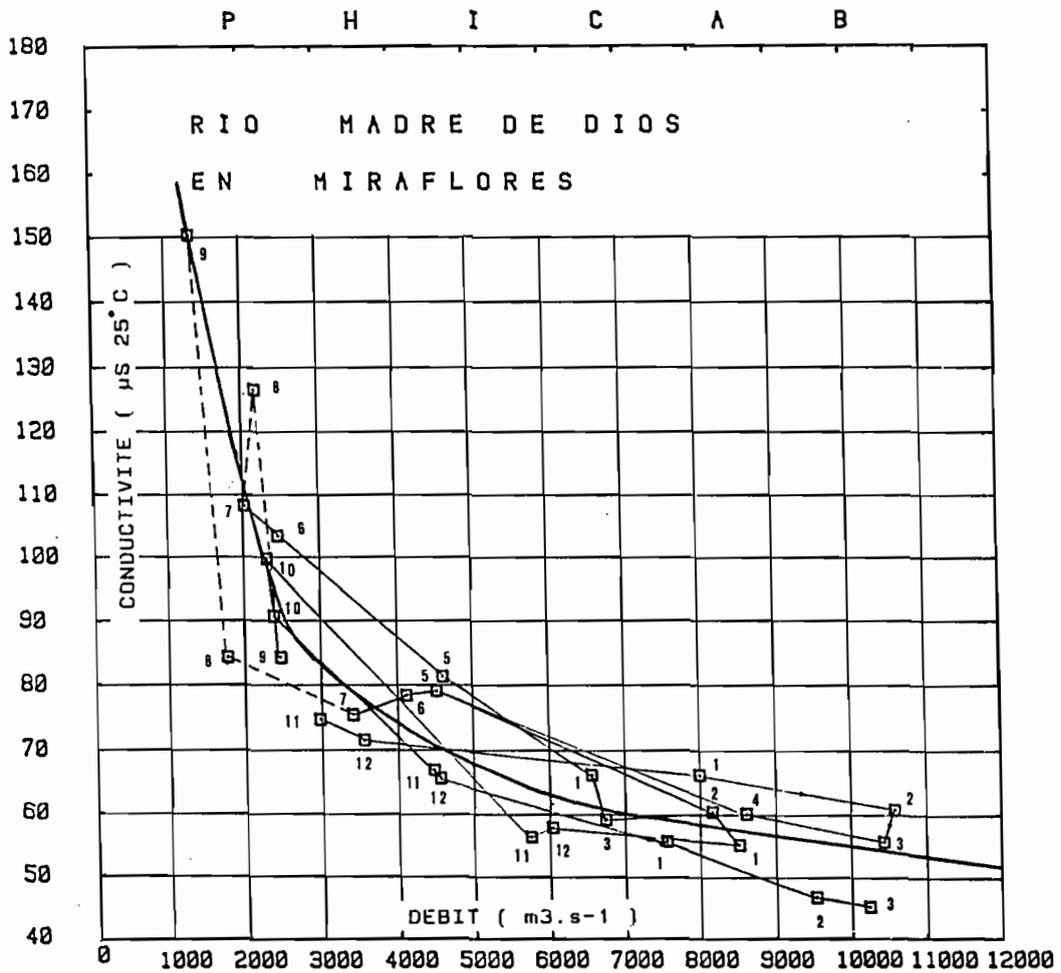


FIG. 23 : RELATION ENTRE LA CONDUCTIVITE ET LE DEBIT MOYENS MENSUELS

Les évaluations ont été effectuées sur deux années complètes, 1984 et 1985, et la moyenne de ces deux années a été calculée. D'autre part, la prise en considération de l'ensemble des moyennes mensuelles disponibles sur la période observée conduit à calculer des valeurs moyennes plus générales que la moyenne des deux années précédentes, d'autant que les sept mois supplémentaires concernent l'époque de hautes eaux.

Les modules de 1984 et 1985 sont respectivement de $5536 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et $4557 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, correspondant à des volumes annuels exportés de $175,1 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ et $143,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$. Il ressort, pour le Madre de Dios comme pour le Beni, que l'hydraulicité de l'année 1985 est inférieure, de 18%, à celle de l'année 1984.

L'exportation hydrique moyenne au cours de ces deux années est de $5047 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, correspondant à un volume de $159,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$. Cette valeur est très proche du module calculé avec toutes les observations disponibles : $5008 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, soit $158,1 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$.

La moyenne des années 1984 et 1985 est supérieure à la moyenne annuelle calculée sur la période de novembre 1983 à mai 1986. Dans le cas du Beni, la moyenne des années 1984 et 1985 est supérieure de 3% à la moyenne interannuelle évaluée (1968-1982). On appliquera également ce pourcentage à la moyenne des deux années observées à Miraflores pour évaluer, à $154,8 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, l'apport hydrique interannuel du Madre de Dios à Miraflores. Une majoration de $0,3 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ permet d'évaluer ainsi à $155,1 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ l'apport hydrique interannuel du Madre de Dios à sa confluence avec le Beni.

Tableau 22a : Salinité et exportations mensuelles

MADRE DE DIOS A MIRAFLORES ANNEE 1983

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$											2966	3540	
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$											7688	9482	
COND. US											74,6	71,4	
IONS $mg \cdot l^{-1}$											50,1	47,5	
EXPOR. ION. $10^3 t$											385	467	

Tableau 22b : Salinités et exportations mensuelles

MADRE DE DIOS A MIRAFLORES ANNEE 1984

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$	7976	10556	10413	8595	4506	4110	3399	1759	1321	2288	5735	6020	5536
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$	21363	26449	27890	22278	12069	10653	9104	4711	3424	6128	14865	16124	175058
COND. US	66	60,6	55,6	60,0	79,0	78,3	75,3	84,3	150,2	99,6	56,2	57,7	66,6
IONS $mg \cdot l^{-1}$	43,2	38,9	34,9	38,5	53,6	53,0	50,6	57,8	110,3	70,0	35,4	36,6	43,7
EXPOR. ION. $10^3 t$	923	1030	975	857	647	565	461	272	378	429	527	590	7654

Tableau 22c : Salinités et exportations mensuelles

MADRE DE DIOS A MIRAFLORES ANNEE 1985

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$	8493	8142	6725	6535	4589	2440	2007	2172	2466	2381	4460	4542	4557
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$	22748	19697	18012	16939	12291	6324	5376	5817	6392	6377	11560	12165	143698
COND. US	55,0	60,3	59,0	66,0	81,2	103,2	108,0	126,3	84,2	90,7	66,7	65,5	71,5
IONS $mg \cdot l^{-1}$	34,5	38,7	37,7	43,2	55,3	72,9	76,7	91,3	57,7	62,9	43,8	42,8	47,6
EXPOR. ION. $10^3 t$	784	762	678	732	680	461	412	531	369	401	506	521	6837

2.1.3. Les exportations ioniques

Sur la base des précédents résultats, les exportations salines du Madre de Dios à Miraflores sont évaluées pour les années 1984 et 1985 à $7,65$ et $6,84 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$ respectivement, avec une moyenne de $7,25 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$. L'exportation interannuelle est estimée à $7,06 \cdot 10^9 \text{ t.an}^{-1}$.

Le tableau 23 récapitule l'ensemble des principaux résultats relatifs au Madre de Dios à Miraflores.

2.2. LE RIO MADRE DE DIOS A SA CONFLUENCE AVEC LE BENI

Le complément de superficie du bassin du Madre de Dios entre Miraflores et la confluence avec le Beni est de 680 km^2 . La pluviométrie sur cette partie est inférieure à la pluviométrie sur l'ensemble du bassin. Un bilan hydrique sommaire conduit à augmenter les exportations de la partie aval à Miraflores de $0,2\%$ pour évaluer celles qui ont lieu à la confluence. Une majoration de $0,3 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ permet d'évaluer ainsi à $155,1 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ l'apport hydrique interannuel du Madre de Dios à sa confluence avec le Beni.

Le tableau 25 permet la comparaison des exportations hydriques et salines des Rios Madre de Dios (MDD) et Beni aux deux stations d'observation.

A ce stade de l'étude on retiendra qu'à la confluence du Madre de Dios et du Beni, 60% des apports hydriques proviennent de ce premier fleuve, tandis que les apports salins sont mieux équilibrés, approchant 50% pour chacun des deux.

A l'échelle interannuelle, il est évalué que l'apport global des deux formateurs est de $257 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ correspondant à un module de

Tableau 23 : Salinités et exportations annuelles.

MADRE DE DIOS à MIRAFLORES	Superficie km ²	HYDRIQUE							SALIN					
		Fluide ‰	Evap.réelle mm	ÉCOULEMENT				Cond.pond. US	Salin.pond. mg.l ⁻¹	EXPORTATION				
				Écoulement mm	10 ⁹ m ³	‰	Module m ³ .s ⁻¹			Module sp. l.s ⁻¹ .km ⁻¹	Exp. sal. 10 ⁶ t.	Exp. sal. ‰	Mod. ion kg.s ⁻¹	Mod. ion.sp. t.an ⁻¹ .km ⁻²
PERIODE														
(bissexile) 1984	124220	-	-	1410	175,1	99,8	5536	44,6	66,6	43,7	7,65	100	242	62
1985	124220	-	-	1157	143,7	99,8	4557	36,7	71,5	47,6	6,84	100	217	55
84 + 85 : moyenne	124420	-	-	1283	159,4	99,8	5047	40,6	68,8	45,5	7,25	100	230	58
Nov. 83 à mai 86 : moyenne	124220	-	-	1273	158,1	99,8	5008	40,3	(68,8)	(45,5)	7,19	100	228	58

Tableau 24 : Salinités et exportations annuelles.

MADRE DE DIOS à sa confluence avec le Beni	Superficie km ²	HYDRIQUE							SALIN					
		Fluide mm	Evap.réelle mm	ÉCOULEMENT				Cond.pond. US	Salin.pond. mg.l ⁻¹	EXPORTATION				
				Écoulement mm	10 ⁹ m ³	‰	Module m ³ .s ⁻¹			Module sp. l.s ⁻¹ .km ⁻¹	Exp. sal. 10 ⁶ t.	Exp. sal. ‰	Mod. ion kg.s ⁻¹	Mod. ion.sp. t.an ⁻¹ .km ⁻²
PERIODE														
Nov. 83 à mai 86 : moyenne	125000	-	-	1267	158,4	100	5020	40,2	(68,8)	(45,5)	7,20	100	228	58
1968-1982 : moyenne	125000	-	-	1242	155,1	100	4915	39,6	(68,8)	(45,5)	7,06	100	224	57

Tableau 25: Comparaison des salinités et des exportations du Rio Madre de Dios (MDD) et du Rio Beni.

Superficie (Km)	BENI Portachuelo			MADRE DE DIOS Miraflores			MDD BENI + MDD			
	1984	1985	Moy.	1984	1985	Moy.	1984	1985	Moy.	
Export. hydri. 10 ⁹ m ³ .an ⁻¹	observé	125,7	83,7	104,7	175,1	143,7	159,4	58%	63%	60%
	différence	136,0	92,3	114,2	-	-	-	56%	61%	58%
Salinité mg.l ⁻¹	observé	65,8	68,1	67,0	43,7	47,6	45,6	-	-	-
	différence	84,2	85,3	84,7	-	-	-	-	-	-
Export. salin. 10 ⁶ t.an ⁻¹	observé	8,28	5,71	7,0	7,65	6,84	7,25	48%	55%	51%
	différence	11,5	7,87	9,65	-	-	-	40%	47%	49%

$8132 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et de $13,9 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$, soit une salinité moyenne annuelle pondérée de $54 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ou 79 US. Les contributions afférentes aux deux tributaires sont les mêmes que celles précédemment évaluées.

3. LE BASSIN DU RIO ORTHON DANS LA PLAINE AMAZONIENNE

3.1. Les salinités

Les conductivités ont été mesurées dans le Rio Orthon à Caracoles, station installée par le PHICAB quelques dizaines de kilomètres en amont de sa confluence avec le Rio Beni, depuis novembre 1983 jusqu'à mars 1985 (tableaux 26 et 27).

La courbe de variation journalière des salinités au cours de l'année suit parfaitement une variation inverse de celle des débits (fig. 24 et 25). La relation entre la conductivité moyenne mensuelle et le débit moyen mensuel est de forme hyperbolique (fig. 26). La distribution des points de part et d'autre de la courbe moyenne suit un circuit régulier au cours de l'année. Cette distribution permet d'estimer, en fonction des débits, les conductivités moyennes mensuelles manquantes.

Les salinités journalières mesurées montrent des valeurs minimale et maximale respectives de 28 US ($13 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) en mars-avril, lors du maximum de la crue, et de 87 US ($60 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) en septembre, au cours de la fin de l'étiage.

Les valeurs moyennes mensuelles présentent un minimum de 29,4 US ($14 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) en avril 1984 lors de la pointe de crue, et un maximum de 74,4 US ($50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) en septembre, lors de l'étiage (fig. 25).

Les moyennes mensuelles de ces salinités, pondérées par les débits moyens mensuels, conduisent à une salinité moyenne annuelle "pon-

RIO ORTHON A CARACOLES

TABLEAU 26a CONDUCTIVITES JOURNALIERES

PHICAB
ANNEE 1983

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1												36
2												
3											80	40
4												
5											72	37
6												
7											67	38
8												
9											64	36
10												
11											73	36
12												
13											72	39
14												
15											63	43
16												
17											60	44
18												
19											69	44
20												
21											71	43
22												
23											49	40
24												
25											50	38
26												
27											58	41
28												
29											37	44
30												
31												49
MOYENNE											63.2	40.4

RIO ORTHON A CARACOLES

TABLEAU 26b CONDUCTIVITES JOURNALIERES

PHICAB
ANNEE 1984

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1			34	31	30	35	37	66	83		39	34
2			33	30	30	36	37	63	87	61	37	34
3			34	30	29	36	38	64	83	63	34	34
4			33	31	29	37	37	68	86	64	33	32
5			34	30	29	38	43	71	85	61	33	32
6			33	30	29	37	33	70	86	60	34	33
7		32	34	31	29	37	39	72	86	57	33	33
8		31	34	30	29	38	39	75	83	62	34	34
9		41	34	30	30	41	39	75	83	72	35	35
10		40	32	29	30	41	38		82	75	37	34
11		34	32	28	30	41	42	71	81		40	32
12		39	31	30	30	42	38	75	80	68	37	34
13		47	31	29	34	44	38	74	80	68	36	37
14		47	30	29	31	43	41	73	76	66	35	38
15		49	30	29	32	46	40	73	75	62	35	40
16		33	30	28	32	47	41	71	74	62	35	41
17		38	30	29		47	41	74		61	36	40
18		35	30	30	32	48	41	74	75	63	35	41
19		33	30	29	32	49	43	75	74	65	34	43
20		34	30	30	32		41	75		68	35	39
21		34	29	29	32	49	41	74	74	69	36	39
22		34	29	28	33	50	43	76	70	69	34	39
23		34	28	29	32	49	43	77	64	69	34	46
24		34	29	29	32	50	42	77	61	68	31	40
25		33	29	29	33	50	46	76	60	67	31	39
26		34	29	29	33	51	44	78	56	62	32	38
27		33	28	34	34	49	42	80	60	61	33	36
28		33	28	28	34	50	42	81	60	71	31	36
29		33	28	28	33	53	43	82	59	53	31	38
30			30	29	35	55	46	83	60	54	34	38
31			30		35		42	83		44		34
MOYENNE	36.4	30.9	29.4	31.4	44.5	60.7	74.2	74.4	63.7	34.5	36.9	

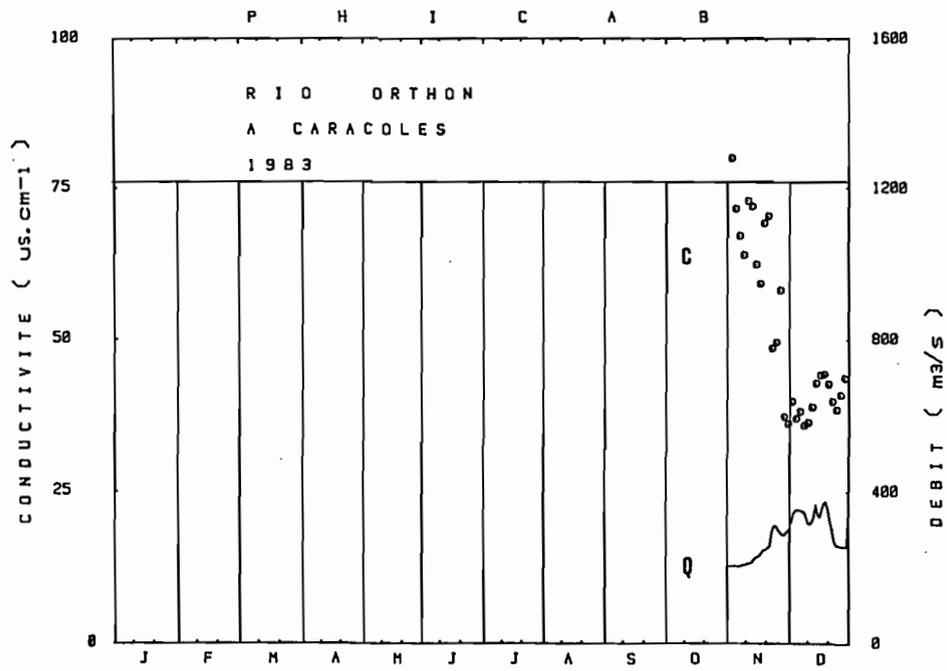


FIG.24a: CONDUCTIVITES ET DEBITS

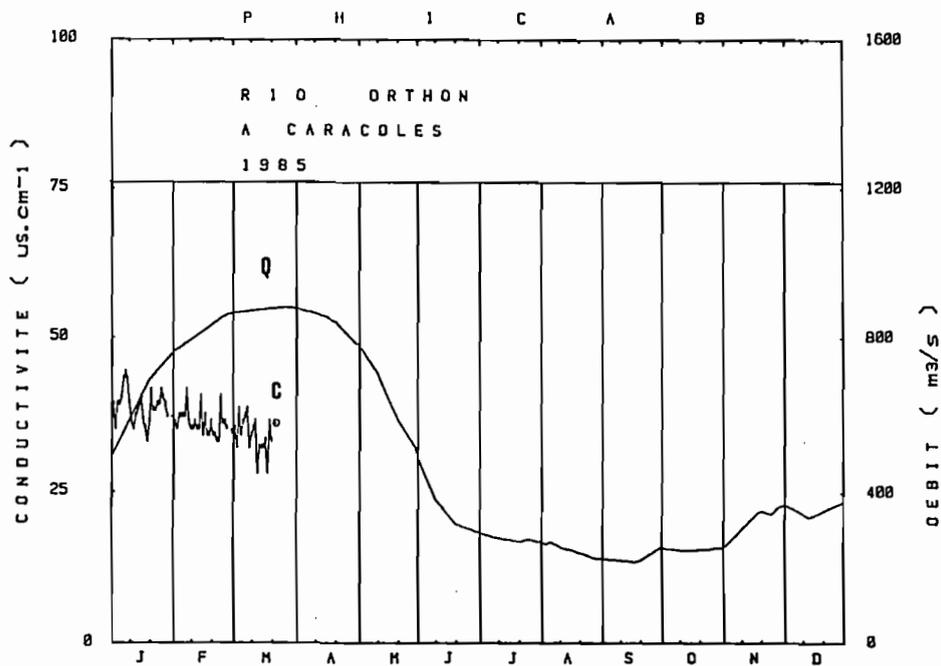


FIG.24b: CONDUCTIVITES ET DEBITS

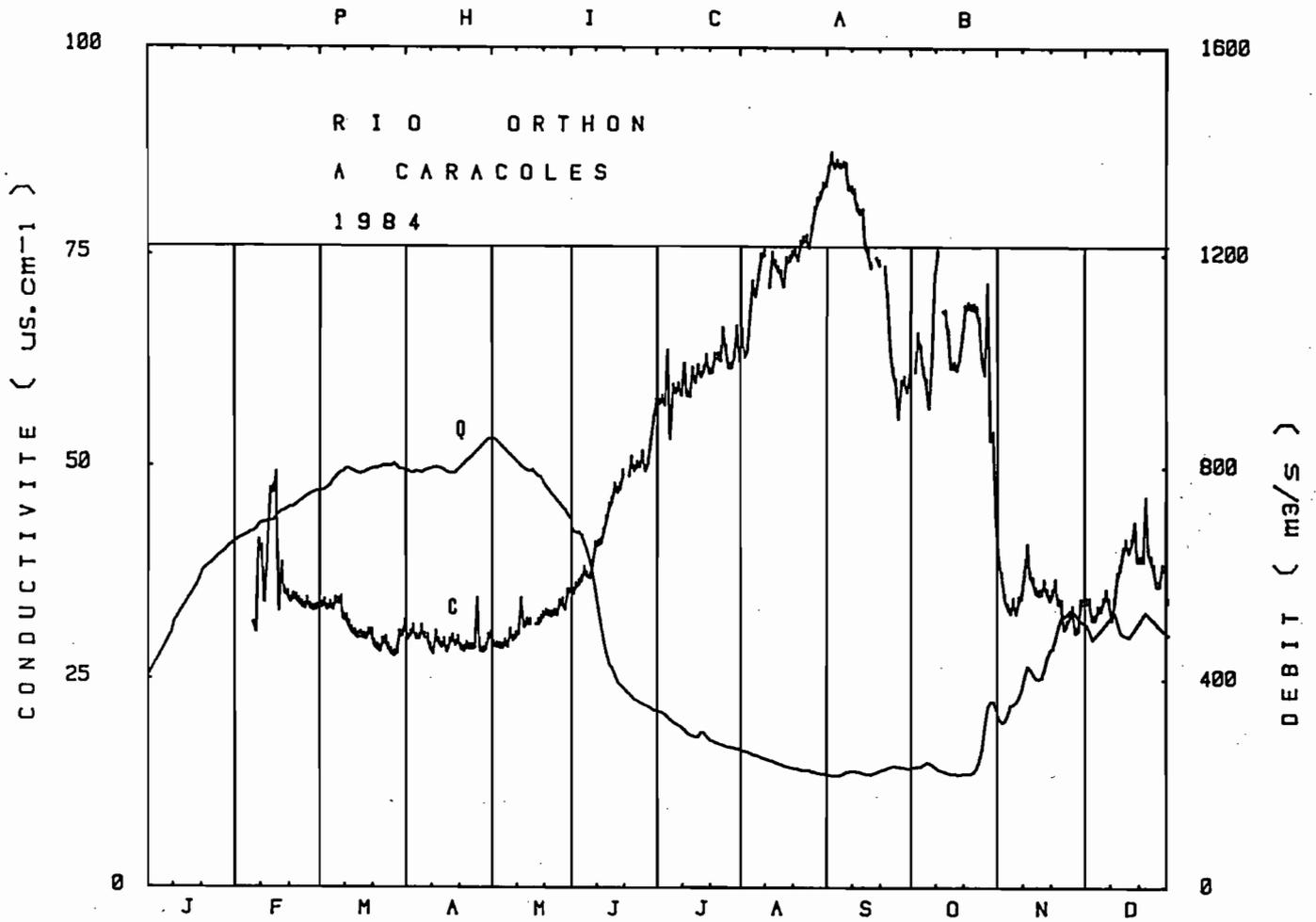


FIG. 24c: CONDUCTIVITES ET DEBITS

TABLEAU 27 a

RIO ORTHON A CARACOLESCONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (uS)
EN L'ETAT

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983											63.2	40.4
1984		36.4	30.9	29.4	31.4	44.6	60.7	74.2	74.4	63.7	34.5	36.9
1985	38.4	35.9	33.9									
MOYENNE	38.4	36.1	32.4	29.4	31.4	44.6	60.7	74.2	74.4	63.7	48.8	38.6

TABLEAU 27 b

RIO ORTHON A CARACOLESCONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (uS)
OPERATIONNELLES

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983											63.2	40.4
1984	38.4	36.4	30.9	29.4	31.4	44.5	60.7	74.2	74.4	63.7	34.5	36.9
1985	38.4	35.9	33.0	30.0	35.0	53.0	63.0	72.5	74.0	63.5	45.0	42.0
MOYENNE	38.4	36.1	31.9	29.7	33.2	48.8	61.8	73.4	74.2	63.6	47.6	39.8

P H I C A B
 R I O ORTHON
 A C A R A C O L E S

R I O ORTHON
 A C A R A C O L E S

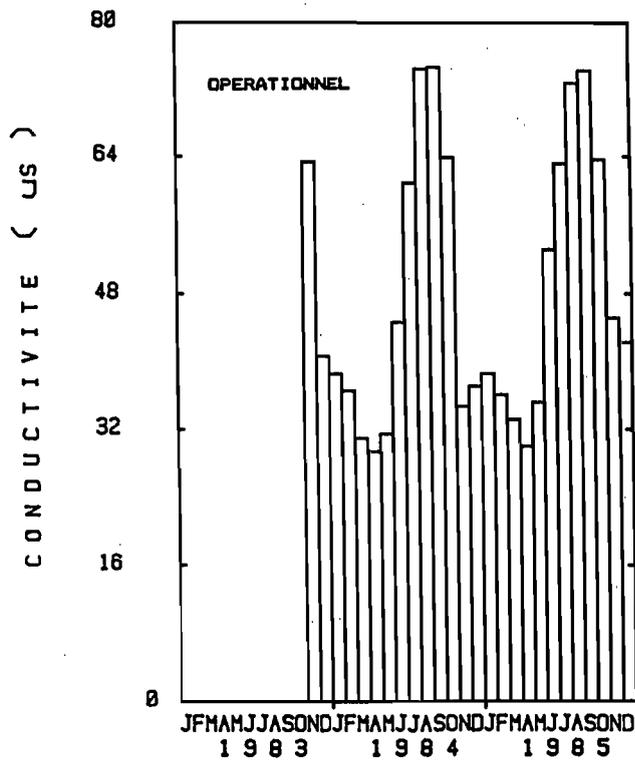
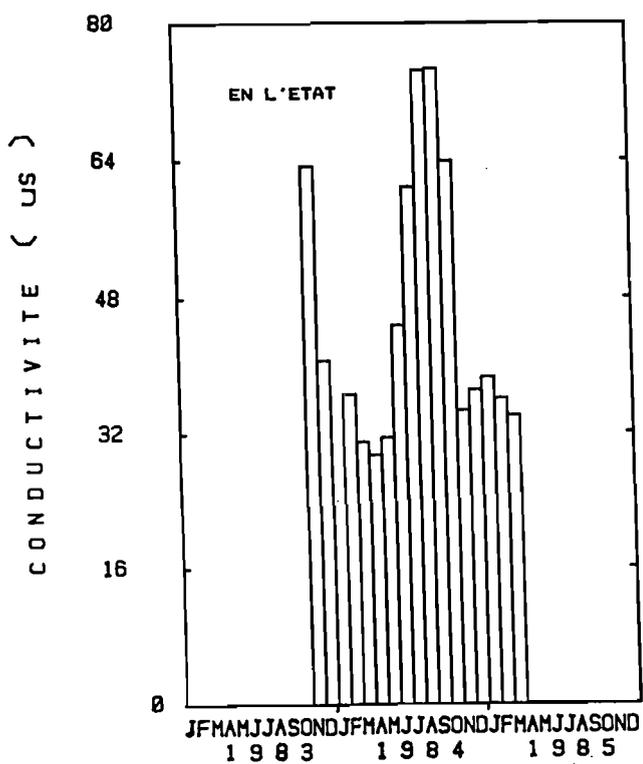


FIG. 25 : DISTRIBUTION DES CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES

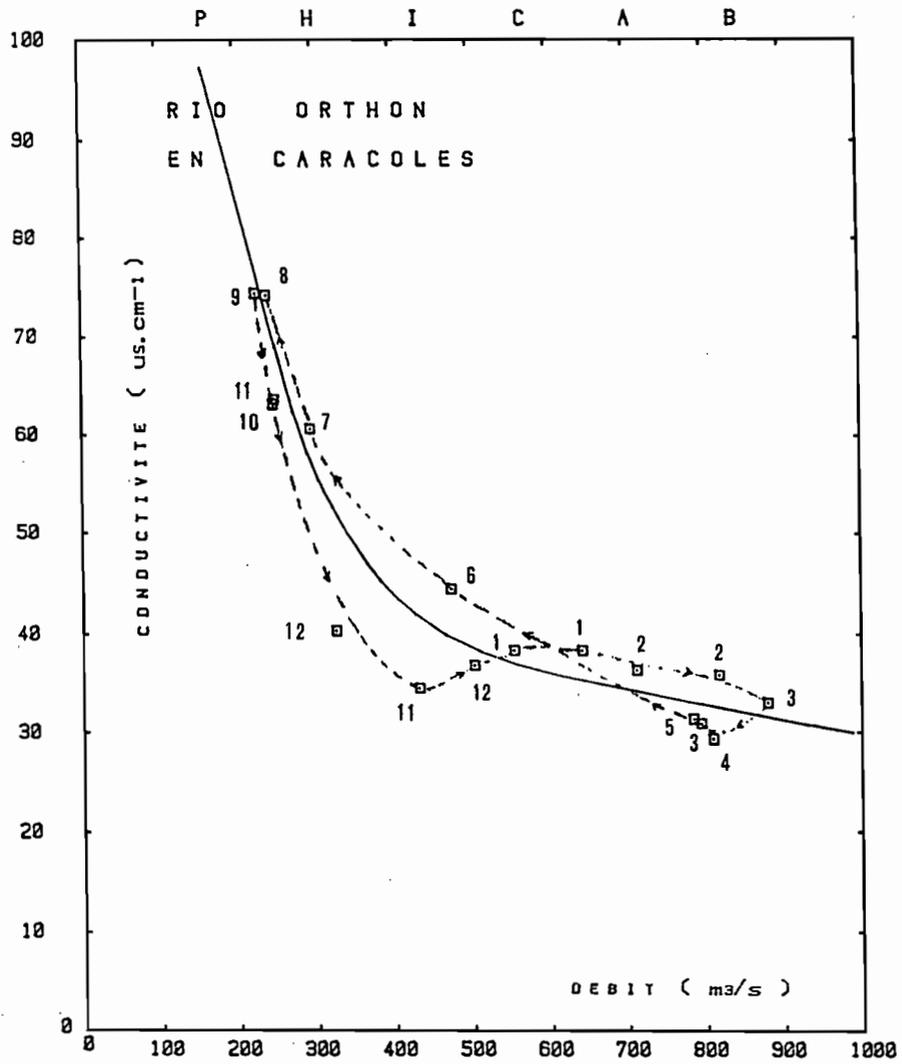


FIG. 26 : REGRESSION ENTRE LA CONDUCTIVITE ET LE DEBIT MOYENS MENSUELS

dérée" de $22,6 \text{ mg.l}^{-1}$ soit 40,1 US en 1984, et $24,3 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 42,3 US en 1985. La pondération effectuée sur deux ans aboutit à une salinité de $23,4 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 41,2 US, valeur que l'on retiendra pour l'Orthon à sa confluence avec le Beni.

3.2. Les exportations hydriques

La station hydrométrique de Caracoles permet d'évaluer, de novembre 1983 jusqu'à la fin 1985, les débits du Rio Orthon (fig. 24). Compte tenu du faible accroissement de la superficie du bassin entre la station hydrométrique et la confluence avec le Beni (100 km^2), on considèrera que les valeurs d'exportation évaluées correspondent à la totalité de l'apport du fleuve au Rio Beni.

Les modules de 1984 et 1985 sont respectivement de 502 et 486 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$, correspondant à des volumes annuels exportés de $15,9.10^9 \text{ m}^3.\text{an}^{-1}$ et $15,3.10^9 \text{ m}^3.\text{an}^{-1}$. L'hydraulicité de 1984 apparaît très légèrement plus forte que celle de 1985. L'exportation hydrique moyenne au cours de ces deux années est de $15,6.10^9 \text{ m}^3.\text{an}^{-1}$; ces valeurs seront prises comme valeurs interannuelles.

La part relative de l'apport du Rio Orthon au Rio Beni sera examinée lors de l'étude de ce fleuve à Cachuela Esperanza.

3.3. Les exportations ioniques

Sur la base des précédents résultats, les exportations salines du Rio Orthon sont évaluées à $0,358.10^6 \text{ t.an}^{-1}$ et $0,373.10^6 \text{ t.an}^{-1}$, respectivement pour 1984 et 1985, avec une moyenne de $0,366.10^6 \text{ t.an}^{-1}$ pour ces deux années, pouvant être considérée comme moyenne interannuelle (tableau 28).

Le tableau 29 récapitule l'ensemble des principaux résultats relatifs au Rio Orthon.

Tableau 28a : Salinités et exportations mensuelles

1983

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$											245	325	
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$											635	870	
COND. US											63,2	40,4	
IONS $mg \cdot l^{-1}$											41,0	22,8	
EXPOR. ION. $10^3 t$											26,0	19,9	

Tableau 28b : Salinités et exportations mensuelles

RIO ORTHON A CARACOLLES ANNEE 1984

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$	551	708	789	804	779	471	293	238	224	247	430	500	502,0
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$	1476	1774	2113	2084	2086	1221	785	637	581	662	1115	1339	15873
COND. US	38,4	36,4	30,9	29,4	31,4	44,5	60,7	74,2	74,4	63,7	34,5	36,9	40,1
IONS $mg \cdot l^{-1}$	21,2	19,6	15,3	14,1	15,7	26,1	39,0	49,8	49,9	41,4	18,1	20,0	22,6
EXPOR. ION. $10^3 t$	31,3	34,8	32,2	29,7	32,7	31,9	30,6	31,7	29,0	27,4	20,2	26,8	358,3

Tableau 28c : Salinités et exportations mensuelles

RIO ORTHON A CARACOLLES ANNEE 1985

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$	638	812	874	846	637	364	279	248	228	251	322	357	485,8
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$	1709	1964	2341	2193	1706	943	747	664	591	672	835	956	15321
COND. US	38,4	35,9	33	(30)	(35)	(53)	(63)	(72,5)	(74)	(63,5)	(45)	(42)	42,3
IONS $mg \cdot l^{-1}$	21,2	19,2	16,9	14,5	18,5	32,9	40,8	48,4	49,6	41,2	26,5	24,1	24,3
EXPOR. ION. $10^3 t$	36,3	37,8	39,6	31,9	31,6	31,0	30,5	32,1	29,3	27,7	22,1	23,0	372,9

Tableau 29 : Salinités et exportations annuelles

ORTHON à CARACOLES	Superficie km ²	HYDRIQUE							SALIN					
		Pluie mm	Evap. réelle mm	ECOULEMENT				Mod. sp. l.s ⁻¹ .km ⁻¹	Cond. pond. US	Salin. pond. mg.l ⁻¹	EXPORTATION			
				Écoulement mm	10 ⁹ m ³	‰	Mod. l. m ³ .s ⁻¹				Exp. sal. 10 ⁶ t.	Exp. sal. t.	Mod. ion kg.s ⁻¹	Mod. ion. sp. t.sr ⁻¹ .km ⁻²
PERIODE														
(bissextile) 1984	32360	-	-	490	15,87	100	502	15,5	40,1	22,6	0,358	100	1 13	11,1
1985	32360	-	-	473	15,32	100	486	15,0	42,3	24,3	0,373	100	1 18	11,5
84 + 85 : moyenne	32360	-	-	482	15,60	100	494	15,3	41,2	23,4	0,366	100	1 16	11,3

4. LE BASSIN DU RIO BENI EN AVAL DES CONFLUENCES DU MADRE DE DIOS ET DE L'ORTHON

4.1. LE RIO BENI A CACHUELA ESPERANZA

4.1.1. Les salinités

Les conductivités prises en considération pour le Rio Beni à Cachuela couvrent la période d'avril 1983 à décembre 1985 (tableaux 30 et 31).

La courbe de variation annuelle comparée à celle des débits est assez peu marquée avec, cependant, une tendance à l'augmentation en cours d'étiage (fig. 27).

Les valeurs journalières observées varient de 56 US (35 mg.l^{-1}) en 1984, à 125 US (91 mg.l^{-1}) en août et septembre 1984 et 1985.

Les valeurs moyennes mensuelles homogénéisées (tableau 31b) présentent un minimum de 69 US (46 mg.l^{-1}) en avril 1983 et un maximum de 119 US (86 mg.l^{-1}) en septembre 1984. Ces valeurs correspondent respectivement à des époques de pointe de crue et d'étiage (fig. 28).

Les moyennes mensuelles de ces salinités, pondérées par les débits moyens mensuels, permettent de calculer une salinité moyenne annuelle "pondérée" de $61,6 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 89,1 US en 1984, et $59,9 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 86,9 US en 1985. La pondération effectuée sur deux ans fournit une salinité de $60,9 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 88,1 US, valeur que l'on retiendra pour le Beni à sa confluence avec le Rio Mamoré.

RIO BENI A CACHUELA ESPERANZA

TABLEAU 30 a . CONDUCTIVITES JOURNALIERES

PHICAB
ANNEE 1983

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1				72	83	67	81	99	80	78	81	68
2				71	68	68	80	100	80	78	81	86
3				71	68	68	81	99	77	79	79	88
4				74	67		67	101	81	83	80	88
5				67	69	76	79	98	79	86	75	87
6				70	69	76	80	99	80	78	79	
7				67	68	80	80	100	78	79	78	89
8				66	69	79	78	99	78	80	81	
9				67	73	77		100	79	79	76	84
10				66	68	77	70	100	79	78	78	82
11				67	88	68	70	102	81	78	78	89
12				66	87	76	71	100	79	79	78	
13				66		79	71	98	79	81	80	87
14				67	85	76	74	95	78	78	80	86
15				68	93	64	71	99	78	77	76	83
16				69	85	73	72	100	78	79	77	86
17				66	73	73	71	99	78	79	78	89
18				66	73	73	73		80	79	81	87
19				67	72	74	72		78	79	81	88
20				65	72	74	77	104	82	82	78	84
21				66	74	72	78	104	79	75	79	86
22				66	72	74	77	104	81	76	79	83
23				67		73	80	104	78	78	79	85
24				68	73	74	76	74		79	76	81
25				73	66	76	77	103	81	78	80	82
26				76	66	73	76	104	80	78	80	81
27				74	67	73	79	74	80	80		81
28				75	67	73	79	104	78	78	79	
29				75	67	73	67	103	76	79	80	79
30				75	73	73		104	75	78		84
31					68			106		77		85
MOYENNE				69.1	73.3	73.6	75.4	99.2	79.1	78.9	78.8	85.1

RIO BENI A CACHUELA ESPERANZA

TABLEAU 30 b . CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1984

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	86		88	87		69	93	110	118		88	
2	91		87	89		88	96	109			76	
3	85	95	86	89		101	94	120		113		
4	82		87	91		93	90	120			62	71
5	78	80	89	90			91	115	120			70
6		79	89	89			87	115	119	76		71
7	90	80	89	90	89		93	115		72		70
8	92	84	86			90		115				
9	91	81	88	88		86		115		74	70	
10	91	79	89	88				115		84	75	76
11	93	80	86	88				114				74
12	92	80	96			90		113			69	69
13	93	81	92			86		114		78	77	
14	89	81	91			87						
15	91	78	95	87		93		113				
16	86	80	90			86		114		74		69
17		83	91	89		88	90	122				69
18		81	93					117				71
19		89	97			88	109	102		68		
20		87	87	88		88	108	115		113	66	
21		86	87	84		92	109			113	65	
22		87	87	86	85	89	110				60	
23		87	87	85	87	87	110	122		76	65	
24		86	87	86	83	86	110			116	70	
25		86	87	81	85	86	110			110	72	71
26		88	89	82	84	85	110	115		102	62	70
27		88	87	87	89			124		85	62	85
28		87	88	83	93	90	106	109			56	
29		90	87	84	87	90	110	116		90		
30			91	81	90	92	109			93		84
31			90		90		108	119				75
MOYENNE	88.7	84.1	89.1	86.6	87.3	88.2	102.2	115.2	119.1	90.3	68.5	73.0

RIO BENI A CACHUELA ESPERANZA

TABLEAU 30c CONDUCTIVITES JOURNALIERES

PHICAB
ANNEE 1985

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	75						61	108	126	95	99	69
2	97	59	98		72		62	114	126	95	100	76
3		78	86		92		62	113	107	91	72	71
4	89	70	89		70		63	96	114	107	73	
5		68	100		72		123	83	119	108	76	76
6	77	72	103		83		127	85	111	106	76	76
7		69	86		72		99	82	105	93	66	69
8	85	79	95		71	91	97	124	110	123	67	68
9		75	92		73	93	99	81	118	102	72	75
10	105	71	95		75	93	105	82	128	93	85	67
11	69	69	95		86	93		81	130	93	81	73
12	84	75	83			90	50	83	135	94	73	73
13	105	80	100			86	101		137	95	72	72
14	124	83				89	102	92	136	101	72	99
15	82	74				97		81	122	101	80	78
16	95	58				93	102	96	122	101	70	76
17	92	82				98	110	99	123	100	68	78
18	89	78				98	108	106	114			92
19	87					100	110	110	114	89	66	92
20	87					99	109	115	102	91	67	92
21	85					99	111	115	102	90	80	97
22	79	81		73		103	108	109	102	89	81	74
23	89	107		74		102	114	113	105	107	72	90
24	87			79			114	110	105	82	88	138
25	82	87		72		109	120	110	100	81	89	91
26	140	86		75		112	118	119	108	84		70
27	82	104		79		114		118	93	81	74	68
28	83			74			125	230	97	81	74	75
29	77			72				113		95	71	77
30				88		115		108	94	96	79	
31								106		97		80
MOYENNE	89.8	77.5	93.5	76.2	76.6	98.7	100.0	106.1	114.0	95.4	76.5	80.4

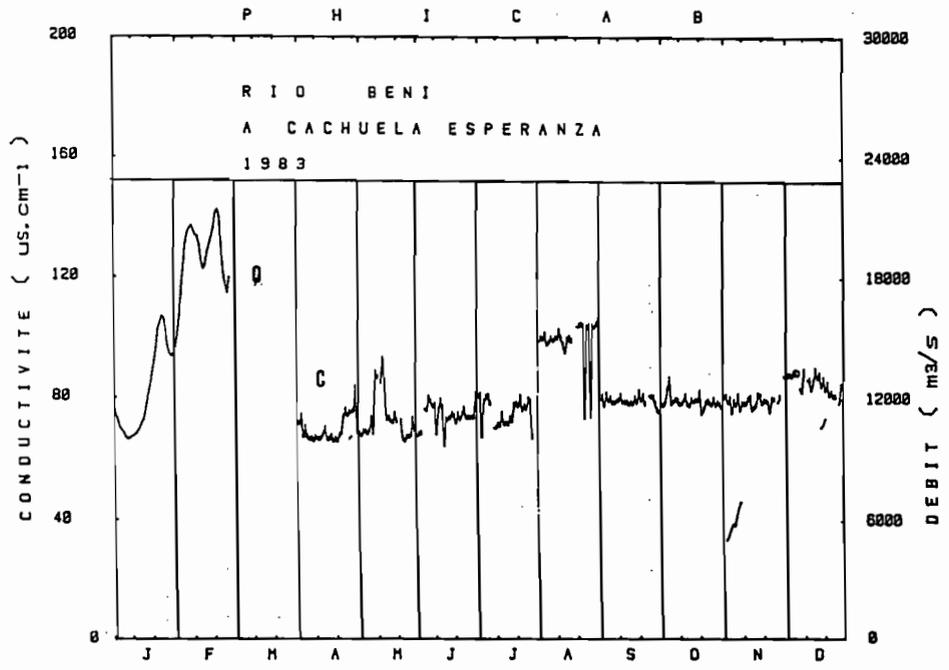


FIG. 27a. CONDUCTIVITES ET DEBITS

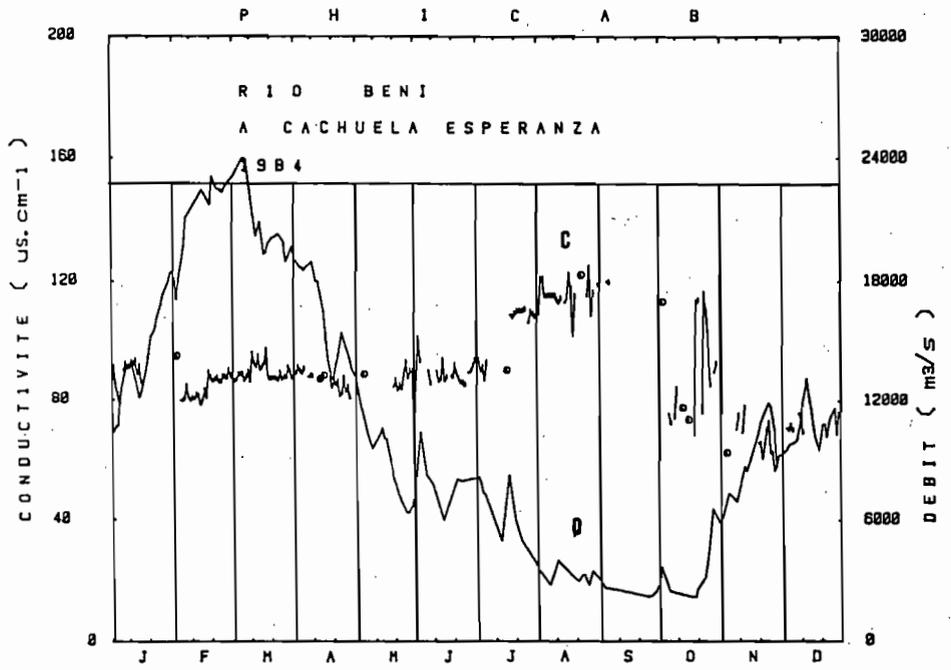


FIG. 27b. CONDUCTIVITES ET DEBITS

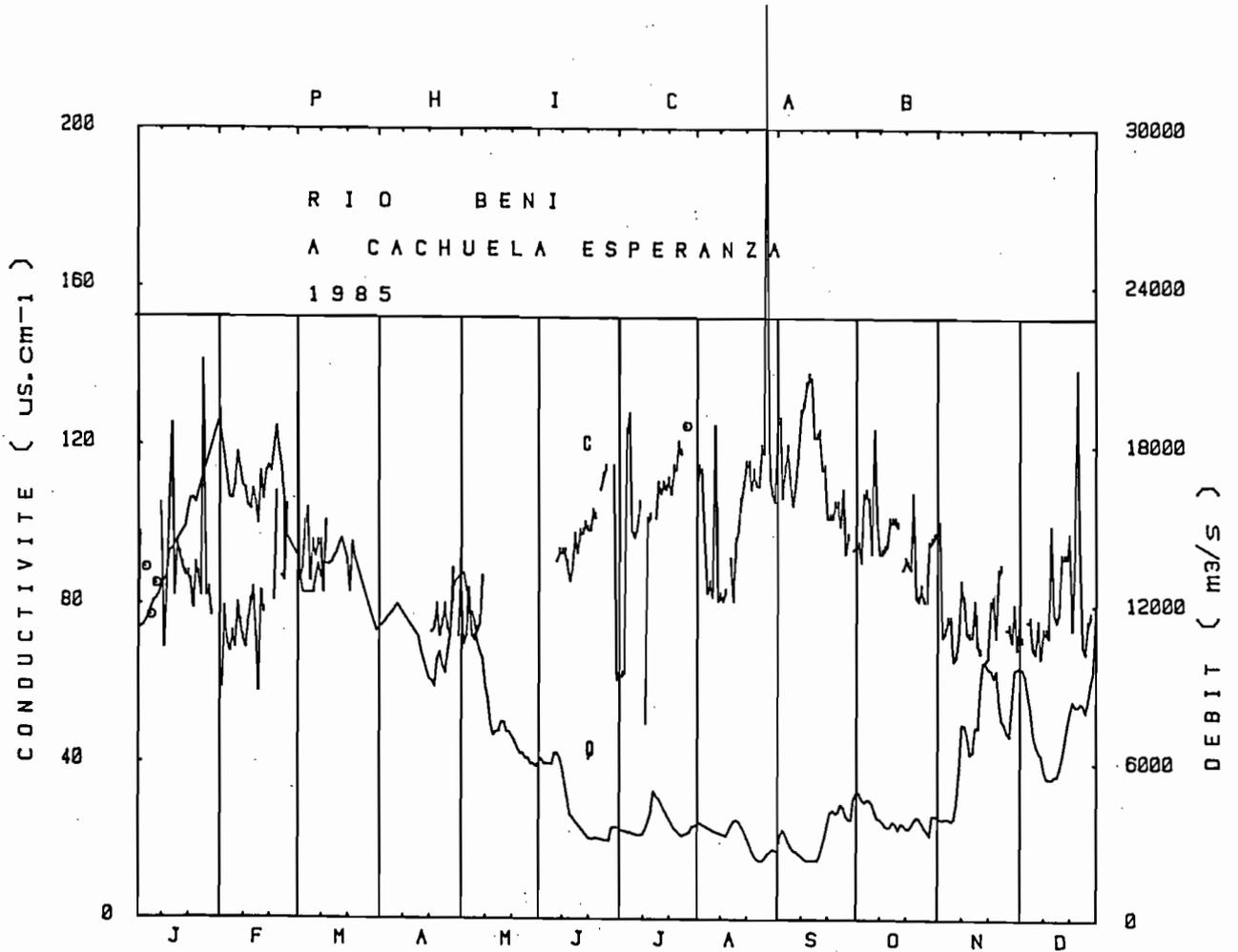


FIG. 27c: C O N D U C T I V I T E S E T D E B I T S

TABLEAU 31a

RIO BENI A CACHUELA ESPERANZACONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (uS)
EN L'ETAT

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983				69.1	73.3	73.6	75.4	99.2	79.1	78.9	78.8	85.1
1984	88.7	84.1	89.1	86.6	87.3	88.2	102.2	115.2	119.1	90.3	68.5	73.0
1985	89.8	77.5	93.5	76.2	76.6	98.7	100.0	106.1	114.0	95.4	76.5	80.4
MOYENNE	89.3	80.8	91.3	77.3	79.1	86.8	92.5	106.8	104.1	88.2	74.6	79.5

TABLEAU 31b

RIO BENI A CACHUELA ESPERANZACONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (uS)
OPERATIONNELLES

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983				69.1	73.3	73.6	75.4	99.2	79.1	78.9	78.8	85.1
1984	87.9	84.1	89.1	86.9	86.3	88.6	100.0	115.6	119.1	88.8	67.6	72.5
1985	88.3	78.7	92.0	79.0	84.1	98.0	101.7	101.8	114.0	95.4	76.5	80.4
MOYENNE	88.1	81.4	90.6	78.3	81.2	86.7	92.4	105.5	104.1	87.7	74.3	79.3

P H I C A B
R I O B E N I

A C A C H U E L A E S P E R A N Z A

R I O B E N I

A C A C H U E L A E S P E R A N Z A

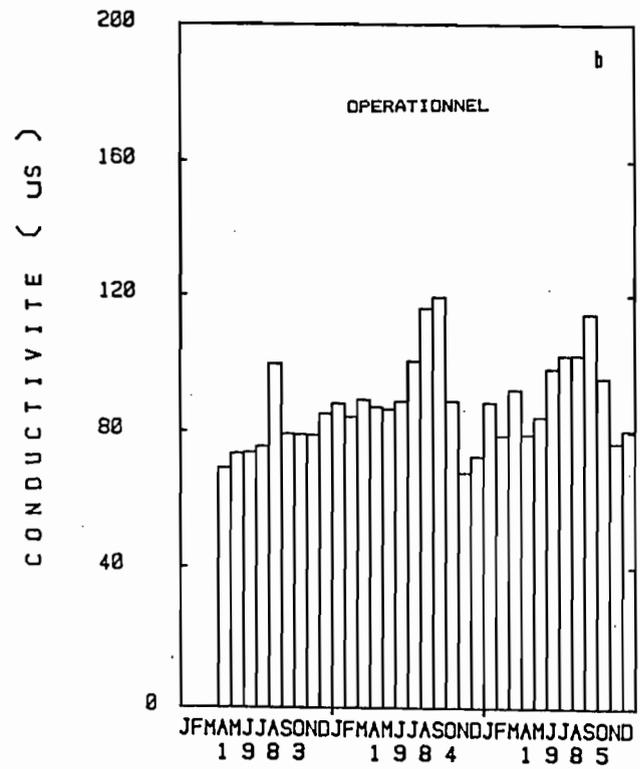
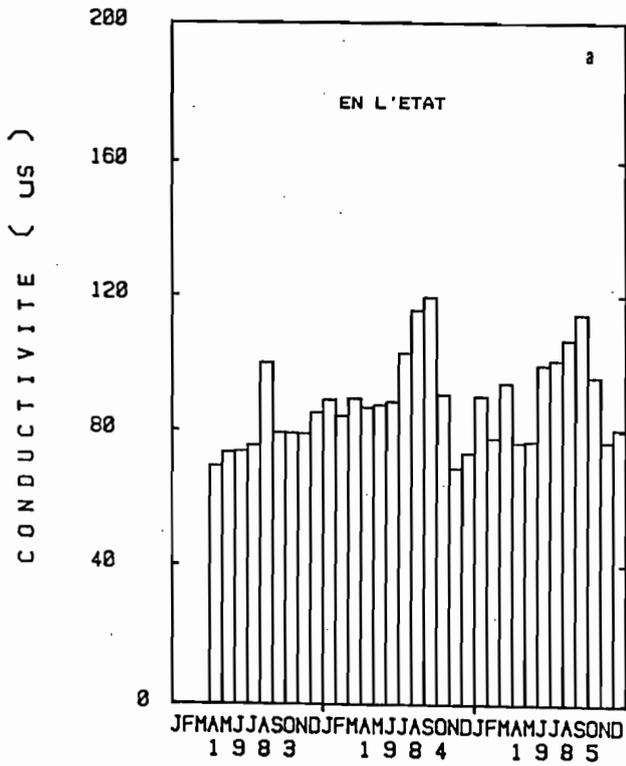


FIG. 28 : DISTRIBUTION DES CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES

4.1.2. Les exportations hydriques

Les débits hydriques ont été établis de 1983 à 1985, sur la base des données recueillies par le PHICAB à cette station hydrométrique (hauteurs d'eau et étalonnage hauteurs-débits), et des évaluations faites pour les lacunes, en comparaison avec les hydrogrammes aux stations de Miraflores, Portachuelo et Caracoles.

Des évaluations d'exportation hydrique ont été effectuées sur deux années complètes, 1984 et 1985 (tableaux 32), et la moyenne de ces deux années a été calculée. Les modules de 1984 et 1985 sont respectivement de $10339 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et $7969 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, correspondant à des volumes exportés de $327,0 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ et $251,3 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$. L'hydraulicité de l'année 1985 apparaît inférieure, de 23%, à celle de l'année 1984.

L'exportation hydrique moyenne au cours de ces deux années est de $9156 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, soit $289,1 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$. Cette valeur sera classée, faute d'information supplémentaire, comme la moyenne interannuelle.

4.1.3. Les exportations ioniques

Sur la base des précédents résultats, les exportations salines du Beni à Cachuela Esperanza sont évaluées pour les années 1984 et 1985, à $20,1 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$ et $15,1 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$ respectivement, avec une moyenne de $17,6 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$.

Le tableau 33 récapitule l'ensemble des principaux résultats relatifs au Beni à Cachuela Esperanza.

Tableau 32a : Salinités et exportations mensuelles

RIO BENI A CACHUELA ESPERANZA ANNEE 1984

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$	14122	21324	21214	16448	9078	7751	5966	3322	2484	3296	8897	10693	10339
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$	37824	53429	56820	42633	24315	20091	15979	8898	6439	8828	23061	28640	326957
COND. US	87,9	84,1	89,1	86,9	86,3	88,6	100,0	115,6	119,1	88,8	67,6	72,5	89,1
IONS $mg \cdot l^{-1}$	78,5	57,7	61,6	59,9	59,4	61,2	70,3	82,8	85,6	61,4	44,5	48,4	61,6
EXPOR. ION. $10^3 t$	2970	3081	3503	2553	1445	1230	1124	736	551	542	1026	1387	20148

Tableau 32b : Salinités et exportations mensuelles

RIO BENI A CACHUELA ESPERANZA ANNEE 1985

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$	14424	16674	13072	10851	8224	4348	3639	3143	3192	3910	6975	7806	7969
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$	38633	40338	35012	28126	22027	11270	9747	8418	8274	10473	18079	20908	251305
COND. US	88,3	78,7	92,0	79,0	84,1	98,0	101,7	101,8	114,0	95,4	76,5	80,4	86,9
IONS $mg \cdot l^{-1}$	61,0	53,4	64,0	53,6	57,7	68,7	71,7	71,8	81,5	66,7	51,6	54,7	59,9
EXPOR. ION. $10^3 t$	2357	2152	2239	1507	1270	775	699	604	674	698	933	1144	15052

Tableau 33 : Salinités et exportations annuelles.

B E N I à CACHUELA E.	Superficie km ²	H Y D R I Q U E							S A L I N					
		Pluie mm	Evap. réelle mm	E C O U L E M E N T				Cond. pond. US	Salin. pond. mg.l ⁻¹	E X P O R T A T I O N				
				Ecoulement mm	10 ⁹ m ³	‰	Méd. le m ³ .s ⁻¹			Méd. sp. l.s ⁻¹ .km ⁻¹	Exp. sal. 10 ⁶ t.	Exp. sal. ‰	Méd. sal. kg.s ⁻¹	Méd. sal. sp. t.am ² .km ⁻²
P E R I O D E														
(bissextiles) 1984	282470			1158	327,0	100	10339	36,6	89,1	61,6	20,15	100	63,7	71,3
1985	282470			890	251,3	100	7969	28,2	86,9	59,9	15,05	100	47,7	53,2
84 + 85 : moyenne	282470			1023	289,1	100	9156	32,4	88,1	60,9	17,61	100	55,8	62,3
Interannuelle 68-82	282470			993	280,4	100	8885	31,5	88,1	60,9	17,08	100	54,1	60,4

4.2. COMPARAISON DES EXPORTATIONS A CACHUELA ESPERANZA AVEC LA SOMME DES APPORTS AMONT. LE RIO BENI A SA CONFLUENCE AVEC LE MAMORE

Afin de comparer la somme des apports au Rio Beni avec les résultats obtenus directement à la station de Cachuela Esperanza, un logiciel a été élaboré dans le cadre de cette étude. Il permet d'additionner, à partir des fichiers d'un nombre illimité de stations, les débits moyens journaliers et de constituer un fichier de même type relatif à une station aval fictive. La différence, due à un supplément de superficie de bassin versant entre la station observée en aval et la somme des stations amont, est corrigée par l'application d'un coefficient de majoration (%). Dans le cas présent du Rio Beni, à une station comparable à Cachuela, ce coefficient de majoration a été évalué à 0,5% de l'apport amont, par l'estimation d'un bilan hydrique de la zone complémentaire, le module obtenu étant mis en rapport avec la somme de ceux des stations amont. La station fictive de MPC05 (Miraflores+Portachuelo+Caracoles+majoration de 0,5%) a ainsi été constituée (fig. 19 et 20).

Il est à noter que ce logiciel permet également d'effectuer un fichier de valeurs journalières calculées comme la moyenne des débits journaliers sur plusieurs années pour une même station, et de tracer l'hydrogramme moyen. Il permet aussi de tracer dans un même cadre graphique les hydrogrammes annuels de différentes stations au cours d'une même année (fig.19), ou de tracer dans un même cadre graphique, les hydrogrammes d'une même station au cours d'années différentes (fig. 45).

Les valeurs évaluées à MPC05 ou à Cachuela peuvent être considérées comme représentant l'apport du système Beni-Madre de Dios au Rio Madera. Le complément de superficie de bassin à l'aval de Cachuela est de 0,3%. L'apport complémentaire en eau et en ions est inférieur à cette valeur car les pluviométries sur cette zone, ainsi que les salinités des eaux, sont inférieures aux valeurs moyennes correspondantes sur l'ensemble du bassin. Il semble donc inutile, compte tenu par ailleurs

des précisions d'évaluation des différents paramètres, d'apporter une correction (de l'ordre de 0,1% à 0,2%).

Il est intéressant de comparer les résultats obtenus à la station de Cachuela et à la même station (fictive) de MPC05, tant pour les salinités que pour les exportations hydriques et salines.

Les résultats sont récapitulés dans les tableaux 34. Les apports relatifs des trois principaux tributaires du Rio Beni à leur confluence (Rio Beni, Rio Madre de Dios, Rio Orthon) sont calculés pour les années 1984 et 1985, et pour la moyenne de ces deux années. Un essai est tenté pour l'évaluation sur une période interannuelle 1968-1982.

Tableau 34_a : Année 1984.

Comparaison de la somme des apports amont et des salinités et exportations à Cachuela Esperanza.

	Volume	%	Exportation	%	Salinite	
	$10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$		$10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$		US	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
Rio Beni	127,2	39,9	8,30	50,9	94,4	65,8
Rio Madre de Dios	175,5	55,1	7,65	46,9	66,6	43,7
Rio Orthon	15,9	5,0	0,36	2,2	40,1	22,6
Total (MPC05)	318,6	100	16,3	100	76,0	51,2
Cachuela Esperanza	327,0	-	20,15	-	89,1	61,6
Rapport total / Cachuela	97,4	-	80,9	-	85,3	83,1

Tableau 34_b : Année 1985.

Comparaison de la somme des apports amont et des salinités et exportations à Cachuela Esperanza.

	Volume	%	Exportation	%	Salinite	
	$10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$		$10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$		US	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
Rio Beni	84,7	34,7	5,7	44,1	97,2	68,1
Rio Madre de Dios	144,0	59,0	6,84	53,0	71,5	47,6
Rio Orthon	15,3	6,3	0,373	2,9	42,3	24,3
Total (MPC05)	244,0	100	12,9	100	78,1	52,9
Cachuela Esperanza	251,3	-	15,1	-	86,9	59,9
Rapport total / Cachuela	97,1	-	85,4	-	89,9	88,3

Tableau 34c : Moyenne 1984-1985.

Comparaison de la somme des apports amont et des salinités et exportations à Cachuela Esperanza.

	Volume	%	Exportation	%	Salinité	
	$10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$		$10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$		US	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
Rio Beni	106,0	37,7	7,00	47,9	94,6	66
Rio Madre de Dios	159,8	56,8	7,25	49,6	68,7	45
Rio Orthon	15,6	5,5	0,37	2,5	41,5	24
Total (MPC05)	281,4	100	14,62	100	76,9	52
Cachuela Esperanza	289,1	-	17,63	-	88,2	61
Rapport total / Cachuela	97,3	-	82,9	-	87,2	85,2

Tableau 34d : Moyenne interannuelle (essai 1968-1982).

Comparaison de la somme des apports amont et des salinités et exportations à Cachuela Esperanza.

	Volume	%	Exportation	%	Salinité	
	$10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$		$10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$		US	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
Rio Beni	102,9	37,6	6,8	47,8	95	66
Rio Madre de Dios	155,1	56,7	7,06	49,6	68,8	45,5
Rio Orthon	15,6	5,7	0,37	2,6	41,2	23,4
Total (MPC05)	273,6	100	14,23	100	77	52
Cachuela Esperanza	280,4	-	17,08	-	88,1	60,9
Rapport total / Cachuela	97,6	-	83,3	-	87,4	85,4

**LES EXPORTATIONS
HYDRIQUES ET SALINES GLOBALES
DU SYSTEME GRANDE-MAMORE-ITENEZ**



1. LE BASSIN DU RIO MAMORE JUSQU'À SA CONFLUENCE AVEC L'ITENEZ

1.1. LE BASSIN DU RIO MAMORE DANS LES ANDES

1.1.1. Le bassin versant andin du Rio Grande

1.1.1.1. L'intérieur du bassin

Des analyses d'eau ont été effectuées sur des échantillons prélevés en différents sites du bassin en avril-mai 1982. Les points d'échantillonnage sont indiqués sur les cartes offset et les résultats, notamment de conductivité et de salinité (représentée par la somme des teneurs ioniques), sont reportés dans le tableau en fin d'ouvrage.

Il est à noter les valeurs suivantes :

		Cond. (μ S)	Salinité (mg.l ⁻¹)
Challa	Andes	182	141
Tapacari		1056	815
Rocha	Cochabamba	778	626
Rocha		469	392
Mizque	Rio Mizque	33,5	25,3
Chujllas		105	79,7
Molineros	Rio Caine	984	841
P. Arce		833	675

Des conductivités élevées peuvent donc apparaître dès les hauts bassins, comme à Challa qui est un petit ruisseau de tête de bassin.

Le rio Tapacari, près de Cochabamba, apparaît le plus salé parmi l'échantillonnage réalisé sur tout le bassin. Globalement, il en est de même pour l'ensemble du rio Caine-Grande avec des valeurs

comprises entre 470 μ S, près de Cochabamba, à 1000 μ S plus vers l'aval.

1.1.1.2. Le Rio Grande à Abapo

La station d'Abapo, située à la limite du dernier relief des Andes, contrôle le bassin versant andin du Rio Grande, d'une superficie de 59.840 km². Les bassins montagneux des rios Pirai et Yapacani, qui affluent au Rio Grande dans la plaine, seront étudiés dans le cadre des bassins andins orientaux (paragraphe 1.1.2.4.).

1.1.1.2.1. Les salinités

Les données observées

Les mesures de conductivité ont commencé à être réalisées en 1983 et ont été exploitées jusqu'en janvier 1985, soit sur une durée de 20 mois (tableaux 35 et fig. 29). La plupart des mois sont assez complets, à l'exception d'octobre 1984, mois pour lequel 16 mesures sont disponibles et août et septembre 1984 durant lesquels les prélèvements n'ont pas été faits. Un total de 575 mesures journalières est ainsi présenté pour cette station.

Les valeurs journalières varient entre 318 et 1056 μ S. Les conductivités moyennes mensuelles sont comprises entre 400 et 761 μ S. La moyenne arithmétique de l'ensemble des valeurs moyennes est de 617 μ S.

Le tableau 36 indique les conductivités moyennes mensuelles (fig. 30).

Le rapport des moyennes mensuelles extrêmes par rapport à la moyenne de 617 μ S est de 0,65, et 1,23. Ces rapports passent à 0,52 et 1,71 pour les valeurs journalières extrêmes.

RIO GRANDE A ABAPO

TABLEAU 35 a CONDUCTIVITES JOURNALIERES (uS)

PHICAB
ANNEE 1983

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1				773	435	496	628	441	683	594	639	789
2				761	433	494	628	482	680	851	589	548
3				630	427	489	636	552	691	881	596	642
4				723	357	447	643	541	663	840	631	492
5				748	368	445	597	468	784	768	646	494
6				748	394	432	585	479	831	796	577	501
7				698	424	432	594	520	717	892	663	707
8				711	433	430	624	551	622	906	696	671
9				698	390	447	639	550	650	865	717	776
10				723	356	456	639	569	644		588	727
11				686	320	439	655	569	625	848	723	670
12				712	327	447	675	566	641	753		646
13				712	318	426	627	572	622	539	815	487
14				687	385	419	656	596	655		602	520
15				773	355	492	517	588	599	798	545	742
16				687	367	484	436	622	697	954	521	782
17				589	398	421	435	593	665	735	549	732
18				515	402	388	459	590	700	727	637	597
19				442	406	425	526	582	740	610	739	533
20				908	410	457	509	581	716	931	562	816
21				583	410	475	423	685	723	975	580	667
22				515	417	493	520	691	700	711	575	616
23				491	424	508	520	629	696	533	502	654
24				478	425	531	564	624	734	578	631	791
25				491	439	549	587	590	760		631	621
26				478	453	555	580	597	778	652	658	423
27				515	455	542	567	634	853	546	545	
28				568	465	543	520	677		663	952	
29				631		553	623	660		772	1056	736
30				416		578	623	688	904	578	632	815
31							435	675				944
MOYENNE				636.4	400.5	476.5	569.9	585.9	707.0	752.4	648.2	660.0

RIO GRANDE A ABAPO

TABLEAU 35 b CONDUCTIVITES JOURNALIERES (uS)

PHICAB
ANNEE 1984

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	906	658	565	491	614	701	720				738	548
2	979	594	539	476	633	726	725				774	399
3	816	540	561	475	636	697	738				583	381
4	670	576	611	482	653	701	755				614	445
5	602	573	593	485	659	701	750				812	408
6	812	523	738	522	663	473	769				788	385
7	749		749	532	673	712	775				779	447
8	814	692	740	527	673	716	769				567	324
9	806	739	552	498	678	670	781			460	561	
10	603	613	576	495	566	651	791				435	529
11	664	547	630	505	560	686	782				644	616
12	587	608	619	516	554	693	787				626	429
13	517	564	668	517	553	724	769				586	429
14	505	554	780	557	554	724	789				448	385
15	613	771	638	569	580	729	791				457	385
16	468	574	482	586	606	731	757				463	368
17	619	575	635	565	594	781	733			701	597	476
18	591	510	570	579	614	704	706			770	589	401
19	653	629	538	560	632	666	711			911	608	406
20	524	574	689	583	655	662	734			937	514	432
21	554	658	555	563	659	652	721			966	473	648
22	552	631	487	565	676	696	784			773	587	616
23	595	560	538	568	663	664	775			702	576	550
24	583	532	695	700	690	686	793			723	531	573
25	522	575	528	708	701	730	781			691	723	954
26	526	547	576	701	696	724	787			703	540	385
27	495	647	481	599	709	720				691	566	409
28	529	614	543	621	705	719				801	504	409
29	487	545	705	609	687	727				407	637	
30	518		524	607	683	748				772	823	448
31			525		663					739		513
MOYENNE	636.2	597.3	602.1	558.7	641.3	697.0	761.3			734.2	604.8	458.6

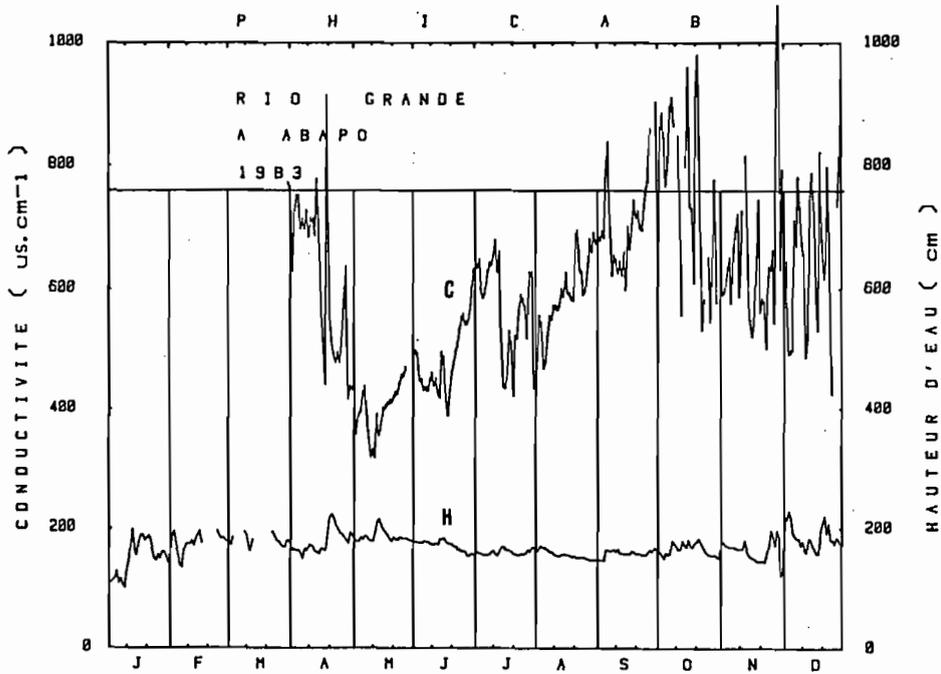


FIG.29a: CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

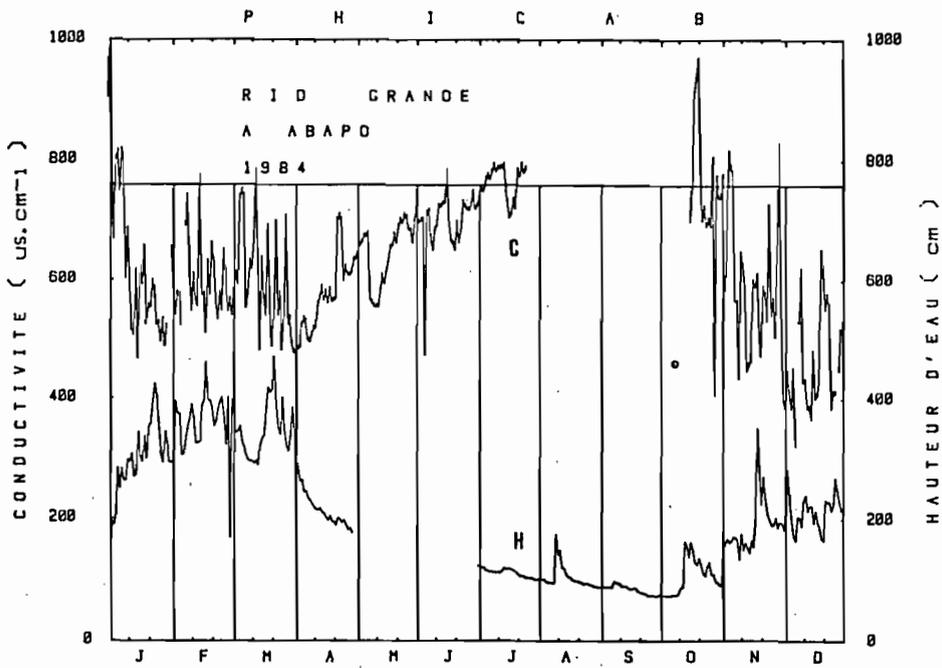


FIG.29b: CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

P H I C A B
R I O G R A N D E
A A B A P O

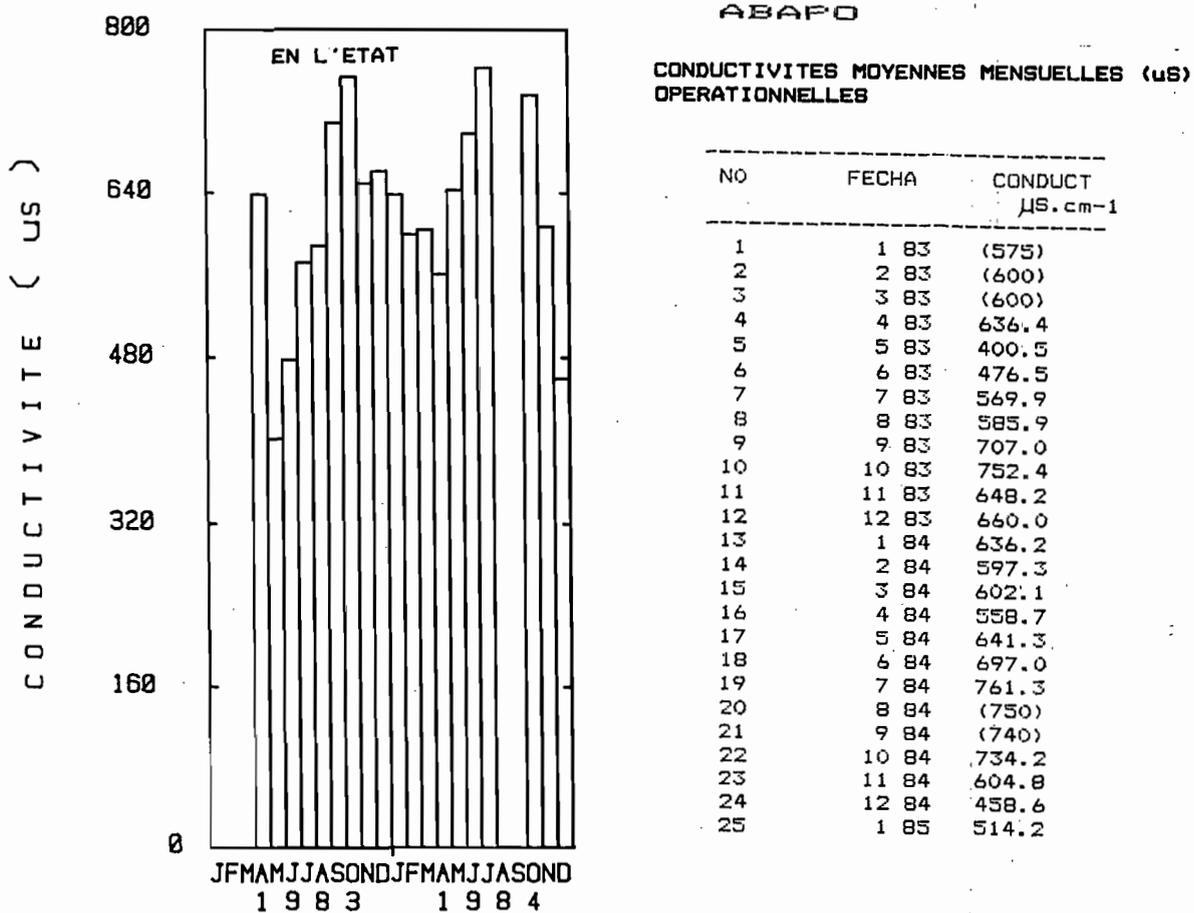


FIG. 30 : DISTRIBUTION DES CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES

TABLEAU 36

RIO GRANDE A ABAPO

CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (uS)
EN L'ETAT

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983				636.4	400.5	476.5	569.9	585.9	707.0	752.4	648.2	660.0
1984	636.2	597.3	602.1	558.7	641.3	697.0	761.3			734.2	604.8	458.6
MOYENNE	636.2	597.3	602.1	597.6	520.9	586.8	665.6	585.9	707.0	743.3	626.3	559.3

Régimes des salinités

L'hydrogramme, en dents de scie, montre de très nombreuses crues (Fig. 29). L'écoulement de base maximum et les plus fortes crues sont observées durant l'été, de janvier à mars, au coeur de la saison des pluies. L'étiage a lieu généralement de mai à septembre-octobre.

La courbe de variation des conductivités journalières (Fig. 29) est également en dents de scie. Les maximums journaliers de conductivité peuvent correspondre aux pointes de crues, les valeurs augmentant et décroissant comme les débits. Ceci peut s'expliquer par un "rinçage" des sels déposés en surface des terrains du bassin et sur le lit des fleuves, souvent blanchis par les excréments de sels. Toutefois, dans certains cas, au contraire, la salinité diminue avec le débit, ces dépôts de sels n'étant plus disponibles, il s'agit alors d'une dilution des solutions d'autant plus forte que l'apport en eau est élevé. Les dépôts de sels se forment par "sudation" des terrains, notamment sur les schistes noirs (essentiellement du sulfate de magnésium) ou les marnes rouges (sulfate de calcium) qui constituent en partie les formations géologiques des bassins versants.

A l'échelle annuelle, la salinité des eaux montre une variation inverse, dans son ensemble, de celle du débit. Les minimums mensuels de salinité sont observés en mars-avril, en fin de saison des pluies, indiquant le minimum de disponibilité des sels de surface qui ont déjà été balayés par les eaux de ruissellement. Des valeurs faibles sont également observées en décembre 1984 avec les crues assez fortes, qui intervenant dès la mi-novembre, ont alors déjà rincé les terrains.

Il n'existe toutefois pas de corrélation entre les débits moyens mensuels et les conductivités moyennes mensuelles.

Extension des données

Afin d'évaluer les valeurs de la conductivité moyenne sur deux années complètes, en l'absence de corrélation débit-conductivité, les valeurs journalières manquantes ont été interpolées arithmétiquement pour août et septembre 1984, en se référant aux données de juillet et octobre de la même année. Pour janvier 1983, a été adoptée la moyenne des valeurs de janvier 1984 et 1985.

A partir de cet ensemble de valeurs, ont été calculées des moyennes mensuelles de conductivité, traduites (cf. équation 1) ci-dessous en teneurs ioniques globales :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
Cond. $\mu\text{S } 25^{\circ}\text{C}$	575	599	601	598	521	587	666	668	724	743	627	599	623
Salin. mg.l^{-1}	449	468	470	467	406	459	521	523	568	583	490	436	487

La valeur moyenne arithmétique des conductivités de 623 μS est peu différente de celle de 617 μS obtenue sur la base de toutes les valeurs mensuelles disponibles.

Par pondération de ces salinités moyennes mensuelles par les débits moyens mensuels est évaluée une salinité moyenne de 465 mg.l^{-1} (cf. § suivant).

1.1.1.2.2. Exportation hydrique

Diverses séries de débits moyens interannuels existent pour Abapo.

- a- Les débits moyens mensuels existant sur la période 1945-46 à 1980-81 (cf. Proyecto Rositas); ils représentent une quinzaine d'années complètes d'observation.
- b- Les débits moyens mensuels complétés sur la période 1945-46 à 1980-81 (cf. Proyecto Rositas).
- c- Le module présenté par W. Garcia-1985, pour la période 1967-1981,

(années civiles), en y appliquant la valeur de la salinité moyenne pondérée, évaluée aux deux points précédents.

Le tableau suivant mentionne les résultats correspondants :

Volume (10^6 m^3)

Cas	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	AN
a	151	293	823	1914	2375	1687	757	355	208	154	129	130	8976
b	151	243	837	1763	2496	1570	673	315	193	151	129	122	8562
c	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8327

Les volumes exportés s'avèrent peu différents selon les séries prises en considération.

1.1.1.2.3. Exportation ionique

L'exportation des ions en solution ainsi que la salinité moyenne pondérée correspondante présentées ci-dessous, ont été évaluées à l'aide des diverses séries de débits moyens et des salinités moyennes précédentes.

Exportation annuelle (10^3 t) et salinité moyenne annuelle pondérée (mg.l.^{-1})

Cas	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	EXP. AN.	SALIN. POND.
a	88	144	359	859	1112	792	354	144	95	80	67	74	4168	464
b	88	119	365	791	1168	741	314	128	88	79	67	69	4017	464
c													3866	(464)

On peut retenir les périodes correspondant aux cas b et c. Ce dernier cas ayant l'intérêt de présenter à la fois un bilan hydrologique complet (W. Garcia, 1985) sera finalement retenu pour l'étude globale du bassin du Mamoré. Sur ces bases, est estimé l'ensemble des résultats hydriques et hydrochimiques présenté dans le tableau 37.

La plus grande part des exportations se produit pendant la courte période des hautes eaux :

Durée (Cas n° 2)	Volume eau %	Exportation ion %
3 mois : janvier à mars	67,5 %	67,2%
5 mois : décembre à avril	84,5 %	84,1%

On note également le faible écart de répartition entre les volumes d'eaux et les ions exportés. Ceci illustre clairement la part prépondérante du débit des eaux dans l'exploitation, les salinités moyennes variant peu.

Au coeur de la saison des pluies, en trois mois, de janvier à mars, 67% des eaux et des ions sont exportés du bassin. Sur cinq mois, de décembre en avril, ces valeurs sont de 84%.

Les volumes exportés s'avèrent peu différents selon les séries prises en considération.

Les valeurs de débits étant peu différentes selon les origines des documents utilisés, les résultats relatifs aux salinités s'avèrent également proches les uns des autres.

Tableau 37 : Salinités et exportations annuelles.

RIO GRANDE ABAPO	Superficie km ²	HYDRIQUE						SALIN						
		Pluie mm	Evap. réelle mm	ÉCOULEMENT				Cord. perf. US	salin. pond. mg.l ⁻¹	EXPORTATION				
				Écoulement mm	10 ⁶ m ³	‰	Module m ³ .s ⁻¹			Module sp. l.s ⁻¹ .km ⁻¹	Exp. sal. 10 ⁶ t.	Exp. sal. ‰	Mod. ion kg.s ⁻¹	Mod. ion.sp t.en ⁻¹ .km ⁻²
PERIODE														
1945-46/1980-81	59840	-	-	145	8,65	100	274,2	4,58	595	464	4,0	100	132	67
1967-1981	59840	751	614	137	8,32	100	263,8	4,44	595	464	3,9	100	123	65

1.1.2. Les bassins versants andins orientaux des Rios Grande et Mamoré

Entre les bassins du Rio Beni et du Rio Grande, s'étend dans la Cordillère une bande très étroite de bassins versants amazoniens. Ce sont les têtes des bassins des affluents des Rios Mamoré et Grande qui confluent à ces grands fleuves dans la plaine (cf. cartes offset et Fig. 31). Sur une longueur de 600 km du NNW au SSE et une largeur de 15 à 110 km, ils couvrent une superficie de 29 000 km². Leur limite aval, qui est le pied des Andes, a été définie comme la courbe de niveau 500 m de la carte IGM au 1/1 000 000, courbe qui correspond en général au dernier relief marqué dans la région.

Il s'agit, au nord, des têtes de bassins des Rios Yacuma, Aperé et Securé, situés sur le flanc est du dernier relief des Andes. Vers le sud, pénétrant plus dans la zone montagneuse que les précédents, font suite les bassins des Rios San Mateo et Espiritu Santo qui confluent à la limite des Andes pour former le Rio Chaparé. Plus au sud, se succèdent les hauts bassins des Rios Chimoré, Sacta, Ichilo, puis ceux des Rios Yapacani et Piraf.

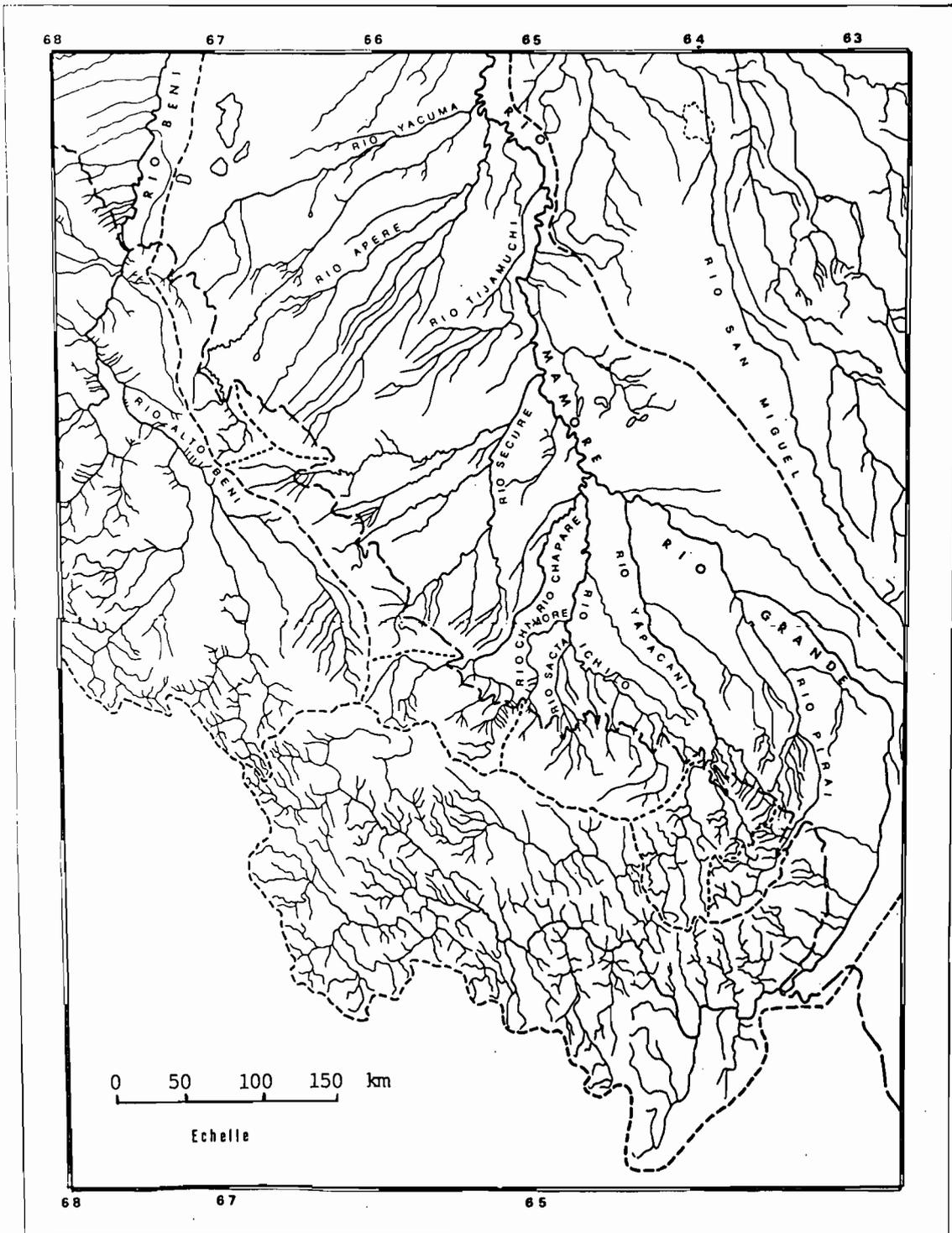


Fig. 31 : Carte hydrographique des bassins des rios andins orientaux, du Rio Grande, du Rio Mamoré et du Rio Beni.

La particularité de ces bassins est leur pluviométrie très élevée, la plus forte de Bolivie, mis à part les deux situés le plus au sud qui reçoivent cependant des précipitations encore abondantes. Sur les hauts bassins du Securé et du Chaparé, les hauteurs de pluie pluriannuelles dépassent 5000 à 6000 mm en certaines zones.

Les données utilisées pour apprécier un ordre de grandeur des salinités des eaux de cet ensemble de bassins peuvent être présentées en deux parties :

- Au sud du Rio San Mateo, les mesures ont été faites en général au pied du dernier relief des Andes ou à une distance relativement faible de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres de cette limite (cf. carte offset et Fig. 32).
- Au nord du Rio San Mateo, les mesures ont été réalisées dans les fleuves à leur confluence avec le Rio Mamoré, c'est-à-dire à des distances importantes du piémont des Andes, de l'ordre de 200 km en ligne droite (cf. carte offset). Compte tenu du phénomène de dilution qui a pu se produire dans la plaine, la salinité des eaux doit avoir diminué depuis les Andes jusqu'au point de mesure.

1.1.2.1. Les Rios San Mateo et Espiritu Santo, le Rio Chaparé à Villa Tunari

La moyenne de quatre mesures de conductivité faites dans le Rio San Mateo à Villa Tunari (cf. tableau ci-après) est de 164 μ S (extrêmes : 113 et 272 μ S). Dans le Rio Espiritu Santo, au même site, la moyenne de sept mesures est de 181 μ S (extrêmes : 88 et 320 μ S).

Rio	22-04-82	29-12-82	10-08-83	16-09-83	18-01-85	22-07-85	06-10-85	06-01-86
Espiritu Santo	172	150	228	-	88	320	210	100
San Mateo	113	125	145	272	-	-	-	-

Aucune donnée hydrométrique n'étant disponible, on admet, compte tenu de la superficie respective des bassins, de leur pluviométrie moyenne et des observations "visuelles" sur le terrain, que les débits sont peu différents pour ces deux rivières. La conductivité moyenne à la naissance du Chaparé est ainsi estimée comme la moyenne arithmétique des deux précédentes valeurs, soit 173 μS .

Une mesure est disponible pour le Chaparé à sa confluence avec l'Ichilo, en avril 1982. La conductivité de 110 μS , compte tenu de la position du point plus en aval dans la plaine, est fort compatible avec la valeur de 173 μS .

Les sommes des teneurs ioniques des résultats d'analyses effectuées en avril 1982 pour les Rios San Mateo et Espiritu Santo sont respectivement de 114 et 71 mg.l^{-1} .

Appliquée à la valeur moyenne de 173 μS , l'équation 1 fournit une salinité moyenne de 129 mg.l^{-1} .

1.1.2.2. Les affluents des Rios Chaparé et Chimoré, le Rio Chimoré, le Rio Sacta

A l'est du Rio Chaparé, la route reliant Puerto Villarroel à Villa Tunari traverse plusieurs rivières, affluents du Chaparé et du Chimoré, et ce dernier lui-même (cf. Carte, Fig. 32).

La distance entre les points de prélèvement et le dernier relief des Andes est d'une quarantaine de kilomètres.

Le tableau ci-après indique les quelques mesures de conductivité (μS 25°C) effectuées sur ces cours d'eau, fixant un ordre de grandeur de leur salinité.

Plus en aval, une mesure de conductivité de 65 μS a été réalisée le 26 avril 1982 dans le Chimoré à sa confluence avec l'Ichilo.

Des résultats d'analyses ioniques sont disponibles pour les Rios Chimoré et Sacta. En avril 1982, le Chimoré présente une salinité de 30 mg.l^{-1} à la traversée de la route. La moyenne des conductivités mesurées dans ce fleuve est de 50 μS (cf. tableau ci-après), correspondant d'après l'équation 1 à une salinité moyenne de 30 mg.l^{-1} , égale donc à la valeur ponctuelle analysée.

Rio	Site	23-04-82	29-12-82	10-08-83	16-09-83	17-01-85	22-07-85	06-10-85	06-01-86	Moy.
Vinchutas	Puente			130	84	22	58	66	42	67
Coni	Puente			42	50	18	50	48	44	42
Chinahuata	Puente								14	14
Ene	Puente			45	57	24	54	44	43	45
Chimoré	Puente	53	46	53	61	32	65	43	48	50
Cezarzama	Puente			66	70	30	56	78	50	58
Mariposas	Puente			12	11	6	9,4	9	14	10
Ivirigarzama	Puente			32	29	14	20	27	27	25
Sacta	Confl.	52								52

Le Rio Sacta, en avril 1982, a une salinité très proche de celle du Rio Mamoré avec une salinité de 31 mg.l^{-1} .

La moyenne des salinités des rivières situées entre les Rios Vinchuta et Ivirigarzama est évaluée sur la base de ces données à 22 mg.l^{-1} .

1.1.2.3. Le Rio Ichilo à Puerto Villarroel

Située plus en aval que les points précédemment étudiés, la station de Puerto Villarroel sur le Rio Ichilo est cependant intéressante à prendre en considération pour cette zone du piémont des Andes.

Des mesures périodiques y ont été effectuées. Elles ont débuté

en septembre 1983 et ont été exploitées jusqu'à la fin de 1984. Durant cette période, sept mois complets et quatre demi-mois de données peuvent être considérés comme disponibles, totalisant 245 valeurs journalières. (tableaux 39, fig. 33).

Les valeurs moyennes mensuelles varient entre 67 et 110 μS , avec une moyenne arithmétique de 93 μS . Les valeurs de débits disponibles ne permettent pas de calculer une moyenne pondérée significative. (tableaux 40, fig. 34).

Les crues correspondent à une diminution de la salinité. D'autre part, à l'échelle annuelle, on observe également une décroissance des salinités concomitante de l'augmentation des débits. Le processus de dilution des solutions lessivées par les pluies semble donc prépondérante.

Compte tenu que les valeurs manquantes correspondent à la période de la saison des pluies, elles devraient être inférieures à celles qui ont été mesurées durant le reste de l'année. Ainsi la moyenne pondérée de l'année complète serait inférieure à 90 μS .

Deux analyses chimiques d'eau, prélevées à Puerto Villarroel dans l'Ichilo et dans le Sacta à sa confluence avec ce premier, sont disponibles avec des teneurs ioniques globales de 42 et 31 mg.l^{-1} respectivement. L'équation 1 permet de calculer, pour la moyenne de 90 μS , une salinité de 62 mg.l^{-1} .

1.1.2.4. Les Rios Yapacani et Pirai

Une eau, prélevée le 28 avril 1982 dans le Rio Yapacani à Yapacani, présente une teneur ionique globale de 287 mg.l^{-1} , pour une conductivité de 331 μS .

Le Rio Pirai à la Angostura et à Santa Cruz a une teneur ionique

RIO ICHILO A PUERTO VILLARROEL

TABLEAU 39a CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1983

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1										96	106	
2										97		
3										105	97	
4										106	96	
5											96	
6										104	97	
7										88	95	
8										105	95	
9										107	93	
10										93		
11										90		
12										100		
13										91		
14											112	
15												
16										101		
17										94		
18												
19												
20										95		
21												
22												
23										99		
24										110		
25										99		
26										88		
27										99		
28										102		
29									103	103		
30									91	101		
31										100		
MOYENNE									96.8	98.8	98.4	

RIO ICHILO A PUERTO VILLARROEL

TABLEAU 39b CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1984

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1				59	78	98	96	127				111
2				83	77	101	95	131	96			82
3				87	90	76	94	125	108			93
4				59	79	109	95	128	122			105
5				68	93	91	84		124			
6				69	95	101	121	101	131	127		87
7				69	90	94	123	111	124	134		84
8				68	78	77	67	130	95	131		
9				72	80	78	79	115	122	127		
10				70	60		89	113	94	127		86
11				71	92	87	125	114	123	121		
12				84	84	88	117	88	94	136		
13				59	77	90	84	87	102	135		
14			65	87	97		70	92	69	117		
15			81	82	88	94	79	109	110	117		
16			62	73	71	73	128	117		80		
17			66	72	77		124	109		82		
18			66	69	78	62	122	121		81		
19			62	70	94	65	128	112		63		
20			69	69	77	67	128	117		77		
21			67		96		82	111		61		
22			64	76	78	73	79	107				
23			77	73	81	75	69	122		132		
24			66	72	98	78	100	113		127		
25			64	74	77	71	106	110		61		
26			68	78	76	85	101	109		110		
27			64	72	72	67	124	74			110	
28			63	77	83	66	136	73			109	
29			64	79	94	74	124	84		73		
30			62	78	82	71	101	107		100		
31			71				72	127		106		
MOYENNE			66.9	74.4	83.1	81.2	101.4	109.5	108.1	105.4	96.3	

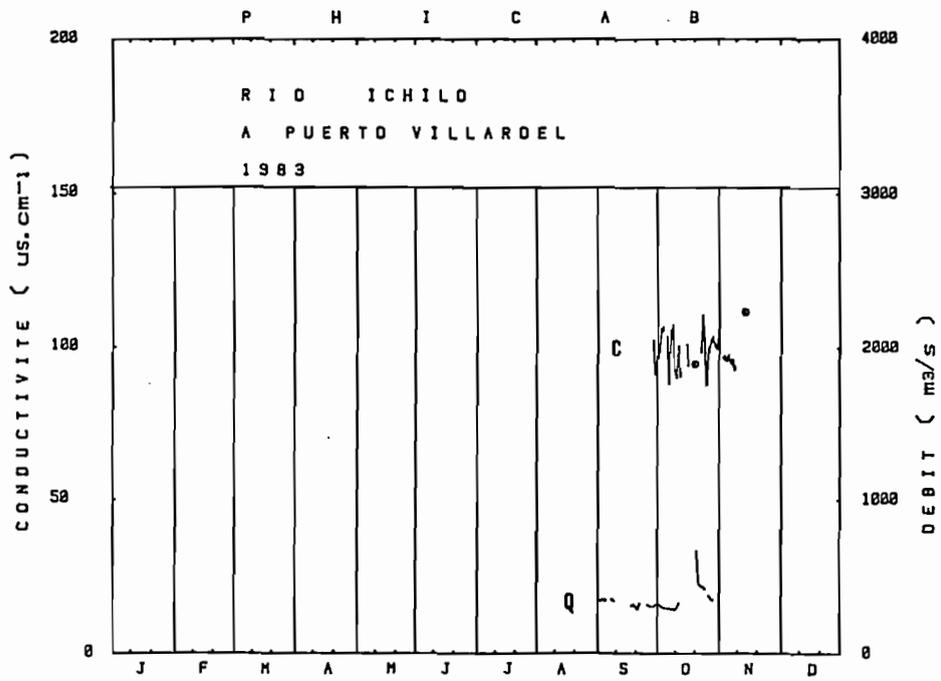


FIG.33a: CONDUCTIVITES ET DEBITS

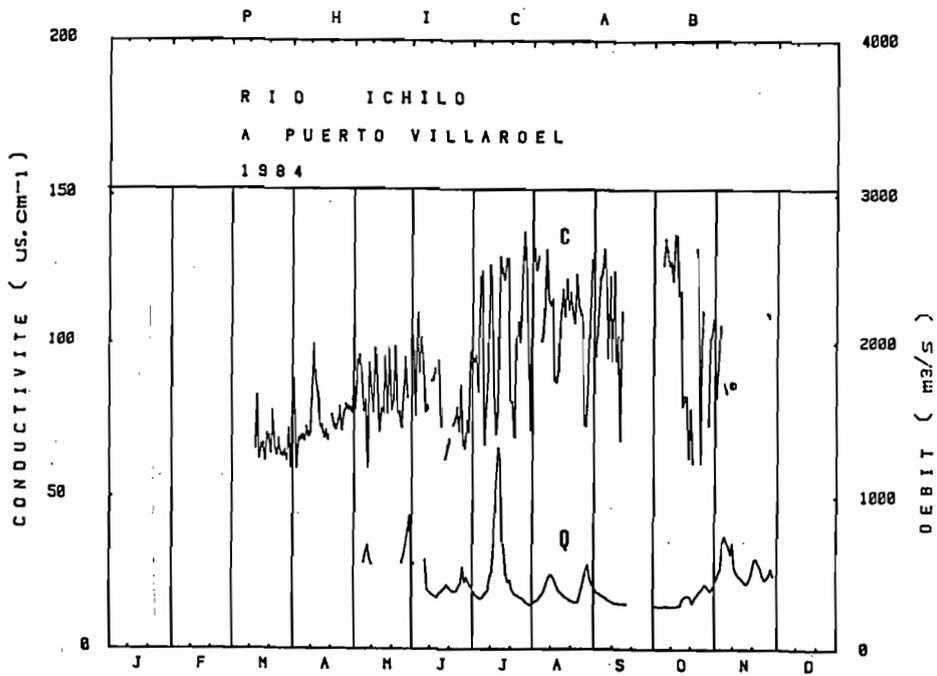


FIG.33b: CONDUCTIVITES ET DEBITS

P H I C A B
 R I O I C H I L O
 A P U E R T O V I L L A R R O E L

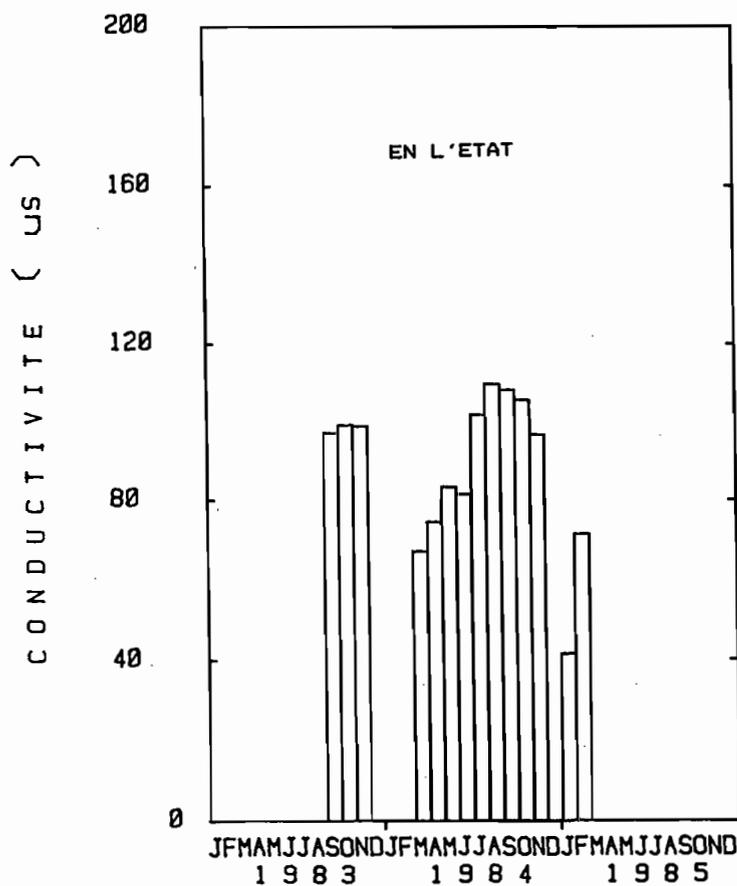


FIG. 34 : DISTRIBUTION DES CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES

TABLEAU 40 .

RIO ICHILO A PUERTO VILLARROEL

CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (µS)
 EN L'ETAT

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983									96.8	98.8	98.4	
1984			66.9	74.4	83.1	81.2	101.4	109.5	108.1	105.4	96.3	
1985	41.5	71.3										
MOYENNE	41.5	71.3	66.9	74.4	83.1	81.2	101.4	109.5	102.4	102.1	97.4	

globale de 303 et 257 mg.l⁻¹ (403 et 298 µS) respectivement, le 2 mai 1982.

1.1.2.5. Les Rios au nord du Rio San Mateo

Les salinités globales ci-après ont été mesurées à la confluence des fleuves suivants avec le Rio Mamoré :

Sécuré	52 mg.l ⁻¹	72 µS	le 7 mai 1982
Tijamuchi	82 mg.l ⁻¹	117 µS	le 7 mai 1982
Aperé	55 mg.l ⁻¹	71 µS	le 7 mai 1982
Yacuma	28 mg.l ⁻¹	32 µS	le 7 mai 1982

Il est curieux de constater que le Rio Tijamuchi, dont le bassin se trouve totalement dans la plaine et n'intéresse pas la zone andine, est le plus salé de tous ces affluents. La dilution des eaux dans la plaine ne serait-elle pas une règle sans exception ? Des sols salés existent-ils dans la plaine ? Il est bien entendu difficile d'étayer de telles hypothèses sur la base d'un seul groupe d'analyses, mais il semble intéressant d'étudier l'évolution longitudinale des salinités le long de ces rivières et notamment le long du Rio Tijamuchi pour préciser ces observations.

1.1.2.6. Synthèse des exportations des bassins versants andins orientaux des Rios Grande et Mamoré

L'établissement d'un premier bilan hydrique et salin de ces bassins versants andins orientaux doit être tenté en raison de leur forte hydraulité et des salinités des eaux fluviales qui apparaissent relativement élevées, malgré les dilutions importantes dont elles doivent être l'objet. Les quantités de sels exportées de ces bassins doivent donc être relativement fortes.

La pluie moyenne P a été évaluée par planimétrage de la carte de la pluviométrie annuelle (M.A. Roche et N. Rocha, 1985). Une évapotranspiration réelle a été adoptée, comprise entre 1000 et 1300 mm an⁻¹, d'après les valeurs qui ont été évaluées sur des bassins environnants (W. Garcia, O. Espinoza - 1985) dans le cadre du PHICAB. Le bilan hydrique, $R = P - E$, fournit des valeurs de la lame R écoulée hors des bassins, et par suite du volume d'eau exporté.

Compte tenu des diverses approximations adoptées pour ces calculs, il va sans dire que le bilan ainsi établi ne peut signifier qu'un ordre de grandeur. Il semble d'ailleurs préférable de ne le prendre en considération que globalement, pour cette zone des bassins versants andins orientaux, et non bassin par bassin (tableau ci-après). Ces subdivisions sont en fait une nécessité de la méthode d'évaluation. Des mesures plus nombreuses des salinités de ces différents cours d'eau, ainsi qu'une meilleure estimation des bilans hydriques, en particulier du terme évapotranspiration, sont nécessaires à une seconde tentative d'établissement du bilan salin de cette zone.

Bassin	Superficie km ² .	Pluviométrie mm	Evapo. mm	écoulement mm 10 ⁹ m ³		Salinité mg.l ⁻¹	Export. ion. 10 ³ t
Yacuma	2960	2500	1200	1300	3,9	28	110
Apere	1070	3100	1300	1800	1,9	55	105
Secure	5680	4450	1300	3150	17,9	52	930
Chaparé	4880	4250	1300	2950	14,4	129	1858
Chimore-Ichilo	6080	3200	1300	1900	11,6	36	418
Yapacani	5780	1300	1100	200	1,2	287	330
Pirai	2420	1100	1000	100	0,25	303	73
ENSEMBLE	28870	2984	1224	1767	51,0	75	3824

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus pour l'ensemble de ces bassins versants andins orientaux : la pluie moyenne est estimée à 3000 mm pour une évaporation de 1200 mm; le volume d'eau

exporté est évalué à $51.10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ et le tonnage d'ions en solution à $3,8.10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$, avec une salinité moyenne de 105 μS ou $75 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

Tableau 40 : Salinités et exportations annuelles.

BASSINS ANDINS ORIENTAUX	Superficie km^2	HYDRIQUE							SALIN					
		Pluie mm	Evap. réelle mm	ÉCOULEMENT				Cond. pond. μS	Salin. pond. $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	EXPORTATION				
				Écoulement mm	10^9 m^3	t	Module $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$			Module sp. $\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$	Exp. sal. 10^6 t	Exp. sal. t	Mod. ion $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$	Mod. ion sp. $\text{t} \cdot \text{an}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$
PERIODE														
Limite des Andes (500 m)	28870	2984	1224	1767	51,0	100	1617	56,0	106	75	3,8	100	121	132

1.2. LE BASSIN DU RIO MAMORE DANS LA PLAINE AMAZONIENNE

Le Rio Mamoré est formé par la confluence du Rio Ichilo-Chaparé et du Rio Grande. Ces affluents présentent des salinités assez différentes. En avril 1982, ont été mesurés 74 μS pour l'Ichilo, 138 μS pour le Chaparé, 384 μS pour le Rio Grande. Le Mamoré reçoit encore en rive gauche le Securé (73 μS) avant d'atteindre Trinidad (cartes offset, tableau 2).

1.2.1. Le Rio Mamoré à Puerto Ganadero (Trinidad)

Ainsi, la fluctuation des salinités à Trinidad, plus exactement à la station de Puerto Ganadero, est déterminée par l'origine des crues qui proviennent principalement d'un de ces affluents ou de plusieurs à la fois.

Les mesures ont débuté à cette station en mai 1982, les résultats ont été exploités jusqu'à la fin 1984. Un ensemble de 25 mois d'observation, avec beaucoup de lacunes, est disponible parmi lequel 23 ont été retenus, totalisant 390 jours de mesures journalières (tableaux 41).

RIO MAMORE A PUERTO GANADERO

TABLEAU 41 a CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1982

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1												114
2								141				
3												
4										101		
5							126					
6									150			
7												
8												
9								121				
10					205							
11												
12							115					
13									199			96
14												
15											105	
16								131				
17						215						
18										117		
19							135					
20												104
21												
22											96	
23								130				
24												
25										112		
26							155		106			
27												111
28						148						
29											93	
30								189				
31												
MOYENNE					205.0	181.5	132.7	142.4	151.7	110.0	102.0	103.6

RIO MAMORE A PUERTO GANADERO

TABLEAU 41 b CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1983

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	B	O	N	D	
1					148	107	137	106	217	155	172	100	
2					134	87	126	95	221		193	93	
3					134	96	134	96	256	200	193	108	
4					134	97	132	100	226	172		113	
5					123	99	136	116		185	175	115	
6					125	104	136	112	196		187	134	
7				110	111	105	135	113	202		206		
8					104	112	141	122	203		152	123	
9					103	114	131		175		144	138	
10					111	117	115	171	257		151	142	
11					111	123	121	142			141		
12					109	127	106	159	223		129	143	
13					124	133	99	175	174	206		158	
14					118	134	98	158	179	229	119		
15					126	144	93		202	260	107	172	
16					138	117	135	96	193	185		132	
17					135	105	121	91	197		122	162	
18					136	98	127	88	229	190		169	
19					126	94	122	89	200	167	106	182	
20					117	102	126	91	225	172	105	204	
21					117	97	130	91	213		105	171	
22					119	99	126	88	180	203		177	
23					117	98	129		207	180		213	
24					119	99	135	87	174	175	118	135	
25					116	90	141	91	140	143	108	190	
26					112	89	141	98	158	226		124	
27					121	87	141	98	162		150	107	
28					128	91	145	104	202	160	138	107	
29					134	98	134	103	171		144	117	
30					137	88	152	106	207	154	147	113	
31						90		113	210		130	132	
MOYENNE					123.8	108.2	123.6	109.2	163.2	195.3	176.3	137.9	147.3

TABLEAU 41 c

RIO MAMORE A PUERTO GANADERO

CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1984

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	126	109	137		143	175	178					
2	122	108	135		171	161						
3		107	137	146	201	182	176					
4	132		134		162	174						
5	120	129			209	185	170					
6	114	107			189	188	176					
7		106			214	177	253					
8	107		126		224	171	218					
9	111	107			254	181	175					
10	113	105			213							
11	117	108		142	180	231	152					
12	116	113		137	188							
13	121	113			168		202	152				
14	127	114		145	161		160					
15	147	115		145	179		195					
16	128	117		172	119							
17	139	116	116	168	128							
18	129	117		139	121			194				
19	130	121		204	130							
20				202	140							
21		118		150	127							
22	127	132		153	131	200						
23	121	126										
24	113	130		139	143							
25	109	138			180							
26	107	138		152	158							
27	109		120	155	179							
28	109	137	141	177								
29	107	130		162	147							
30	104			159								
31	105											
MOYENNE	118.8	118.4	130.6	158.1	168.9	184.0	186.7	173.3				

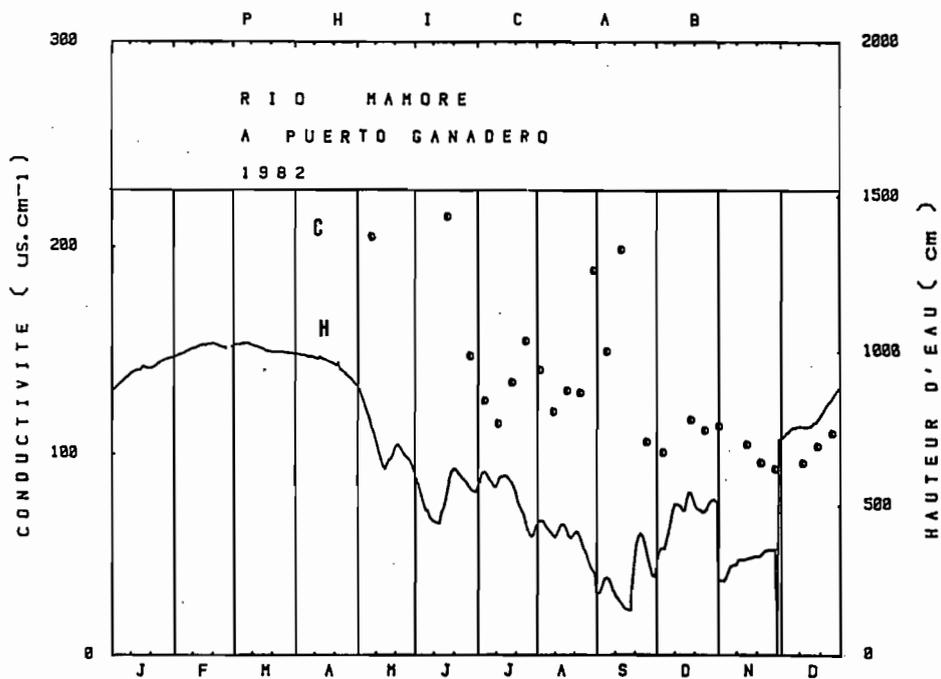


FIG.35a. CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

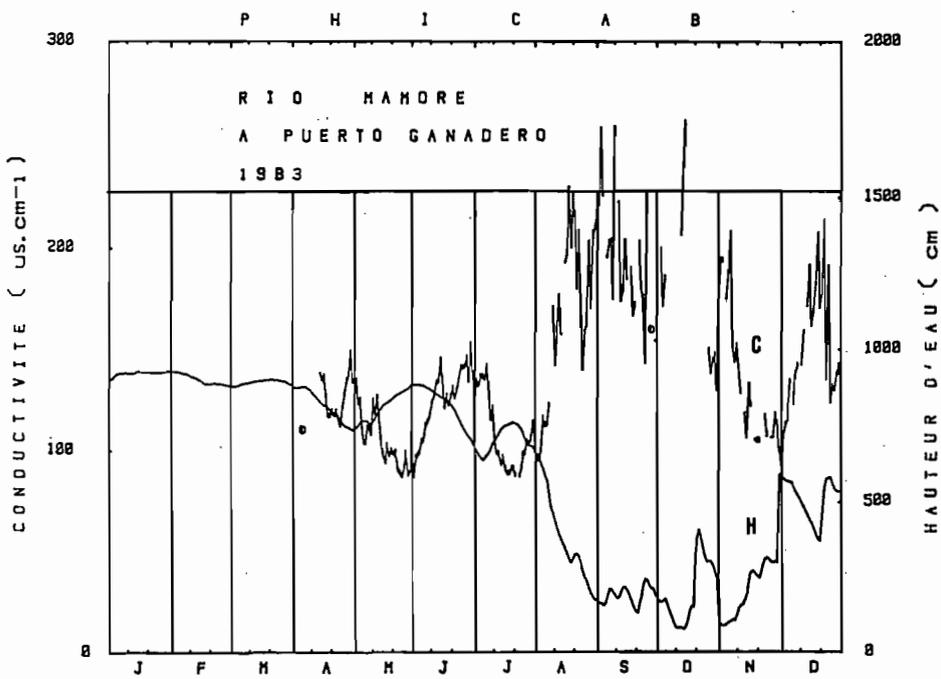


FIG.35b. CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

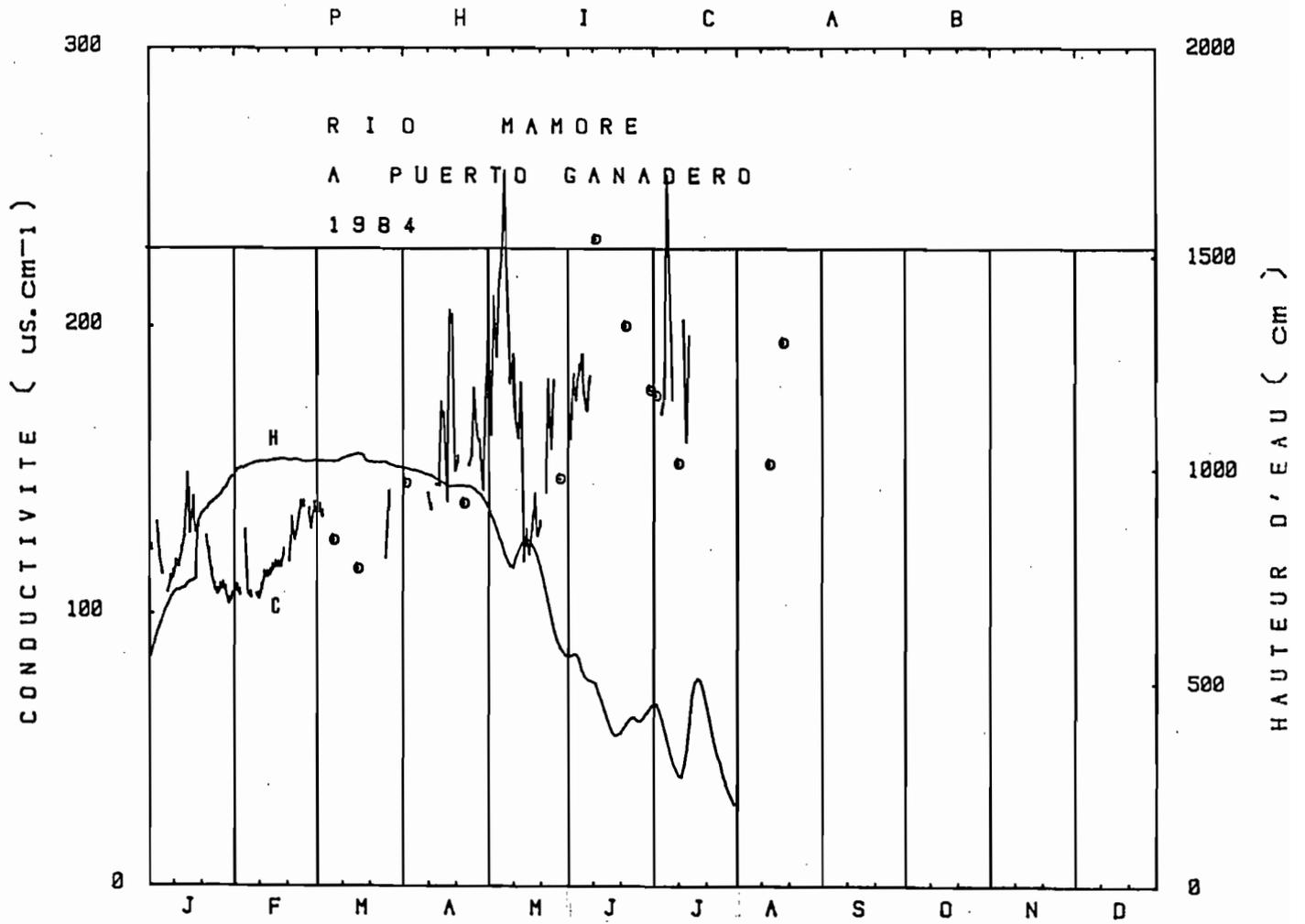


FIG.35c • CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

P H I C A B
 R I O M A M O R E
 A P U E R T O G A N A D E R O

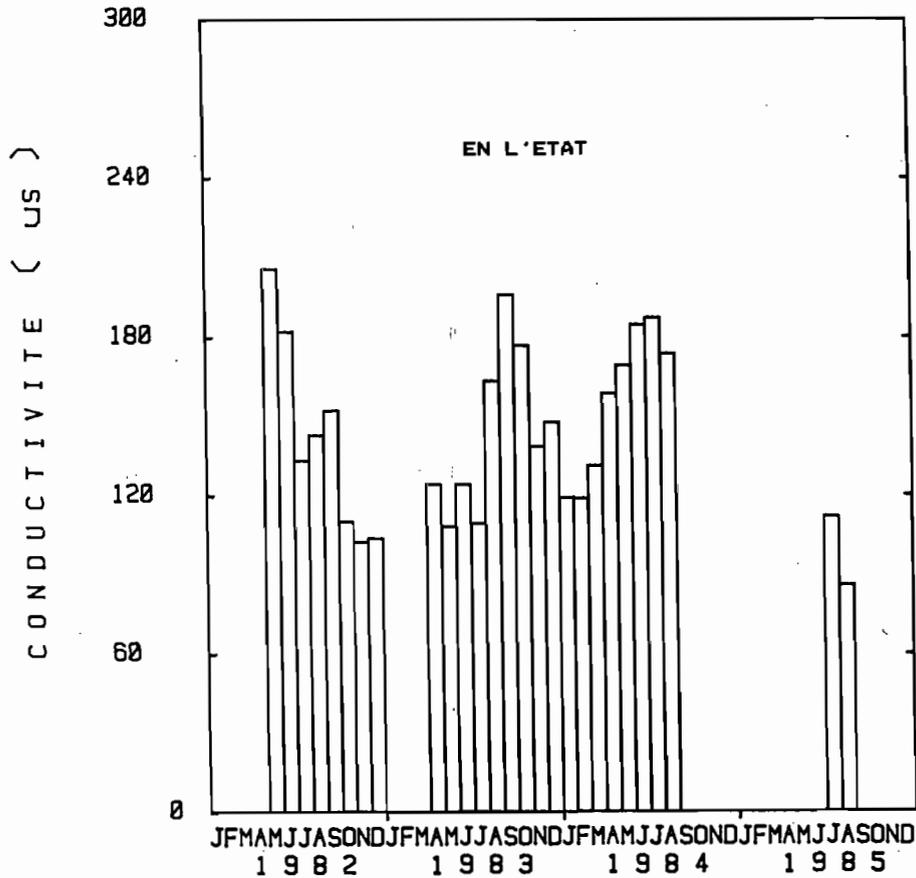


FIG. 36 : DISTRIBUTION DES CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES

TABLEAU 42 .

RIO MAMORE A PUERTO GANADERO

CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (µS) PHICAB
 EN L'ETAT

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1982					205.0	181.5	132.8	142.4	151.7	110.0	102.0	103.6
1983	118.8	118.4	130.6	123.8	108.2	123.6	109.2	163.2	195.3	176.3	137.9	147.3
1984				158.1	168.9	184.0	186.7	173.3				
1985						111.7	85.7					
MOYENNE	118.8	118.4	130.6	140.9	160.7	163.0	135.1	141.1	173.5	143.1	119.9	125.4

D'après les mêmes mois observés d'une année sur l'autre, on constate que la période d'avril à août présente des salinités plus faibles en 1983 qu'en 1984. Cette période correspond à la fin de la crue et à la décrue, qui ont été plus fortes et prolongées en 1983 qu'en 1984, d'où une dilution plus prononcée des solutions (Tableaux 42, fig. 35 et 36).

Les salinités suivent une variation inverse de celle des débits. Elles sont minimales durant la crue annuelle et augmentent rapidement dès la fin de celle-ci pendant la décrue. Les petites crues qui se superposent à l'hydrogramme général induisent également une diminution des salinités. Ce mode de variation est bien illustré par les observations faites en 1983.

Les conductivités journalières varient de 260 à 88 μS (198 à 61 mg.l^{-1}). La moyenne des 23 moyennes mensuelles est de 142 μS . A partir de ces 23 valeurs a été calculée une moyenne "interannuelle" pour chaque mois :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
μS	119	118	131	141	139	154	143	160	174	143	120	126	139
mg.l^{-1}	85	85	95	103	101	113	105	118	129	105	86	91	101

D'après ce tableau, les conductivités moyennes sur plus d'une année présentent un minimum de 85 mg.l^{-1} au début du maximum de la crue en janvier et février, et un maximum de 129 mg.l^{-1} durant l'étiage en septembre.

Les débits journaliers ou mensuels n'étant pas encore disponibles à Trinidad (l'étalonnage de la station n'a commencé qu'en 1985), il est possible d'approcher une valeur pondérée de la salinité en admettant que 80% du débit transite de janvier à mai avec une salinité moyenne de 129,5 μS correspondant à cette période, et 145,4 μS pour la période

complémentaire. Il vient ainsi :

$$(129,5 \text{ } \mu\text{S} \times 0,8) + (144,4 \text{ } \mu\text{S} \times 0,2) = 133 \text{ } \mu\text{S}$$

Cette dernière valeur, qui correspond à 96 mg.l^{-1} , pourrait être retenue provisoirement comme la salinité ionique "pondérée" du Mamoré à Puerto Ganadero (Trinidad).

1.2.2. Le Rio Ibaré à Puerto Almacen et les inondations (Trinidad)

Passant à quelques kilomètres de Trinidad, cette rivière présente l'intérêt d'être un affluent de rive droite du Mamoré soumis à l'influence des inondations du Rio Mamoré et des inondations par les pluies sur les plaines de son propre bassin.

Plusieurs types d'eau sont ainsi identifiés dans cette zone :

- Les eaux du Mamoré qui débordent du lit du fleuve à l'époque des hautes eaux. Elles atteignent l'Ibaré, soit par une inondation générale des rives, soit par des canaux tel le canal qui relie Puerto Varador sur le Mamoré à Puerto Almacen sur l'Ibaré, soit simplement par remontée depuis la confluence. Leurs salinités ont été étudiées au paragraphe précédent, à la station de Puerto Ganadero.
- Les eaux d'inondation de la plaine qui ne pouvant s'écouler vers les axes de drainage majeurs (Ibaré, Mamoré), stagnent en se dirigeant toutefois lentement vers le nord.

Les conductivités d'eau d'inondation, correspondant typiquement aux pluies dont l'écoulement est bloqué, ont pu être mesurées autour de la digue qui empêche la pénétration des eaux à l'intérieur de la ville de Trinidad durant les mois de hautes eaux. Les conductivités sont faibles, de l'ordre de 15 à 20 μS . La laguna Suarez, alimentée par ces mêmes eaux à quelques kilomètres de la ville, a une conductivité de 18 μS . Il s'agit du type des eaux noires, qui imbibent de

RIO IBARE A PUERTO ALMACEN

TABLEAU 43 a CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1983

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1		86			129	87	44	70	78			63
2		81			147	88	43	62	78			65
3		80			76	91	43	62	76			67
4		67			77	91	40	62	78			70
5					72	94	44	64	79			72
6		81			68	100	42	74	83			85
7		81		121	75	102	49		93			70
8		82		115	71	105	43	85	87			74
9		80		107	75	108	43	70	87			83
10		84		101	77	113	46	67	83			74
11	100	85		93	89	117	91	64	83			72
12	95	88		86	72	118	57	61	83			70
13	96	94		81	73	120	54	57	89			62
14	95	98		78	74	126	52	62	86			63
15	83	118		88	88	131	55	69	89			58
16	81	111		72	112	133	53	63	87			56
17	91	124		83	119	135	52	74	89			59
18	82	111		80	115	132	54	61	91			62
19	81	85		74	112	124	56	58	99			58
20	78	114		84	106	123	60	59	92			62
21	76	117		84	99	115	67	59	93		56	57
22	78	134		68	97	93	70	62	97		59	62
23	80	120		75	99	79	83	62	95		62	63
24	80	117		75	101	67	91	65	105		55	56
25	81	109		93	101	48	99	67	108		53	61
26	78	111		129	96	53	83	67	119		61	61
27	77	118		105	93	60	104	69	98		55	57
28	73	104		116	88	50	84	74	101		56	59
29	78			115	87	54	91	73	103		70	55
30	91			118	87	54	88	71	103		70	55
31	81				88		88	73				54
MOYENNE	85.7	99.9		93.4	92.3	97.1	63.5	66.3	91.1		59.7	64.1

RIO IBARE A PUERTO ALMACEN

TABLEAU 43 b CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1984

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	37	108	122	151	185	73	65	105	242	126	220	79
2	25	87	124	143	184	68	69	122	237	144	206	75
3	20	104	137	143	165	76	81	121	236	150	168	67
4	21	100	135	156	187	76	71	124	236	142	116	66
5	20	104	128	153	199	61	69	126	232	134		90
6	23	90	126	158	180	58	70	144	254	135	205	87
7	28	96	126	155	171	58	76	143	245	137	65	57
8	29	93	131	137	138	61	69	153	238	138		62
9	26	102	132	142	114	58	75	154	238	153	63	67
10	29	103	127	138	102	61	74	149	238	143	81	85
11	28	99	129	134	85	58	86	165	238	152	64	74
12	32	99	135	144	84		78	162	244	163	67	77
13	34	102	130	151	63	67	78	178	260	165		72
14	41	96	136	145	84	60	79	186	257	182	75	74
15	48	103	135	157	131	55	86	202	269	203	82	81
16	59	96	133	175	161	54	86	205	260	187	87	96
17	77	109	134	185	145	59	97	192	273	191	87	92
18	109	104	132	185	145	58	112	184	265	195	93	73
19	106	109	143	192	154	60	103	189	273	194	94	83
20	81	115	161	197	157	64	91	185		264	94	87
21	84	107	151	201	158	65	85	187	277	286	90	79
22	93	109	157	197	110	60	86	188	283	210	90	86
23	94	110	151	185	81	62	85			219	86	93
24	95	113	147	173	69	60	91	190	276	209	86	85
25	117	124	147	171	68	65	92	204	279	214	85	111
26	111	125	146	172	82		104	206	273	215	85	109
27	110	121	148	174	81	65	88	209	273	189	89	108
28	99	124	149	174	94	66	98	221	249	215	86	105
29	98	122	159	188	95	65	95	207	225	211	76	129
30	105		169	180	65	63	105	214		213	90	119
31	103		154		62		111	247		230		120
MOYENNE	64.0	106.0	139.8	165.2	123.3	62.7	85.7	175.4	254.4	186.3	101.1	86.7

TABLEAU 43 c

RIO IBARE A PUERTO ALMACEN

CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1985

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	107		150	150								195
2	119	133	153			76						197
3	111	136	151	149	200	85						
4	116	133		156	118	58						189
5	114		157	138		53			188			189
6	117	155	158	150		64						
7	126	167	145	174	199	51						
8	123	164	159	152		59						217
9	129	177	156	136	92	59			170			205
10	133	181	163	121		55		164				
11	132	185	162	109	200	51						208
12	133	147	168	108		60			199			214
13	138	172	180	116		57			183			
14	128	161	173	112		50			202			
15	131	164	145	114		52		198				
16	128	155	126	123		50		198				
17	131	155	122	123		51		200				237
18	134	130	117	133								235
19	124	128	135	123		60						
20	120	141		125		62			198			
21	141	127	147	135	201	59						
22	130	137	154	135	96	77				191		
23	135	119	146	127				196				
24	139	141	122	119	61					190		
25	145	151	149	121		45						
26	149	122	149	120	69							
27	143	123	143	120						199		
28	159	120	166	117								
29	145		135	121		39						
30	177		132	126						202		
31	159		141									
MOYENNE	132.8	147.1	148.4	129.4	137.3	57.9		195.2	192.2	208.6		

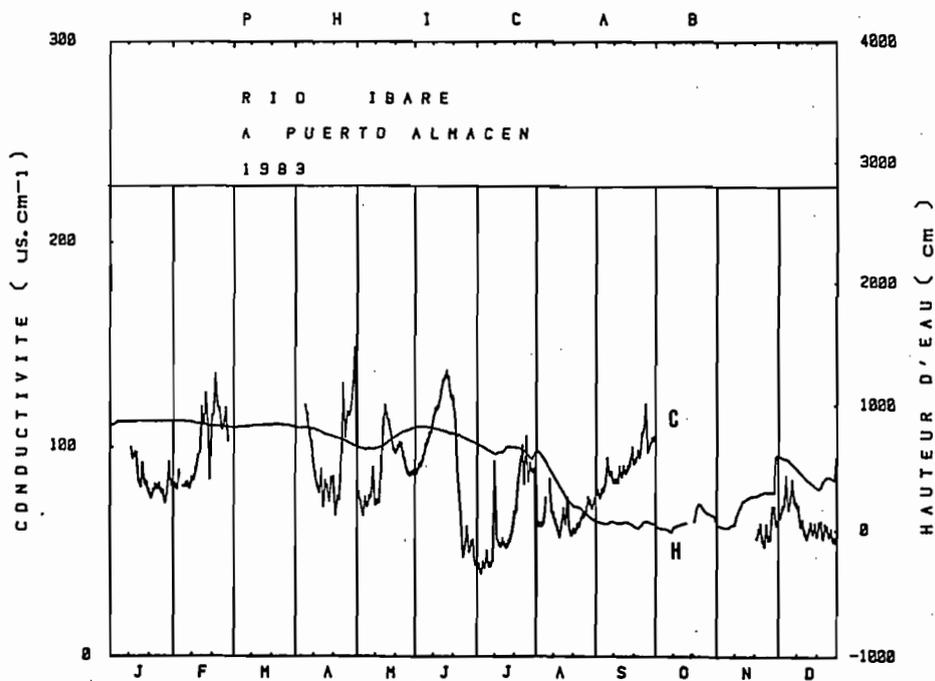


FIG. 37a: CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

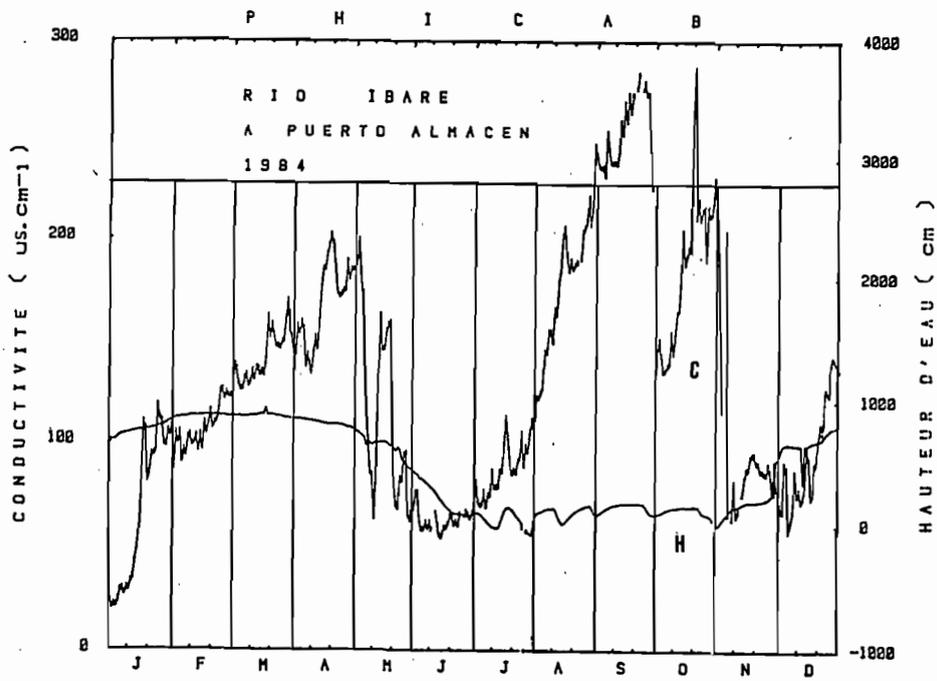


FIG. 37b: CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

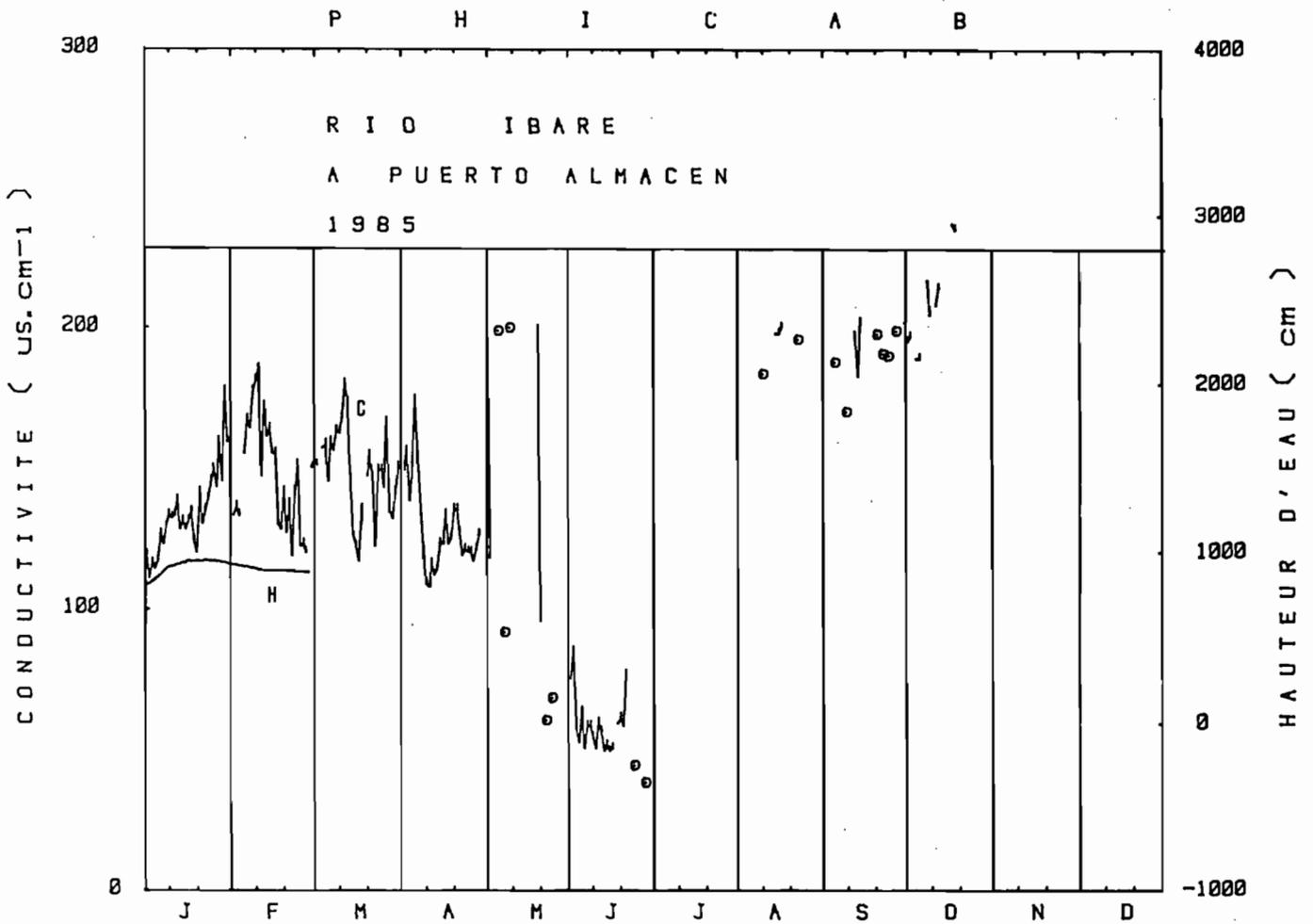


FIG. 376 : CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

P H I C A B

R I O I B A R E

A P U E R T O A L M A C E N

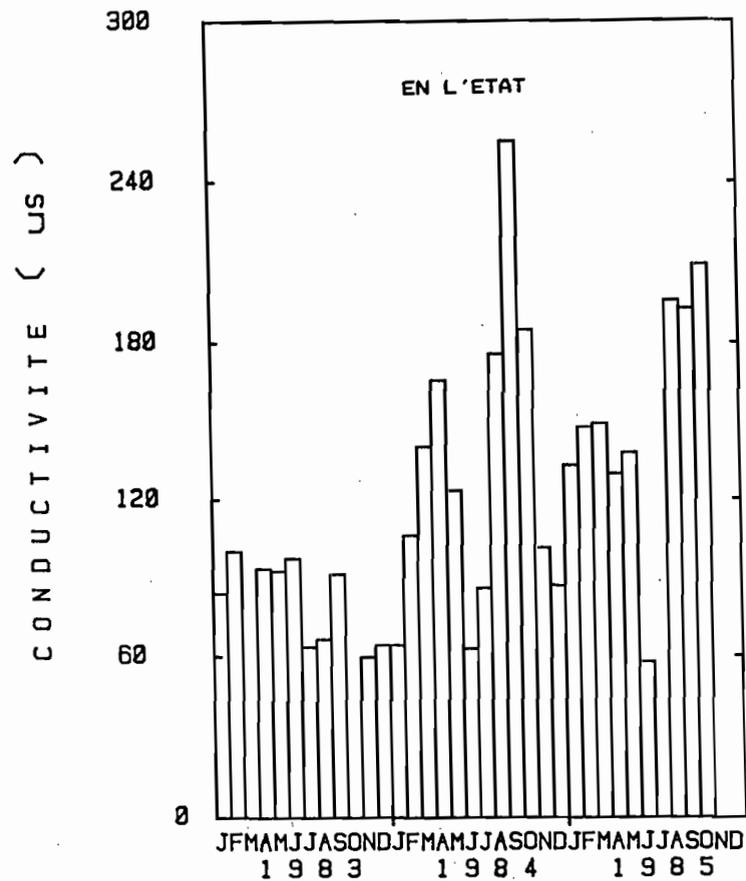


FIG. 38 : DISTRIBUTION DES CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES

TABLEAU 44

RIO IBARE A PUERTO ALMACEN

CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (µS)
EN L'ETAT

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983	83.7	99.9		93.4	92.3	97.1	63.5	66.3	91.1		59.7	64.1
1984	64.0	106.0	139.8	165.2	123.3	62.7	85.7	175.4	254.4	184.3	101.1	86.7
1985	132.8	147.1	148.4	129.4	137.3	57.9		195.2	192.2	208.6		
MOYENNE	93.5	117.7	144.1	129.3	117.6	72.6	74.6	145.6	179.2	196.4	80.4	75.4

vastes étendues herbeuses et broussailleuses.

- Les eaux de l'Ibaré, mélange variable selon les époques des deux types d'eau précédents et de l'eau du bassin lui-même (tableau 43, fig. 37).

Durant la grande crue annuelle du Mamoré, l'influence de ce fleuve sur l'Ibaré apparaît avec les niveaux d'eau qui sont sensiblement les mêmes dans les deux cours d'eau. L'amplitude atteint près de 10 m dans l'Ibaré. Les conductivités des deux fleuves sont en général très proches les unes des autres, puisqu'il s'agit d'une grande proportion d'eau du Mamoré (Tableaux 44, fig. 38).

		J	F	M	A	M
1983	Mamoré à P. Ganadero				125	108
	Ibaré à P. Almacen				97	92
1984	Mamoré à P. Ganadero	114	118	131*	158*	112
	Ibaré à P. Almacen	100	106	140	165	143

* mois incomplet

A partir des derniers jours de mai, les conductivités diminuent ensuite brusquement jusqu'à des valeurs de 40 à 60 μS : les liaisons directes entre le Mamoré et l'Ibaré se coupent et ce dernier cours d'eau draine alors son propre bassin. C'est un mélange des eaux d'inondation restantes du Mamoré et des eaux d'inondation originaires des pluies locales bloquées sur l'ensemble de sa superficie. Les salinités augmentent à nouveau rapidement dès juillet, jusqu'à l'étiage de septembre-octobre où les valeurs dépassent 100 μS en 1983 et 280 μS en 1984 : elles sont à cette époque plus fortes que celles du Mamoré. Les eaux d'inondation résiduelles, qui sont alors drainées, se sont fortement concentrées par évaporation et hydrolyse de matériaux et végétaux.

Puis les salinités baissent à nouveau brusquement en novembre:

les premières crues du début de la saison des pluies, propres au bassin de l'Ibaré, balayent les dernières eaux résiduelles qui s'étaient concentrées pendant plusieurs mois dans les dépressions du lit ou des rives avoisinantes. Le minimum annuel est ainsi atteint en décembre ou janvier. Des minimums de 20 μS et 57 μS ont été respectivement atteints en janvier 1984 et décembre 1984.

Le cycle est bouclé lorsque, vers la mi-janvier, intervient à nouveau l'influence des débordements du Mamoré qui provoque un brusque accroissement des salinités.

Il faut dire que la station de prélèvement étant située en rive gauche, c'est-à-dire du côté du Rio Mamoré, l'influence des eaux d'inondation de ce fleuve sur la salinité de l'Ibaré est plus forte en rive gauche, d'autant que le canal de liaison débouche quelques centaines de mètres en amont. Au contraire en rive droite, l'influence des eaux d'inondation dues aux pluies est plus sensible. L'Ibaré présente ainsi une distribution hétérogène des salinités dans sa section.

1.2.3. Le Rio Mamoré à Puerto Siles

Le Mamoré à Puerto Siles, plusieurs centaines de kilomètres en aval de Puerto Ganadero, a reçu depuis cette dernière station des affluents importants dont les bassins de plaine sont en grande partie inondés durant les hautes eaux : l'Ibaré en rive droite, le Tijamuchi, l'Apéré et le Rapulo en rive gauche. La station de Puerto Siles contrôle presque la totalité du bassin du Mamoré proprement dit, soit 216 240 kilomètres carrés.

1.2.3.1. Les salinités

A cette station, installée par le PHICAB en novembre 1983, un total de 212 conductivités journalières est disponible sur treize

mois, de novembre 1983 à octobre 1985 (tableaux 45, fig. 39).

Les salinités sont plus faibles qu'à l'aval, sauf semble-t-il aux plus basses eaux. Ceci peut s'expliquer par un drainage d'une superficie plus importante de plaine d'inondation dont la fin de vidange fournit des eaux de salinité relativement forte, comme cela est observé également pour l'Ibaré soumis à l'influence du Mamoré.

L'interpolation des valeurs sur le graphique de variation annuelle aide à l'estimation de conductivités moyennes mensuelles. Pour effectuer une évaluation des valeurs mensuelles totalement manquantes, on s'est basé aussi pour la période de novembre 1983 à août 1984 sur le rapport conductivités à P. Siles/P. Ganadero, lequel suit une variation logique avec un minimum de 0,52 au haut de la crue, en février-mars, et atteint un maximum de 1,33 en basses eaux en août, époque qui peut correspondre à la fin du drainage des plaines. Le tableau ci-après indique les conductivités moyennes mensuelles établies à Puerto Ganadero et Puerto Siles, ainsi que le rapport de ces valeurs (P. Siles/P. Ganadero).

	1983				1984							
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P. Ganadero (US)	195	180	138	147	119	118	131	158	170	184	187	173
P. Siles (US)	(234)	(193)	130	125	100	92	(87)	80	104	145	(185)	(230)
P. Siles mg.l ⁻¹	(177)	(144)	94	90	70	64	60	54	70	106	138	174
Siles/Ganadero	(1,2)	(1,07)	0,94	0,83	0,83	0,77	0,70	0,52	0,59	0,81	1,00	1,33

Les salinités moyennes mensuelles en l'état et opérationnelles sont récapitulées dans les tableaux 46 et sur les figures 40.

Les salinités moyennes annuelles (pondérées à niveau mensuel) sont évaluées à 110 US soit 79 mg.l⁻¹ en 1984 et 120 US, soit 86 mg.l⁻¹ en 1985. La moyenne des deux années et de 15 US, soit 82,3 mg.l⁻¹.

RIO MAMORE A PUERTO SILES

TABLEAU 45 a CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1983

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1												108
2												111
3												118
4												113
5												107
6												109
7												112
8												110
9												
10												
11												109
12										183		110
13										177		110
14										178		147
15										165		115
16										155		122
17										162		127
18										165		126
19										126		127
20										115		132
21										126		
22										108		
23										104		
24										99		
25										98		
26										97		
27										106		
28										86		
29										111		
30										108		
31												
MOYENNE										130.0		117.3

RIO MAMORE A PUERTO SILES

TABLEAU 45 b CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1984

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1		96			89	156						
2		95		95	91	148						
3		94			95	136						
4		95			98	133						
5		94			102	133						
6		96			98	133						
7		97			114	134						
8		95		86	110	184						
9		92			116	142						
10		92		99	112							
11		90		82	107							
12		93		64	106			251				
13		93		84	105			250				
14				85	110			269				
15				86	110			282				
16				88	119			277		260		
17				87	110			293		260		
18				90	112			298		263		
19				85	109			293		263		125
20				86	110			273		264		
21				84	100			224		264		
22				81	97			201		264		
23				82	98			182		268		121
24				88	99			171		286		
25				85	100							
26				84	103							
27				86	101							
28				87	103							
29		98		63	99							
30		96		63	100							
31		97										
MOYENNE	97.2	94.0		83.5	104.2	148.7		251.3		265.8		123.0

RIO MAMORE A PUERTO SILES

TABLEAU 45 C CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1985

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1		126	102									161
2		115	108									160
3		137	112									160
4		161	116									150
5		121	112									209
6		118	111									219
7		112	121									116
8			110									116
9		114	200									118
10			160									119
11		158	111									121
12		138	162									134
13		108	171									130
14		111	136									131
15		110	135									132
16		112	121									132
17		128										135
18		110	131									136
19	123	112										140
20	132											140
21		108										139
22		107										143
23		110										139
24		110										96
25										180		98
26										176		101
27		108								179		104
28										185		
29	114									180		
30										180		
31										181		
MOYENNE	125.0	119.7	130.5							180.1	136.3	

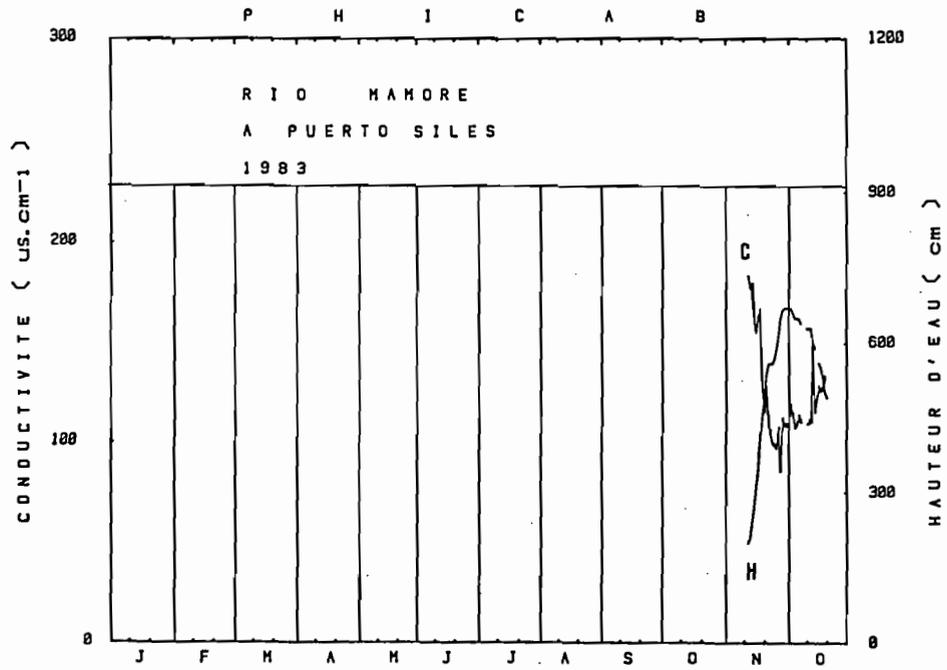


FIG. 39a: CONDUCTIVITES ET HAUTEURS D'EAU

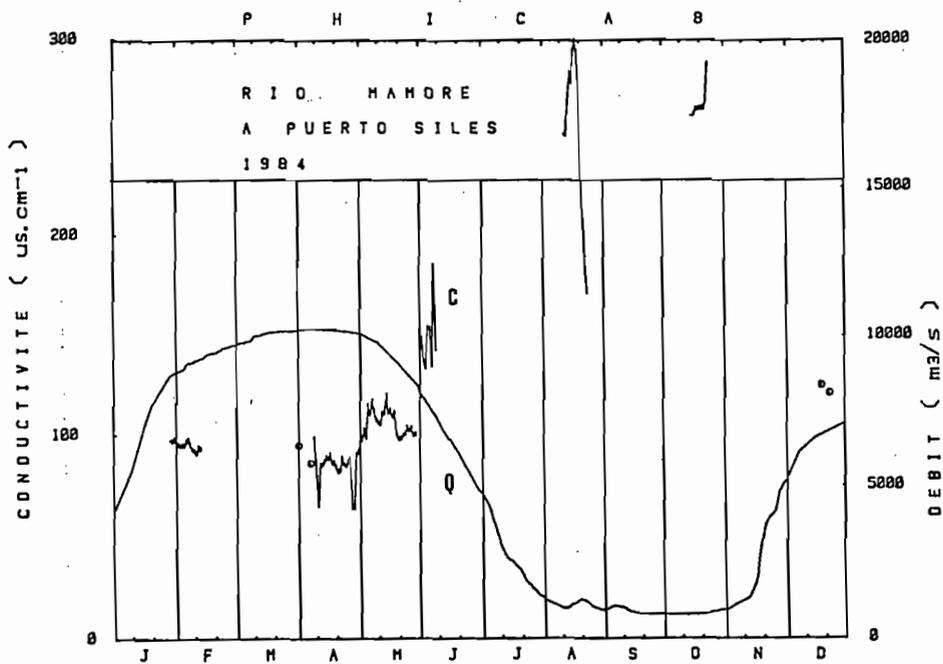


FIG. 39b: CONDUCTIVITES ET DEBITS

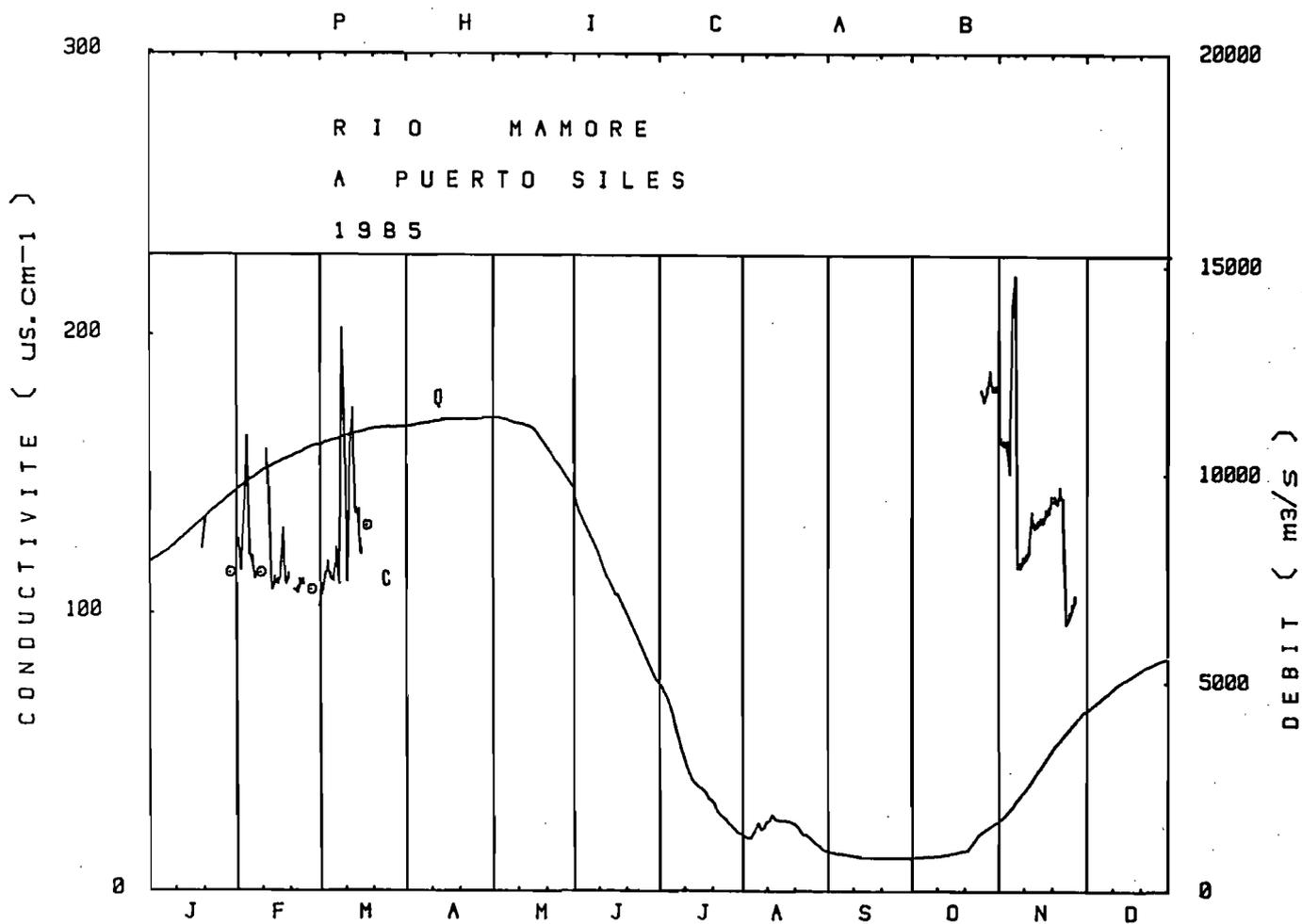


FIG. 39c : C O N D U C T I V I T E S E T D E B I T S

TABLEAU 46 a

RIO MAMORE A PUERTO SILESCONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (µS)
EN L'ETAT

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983											130.0	117.3
1984	97.2	94.0		83.5	104.2	148.7		251.3		265.8		123.0
1985	123.0	119.7	130.5							180.1	136.3	
MOYENNE	110.1	106.8	130.5	83.5	104.2	148.7		251.3		222.9	133.1	120.1

TABLEAU 46 b

RIO MAMORE A PUERTO SILESCONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (µS)
OPERATIONNELLES

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983									234.0	193.0	130.0	125.0
1984	100.0	92.0	87.0	80.0	104.0	145.0	185.0	230.0	230.0	260.0	130.0	125.0
1985	115.0	119.0	130.0	80.0	104.0	145.0	185.0	230.0	232.0	227.0	130.0	100.0
MOYENNE	107.5	105.5	108.5	80.0	104.0	145.0	185.0	230.0	232.0	226.7	130.0	116.7

P H I C A B
R I O M A M O R E
A P U E R T O S I L E S

R I O M A M O R E
A P U E R T O S I L E S

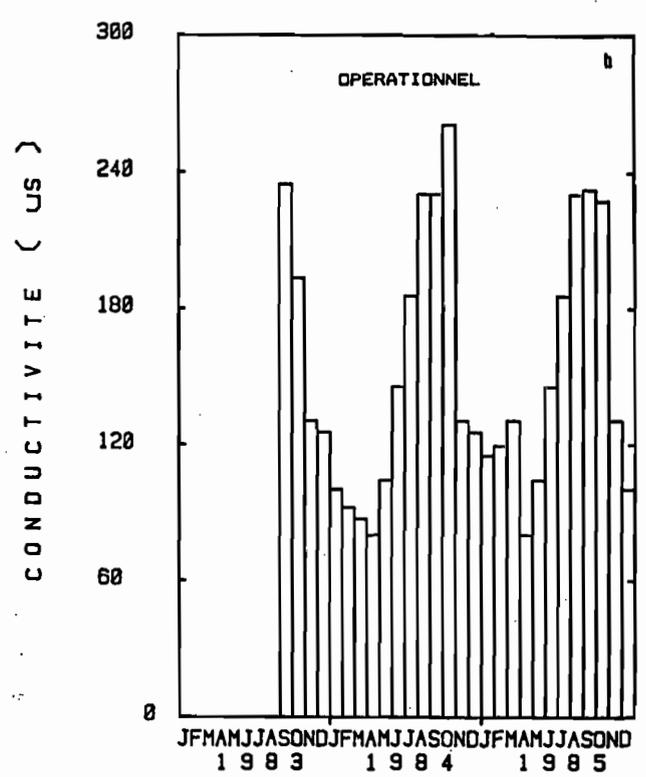
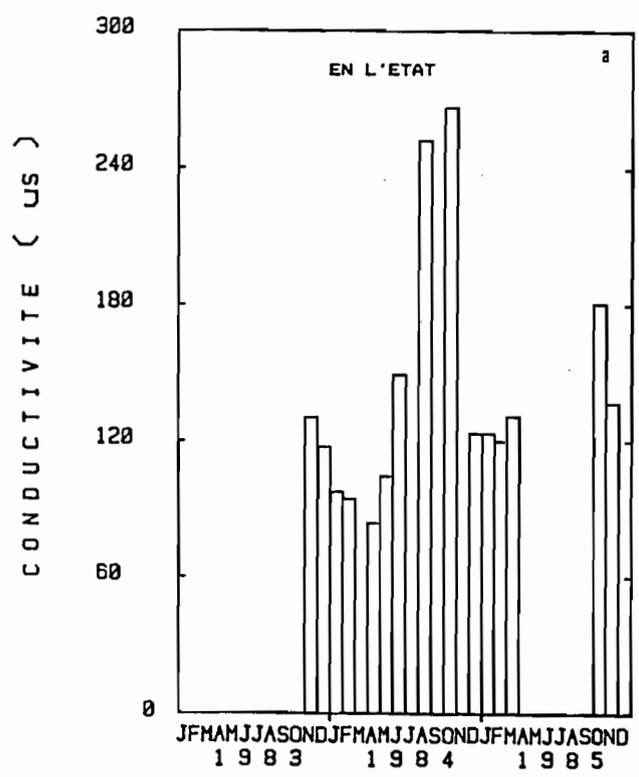


FIG.40 : DISTRIBUTION DES CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES

Tableau 47a : Salinités et exportations mensuelles

RIO MAMORE A PUERTO SILES - ANNEE 1984

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$	7368	10781	11765	12004	10757	7129	2679	1107	891	817	2504	7035	6218
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$	19736	27013	31511	31114	28812	18479	7175	2966	2310	2189	6491	18843	196639
COND. US	100	92	87	80	104	145	185	230	230	260	130	125	110,2
IONS $mg \cdot l^{-1}$	70,4	64,0	60,0	54,5	73,6	106,3	138,1	174	174	198	94,3	90,3	78,6
EXPOR. ION. $10^3 t$	1389	1729	1891	1696	2121	1964	991	516	402	433	612	1702	15446

Tableau 47b : Salinités et exportations mensuelles

RIO MAMORE A PUERTO SILES - ANNEE 1985

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$	8713	10204	10996	11247	10680	7132	2657	1449	823	1066	3030	5109	6062
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$	23336	24685	29372	29152	28606	18486	7115	3881	2134	2856	7852	13684	191160
COND. US	115	119	130	80	104	145	185	230	232	227	130	100	119,7
IONS $mg \cdot l^{-1}$	82,4	85,5	94,3	54,5	73,6	106,3	106,3	174,0	175,6	171,6	94,3	70,4	86,1
EXPOR. ION. $10^3 t$	1923	2111	2770	1589	2105	1965	756	675	375	490	740	963	16462

1.2.3.2. Les exportations hydriques

L'hydrogramme du Mamoré à Puerto Siles (fig. 31), très uniformisé par les vastes inondations de l'amont, facilite la reconstitution des nombreuses lacunes d'observation en cette station.

Les débits moyens mensuels sont présentés dans les tableaux 47.

Les modules sont évalués à $6218 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, soit $196,6 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ en 1984, et $6062 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, soit $191,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ en 1985, avec une moyenne pour ces deux années de $6140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, soit $193,9 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$.

1.2.3.3. Les exportations ioniques

Les exportations ioniques mensuelles et annuelles du Mamoré à Puerto Siles (tableaux 47) sont évaluées sur la base des résultats précédents. Elles sont de $15,4 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$ en 1984 et $16,5 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$ en 1985, soit une moyenne pour les deux années de $16,0 \cdot 10^6 \text{ t}$.

Le tableau 48 récapitule les principaux résultats relatifs au Mamoré à Puerto Siles.

Tableau 48 : Salinités et exportations annuelles.

MAMORE à PUERTO SILES	Superficie Km ²	HYDRIQUE							SALIN					
		Pluie mm	Evap. réelle mm	ECOULEMENT				Cond. pond. US	Salin. pond. mg.l ⁻¹	EXPORTATION				
				Ecoulement mm	10 ⁹ m ³	‰	Module m ³ .s ⁻¹			Module sp. l.s ⁻¹ .km ⁻¹	Exp. sal. 10 ⁶ t.	Exp. sal. ‰	Mod. ion kg.s ⁻¹	Mod. ion.sp. t.an ⁻¹ .km ⁻²
PERIODE														
(bissextila) 1984	216240	-	-	909	196,6	100	6218	28,8	110	78,6	15,4	100	48 7	71,2
1985	216240	-	-	884	191,2	100	6062	28,0	120	86,1	16,5	100	52 3	76,3
84 + 85 : moyenne	216240	-	-	897	193,9	100	6140	28,4	115	82,3	16,0	100	50 7	73,9

1.2.4. Le Rio Mamoré à sa confluence avec l'Itenez

Le complément de superficie du bassin du Mamoré entre Puerto Siles et la confluence avec l'Itenez, de 5830 km^2 , représente 2,7% par rapport à la superficie amont.

Le complément d'apport hydrique correspondant à cette zone peut être estimé par l'établissement d'un bilan hydrologique sommaire : pluie = 1620 mm, ETR = 1250 mm, d'où un écoulement de 370 mm, soit $2,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$.

D'après les résultats moyens obtenus pour 1984 et 1985 à Puerto Siles, l'exportation hydrique de la totalité du Rio Mamoré à sa confluence avec l'Itenez serait ainsi respectivement de $198,8 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, soit $6297 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et de $193,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, soit $6123 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, avec une valeur moyenne de $196,1 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, soit $6210 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Tableau 49).

En se basant sur une valeur intermédiaire aux salinités moyennes annuelles de l'Itenez ($18 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) et de l'Orthon ($24 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) dont les bassins sont les plus semblables à celui en cause, on retient pour ce bassin complémentaire une salinité moyenne annuelle de $20 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

L'exportation ionique de ce bassin complémentaire est ainsi de $0,04 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$.

Tableau 49 : Salinités et exportations annuelles.

MAMORE à la confluence avec l'Itenez	Superficie km^2	HYDRIQUE						SALIN						
		Pluie mm	Evap. réelle mm	ÉCOULEMENT				Cond. pond. US	Salin. pond. $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	EXPORTATION				
				Écoulement mm	10^9 m^3	‰	Module $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$			Module sp. $\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$	Exp. sal. 10^6 t	Exp. sal. ‰	Mod. ion $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$	Mod. ion. sp. $\text{t} \cdot \text{an}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$
PERIODE														
(bissextile) 1984	222070	-	-	895	198,8	100	6297	28,4	109,4	77,9	15,5	100	49,0	69,7
1985	222070	-	-	871	193,4	100	6123	27,8	118,7	85,3	16,5	100	52,3	74,3
84 + 85 : moyenne	222070	-	-	883	196,1	100	6210	28,0	115,2	82,5	16,0	100	50,7	72,0

L'exportation ionique totale du Mamoré à sa confluence avec l'Itenez est alors de $15,5 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$ en 1984 et de $16,5 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$ en 1985 soit une valeur moyenne de $16,0 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$.

Ces valeurs correspondent à des salinités moyennes annuelles respectives de $77,9 \text{ mg.l}^{-1}$ (109 US), $85,3 \text{ mg.l}^{-1}$ (119 US) et $82,5 \text{ mg.l}^{-1}$ (115 US).

2. LE BASSIN DU RIO ITENEZ DANS LA PLAINE AMAZONIENNE

2.1. Le Rio Itenez à Campamento More-Vuelta Grande

Le Rio Itenez à proximité de sa confluence a été observé en trois stations. Les conductivités ont été mesurées sur les eaux de Campamento More, situé à une trentaine de kilomètres en amont de la confluence avec le Mamoré, tandis que les débits ont été mesurés par jaugeages à Vuelta Grande situé une trentaine de kilomètres plus en amont, et les hauteurs d'eau lues à Principe da Beira (Brésil), à une trentaine de kilomètres en amont de Vuelta Grande.

2.1.1. Les salinités

La période sur laquelle les mesures journalières sont disponibles débute en novembre 1983 et s'achève en décembre 1985 (tableaux 50, fig. 41). Les lacunes mensuelles ont été estimées par interpolations. Il est à noter que ce bassin de plaine, qui comprend également de vastes zones inondées, présente un hydrogramme extrêmement régulier qui va de pair avec une variation des conductivités moyennes mensuelles également régulière, ce qui facilite l'interpolation.

Les conductivités moyennes mensuelles, observées, en l'état et opérationnelles, sont récapitulées dans les tableaux 51 et sur les figures 42.

RIO ITENEZ A CAMPAMENTO MORE

TABLEAU 50a CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1983

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1												61
2												
3												61
4												66
5												51
6												59
7												60
8												57
9												
10											56	59
11											53	57
12											54	58
13											53	59
14											59	59
15											52	58
16											50	60
17											50	60
18											51	48
19											52	
20											74	47
21											58	43
22											57	49
23											57	48
24											62	49
25											67	47
26											52	52
27											61	60
28											66	49
29											63	47
30											59	47
31												49
MOYENNE											57.5	54.4

RIO ITENEZ A CAMPAMENTO MORE

TABLEAU 50b CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1984

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1		32	29					34	30	51	50	76
2		32	27					33	31	43	57	71
3		32	27					32	32	54	56	56
4		32	26					33	38	44	52	64
5		32	26					32	38	43	59	64
6		32	27					30	37	43	62	68
7		33	25					30	39	44		61
8		32	25					29	39	46	58	66
9		31	25					30	41	44		61
10		32	27					31	40	44	54	66
11		31	26					32	39			64
12		30	25					34	39			59
13		30	25					31	40		57	70
14		29	24					31			52	
15		29	24					31	44	46	50	59
16		29	27					34	41			
17		31	26					32		43	49	72
18		29	30							44	59	72
19		32	27					33	42	50	61	62
20		30	27					31	42	47	71	52
21		29	27					32	30	49	67	51
22		30	28					36	42	51	63	65
23		28	28					31	45	46	70	
24		28	27					36		45	70	
25		27	27					30	40	47	53	
26		26	28					39	49	42	56	
27		28	26					41	48	47		
28		26	26					39	34	47	55	
29		26	26						37		64	
30			26					38	43	54	64	
31								42			64	
MOYENNE		29.9	26.5					33.4	39.1	46.4	58.8	63.9

TABLEAU 50 c

RIO ITENEZ A CAMPAMENTO MORE

CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1985

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	D	N	D
1	38	32	38	29							46	32
2	39	30	26							48		29
3	37		35	27							49	31
4	38	32	24								39	37
5	45		38	25		40					37	37
6	47		36	32		39					36	36
7	47	33	51			39					37	38
8	63			28		39					36	37
9	32		28	27		43					36	38
10	39	33	53			41					36	38
11	35	28	32	25		46					37	40
12	34		33	28							35	39
13	37		60			40					34	40
14	34	29	35	28		46					34	38
15	35	29	35	41		43					43	39
16	36		31	32		44					37	37
17	53		30	25		40					34	37
18	41	41	27	29		46					39	37
19	35	28	30								38	36
20	35		30	30		41					36	35
21	34	26		29		41					37	34
22	33	41	29	25		47					37	33
23	33	28	28	24		43	44				36	33
24	81	41	32	34		42	38				36	28
25	31	34	35	23		43				44	37	28
26		40		25		41	40			45	45	28
27		31	52	25			39				43	31
28	31	44	46	34		46				45	44	29
29	28		29	24		39				45	41	28
30	35			26		41				46	30	28
31	34		26							45		27
MOYENNE	39.3	33.3	35.1	28.1		42.2	40.2			45.4	38.1	34.1

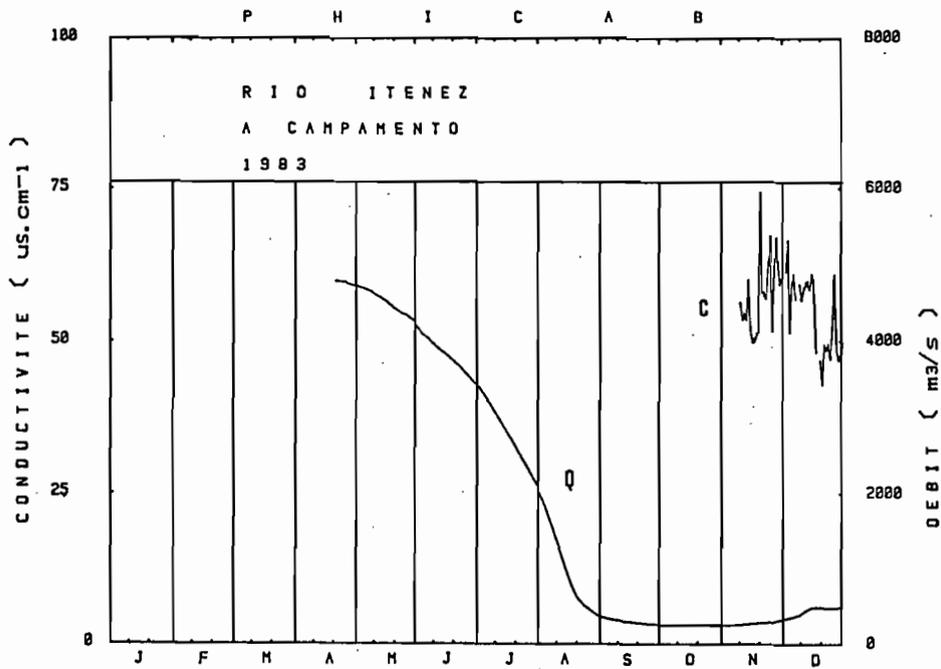


FIG.41a: CONDUCTIVITES ET DEBITS

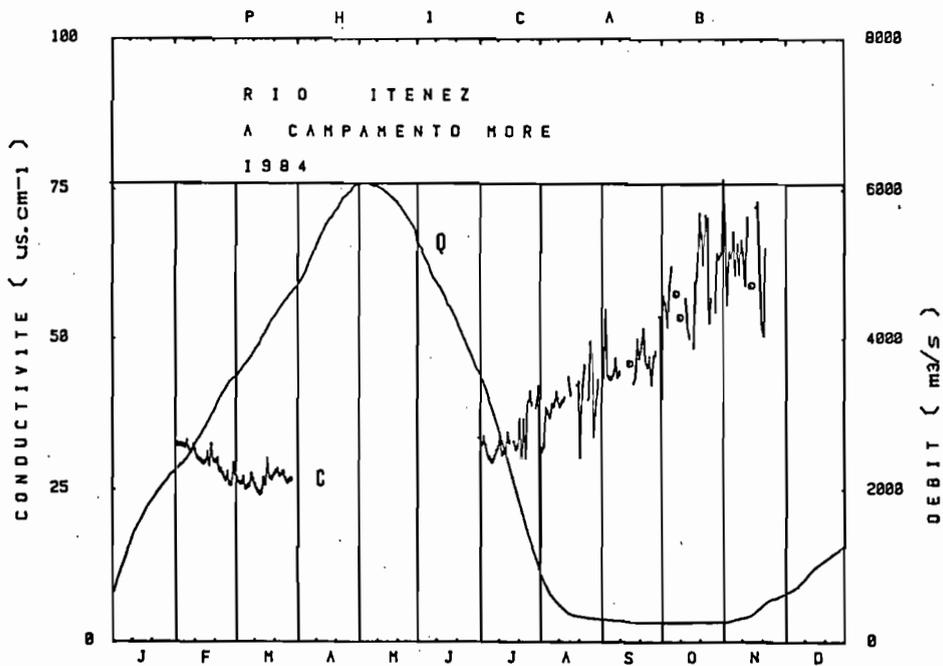


FIG.41b: CONDUCTIVITES ET DEBITS

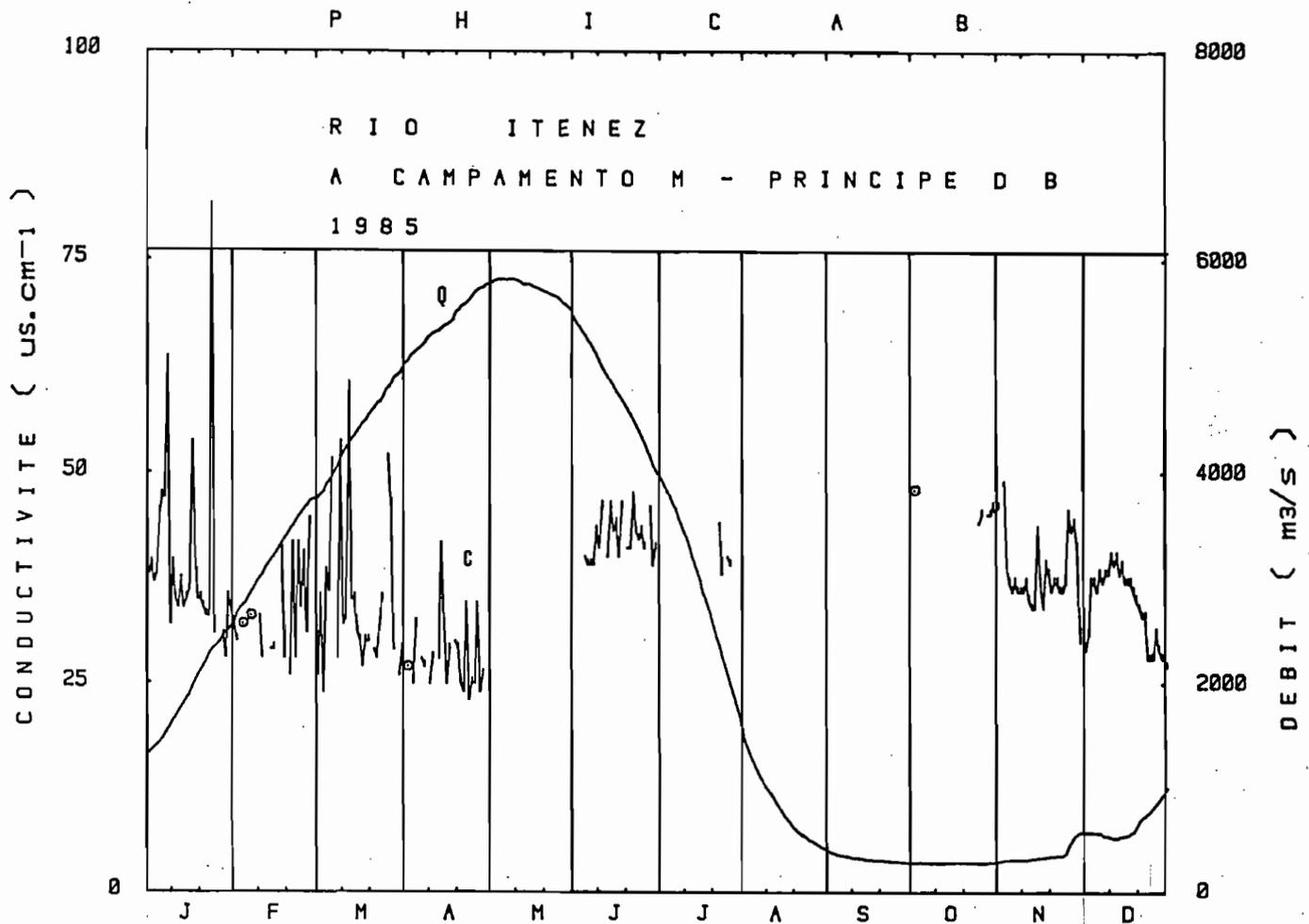


FIG.41c : C O N D U C T I V I T E S E T D E B I T S

TABLEAU 51a

RIO ITENEZ A CAMPAMENTO MORECONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (µS)
EN L'ETAT

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983											57.5	54.4
1984		29.9	26.5				33.4	39.1	46.4	58.8	63.9	
1985	39.3	33.3	35.1	28.1		42.2	40.3			45.4	38.1	34.1
MOYENNE	39.3	31.6	30.8	28.1		42.2	36.8	39.1	46.4	52.1	53.2	44.2

TABLEAU 51b

RIO ITENEZ A CAMPAMENTO MORECONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (µS)
OPERATIONNELLES

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983											57.4	54.4
1984	42.0	29.9	26.5	26.5	28.8	31.1	33.4	39.1	46.4	58.8	60.0	50.0
1985	39.3	33.3	35.1	28.1	35.2	42.2	40.2	42.0	44.0	45.4	38.1	34.1
MOYENNE	40.6	31.6	30.8	27.3	32.0	36.6	36.8	40.5	45.2	52.1	51.8	46.2

P H I C A B
 R I O I T E N E Z
 A C A M P A M E N T O M O R E

R I O I T E N E Z
 A C A M P A M E N T O M O R E

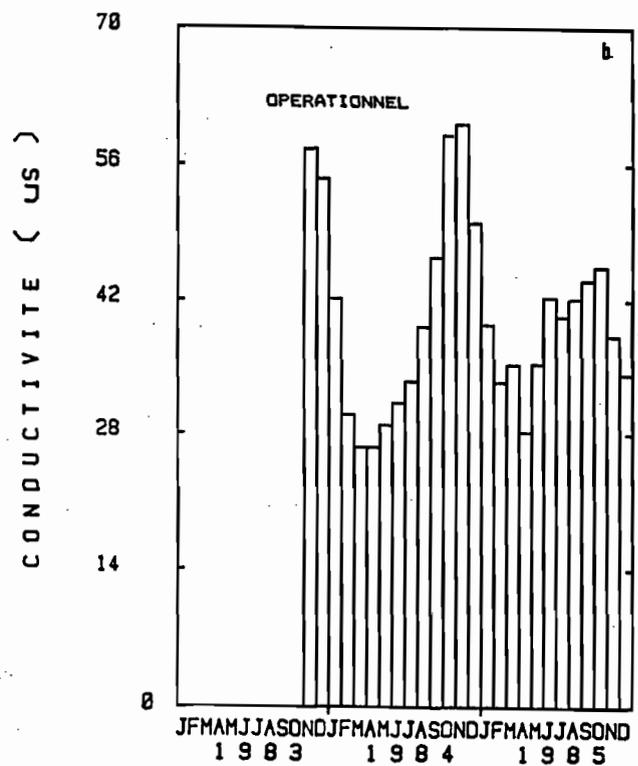
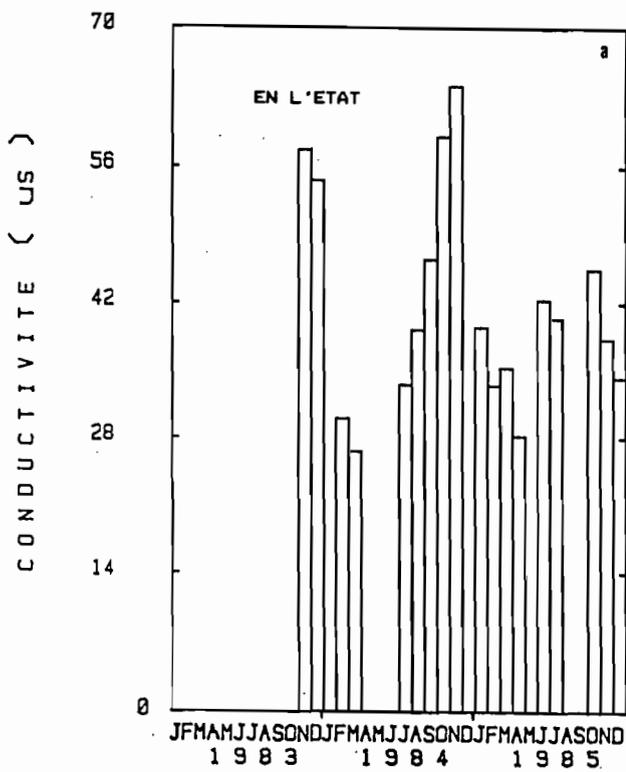


FIG. 42 : DISTRIBUTION DES CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES

Tableau 52a : Salinités et exportations mensuelles

RIO ITENEZ A CAMPAMENTO MORE-VUELTA GRANDE - ANNEE 1984

	J	F	M	A	M'	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$	1558	2816	4098	5468	5864	4498	2260	459	271	258	415	973	2405
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$	4172	6813	10975	14173	15706	11658	6053	1229	703	690	1075	2605	75853
COND. US	42	29,9	26,5	26,5	28,8	31,1	33,4	39,1	46,4	58,8	60	50	31,4
IONS $mg \cdot l^{-1}$	24,2	14,5	11,8	11,8	13,7	15,5	17,3	21,9	27,7	37,6	38,5	30,6	15,7
EXPOR. ION. $10^3 t$	101	99	130	167	215	181	105	27	19	26	41	80	1191

Tableau 52b : Salinités et exportations mensuelles

RIO ITENEZ A CAMPAMENTO MORE-VUELTA GRANDE - ANNEE 1985

	J	F	M	A	M'	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$	1924	3179	4401	5417	5720	4788	2837	819	327	287	367	681	2555
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$	5154	7689	11788	14041	15319	12410	7598	2193	849	769	950	1824	80584
COND. US	39,3	33,3	35,1	28,1	35,2	42,2	40,2	42	44	45,4	38,1	34,1	36,0
IONS $mg \cdot l^{-1}$	22,0	17,2	18,7	13,1	18,8	24,3	22,7	24,2	25,8	26,9	21,1	17,9	19,4
EXPOR. ION. $10^3 t$	113	132	220	184	288	302	172	53	22	21	20	33	1560

Les valeurs extrêmes journalières observées varient de 23 à 72 US (10 à 48 mg.l^{-1}), et les moyennes opérationnelles sont comprises entre 26 et 60 US (12 à 39 mg.l^{-1}).

La moyenne annuelle (pondérée mensuellement) est de 31,4 US soit $15,7 \text{ mg.l}^{-1}$ en 1984, et de 36,0 US, soit $19,4 \text{ mg.l}^{-1}$ en 1985. La moyenne de ces deux années est de 33,7 US, soit $17,6 \text{ mg.l}^{-1}$.

2.1.2. Les exportations hydriques

L'hydrogramme est fort régulier (fig. 41).

Les débits moyens mensuels sont présentés dans les tableaux 51 et sur la figure 42.

Les modules sont évalués à $2405 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, soit $75,9 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ en 1984 et $2555 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, soit $80,6 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ en 1985.

La moyenne des deux années est de $2477 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, soit $78,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$.

2.1.3. Les exportations ioniques

Les exportations ioniques mensuelles et annuelles de l'Itenez à Campamento More-Principe da Beira (tableaux 52 et 53) sont évaluées sur la base des résultats précédents.

Elles sont de $1,19 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$ en 1984 et de $1,56 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$ en 1985, avec une moyenne pour ces deux années de $1,38 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$.

Le tableau 53 récapitule l'ensemble de ces résultats, relatifs à l'Itenez à Campamento More-Principe da Beira.

Tableau 53 : Salinités et exportations annuelles.

ITENEZ à Campamento More Principe da Beira	Superficie km ²	HYDRIQUE							SALIN						
		Pluie mm	Evap. réelle mm	ÉCOULEMENT					Condi. pond. US	Salin. pond. mg.l ⁻¹	EXPORTATION				
				Écoulement mm	10 ⁹ m ³	‰	Module m ³ .s ⁻¹	Module sp. l.s ⁻¹ .km ⁻¹			Exp. sal. 10 ⁶ t.	Exp. sal. ‰	Mod. ion kg.s ⁻¹	Mod. ion. sp t.an ⁻¹ .km ⁻²	
PERIODE															
(bissextile) 1984	302000	-	-	251,3	75,9	100	2405	6,76	31,4	15,7	1,19	100	3 8	3,9	
1985	302000	-	-	266,8	80,6	100	2555	8,46	36,0	19,4	1,56	100	4 9	5,1	
84 + 85 : moyenne	302000	-	-	258,9	78,2	100	2477	8,20	33,7	17,6	1,38	100	4 4	4,5	

2.2. Le Rio Itenez à sa confluence avec le Mamoré

Le complément de superficie du bassin de l'Itenez entre Campamento More-Vuelta Grande est évalué à 1300 km², soit 0,4% par rapport à la superficie amont de 302 000 km².

Le complément d'apport correspondant peut être estimé par l'établissement d'un bilan hydrologique sommaire : pluie = 1640 mm, ETR = 1250 mm, d'où un écoulement de 390 mm, soit 0,5.10⁹ m³.an⁻¹.

En prenant en compte les résultats moyens obtenus pour les années 1984 et 1985 à Principe da Beira et Vuelta Grande, les exportations hydriques de la totalité du Rio Itenez à sa confluence avec le Mamoré seraient ainsi respectivement de 76,4.10⁹ m³.an⁻¹, soit 2416 m³.s⁻¹ et 81,1.10⁹ m³.an⁻¹, soit 2572 m³.s⁻¹. La moyenne de ces deux années est de 78,8.10⁹ m³.an⁻¹, soit 2494 m³.s⁻¹ (tableau 53).

Avec une salinité moyenne de 17,6 mg.l⁻¹ (33,7 US), qui est celle de l'Itenez à Campamento More, l'exportation ionique de ce bassin complémentaire est de 0,01.10⁹ t.an⁻¹.

L'exportation ionique totale de l'Itenez à sa confluence avec le Mamoré est de $1,2 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$ en 1984, et $1,6 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$ en 1985 (tableau 53), soit une moyenne sur ces deux années de $1,4 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$, avec une salinité de $17,6 \text{ mg.l}^{-1}$ (35 US). Ces valeurs sont inchangées par rapport à celles qui ont été évaluées à Vuelta Grande-Principe da Beira.

2.3. Synthèse sur les exportations des bassins du Mamoré et de l'Itenez à leur confluence

La somme des exportations, évaluées séparément pour le Mamoré et l'Itenez à leur confluence, fournit une valeur globale pour un bassin versant d'une superficie totale de $525\,350 \text{ km}^2$. En 1984 et 1985, l'exportation hydrique moyenne est de $275,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ et de $274,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, avec une moyenne de $274,9 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$. Ces valeurs annuelles, compte tenu des hydraulités comparées sur 15 ans à Guayaramirin, seraient respectivement de 15,6%, 15,1% et 15,3% supérieures à la moyenne de la période 1970-1985.

L'exportation ionique est de $16,7 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$ en 1984, et de $18,1 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$ en 1985, avec une moyenne de $17,4 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$ sur ces deux années.

3. LE BASSIN DU RIO MAMORE EN AVAL DE SA CONFLUENCE AVEC L'ITENEZ

3.1. LE RIO MAMORE A GUAYARAMERIN, D'APRES LA SOMME DES APPORTS AMONT

Entre sa confluence avec l'Itenez et la station de Guayaramerin, le Mamoré reçoit les apports, en rive droite de petits bassins brésiliens d'une superficie de $17\,970 \text{ km}^2$, en rive gauche de petits bassins boliviens d'une superficie de $3\,740 \text{ km}^2$, soit un total de $21\,710 \text{ km}^2$ représentant 4,1% par rapport à la superficie aval.

Un bilan hydrologique sommaire permet d'évaluer les apports de cet ensemble de bassins complémentaires : Pluie = 1700 mm, ETR = 1250 mm d'où un écoulement de 450 mm, soit $9,8 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \text{ an}^{-1}$, venant s'ajouter aux apports du Mamoré + Itenez à leur confluence.

L'apport hydrique moyen du Mamoré à Guayaramerin serait ainsi en 1984 et 1985 respectivement de 285,0 et $284,3 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \text{ an}^{-1}$, soit une moyenne de $284,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \text{ an}^{-1}$.

Avec une salinité de 20 mg.l^{-1} , l'apport ionique complémentaire est évalué à $2,0 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$.

L'apport ionique total du Mamoré à Guayaramerin serait ainsi, d'après ces sommes d'apports amont, de $18,7 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$ en 1984 et de $20,1 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$ en 1985 avec une moyenne de $19,4 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$, et des salinités moyennes respectives de $65,6 \text{ mg.l}^{-1}$, $70,7 \text{ mg.l}^{-1}$ et $68,1 \text{ mg.l}^{-1}$.

3.2. LE RIO MAMORE A GUAYARAMERIN, OBSERVE

3.2.1. Les salinités

Les conductivités prises en considération pour le Rio Mamoré couvrent la période d'avril 1983 à décembre 1985, avec une lacune de juin à septembre 1983 (tableaux 54, fig. 43).

Les valeurs journalières observées varient de 51 US (31 mg.l^{-1}) en mai-juin 1985, à 262 US (200 mg.l^{-1}) en octobre 1984.

Les valeurs moyennes mensuelles homogénéisées (tableaux 55, fig. 44) présentent un minimum de 56 US (35 mg.l^{-1}) en mai-juin 1985 et un maximum de 212 US (160 mg.l^{-1}) en octobre 1984. Les valeurs

RIO MAMORE A GUAYARAMERIN

TABLEAU 54 a CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1983

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1					68						178	111
2					67						176	135
3					69						132	110
4					62						125	107
5					62						127	106
6					62						126	101
7					73						126	107
8					64						126	104
9					63						138	100
10					65					120	137	100
11					65					120	141	
12					64					121	139	104
13					64						136	
14					63					121	135	99
15					63					125	136	97
16					63					122	138	99
17					62					164		105
18					62					157		109
19					65					157		99
20					63					157		106
21					63					159		108
22					63					156		113
23				63	68					154		111
24				63	66					152		
25				63								
26				60						157		112
27				62						159		118
28				63						158		125
29										155		118
30				63						185		123
31										179		141
MOYENNE				62.3	64.6					149.0	138.5	109.9

RIO MAMORE A GUAYARAMERIN

TABLEAU 54 b CONDUCTIVITES JOURNALIERES (µS)

PHICAB
ANNEE 1984

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	143	86	70	69	77		81	84	190	186	228	
2	139	86	69	69	78	80	84	84		232	228	
3	118	83	67	68	77		101	90		191	228	
4	117		67	95	77	81	79	88	210	188	217	
5	100	81	66	68	74		79	86		205	220	
6	103	81	69	68	77	78	92	86		223	194	
7	95	86	78	68	79	79	80	117		200	129	
8	88	83	69	69	78	82	80	112	197	183		
9	87	84	73	70		79	78	109	197	185		
10	83	77	36	68	81	80	73	124	195	190		
11	84	76	37	68	81	79	75	121	196	193		
12	80	75	73	70	83	79	75	111	210	262		
13	76	76	74	69	81	79	76	112		195		
14	78	74	81	69	82		77	120	210	195		
15	89	75	84	71	86	74	74	120	210	119	241	
16	88	74	74	70	83	85	75	147	210	237	119	
17	82	73	73			86	77	129	208	240	117	
18	82	72	72	71	84	86	76		210	240	118	
19	82	71	73		83	86	76	134	171	242	116	
20	83	73	84	72		71	79			187	117	
21	92	73	82	73	84	74	77			249		
22	92	71	71	72	85	79	76		170	229	115	
23	94	73	69		86	71	107		171	224	111	
24	90	72	69	72	85	73	108		170	234	122	
25	88	72	70	73	85	72			170	209	123	
26	89	69	72	72	86	72	109		170	261	129	
27	88	69	69	79	87	70	108		168	209	116	
28		67	67	73		71	107		194	186		
29	84	67	71	79			105		170	192	137	
30	83		70	74		76	112		170	262	134	
31	85		68				106					
MOYENNE	92.8	75.7	69.9	71.8	81.6	77.7	86.8	109.7	189.3	211.6	155.1	

TABLEAU 54 c

RIO MAMORE A GUAYARAMERIN

CONDUCTIVITES JOURNALIERES (uS)

PHICAB
ANNEE 1985

JOUR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	93	99	83	77		61		97	125	135		76
2	92	97	85	137	51	57		102	120	140		79
3	93	111	84	76	56	58	89	102	126			77
4	94	105	78	80	55	58	90	116	124	138		
5	95	100	81	73	57		76	102		136	142	114
6	96	121	84	73	54	56		104	127	147	152	114
7	97	101	87	75	54	56	75	104		150	145	114
8		94	79	87	54	58	74	103	154	147		116
9	96	108	80	71	55	61	73	103		143	131	113
10	94	111	83	81	52	60	71	100	149	141	130	118
11	93	98	77		53		72	110	157	146	129	118
12	93	122	79	76	52		73	104	148	128	129	116
13	92	105	76		52		73	110	162		131	118
14	94	101	77	76	53		71	101	171	138	91	116
15	93	93	77	73	55		75	106	197	145	95	118
16	103	102	83	83	53		76	102	168	164	93	
17	98	95	81	74	56		71	99	169	173	91	147
18	99	94	82	73	56		70	100	159		88	136
19	97	95	77	74	55		70	102	172		88	138
20		86	76	73	57		71	103	164	183	89	113
21		86	77	75	57	51	74	107	160	170	88	115
22	128	89	79	74	56	53	76	108	168	141	98	114
23	103	86	76	69	59	55	76	85	179	144	99	
24	100	85	77	70	64	52	75	110	168	156	99	83
25	103	154	75	71	61		76	74	165	164	110	80
26	97	96	86	69	62	54	75	109	146	168	109	81
27	111	92			62	56	75	114	165	167	110	81
28	96	90	74		57	58	75	124	200	170	110	80
29	114		73		60	57	75	125	151	168	75	80
30	104		74		69	59	74	123	149	170	75	80
31	103		76				76					79
MOYENNE	99.0	100.6	79.2	77.5	56.4	56.7	74.9	105.0	157.1	152.8	107.9	104.1

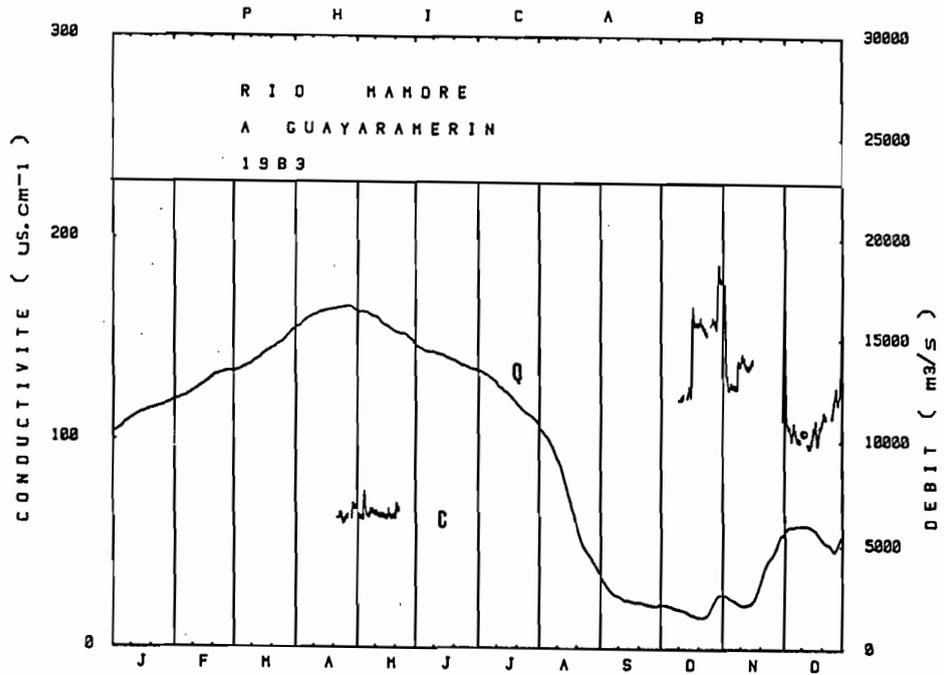


FIG.43a: CONDUCTIVITES ET DEBITS

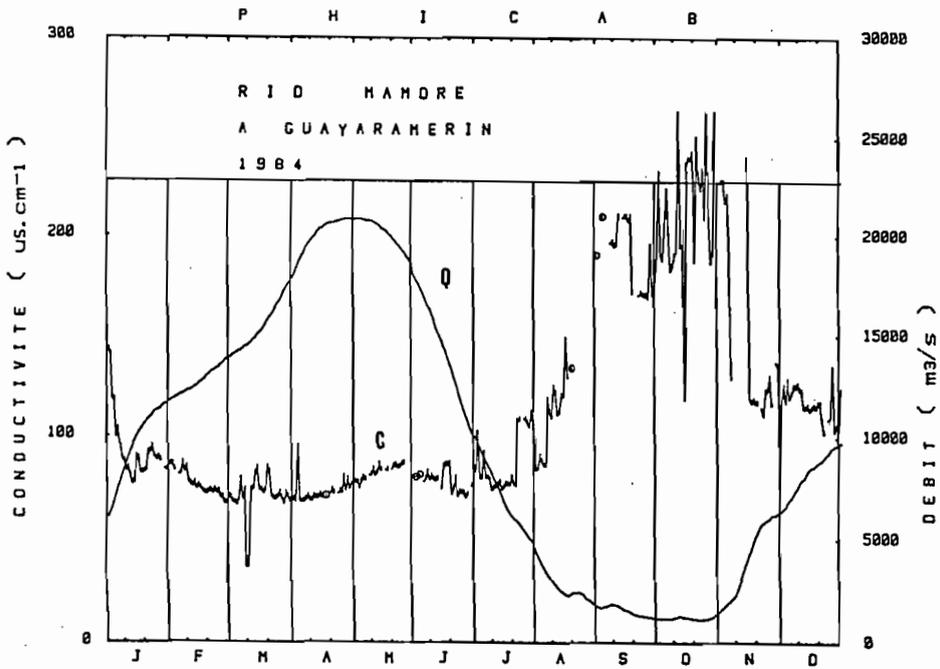


FIG.43b: CONDUCTIVITES ET DEBITS

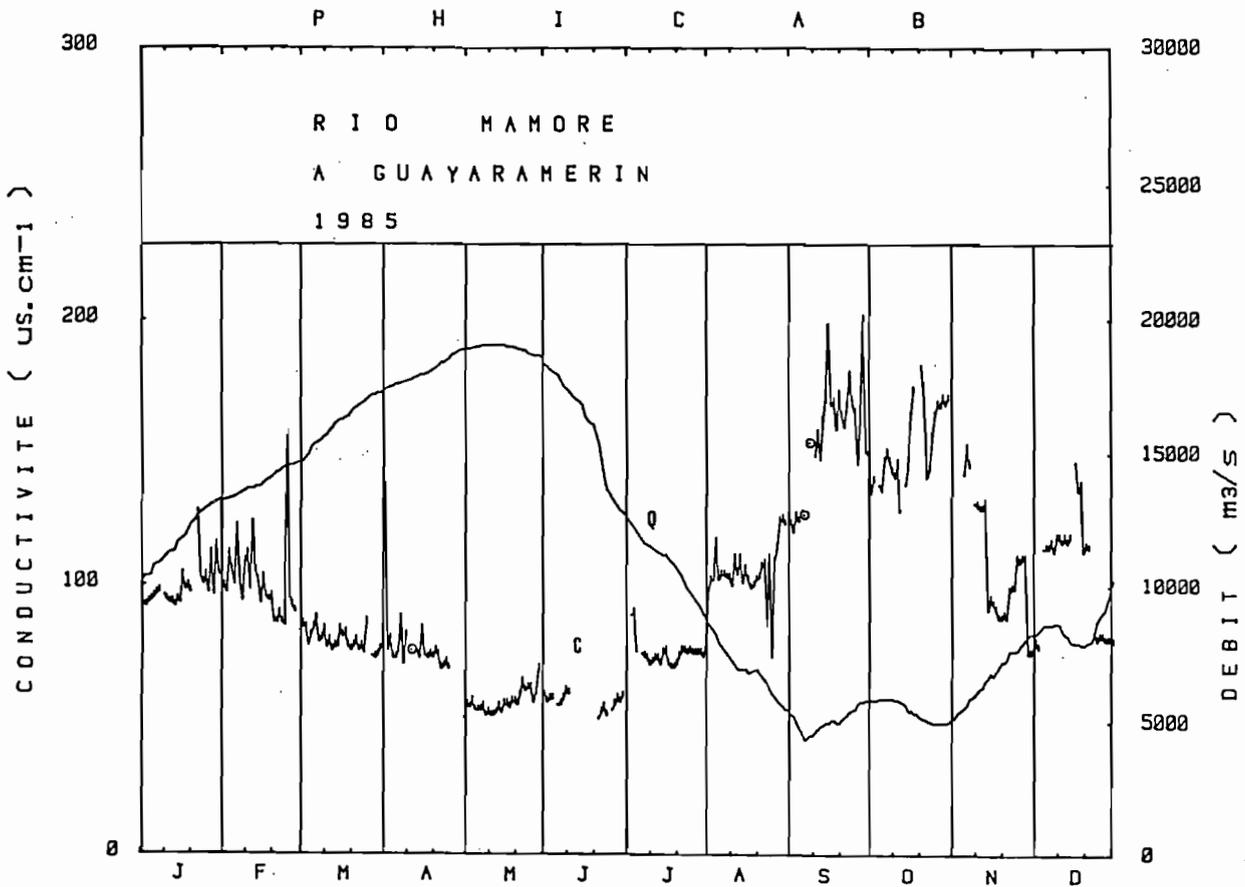


FIG.43c : C O N D U C T I V I T E S E T D E B I T S

TABLEAU 55a

RIO MAMORE A GUAYARAMERINCONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (uS)
EN L'ETAT

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983				62.3	64.6					149.0	138.5	109.9
1984	92.8	75.7	69.9	71.8	81.6	77.7	86.8	109.7	189.3	211.6	155.1	
1985	99.0	100.6	79.2	77.5	56.4	56.7	74.9	105.0	157.1	152.8	107.9	104.1
MOYENNE	95.9	88.2	74.6	70.5	67.5	67.2	80.9	107.3	173.2	171.1	133.8	107.0

TABLEAU 55b

RIO MAMORE A GUAYARAMERINCONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES (uS)
OPERATIONNELLES

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1983				62.5	65.8					139.8	132.8	109.5
1984	92.5	75.9	69.9	71.7	81.9	77.8	87.4	130.6	190.9	212.1	141.6	115.6
1985	99.7	100.6	79.2	75.3	56.6	56.2	74.8	105.6	155.4	153.7	115.0	104.5
MOYENNE	96.1	88.3	74.6	69.8	68.1	67.0	81.1	118.1	173.1	168.5	129.8	109.9

P H I C A B
 R I O M A M O R E
 A G U A Y A R A M E R I N

R I O M A M O R E
 A G U A Y A R A M E R I N

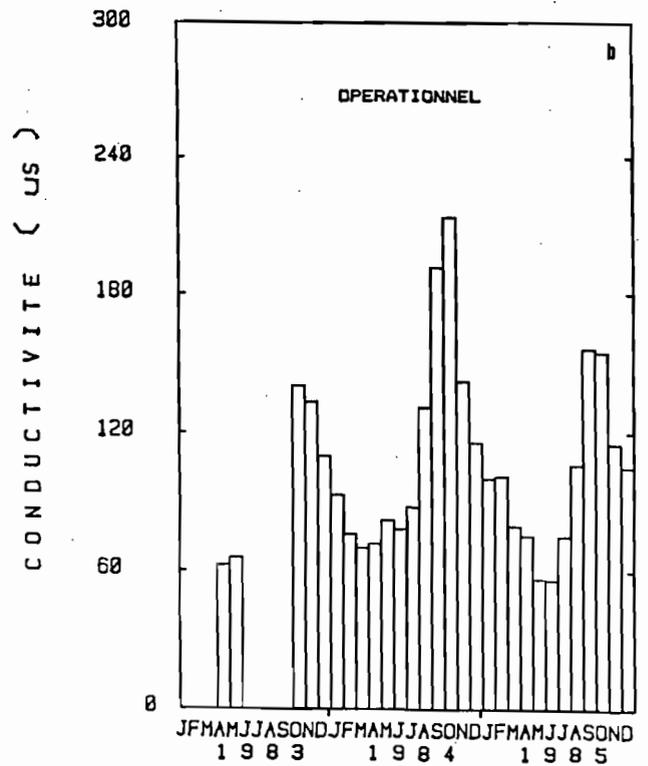
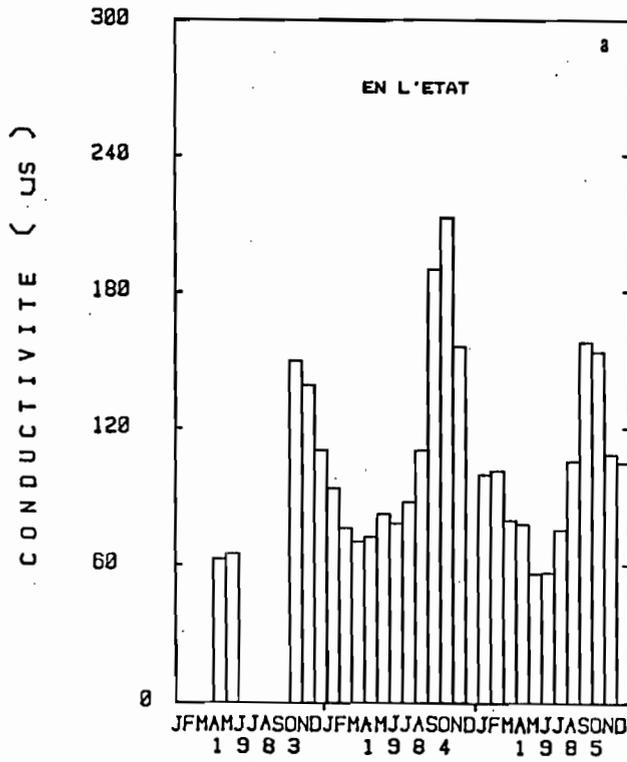


FIG.44 : DISTRIBUTION DES CONDUCTIVITES MOYENNES MENSUELLES

minimums correspondent à la période de pointe de crue et au début de la décrue. En 1984 les valeurs minimums mensuelles sont observées en fin de montée des eaux, jusqu'à la pointe de crue.

Les valeurs maximums correspondent à la fin de l'étiage, en octobre 1984 et en septembre-octobre 1985.

Les moyennes mensuelles de ces salinités, pondérées par les débits moyens mensuels, permettent de calculer une salinité moyenne annuelle pondérée de $60,0 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 87,1 US en 1984 et $56,1 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 82,2 US en 1985. La pondération effectuée sur deux ans fournit une salinité de $58,1 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 84,6 US.

3.2.2. Les exportations hydriques

La station de Guajara-Mirin, au Brésil, située en face de celles installée par le PHICAB en Bolivie à Guayaramerin, fournit une série de débits journaliers observés depuis septembre 1970 jusqu'à décembre 1984. Les débits de l'année 1985 ont été obtenus à partir des observations limnimétriques de la station PHICAB, auxquelles a été appliqué l'étalonnage de Guajara-Mirin, conformément aux correspondances d'échelles des deux stations. Les débits journaliers sont ainsi disponibles sur 15 ans et demi, de septembre 1970 à décembre 1985.

A titre d'exemple d'utilisation d'un logiciel élaboré dans le cadre de cette étude, le tableau 56 indique les débits moyens journaliers et leurs moyennes mensuelles sur la période 1971-1985. La figure 45 montre le tracé de l'hydrogramme moyen (courbe épaisse) et les hydrogrammes année par année. Un autre logiciel a été conçu pour établir le tableau 57 des débits moyens mensuels, année par année, de 1970 à 1985 et leur moyenne pluriannuelle.

TABLEAU 56

RIO MAMORE A GUAJARAMIRIN

DEBITS JOURNALIERS (m³.s⁻¹)

PHICAB

MOYENNE 1971-1985

JOUR	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	7538	10671	12837	14842	16021	13569	8827	4500	2395	2036	2629	4888
2	7639	10756	12907	14907	16016	13439	8679	4378	2360	2047	2674	4991
3	7703	10842	12976	14982	16002	13298	8548	4252	2320	2059	2704	5090
4	7785	10918	13042	15041	15989	13168	8386	4138	2300	2072	2742	5195
5	7879	10995	13120	15116	15982	13016	8244	4022	2317	2091	2799	5280
6	7953	11064	13193	15182	15953	12883	8064	3917	2334	2106	2860	5358
7	8066	11134	13254	15251	15915	12738	7889	3802	2343	2107	2930	5438
8	8168	11209	13320	15305	15861	12585	7727	3703	2323	2113	2987	5515
9	8270	11280	13386	15348	15831	12437	7586	3606	2296	2143	3074	5602
10	8390	11345	13446	15407	15765	12304	7426	3516	2267	2165	3176	5696
11	8500	11410	13510	15460	15698	12174	7265	3442	2248	2192	3275	5771
12	8596	11473	13583	15511	15639	12026	7123	3354	2227	2224	3356	5875
13	8691	11548	13623	15556	15580	11891	6966	3275	2201	2250	3461	5986
14	8819	11611	13669	15599	15506	11752	6809	3205	2188	2264	3525	6074
15	8928	11680	13715	15627	15402	11615	6664	3138	2163	2276	3603	6156
16	9039	11744	13762	15670	15336	11436	6502	3057	2143	2315	3660	6235
17	9145	11827	13824	15720	15271	11272	6353	3013	2111	2344	3731	6308
18	9283	11915	13889	15754	15138	11108	6209	2964	2074	2367	3819	6375
19	9411	11996	13972	15800	15037	10950	6073	2916	2035	2402	3925	6432
20	9505	12091	14036	15861	14932	10750	5938	2875	2008	2421	4034	6497
21	9622	12177	14101	15889	14840	10565	5797	2846	1976	2427	4116	6576
22	9718	12260	14164	15918	14739	10315	5678	2810	1944	2439	4190	6687
23	9821	12336	14258	15947	14634	10102	5547	2764	1928	2447	4282	6794
24	9905	12404	14320	15970	14531	9916	5426	2726	1926	2447	4374	6931
25	9994	12472	14396	15993	14429	9755	5324	2677	1929	2461	4430	7035
26	10077	12565	14465	15999	14317	9603	5222	2643	1948	2484	4480	7162
27	10194	12660	14527	16017	14191	9469	5113	2603	1970	2520	4583	7317
28	10311	12734	14606	16009	14082	9300	4993	2569	1989	2547	4648	7456
29	10400	23367	14664	16010	13951	9113	4866	2526	2008	2573	4728	7579
30	10499		14725	16017	13813	8966	4732	2482	2026	2601	4809	7708
31	10589		14781		13701		4615	2439		2618		7834
MOYENNE	9046.3	12085.7	13808.7	15590.3	15164.6	11383.8	6599.8	3231.0	2143.2	2308.3	3653.5	6252.9

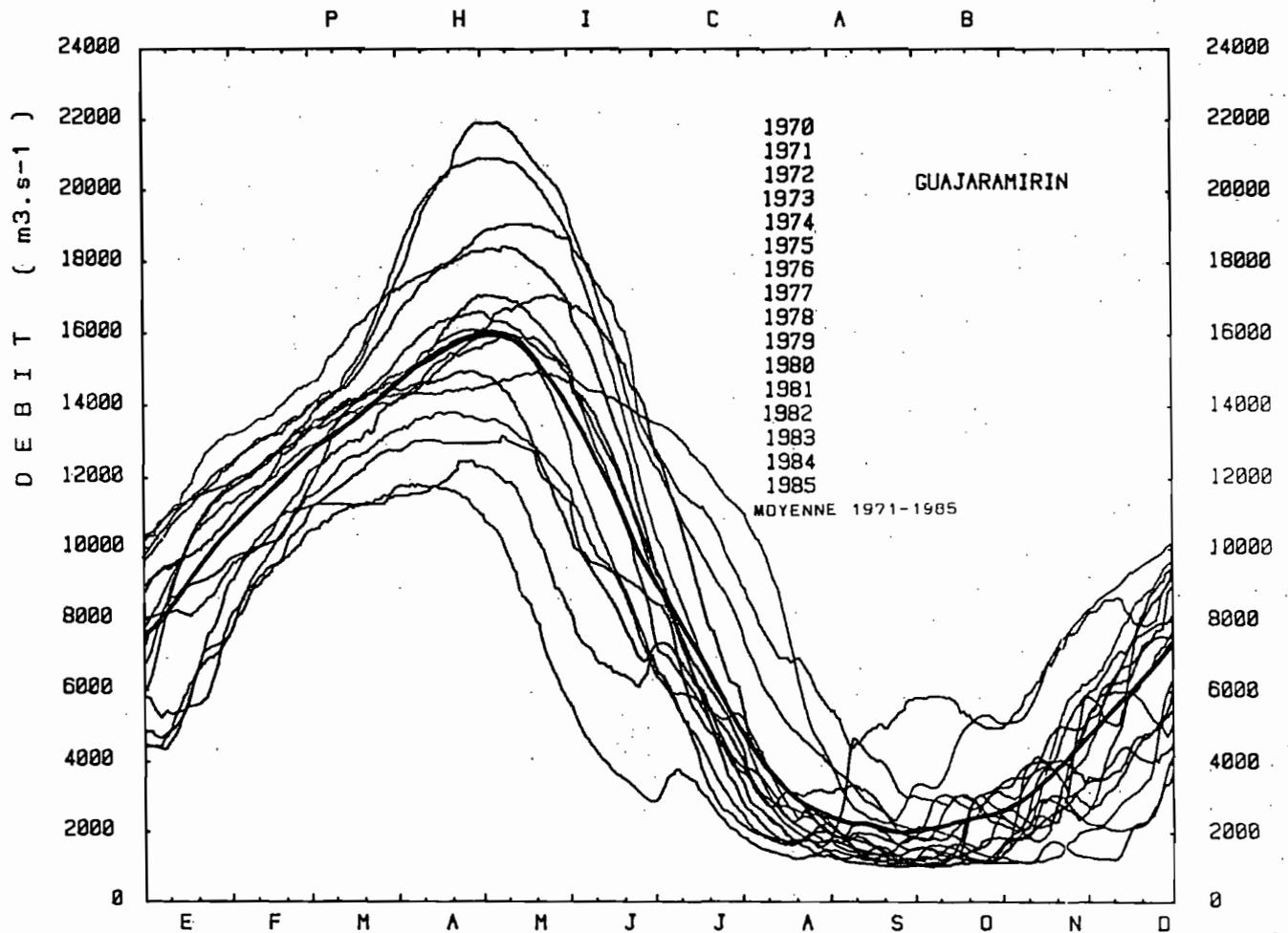


Fig. 45 : Hydrogrammes observés à Guayaramerin de 1970 à 1985 et hydrogramme moyen de cette période

TABLEAU 57

RIO MAMORE A GUAJARA-MIRIN

DEBITS MOYENS MENSUELS (m3.s-1)
EN L'ETAT

PHICAB

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970								1817.9	1098.5	1138.9	1395.6	2345.4
1971	5946.0	9341.2	11229.0	11516.0	7868.2	3763.2	2867.3	1398.5	1212.6	1451.2	2528.0	4561.0
1972	5965.4	9658.0	11303.0	11995.0	10266.0	6711.3	3849.9	1818.6	3620.6	2752.6	3124.8	6313.2
1973	8817.4	10327.0	12144.0	12986.0	12357.0	9334.6	5499.4	2779.6	1944.7	2064.6	3602.0	7087.7
1974	9869.5	12217.0	14234.0	16063.0	16218.0	11190.0	5272.6	2573.0	1413.5	1161.9	3323.8	4470.4
1975	8249.7	10559.0	12610.0	13666.0	12747.0	8964.4	5595.3	3185.1	1722.0	2533.2	2757.9	6836.8
1976	10000.0	12679.0	14199.0	15716.0	14888.0	9405.9	4191.1	1920.1	1381.1	1287.5	2446.3	3834.2
1977	9694.2	12066.0	13817.0	14388.0	14759.0	12189.0	5966.4	2781.5	1850.6	2862.1	4469.4	7409.2
1978	10224.0	12517.0	14082.0	14736.0	12728.0	8312.3	5530.0	1997.1	1289.4	1463.1	2561.4	6989.7
1979	11072.0	13194.0	15112.0	17756.0	17806.0	13313.0	6366.7	2344.0	1386.4	1411.7	1452.0	2661.0
1980	5836.7	10005.0	13639.0	15137.0	16820.0	15298.0	8535.6	3495.0	2710.0	2346.6	3645.5	4182.0
1981	6220.6	10585.0	13212.0	15150.0	15559.0	12114.0	5593.2	2000.3	1500.2	2272.8	4403.0	7578.1
1982	11182.0	13143.0	15627.0	20422.0	20877.0	15656.0	9819.5	5283.7	2998.4	4410.5	6581.0	9373.3
1983	11237.0	12650.0	14247.0	16244.0	15662.0	14104.0	12227.0	7288.7	2489.3	1957.8	3134.5	5601.2
1984	9588.3	12651.0	15480.0	20054.0	20027.0	14410.0	6937.9	2718.8	1548.3	1226.6	4044.0	8347.4
1985	11791.0	13846.0	16195.0	18029.0	18885.0	15992.0	10745.0	6881.6	5082.3	5422.8	6730.1	8549.4
MOYENNE	9046.3	12085.7	13808.7	15590.3	15164.6	11383.8	6599.8	3142.7	2078.0	2235.2	3512.5	6008.7

Les volumes exportés varient de 166,5 à $355,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, correspondant à des modules de 5280 à $11270 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. L'exportation hydrique moyenne de la période interannuelle 1970-1985 est de $259,6 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, soit $8225 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Sur la période 1970-1982 ces valeurs sont de $248,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, soit $7880 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Les exportations hydriques des années 1983 à 1985 (tableaux 58, fig. 43), de $306,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1} \pm 1\%$, apparaissent fortes, précédées en outre de l'année 1982, pour laquelle est observée la valeur la plus élevée : $355,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$.

Les exportations des années 1984 et 1985 sont respectivement de 307,8 et $305,8 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, soit 9734 et $9697 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. La moyenne interannuelle, sur la période 1970-1985, est de 15,6% inférieure à la valeur de l'année 1984 et de 15,1% inférieure à celle de 1985. Sur la période 1970-1982, ces pourcentages sont respectivement -19,2% et -18,7%.

3.2.2. Les exportations ioniques

Sur la base des précédents résultats, les exportations salines du Mamoré à Guayaramerin sont évaluées pour les années 1984 et 1985, à $18,5 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$ et $17,2 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$, avec une moyenne de $17,8 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$ (tableaux 58).

Le tableau 59 récapitule l'ensemble des principaux résultats relatifs au Rio Mamoré à Guayaramerin.

Sur la période pluriannuelle de 1970 à 1985, en adoptant une salinité moyenne de $58 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (soit 85 US) et un volume d'eau exporté de $260 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, on calcule une exportation moyenne pluriannuelle

Tableau 58a : Salinités et exportations mensuelles

RIO MAMORE A GUAYARAMERIN - ANNEE 1983

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$	11238	12651	14247	16244	15662	14105	12227	7289	2489	1958	3135	5601	9721
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$	30100	30605	38160	42105	41949	36560	32750	19522	6452	5244	8125	15002	306 573
COND. US				- 62,5	65,8					139,8	132,8	109,5	
IONS $mg \cdot l^{-1}$				- 40,4	43,1					102,1	96,5	77,9	
EXPOR. ION. $10^3 t$				- 1701	1808					535	784	1169	

Tableau 58b : Salinités et exportations mensuelles

RIO MAMORE A GUAYARAMERIN - ANNEE 1984

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$	9588	12652	15481	20054	20027	14411	6938	2719	1548	1227	4044	8347	9734
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$	25681	31700	41464	51980	53641	37353	18582	7282	4013	3285	10482	22358	307 822
COND. US	92,5	75,9	69,9	71,6	81,9	77,8	87,3	130,6	190,9	212,1	141,6	115,6	87,1
IONS $mg \cdot l^{-1}$	64,4	51,1	46,3	47,7	55,9	52,6	60,2	94,7	142,8	159,7	103,5	82,8	60,0
EXPOR. ION. $10^3 t$	1654	1620	1920	2480	2999	1965	1119	690	573	525	1085	1851	18481

Tableau 58c : Salinités et exportations mensuelles

RIO MAMORE A GUAYARAMERIN - ANNEE 1985

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
DEBIT $m^3 \cdot s^{-1}$	11026	13006	15272	17042	17882	15075	10017	4653	2319	2517	3320	4523	9 721
EXPOR. HYD. $10^6 m^3$	29531	31464	40906	44173	47895	39073	26829	12462	6011	6743	8606	12113	305 806
COND. US	99,7	100,6	79,2	75,3	56,6	56,2	74,8	105,6	155,4	153,7	115,0	104,5	82,2
IONS $mg \cdot l^{-1}$	70,1	70,8	53,8	50,6	35,7	35,4	50,2	74,8	114,5	113,1	82,3	73,9	56,1
EXPOR. ION. $10^3 t$	2070	2228	2201	2235	1710	1383	1347	932	688	763	708	895	17160

de $15,1 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$. Sur la période 1970 à 1982, l'exportation est estimée à $14,5 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$.

Tableau 59 : Salinités et exportations annuelles.

MAMORE à GUAYARAMERIN	Superficie km ²	HYDRIQUE							SALIN					
		Pluie mm	Evap. réelle mm	ECOULEMENT				Cond. pond. US	Salin. pond. mg.l ⁻¹	EXPORTATION				
				Ecoulement mm	10 ⁶ m ³	‰	Module m ³ .s ⁻¹			Module sp. l.s ⁻¹ .km ⁻¹	Exp. sal. 10 ⁶ t.	Exp. sal. ‰	Mod. ion kg.s ⁻¹	Mod. ion.sp. t.en ⁻¹ .km ⁻²
PERIODE														
(bissextile) 1984	547060	-	-	562,6	307,8	100	9734	17,8	87,1	60,0	18,5	100	58 5	33,8
1985	547060	-	-	558,9	305,8	100	9697	17,7	82,2	56,1	17,2	100	54 5	31,4
84 + 85 : moyenne	547060	-	-	560,8	306,8	100	9716	17,8	84,6	58,1	17,8	100	56 4	32,5
INTERANNUELLE : 70-82	547060	-	-	454,6	248,7	100	7880	14,4	84,6	58,1	14,5	100	45 9	26,5
70-85	547060	-	-	467,7	259,6	100	8225	15,0	84,6	58,1	15,1	100	47 8	27,6

3.3. LE RIO MAMORE A GUAYARAMERIN. COMPARAISON ENTRE LA SOMME DES APPORTS AMONT ET LES APPORTS MESURES A LA STATION

Les valeurs suivantes représentent d'une part la somme des apports amont et d'autre part les apports mesurés à la station elle-même, conformément aux résultats obtenus aux paragraphes précédents 3.1. et 3.2.

Période	EXPORTATION HYDRIQUE			EXPORTATION IONIQUE			SALINITE		
	Somme (1)	Mesuré (2)	1/2	Somme (1)	Mesuré (2)	1/2	Somme (1)	Mesuré (2)	1/2
1984	285	307,8	0,926	18,7	18,5	1,01	65,6	60,0	1,09
1985	284,3	305,8	0,930	20,1	17,2	1,20	70,7	56,1	1,26
Moyenne	284,7	306,8	0,928	19,4	17,8	1,09	68,1	58,1	1,17

La somme des exportations hydriques est inférieure de 7% à la même valeur mesurée.

La somme des exportations ioniques est supérieure de 1% en 1984 et de 20% en 1985 aux mêmes valeurs mesurées. Ces derniers écarts sont dus essentiellement à ceux des valeurs de salinité moyenne : les mélanges des salinités amont présentent des valeurs supérieures de 9% en 1984 et de 26% en 1985 par rapport à celles qui ont été mesurées à Guayaramerin.

On retiendra pour le Mamoré à Guayaramerin les valeurs qui y ont été mesurées.

3.4. LES BASSINS DU MAMORE EN AVAL DE GUAYARAMERIN : LE RIO YATA ET LES AFFLUENTS BRESILIENS

Entre Guayaramerin et le début du Rio Madera à Villa Bella, où conflue le Rio Beni, le Rio Mamoré reçoit le Rio Yata dont le bassin versant couvre $17\,870\text{ km}^2$, des petits affluents boliviens dont le bassin est évalué à 200 km^2 , et quelques petits affluents brésiliens en rive droite, correspondant à un bassin de $2\,700\text{ km}^2$.

Ces bassins représentent un complément de superficie de 20770 kilomètres carrés, soit 3,9% par rapport aux $530\,000\text{ km}^2$ du bassin du Mamoré à Guayaramerin, et 6,7% par rapport aux $308\,370\text{ km}^2$ du bassin de l'Itenez.

L'apport complémentaire de ces bassins peut être évalué par un bilan hydrique sommaire : Pluie = 1690 mm, ETR = 1350 mm, d'où un écoulement de 340 mm, soit $7,0 \cdot 10^9\text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$.

En adoptant une salinité moyenne de $20\text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (37 US), comme

pour les bassins complémentaires adjacents pris en considération dans les paragraphes précédents, l'apport ionique complémentaire au Mamoré est estimé à $0,14 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$.

3.5. LE RIO MAMORE A SA CONFLUENCE AVEC LE RIO BENI

La somme des résultats précédemment obtenus aux paragraphes 3.2. et 3.4., permet d'évaluer les valeurs des apports hydriques et ioniques du Rio Mamoré au Rio Madera, à Villa Bella, lieu de confluence avec le Rio Beni où débute le Rio Madera. Le bassin versant drainé couvre $567\,830 \text{ km}^2$.

Les exportations hydriques sont estimées à $314,8 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, soit $9955 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en 1984 et $312,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, soit $9920 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en 1985, avec une moyenne de $313,8 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, soit $9937 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

La moyenne de la période 1970 à 1985 est évaluée à $266,6 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ soit un module de $8450 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Sur la période 1970-1982, ces valeurs sont de $255,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ et $8105 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Les exportations ioniques sont estimées à $18,6 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$ en 1984 et $17,3 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$ en 1985, avec une moyenne de $18,0 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$ pour ces deux années.

Ces valeurs équivalent respectivement à des salinités moyennes annuelles de $59,0 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 85,7 US; $55,3 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 81,0 US; $57,2 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 83,4 US.

En adoptant cette salinité moyenne de $57,2 \text{ mg.l}^{-1}$ (83,4 US), est évaluée une exportation ionique moyenne de $15,2 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$ sur la période 1970-1985, et de $14,6 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$ sur la période 1970-1982.

LES SALINITES GLOBALES ET LES EXPORTATIONS

HYDRIQUES ET SALINES

DU SYSTEME DU HAUT MADERA

1. LE BASSIN DU RIO MADERA A LA CONFLUENCE DES RIOS BENI ET MAMORÉ

Les apports hydriques et salins au Rio Madera à Villa Bella équivalent à la somme de ceux du Rio Beni et du Rio Mamoré évalués à leur confluence (tableau 60).

Les périodes les plus longues sur lesquelles ont porté ces estimations sont 1968-1982 pour le Rio Beni, et 1970-1982 ou 1970-1985 pour le Rio Mamoré.

Le volume moyen interannuel écoulé dans le Rio Madera est ainsi de $536.10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, soit un module de $17000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, dont 52,3% sont assurés par le Rio Beni et 47,7% par le Rio Mamoré. Ce débit équivaut à une lame écoulée de 630 mm sur les 850 000 km^2 du bassin versant, ou encore à un module spécifique de $20 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} / \text{km}^2$.

La salinité moyenne est de $86 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, avec $88 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ pour le Rio Beni et $83 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ pour le Rio Mamoré.

L'exportation ionique est de 32 millions de tonnes par an, dont 54% sont assurés par le Rio Beni et 46% par le Rio Mamoré. Cette valeur représente un débit d'ions en solution de $1 \text{ t} \cdot \text{s}^{-1}$ et une exportation spécifique de 32 tonnes d'ions par an et kilomètre carré.

2. CONTRIBUTIONS DES SOUS-BASSINS AUX EXPORTATIONS HYDRIQUES ET SALINES DU HAUT MADERA

Seule la contribution des Andes boliviennes à l'alimentation du Rio Madera peut être individualisée (tableau 61). Elle représente $132.10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$, soit un module de $4170 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, correspondant à un module spécifique de $26 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} / \text{km}^2$ ou une lame écoulée de 810 mm. Cet apport représente 25% du débit total du Madera à Villa Bella. A cet écoulement

Tableau 60 : Salinités et exportations hydriques et ioniques moyennes pluriannuelles.

ENSEMBLE DU HAUT BASSIN DU RIO MADERA		Superficie Km ²	HYDRIQUE						SALIN						
			ÉCOULEMENT						EXPORTATION						
			Écoulement mm	10 ⁹ m ³	%	%	Module m ³ .s ⁻¹	Module sp. l.s ⁻¹ .km ⁻¹	Cond.pond. US	Salin.pond. mg.l ⁻¹	Exp. sal. 10 ⁶ t.	%	%	Mod. ion kg.s ⁻¹	Mod. ion. sp. t.en ⁻¹ .km ⁻²
PERIODE 1968/70-82															
Beni	Andes	73670	980	72,2	13,5	25,7	2228	31,1	102	72	5,2	16,4	30,4	165	71
Beni	Plaine	48710	626	30,5	5,7	10,9	966	19,8	79	53	1,6	5,0	9,4	52	33
Beni	s/total	122380	839	102,9	19,2	36,7	3261	26,6	95	66	6,8	21,5	39,8	217	56
Madre de Dios	total	125000	1242	155,1	28,9	55,3	4915	39,6	68,8	45,5	7,1	22,3	41,3	224	57
Orthon	total	32360	482	15,6	2,9	5,6	494	15,3	41,2	23,4	0,37	1,2	2,2	11,6	11,3
Beni s.l.	total	283350	990	280,4	52,3	100	8885	31,5	88,1	60,9	17,1	53,9	100	542	60,3
Grande	Andes	59840	137	8,3	1,5	3,2	264	4,4	595	464	3,9	12,3	26,7	123	65
Bassins orientaux	Andes	29000	1767	51,0	9,5	19,9	1617	55,7	106	75	3,8	12,0	26,0	121	132
Andes	s/total	88840	668	59,3	11,1	23,2	1880	21,2	175	130	7,7	24,3	52,7	244	87
Mamoré	Plaine	133230	747	99,6	18,6	39,0	3155	23,7	80	54,2	5,4	17,0	37,0	171	40
Mamoré	s/total	222070	716	158,9	29,6	62,1	5033	22,7	115	82,5	13,1	41,3	89,7	415	59
Itenez	total	303280	211	63,9	11,9	25,0	2021	6,7	34	17,6	1,1	3,5	7,5	35,3	2,8
Mamoré	Guayaramerin	547060	455	248,7	46,5	97,4	7880	14,4	84,6	58,1	14,5	45,7	99,3	459	26,5
Yata + BV. Brésil		20770	340	7,0	1,3	2,7	222	10,7	37	20	0,14	0,4	0,9	4,4	6,7
Mamoré	total	567830	450	255,7	47,7	100	8105	14,3	83,4	57,2	14,6	46,1	100	463	25,7
Madera	Naissance	851180	630	536	100	-	17000	20	86	59	31,7	100	-	1005	37

Tableau 61 : Salinités et exportations hydriques et ioniques moyennes pluriannuelles.

ANDES AMAZONIENNES EN BOLIVIE		Superficie Km ²	HYDRIQUE						SALIN						
			Pluie mm	Evap.réelle mm	ÉCOULEMENT				Cond.pond. US	Salin.pond. mg.l ⁻¹	EXPORTATION				
					Écoulement mm	10 ⁹ m ³	%	Module m ³ .s ⁻¹			Module sp. l.s ⁻¹ .km ⁻¹	Exp. sal. 10 ⁶ t.	Exp. sal. %	Mod. ion kg.s ⁻¹	Mod. ion. sp. t.en ⁻¹ .km ⁻²
PERIODE															
Rio Beni		73670	1719	781	980 938	72,2	54,9	2288	31,1	102	72	5,2	40,3	165	71
Bassins orientaux		28870	2984	1224	1767	51,0	38,8	1617	56,0	106	75	3,8	29,5	121	132
Rio Grande		59840	751	614	137	8,32	6,3	264	4,44	595	464	3,9	30,2	123	65
Total Andes Amazoniennes de Bolivie		162380	1587	798	810	131,5	100	4169	25,7	135	98,1	12,9	100	409	80

de la cordillère, il convient d'ajouter celui des Andes péruviennes du bassin du Madre de Dios, lequel n'a été étudié que globalement à sa confluence avec le Beni.

Les Andes boliviennes exportent annuellement par le Rio Madera, avec une salinité moyenne de 98 mg.l^{-1} (135 US), 13 millions de tonnes d'ions représentant un débit ionique de 410 kg.s^{-1} ou une exportation ionique spécifique de 80 t/km^2 . Les Andes boliviennes assurent 41% de l'apport ionique au Madera, auxquels s'ajoute bien entendu, en ce qui concerne la partie montagneuse, l'apport important, mais non séparé de l'apport global, des Andes péruviennes du bassin du Madre de Dios.

Le tableau 60 et les fig.46-47 indiquent les caractéristiques moyennes interannuelles des exportations hydriques et salines des grands bassins du Haut Madera.

Les quatre grands formateurs participent différemment à l'alimentation du Madera : les débits hydriques sont assurés à 19% par le Beni, 20% par le Madre de Dios, 24% par le Mamoré, 7% par l'Itenez, les 20% complémentaires correspondent aux apports des bassins complémentaires. A leur confluence, le Beni assure 52,3% et le Mamoré 47,7% de la totalité des apports hydriques au Madera. Pour les apports ioniques, ces contributions sont de 54% et 46%, avec des salinités de 61 mg.l^{-1} (88US) et 57 mg.l^{-1} (83 US) respectivement.

3. SYNTHÈSE SUR L'ÉVOLUTION DES SALINITÉS GLOBALES DANS L'ENSEMBLE DU BASSIN DU HAUT MADERA

Les eaux fluviales acquièrent leurs salinités maximales dans les Andes, principalement par la dissolution de roches (gypses, autres

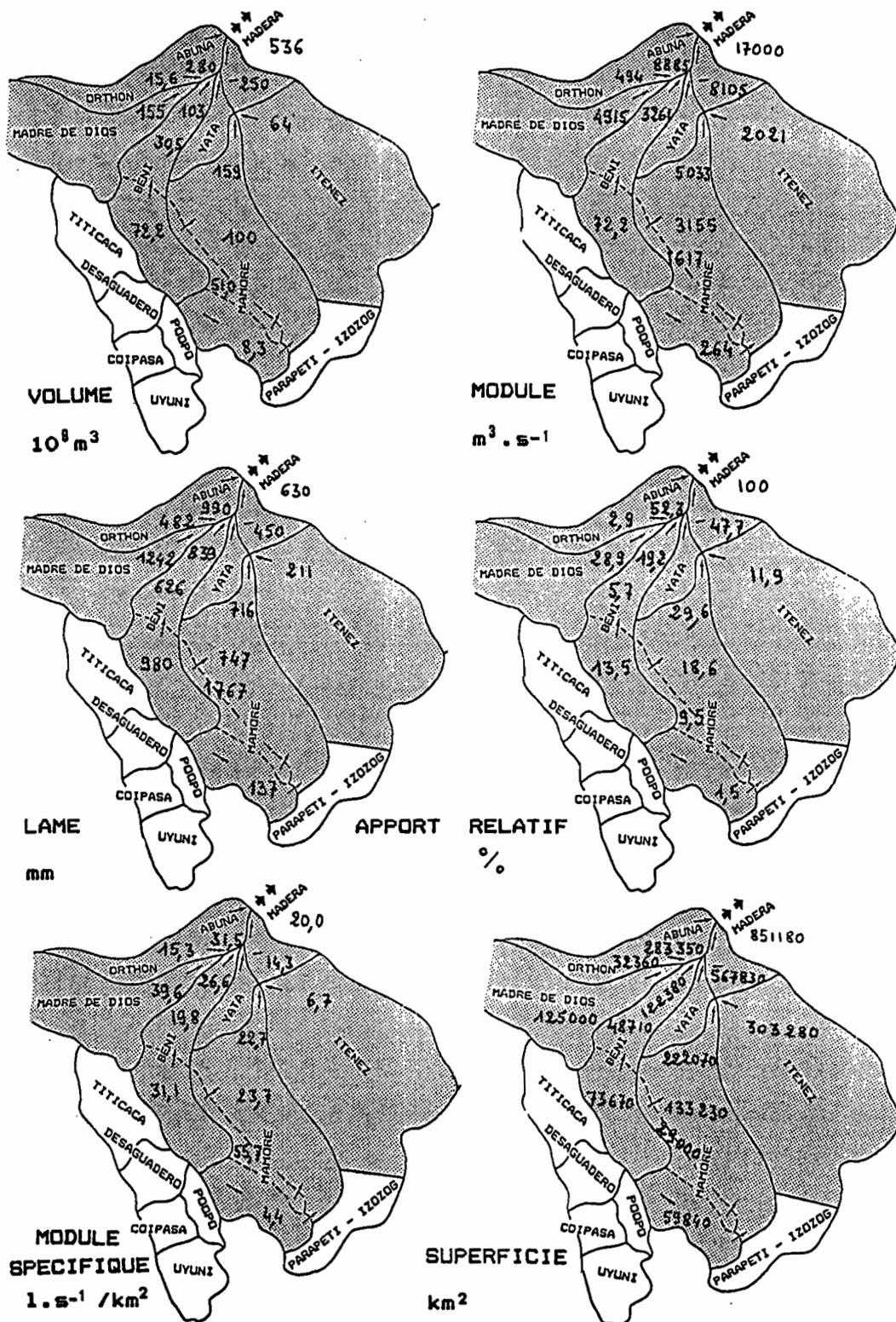


FIG. 46 : LES EXPORTATIONS HYDRIQUES MOYENNES PLURIANNUELLES DES FLEUVES DU HAUT BASSIN DU RIO MADERA

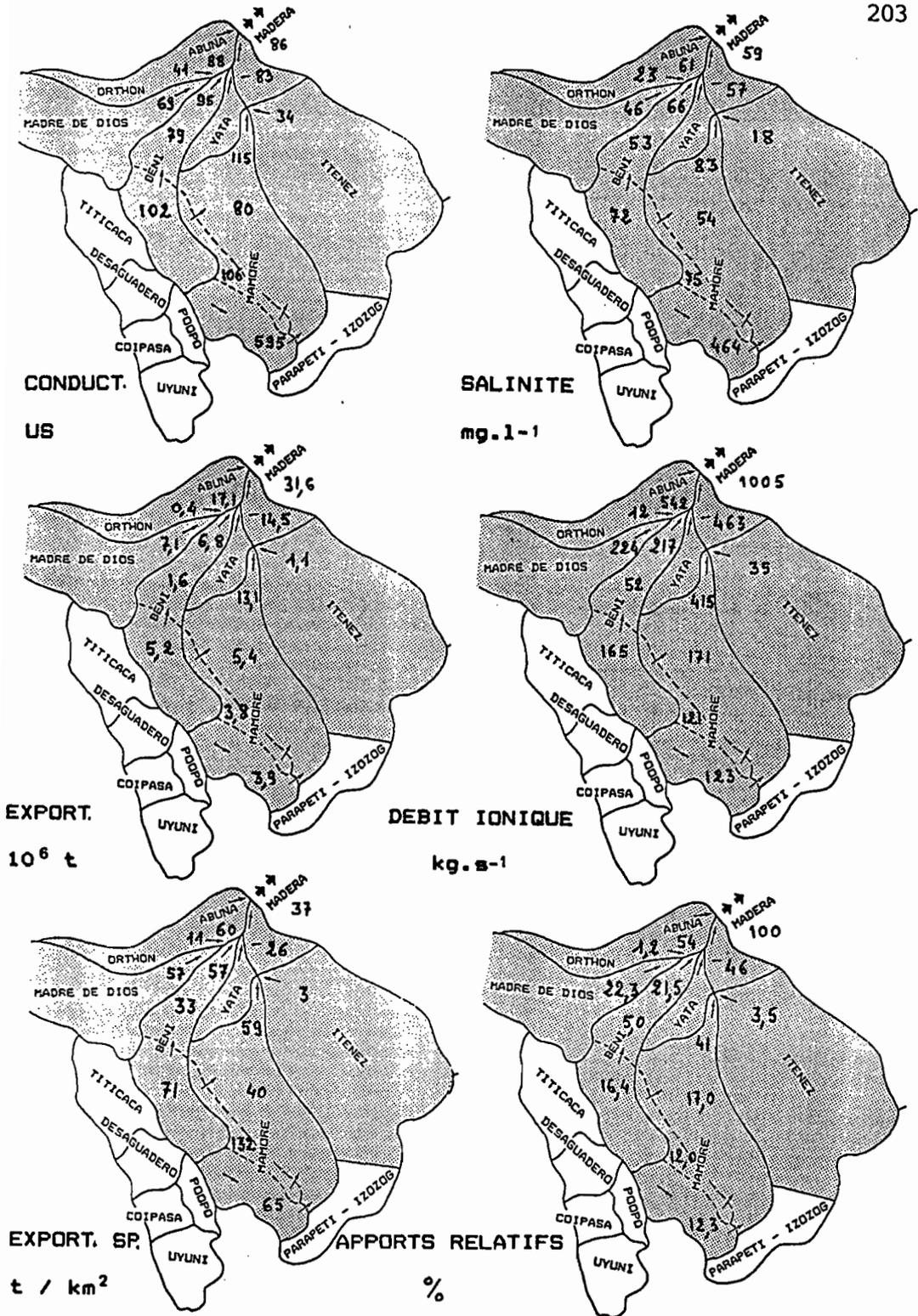


FIG. 47 : LES SALINITES ET LES EXPORTATIONS IONIQUES MOYENNES PLURIANNUELLES DES FLEUVES DU HAUT BASSIN DU RIO MADERA

sulfates, carbonates, secondairement et localement chlorures de sodium) dont les efflorescences sont parfois visibles dans le paysage (carte offset et fig. 48).

Le régime de variation des salinités, comparé à celui des pluies et des écoulements, indique que le lessivage des "sels" et leur simple dilution sont les phénomènes d'érosion chimique prédominants de la minéralisation des eaux fluviales.

Les salinités sont minimales à leur sortie des glaciers mais les eaux se minéralisent rapidement des qu'elles traversent les terrains proches contenant des évaporites.

Le taux de minéralisation peut être très différent selon la lithologie, le régime climato-hydrologique et la végétation des bassins. Deux cas extrêmes se présentent ainsi, lorsque les bassins s'étendent largement en zone semi-aride tels que ceux des Rios La Paz ou Grande, lorsque les bassins "plongent" brutalement sur le versant amazonien très arrosé tels que ceux des Rios Coroico ou Zongo. Même dans ce dernier cas, la minéralisation des eaux peut être élevée malgré une forte hydraulicité, tel que dans le bassin du Rio Chaparé, dénotant des terrains particulièrement riches en évaporites.

C'est dans la plaine que la dilution de l'apport andin par des eaux moins minéralisées apparaît nettement se produire de l'amont vers l'aval. Les pluies qui tombent sur les sédiments quaternaires détritiques de la plaine trouvent moins de "sels" à dissoudre que dans les terrains andins à lithologie variée et à morphologie attaquable. Le recyclage annuel de mares, dont les eaux se concentrent par évaporation pendant la saison sèche, n'est pas un apport effectif en sels. On retrouve ici la notion d'érosion verticale dans les Andes et d'érosion horizontale dans la plaine, particulièrement apparente pour les suspensions, mais également applicable pour les matières dissoutes. La diminution des

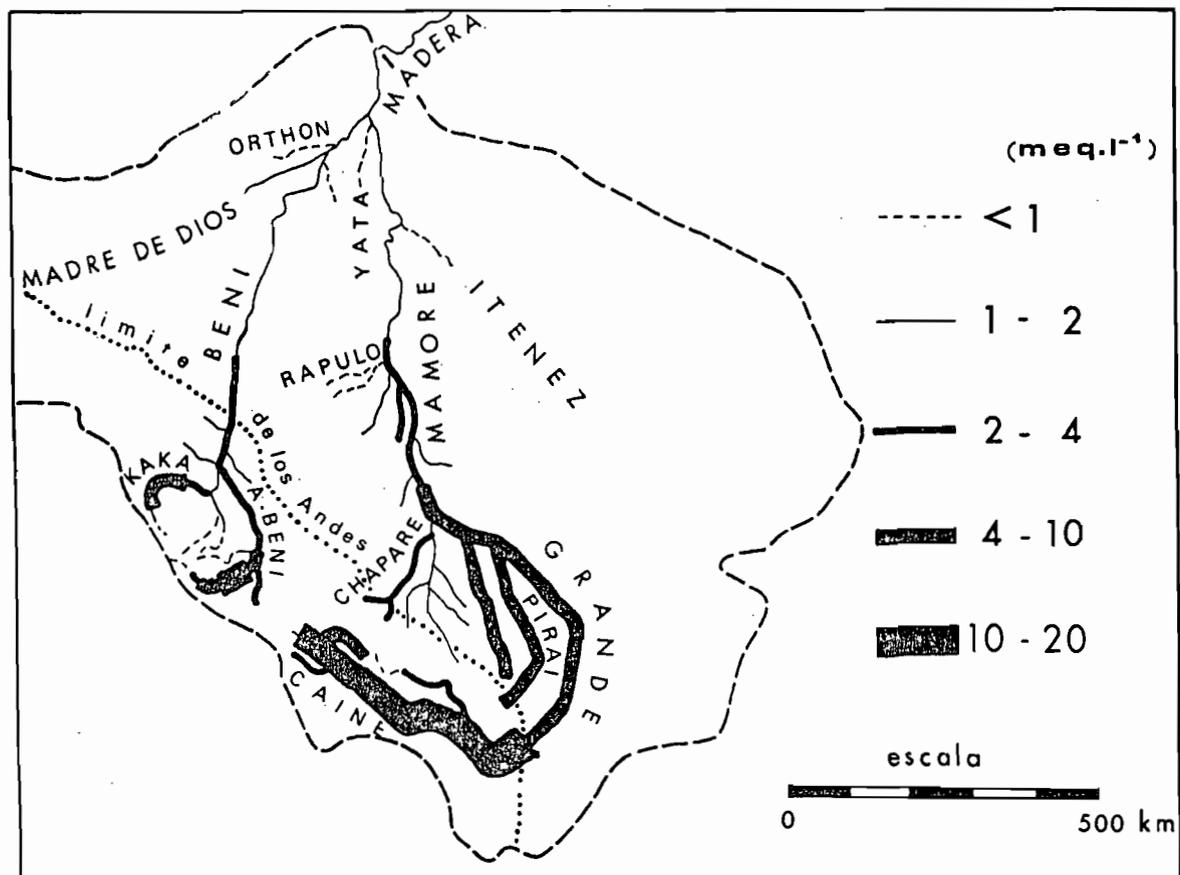


Fig. 48 : Evolution de la salinité ionique globale des eaux d'amont en aval dans le bassin amazonien de Bolivie

salinités d'amont en aval se révèlent la règle sur les grands axes des Rios Mamoré et Beni.

Le type extrême de ces eaux de plaine, claires, brunies par le contact avec une végétation herbacée ou la forêt lors des inondations, est parmi les moins minéralisés du monde. Celles-ci ont été identifiées dans les inondations du centre de la plaine à Trinidad, dans la forêt amazonienne tout au Nord de la Bolivie (Rio Yvon) et, bien que moins pures, dans l'Itenez. Là encore, apparaissent comme exception, mais semble-t-il localisées entre les Andes et le Mamoré, des eaux dont les minéralisations relativement fortes pour la plaine, demande à être expliquée par une reconnaissance plus approfondie de ces zones. S'agirait-il de terrains qui auraient accumulé des sels au Quaternaire ?

Par la composition d'apports diversifiés, à teneurs en ions très variées, fortes (Rio Grande) à faibles (Rio Itenez), le Rio Madera reçoit finalement des eaux à salinité moyenne, comparée à celles d'autres grands fleuves du monde.

4. COMPARAISONS DES SALINITÉS ET DES EXPORTATIONS HYDRIQUES ET IONIQUES DU BENI, DU MAMORÉ ET DU HAUT MADERA AVEC CELLES DES GRANDS FLEUVES DU MONDE

Les salinités et les exportations hydriques et salines du Madera et de ses quatre principaux formateurs peuvent être comparées à celles qui sont disponibles pour les grands fleuves du monde (tableaux 60 et 62). Il est ainsi possible de situer à niveau mondial ces valeurs obtenues pour la première fois.

Le débit moyen interannuel du Madera à sa formation, de 536.10^9 m^3 est nettement supérieur à celui du plus puissant fleuve européen, la

Tableau 62 : Salinité et exportations hydrique et saline moyennes pluri-annuelles des grands fleuves du monde (in Gac, 1980).

	Longueur km	Surface x 10 ⁶ km ²	Débit x 10 ¹¹ m ³	Tonnages solution x 10 ⁶	Erosion T/km ² /an	Conc. moyenne mg/l	Références
Grandes rivières							
Amazone	7.025	6,30	5.519	290	46,0	52,9	(8,15,16,19,23,31,34)
Congo	4.700	3,88	1.200	37	9,5	31,0	(2, 11, 17, 48)
Orénoque	2.600	0,88	946	50	56,8	52,0	(11, 23, 29)
Yang Tsé Kiang	5.980	1,95	1.104	-	-	-	(9, 42)
Bhramapoutre	-	0,58	608	75	136,2	124,0	(44, 46)
Missipi-Mis.	6.800	3,27	580	130	39,7	223,0	(3, 5, 32, 42)
Mékong	4.023	0,80	577	60	75,0	105,0	(9, 12, 42)
La Plata	-	3,10	725	64	20,6	88,2	(11, 22, 25)
Iénisseï	-	2,60	542	73	28,1	135,0	
Léna	-	2,43	514	87	35,8	165,0	(8, 13, 14, 43)
Ob	-	2,50	390	50	20,0	130,0	
Gange	2.700	0,97	488	76	78,4	208,0	(42, 44)
Rivières Africaines							
Congo	4.700	3,88	1.200	37	9,5	31,0	(2, 32, 38, 48)
Zambèze	2.575	1,34	131	19,5	14,6	149,0	(9, 38, 48)
Niger	4.184	1,13	195	9,4	8,3	48,2	(4, 17, 35, 45, 48)
Nil	6.700	2,87	89	18,0	6,3	200,0	(3, 18, 33, 38, 47)
Orange	1.600	0,80	9	1,2	1,5	133,0	(38, 42, 48)
Sénégal	1.800	0,27	24	1,0	8,6	42,0	(6, 28, 35, 48)
Bandama	1.050	0,10	12,6	0,6	6,0	87,3	(36, 37, 39, 40)
Rivières Européennes							
Volga	3.700	1,38	252	115,0	83,3	456,0	(1, 14)
Danube	2.800	0,82	198	44,5	54,0	225,0	(3, 21, 27, 38, 41)
Rhin	1.300	0,224	69	15,0	66,0	217,0	(7, 26, 38)
Rhône	812	0,079	54	12,5	157,0	231,0	(3, 11, 38, 42)
Loire	1.012	0,115	28	4,9	43,0	215,0	(11, 24, 30)
Seine	776	0,079	12,6	4,5	56,0	357,0	(11)
Garonne	647	0,085	11,0	2,0	44,0	182,0	(13, 26, 38)

(1)- BAUMGARTEN (1848) ; (2)-SPRONCK (1941) ; (3)-CONWAY (1942) ; (4)-REFFAY (1948) ; (5)-EDWARDS *et al.* (1956) ; (6)-MANDIN (1957) ; (7)-FOURNIER (1960) ; (8)-NESTEROVA (1960) ; (9)-LEOPOLD (1962) ; (10)-VILLIERS (1962) ; (11)-LIVINGSTONE (1963) ; (12)-CARBONNEL (1964) ; (13)-CORBEL (1964) ; (14)-SOVIET (1964) ; (15)-PARDE (1965) ; (16)-OLTMAN (1966) ; (17)-PORRENCA (1966) ; (18)-GALLAIS (1967) ; (19)-GIBBS (1967) ; (20)-ALEKIN *et* BRAZHNIKOVA (1968) ; (21)-BARTA (1968) ; (22)-DEPETRIS *et* GRIFFIN (1968) ; (23)-PARDE (1968) ; (24)-BERTHOIS (1969) ; (25)-BONETTO *et al.* (1969) ; (26)-CAYEUX (1969) ; (27)-DIACONU (1969) ; (28)-MICHEL (1969) ; (29)-UNESCO (1969) ; (30)-BABONAUX (1970) ; (31)-GIBBS (1970) ; (32)-F.A.O. (1971) ; (33)-DEKKER (1972) ; (34)-GIBBS (1972) ; (35)-GROVE (1972) ; (36)-LECOLLE (1972) ; (37)-LENOIR (1972) ; (38)-LISITZIN (1972) ; (39)-MATHIEU (1972) ; (40)-MONNET (1972) ; (41)-LOUP (1974) ; (42)-BAUMGARTNER, REICHEL (1975) ; (43)-FRECAUT (1975) ; (44)-MEYBECK *et* CARBONNEL (1975) ; (45)-OYOADE (1975) ; (46)-MEYBECK (1976) ; (47)-SHARAF EL DIN (1976) ; (48)-GAC *et* GRONDIN (1979).

Volga (252.10^9 m^3), lequel est analogue à celui du Mamoré (256.10^9 m^3) et inférieur à celui du Beni (280.10^9 m^3).

A sa naissance, le Madera reçoit un débit supérieur à celui de l'Ob (390.10^9 m^3), du Gange (488.10^9 m^3) et approche celui de la Lena (514.10^9 m^3), du Ienessi (542.10^9 m^3), du Mékong (577.10^9 m^3), du Mississipi-Missouri (580.10^9 m^3), du Bhramapoutre (608.10^9 m^3). Seuls lui sont nettement supérieurs les débits de l'Orénoque (946.10^9 m^3), de La Plata (725.10^9 m^3), du Yan Tse Kiang (1104.10^9 m^3) et du Congo (1200.10^9 m^3).

Cet apport au Madera représente 9,7% de celui assuré à l'océan par l'Amazone (5519.10^9 m^3), alors que la superficie en cause représente 13,5% de la totalité du bassin amazonien.

Le Beni et le Mamoré, à leur confluence, ont chacun un débit annuel supérieur à celui du Niger (195.10^9 m^3) et du Zambèze (131.10^9 m^3), lesquels sont les deuxième et troisième fleuves d'Afrique. L'Itenez, avec 64.10^9 m^3 , présente un débit annuel compris entre celui du Chari (50.10^9 m^3 , en période "normale") et du Nil (89.10^9 m^3). Le Mamoré à sa confluence avec l'Itenez a un débit de 159.10^9 m^3 , du même ordre de grandeur que celui du Niger (195.10^9 m^3), du Danuble (198.10^9 m^3) ou du Zambèze (131.10^9 m^3).

En ce qui concerne les salinités moyennes interannuelles, il apparaît que celles du Beni (61 mg.l^{-1}), du Mamoré (57 mg.l^{-1}) et du Madera (59 mg.l^{-1}) sont relativement faibles, comparées à celles des grands fleuves européens (180 à 460 mg.l^{-1}) ou de certains fleuves africains tels que le Nil (200 mg.l^{-1}), l'Orange (133 mg.l^{-1}) ou le Zambèze (149 mg.l^{-1}).

Les salinités de ces fleuves amazoniens sont toutefois supérieures

à celles du Congo (31 mg.l^{-1}), du Niger (48 mg.l^{-1}), du Sénégal (42 mg.l^{-1}).

Parmi les fleuves d'Amérique et d'Asie, les salinités du Mamoré, du Beni et du Madera sont supérieures à celles de l'Orénoque (52 mg.l^{-1}), mais inférieures à celles des autres grands fleuves qui peuvent atteindre 223 mg.l^{-1} pour le Mississippi-Missouri.

Les salinités du Madera et de ces deux grands formateurs sont légèrement supérieures à celles de l'Amazone, évaluées à 53 mg.l^{-1} .

Les exportations salines interannuelles de 17.10^6 t pour le Beni, 15.10^6 t pour le Mamoré sont proches de celles du Rhin (15.10^6 t), supérieures à celles du Rhône ($12,5.10^6 \text{ t}$) et du Chari (2.10^6 t), et inférieures à celles du Nil (18.10^6 t) et du Zambèze ($19,5.10^6 \text{ t}$).

Les exportations salines annuelles, à la formation du Madera, avec 32.10^6 t , soit 1 t.s^{-1} sont du même ordre de grandeur que celles du Congo (37.10^6 t) et plus nettement inférieures à celles de l'Ob et de l'Orénoque (50.10^6 t), du Danube ($44,5.10^6 \text{ t}$), du Bhramapoutre (75.10^6 t), de la Volga (115.10^6 t), du Mississippi (130.10^6 t); ce dernier, après l'Amazone, méritant la deuxième place mondiale.

L'exportation saline à la formation du Madera, représente 12,8% de celle assurée par l'Amazone (290.10^6 t).

EVOLUTION SPATIALE
DES CONCENTRATIONS IONIQUES SPECIFIQUES
DANS LES FLEUVES DU BASSIN AMAZONIEN
DE BOLIVIE



1. EVOLUTION SPATIALE DES TENEURS IONIQUES SPECIFIQUES

L'évolution des teneurs ioniques spécifiques d'amont en aval du bassin amazonien de Bolivie est mise en évidence, d'une part sur les cartes offset annexées au présent ouvrage, d'autre part sur le schéma regroupant les histogrammes des teneurs absolues dans l'ensemble des sous-bassins (fig. 49). Les graphiques (fig. 50 et 51) indiquant les concentrations de chaque ion en fonction de la distance, comptée à partir des têtes de sous-bassins jusqu'au Rio Madera, illustrent également l'évolution longitudinale de l'hydrochimie des grands fleuves.

1.1. L'alcalinité (carte offset)

L'alcalinité des eaux du bassin amazonien de Bolivie, montre, comme la salinité globale, des valeurs variables selon les bassins, échelonnées de 0 à 4 meq.l⁻¹ (260 mg.l⁻¹). La corrélation entre ces deux caractéristiques (fig. 9) indique la tendance à une évolution semblable.

De très faibles valeurs sont rencontrées en tête de bassins andins. Cependant, les eaux des plaines herbeuses inondées temporairement comme celles qui entourent la ville de Trinidad, ou les eaux de certains fleuves de forêt également inondée comme les Rios Ivon et Yata, présentent les alcalinités les plus faibles. Certains auteurs (Meybeck M., 1980) mentionnent pour ce type d'eaux, rencontré dans d'autres régions du monde (Roche M.A., 1973), des alcalinités nulles ou "négatives". Avec des salinités globales parmi les plus faibles de la planète, ces eaux présentent en outre des pH très acides, de l'ordre de 5 ± 0,5. Il est à noter, compte tenu des faibles teneurs que d'autres anions ne sont pas non plus identifiables.

Les eaux du Rio Itenez, bien qu'ayant la transparence caractéristique d'une filtration par la végétation, contiennent des teneurs

dosables en bicarbonates ($0,25 \text{ meq.l}^{-1}$), ainsi que des teneurs en calcium ($0,08 \text{ meq.l}^{-1}$), qui les différencient des précédentes. Les eaux du Rio Yata, qui drainent les lacs Rogagua ont des teneurs plus faibles que celles de l'Itenez.

Les teneurs les plus élevées sont celles du Rio Grande, comme c'est également le cas pour les salinités globales.

1.2. Les chlorures (carte offset)

Des teneurs notables en chlorures ($\leq 0,02 \text{ meq.l}^{-1}$, soit $0,7 \text{ mg.l}^{-1}$) apparaissent, dans les Andes, dans les Rios Grande, Chaparé, La Paz, Consata, Chaparé et Securé.

Les plus fortes valeurs intéressent l'amont du Rio Grande (Caine), depuis Cochabamba ainsi que le Rio Consata ($0,4$ à $1,05 \text{ meq.l}^{-1}$ ou 14 à 37 mg.l^{-1}). Dans la plaine, cet apport en chlorures de la part des Andes, est décelé jusqu'à la confluence du Rio Grande avec l'Ichilo-Chaparé, puis jusqu'à Trinidad, grâce à l'apport du Securé, qui, en faible quantité, contient également des chlorures.

Le Rio Alto Beni contient également des quantités de chlorures comprises entre $0,02$ et $0,1 \text{ meq.l}^{-1}$ ($0,7$ à 3 mg.l^{-1}), dues aux apports des Rios La Paz et Consata. Les teneurs du Beni deviennent inférieures à $0,02 \text{ meq.l}^{-1}$ ($0,7 \text{ mg.l}^{-1}$) à la sortie des Andes.

Il est à remarquer que ce sont les eaux les plus minéralisées et les plus sulfatées qui présentent les teneurs en chlorures les plus élevées. Les chlorures seraient associés aux sulfates dans les gisements d'évaporites (gypse).

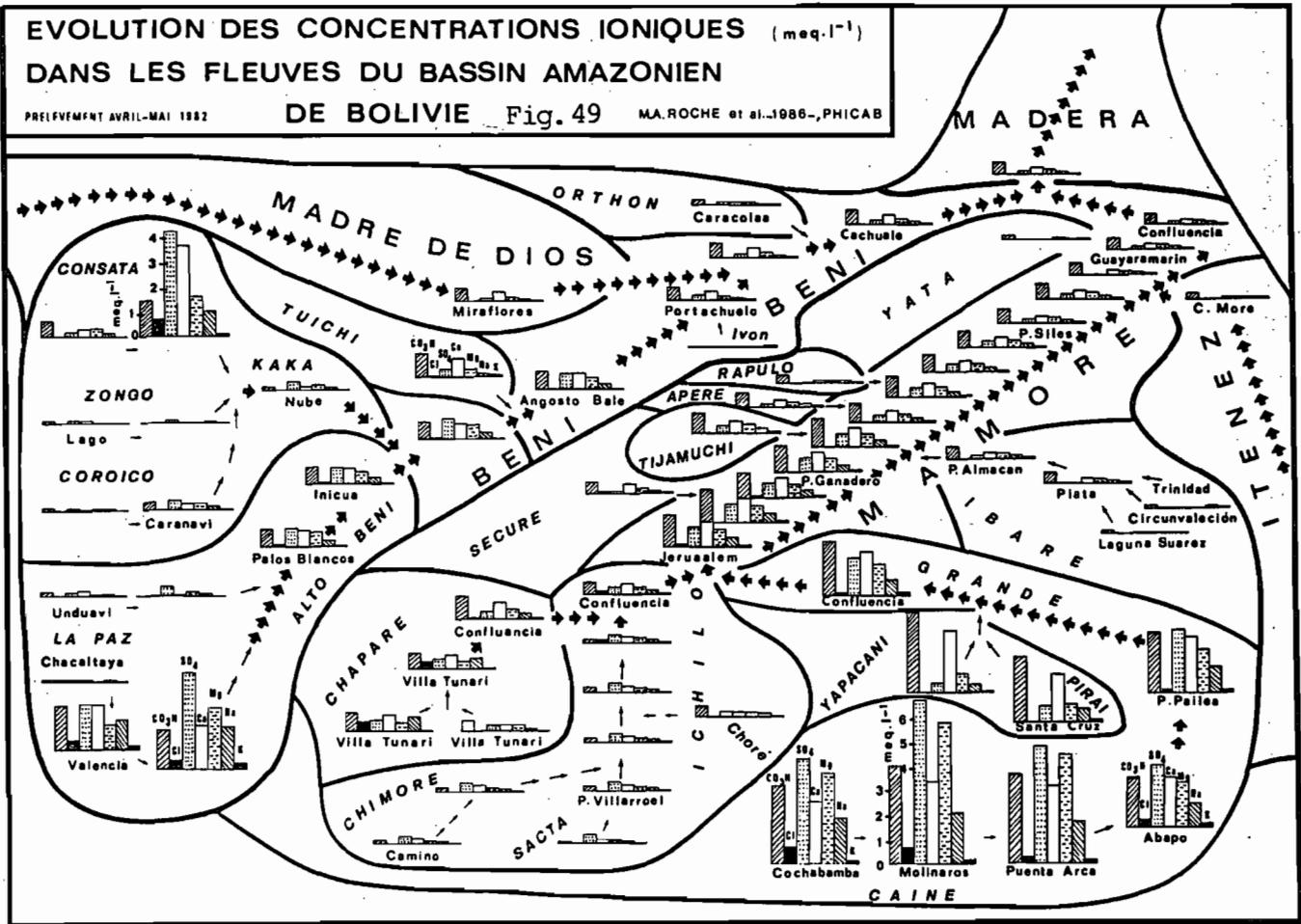
Les quatre formateurs du Madera, à leur confluence, contiennent moins de $0,02 \text{ meq.l}^{-1}$ de chlorures.

**EVOLUTION DES CONCENTRATIONS IONIQUES (meq.l⁻¹)
DANS LES FLEUVES DU BASSIN AMAZONIEN**

PRELEVEMENT AVRIL-MAI 1982

DE BOLIVIE Fig. 49

MA. ROCHE et al. 1986., PHICAB



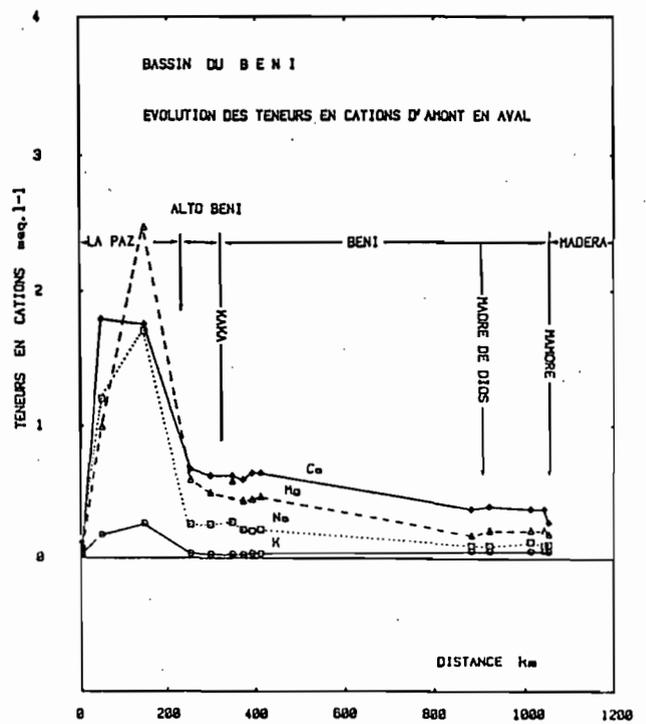
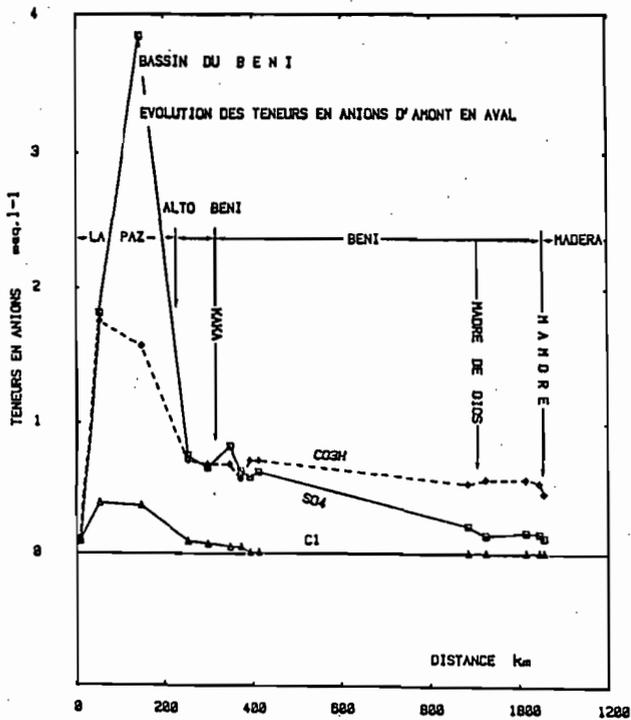
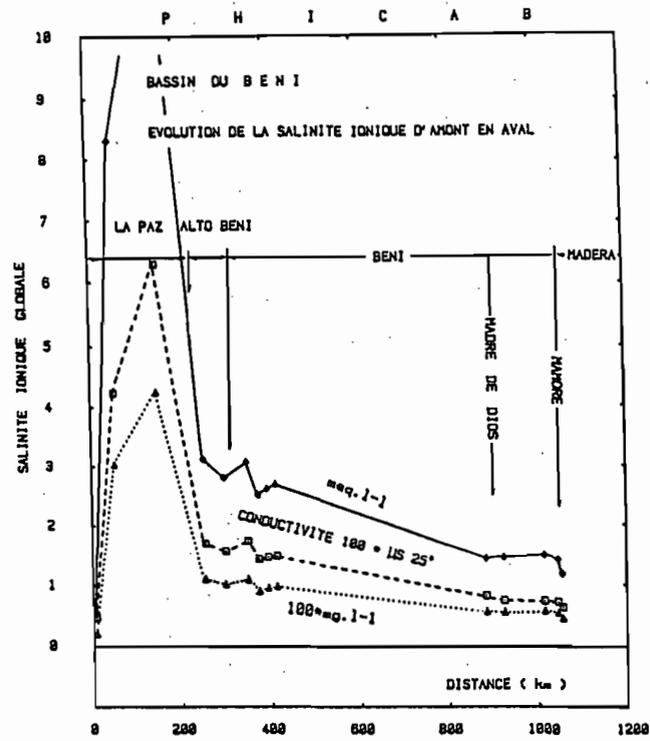


FIG. 50 : Profil d'évolution des salinités des eaux du Rio Beni, depuis la "source" andine jusqu'au Rio Madera.

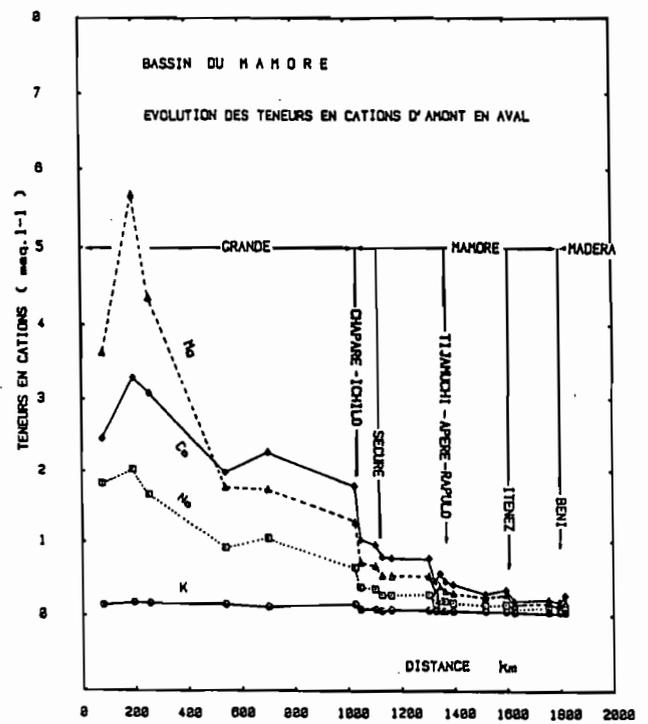
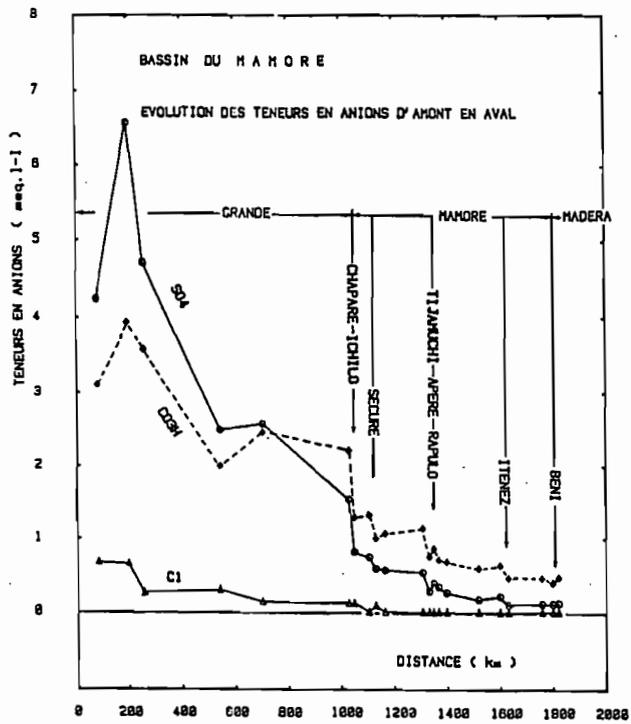
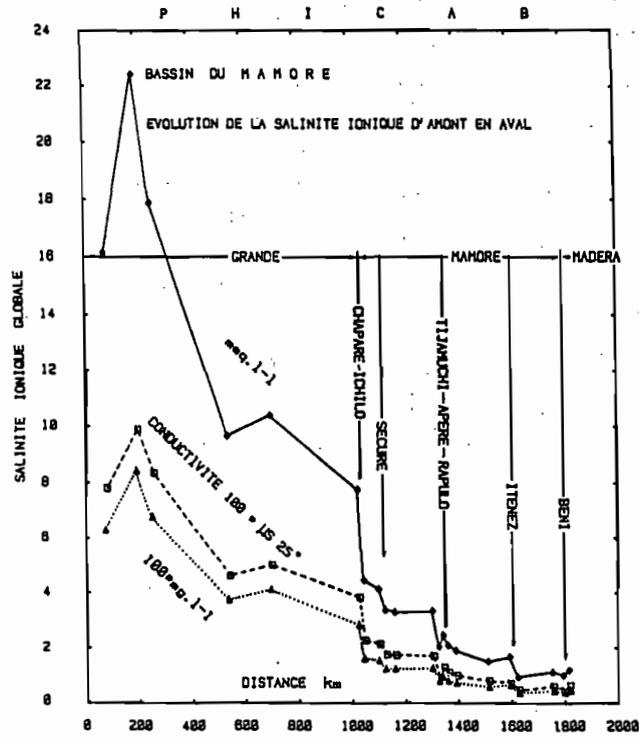


FIG.5] : Profil d'évolution des salinités des eaux du Rio Mamoré, depuis la "source" andine jusqu'au Rio Madera.

1.3. Les sulfates (carte offset)

Les teneurs en sulfates sont comprises entre 0 et $7,5 \text{ meq.l}^{-1}$ (355 mg.l^{-1}) dans l'ensemble du bassin du Haut Madera.

Des concentrations faibles sont fréquentes en tête des bassins du Rio Beni mais deviennent rapidement élevées sur certains cours d'eau comme le Rio Consata ou le Rio La Paz, à la suite de la traversée de marnes gypsifères et du lessivage d'efflorescences blanches déposées sur schistes noirs, lesquelles se sont révélées, à l'analyse, composées de sulfate de magnésium, de fer et de calcium. Elles pourraient provenir en partie de l'altération de pyrites. Ces efflorescences existent également sur les lits de sable à galets de ces cours d'eau, inégalement occupés par l'écoulement.

SO ₄	Mg	Fe	Ca	Mn	Sn	Pb	Zn	
239	38	25	2,3	0,3	0,02	0,06	0,04	(mg.g ⁻¹ de dépôt sec)

Dans le Rio Grande, les teneurs apparaissent en général élevées depuis certaines tête de bassin, tel le Rio Tapacari, pour les mêmes raisons que celles exposées précédemment. Le phénomène est accentué dans cette région par un régime climato-hydrologique de type semi-aride, sur des bassins à végétation pauvre ou à roche dénudée.

Les teneurs des Rios Chaparé et Ichilo sont inférieures à $0,5 \text{ meq.l}^{-1}$ (25 mg.l^{-1}), tandis que le Rio Grande conflue au Mamoré avec des teneurs de $1,5 \text{ meq.l}^{-1}$ (75 mg.l^{-1}). Le mélange de ces eaux aboutit à des teneurs inférieures à $0,8 \text{ meq.l}^{-1}$ (40 mg.l^{-1}), lesquelles vont en décroissant vers l'aval du Rio Mamoré, au fur et à mesure des apports à concentrations moins élevées de la part des affluents de la plaine.

Une évolution longitudinale semblable est observée dans le Beni.

A leur confluence, les quatre tributaires présentent des teneurs comprises entre 0,1 et 0,2 meq.l⁻¹ (5 à 9 mg.l⁻¹), avec une teneur de 0,13 meq.l⁻¹ (6 mg.l⁻¹) pour le Rio Madera.

1.4. Les nitrates (carte offset)

Les concentrations en nitrates sont inférieures à 0,02 meq.l⁻¹ (1,25 mg.l⁻¹), sauf dans les Andes où apparaissent localement des valeurs comprises entre 0,02 et 0,25 meq.l⁻¹ (15 mg.l⁻¹).

Ces teneurs sont dues à la pollution urbaine car elles n'existent qu'en aval des villes ou villages. La plus forte pollution est celle du Rio La Paz dont l'effet se maintient sur plus de cent kilomètres en aval de la ville de La Paz. En effet, cette ville de plus d'un million d'habitants, n'a pas de système de traitement des eaux usées qui rejoignent intégralement le Rio La Paz.

Le Rio Rocha puis le Rio Caine portent également la trace de la pollution des vallées très peuplées de Cochabamba, deuxième agglomération de Bolivie. La contamination se retrouve encore très en aval dans le Rio Grande, à plusieurs centaines de kilomètres de Cochabamba.

Des villages des Yungas, tels que Sorata, ou de taille encore plus modeste, semblent également pouvoir polluer des petits cours d'eau.

Dans la plaine amazonienne cette pollution qui se révèle par des teneurs en nitrates particulièrement élevées, n'est plus mise en évidence.

1.5. Les phosphates (fig. 52)

Les teneurs en phosphates sont comprises entre des valeurs inférieures à $2.10^{-3} \text{ meq.l}^{-1}$ ($0,06 \text{ mg.l}^{-1}$, limite de détection) et $14.10^{-3} \text{ meq.l}^{-1}$ ($0,44 \text{ mg.l}^{-1}$).

Les concentrations maximales, supérieures à $8.10^{-3} \text{ meq.l}^{-1}$ ($0,25 \text{ mg.l}^{-1}$) sont observées dans des cours d'eau très différents les uns des autres, tels que le Rio Rocha à la sortie des vallées de Cochabamba, le Rio Grande, le Rio Ichilo et le Rio Orthon.

Des teneurs de $5.10^{-3} \text{ meq.l}^{-1}$ ($0,15 \text{ mg.l}^{-1}$) existent dans le Rio Alto Beni et le Rio Securé.

Les eaux du Rio Madre de Dios et de l'Orthon, avec des teneurs respectives de $3.10^{-3} \text{ meq.l}^{-1}$ ($0,10 \text{ mg.l}^{-1}$) et de $8.10^{-3} \text{ meq.l}^{-1}$ ($0,25 \text{ mg.l}^{-1}$), contiennent plus de phosphates que celles des trois autres tributaires du Madera, pour lesquelles les teneurs sont inférieures ou égales à $2.10^{-3} \text{ meq.l}^{-1}$. Les eaux du Madera ont une concentration de $2.10^{-3} \text{ meq.l}^{-1}$, juste à la limite de la détection.

1.6. Le calcium (carte offset)

Les concentrations en calcium varient entre $0,01 \text{ meq.l}^{-1}$ ($0,2 \text{ mg.l}^{-1}$) et $2,05 \text{ meq.l}^{-1}$ (41 mg.l^{-1}). Les valeurs maximales sont rencontrées dans le Rio Grande, le Rio La Paz et le Rio Consata, indice d'une minéralisation élevée provoquée principalement par la dissolution de gypse qui va de pair avec de fortes teneurs en sulfates.

Par voie de conséquence, le Rio Alto Beni et le Rio Beni jusqu'à la sortie des Andes présentent encore des teneurs comprises entre $0,6$ et 1 meq.l^{-1} (12 et 20 mg.l^{-1}).

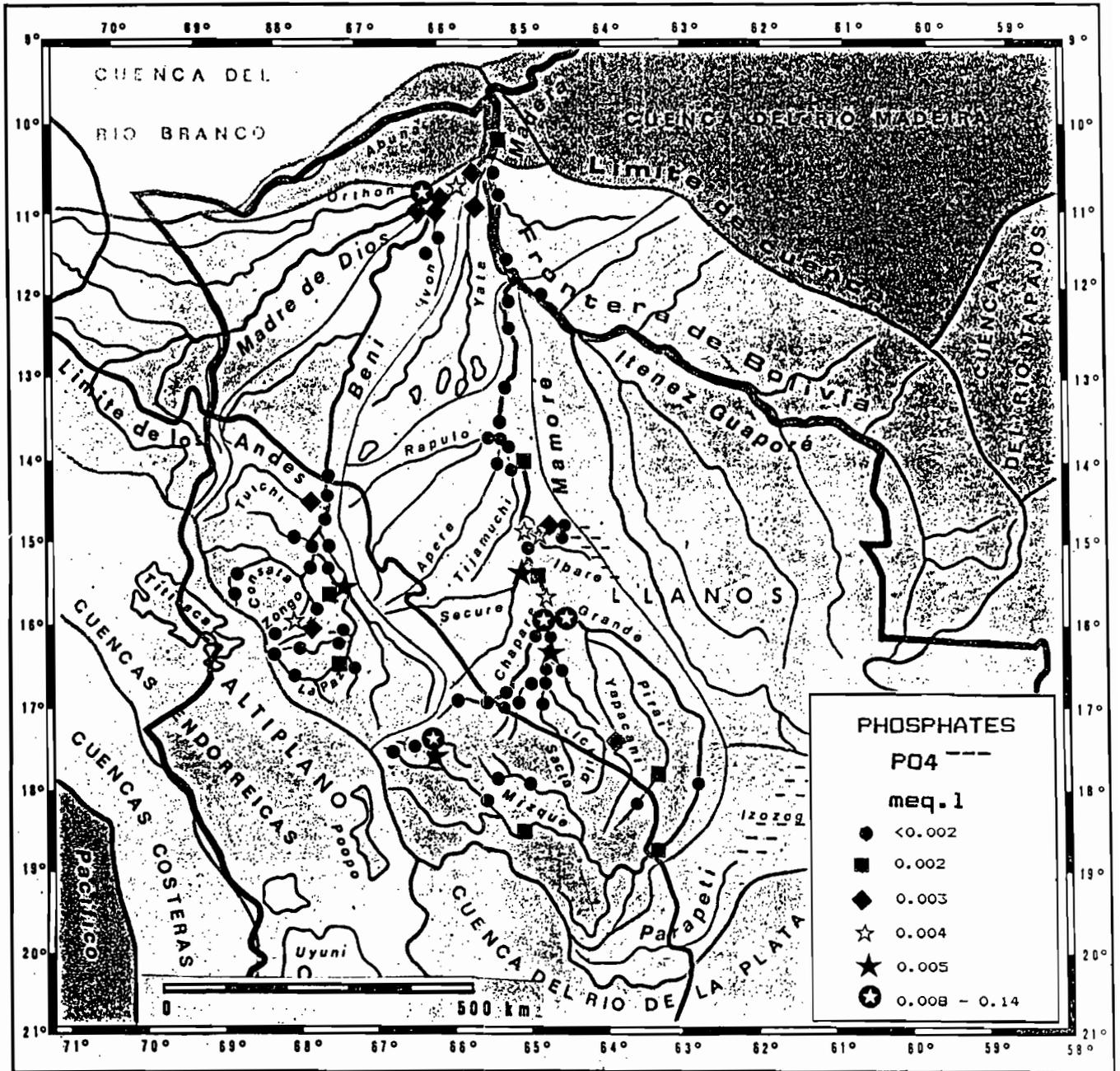


FIG. 52 : CARTE DES CONCENTRATIONS EN PHOSPHATES
 DANS LE BASSIN AMAZONIEN DE BOLIVIE

Le Rio Chaparé présente également des valeurs de teneurs analogues à ces dernières. Sa confluence avec le Rio Grande, où les valeurs sont de $1,8 \text{ meq.l}^{-1}$ (36 mg.l^{-1}), détermine des concentrations de l'ordre de 1 meq.l^{-1} (20 mg.l^{-1}) au début du Mamoré, lesquelles vont régulièrement en diminuant vers l'aval, en raison de la dilution provoquée par les apports latéraux. Les Rios Rapulo, Itenez et Yata fournissent des teneurs extrêmement faibles ($0,1$ à $0,02 \text{ meq.l}^{-1}$, soit 2 à $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$) tandis que les eaux des plaines inondées dans la région de Trinidad peuvent être considérées sans calcium, avec des teneurs inférieures à $0,01 \text{ meq.l}^{-1}$ ($0,2 \text{ mg.l}^{-1}$). C'est donc une caractéristique de ces plaines qu'il convient de souligner.

A leur confluence, les Rios Beni et Mamoré ont des concentrations respectives en calcium de $0,37$ et $0,19 \text{ meq.l}^{-1}$ ($7,5$ et 4 mg.l^{-1}), qui déterminent une concentration de $0,27 \text{ meq.l}^{-1}$ ($5,5 \text{ mg.l}^{-1}$) pour le Rio Madera. Les teneurs du Rio Beni sont ainsi deux fois plus fortes que celles du Rio Mamoré.

1.7. Le magnésium (carte offset)

Les teneurs en magnésium sont comprises entre $0,005 \text{ meq.l}^{-1}$ ($0,06 \text{ mg.l}^{-1}$) et $6,5 \text{ meq.l}^{-1}$ (78 mg.l^{-1}).

La répartition des teneurs dans l'espace, notamment leur évolution d'amont en aval, apparaît similaire à celle du calcium. Dans les Andes, les teneurs sont parfois supérieures à celles du calcium tels que dans les Rio Kaka ou Grande, probablement en raison du lessivage des schistes à efflorescences. On note également une tendance à un enrichissement relatif dans la plaine, bien que l'on y rencontre aussi les teneurs minimales comme dans le Rio Ivon, en zone de forêt.

Les Rios Beni et Mamoré confluent avec des teneurs respectives

de 0,21 et 0,16 meq.l⁻¹ (2,55 et 1,95 mg.l⁻¹) et déterminent pour le Madera une teneur de 0,18 meq.l⁻¹ (2,2 mg.l⁻¹). Pour le magnésium, comme pour le calcium, les concentrations sont plus importantes dans le Beni que dans le Mamoré, cependant dans un rapport moindre.

1.8. Le sodium (carte offset)

Les concentrations en sodium varient entre des valeurs inférieures à 0,01 meq.l⁻¹ (0,2 mg.l⁻¹) et 2,05 meq.l⁻¹ (47 mg.l⁻¹).

Parmi les teneurs élevées, le Rio La Paz présente des valeurs comprises entre 1 et 2 meq.l⁻¹ (23 à 46 mg.l⁻¹), lesquelles, bien que diluées jusqu'à 0,2 à 0,4 meq.l⁻¹ (4 à 9 mg.l⁻¹), se retrouvent dans les Rio Alto Beni et Beni à la sortie des Andes.

Des concentrations élevées, de 1 à 2,05 meq.l⁻¹ (23 à 47 mg.l⁻¹) sont également observées dans le Rio Grande et, malgré leur dilution vers l'aval, se retrouvent avec des valeurs de 1 à 0,6 meq.l⁻¹ (23 à 14 mg.l⁻¹).

Des concentrations élevées, de 1 à 2,05 meq.l⁻¹ (23 à 47 mg.l⁻¹) sont également observées dans le Rio Grande et, malgré leur dilution vers l'aval, se retrouvent avec des valeurs de 1 à 0,6 meq.l⁻¹ (23 à 14 mg.l⁻¹) à la confluence avec le Chaparé. La similitude des distributions du sodium avec celles des chlorures est à remarquer, indice de dissolution de sels dans les terrains à faciès évaporitiques.

Les apports latéraux assurent dans la plaine une diminution des teneurs en sodium. Les teneurs atteignent 0,10 meq.l⁻¹ (2,3 mg.l⁻¹), aussi bien dans le Beni que dans le Mamoré à leur confluence, et par conséquent dans le Rio Madera.

1.9. Le potassium (carte offset)

Les eaux du bassin amazonien ont des teneurs en potassium variant entre $0,009 \text{ meq.l}^{-1}$ ($0,35 \text{ mg.l}^{-1}$) et $0,26 \text{ meq.l}^{-1}$ (10 mg.l^{-1}).

Les plus faibles valeurs sont observées dans certains cours d'eau des Andes tels que les Rios Zongo, Coroico et Induavi ou dans les affluents des Rios Chaparé et Ichilo.

Les teneurs maximales existent dans le Rio La Paz et le Rio Grande.

La dilution le long des axes du Beni et du Mamoré conduit à des teneurs respectives de $0,05 \text{ meq.l}^{-1}$ ($1,96 \text{ mg.l}^{-1}$) dans ces deux tributaires et dans le Rio Madera.

2. LES TENEURS IONIQUES RELATIVES ET LES TYPES D'EAUX

Les teneurs ioniques relatives (teneur en union, en meq.l^{-1} , par rapport à la somme des teneurs ioniques) des eaux du bassin amazonien de Bolivie ont été représentées par des diagrammes de pourcentages sur la carte offset annexée, pour les sites les plus représentatifs.

Dans les Andes, les eaux fluviales possèdent un faciès hydrochimique propre à chaque bassin. Ce sont des eaux bicarbonatées ou sulfatées, soit calciques, soit magnésiennes. Les teneurs relatives souvent élevées en magnésium sont remarquables. Elles s'expliquent en partie par la dissolution des dépôts blancs observés sur les schistes, dont l'analyse révèle de fortes teneurs en ce cation.

Dans la cordillère, l'évolution des faciès hydrochimiques

de l'amont à l'aval dénote des apports de compositions différentes à chaque confluent de cours d'eau, conduisant à des modifications plus ou moins accentuées. La lithologie variée des bassins induit ces modifications.

Par contre dans les grands fleuves de la plaine orientale, l'évolution des faciès est peu marquée, la dilution étant le phénomène prédominant en raison des apports latéraux généralement peu minéralisés.

Plusieurs grands types d'eau peuvent être ainsi distingués:

- Les eaux des Andes :

- . Rios Consata, Kaka, Alto Beni, Chimoré, Ichilo : sulfatées calciques,
- . Rios La Paz-Boopi, Grande : sulfatées magnésiennes, puis calciques vers l'aval,
- . Rios Induavi, Rocha , San Mateo, Espiritu Santo : bicarbonatées calciques.

- Les eaux de la plaine orientale :

- . Grands fleuves : Beni, Chaparé, Mamoré, Madre de Dios : bicarbonatées calciques,
- . Rio Itenez : bicarbonatées, calci-magnésiennes,
- . Rio Orthon : bicarbonatées-sulfatées, calci-magnésiennes,
- . Inondations des zones herbeuses ou forestières à faciès anioniques souvent indéterminables à cause des très faibles teneurs, mais à faciès cationiques mieux marqués :
 - + Inondations de Trinidad : sodiques puis potassiques et magnésiennes, sans calcium,
 - + Rio Yata : potassiques puis magnésiennes, avec de faibles teneurs en calcium,
 - + Rio Ivon : très fortement potassiques puis sodiques, sans calcium et de très faibles teneurs en magnésium.

Les eaux des zones d'inondation sont très acides, enrichies en potassium, transparentes et brunies (brun-rouge). Ce type d'eau est également rencontré dans les plaines d'inondation herbeuses du Tchad et du Cameroun (Roche M.A, 1973) ainsi qu'en forêt guyanaise. Contrairement à ce qui est en usage en Afrique, la pratique des feux de brousse n'est pas utilisée dans ces régions d'Amazonie. Les caractéristiques de ces eaux sont acquises par le contact avec la végétation, en surface et dans les sols inondés, et ne nécessitent pas obligatoirement que cette végétation soit transformée en cendres.

3. ESSAI D'ÉVALUATION DES EXPORTATIONS D'IONS SPÉCIFIQUES

Un essai d'évaluation des exportations moyennes annuelles de chaque ion est tenté en multipliant les teneurs relatives disponibles (en poids) par le tonnage global transporté (tableau 63). En l'attente des teneurs relatives moyennes pondérées par les débits, les valeurs obtenues ne peuvent représenter que des ordres de grandeur. Les sites pris en considération sont la sortie des Andes, la confluence des grands tributaires du Madera et le Madera lui-même.

On retiendra ainsi, à l'échelle moyenne interannuelle, que les bicarbonates représentent les plus forts tonnages exportés : $10 \cdot 10^6$ t, $9 \cdot 10^6$ t et $19 \cdot 10^6$ t respectivement pour le Beni, le Mamoré et le Madera. Les sulfates viennent ensuite : $2,3 \cdot 10^6$ t, $2,0 \cdot 10^6$ t et $4,3 \cdot 10^6$ t respectivement pour ces trois mêmes fleuves, puis le calcium ($2,2 \cdot 10^6$ t, $1,4 \cdot 10^6$ t et $3,6 \cdot 10^6$ t), le sodium ($0,8 \cdot 10^6$ t, $0,9 \cdot 10^6$ t et $1,7 \cdot 10^6$ t), le magnésium ($0,8 \cdot 10^6$ t, $0,7 \cdot 10^6$ t et $1,5 \cdot 10^6$ t) et le potassium ($0,6 \cdot 10^6$ t, $0,7 \cdot 10^6$ t et $1,3 \cdot 10^6$ t).

Tableau 63 : Essai d'évaluation des exportations ioniques spécifiques des principaux sous-bassins du Haut Madera.

Site	Volume 10 ⁹ m	Salin mg.l ⁻¹	Exp. 10 ⁶ t	Co3H	Cl	So4	Ca	Mg	Na	K
BENI A. Bala Export. ionique 10 ⁶ t	72,2	72	5,2	45% 2,34	<0,05	30% 1,56	13,29% 0,691	5,68% 0,295	4,96% 0,258	1,19% 0,062
BENI Confluence MDD Export. ionique 10 ⁶ t	102,9	66	6,8	58,2% 3,96	<0,07	17,9% 1,22	13,1% 0,891	3,66% 0,249	3,66% 0,249	3,47% 0,236
MADRE DE DIOS Export. ionique 10 ⁶ t	155,1	45,5	7,1	65,4% 4,64	<0,1	9,54% 0,68	14,7% 1,05	3,62% 0,257	3,66% 0,26	3,1% 0,22
ORTHON Caracoles Export. ionique 10 ⁶ t	15,6	23,4	0,37	36,6% 0,135	<0,01	41,1% 0,152	6,85% 0,025	4,17% 0,015	4,6% 0,017	6,75% 0,025
BENI Villa Bella Export. ionique 10 ⁶ t	280,4	60,9	17,1	60,9% 10,4	<0,2	13,4% 2,3	13% 2,22	4,46% 0,763	4,82% 0,824	3,43% 0,587
GRANDE Abapo Export. ionique 10 ⁶ t	8,3	464	3,9	32,7% 1,27	2,84% 0,111	32,1% 1,25	10,63% 0,415	5,76% 0,225	14,5% 0,564	1,53% 0,06
MAMORE Confluence I Export. ionique 10 ⁶ t	158,9	82,5	13,1	59,3% 7,77	<0,01	15,6% 2,04	10,8% 1,42	5,25% 0,698	5,33% 0,698	3,63% 0,476
ITENEZ V. Grande Export. ionique 10 ⁶ t	63,9	17,6	1,1	73,8% 0,811	<0,04		7,71% 0,085	4,69% 0,052	6,65% 0,073	7,18% 0,079
MAMORE Villa Bella Export. ionique 10 ⁶ t	255,7	57,2	14,6	60,8% 8,88	<0,18	13,5% 1,97	9,74% 1,42	4,96% 0,724	5,88% 0,858	5,09% 0,743
MADERA Villa Bella Export. ionique 10 ⁶ t	536,0	59,1	31,7	60,9% 19,3	<0,38	13,5% 4,27	11,4% 3,62	4,70% 1,49	5,33% 1,69	4,22% 1,34

% en poids



TABLEAUX DE RESULTATS

D ' ANALYSES CHIMIQUES

DES EAUX

Tableau 64 a : Bassin du Rio Beni dans les Andes.

Conductivités et teneurs ioniques des eaux (microSiemens et milliéquivalent/litre).

Nº ECH.	COURS D'EAU	SITE	Cond. JS 25°C	CO ₃ H ⁻ meq.l ⁻¹	Cl ⁻ meq.l ⁻¹	SO ₄ ⁻ meq.l ⁻¹	PO ₄ ⁻ meq.l ⁻¹	NO ₃ ⁻ meq.l ⁻¹	Ca ⁺⁺ meq.l ⁻¹	Mg ⁺⁺ meq.l ⁻¹	Na ⁺ meq.l ⁻¹	K ⁺ meq.l ⁻¹	TH °F	Mn mg/l	Fe mg/l	rp ⁻ meq.l ⁻¹	rp ⁺ meq.l ⁻¹	rp meq.l ⁻¹
68	CONSATA	AMONT	92,7	0,64	<0,02	0,18	<0,002	<0,02	0,31	0,34	0,16	0,018	3,2	0,009	0,50	0,82	0,828	1,648
69		AVAL	649	1,46	0,72	4,21	<0,002	0,03	3,65	1,62	1,05	0,118	26,3	0,090	4,65	6,42	6,438	12,858
66	ZONGO	LAC AMONT	17,1	0,11	<0,02	0,11	<0,002	<0,02	0,10	0,03	0,02	0,011	0,6	0,022	1,10	0,22	0,161	0,381
67		AVAL	15,1	<0,04	<0,02	0,10	0,004	<0,02	0,03	0,02	0,05	0,009	0,2	0,012	0,30	0,104	0,109	0,213
64	COROICO	MURURATA	23,4	0,11	<0,02	0,09	0,003	<0,02	0,03	0,07	0,06	0,009	0,5	<0,002	<0,10	0,203	0,169	0,372
65		CARANAVI	82,0	0,32	<0,02	0,38	<0,002	<0,02	0,26	0,28	0,15	0,020	2,3	<0,002	<0,10	0,700	0,710	1,41
63	KAKA	NUBE	68,3	0,14	<0,02	0,35	<0,002	<0,01	0,16	0,21	0,10	0,015	1,8	<0,050	1,35	0,49	0,485	0,975
57	UNDUAVI	UNDUAVI	43,6	0,18	<0,02	0,13	<0,002	0,02	0,21	0,06	0,08	0,010	1,4	<0,002	<0,10	0,33	0,36	0,690
58		AFFLUENT	163	0,36	0,07	0,91	<0,002	0,05	0,41	0,61	0,34	0,052	5,1	0,290	11,00	1,39	1,412	2,802
59		AVAL	56,2	0,04	<0,02	0,39	<0,002	<0,02	0,05	0,17	0,10	0,015	1,1	0,031	0,10	0,39	0,335	0,725
54B	LA PAZ	CHACALTAYA	47,2	0,11	0,09	0,09	<0,002	<0,01	0,08	0,03	0,10	0,041	0,4	<0,050	0,50	0,29	0,251	0,541
54		VALENCIA	421	1,75	0,38	1,81	<0,002	0,19	1,79	0,99	1,20	0,168	13,9	<0,002	<0,10	4,13	4,148	8,278
55		AVAL	627	1,57	0,36	3,84	0,002	0,25	1,75	2,47	1,70	0,256	21,1	0,660	38,00	6,02	6,176	12,198
56	AFFLUENT	AFFLUENT	145	<0,04	0,12	0,74	<0,002	<0,02	0,17	0,57	0,05	0,028	3,7	0,140	1,00	0,86	0,818	1,678
61	TIECHE	AFFLUENT	68,2	0,32	0,07	0,11	0,002	0,08	0,32	0,11	0,10	0,056	2,1	0,110	2,20	0,582	0,586	1,168
70B	QUENDEQUE	CONFLU	117	0,68	<0,02	0,34	<0,002	<0,01	0,72	0,16	0,07	0,026	4,40	<0,050	0,50	1,02	0,976	1,996
71	SUAPI	CONFLU	50,9	0,43	<0,02	<0,10	<0,002	<0,01	0,16	0,14	0,07	0,040	1,50	<0,050	0,50	0,43	0,410	0,840
73	TUICHI	CONFLU	129	0,96	0,03	0,31	0,003	<0,01	0,75	0,32	0,12	0,070	5,35	0,800	1,60	1,303	1,260	2,563
60	ALTO BENI	PALOS BLANCOS	169	0,71	0,09	0,75	0,005	<0,02	0,67	0,59	0,25	0,032	6,3	<0,002	<0,10	1,555	1,542	3,097
62		INICUA	156	0,68	0,07	0,65	<0,002	<0,01	0,62	0,49	0,25	0,026	5,5	0,090	2,20	1,40	1,386	2,786
70	BENI	AVAL CONF.	173	0,68	0,05	0,82	<0,002	<0,01	0,62	0,58	0,27	0,026	5,95	0,300	5,55	1,55	1,496	3,046
72		AVAL SUAPI	143	0,57	0,05	0,63	<0,002	<0,01	0,59	0,43	0,21	0,023	5,10	<0,050	1,85	1,25	1,253	2,503
74		ANG. BALA	146	0,71	<0,02	0,58	<0,002	<0,01	0,64	0,44	0,20	0,030	5,40	0,100	1,60	1,29	1,31	2,60
75		RURRENAB.	148	0,71	<0,02	0,62	<0,002	<0,01	0,64	0,46	0,21	0,029	5,50	0,090	1,80	1,33	1,339	2,669

Tableau 64 b: Bassin du Rio Beni dans les Andes.

Conductivités et teneurs ioniques des eaux (μS et mg.l^{-1}).

N°	RIO	SITE	COND. μS 25°C	CO_3H^- mg.l^{-1}	Cl^- mg.l^{-1}	SO_4^{--} mg.l^{-1}	PO_4^{--} mg.l^{-1}	NO_3^- mg.l^{-1}	Ca^{++} mg.l^{-1}	Mg^{++} mg.l^{-1}	Na^+ mg.l^{-1}	K^+ mg.l^{-1}	Mn mg.l^{-1}	Fe mg.l^{-1}	P (Mn + Fe) mg.l^{-1}	p mg.l^{-1}	pe^- mg.l^{-1}	pe^+ mg.l^{-1}	pe mg.l^{-1}
68	CONSATA	AMONT	92,7	39,1	< 0,7	8,65	< 0,06	< 1,24	6,21	4,13	3,68	0,70	0,009	0,50	63,0	62,5	8,7	14,7	23,4
69		AVAL	649	89,1	25,5	202	< 0,06	1,86	73,2	19,7	24,1	4,60	0,090	4,65	445	440	227,5	121,6	349
66	ZONGO	LAC AMONT	17,1	6,71	< 0,7	5,28	< 0,06	< 1,24	2,00	0,37	0,46	0,43	0,022	1,10	16,4	15,3	5,3	3,3	8,6
67		AVAL	15,1	< 2,44	< 0,7	4,80	0,127	< 1,24	0,60	0,24	1,15	0,35	0,012	0,30	7,6	7,3	4,8	5,6	10,4
64	COROICO	MURURATA	23,4	6,71	< 0,7	4,32	0,095	< 1,24	0,60	0,85	1,38	0,35	< 0,002	< 0,10	14,3	14,3	4,3	3,2	7,5
65		CARANAVI	82,0	19,5	< 0,7	18,3	< 0,06	< 1,24	5,21	3,40	3,45	0,78	< 0,002	< 0,10	50,6	50,6	18,3	12,8	31,1
63	KAKA	NUBE	68,3	8,54	< 0,7	16,8	< 0,06	< 0,6	3,21	2,55	2,30	0,59	< 0,050	1,35	35,3	34,0	16,8	8,7	25,5
57	UNDUAVI	UNDUAVI	43,6	11,0	< 0,7	6,24	< 0,06	1,24	4,21	0,73	1,84	0,39	< 0,002	< 0,10	25,7	25,7	6,3	7,2	13,5
58		AFFLUENT	163	22,0	2,48	43,7	< 0,06	3,10	8,22	7,42	7,82	2,03	0,290	11,00	108	96,7	46,2	25,5	71,7
59		AVAL	56,2	< 2,44	< 0,7	18,7	< 0,06	< 1,24	1,00	2,07	2,30	0,59	0,031	< 0,10	24,7	24,7	18,7	6,0	24,7
54B	LA PAZ	CHACALTAYA	47,2	6,71	3,19	4,32	< 0,06	< 0,6	1,60	0,37	2,30	1,60	< 0,050	0,50	20,6	20,1	7,5	5,9	13,4
54		VALENCIA	421	107	13,5	86,9	< 0,06	11,8	35,9	12,1	27,6	6,57	< 0,002	< 0,10	301	301	100,4	82,2	182,6
55		AVAL	627	95,8	12,8	184	0,06	15,5	35,1	30,0	39,1	10,0	0,660	38,00	461	422	196,8	114,2	311
56	AFFLUENT	CONFLUENCE	145	< 2,44	4,25	35,5	< 0,06	< 1,24	3,41	6,90	1,15	1,09	0,140	1,00	53,5	52,4	39,8	12,6	52,4
61	TIECHE	AFFLUENT	68,2	19,5	2,48	5,28	< 0,06	4,96	6,41	1,34	2,30	2,19	0,110	2,20	46,8	44,5	7,8	12,2	20,0
70B	QJENDEQUE	CONFLUENT	117	41,5	< 0,7	16,3	< 0,06	< 0,6	14,4	1,94	1,61	1,02	< 0,050	0,50	77,3	76,8	16,3	19,0	35,3
71	SUAPI	CONFLUENT	50,9	26,2	< 0,7	< 4,8	< 0,06	< 0,6	3,21	1,70	1,61	1,56	< 0,050	0,50	34,8	34,3	> 0	8,1	8,1
73	TUICHI	CONFLUENT	129	58,6	1,06	14,9	0,095	< 0,6	15,0	3,89	2,76	2,74	0,800	1,60	101	98,6	16,0	24,4	40,4
60	ALTO BENI	PATOS BLAN.	169	43,3	3,19	36,0	0,158	< 1,24	13,4	7,17	5,75	1,25	< 0,002	< 0,10	110	110	39,2	27,6	66,8
62		INICUA	156	41,5	2,48	31,2	< 0,06	< 0,6	12,4	5,96	5,75	1,02	0,090	2,20	103	101	33,7	25,1	58,8
70	BENI	AVAL CONFL.	173	41,5	1,77	39,4	< 0,06	< 0,6	12,4	7,05	6,21	1,02	0,300	5,55	115	109	41,2	26,7	67,9
72		AVAL SUAPI	143	34,8	1,77	30,3	< 0,06	< 0,6	11,8	5,23	4,83	0,90	< 0,050	1,85	91,5	89,7	32,1	22,8	54,9
74		ANG. BALA	146	43,3	< 0,7	27,9	< 0,06	< 0,6	12,8	5,35	4,60	1,17	0,100	1,60	96,8	95,1	27,9	23,9	51,8
75		RURRENAB.	148	43,3	< 0,7	29,8	< 0,06	< 0,6	12,8	5,59	4,83	1,13	0,090	1,80	99,3	97,4	29,8	24,4	54,2

Tableau 64c: Bassin du Rio Beni et du Madre de Dios dans la plaine amazonienne.

Conductivités et teneurs ioniques des eaux (microSiemens et milliéquivalent/litre)

N° ECH.	COURS D'EAU	SITE	COND. IIS 25°C	CO ₃ H ⁻ meq.l ⁻¹	Cl ⁻ meq.l ⁻¹	SO ₄ meq.l ⁻¹	PO ₄ meq.l ⁻¹	NO ₃ meq.l ⁻¹	Ca meq.l ⁻¹	Mg meq.l ⁻¹	Na meq.l ⁻¹	K meq.l ⁻¹	Mn mg/l	Fa mg/l	xp ⁻ meq.l ⁻¹	xp ⁺ meq.l ⁻¹	xp meq.l ⁻¹
76	TIMICHUCUA	LAGUNA	112	0,79	<0,02	0,27	<0,002	<0,01	0,54	0,37	0,10	0,060	0,001	0,20	1,06	1,070	2,130
77	IVON	CAMINO	4,95	<0,04	<0,02	<0,10	<0,002	<0,01	<0,01	0,005	0,01	0,050	0,013	0,70	> 0	0,065	>0,13
78	BENI	CONFL.	81,8	0,54	<0,02	0,21	0,003	<0,01	0,37	0,17	0,09	0,050	0,280	5,60	0,753	0,680	1,433
79	MADRE DE DIOS	CONFL.	68,8	0,54	<0,02	0,10	0,003	<0,01	0,37	0,15	0,08	0,040	0,200	3,40	0,643	0,640	1,283
80	BENI	AV. CONFL.	74,2	0,57	<0,02	0,14	0,002	<0,01	0,39	0,21	0,09	0,050	0,090	3,00	0,712	0,740	1,452
81	ORIHON	CONFL.	31,7	0,21	<0,02	0,13	0,008	<0,01	0,12	0,12	0,07	0,060	0,400	3,10	0,348	0,370	0,718
82	BENI	CACHELA	73,1	0,57	<0,02	0,16	0,004	<0,01	0,37	0,21	0,12	0,050	0,090	3,20	0,734	0,750	1,484
83	BENI	CONFL.	71,9	0,54	<0,02	0,15	0,003	<0,01	0,37	0,21	0,09	0,050	0,090	2,50	0,693	0,720	1,413

Tableau 64 d : Bassin du Rio Beni et du Madre de Dios dans la plaine amazonienne.
Conductivités et teneurs ioniques des eaux (μS et mg.l^{-1}).

NO	RIVIERE	SITE	COND. HS 25°C	CO_3H^- mg.l^{-1}	Cl^- mg.l^{-1}	SO_4^{--} mg.l^{-1}	PO_4^{---} mg.l^{-1}	NO_3^- mg.l^{-1}	Ca^{++} mg.l^{-1}	Mg^{++} mg.l^{-1}	Na^+ mg.l^{-1}	K^+ mg.l^{-1}	Mn mg.l^{-1}	Fe mg.l^{-1}	P (Mn+Rb) mg.l^{-1}	P mg.l^{-1}	pe^- mg.l^{-1}	pe^+ mg.l^{-1}	pe mg.l^{-1}
76	TIMICHUCUA	LAGUNA	112	48,2	< 0,7	13,0	< 0,06	< 0,6	10,8	4,50	2,30	2,35	0,001	0,20	81,4	81,2	13,0	20,0	33,0
77	IVON	CAMINO	4,95	< 2,44	< 0,7	4,80	< 0,06	< 0,6	< 0,20	0,061	0,23	1,96	0,013	0,70	7,76	7,05	4,8	2,3	7,1
78	BENI	CONFLUENT	81,8	32,9	< 0,7	10,1	0,095	< 0,6	7,41	2,07	2,07	1,96	0,280	5,60	62,5	56,6	10,1	13,5	23,6
79	MADRE DE DIOS	CONFLUENT	68,8	32,9	< 0,7	4,80	0,095	< 0,6	7,41	1,82	1,84	1,56	0,200	3,40	54,0	50,4	4,8	12,6	17,4
80	BENI	AV. CONFLU.	74,2	34,8	< 0,7	6,72	0,06	< 0,6	7,82	2,55	2,07	1,96	0,090	3,00	59,1	56,0	6,7	14,4	21,1
81	ORIHON	CONFLUENT	31,7	12,8	< 0,7	14,4	0,253	< 0,6	2,40	1,46	1,61	2,35	0,400	3,10	38,8	35,3	14,4	7,8	22,2
82	BENI	CACHUELA E.	73,1	34,8	< 0,7	7,68	0,127	< 0,6	7,41	2,55	2,76	1,96	0,090	3,20	60,6	57,3	7,7	14,7	22,4
83	BENI	CONFLUENT	71,9	32,9	< 0,7	7,20	0,095	< 0,6	7,41	2,55	2,07	1,96	0,090	2,50	56,8	54,2	7,2	14,0	21,2

Tableau 64 e : Bassin du Rio Grande dans les Andes.

Conductivités et teneurs ioniques des eaux (microSiemens et milliéquivalent/litre).

	COURS D'EAU	SITE	COND. US 25°C	CO ₃ H ⁻ meq.l ⁻¹	Cl ⁻ meq.l ⁻¹	SO ₄ ⁻⁻ meq.l ⁻¹	PO ₄ ⁻⁻⁻ meq.l ⁻¹	NO ₃ ⁻ meq.l ⁻¹	Ca ⁺⁺ meq.l ⁻¹	Mg ⁺⁺ meq.l ⁻¹	Na ⁺ meq.l ⁻¹	K ⁺ meq.l ⁻¹	Mn mg/l	Fe mg/l	rp ⁻ meq.l ⁻¹	rp ⁺ meq.l ⁻¹	rp meq.l ⁻¹
1	CHALLA	CHALLA	182	1,39	<0,02	0,34	<0,002	<0,016	0,68	0,90	0,21	0,069	0,009	0,20	1,73	1,859	3,589
2	TAPACARI	PAROTANI	1056	3,46	0,22	7,40	<0,002	<0,016	3,48	6,44	1,48	0,164	0,660	21,50	11,08	11,564	22,64
3	ROCHA	AV.CONFL.	778	3,11	0,68	4,23	0,005	0,048	2,46	3,63	1,83	0,138	0,360	7,30	8,073	8,058	16,13
4	ROCHA	AM.CONFL.	469	2,14	1,06	1,12	0,014	0,081	1,31	0,98	2,08	0,113	0,310	3,20	4,415	4,483	8,898
45	MIZQUE	MIZQUE	315	0,28	<0,02	<0,10	<0,002	<0,01	0,10	0,09	0,07	0,026	0,060	<0,10	0,28	0,286	0,566
46	MIZQUE	CHUJLLAS	105	0,64	<0,02	0,33	<0,002	<0,01	0,43	0,35	0,18	0,031	0,033	0,20	0,97	0,991	1,961
47	CAINE	MOLINEROS	984	3,93	0,66	6,57	<0,002	0,02	3,29	5,67	2,03	0,171	0,170	1,40	11,18	11,161	22,34
48	GRANDE	P. ARCE	833	3,57	0,26	4,70	0,002	0,02	3,08	4,36	1,67	0,164	2,000	22,00	8,552	9,274	17,826
49	GRANDE	ABAPO	462	2,00	0,30	2,49	0,002	<0,01	1,98	1,77	0,92	0,146	1,140	13,50	4,792	4,816	9,608
50	GRANDE	P. PAILAS	500	2,46	0,14	2,57	<0,002	<0,01	2,27	1,74	1,05	0,115	2,800	24,50	5,17	5,175	10,345

Tableau 64 f : Bassin du Rio Grande dans les Andes.

Conductivités et teneurs ioniques des eaux (μS et mg.l^{-1}).

NO	RIO	SITE	COND. μS 25°C	CO_3^{2-} mg.l^{-1}	Cl^- mg.l^{-1}	SO_4^{2-} mg.l^{-1}	PO_4^{3-} mg.l^{-1}	NO_3^- mg.l^{-1}	Ca^{++} mg.l^{-1}	Mg^{++} mg.l^{-1}	Na^+ mg.l^{-1}	K^+ mg.l^{-1}	Mn mg.l^{-1}	Fe mg.l^{-1}	P (+Mn+Fe) mg.l^{-1}	p mg.l^{-1}	pe^- mg.l^{-1}	pe^+ mg.l^{-1}	pe^- mg.l^{-1}
1	CHALLA	CHALLA	182	84,8	< 0,7	16,3	<0,06	<1,0	13,6	10,9	12,3	2,70	0,009	0,20	141	141	16,3	39,5	55,8
2	TAPACARI	PAROTANI	1056	211	7,80	355	<0,06	<1,0	69,7	78,3	86,9	6,41	0,660	21,5	837	815	363	241	604
3	ROCHA	AVAL.CCNEL.	778	190	24,1	203	0,158	2,98	49,3	44,1	107	5,40	0,360	7,3	634	626	327	206	533
4	ROCHA	A.M.CCNEL.	469	131	37,6	53,8	0,443	5,02	26,3	11,9	122	4,42	0,310	3,2	396	392	91,4	165	256
45	MIZQUE	MIZQUE	33,5	17,1	< 0,7	< 4,8	<0,06	<0,6	2,00	1,09	4,11	1,02	0,060	0,10	25,4	25,3	>0	8,2	8,2
46	MIZQUE	CHUJLLAS	105	39,1	<0,7	15,9	<0,06	<0,6	8,62	4,25	10,6	1,21	0,033	0,20	79,9	79,7	15,9	24,7	40,6
47	CAINE	MOLINEROS	984	240	23,4	316	<0,06	1,24	65,9	68,9	119	6,69	0,170	1,40	843	841	339	260	599
48		RUENIE ARCE	833	218	9,22	226	0,06	1,24	61,7	53,0	98,0	6,41	2,00	22,0	698	675	235	219	454
49	GRANDE	ABAPO	462	122	10,6	120	0,06	<0,6	39,7	21,5	54,0	5,71	1,14	13,5	388	374	130,6	121	252
50	GRANDE	FLEXIO PALLAS	500	150	4,96	123	<0,06	<0,6	45,5	21,2	61,6	4,50	2,80	24,5	438	411	128	133	261

Tableau 64g: Bassins des affluents du Rio Grande et du Rio Maroré entre le bassin du Rio Beni et celui du Rio Grande a Abajo.
Conductivités et teneurs ioniques des eaux (microSiemens et milliéquivalent/litre)

NO ECH.	COURS D'EAU	SITE	COND. As 25°C	CO ₃ H ⁻ meq.l ⁻¹	Cl ⁻ meq.l ⁻¹	SO ₄ ⁻² meq.l ⁻¹	PO ₄ ⁻³ meq.l ⁻¹	NO ₃ ⁻ meq.l ⁻¹	Ca ⁺⁺ meq.l ⁻¹	Mg ⁺⁺ meq.l ⁻¹	Na ⁺ meq.l ⁻¹	K ⁺ meq.l ⁻¹	Mn mg/l	Fe mg/l	xp ⁻ meq.l ⁻¹	xp ⁺ meq.l ⁻¹	xp meq.l ⁻¹
34	RAPULO	RM.CCNEL	32,6	0,32	<0,02	<0,10	<0,002	<0,01	0,10	0,09	0,10	0,043	0,019	1,10	0,32	0,333	0,653
32	APERE	RM.CCNEL	71,9	0,57	<0,02	0,12	<0,002	<0,01	0,29	0,21	0,13	0,061	0,036	1,30	0,69	0,691	1,381
30	TIJAMUCHI	RM.CCNEL	118	0,79	<0,02	0,30	<0,002	<0,01	0,48	0,35	0,20	0,061	0,065	1,20	1,09	1,091	2,181
22	SECURE	RM.CCNEL	73,3	0,46	0,10	0,11	0,005	<0,016	0,38	0,19	0,09	0,033	0,090	2,10	0,675	0,693	1,368
6	ESPIRITU SANO	VILLA TUNRE	174	0,75	0,39	0,44	<0,002	<0,016	0,65	0,34	0,57	0,028	0,900	4,10	1,58	1,588	3,168
7	SAN MATEO	VILLA TUNRE	115	0,43	<0,02	0,22	<0,002	<0,016	0,27	0,25	0,10	0,015	0,200	5,20	0,65	0,635	1,285
8	CHAPARE	VILLA TUNRE	149	0,64	0,29	0,40	<0,002	<0,016	0,57	0,31	0,43	0,026	0,090	3,65	1,33	1,336	2,666
9	CHIMORE	CAMINO	54,0	0,15	<0,02	0,30	<0,002	<0,016	0,21	0,12	0,10	0,014	0,170	0,60	0,45	0,444	0,894
10	SACTA	RM.CCNEL	52,3	0,07	<0,02	0,35	<0,002	<0,016	0,17	0,13	0,09	0,019	0,290	4,40	0,42	0,409	0,829
11	ICHILO	PMILLARCEL	71,4	0,21	<0,02	0,38	<0,002	<0,016	0,26	0,18	0,12	0,026	0,170	3,10	0,59	0,586	1,176
53	YAPACANI	YAPACANI	334	3,29	<0,02	0,37	0,003	<0,01	2,52	0,76	0,32	0,059	0,033	0,80	3,663	3,659	7,322
51	PIRAY	LA ANDEHU	407	2,54	<0,12	1,59	<0,002	<0,01	1,91	1,36	0,88	0,100	0,170	1,00	4,25	4,25	8,50
52	PIRAY	SINDA CRUZ	300	2,61	<0,02	0,62	0,002	0,01	1,91	0,70	0,53	0,113	1,140	7,00	3,242	3,253	6,495

Tableau 64 h: Bassins des affluents du Rio Grande et du Rio Mamoré
entre le bassin du Rio Beni et celui du Rio Grande a Abapo.
Conductivités et teneurs ioniques des eaux (μS et mg.l^{-1}).

NO	RIO	SITE	COND. μS 25°C	CO_3H^- mg.l^{-1}	Cl^- mg.l^{-1}	SO_4^{--} mg.l^{-1}	PO_4^{--} mg.l^{-1}	NO_3^- mg.l^{-1}	Ca^{++} mg.l^{-1}	Mg^{++} mg.l^{-1}	Na^+ mg.l^{-1}	K^+ mg.l^{-1}	Mn mg.l^{-1}	Fe mg.l^{-1}	P (Mn+Fe) mg.l^{-1}	P mg.l^{-1}	Pb^+ mg.l^{-1}	Pb^+ mg.l^{-1}	Pb^+ mg.l^{-1}
34	RAPULO	AM.CONFLENCIA	32,6	19,5	<0,7	<4,8	<0,06	<0,6	2,00	1,09	2,30	1,68	0,019	1,10	27,7	26,6	>0	7,1	7,1
32	APERÉ	AM.CONFLENCIA	71,9	34,8	<0,7	5,76	<0,06	<0,6	5,81	2,55	2,99	2,39	0,038	1,30	55,6	54,3	5,8	20,8	26,6
30	TIJAMUCHI	AM.CONFLENCIA	118	48,2	<0,7	14,4	<0,06	<0,6	9,62	4,25	4,60	2,39	0,065	1,20	84,7	83,5	14,4	20,9	35,3
22	SECURE	AM.CONFLENCIA	73,3	28,1	3,54	5,28	0,158	<1,0	7,62	2,31	2,07	1,29	0,09	2,10	52,6	50,4	8,8	13,3	22,1
6	ESP. SANTO	AV.VILLA TUNARI	174	45,8	13,8	21,1	<0,06	<1,0	13,0	4,13	13,1	1,09	0,90	4,10	117	112	34,9	31,3	66,2
7	SAN MATEO	AV.VILLA TUNARI	115	32,9	4,96	15,9	<0,06	<1,0	10,2	3,28	4,83	0,63	0,045	0,80	73,5	72,7	20,9	50,3	71,2
8	CHAPARE	AV.VILLA TUNARI	149	58,6	2,48	14,4	<0,06	<1,0	13,4	4,86	5,29	1,60	0,570	18,5	120	101	16,9	25,2	42,1
9	CHIMORE	CAMINO	54,0	9,15	<0,7	14,4	<0,06	<1,0	4,21	1,46	2,30	0,55	0,170	0,60	32,8	32,1	14,4	33,7	48,1
10	SACTA	AM.CONFLENCIA	52,3	4,3	<0,7	16,8	<0,06	<1,0	3,41	1,58	2,07	0,74	0,290	4,40	33,6	28,9	16,8	7,8	24,6
11	ICHILLO	P. VILLARCEL	71,4	12,8	<0,7	18,3	<0,06	<1,0	5,21	2,19	2,76	1,02	0,170	3,10	45,6	42,3	18,3	11,2	29,5
53	YAPACANI	YAPACA II	334	201	<0,7	17,8	0,095	<0,6	50,5	9,24	7,36	2,31	0,033	0,8	289	288	17,8	69,4	87,2
51	PIRAI	LA ANCSIURA	407	155	4,25	76,4	<0,06	<0,6	38,3	16,5	20,2	3,91	0,17	1,00	316	315	80,7	79,9	160,6
52	PIRAI	SANTA CRUZ	300	159	0,7	29,8	0,06	0,62	38,3	8,51	12,2	4,42	1,14	7,00	262	254	30,5	63,4	93,9

Tableau 64 j: Bassin du Rio Mamoré dans la plaine amazonienne, Rio Itenez et Rio
Conductivités et teneurs ioniques des eaux (microSiemens et milliéquivalent/litre)

N° ECH.	COURS D'EAU	SITE	Cond AS 25°C	CO ₃ H ⁻ meq.l ⁻¹	Cl ⁻ meq.l ⁻¹	SO ₄ ⁻ meq.l ⁻¹	PO ₄ ⁻⁻⁻ meq.l ⁻¹	NO ₃ ⁻ meq.l ⁻¹	Ca ⁺⁺ meq.l ⁻¹	Mg ⁺⁺ meq.l ⁻¹	Na ⁺ meq.l ⁻¹	K ⁺ meq.l ⁻¹	Ti 9P	Hn mg/l	Fa mg/l	ip ⁻ meq.l ⁻¹	ip ⁺ meq.l ⁻¹	ip meq.l ⁻¹
9	CHIMORE	CAMINO	54,0	0,15	<0,02	0,30	<0,002	<0,016	0,21	0,12	0,10	0,014	1,7	0,170	0,60	0,45	0,444	0,894
10	SACTA	AM.CONFLU.	52,3	0,07	<0,02	0,35	<0,002	<0,016	0,17	0,13	0,09	0,019	1,5	0,290	4,40	0,42	0,409	0,829
11	ICHILLO	R.VILLARROEL	71,4	0,21	<0,02	0,38	<0,002	<0,016	0,26	0,18	0,12	0,026	2,2	0,170	3,10	0,59	0,586	1,176
12	CHIMORE	CONFL.ICHILLO	65,7	0,18	<0,02	0,38	<0,002	<0,016	0,28	0,16	0,11	0,020	2	0,370	0,50	0,56	0,570	1,130
13	ICHILLO	AV.CONFLU.	64,6	0,18	<0,02	0,36	<0,002	<0,016	0,25	0,17	0,10	0,020	2,1	0,076	2,10	0,54	0,540	1,080
14	CHORE	CONF.ICHILLO	59,8	0,43	<0,02	0,21	<0,002	<0,016	0,20	0,18	0,15	0,040	1,9	0,260	3,00	0,64	0,570	1,21
15	ICHILLO	AV.CONFLU.	69,7	0,21	<0,02	0,38	0,005	<0,016	0,25	0,19	0,12	0,026	2,2	0,090	2,70	0,595	0,586	1,181
16	ICHILLO	AM.CONFLU.	73,5	0,14	0,14	0,34	<0,002	<0,016	0,26	0,21	0,12	0,033	2,3	0,100	2,20	0,62	0,623	1,243
17	CHAPARE	CONFL.ICHILLO	138	0,96	0,07	0,30	<0,002	<0,016	0,67	0,40	0,23	0,041	5,4	0,570	18,50	1,33	1,341	2,671
18	ICHILLO	AV.CONFLU.	101	0,50	0,15	0,30	0,011	<0,016	0,44	0,30	0,16	0,043	3,7	0,260	6,70	0,961	0,943	1,904
19	GRANDE	CONFL.ICHILLO	384	2,21	0,12	1,53	0,010	<0,016	1,79	1,28	0,65	0,148	15,4	0,400	6,80	3,87	3,868	7,738
20	MAMORE	AV.CONFLU.	229	1,29	0,12	0,81	0,004	<0,016	1,03	0,72	0,39	0,085	8,7	0,260	5,30	2,224	2,225	4,449
21	MAMORE	AM.CONFLU.	216	1,32	<0,02	0,74	0,002	<0,016	0,96	0,67	0,36	0,085	8,2	0,090	2,90	2,062	2,075	4,137
22	SECURE	CONFL.MMO.	73,3	0,46	0,10	0,11	0,005	<0,016	0,38	0,19	0,09	0,033	2,8	0,090	2,10	0,675	0,693	1,368
23	MAMORE	AV.CONFLU.	176	1,00	0,09	0,58	<0,002	<0,016	0,80	0,54	0,28	0,071	6,7	0,200	4,20	1,67	1,691	3,361
24	MAMORE	P.BARADOR	173	1,07	<0,02	0,56	0,004	<0,016	0,77	0,53	0,27	0,074	6,5	0,170	4,50	1,634	1,644	3,278
25	IBARE	P.ALMACEN	75,6	0,50	<0,02	0,12	0,004	<0,02	0,24	0,22	0,14	0,079	2,3	0,050	2,00	0,624	0,679	1,303
26	TRINIDAD	PISTE 3,5k.	60,6	0,43	<0,02	<0,10	0,003	<0,02	0,20	0,18	0,12	0,077	1,85	0,038	2,20	0,433	0,577	1,010
27	TRINIDAD	YPPB	20,1	0,11	<0,02	<0,10	<0,002	<0,02	<0,01	0,04	0,09	0,038	0,2	0,038	1,50	0,11	0,168	0,278
28	TRINIDAD	L.SUAZES	18,1	0,11	<0,02	<0,10	<0,002	<0,02	<0,01	0,02	0,06	0,056	0,1	0,022	1,10	0,11	0,136	0,246
29	MAMORE	AM.CONFLU.	171	1,14	<0,02	0,53	0,002	<0,01	0,77	0,53	0,28	0,075	6,5	0,100	2,85	1,672	1,655	3,327
30	TIJAMUCHI	CONF.MMCR.	118	0,79	<0,02	0,30	<0,002	<0,01	0,48	0,35	0,20	0,061	4,2	0,065	1,20	1,09	1,091	2,181
31	MAMORE	AV.CONFLU.	93,3	0,75	<0,02	0,28	<0,002	<0,01	0,46	0,31	0,17	0,066	3,9	0,072	2,30	1,03	1,006	2,036
32	APERE	CONF.MMCR.	71,9	0,57	<0,02	0,12	<0,002	<0,01	0,29	0,21	0,13	0,061	2,5	0,038	1,30	0,69	0,691	1,381
33	MAMORE	AV.CONFLU.	129	0,86	<0,02	0,38	<0,002	<0,01	0,56	0,40	0,20	0,069	4,8	0,072	2,10	1,24	1,229	2,469
34	RAPULO	CONF.MMCR.	32,6	0,32	<0,02	<0,10	<0,002	<0,01	0,10	0,09	0,10	0,043	1,1	0,019	1,10	0,32	0,333	0,653
35	MAMORE	AV.CONFLU.	110	0,71	<0,02	0,33	<0,002	<0,01	0,46	0,33	0,19	0,064	4,0	0,076	2,55	1,04	1,044	2,084
36	MAMORE	FLEUVE	98,9	0,68	<0,02	0,26	<0,002	<0,01	0,42	0,30	0,17	0,059	3,6	0,068	2,30	0,94	0,949	1,889
37	MAMORE	FLEUVE	79,8	0,59	<0,02	0,17	<0,002	<0,01	0,29	0,25	0,14	0,066	2,7	0,035	1,20	0,76	0,746	1,506
38	MAMORE	AM.CONFLU.	71,9	0,63	<0,02	0,21	<0,002	<0,01	0,35	0,28	0,15	0,060	3,1	0,050	1,50	0,84	0,84	1,680
39	ITENEZ	CONF.MMCR.	29,4	0,25	<0,02	<0,10	<0,002	<0,01	0,08	0,08	0,06	0,038	0,8	0,018	0,90	0,25	0,258	0,508
40	MAMORE	AV.CONFLU.	48,7	0,46	<0,02	<0,10	<0,002	<0,01	0,19	0,14	0,09	0,045	1,7	0,031	1,10	0,46	0,465	0,925
41	MAMORE	GUAYARAM.	60,2	0,45	<0,02	0,11	<0,002	<0,01	0,21	0,18	0,11	0,051	2,0	0,090	1,35	0,56	0,551	1,111
42	YATA	BAC	19,1	0,16	<0,02	<0,10	0,003	<0,01	0,02	0,07	0,03	0,041	0,4	0,022	2,00	0,163	0,161	0,324
43	MAMORE	AM.CONFLU.	47,2	0,39	<0,02	0,11	<0,002	<0,01	0,19	0,16	0,10	0,051	1,8	0,090	1,60	0,50	0,501	1,001
44	MADERA	AV.CONFLU.	63,2	0,46	<0,02	0,12	0,002	<0,01	0,27	0,18	0,10	0,046	2,2	0,170	2,70	0,582	0,596	1,178

Tableau 64 i: Bassin du Rio Mamoré dans la plaine amazonienne, Rio Itenez et Rio Madera.
Conductivités et teneurs ioniques des eaux (μS et mg.l^{-1}).

NO	RIO	SITE	COND. μS 25°C	CO_3H^- mg.l^{-1}	Cl^- mg.l^{-1}	SO_4^{--} mg.l^{-1}	PO_4^{--} mg.l^{-1}	NO_3^- mg.l^{-1}	Ca^{++} mg.l^{-1}	Mg^{++} mg.l^{-1}	Na^+ mg.l^{-1}	K^+ mg.l^{-1}	Mn mg.l^{-1}	Fe mg.l^{-1}	$\frac{\text{P}}{\text{Mn}+\text{Fe}}$ mg.l^{-1}	p mg.l^{-1}	pe ⁻ mg.l^{-1}	pe ⁺ mg.l^{-1}	pe mg.l^{-1}
9	CHIMORE	CAMINO	54,0	91,5	<0,7	14,4	<0,06	<1,0	4,21	1,46	2,30	0,547	0,170	0,60	32,7	31,9	14,4	8,5	22,9
10	SACTA	AM.CONFLUENT	52,3	4,27	<0,7	16,8	<0,06	<1,0	3,41	1,58	2,07	0,743	0,290	4,40	33,6	28,9	16,8	7,8	24,6
11	ICHILLO	P.VILLARROEL	71,4	12,8	<0,7	18,3	<0,06	<1,0	5,21	2,19	2,76	1,02	0,170	3,10	45,6	42,3	18,3	11,2	29,5
12	CHIMORE	CONEL. ICHILLO	65,7	11,0	<0,7	18,3	<0,06	<1,0	5,61	1,94	2,53	0,782	0,370	10,50	51,0	40,1	18,3	10,9	29,2
13	ICHILLO	AV.CONFLUENT	64,6	11,0	<0,7	17,3	<0,06	<1,0	5,01	2,07	2,30	0,782	0,076	2,10	40,6	38,4	17,3	10,2	27,5
14	CHORO	CONEL. ICHILLO	59,8	26,2	<0,7	10,1	<0,06	<1,0	4,01	2,19	3,45	1,56	0,260	3,00	50,8	47,5	10,1	21,4	31,5
15	ICHILLO	AV.CONFLUENT	69,7	12,8	<0,7	18,3	0,158	<1,0	5,01	2,31	2,76	1,02	0,090	2,70	45,1	42,3	18,3	32,5	50,8
16	ICHILLO	AM.CONFLUENT	73,5	8,54	4,96	16,3	<0,06	<1,0	5,21	2,55	2,76	1,29	0,100	2,20	43,9	41,6	21,0	11,8	32,8
17	CHAPARE	CONEL. ICHILLO	138	58,6	2,48	14,4	<0,06	<1,0	13,4	4,86	5,29	1,60	0,570	18,5	120	101	16,9	25,2	42,1
18	ICHILLO	AV.CONFLUENT	101	30,5	5,32	14,4	0,348	<1,0	8,82	3,65	3,68	1,68	0,260	6,70	75,3	68,3	19,7	17,2	36,9
19	GRANDE	CONEL. ICHILLO	384	135	4,25	73,5	0,317	<1,0	35,9	15,6	14,9	5,79	0,400	6,80	292	285	77,8	72,2	150
20	MAMORE	AV.CONFLUENT	229	78,7	4,25	38,9	0,127	<1,0	20,6	8,75	8,97	3,32	0,260	5,30	169	163	43,2	41,6	84,8
21	MAMORE	AV.CONFLUENT	216	80,5	<0,7	35,5	0,06	<1,0	19,2	8,14	8,28	3,32	0,090	2,90	158	155	35,5	38,9	74,4
22	SECURE	CONEL.MAMORE	73,3	28,1	3,55	5,28	0,158	<1,0	7,62	2,31	2,07	1,29	0,090	2,10	52,6	50,4	8,8	13,3	22,1
23	MAMORE	AV.CONFLUENT	176	61,0	3,19	27,9	<0,06	<1,0	16,0	6,56	6,44	2,78	0,200	4,30	128	124	31,1	31,8	62,9
24	MAMORE	P. BARADOR	173	65,3	<0,7	26,9	0,127	<1,0	15,4	6,44	6,21	2,89	0,170	4,50	128	123	26,9	30,9	57,8
25	IBARE	P. ALMACEN	75,6	30,5	<0,7	5,76	0,127	<1,2	4,81	2,67	3,22	3,09	0,050	2,00	52,2	50,2	5,8	13,8	19,6
26	INONDATION	FISIE P.A. Km 3,5	60,6	26,2	<0,7	4,48	0,094	<1,2	4,01	2,19	2,76	3,01	0,038	2,20	40,5	38,3	>0	12,0	12,0
27	INONDATION	CIRCUNAL. MPFB	20,1	6,71	<0,7	4,48	<0,06	<1,2	<0,20	0,486	2,07	1,49	0,038	1,50	12,3	10,8	>0	4,1	4,1
28	LAGUNA	SUAREZ	18,1	6,71	<0,7	4,48	<0,06	<1,2	<0,20	0,243	1,38	2,19	0,022	1,10	11,6	10,5	>0	3,8	3,8
29	MAMORE	AM.CONFLUENT	171	69,6	<0,7	25,5	0,06	<0,6	15,4	6,44	6,44	2,93	0,100	2,85	129	126	25,5	31,2	56,7
30	TIJAMILI	CONEL.MAMORE	118	48,2	<0,7	14,4	<0,06	<0,6	9,62	4,25	4,60	2,39	0,065	1,20	84,7	83,5	14,4	20,1	34,5
31	MAMORE	AV.CONFLUENT	93,3	45,8	<0,7	13,4	<0,06	<0,6	9,22	3,77	3,91	2,58	0,072	2,30	81,1	78,7	13,4	19,5	32,9
32	APERE	CONEL.MAMORE	71,9	34,8	<0,7	5,76	<0,06	<0,6	5,81	2,55	2,99	2,39	0,038	1,30	55,6	54,3	5,8	13,7	19,5
33	MAMORE	AV.CONFLUENT	129	52,5	<0,7	18,3	<0,06	<0,6	11,2	4,86	4,60	2,70	0,072	2,10	96,3	94,1	18,3	23,4	41,7
34	RAPULO	CONEL.MAMORE	32,6	19,5	<0,7	4,48	<0,06	<0,6	2,00	1,09	2,30	1,68	0,019	1,10	27,7	26,6	>0	7,1	7,1
35	MAMORE	AV.CONFLUENT	110	43,3	<0,7	15,9	<0,06	<0,6	9,22	4,01	4,37	2,50	0,076	2,55	81,9	79,3	15,9	20,1	36,0
36	MAMORE	FLEUVE	98,9	41,5	<0,7	12,5	<0,06	<0,6	8,42	3,65	3,91	2,31	0,068	2,30	74,7	72,3	12,5	18,3	30,8
37	MAMORE	FLEUVE	79,8	36,0	<0,7	8,17	<0,06	<0,6	5,81	3,04	3,22	2,58	0,035	1,20	60,1	58,9	8,2	14,7	22,9
38	MAMORE	AM.CONFLUENT	71,9	38,4	<0,7	10,1	<0,06	<0,6	7,01	3,40	3,45	2,35	0,050	1,50	66,3	64,8	10,1	16,2	26,3
39	ITENEZ	CONF.MAMORE	29,4	15,3	<0,7	4,48	<0,06	<0,6	1,60	0,972	1,38	1,49	0,018	0,90	21,7	20,8	>0	5,4	5,4
40	MAMORE	AV.CONFLUENT	48,7	28,1	<0,7	4,48	<0,06	<0,6	3,81	1,70	2,07	1,76	0,031	1,10	38,6	37,5	>0	9,3	9,3
41	MAMORE	GUAYARAMERIN	60,2	27,5	<0,7	5,28	<0,06	<0,6	4,21	2,19	2,53	1,99	0,090	1,35	45,1	43,7	5,3	10,9	16,2
42	YATA	BAC	19,1	9,76	<0,7	4,48	0,095	<0,6	0,401	0,851	0,670	1,60	0,022	2,00	15,3	13,3	>0	3,5	3,5
43	MAMORE	AM.CONFLUENT	47,2	23,8	<0,7	5,28	<0,06	<0,6	3,81	1,94	2,30	1,99	0,090	1,60	40,8	39,1	5,3	10,0	15,3
44	MADERA	AV.CONFLUENT	63,2	28,1	<0,7	5,76	0,06	<0,6	5,41	2,19	2,30	1,80	0,170	2,70	48,5	45,6	5,8	11,7	17,5

CONCLUSION

Par leurs exportations hydriques et salines, les Rios Beni et Mamoré à leur confluence, ainsi que le Rio Madera qu'ils forment, se situent parmi les plus grands fleuves du monde. Le bassin amazonien de Bolivie qui constitue en cet endroit 72% du bassin du Haut Madera (850 000 km²), assure une part importante des transferts de matières en Amazonie et dans le monde.

Dans les Andes, le lessivage des roches altérées ou de type évaporitique engendre des minéralisations diversifiées des eaux fluviales, selon la lithologie des bassins et les conditions bio-climatiques qui y règnent. Plusieurs types hydrochimiques se distinguent, tels que les faciès bicarbonatés calciques, sulfatés calciques ou magnésiens. Dans la plaine, le type le plus remarquable revient aux eaux d'inondation extrêmement peu chargées, enrichies en potassium et ne contenant souvent pas de calcium.

L'acquisition de la minéralisation des cours d'eau andins au fur et à mesure de la traversée de terrains riches en évaporites ainsi que l'apport en chlorures, cependant faible, qui s'y produit, est un phénomène qui sera précisé. De même, la genèse de la minéralisation des eaux brunes des plaines d'inondation, notamment les interactions entre celles-ci et la végétation, représentent une étude biogéochimiques à entreprendre, compte tenu des vastes superficies couvertes par ces eaux en Amazonie et dans le monde. Ce thème devrait s'intégrer à l'étude en cours sur l'écologie des différents milieux aquatiques du versant amazonien des Andes et de la plaine orientale. Ces études seront mises en relation avec celles des ressources piscicoles exceptionnellement importantes dans cette région.

De tels résultats sont attendus pour les projets de développement agricole , industriel et urbain .

Les exportations hydriques , à la confluence où se forment le Haut Madera , atteignent $17\ 000\ m^3 \cdot s^{-1}$, soit 537 milliards de mètres cubes par an. Les exportations salines sont de 1 tonne par seconde, soit 32 millions de tonnes par an.

Les eaux évacuent principalement des bicarbonates (61%), puis des sulfates (14%), du calcium (11%), du sodium (5%), du magnésium (5%) et du potassium (4%).

La précision de l'évaluation des exportations doit être encore améliorée, par l'obtention de séries d'observations plus longues et continues, et la possibilité de calculer des moyennes pondérées, à échelle journalière, par les débits.

La connaissance de l'hydrologie et de l'hydrochimie du bassin amazonien de Bolivie doit s'élargir par une comparaison avec les résultats disponibles pour le reste du bassin de l'Amazone, et par une meilleure définition de la contribution aux bilans mondiaux.

Les études qui se poursuivent en ces domaines dans le cadre du PHICAB, intègrent la mesure des charges en suspension et de leur exportation. Les résultats intéressent les projets de barrages hydro-électriques, d'irrigation et de régulation d'Angosto del Bala, Abapo et Cachuela Esperanza. D'autre part, l'étude géochimique de ce grand bassin du monde doit s'attacher, avec l'évaluation des quantités érodées et sédimentées, à la connaissance des phénomènes de sédimentation réglés en partie par les interactions entre la phase en suspension et la phase en solution, par l'évolution longitudinale des argiles et leurs éventuelles diagénèses.

Cette reconnaissance hydrochimique et l'évaluation des exportations hydriques et salines du bassin amazonien de Bolivie, en apportant un ensemble de résultats sur le fonctionnement de ce système hydrologique, constitue une première étape des études en ce domaine.

P H I C A B

LISTE DE TRAVAUX
SEPTEMBRE 1986

- ABASTO N, HOORELBECKE R, ROCHE MA, et al (1985). Características y calibración de la red hidrométrica PHICAB en la cuenca amazónica de Bolivia. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM, 120 p.
- ABASTO N, HOORELBECKE R, ROCHE MA, RUBIN DE CELIS L (1985). Alturas de agua y caudales, limnigramas y hidrógramas de la red hidrométrica PHICAB en la cuenca amazónica de Bolivia. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM, 70 p.
- APOTEKER A, ROCHE MA, RUBIN DE CELIS L (1985). Programas informáticos para el procesamiento de datos de conductividad de agua, PHICABC. Goupil 3 Flex 9 Basic 8" ploter. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM, 21 p.
- ESPINOZA OF (1985). Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Beni. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IHH Tesis UMSA, 181p.
- GARCIA WA (1985). Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Mamoré. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IHH Tesis UMSA, 110 p.
- GUZMAN WD, ROCHE MA (1985). Programas de análisis pluviométricos (consistencia de datos mensuales para 50 estaciones, hietógramas mensuales de series de 30 años, análisis mensuales de la estación seca y húmeda para series mensuales de 30 años). Flex 9 BASIC GOUPIL 8" ploter. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IHH, 24 p.
- LOZADA GA (1985). Balance hídrico superficial de la cuenca del Lago Titicaca. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IHH. Tesis UMSA, 158 p.
- MARIACA JJ (1985). Balance hídrico superficial de la cuenca del Lago Poopo y los salares de Uyuni y Coipasa-Bolivia. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IHH. Tesis UMSA 203 p.
- ROCHE MA (1982). Les conditions d'une étude hydrologique en Amazonie Bolivienne. PHICAB: ORSTOM, 31 p.
- ROCHE MA, CANEDO M (1984). Programa Hidrológico y Climatológico de la Cuenca Amazónica de Bolivia. Plaquette de présentation du PHICAB: SENAMHI-ORSTOM, Folleto 4 p.
- ROCHE MA, ROCHA N (1985). Mapa pluviométrico de Bolivia y regiones vecinas, 1/4 000 000. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM, 1 hoja offs.
- ROCHE MA, ABASTO N, TOLEDE M, CORDIER JP, POINTILLART C (1986). Mapa de las salinidades iónicas de los ríos de la Cuenca Amazónica de Bolivia. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-LHM, 1 hoja offset.
- ROCHE MA, ABASTO N, TOLEDE M, CORDIER JP, POINTILLART C (1986). Mapa de las concentraciones en aniones de los ríos de la Cuenca Amazónica de Bolivia. PHICAB: ORSTOM-SENAMHI-LHM, 1 hoja offset.

- ROCHE MA, ABASTO N, TOLEDE M, CORDIER JP, POINTILLART C (1986). Mapa de las concentraciones en cationes de los ríos de la Cuenca Amazónica de Bolivia. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-LHM ,1 hoja offset.
- ROCHE MA, FERNANDEZ C, APOTEKER A, ABASTO N, CALLE H, TOLEDE M, CORDIER J.P, POINTILLART C, (1986). Reconnaissance hydrochimique et première évaluation des exportations hydriques et salines des fleuves de l'Amazonie bolivienne. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IHH-LHM, 257 p.
- RONCHAIL J (1985) Situations météorologiques et variations climatologiques en Bolivie (Situations météorologiques - Analyses de séries climatiques - Inventaire de saisons exceptionnelles). PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IFEA-AASANA, 60 p.
- RONCHAIL J (1985). Relations de saisons remarquables avec la structure de l'atmosphère et les situations météorologiques sur l'Altiplano péruano-bolivien. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IFEA-AASANA, 38 p.
- RONCHAIL J (1986). Variations climatiques hivernales à Santa Cruz de la Sierra. Amazonie bolivienne. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IFEA-AASANA. Communication au Symposium Ecologique-Impacto del Desarrollo en la Ecologia del Trópico Boliviano, Santa Cruz 1986, 16 p.
- RONCHAIL J (1986). Situations atmosphériques et précipitations comparées sur l'Altiplano et l'Amazonie - Bolivie. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IFEA-AASANA, 36 p.
- RONCHAIL J (1986). Situations atmosphériques et températures comparées sur l'Altiplano et l'Amazonie - Bolivie. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IFEA-AASANA (previsto).
- RUBIN DE CELIS L, ROCHE MA (1985). Programas informaticos para el procesamiento de datos hidrométricos básicos PHICABHQ. Goupil3 Flex9 BASIC 8" ploter. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM, 58 p.

BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

- ALEKIN O.A., BRAZHNIKOVA L.V., 1968 - Dissolved matter discharge and mechanical and chemical erosion. Geochemistry Precipitation, Evaporation, Soil moisture, Hydrometry. Proceedings of the gen. Assembly of Berne, A.I.H.S., 78, IV, p. 35-41.
- ANDERSON B.H., HAWKES H.E., 1958 - Relative mobility of the common elements in weathering of some schist and granite areas. Geochim. Cosmochim. Acta, 14, p. 204-210.
- AUVRAY C., 1961 - Monographie du Niger. B. La zone lacustre, bilan hydrologique, synthèse de l'écoulement. ORSTOM, 75 p.
- BAUMGARTNER, A. and REICHEL, E., 1975 - "The World Water Balance". Elsevier, Amsterdam, 179 pp.
- BEAUCHAMP R.S.A., 1956 - The electrical conductivity of the headwater of the white Nile. Nature. Lond., 178, 4534, pp. 616-619.
- BERTHOIS L., 1969 - Apports en solution par les eaux de la Loire de 1957 à 1968. C.R. Acad. Sci., Paris, sér. D, T. 269, p. 2072-2075.
- BILLON B., GUISCAFRE J., HERBAUD J., OBERLIN G., 1969 - Le bassin du fleuve Chari. ORSTOM, Paris, 450 p.
- BOUCHARDEAU A., BILLON B., ROCHE M., RODIER J., 1968 - Monographie hydrologique du Logone. V-2 : Interprétation des données du Logone inférieur (la Tandjilé et les plaines du Logone inférieur). ORSTOM, Paris, p. 17-401.
- CONWAY E.J., 1942 - Mean geochemical data in relation to oceanic evolution. Royal Irish Acad. Proceedings, n° 48, B, p. 119-159.
- CORBEL J., 1964 - L'érosion terrestre. Etude quantitative. Ann.Géogr., n° 73, 398, p. 385-412.
- DEIST J., TALIBUDEEN D., 1967 - Thermodynamics of K-Ca ion exchange in soils. Journ. Soil. Sci., 18, p. 138-148.
- DURUM W.H., HEIDEL S.G., TISON L.J., 1960 - World wide runoff of dissolved solids. A.I.H.S. Ass. Gen. Helsinki, Publ. 51, pp. 618-628.
- GAC J.Y., 1980 - Géochimie du bassin du Lac Tchad. Bilan de l'altération, de l'érosion et de la sédimentation, ORSTOM, 251 p.
- GIBBS R.J., 1967 - The geochemistry of the Amazon river system. Part I : The factors that control the salinity and the composition and concentration of the suspended solids. Geol. Soc. Amer. Bull., 78, 10, p. 1203-1232.
- GIBBS R.J., 1970 - Mechanism controlling world water chemistry. Science, 170 p. 1088-1090.

- GIBBS R.J., 1972 - Water chemistry of the Amazon River. Geochim. Cosmochim. Acta, 36, p. 1061-1066.
- LENOIR F., 1972 - Exportation chimique d'un bassin intertropical (le Bandama, Côte d'Ivoire). Influence des conditions hydrologiques. Thèse Sci., Nice, ORSTOM, 335 p.
- LEOPOLD L.B., 1962 - Rivers. Amer. Scienc., vol. 50, n° 4, p. 511-537.
- LERMAN A., 1979 - Geochemical processes, Water and Sediment Environment. Wiley, New York, 482 pp.
- LITSITZIN A.P., 1972 - Sedimentation in the world ocean. Soc. Econ. Paleont. Miner., special publications, n° 17, 218 p.
- LIVINGSTONE D.A., 1963 - Chemical composition of rivers and lakes. Date of geochemistry, US. Geol. Survey, Prof. Paper, 440 G, 64 p.
- LIVINGSTONE D.A., 1963 - Chemical composition of rivers and lakes. In Data of Geochemistry. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper. 440 G, 64 p.
- LOUP J., 1974 - Les eaux terrestres. Masson ed., Paris, 172 p.
- LUCAS A., 1908 - The chemistry on the river Nile. Egypt Survey Dept., Cairo, 7, 78 p.
- LUCAS A., 1962 - La transformation des minéraux argileux dans la sédimentation. Etudes sur les argiles du trias. Mém. Serv. Carte Géol. Als. Lorr., Strasbourg, 22, 202 p.
- LVOVITCH M.I. - World water balance, General Report, Publ. 93, pp. 401-415, AIHS, Reading, U.K., 1970.
- MANTOURA R.F.C., 1981 - Organo-metallic interactions in natural waters. In : "Marine Organic Chemistry", E.K. Duursma and R. Dawson, eds. Elsevier, Amsterdam.
- MARTIN J.M. and MEYBECK M., 1979 - Elemental mass-balance of material carried by world major rivers. Marine Chem., 7, 173-206.
- MARTIN J.M., WHITFIELD M., 1983 - The significance of the river input of Chemical elements to the ocean. From Trace metal in sea water. Ed. Wong, Plenum Publishing Corporation.
- MAYNAR J.B., 1981 - Chemical mass-balance between rivers and oceans. Proc. Symp. on "Chemical Cycles in the Evolution of the Earth", Yellow Springs, Ohio, Sept. 1980.
- MEADE R.H., NORDIN C.F., CURTIS W.F., COSTA-RODRIGUEZ F.M., DOVALE C.M. and EDMOND J.M., 1979 - Sediment loads in the Amazon river. Nature, 278, 161-163.
- MEADE R.H., 1980 - Man's influence on the discharge of fresh water, dissolved material and sediments by rivers to the Atlantic coastal zone of the United States. Proc. SCOR/ACMR/ECOR/IAHS/UNESCO/CMG/IABO/IAPSO workshop on River Input to Ocean Systems, Rome, 26-30 March 1979. J.M. Martin, J.D. Burton, D. Eisma, eds. UNEP/UNESCO, 1980, pp. 309-310.
- MEYBECK M., 1970 - Bilan hydrochimique et géochimique du lac Léman. Thèse, Centre Rech. Géodyn., Thonon, 245 p.
- MEYBECK M., CARBONNEL J.P., 1975 - Chemical transport by the Mekong river. Nature, vol. 255, p. 134-136.

- MILLOT G., 1964 - Géologie des argiles. Masson, Paris, 499 p.
- MONNET C., 1972 - Contribution à l'étude de la dynamique et de la nature des suspensions d'un fleuve intertropical, le Bandama, Côte d'Ivoire. Evolution des éléments chimiques des eaux de son estuaire. Thèse Doctorat, Université de Nice, 427 p.
- NESTEROVA I.L., 1960 - Chemical composition of the suspended and dissolved loads of the Ob River. Geochemistry, 4, p. 424-431.
- OLTMAN R.E., 1966 - Reconnaissance investigation of the discharge and water quality of the Amazon. Paper presented at Associacao de Biologia Tropical. Simposio nobre a Biota Amazonica, June 7, Belem, Para, Brazil, p. 1-20.
- PARDE M., 1965 - Sur les débits monstrueux de l'Amazone. Ann. de Géographie, 74 p. 113-114.
- PARDE M., 1968 - Nouveautés sur les débits monstrueux de l'Amazone. Ann. de Géographie, 77, p. 202-208.
- POUYAUD B., 1972 - Premiers jaugeages précis réalisés par l'ORSTOM sur le Congo à Maluku-Trechot. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. IX, n° 2, p. 33-39.
- RIOU C., 1972 - Etude de l'évaporation en Afrique centrale. Mém. ORSTOM, n° 80, 286 p.
- ROCHE M.A., 1967 - Premières estimations des apports en sels au lac Tchad par le Chari. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., V, 1, 1968, pp. 55-89.
- ROCHE M.A., 1968 a - L'eau dans la Haute Saoura - Sahara nord-occidental. Thèse de troisième cycle, Paris, juin 1968, 295 p.
- ROCHE M.A., 1970 a - Hydrogéologie des côtes du lac Tchad à No, Tchinguam et Soro (Kanem). Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., VII, 3 pp. 89-116.
- ROCHE M.A., 1972 b - Traçage hydrochimique naturel du mouvement des eaux dans le lac Tchad. Sect. Hydrol. ORSTOM, Paris, octobre 1972, 10 p., C.R. Symposium sur l'Hydrologie des lacs, A.I.H.S. Helsinki (1973, pp. 18-27).
- ROCHE M.A., 1973 a - Hydrogéologie de la Haute Saoura (Sahara nord-occidental), Serv. Géol. de l'Algérie, Bull. 43, et C.N.R.S./C.R.Z.A., sér. géol., n° 18, 4 planches hors-texte, 110 p.
- ROCHE M.A., 1973 b - Traçage naturel salin et isotopique des eaux du système hydrologique du lac Tchad. Thèse de Doctorat es-Sciences, octobre 1973, Paris VI, 389 p., Trav. et Doc. de l'ORSTOM, Ed. 1980.
- ROCHE M.A., 1975 a - Geochemistry and Natural Ionic and Isotopic Tracing : Two Complementary Ways to Study the Salinity Regime of the Hydrological System of Lake Chad. Journal of Hydrology, 26, pp. 153-171, présenté Coll. Hydrochimie des eaux naturelles, Burlington (Canada), août 1975.
- ROCHE M.A., 1976 - Méthodologie de mesure de la dynamique des eaux, des sels et des suspensions en estuaire. C.R. Quatorzièmes Journées de l'Hydraulique, Société Hydrotechnique de France, Question III, rapport 1, pp. 1-8.
- ROCHE M.A., 1977 a - Lake Chad : a Subdesertic Terminal Lake with Fresh Water, C.R. Conf. Terminal Lakes, Salt Lake City, 8 p.

- ROCHE M.A., 1977 c - Hydrodynamique et évaluation du risque de pollution dans un estuaire à marées. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. XIV, n° 4, 36 p.
- ROCHE M.A., 1978 - Etude hydrologique du Sinnamary à Petit-Saut et Saut Tigre en vue de l'implantation d'un barrage hydroélectrique. ORSTOM, 22 p.
- ROCHE M.A., 1981 - Watershed Investigations for Development of Forest Resources of the Amazon Region in French Guyana. C.R. Conf. intern. sur l'Hydrologie des bassins aménagés. Ibadan. In Tropical Agricultural Hydrology. Ed. R. Lal and E.W. Russell. John Wiley and Son Ltd., pp. 75-82.
- ROCHE M.A., 1982 - Evapotranspiration de la forêt amazonienne en Guyane. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., XIV n° 1, pp. 37-44.
- ROCHE M.A., 1982 - Comportements hydrologiques comparés et érosion de l'écosystème tropical humide à Ecerex, en Guyane. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., pp. 81-114.
- RODIER J., 1964 - Régimes hydrologiques de l'Afrique noire à l'ouest du Congo. ORSTOM, Paris, 137 p.
- SCHOELLER H., 1962 - Les eaux souterraines. Masson. Paris. 642 p.
- STRUILLOU R., 1965 - Lessivage des roches à feldspaths par l'eau en climat tempéré. C.R. Acad. Sciences, Paris, sér.D, 261 p., p 179-182.
- STUMM W. and MORGAN J.J., 1970 - Aquatic Chemistry. Wiley Interscience, New York.
- TALLING J., 1957 - The longitudinal succession of water characteristics in the white Nile. Hydrobiologia, 9, 1, pp. 73-89.
- TALLING J. and TALLING I.B., 1965 - The chemical composition of African Lake waters. Int.Rev.Gesamten Hydrobiol., 50,3,pp. 63-121.
- TALLING J.F., 1969 - The incidence of vertical mixing, and some biological and chemical consequences in tropical african lakes. Verh. Internat. Verein. Limnol., 17, pp. 998-1012.
- TANJI K.K., BIGGAR J.W., 1972 - Specific conductance model for natural waters and soil solutions of limited salinity levels. Water Resour.Res., 8, p. 145-153.
- TARDY Y., 1967 - Etude géochimique des eaux d'une nappe d'arène en en pays cristallin (Korhogo, Côte d'Ivoire). Bull.serv.Carte Géol. Als.Lorr., Strasbourg, 20, 4, p. 235-256.
- TARDY Y., 1968 - Une méthode de détermination des types d'altération actuels par l'étude des eaux en pays granitiques et gneissiques. C.R. Acad. Sci., Paris, sér. D, 267, p. 579-582.
- TARDY Y., 1969 - Géochimie des altérations. Etude des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique. Mém. Serv. Carte Géol. Als.Lorr., Strasbourg, 31, 199 p.
- TURNER D.R., DICKSON A.G. and WHITFIELD M., 1980 - Water-rock partition coefficients and the composition of natural waters, a reassessment. Marine Chem., 9, 211-218.
- UNESCO, 1969 - Discharge of selected rivers of the world. Vol. I-III, séries on studies and reports in Hydrology.
- UNESCO, 1979 - World Register of Rivers discharging to the oceans. Division of Water Sciences, Techn. Paper.

- U.S. Geological Survey, 1966-1967 - Quality of surface waters of the United States, Water Supply Papers.
- YAMAMOTO T., OTSUKA Y., OKAZAKI M. and OKAMOTO K., 1980 - A method of data analysis on the distribution of chemical elements in the biosphere. In: "Analytical Techniques in Environmental Chemistry", J. Albaiges, ed. Pergamon Press, Oxford, pp. 401-408.
- ZHANG Z.B. and LIU L.S., 1978 - A study of the theory of the liquid-solid distribution of the elements in sea water. The theory of distribution equilibria of minor elements on hydrous oxide in sea water. Oceanol.Limnol.Sinica, 9, 151-157 (in Chinese).

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1 : Situation du haut bassin du Rio Madera en Amazonie.
- Fig. 2 : Les stations hydrométriques (réseau PHICAB) et de prélèvements périodiques dans le bassin amazonien de Bolivie.
- Fig. 3 : Forme des hydrogrammes depuis le pied des Andes jusqu'à la formation du Rio Madera. Exemple du Rio Mamoré.
- Fig. 4 : Carte hydrographique de Bolivie.
- Fig. 5 : Les grands bassins étudiés en Amazonie bolivienne.
- Fig. 6 : Précipitations moyennes annuelles sur les bassins (réduction de la carte offset au 1/4000 000).
- Fig. 7 : Pressions, vents, zones de convergence et fronts. Schéma "moyen" dans le monde et en Bolivie, basé sur des données de pressions pour la période 1931-1960.
- Fig. 8 : Régressions entre la conductivité et la salinité (exprimée en mg.l^{-1} ou en mg.l^{-1}).
- Fig. 9 : Régressions entre l'alcalinité et la conductivité, et entre l'alcalinité de terrain et de laboratoire.
- Fig. 10a,b,c,d : Conductivités et hauteurs d'eau journalières du Rio Unduevi à Puente Villa.
- Fig. 11a,b,c,d : Conductivités et hauteurs d'eau journalières du Rio Tequesi à Puente Villa.
- Fig. 12a,b,c,d : Conductivités et hauteurs d'eau journalières du Rio Tanampaya à Puente Villa.
- Fig. 13 : Distribution des conductivités moyennes mensuelles à Puente Villa.
- Fig. 14 : Conductivités et débits journaliers du Rio Beni à Angosto del Bala.
- Fig. 15 : Distribution des conductivités moyennes mensuelles du Rio Beni à Angosto del Bala.
- Fig. 16 : Régression entre la conductivité et le débit moyens mensuels du Rio Beni à Angosto del Bala.
- Fig. 17 : Conductivités et débits journaliers du Rio Beni à Portachuelo.
- Fig. 18 : Distribution des conductivités moyennes mensuelles (en l'état et opérationnelles) du Rio Beni à Portachuelo, de 1983 à 1985.
- Fig. 19 : Hydrogrammes comparés des Rios Beni, Madre de Dios et Orthon en 1984.
- Fig. 20 : Hydrogrammes comparés des Rios Beni, Madre de Dios et Orthon en 1985.
- Fig. 21a,b,c : Conductivités et débits journaliers du Rio Madre de Dios à Miraflores, en 1983, 1984 et 1985.
- Fig. 22a,b,c,d : Distribution des conductivités moyennes mensuelles et des débits moyens mensuels (en l'état et opérationnelles) du Rio Madre de Dios à Miraflores, de 1983 à 1985.
- Fig. 23 : Relation entre la conductivité et le débit moyens mensuels du Rio Madre de Dios à Miraflores.
- Fig. 24a,b,c : Conductivités et débits journaliers du Rio Orthon à Miraflores, en 1983, 1984 et 1985.
- Fig. 25 : Distribution des conductivités moyennes mensuelles (en l'état et opérationnelles) du Rio Orthon à Caracoles de 1983 à 1985.
- Fig. 26 : Relation entre la conductivité et le débit moyens mensuels du Rio Orthon à Caracoles.
- Fig. 27a,b,c : Conductivités et débits journaliers du Rio Beni à Cachuela Esperanza, en 1983, 1984 et 1985.
- Fig. 28a,b : Distribution des conductivités moyennes mensuelles (en l'état et opérationnelles) du Rio Beni à Cachuela Esperanza, de 1983 à 1985.
- Fig. 29a,b : Conductivités et hauteurs d'eau journalières du Rio Grande Abapo, en 1983 et 1984.
- Fig. 30 : Distribution des conductivités moyennes mensuelles (en l'état) du Rio Grande à Abapo, en 1983 et 1984.
- Fig. 31 : Carte hydrographique des bassins du Rio Grande et des cours d'eau andins orientaux.
- Fig. 32 : Points de prélèvements d'eau sur les Rios Chaparé, Chimoré et Ichilo et leurs affluents.
- Fig. 33a,b : Conductivités et débits journaliers du Rio Ichilo à Puerto Villarreal, en 1983 et 1984.
- Fig. 34 : Distribution des conductivités moyennes mensuelles (en l'état) du Rio Ichilo à Puerto Villarreal, de 1983 à 1985.
- Fig. 35a,b,c : Conductivités et hauteurs d'eau journalières du Rio Mamoré à Puerto Ganadero, de 1982 à 1984.
- Fig. 36 : Distribution des conductivités moyennes mensuelles (en l'état) du Rio Mamoré à Puerto Ganadero, de 1982 à 1985.
- Fig. 37a,b,c : Conductivités et hauteurs d'eau journalières du Rio Ibaré à Puerto Almacen, de 1983 à 1985.
- Fig. 38 : Distribution des conductivités moyennes mensuelles (en l'état) du Rio Ibaré à Puerto Almacen, de 1983 à 1985.
- Fig. 39a,b,c : Conductivités et débits journaliers du Rio Mamoré à Puerto Siles, de 1983 à 1985.
- Fig. 40a,b : Distribution des conductivités moyennes mensuelles (en l'état et opérationnelles) du Rio Mamoré à Puerto Siles, de 1983 à 1985.
- Fig. 41a,b,c : Conductivités et débits journaliers du Rio Itenez à Campamento Moré-Príncipe da Beira, de 1983 à 1985.
- Fig. 42a,b : Distribution des conductivités moyennes mensuelles (en l'état et opérationnelles) du Rio Itenez à Campamento Moré, de 1983 à 1985.
- Fig. 43a,b,c : Conductivités et débits journaliers du Rio Mamoré à Guayaramarín, de 1983 à 1985.

Fig. 44a,b : Distribution des conductivités moyennes mensuelles (en l'état et opérationnelles) du Rio Mamoré à Guayaramerin, de 1983 à 1985.

Fig. 45 : Hydrogrammes observés à Guayaramerin de 1970 à 1985, et hydrogramme moyen de cette période.

Fig. 46 : Les exportations hydriques moyennes pluriannuelles des fleuves du haut bassin du Rio Madera.

Fig. 47 : Les salinités et les exportations ioniques moyennes pluriannuelles des fleuves du haut bassin du Rio Madera.

Fig. 48 : Evolution de la salinité ionique globale des eaux d'amont en aval dans le bassin amazonien de Bolivie.

Fig. 49 : Evolution des concentrations ioniques spécifiques dans les fleuves du bassin amazonien de Bolivie.

Fig. 50 : Profil d'évolution des salinités des eaux du Rio Beni, depuis la "source" andine jusqu'au Rio Madera.

Fig. 51 : Profil d'évolution des salinités des eaux du Rio Mamoré depuis la "source" andine jusqu'au Rio Madera.

Fig. 52 : Carte des concentrations en phosphates dans les fleuves du bassin amazonien de Bolivie.

LISTE DE TABLEAUX

- | | | | |
|----------|---|-----------|--|
| 1 | : Superficie des bassins versants amazoniens de Bolivie : Grande-Mamoré-Itenez. | 23 | : Salinités et exportations annuelles du Rio Madre de Dios à Miraflores. |
| 2 | : Superficie des bassins versants amazoniens de Bolivie:Orthon-Madre de Dios-Beni. | 24 | : Salinités et exportations annuelles du Rio Madre de Dios à sa confluence avec le Beni. |
| 3 | : Superficie des bassins versants amazoniens de Bolivie : Rio Madera. | 25 | : Comparaison des salinités et des exportations du Madre de Dios et du Rio Beni. |
| 4a,b,c,d | : Conductivités journalières du Rio Unduavi à Puente Villa. | 26a,b,c | : Conductivités journalières du Rio Orthon à Caracoles, en 1983, 1984 et 1985. |
| 5a,b,c,d | : Conductivités journalières du Rio Taquesi à Puente Villa. | 27a,b | : Conductivités moyennes mensuelles (en l'état et opérationnelles) du Rio Orthon à Caracoles. |
| 6a,b,c,d | : Conductivités journalières du Rio Tampeya à Puente Villa. | 28a,b,c | : Salinités et exportations mensuelles du Rio Orthon à Caracoles. |
| 7a,b,c | : Conductivités moyennes mensuelles à Puente Villa. | 29 | : Salinités et exportations annuelles du Rio Orthon à Caracoles. |
| 8 | : Conductivités des eaux (uS 25°C) du Rio Coroico et de ses affluents (Yungas de La Paz, 1983-1985). | 30a,b,c | : Conductivités journalières du Rio Beni à Cachuela Esperanza, en 1983, 1984 et 1985. |
| 9a,b | : Conductivités journalières du Rio Beni à Angosto del Bala, en 1983 et 1985. | 31a,b | : Conductivités moyennes mensuelles (en l'état et opérationnelles) du Rio Beni à Cachuela Esperanza. |
| 10 | : Conductivités et débits moyens mensuels du Rio Beni à Angosto del Bala. | 32a,b,c | : Salinités et exportations mensuelles du Rio Beni à Cachuela Esperanza. |
| 11 | : Salinités et exportations mensuelles du Rio Beni à Angosto del Bala, année 1983. | 33 | : Salinités et exportations annuelles du Rio Beni à Cachuela Esperanza. |
| 12 | : Salinités et exportations annuelles du Rio Beni à Angosto del Bala. | 34a,b,c,d | : Comparaison de la somme des apports amont et des salinités exportations à Cachuela Esperanza. |
| 13 | : Salinités et exportations annuelles du Rio Beni à la sortie des Andes. | 35a,b | : Conductivités journalières du Rio Grande à Abapo en 1983 et 1984. |
| 14a,b | : Conductivités journalières du Rio Beni à Portachuelo, en 1984 et 1985. | 36 | : Conductivités moyennes mensuelles (en l'état et opérationnelles) du Rio Grande à Abapo. |
| 15a,b | : Conductivités moyennes mensuelles (en l'état et opérationnelles) du Rio Beni à Portachuelo. | 37 | : Salinités et exportations annuelles du Rio Grande à Abapo. |
| 16a,b | : Salinités et exportations mensuelles du Rio Beni à Portachuelo. | 38 | : Salinités et exportations annuelles des bassins andins orientaux. |
| 17 | : Salinités et exportations annuelles du Rio Beni à Portachuelo. | 39a,b | : Conductivités journalières du Rio Ichilo à Puerto Villarroel, en 1983 et 1984. |
| 18 | : Caractéristiques hydriques et salines pluriannuelles de l'ensemble du Rio Beni à sa confluence avec le Rio Madre de Dios (1968-1982). | 40 | : Conductivités moyennes mensuelles (en l'état) du Rio Ichilo à Puerto Villarroel. |
| 19a,b,c | : Conductivités journalières du Rio Madre de Dios à Miraflores, en 1983, 1984 et 1985. | 41a,b,c | : Conductivités journalières du Rio Mamoré à Puerto Ganadero, de 1982 à 1984. |
| 20a,b | : Conductivités moyennes mensuelles (en l'état et opérationnelles) du Rio Madre de Dios à Miraflores. | 42 | : Conductivités moyennes mensuelles (en l'état) du Rio Mamoré à Puerto Ganadero, de 1982 à 1985. |
| 21a,b | : Débits moyens mensuels (en l'état et opérationnels) du Madre de Dios à Miraflores. | 43a,b,c | : Conductivités journalières du Rio Ibaré à Puerto Almacen, de 1983 à 1985. |
| 22a,b,c | : Salinités et exportations mensuelles du Rio Madre de Dios à Miraflores. | | |

- 44 : Conductivités moyennes mensuelles (en l'état) du Rio Ibaré à Puerto Villarroel, de 1983 à 1985.
- 45a,b,c : Conductivités journalières du Rio Membré à Puerto Siles, de 1983 à 1985.
- 46a,b : Conductivités moyennes mensuelles (en l'état et opérationnelles) du Rio Membré à Puerto Siles, de 1983 à 1985.
- 47a,b : Salinités et exportations mensuelles du Rio Membré à Puerto Siles.
- 48 : Salinités et exportations annuelles du Rio Membré à Puerto Siles.
- 49 : Salinités et exportations annuelles du Rio Membré à sa confluence avec l'Itenez.
- 50a,b,c : Conductivités journalières du Rio Itenez à Campamento More, de 1983 à 1985.
- 51a,b : Conductivités moyennes mensuelles (en l'état et opérationnelles) du Rio Itenez à Campamento More, de 1983 à 1985.
- 52a,b : Salinités et exportations mensuelles du Rio Itenez à Campamento More-Principe da Beira, en 1984 et 1985.
- 53 : Salinités et exportations annuelles du Rio Itenez à Campamento More-Principe da Beira.
- 54a,b,c : Conductivités journalières du Rio Membré à Guayaramerin, de 1983 à 1985.
- 55a,b : Conductivités moyennes mensuelles (en l'état et opérationnelles) du Rio Membré à Guayaramerin, de 1983 à 1985.
- 56 : Débits moyens journaliers du Rio Membré à Guajara-Mirin, sur la période 1971-1985.
- 57 : Débits moyens mensuels du Rio Membré à Guajara-Mirin, de 1970 à 1985.
- 58a,b,c : Salinités et exportations mensuelles du Rio Membré à Guayaramerin, de 1983 à 1985.
- 59 : Salinités et exportations annuelles du Rio Membré à Guayaramerin.
- 60 : Salinités et exportations annuelles du Rio Madera à Villa Bella.
- 61 : Salinités et exportations annuelles des Andes amazoniennes de Bolivie.
- 62 : Salinités et exportations hydrique et saline moyennes pluriannuelles des grands fleuves du monde.
- 63 : Essai d'évaluation des exportations ioniques spécifiques de chaque ions dissous des principaux sous-bassins du Rio Madera à Villa Bella.
- 64 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux fluviales du bassin amazonien de Bolivie.

Muestreo de aguas realizado por:
 Michel-Alain ROCHE
 Nestor ABASTO
 En abril - mayo de 1982
 Análisis realizados por el
 Laboratorio de Hidrobiología Regional
 de Poitou - Charentes (L. R.)

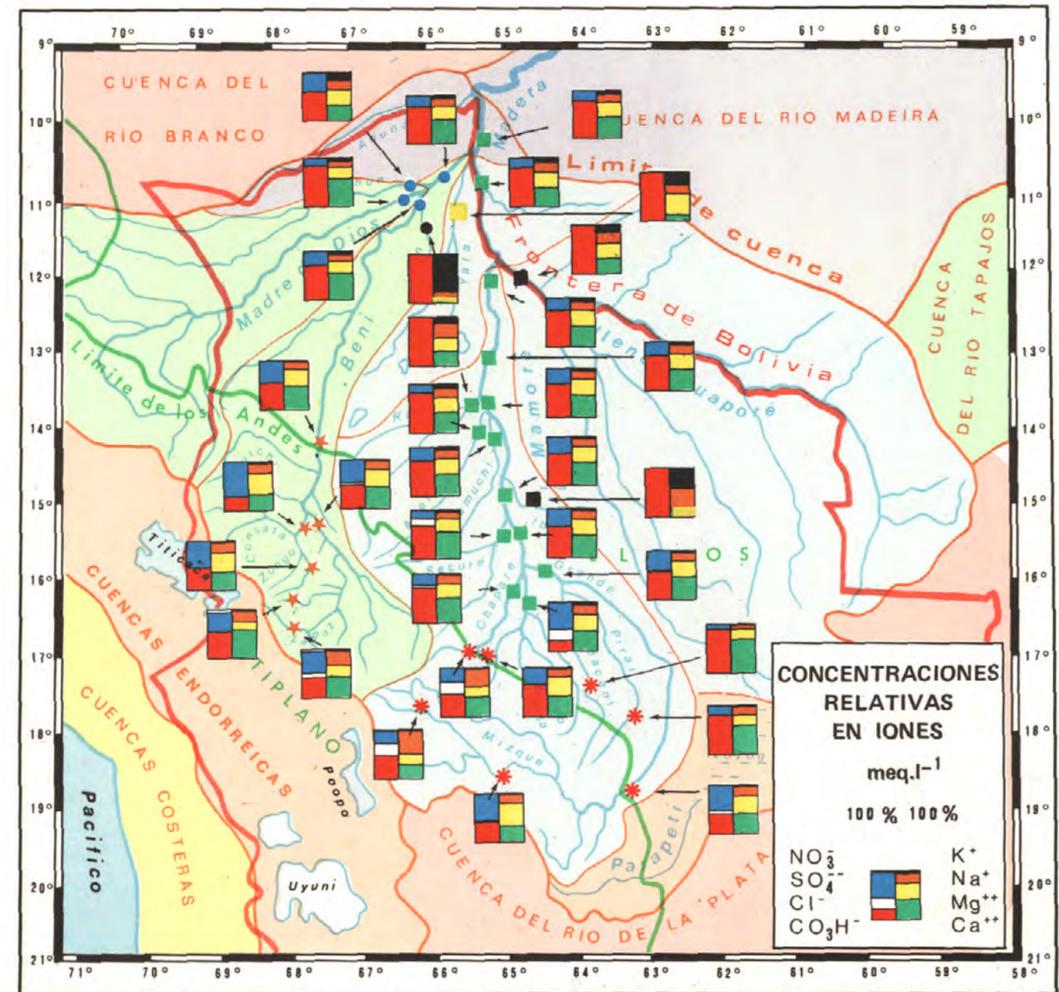
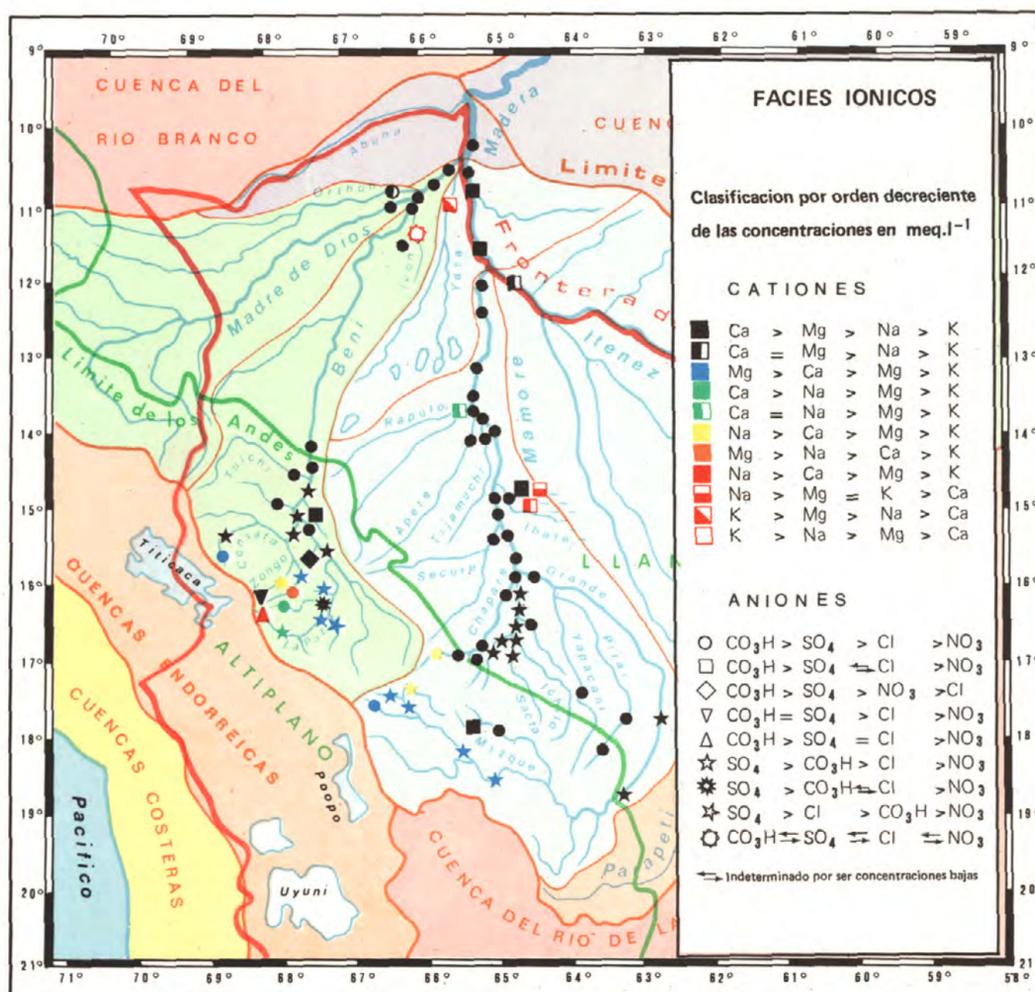
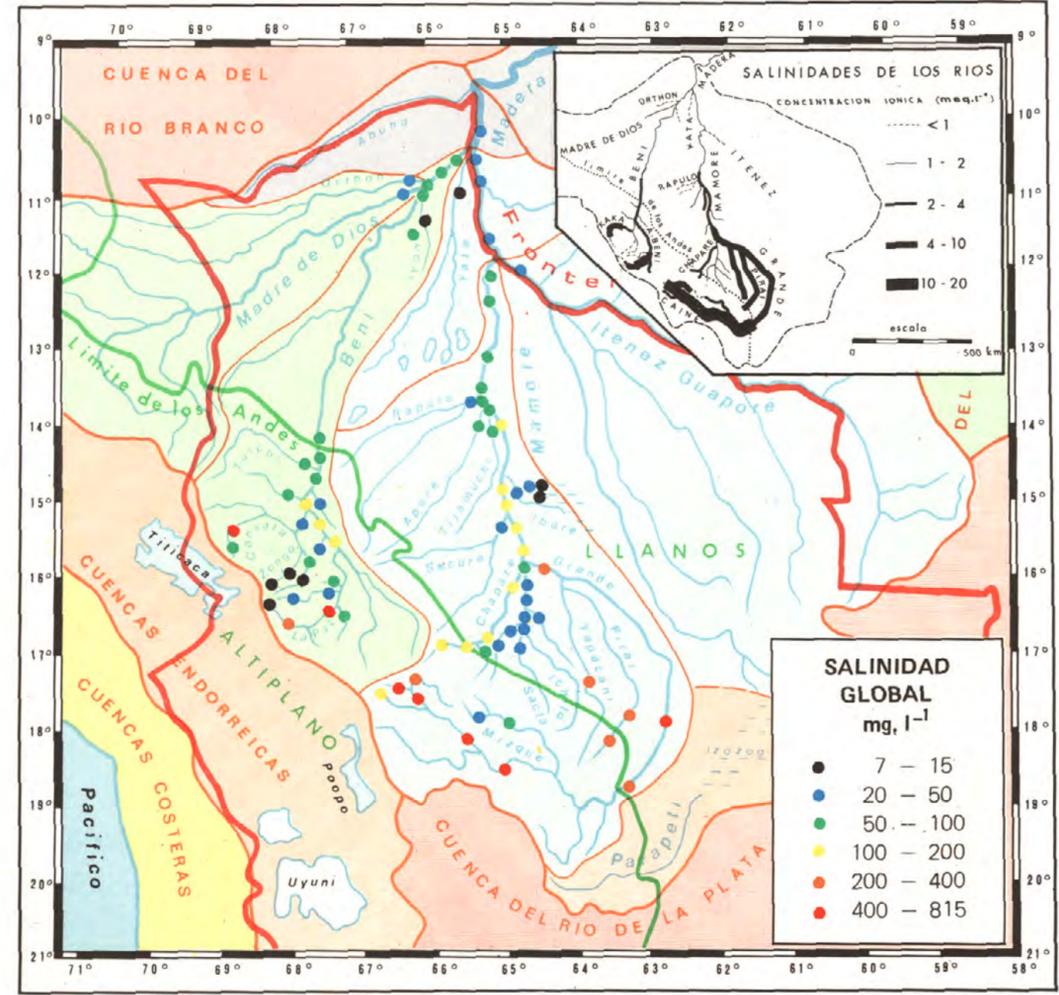
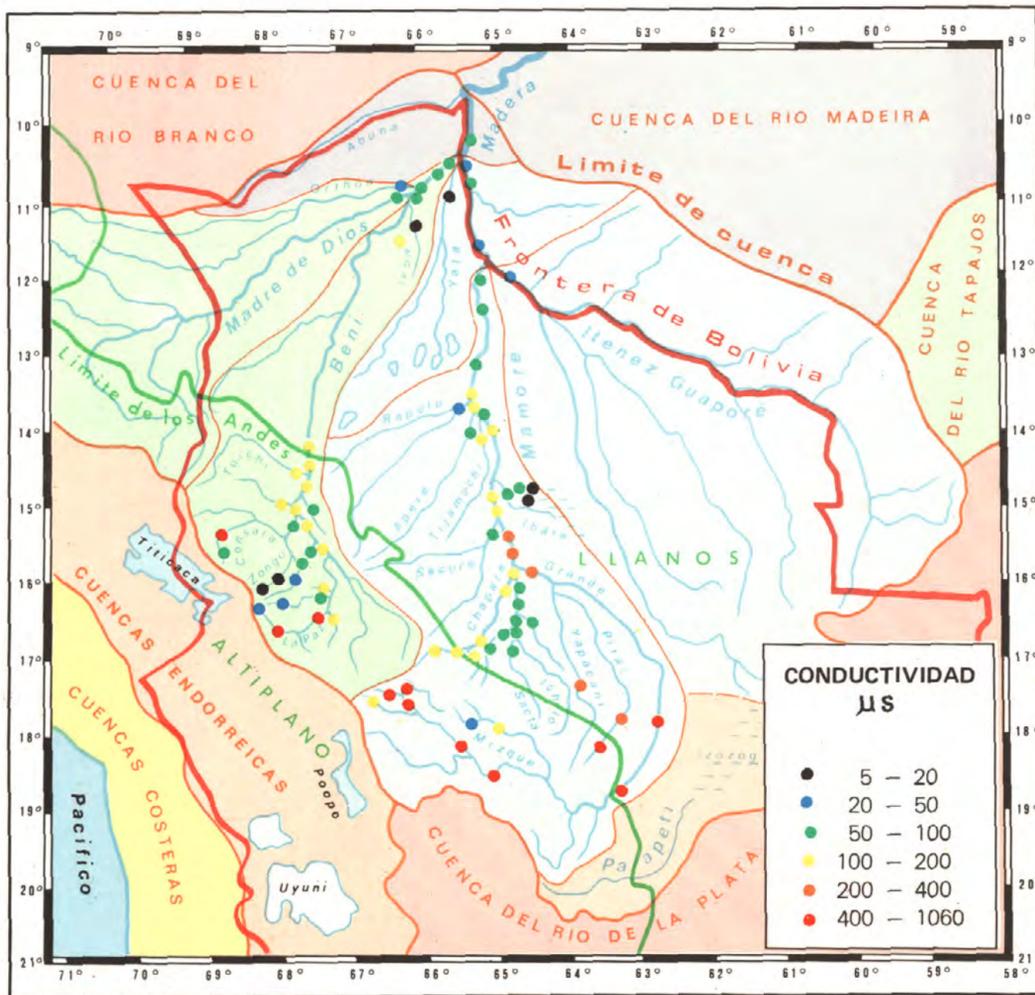
BOLIVIA

SENAMHI PHICAB ORSTOM

SALINIDADES IONICAS DE LOS RIOS DE LA CUENCA AMAZONICA

Mapa realizado por: Michel-Alain ROCHE
 Nestor ABASTO
 Marcel TOLEDE
 MAYO DE 1986 Jean-Paul CORDIER
 Christian POINTILLART

escala
 0 500 km



Muestreo de aguas realizado por:

Michel-Alain ROCHE
Nestor ABASTO

En abril - mayo de 1982

Análisis realizados por el
Laboratorio de Hidrobiología Regional
de Poitou - Charentes (L. R.)

BOLIVIA

SENAMHI

PHICAB

ORSTOM

CONCENTRACIONES EN CATIONES DE LOS RIOS DE LA CUENCA AMAZONICA

Mapa realizado por: Michel-Alain ROCHE

Nestor ABASTO

Marcel TOLEDE

MAYO DE 1986

Jean-Paul CORDIER

Christian POINTILLART

escala

0 500 km

