

COMPTE-RENDU DE MISSION 'BENI VI'

DU 19 MAI AU 10 JUIN 1997

ORSTOM - BOLIVIE

Laurence MAURICE BOURGOIN (UR 22)

**CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGES, DE JAUGEAGES ET D'INSTALLATION
DE 4 PCD HYDROLOGIQUES A TELETRANSMISSION SAT ELLITAIRE
DANS LE BASSIN AMAZONIEN BOLIVIEN DU RIO MADEIRA**



L'Institut français de recherche scientifique
pour le développement en coopération.



UMSA - IIQ

SENAMHI

SERVICIO
HIDROGRAFICO
DE LA NAVALE

Destinataires

- ✓ **L. BOURREL**, Programme BIOBAB, ORSTOM à La Paz, Bolivie
- ✓ **P. FRAIZY**, Hydrologue ORSTOM à La Paz, Bolivie
- ✓ **J.M. FRITSCH**, Coordinateur de l'UR "Grands bassins tropicaux", ORSTOM Montpellier, France
- ✓ **J.L. GUYOT**, Programme HiBAm, ORSTOM Brasilia, Brésil
- ✓ **L. LAUZANNE**, Coordinateur du programme BIOBAB, ORSTOM La Paz, Bolivie
- ✓ **B. POUYAUD**, Représentant de la mission ORSTOM à La Paz, Bolivie
- ✓ **M. RIEU**, Directeur du Département des Eaux Continentales, ORSTOM Paris, France
- ✓ **P. SEYLER**, Programme HiBAm, ORSTOM Piracicaba, Brésil

La version en espagnol est distribuée aux destinataires suivants :

- ✓ **Cap. Frag. Demn. REBOLLO**, Director del Servicio Hidrográfico Naval, La Paz, Bolivie
- ✓ **Ing. Carlos DIAZ**, Director del SENAMHI, La Paz, Bolivia
- ✓ **Lic. Jorge QUINTANILLA**, Instituto de Investigación en Química, UMSA, La Paz, Bolivia

1 - Objectifs de la mission

Cette mission, réalisée en Bolivie dans le cadre des programmes HiBAm et BIOBAB, s'est déroulée en coopération avec nos partenaires boliviens de la Navale, du SENAMHI et de l'Université de La Paz (Institut de Chimie).

La zone d'étude du programme HiBAm en Bolivie couvre plus spécifiquement tout le bassin du rio Béni ainsi que les rios Madre de Dios et Mamore en aval, tandis que le programme BIOBAB s'intéresse plus particulièrement, dans le cadre de l'étude de la dynamique d'inondation, au bassin du rio Mamore, depuis ses tributaires andins jusqu'à la région de Trinidad.

Les objectifs spécifiques de cette mission s'inscrivent dans deux volets d'étude : hydrologie et géochimie des métaux traces dont certains contaminants tels que le mercure.

1. Volet hydrologie (HiBAm et BIOBAB)

Les objectifs principaux de ce volet consistaient d'une part, à **installer 4 PCD hydrométéorologiques** aux stations de :

- ✓ Villa Tunari (rio Chapare)
- ✓ El Carmen (rio Grande)
- ✓ Miraflores (rio Madre de Dios), et
- ✓ Rurrenabaque (rio Beni)

et d'autre part, à équiper les stations suivantes de batteries d'échelles :

- Puerto Siles (rio Mamore)
- Guayaramerin (rio Mamore)
- Riberalta (rio Beni)
- Guanay (rios Tipuani et Challana)

Ce second objectif n'a pu être réalisé pour des raisons de temps ou de sites inadaptés.

Le premier objectif n'a pu être réalisé qu'à moitié ; en effet, la station de Miraflores n'a pu être installée en raison d'une perturbation majeure du lit du Madre de Dios (mise en place d'un bras mort au niveau de la section) et celle de Rurrenabaque a été installée à 75 % en raison de la perte de matériel (câble de liaison PCD - ordinateur).

Cette mission a permis également d'officialiser, sur le terrain, l'engagement de la Navale aux lectures biquotidiennes des hauteurs d'eau aux stations suivantes :

- Rurrenabaque (rio Beni exutoire des sous-bassins andins)
- Riberalta (rio Beni aval)

- Guayaramerin (rio Mamore)
- Puerto Villaroel (rio Ichilo)

Ce volet a été assuré principalement par Pascal Fraizy (cf. CR de mission) et Bernard Pouyaud (première phase, haut-bassin du Mamoré).

2. Volet hydrogéochimie - contamination par le mercure

Les objectifs de ce volet sont double : ils concernent d'une part, l'étude de la *répartition géochimique des éléments traces dans le bassin amazonien bolivien* en fonction d'un épisode hydrologique donné, et d'autre part, l'étude de la *contamination de l'écosystème aquatique par le mercure* rejeté en grande quantité aux cours des travaux d'orpillage.

Cette campagne se situe en fin de saison des pluies, particulièrement longue cette année puisque jusqu'à début juin, nous avons pu observer quelques petites crues et pluies localisées. C'est une année, dite « La Niña », caractérisée par un indice ENSO particulièrement élevé.

Pour répondre au premier objectif, des échantillons d'eau ont été réalisés aux stations suivantes :
MAMORE

- Rios Chapare à Villa Tunari, Ichilo à Puerto Villaroel, Yapacani à Yapacani, Piray au pont, Grande 8 km en amont d'Abapo, San Pablo au pont, Mamoré à Pto Varador et à Guayaramerin

BENI

- Rios Beni a Angosto del Bala, Beni, Madre de Dios et Orthon à partir de Riberalta, Yata au bac, Madeira à Puerto Riberon, Alto Beni a Sapecho, Coroico, Challana, Tipuani, Mapiri et Kaka à partir de Guanay et Teoponte

- Río Zongo au glacier

Pour répondre au second objectif, des échantillons de sédiments ont été prélevés aux stations des tributaires andins du rio Beni jusqu'à Rurrenabaque, et des échantillons de cheveux ont été prélevés dans chaque grande ville traversée.

En chaque point de mesure échantillonné dans la plaine, des jaugeages ont été réalisés à l'ADCP. En revanche, aux points situés dans les sous-bassins andins, de simples nivellements et repérages ont été faits ; les débits correspondants seront estimés par les jaugeages que réalisera l'équipe de Pascal Fraizy plus tard.

Cette mission a permis également d'officialiser, sur le terrain, l'engagement de la Navale au programme HiBAm-Bolivie en réalisant des prélèvements bimensuels d'échantillons d'eau (en milieu de rivière) aux stations PEGI suivantes :

- ✓ Rurrenabaque (rio Beni exutoire des sous-bassins andins)
- ✓ Riberalta (rio Beni aval)
- ✓ Guayaramerin (rio Mamore)

Les flacons seront transmis au Service Hydrographique de la Navale à La Paz, chaque fin de mois par un des membres des Forces Navales des capitaineries précitées.

Des prélèvements d'eau bimensuels seront également réalisés par les observateurs de la station de :

- ✓ Miraflores sur le rio Madre de Dios.

Un protocole de prélèvements et 24 flacons ont donc été distribués en chacune de ces stations.

Cet échantillonnage a été organisé avec la collaboration scientifique de l'UMSA, Universidad Mayor de San Andres de La Paz. Cette campagne permet de compléter les résultats des précédentes campagnes réalisées en 1994, 1995 et 1996 dans le bassin du Beni avec l'étude hydro-géochimique des haut-bassins du Mamore.

2 - Participants

Pour répondre aux objectifs de chacun des 2 volets, la mission s'est répartie en 2 équipes : l'une en hydrologie, et la seconde en géochimie.

Le premier groupe a rejoint Guayaramerin de Puerto Villaroel en descendant le rio Mamore à bord de la nouvelle embarcation ORSTOM 'El Jichicingo'. Bernard Pouyaud est descendu à Trinidad et nous avons retrouvé le reste de l'équipe à Guayaramerin où nous avons poursuivi la mission ensemble jusqu'à Rurrenabaque.

1er groupe : Hydrologie

Véhicule 1 (La Paz - Puerto Villaroel - Trinidad) :

Bernard POUYAUD	ORSTOM Hydrologie, Représentant mission à La Paz
Luis Alberto CARRASCO	Service Hydrographique de la Navale, La Paz, Bolivie

Véhicule 2 :

Pascal FRAIZY	ORSTOM Hydrologie, La Paz, Bolivie
Oscar FUERTES	Hidrólogo SENAMHI, La Paz, Bolivie

2eme groupe : Géochimie

Véhicule 3 :

Laurence MAURICE BOURGOIN	ORSTOM Hydrogéochimie, La Paz, Bolivie
Yann LE TROQUER	ORSTOM Hydrologie, La Paz, Bolivie
Julio César SALINAS	ORSTOM chauffeur, La Paz, Bolivie
Irma QUIROGA	UMSA - IIQ, La Paz, Bolivie

3 - Financement

Les frais de tournée sur le terrain de tous les participants ainsi que les frais d'essence ont été pris en charge par l'Orstom (programmes HiBAm-Bolivie et BIOBAB).

4 - Déroulement de la mission

19 mai : La Paz - Villa Tunari - Puerto Villaroel

- Fin d'installation de la PCD sur le rio Chapare à Villa Tunari (PF, BP, JPC, JCS et Omar du SENAMHI).
- Prélèvements dans le rio Chapare à Villa Tunari (LMB et IQ).

20 mai : Puerto Villaroel - Santa Cruz

- Descente du rio Ichilo jusqu'au rio Mamoré à Trinidad par PF, BP et LAC (Navale)
- Prélèvements d'eau et jaugeage à l'ADCP du rio Ichilo à Puerto Villaroel (LMB, IQ et YLT)
- Prélèvements d'eau et jaugeage au moulinet du rio Yapacani au pont (LMB, IQ, YLT, OF et JCS).

Très intéressée, l'observatrice du rio Yapacani, Candida TELLES (tel : 768 63) nous fera des lectures biquotidiennes d'une échelle installée au pont (nous lui avons laissé un cahier à cet effet et promis 80 Bs/mois).

- Filtrations et fixations des échantillons à Santa Cruz

21 mai : Santa Cruz - Piray - Santa Cruz

- Prélèvements d'eau et jaugeage à la perche du rio Piray, à 48 km en amont de Santa Cruz sur l'ancienne route de Cochabamba (LMB, IQ, YLT, OF et JCS).

- Filtrations et fixation des échantillons

22 mai : Santa Cruz - Abapo - Santa Cruz

- Prélèvements d'eau et jaugeage au câble du **rio Grande**, à Paraíso, 8 km en amont d'Abapo (LMB, IQ, YLT, OF et JCS).

En novembre dernier, Pascal Fraizy avait installé une batterie d'échelles en cette station que les fortes crues ont emportées ou enterrées ; seuls le dernier et les deux premiers éléments (5-6-7 m) ont subsisté. Il est donc prévu d'installer une station automatique en basses eaux.

La crue de janvier 1997 a atteint 6,70 m à l'échelle.

Le jaugeage a été réalisé pour une côte à l'échelle d'environ 97 cm (le premier élément a dû être redressé, les crues l'ayant endommagé fortement).

Le propriétaire du camping où se trouvent les échelles est toujours très intéressé pour collaborer avec nous et se dit prêt à récupérer une ancienne station automatique du SENAMHI (qui n'a jamais servie et dont il manque au moins les panneaux solaires) pour l'installer sur son terrain.

Coordonnées du propriétaire du camping 'Paraíso': Ing. Feliz CAVANDINO, tél.: 521560 (Sta Cruz)

- Filtrations et fixation des échantillons à Santa Cruz

23 mai : Santa Cruz - Trinidad ('géochimie') / rio Grande ('Hydrologie')

- Installation de la seconde PCD sur le rio Grande** dans la communauté 'El Carmen' S15°53'28'' - W64°37'38'' (PF, BP et LAC)

- Prélèvements d'eau et jaugeage à la perche du **rio San Pablo**, à 120 km au sud-est de Trinidad (LMB, IQ, YLT, OF et JCS).

24 mai : Trinidad

- Prélèvements d'eau du **rio Mamoré**, à Puerto Varador (LMB, IQ, YLT, OF et JCS).
- Filtrations et fixation des échantillons à Trinidad

25 mai : Trinidad

- Arrivée du 'Jichicingo' à Puerto Varador (PF, BP et LAC).
Départ pour La Paz de Bernard Pouyaud.

- Jaugeage à l'ADCP du **rio Mamoré**, en amont de Puerto Varador et dans le canal San Juanito,
bras du Mamoré ouvert à la navigation (LMB et JCS).

Héch SEMENA (24/05/97 à 10 h) = 98 cm

Héch SEMENA (25/05/97 à 12 h) = 55 cm

26 mai : Trinidad - Rurrenabaque

- Départ de l'équipe hydrologie (PF, OF et LAC) pour Puerto Siles et Guayaramerin, sur le 'Jichicingo'
- Traversée de l'équipe géochimie du Mamoré (1 h 30 par bac) puis 390 km de piste

27 mai : Rurrenabaque - Riberalta

535 km de pistes dont une bonne partie en mauvais état (fin de la saison des pluies)

28 mai : Riberalta - Yata - Guayaramerin

- Prélèvements d'eau du **rio Yata**, au bac (LMB, IQ, YLT et JCS).

Le rio Yata a débordé sur environ 5 km, en ouvrant un second bras vers l'ouest perpendiculaire au lit principal noyant la piste sur plus de 3 km.

- ❑ Prélèvements d'eau du **rio Mamoré** à Guayaramerin, réalisés à bord d'un 'piraña' (embarcation de la Fuerza de Tarea pour la lutte contre les narco-trafiquants) en amont de Guayaramerin

Nous sommes en fin de très fortes crues. Le niveau du Mamore est en train de descendre depuis 2 semaines, de 5 à 10 cm par jour. L'échelle de la Navale installée par rapport au 'barranco' (à l'envers) s'est trouvée complètement ennoyée (certains affirment même qu'elle a été enlevée).

28/05/97, 08h00, Héch (SEMENA) = 8,01 m (jour des prélèvements)

29/05/97, 08h00, Héch (SEMENA) = 7,92 m

30/05/97, 08h00, Héch (SEMENA) = 7,84 m (jour des jaugeages - $Q_{inst} = 13880 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$)

☹ *Les hauteurs relevées par le SEMENA semblent fausses et décalées d'au moins 1 mètre.*

Deux raisons à cette remarque :

- *Le point (H, Q) sur la courbe d'étalonnage de la station est complètement décalé*

- *Les crues ont été beaucoup plus fortes que l'année dernière or, en mai 1996, le 13, la côte observée était de 8,02 m pour un débit de $10145 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$... Si nous décalons la cote du dernier jaugeage de 1 m, ce point se trouve alors sur la courbe d'étalonnage (figure 2).*

29 mai : Guayaramerin - Puerto Riberaõ - Guayaramerin

- ❑ Prélèvements d'eau du **rio Madeira**, à Puerto Riberaõ, situé à 18 km en aval de sa formation (LMB, IQ, YLT et JCS).

Accès par voie terrestre côté brésilien, ce site est situé à 68 km de Guajara-Mirim.

Les prélèvements ont été réalisés au pied d'une 'cachoiera' donc en un site où les eaux sont parfaitement mélangées. Présence d'une barge d'orpailleurs désaffectée.

- ❑ Prélèvements de cheveux à Guayaramerin (près du port)

- ❑ **Mamoré à Guayaramerin : 1^{ère} station HiBAm-PEGI (suivi des apports en MES)**

Remise à la Navale, au Sub-Officiel Wilfredo MACHICADO PINTO, de 24 flacons pré-étiquetés avec les recommandations nécessaires (prélèvements tous les 1^{er} et 15 du mois, loin des berges, rincer 3 fois le flacon, noter l'heure et la hauteur d'eau à l'échelle, envoyer chaque fin de mois au Service Hydrographique de la Navale à La Paz les 2 flacons correspondants).

- ❑ Arrivée de l'équipe hydrologie embarquée sur le 'Jichicingo' (PF, OF et LAC).

30 mai : Guayaramerin - Riberalta

- ❑ Jaugeage à l'ADCP du **rio Mamoré**, en amont de Guayaramerin, au niveau de l'échelle du SEMENA (LMB et YLT).

- ❑ Visite du SEMENA et recueil des lectures de hauteurs d'eau depuis novembre 1996.

Ils n'ont qu'un élément qu'ils déplacent avec les crues et décrues et nivellent par rapport à une borne de référence.

Personnes à contacter : à Guayaramerin : Valdemar SUAREZ

à Trinidad : Hugo BARBERI

- ❑ Impossible de faire transiter le 'Jichicingo' jusqu'à Riberalta pour des raisons inhérentes à la Navale qui n'était pas en mesure d'assurer cette demande mais également aux inondations puisqu'aucun camion ne pouvait traverser le rio Yata sur les pontons disponibles.

31 mai : Prélèvements et jaugeages des rios Orthon, Béni et Madre de Dios

- ❑ Prélèvements et jaugeages à l'ADCP du **rio Orthon** 2 km en amont de sa confluence avec le Beni. Présence d'orpailleurs en sortie de l'Orthon.

- ❑ Prélèvements et jaugeage à l'ADCP du **rio Madre de Dios**.

- ❑ Prélèvements et jaugeage à l'ADCP du **rio Beni** 1,5 km en amont de sa confluence avec le Madre de Dios.

- ❑ **Béni à Riberalta : 2^{ème} station HiBAm-PEGI.**

Remise à la Navale, au Lieutenant TF.CGEN MUNOZ, de 24 flacons pré-étiquetés servant au suivi bimensuel des apports en MES du bassin amazonien bolivien.

01 juin : Riberalta - Miraflores (Madre de Dios)

- ❑ **Tentative d'installation de la troisième PCD à Miraflores, sur le Madre de Dios.**

Après une première tentative, la veille, d'accéder au Madre de Dios à partir d'une embarcation prêtée par la Navale, nous avons insisté pour que le transport du matériel soit assuré rapidement en 'piraña'. Discussion avec le Commandant de la Navale à Riberalta CN.DEMN Gilfredo AVAROMA OJOPI et le capitaine du port, TN.CGON Iver ORTEGA CARRASCO.

Il est clair que la Navale dispose de très peu de moyens pour ne pas dire d'aucun et qu'il nous est toujours indispensable de dialoguer avec la Fuerza de Tarea, subventionnée par les Etats-Unis, et en charge de la lutte contre les narco-trafiqants.

Après quelques « péripéties » (échouage sur un banc de sable, problèmes de moteur, ...), l'équipe a pu rejoindre la station de Miraflores. Cependant, l'évolution de la section au cours des précédentes crues (fort ensablement), l'état des berges et les moyens à leur disposition ne leur ont pas permis d'installer, même en partie, la station automatique.

Des échelles installées en novembre 96 par PF, tous les éléments ont résisté aux fortes crues.

- ❑ **Madre de Dios à Miraflores : 3^{ème} station HiBAm-PEGI.**

Remise à l'observatrice de la station, de 24 flacons pré-étiquetés soit, que nous passerons chercher à chaque campagne, soit que la Navale recueillera lorsque la PCD sera installée.

- ❑ Filtrations et fixation des échantillons à Riberalta

02 juin : Riberalta

- ❑ Visite du SEMENA et recueil des données de hauteurs d'eau des stations:
 - Riberalta sur le rio Beni (janvier 1995 - juin 1997)
 - Humaita sur le rio Orthon (janvier 1994 - décembre 1995, fin des lectures)
- ❑ Retour de l'équipe hydrologie à Riberalta

03 juin : Riberalta - Rurrenabaque

04 juin : Prélèvement et jaugeages sur le rio Béni à Rurrenabaque

- ❑ Prélèvement d'eau et de sédiments sur le [rio Béni à Angosto del Bala](#)
- ❑ Prélèvements de cheveux de 5 riverains aux professions et habitudes alimentaires différentes
- ❑ Jaugeages à l'ADCP du Béni à Angosto del Bala
 $H_{éch} (AB) = 27,5 \text{ cm}$
- ❑ Visite de la Navale :
 - Entrevue avec le Commandant de la Base Navale CF.DEMN. Ernesto ROCA GONZALES
 - présentation du projet d'installation d'une PCD à San Boaventura, sur le gabion protégeant leur échelle.
 - récupération des données de hauteurs d'eau à l'échelle de San Boaventura depuis février

95

- ❑ **Béni à Rurrenabaque : 4^{ème} station HiBAm-PEGI.**

- Présentation du programme HiBAm-PEGI et
 - Remise au Sub-Oficial SO1.CGON Gonzalo AUZA, de 24 flacons pré-étiquetés servant au suivi bimensuel des apports en MES du bassin amazonien bolivien.

- ❑ Filtrations et fixation des échantillons à Rurrenabaque.

05 juin : Rurrenabaque - Caranavi

- ❑ **Installation d'une partie de la quatrième PCD à Rurrenabaque (San Boaventura), sur le Beni.**

En effet, le voyage Riberalta - Rurrenabaque ne s'est pas effectué sans dommage puisque du matériel a été perdu du pick-up (PF) dont le câble de liaison de la station à l'ordinateur. Ainsi,

le « gros oeuvre » a été mis en place en 2 jours et la sonde à pression sera installée ultérieurement (juillet ou septembre prochain).

- Prélèvements d'eau sur l'Alto Béni à Sapecho (LMB, YLT et IQ)
- Filtrations et fixation des échantillons à Caranavi.

06 juin : Caranavi - Guanay - Caranavi

- Prélèvements d'eau et de sédiments sur le rio Coroico.
- Récupération des données de hauteurs d'eau de la station du SENAMHI de Sta Rita de Buenos Aires depuis décembre 1996. L'observateur nous signale qu'il n'y a pas eu de crue exceptionnelle sur le Coroico en 1997 mais une charge en suspensions très élevée (due à la construction de la nouvelle route des Yungas).
- Prélèvement d'eau et de sédiments sur le rio Challana. Nivellement du rio au pont (emplacement idéal pour une échelle).
- Prélèvement d'eau et de sédiments sur le rio Tipuani. Nivellement du rio au pont (emplacement idéal pour une échelle).
- Prélèvement d'eau et de sédiments sur le rio Mapiri. Nivellement du rio au port. Présence d'un mur en béton à l'entrée du port sur lequel pourrait être peinte une échelle.

Il serait donc intéressant dans un premier temps de réaliser des courbes de tarage aux ponts ou gabions des rivières Challana, Tipuani et Mapiri afin d'estimer au cours de chacune des campagnes par un simple nivellement le débit instantané de ces rivières. Au moins 15 jours de travail sont nécessaires en montée de crue, ce, à partir de Guanay où toutes ces rivières sont accessibles.

- Prélèvement d'eau et de sédiments sur le rio Kaka.
Visite de la coopérative San Juanito et prélèvements de cheveux aux mineurs en contact avec le mercure (préparation et quémation de l'amalgame)

07 juin : Caranavi - La Paz

- Filtrations et fixation des échantillons à Caranavi.
- Retour à La Paz

10 juin : Prélèvements au Zongo, point le plus amont du bassin du rio Béni

- Prélèvements d'eau au rio Zongo au pied du glacier (en amont du canal)
- Filtrations et fixation des échantillons à La Paz

5 - Premiers résultats

Cette mission BENI VI a permis d'échantillonner, pour la seconde fois seulement (la première campagne similaire a été réalisée en avril 1994 sous la coordination de Jean-Loup Guyot), 21 points répartis dans tout le bassin amazonien bolivien, couvrant les sous-bassins andins et piémontais des rivières Béni et Mamoré jusqu'au rio Madeira, à la frontière brésilienne (figure 1).

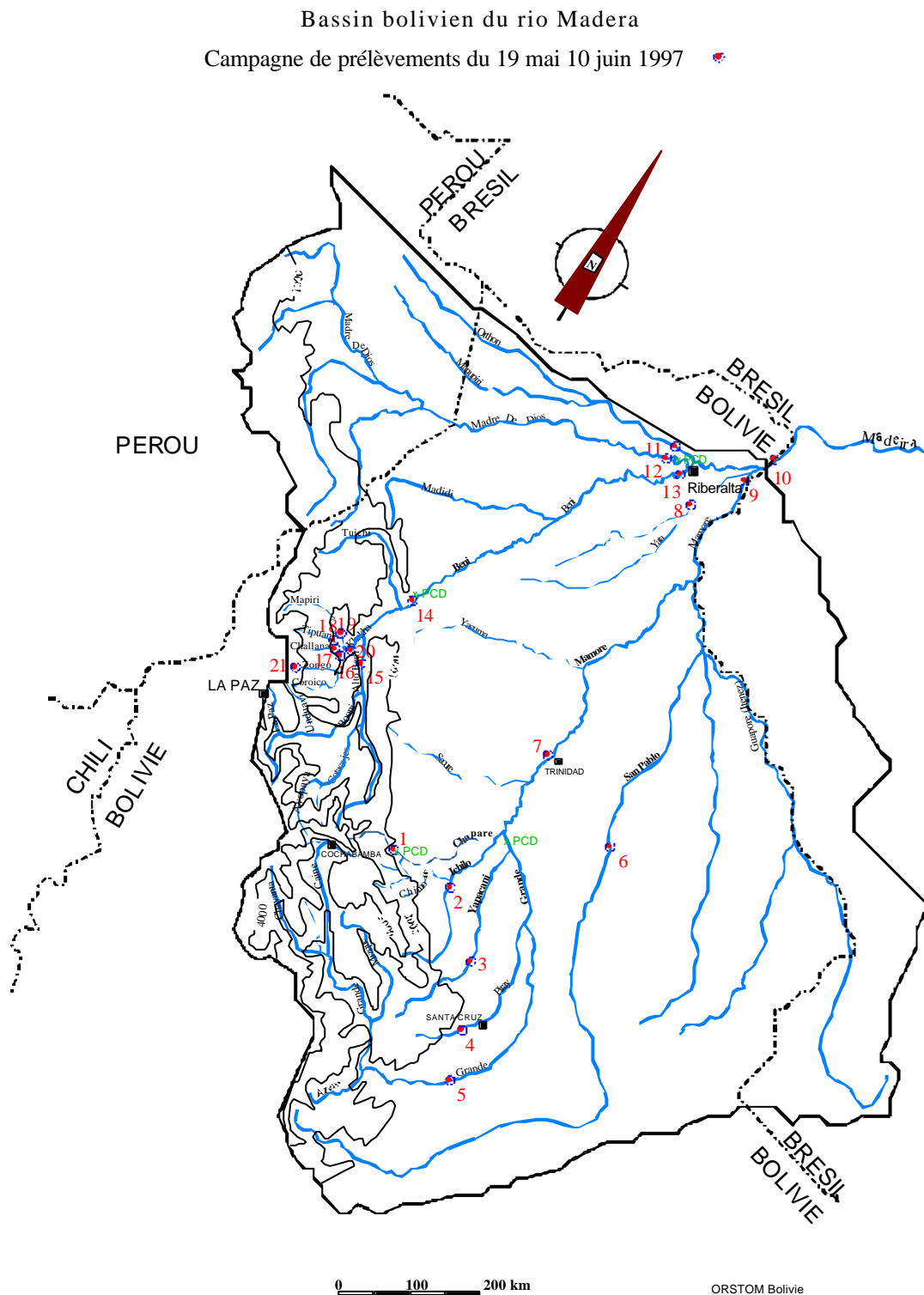


Figure 1. Campagne BENI VI - Carte de présentation des points de prélèvements et d'installation des PCD.

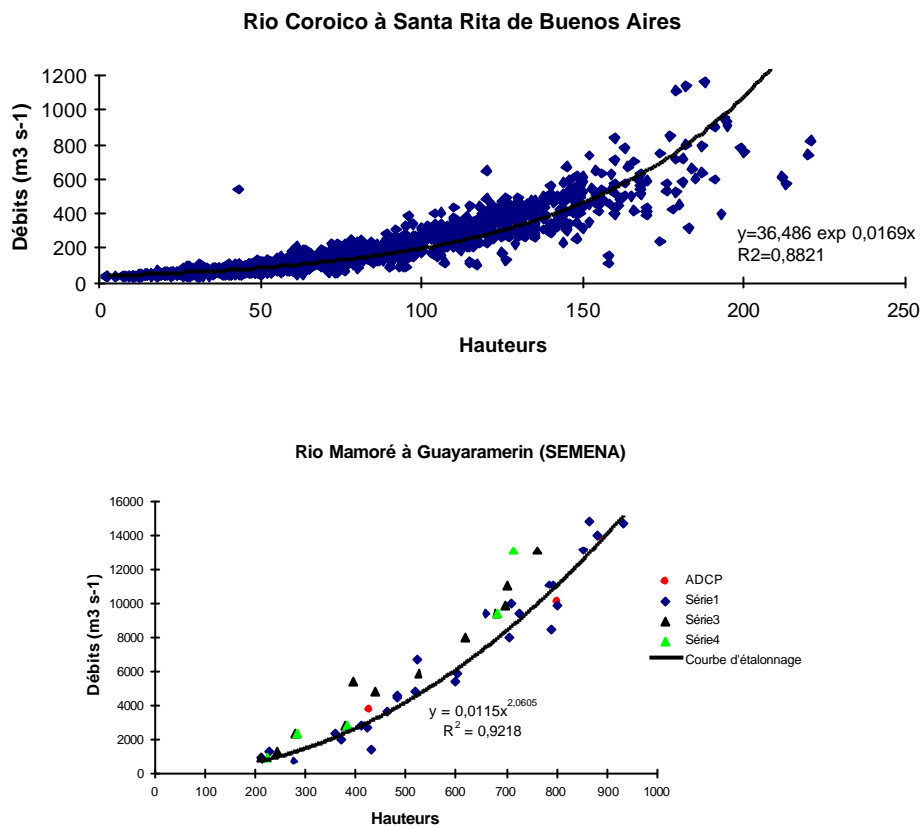


Figure 2. Courbes d'étalonnage des stations principales du Coroico et du Mamoré

Cette campagne a été réalisée en fin de saison des pluies particulièrement importante cette année (figure 3).

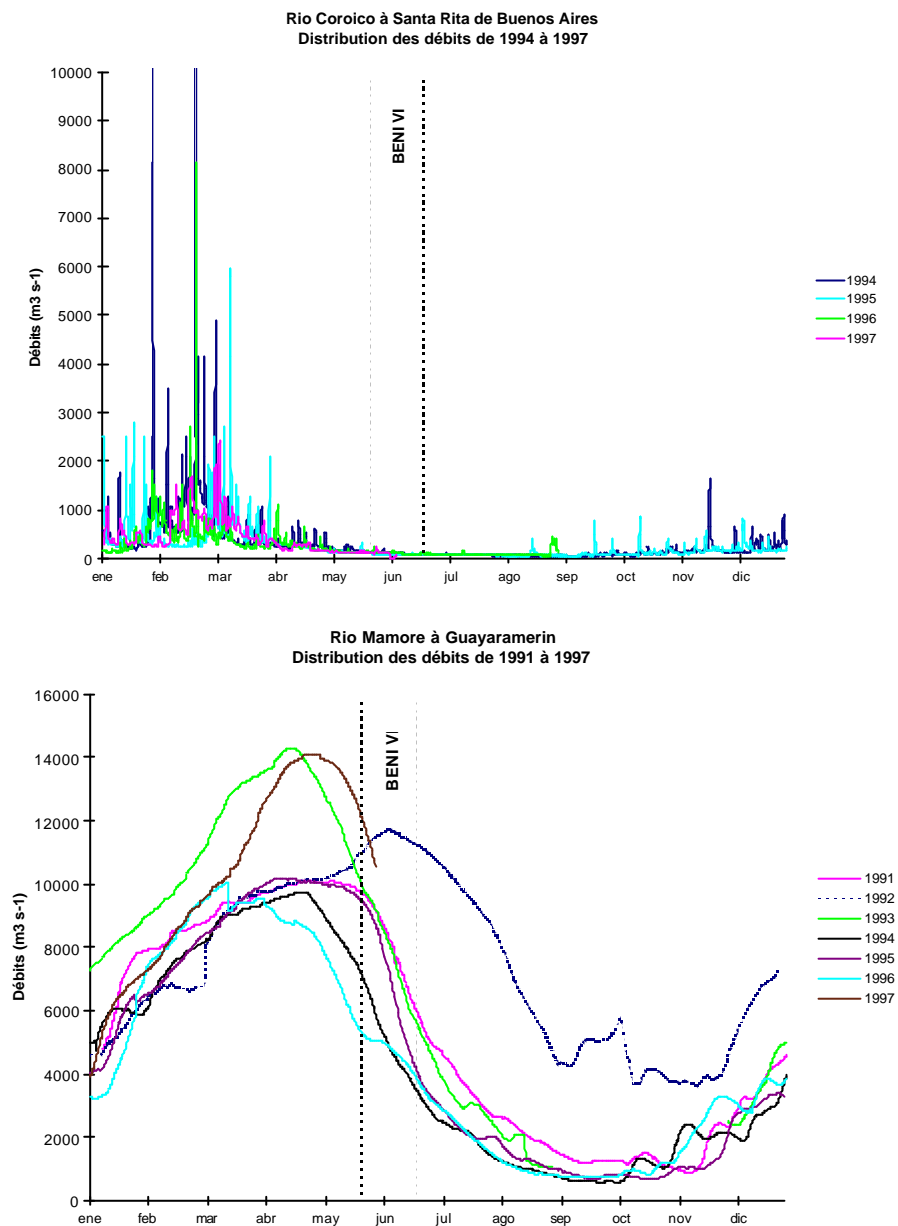


Figure 3. Hydrogrammes récents de 2 stations du bassin : Coroico et Mamore

La station de Santa Rita de Buenos Aires est une station limnimétrique avec observateur gérée par le SENAMHI, tandis que Guayaramerin est une station gérée par le SEMENA (un seul élément d'échelle).

Les données de 1996 et 1997 en cette dernière station sont à vérifier et corriger.

Les premiers résultats des paramètres physico-chimiques sont présentés dans le tableau 1.

**Tableau 1. Campagne BENI VI '18 mai - 10 juin 1997'.
Caractéristiques et paramètres physico-chimiques des points de prélèvements.**

Les eaux de surface échantillonnées présentent des pH neutres à alcalins (eaux du Zongo au pied du glacier et dans les sous-bassins du Mamoré) exceptés les affluents de plaine très fortement chargés en matière organique, tels que le Yata (fig. 3), où les eaux sont rendues acides par la présence d'acides humiques ou fulviques.

Il apparaît clairement que les eaux du bassin du Mamoré sont beaucoup plus minéralisées que celles du Béni, ce, dès leurs sources andines. C'est surtout le cas du rio Grande avec une conductivité de 676 $\mu\text{S cm}^{-1}$, qui marque fortement les eaux du Mamoré jusqu'à Trinidad et sa confluence avec l'Itenez, caractérisé par des eaux faiblement minéralisées (Guyot, 1993) alors qu'au cours de cette campagne, la minéralisation des eaux du haut Béni ne dépasse pas 114 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Alto Beni).

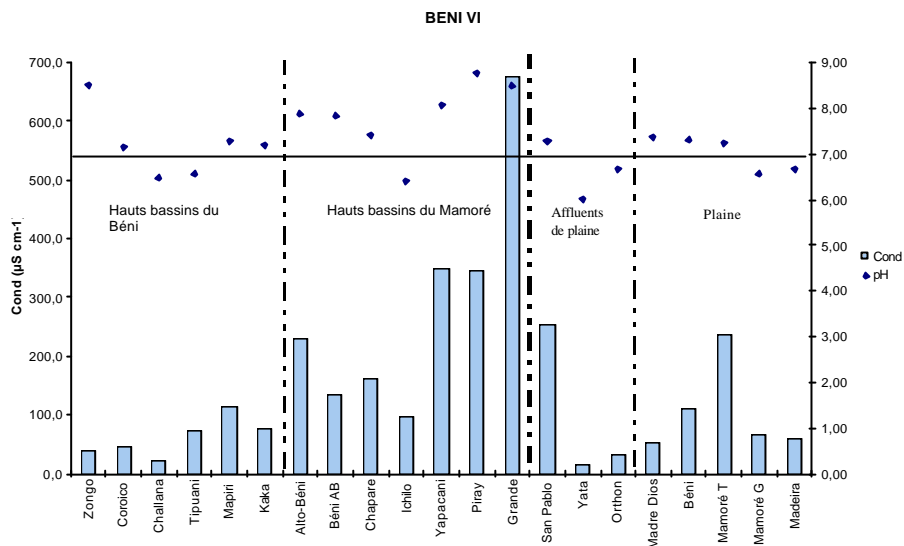


Figure 3. Répartition du pH et de la conductivité

Il apparaît que les stations les plus chargées en MES sont, dans les hauts bassins, celles perturbées par les activités d'orpaillage (sous-bassins du Béni) ou par des crues localisées (sous-bassins du Mamoré) avec des teneurs dépassant 400 mg l^{-1} (fig. 4). Au point le plus aval, les teneurs en MES atteignent 918 mg l^{-1} . Les affluents de plaine sont caractérisés par des teneurs en matière organique particulière élevée : de 8,3% MES dans le rio San Pablo à 21,7% MES dans le rio Yata.

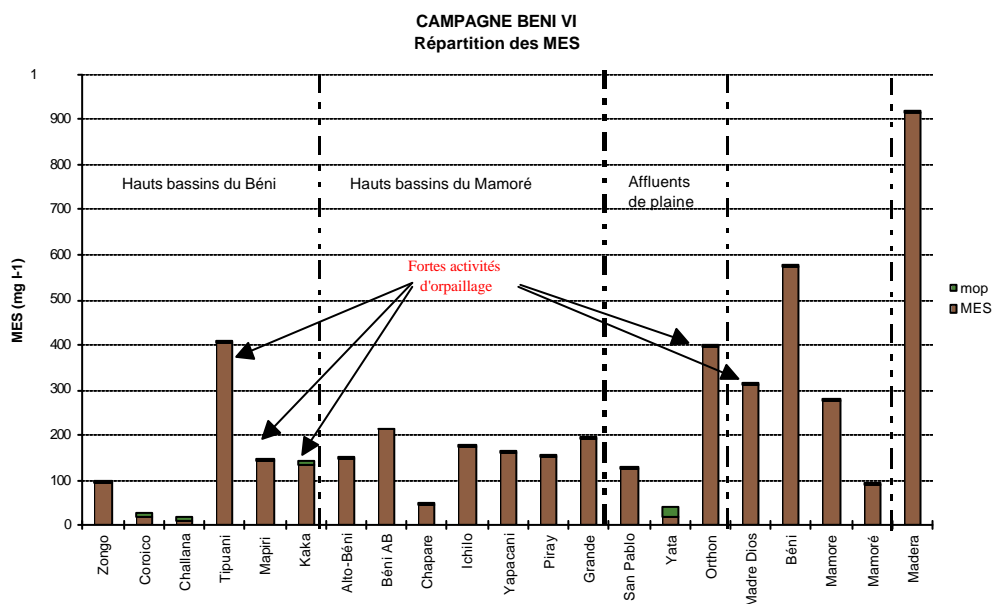


Figure 4. Répartition des matières en suspension et de la charge organique

6 - Conclusions

En ce qui concerne le *volet hydrologique*, les objectifs initialement programmés n'ont pu être réalisés qu'à 50 % pour des raisons de manque de matériel et des modifications de section (Madre de Dios). Ce volet 'hydrologie' s'est terminée à Rurrenabaque par l'installation partielle de la dernière PCD sur le Béni amont, sans d'une part, reconnaître la station d'Angosto Inicua (SENAMHI) ni la capitainerie de Puerto Linares sur l'Alto Béni, ni d'autre part, réaliser les jaugeages initialement prévus sur les rios Tipuani, Mapiri et Challana. Donc, il apparaît clairement qu'au moins trois missions 'hydrologie' seront nécessaires dans le courant de cette année :

- l'une sur le bassin du Béni, en saison sèche, pour terminer l'installation des PCD de Rurrenabaque (San Boaventura) et de Miraflores (Madre de Dios), en un site situé à environ 1 km plus en amont et dont la section paraît plus stable
- la seconde, en période de montée de crue, pour réaliser des courbes de tarage des rivières Tipuani, Mapiri et Challana, dans la zone de Guanay
- la troisième, en saison sèche, sur le bassin du Mamoré, afin de vérifier les installations des 2 PCD (rio Grande et rio Chapare)

En ce qui concerne l'engagement de la Navale dans ces missions de coopération, il est clairement apparu que malgré les efforts initiés de La Paz, les informations émises n'atteignaient jamais les destinataires les plus aptes à répondre à nos besoins sur place. Cela a été particulièrement net lorsqu'il s'est agit de demander le déplacement de l'embarcation Orstom de Guayaramerin à Riberalta puisqu'aucune personne des Forces Navales n'était au courant ni de notre arrivée, ni de notre demande (*cf.* compte-rendu PF).

Par ailleurs, la participation du SENAMHI s'est révélée plus que timide puisque d'une part, les PCD n'ont été délivrées que 24 heures avant le départ de l'équipe 'hydrologie' pour le site de Villa Tunari et d'autre part, leur collaboration logistique et financière s'est avérée nulle.

En ce qui concerne le volet *hydro-géochimique*, 21 points de mesures ont été réalisés, depuis les sources glaciaires du rio Zongo jusqu'au rio Madeira, à 18 km de sa formation, ainsi que 23 jaugeages dont 10 à l'ADCP en 14 stations de mesure. Cette campagne nous a permis de collecter des échantillons d'eau de surface et de cheveux (sous-programme 'mercure') dans tout le bassin amazonien ainsi que des échantillons de sédiments dans les sous-bassins du Béni exploités pour leur or alluvial.

Les analyses seront réalisées :

- pour les *sels majeurs* en parallèle à l'UMSA-IIQ (La Paz) et à l'Orstom-Bondy,
- pour celles du *carbone organique* dissous et particulaire à l'Université de Bordeaux (équipe d'Henri Etcheber),
- pour celles des *métaux* trace en parallèle à l'UMR-GBE de l'Université de Montpellier et au laboratoire d'Ecologie de l'UMSA pour une première intercalibration (ils viennent de s'équiper en absorption atomique)
- et pour celles du *mercure* au Laboratoire de Radioisotopes de l'Université de Rio (sédiments, cheveux, et poissons collectés par l'équipe des hydrobiologistes de BIOBAB) et au LPCM de Villefranche/Mer (eau et suspensions).

Fait à La Paz, le 13 juin 1997

Laurence MAURICE BOURGOIN

ANNEXE 1

Distances et coûts

CAMPAGNE BENI VI
MAI - JUIN 1997

RESUME DES DISTANCES PARCOURUES ET TEMPS DE TRAJET

TRAJET	DUREE	DIST. (km)	CONSOM. (l)	COUT (FF)
La Paz - Cochabamba	05:00	400	120	240
Cochabamba - Villa Tunari	02:00	150	45	90
Villa Tunari - Pto Villaroel	01:30	90	27	54
Cochabamba - Sta Cruz		465		
Sta Cruz - Yapacani	01:30	120		
Sta Cruz - Abapo	02:00	145	44	88
Sta Cruz - Trinidad	11:00	550	165	330
Trinidad - Rurrenabaque	09:00	390	117	234
Caranavi - Guanay	01:30	95	29	57
Caranavi - Rurrenabaque	06:00	275	83	165
Rurrenabaque - Riberalta	08:00	535	160	321
Riberalta - Guayaramerin	01:30	95	29	57
La Paz - Caranavi	05:00	170	51	102
La Paz - Guayaramerin - La Paz	TOTAL MISSION	4500		2700

COUT DE LA MISSION

- Frais de mission du personnel Orstom + partenaires 4 400 FF
- Frais essence : 2 véhicules 5 400 FF
- + moteur HB 600 FF

- Frais divers

1 600 FF

TOTAL

12 000 FF

ANNEXE 2

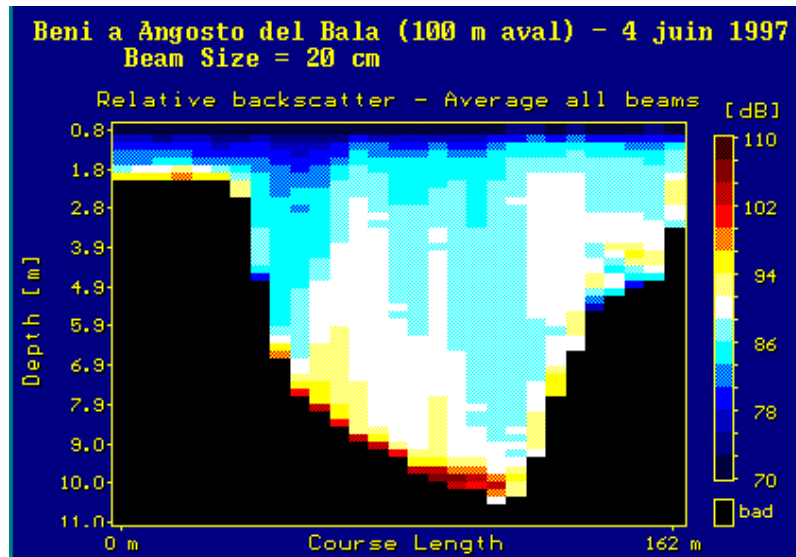
RESULTATS DES JAUGEAGES A L'ADCP

**CAMPAGNE BENI VI
MAI - JUIN 1997**

Rio Béni à Angosto del Bala - 04 juin 1997

$$Q = 905 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \pm 1,0 \%$$

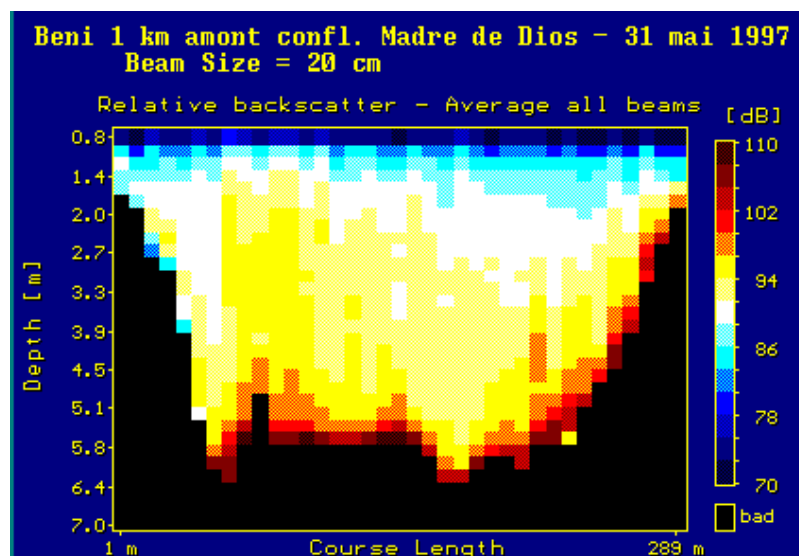
$$L = 130 \text{ m} \quad \text{Héçhelle} = 275 \text{ cm}$$



Rio Béni 1 km en amont de sa confluence avec le Madre de Dios - 31 mai 1997

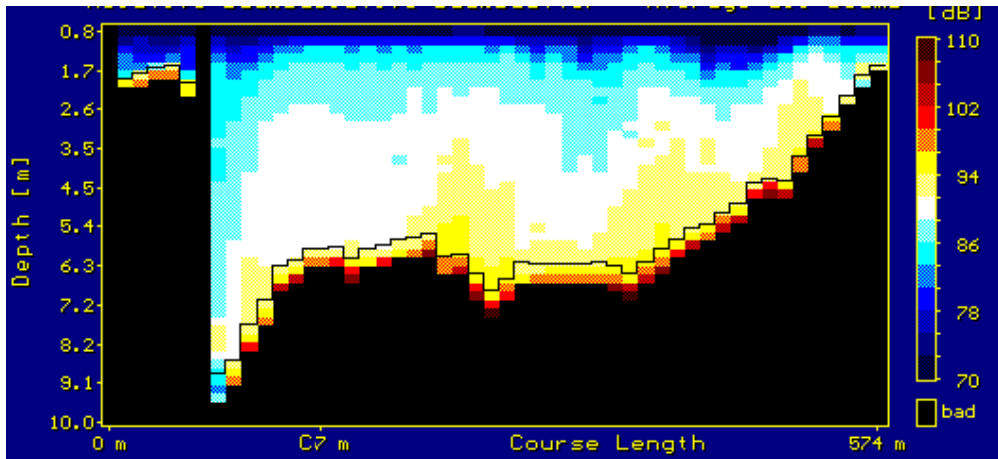
$$Q = 1653 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

$$L = 350 \text{ m}$$



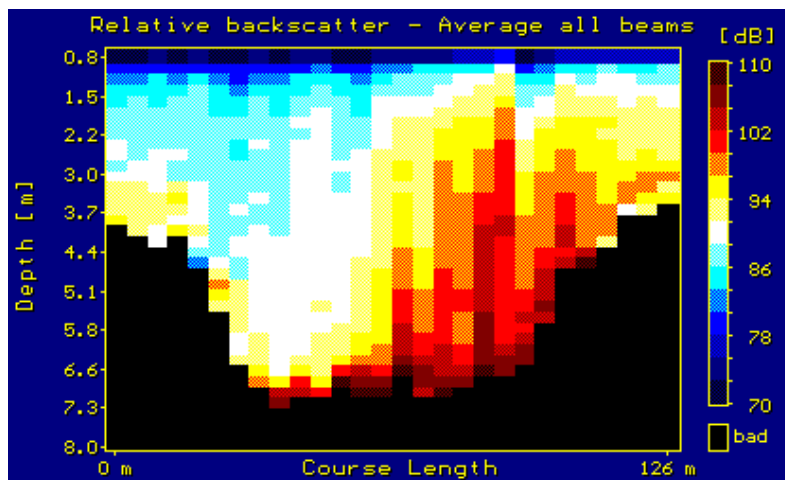
Rio Madre de Dios aval - 31 mai 1997
2 km en amont de sa confluence avec le Béni

$Q = 3324 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
 $L = 560 \text{ m}$



Rio Orthon - 31 mai 1997
2 km en amont de sa confluence avec le Béni

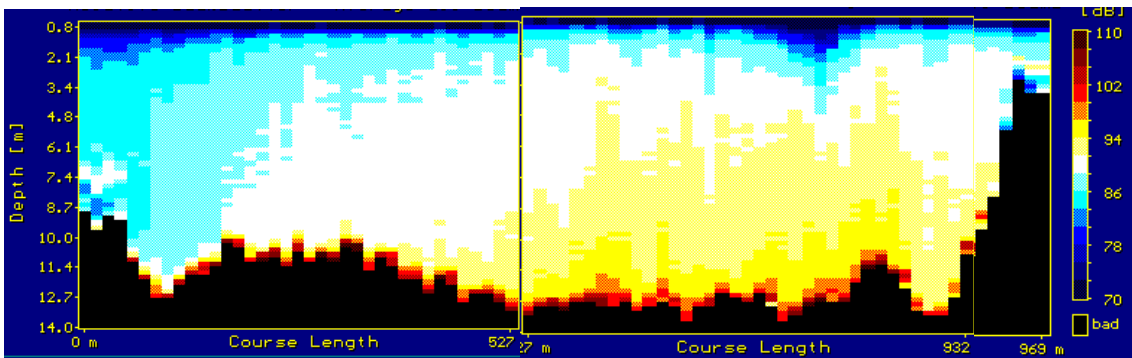
$Q = 928 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \pm 1,5 \%$
 $L = 130 \text{ m}$



Rio Mamoré à Guayaramerin - 30 mai 1997

$Q = 13882 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \pm 1,9 \%$

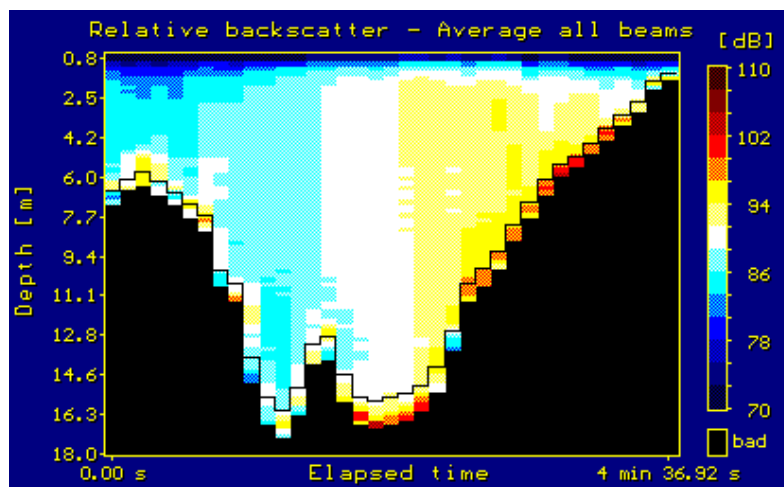
$L = 945 \text{ m}$ Héchelle SEMENA = 7,85 m(+ 1 m) (heure jaugeage)



Rio Mamoré à Trinidad- 25 mai 1997 en amont de Puerto Varador et du canal San Juanito

$Q = 2351 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \pm 2,2 \%$

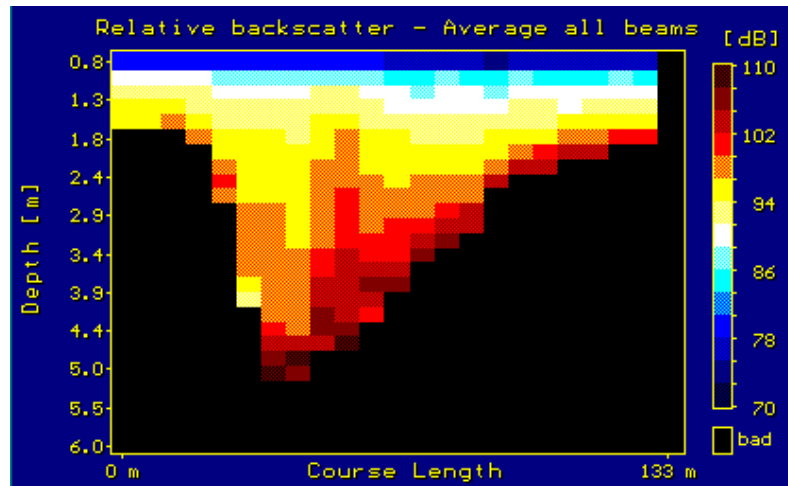
$L = 255 \text{ m}$ Héchelle SEMENA = 98 (heure jaugeage)



Rio Ichilo à Puerto Villaroel - 20 mai 1997

$$Q = 382 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \pm 2,3 \%$$

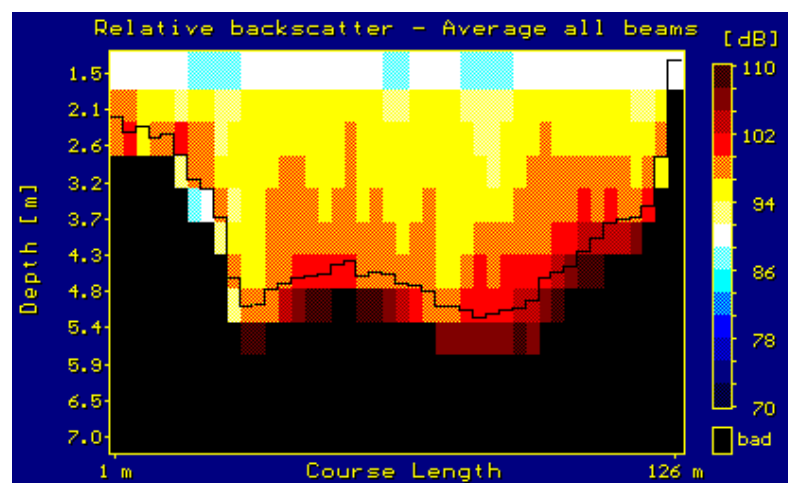
$$L = 150 \text{ m}$$



Rio Grande à El Carmen - 23 mai 1997

$$Q = 595 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \pm 4,7 \%$$

$$L = 120 \text{ m}$$



HiBAm - Bolivie : Hidrologia da Bacia Amazonica

INFORME DE MISION 'BENI VI'

DEL 19 DE MAYO AL 10 DE JUNIO 1997

ORSTOM - BOLIVIA

Laurence MAURICE BOURGOIN (UR 22)

**CAMPAÑA DE MUESTRAS, AFOROS Y INSTALACION
DE 4 PCD HYDROLOGICAS A TELETRANSMISION SATELITARIA
EN LA CUENCA AMAZONICA BOLIVIANA DEL RIO MADEIRA**



L'Institut français de recherche scientifique
pour le développement en coopération



UMSA - IIQ

SENAMHI

**SERVICIO
HIDROGRAFICO
DE LA NAVALE**

Destinatarios

- ✓ **Cap. Frag. Demn. REBOLLO**, Director del Servicio Hidrográfico Naval, La Paz, Bolivie
- ✓ **Ing. Carlos DIAZ**, Director del SENAMHI, La Paz, Bolivia
- ✓ **Lic. Jorge QUINTANILLA**, Instituto de Investigación en Química, UMSA, La Paz, Bolivia

Este informe de misión fue redactado en dos idiomas, en francés y en español.

VERSION CASTELLANA

1 - Objetivos de la misión

Esta misión, desarrollada en Bolivia en el marco de los programas HiBAm y BIOBAB, se realizó en cooperación con nuestros partners bolivianos de la Hidrografía Naval, del SENAMHI y de la Universidad de La Paz (Instituto de Química).

El área de estudio del programa HiBAm-Bolivia se refiere más específicamente a toda la cuenca del río Beni y de los ríos Madre de Dios y Mamore aguas abajo, mientras que el programa BIOBAB se refiere particularmente, a dentro del estudio de la dinámica de inundación, a la cuenca del río Mamore, desde sus tributarios andinos hasta la región de Trinidad.

Los objetivos específicos de esa misión se inscriben en dos temas de estudio : hidrología y geoquímica de los metales en traza y contaminantes cuyo el mercurio.

1. Estudio hidrológica (HiBAm y BIOBAB)

Los principales objetivos de este estudio consistían por una parte,

a **instalar 4 PCD** (plataformas de colecta de datos) hidrometeorológicas en las estaciones de :

- ✓ Villa Tunari (río Chapare)
- ✓ El Carmen (río Grande)
- ✓ Miraflores (río Madre de Dios), y
- ✓ Rurrenabaque (río Beni)

y por otra parte, a instalar escalas en :

- Puerto Siles (río Mamore)
- Guayaramerin (río Mamore)
- Riberalta (río Beni)
- Guanay (ríos Tipuani y Challana)

Este segundo objetivo no fue realizado por falta de tiempo o de sitios inadaptados.

El primer objetivo fue realizado a 50 % ; en efecto, la estación de Miraflores no fue instalada debido a una perturbación importante del lecho del río Madre de Dios (bancos de arena en la sección) y la de Rurrenabaque fue instalada a 75 % debido a una pérdida de material (cable de conexión PCD - computadora).

Esta misión permitió oficializar, en el campo, el compromiso de la Naval a las lecturas bi-diarias de los niveles de agua en las estaciones siguientes :

- Rurrenabaque (río Beni)
- Riberalta (río Beni abajo)
- Guayaramerin (río Mamore)
- Puerto Villaroel (río Ichilo)

Este parte de la misión fue realizada principalmente por Pascal Fraizy (cf. informe de misión) y Bernard Pouyaud (1ra fase, cuenca arriba del río Mamore).

2. Estudio hidrogeoquímica - contaminación por el mercurio

Los objetivos de este estudio son doble : por una parte, conciernen el estudio de la repartición geoquímica de los metales pesados en la cuenca amazónica boliviana, y por otra parte, el estudio de la contaminación del ecosistema acuático por el mercurio emitido durante las operaciones de extracción de oro.

Esta campaña se sitúa en fin de estación de lluvias, muy larga este año por que hasta el inicio del mes de junio, hemos observado crecidas y lluvias localizadas. Es un año de « Niña » caracterizado en los Andes bolivianas por lluvias muy importantes.

Para responder al primer objetivo, muestras de agua fueron realizadas en las estaciones siguientes :
MAMORE

- Ríos Chapare a Villa Tunari, Ichilo a Puerto Villaroel, Yapacani a Yapacani, Piray al puente, Grande 8 km arriba de Abapo, San Pablo al puente, Mamoré a Pto Varador y a Guayaramerin
BENI

- Ríos Beni a Angosto del Bala, Beni, Madre de Dios y Orthon a partir de Riberalta, Yata al pontón, Madeira a Puerto Riberon, Alto Beni a Sapecho, Coroico, Challana, Tipuani, Mapiiri y Kaka a partir de Guanay y Teoponte

- Río Zongo al glaciar

Para responder al segundo objetivo, muestras de sedimentos fueron colectadas en las estaciones sub-andinas del río Beni hasta Rurrenabaque, y muestras de cabellos fueron colectadas en todas las ciudades visitadas.

En cada punto de muestra localizado en los llanos, los aforos fueron realizados con el ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Sin embargo, en los puntos de muestreo localizados en las sub-cuencas andinas, fueron realizadas solamente nivelaciones del agua ; los caudales correspondientes serán estimados por la calibración que realizará, en inicio de la época de crecidas, el equipo de hidrología (Pascal Fraizy).

Esta misión permitió también de oficializar el comprometido de la Naval al programa HiBAm-Bolivia realizando muestras bimensuales de agua superficial en las estaciones PEGI siguientes :

- ✓ Rurrenabaque (río Beni exutorio de las sub-cuencas andinas)
- ✓ Riberalta (río Beni abajo)
- ✓ Guayaramerin (río Mamore)

Los frascos distribuidos por el ORSTOM serán transmitidos al Servicio Hidrográfico de la Naval, cada fin de mes, por uno de los miembros de las Fuerzas Navales de las estaciones citadas.

Otras muestras bimensuales de agua serán realizadas por los observadores de

- ✓ Miraflores en el río Madre de Dios.

Un protocolo de muestro y 24 frascos fueron distribuidos en cada de las estaciones mencionadas.

Esta campaña permite completar los datos obtenidos durante las anteriores por el estudio más específico de la hidrogeoquímica de las sub-cuencas andinas del río Mamore.

2 - Participantes

Para responder a todos los objetivos de cada estudio, la misión fue compartida en 2 equipos : uno en hidrología (responsable, Pascal Fraizy) y el otro en hidro-geoquímica (responsable, Laurence Maurice).

El primer grupo llego a Guayaramerin desde Puerto Villaroel bajando el rio Mamore sobre la embarcación ORSTOM 'El Jichicingo'. Bernard Pouyaud llego hasta Trinidad y hemos encontrado todo el equipo hidrológico en Guayaramerin donde hemos seguido la misión juntos hasta Rurrenabaque.

1er grupo : Hidrología

Vehículo 1 (La Paz - Puerto Villaroel - Trinidad) :

Bernard POUYAUD	ORSTOM Hydrologie, Représentant misión à La Paz
Luis Alberto CARRASCO	Servicio Hydrográfico de la Naval, La Paz, Bolivia

Vehículo 2 :

Pascal FRAIZY	ORSTOM Hydrologie, La Paz, Bolivia
Oscar FUERTES	Hidrólogo SENAMHI, La Paz, Bolivia

2do grupo : Geoquímica

Vehículo 3 :

Laurence MAURICE BOURGOIN	ORSTOM Hydrogéochimie, La Paz, Bolivia
Yann LE TROQUER	ORSTOM Hydrologie, La Paz, Bolivia
Julio Cesar SALINAS	ORSTOM chofer, La Paz, Bolivia
Irma QUIROGA	UMSA - IIQ, La Paz, Bolivia

3 - Financiamiento

El viaje en Toyota 4x4, el alojamiento y los gastos de comida para todos los participantes fueron cancelados por el ORSTOM. Cada institución se compromete a cancelar los viáticos de ley y los seguros de vida para cada uno de los miembros que participan a los trabajos de campo.

4 - Desarrollo de la misión

19 de mayo : La Paz - Villa Tunari - Puerto Villaroel

- Fin de instalación de la PCD en el rio Chapare en Villa Tunari (PF, BP, JPC, JCS y Omar del SENAMHI).
- Muestras en el rio Chapare en Villa Tunari (LMB y IQ).

20 de mayo : Puerto Villaroel - Santa Cruz

- Bajada del rio Ichilo hasta el rio Mamoré a Trinidad por PF, BP y LAC (Naval)
- Muestras de agua y aforo con el ADCP del rio Ichilo a Puerto Villaroel (LMB, IQ y YLT)
- Muestras de agua y aforo al molinete del rio Yapacani al puente (LMB, IQ, YLT, OF y JCS).

Muy interesada, la observadora del rio Yapacani, Cándida TELLES (tel. : 768 63) hará lecturas de niveles de agua a partir de una escala instalada en el puente (hemos dejado un cuaderno al nombre del ORSTOM).

- Filtraciones y fijación de las muestras en Santa Cruz

21 de mayo : Santa Cruz - Piray - Santa Cruz

- Muestras de agua y aforo del rio Piray, a 48 km arriba de Santa Cruz en el antiguo camino de Cochabamba (LMB, IQ, YLT, OF y JCS).
- Filtraciones y fijación de las muestras

22 de mayo : Santa Cruz - Abapo - Santa Cruz

- Muestreos de agua y aforo del [rio Grande](#), a Paraíso, 8 km más arriba de Abapo (LMB, IQ, YLT, OF y JCS).

En noviembre pasado, Pascal Fraizy había instalado una batería de 7 escalas que las fuertes crecidas de este año han enterrado o llevado ; únicamente el primer y los dos últimos elementos (5-6-7 m) se quedaron. Sería más seguro de instalar una estación automática (solución óptima), o instalar nuevas escalas en frente, sobre la pared rocosa.

La crecida de enero 1997 alcanzó 6,70 m en la escala.

Un aforo fue realizado al molinete para un nivel de agua de aproximadamente -3 cm (el primer elemento fue enderezado).

El dueño del camping 'Paraíso', Ing. Feliz CAVANDINO, tel. : 52 15 60 (Sta. Cruz), donde se quedan las escalas es muy interesado por colaborar con nosotros y sería disponible para vigilar una eventual estación automática del SENAMHI en su propiedad.

- Filtraciones y fijación de las muestras en Santa Cruz

23 de mayo : Santa Cruz - Trinidad ('geoquímica') / rio Grande ('Hidrología')

- Instalación de la segunda PCD en el rio Grande** en la comunidad 'El Carmen' S15°53'28'' - W64°37'38'' (PF, BP y LAC)

- Muestreos de agua y aforo del [rio San Pablo](#), a 120 km al sur-este de Trinidad (LMB, IQ, YLT, OF y JCS).

24 de mayo : Trinidad

- Muestreos de agua del [rio Mamoré](#), en Puerto Varador (LMB, IQ, YLT, OF y JCS).
- Filtraciones y fijación de las muestras en Trinidad

25 de mayo : Trinidad

- Llegada del 'Jichicingo' en Puerto Varador (PF, BP y LAC). Salida para La Paz del Sr Bernard Pouyaud.
- Aforo con el ADCP del [rio Mamoré](#), aguas arriba de Puerto Varador y en el canal San Juanito, brazo del Mamoré abierto a la navegación (LMB y JCS).

Hesc SEMENA (24/05/97 a 10 h) = 98 cm

Hesc SEMENA (25/05/97 a 12 h) = 55 cm

26 de mayo : Trinidad - Rurrenabaque

- Salida del equipo 'Hidrología' (PF, OF y LAC) para Puerto Siles y Guayaramerin, a bordo del 'Jichicingo'
- Cruzeiro del Mamore del equipo geoquímica (1 h 30 por pontón) y 390 km de pista

27 de mayo : Rurrenabaque - Riberalta

535 km de pistas

28 de mayo : Riberalta - Yata - Guayaramerin

- Muestreos de agua del [rio Yata](#) en el pontón (LMB, IQ, YLT y JCS).

El rio Yata ha destapado de su lecho sobre unos 5 km, abriendo un segundo brazo hacia el oeste perpendicularmente al lecho principal inundando la pista sobre más de 3 km.

- Muestreos de agua del [rio Mamoré](#) en Guayaramerin, a bordo de un 'piraña' arriba de Guayaramerin

Estabamos en fin de época de crecidas muy fuertes. El nivel del rio Mamore esta bajando desde 2 semanas, de 5 a 10 cm por día. La escala de la Naval, instalada nivel 'barranco', fue completamente inundada y algunos dijeron que lo habían sacada durante la crecida.

28/05/97, 08h00, Hesc (SEMENA) = 8,01 m (día de las muestras)

29/05/97, 08h00, Hesc (SEMENA) = 7,92 m

30/05/97, 08h00, Hesc (SEMENA) = 7,84 m (día de los aforos)

⊗ Los *niveles de agua registrados por el SEMENA parecen malas* y desplazados de 1 m por lo menos. Dos razones permiten de explicar esa nota :

- El punto (Hesc, Q) sobre la curva de calibración es completamente desplazado

- Las crecidas de este año fueron mucho más fuertes que las del año pasado, y la cota observada el 13 de mayo 1996 era de 8,02 m para un caudal de $10145 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$... Si desplazamos de 1 m el nivel del último aforo, este punto se encuentra sobre la curva de calibración (fig. 2).

29 de mayo : Guayaramerin - Puerto Riberañ - Guayaramerin

- ❑ Muestreos de agua del [rio Madeira](#), en Puerto Riberañ, a 18 km aguas abajo de su formación (LMB, IQ, YLT y JCS).

Acceso vía terrestre por el Brasil. Este punto es localizado a 68 km de Guajara-Mirim.

Los muestreos fueron realizadas al pie de una 'cachoiera' en un lugar donde las aguas son mezcladas. Presencia de una antigua draga de 'garimpos'.

- ❑ Muestreos de cabellos en Guayaramerin (cerca del puerto)
- ❑ **Mamoré a Guayaramerin** : 1^{era} estación HiBAm-PEGI (*seguimiento de los flujos en SS*)
Entregada a la Naval, al suboficial Wilfredo MACHICADO PINTO, de 24 frascos pre-etiquetados con las explicaciones necesarias (muestreos cada 1^{er} y 15 de cada mes, lejos de las orillas, enjuagar el frasco 3 veces con el agua del río, notar la hora y el nivel de agua a la escala, enviar cada fin de mes al Servicio Hydrografico de la Naval en La Paz los 2 frascos correspondientes).

- ❑ Llegada del equipo 'hidrología' embarcada sobre el 'Jichicingo' (PF, OF y LAC).

30 de mayo : Guayaramerin - Riberalta

- ❑ Aforo con el ADCP del [rio Mamoré](#), aguas arriba de Guayaramerin, al nivel de la escala del SEMENA (LMB y YLT).
- ❑ Visita del SEMENA y colecta de los datos de lectura de nivel de agua desde noviembre 1996.

Tienen un solo elemento que mueven con las crecidas y decrecidas y que nivelan a partir de un mojón.

Personas a contactar : en Guayaramerin : Valdemar SUAREZ
en Trinidad : Hugo BARBERI

- ❑ Imposible de trasladar el 'Jichicingo' hasta Riberalta por problemas logísticos debido al Tercer Distrito de la Naval (Sr. Comandante CN.DEMN. Marco A. Justiniano).
No estaban tampoco avisado de nuestra llegada.

31 de mayo : Muestreos y aforos de los rios Orthon, Béni y Madre de Dios

- ❑ Muestreos y aforos con el ADCP del [rio Orthon](#) 2 km arriba de su confluencia con el río Beni. Presencia de mineros sobre dragas a la boca del Orthon.
- ❑ Muestreos y aforo con el ADCP del [rio Madre de Dios](#).
- ❑ Muestreos y aforo con el ADCP del [rio Beni](#) 1,5 km arriba de su confluencia con el río Madre de Dios.
- ❑ **Béni a Riberalta** : 2^{nda} estación HiBAm-PEGI.
Entregada a la Naval, al Teniente TF.CGEN MUNOZ, de 24 frascos pre-etiquetados para el estudio de los flujos mensuales de los SS en toda la cuenca amazónica boliviana.

01 de junio : Riberalta - Miraflores (Madre de Dios)

- ❑ **Tentativa de instalación de la tercera PCD en Miraflores, sobre el Madre de Dios.**

Después de una primera tentativa, la víspera, de llegar al río Madre de Dios a partir de una embarcación prestada por la Naval, hemos insistido para que el transporte del material sea llevado rápidamente a bordo de una 'piraña'.

Entrevista con el Comandante de la Naval a Riberalta CN.DEMN Gilfredo AVAROMA OJOPI y el capitán de puerto, TN.CGON Iver ORTEGA CARRASCO.

Después de algunos problemas durante la navegación (encalladero sobre un banco de arena, problemas de motor, ...), el equipo ha podido llegar hasta la estación de Miraflores en el día. Sin embargo, la evolución geomorfológica de la sección durante las últimas crecidas (iniciación de un 'brazo muerto'), el estado de las orillas y los medios a su disposición no les ha permitido instalar la estación automática.

Todas las escalas instaladas en noviembre 96 por PF han resistido a las crecidas.

Madre de Dios en Miraflores : 3^{ra} estación HiBAm-PEGI.

Entregada al de la estación de 24 frascos pre-etiquetados que recuperaremos a cada misión, o que la Naval recogerá cuando la PCD será instalada.

Filtraciones y fijación de las muestras en Riberalta

02 de junio : Riberalta

Visita del SEMENA y colecta de los datos de niveles de agua de las estaciones:

- Riberalta en el río Beni (enero 1995 - junio 1997)

- Humaita en el río Orthon (enero 1994 - diciembre 1995, fin de las lecturas)

Vuelta del equipo 'Hidrología' en Riberalta

03 de junio : Riberalta - Rurrenabaque

04 de junio : Muestra y aforos en el río Béni en Rurrenabaque

Muestra de agua y de sedimentos en el [río Béni en Angosto del Bala](#)

Muestras de cabellos de 5 ribereños con profesiones y hábitats alimentarios diferentes

Aforos con el ADCP del río Béni en Angosto del Bala

$H_{esc} (AB) = 27,5 \text{ cm}$

Visita de la Naval :

Entrevista con el Sr Comandante de la Base Naval CF.DEMN. Ernesto ROCA

GONZALES

- presentación del proyecto de instalación de una PCD en San Boaventura, sobre el gavión protegido la escala.

- copias de los datos de niveles de agua de la escala de San Boaventura desde febrero 95

Beni en Rurrenabaque : 4^{ta} estación HiBAm-PEGI.

- Presentación del programa HiBAm-PEGI y

- Entregada al Suboficial SO1.CGON Gonzalo AUZA, de 24 frascos pre-etiquetados para el cálculo de los flujos mensuales de sólidos suspendidos en la cuenca amazónica.

Filtraciones y fijación de las muestras en Rurrenabaque.

05 de junio : Rurrenabaque - Caranavi

Instalación de una de la cuarta PCD en Rurrenabaque (San Boaventura), sobre el río Beni.

En efecto, durante el viaje Riberalta - Rurrenabaque se perdió material del pick-up (PF) cuyo el cable de conexión de la estación a la computadora. Así, 75 % de la estación fue instalada en 3 días y el sensor de presión será instalado más tarde (en julio o agosto próximo).

Muestreos de agua en el [Alto Béni](#) en Sapecho (LMB, YLT y IQ)

Filtraciones y fijación de las muestras en Caranavi.

06 de junio : Caranavi - Guanay - Caranavi

Muestreos de agua y de sedimentos en el [río Coroico](#).

Colecta de los datos de lecturas de niveles de agua de la estación del SENAMHI de Sta. Rita de Buenos Aires desde diciembre 1996. El observador nos avisa que no hubo crecidas muy

fuertes sobre el Coroico est año, en 1997, pero una carga turbia muy importante (debida a la construcción de la nueva carretera de los Yungas).

- Muestra de agua y de sedimentos en el [rio Challana](#). Nivelación del rio al puente (lugar ideal para una escala).
- Muestra de agua y de sedimentos en el [rio Tipuani](#). Nivelación del rio al puente (lugar ideal para una escala).
- Muestra de agua y de sedimentos en el [rio Mapiri](#). Nivelación del rio al puerto.
Presencia de una pared de cemento a la entrada del puerto donde se podría pintar una escala.

Entonces, sería muy interesante, en un primer plazo, de realizar curvas de calibración en los puentes o gaviones de los rios Challana, Tipuani y Mapiri para estimar, durante cada campaña, el caudal de cada uno de esos rios a partir de una simple nivelación. Por lo menos, 15 días de trabajo son necesarios en época de subida de crecidas, a partir de Guanay donde esos rios son accesibles.

- Muestra de agua y de sedimentos en el [rio Kaka](#).
Visita de la cooperativa San Juanito y muestreos de cabellos de los mineros en contacto con el mercurio (preparación y quemación del amalgama)

07 de junio : Caranavi - La Paz

- Filtraciones y fijación de las muestras en Caranavi.
- Vuelta a La Paz

10 de junio : Muestreos del rio Zongo, punto lo más arriba de la cuenca del rio Béni

- Muestreos de agua en el [rio Zongo](#) al pie del glaciar (arriba del canal)
- Filtraciones y fijación de las muestras en La Paz

5 - Primeros resultados

La misión BENI VI permitió mostrar, por la segunda vez unicamente (la primera campaña de este tipo fue realizada en abril de 1994 por Jean-Loup Guyot), 21 puntos repartidos en toda la cuenca amazonica boliviana, desde las sub-cuencas andinas y piemonteses de los rios Beni y Mamore, hasta el rio Madeira a la frontera brasileña (figure 1).

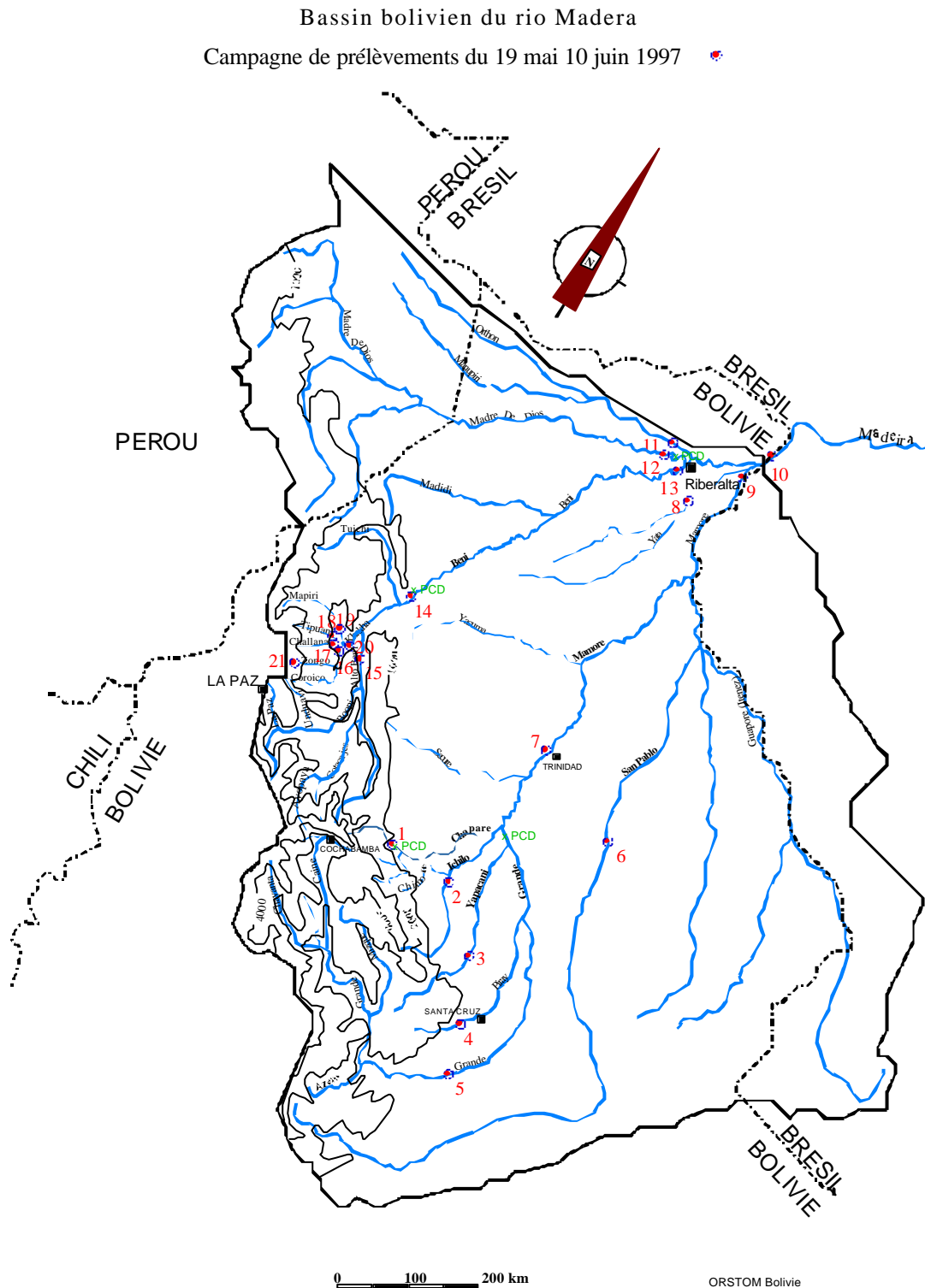


Figura 1. Campaña BENI VI - Mapa de presentación de los puntos de muestreo y de instalación de las PCD.

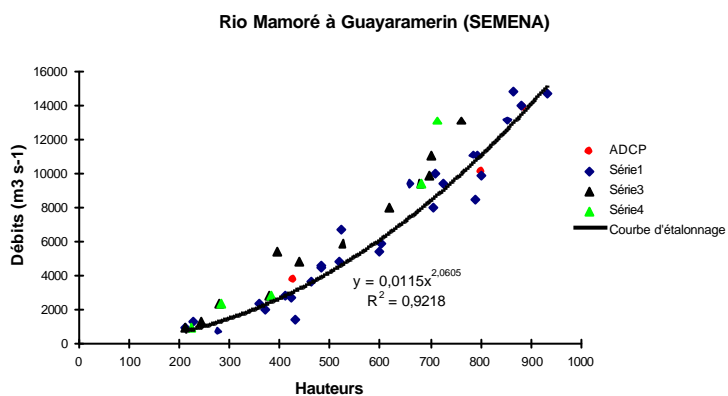
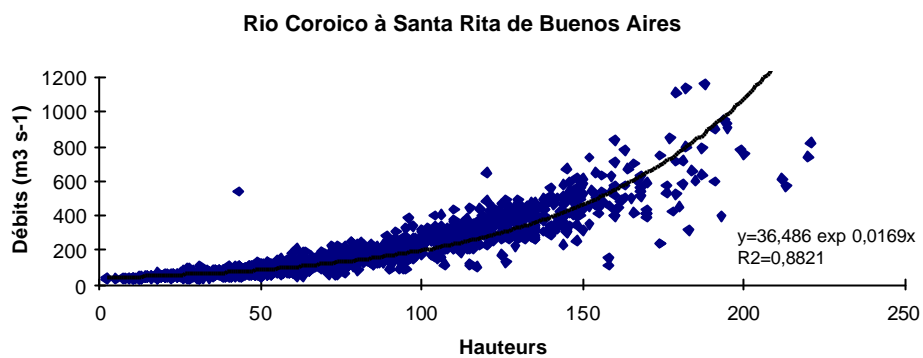


Figura 2. Curvas de calibración de las estaciones principales del Coroico y del Mamore

Esta campaña fue realizada en fin de época de lluvias, particularmente importante este año (figura 3).

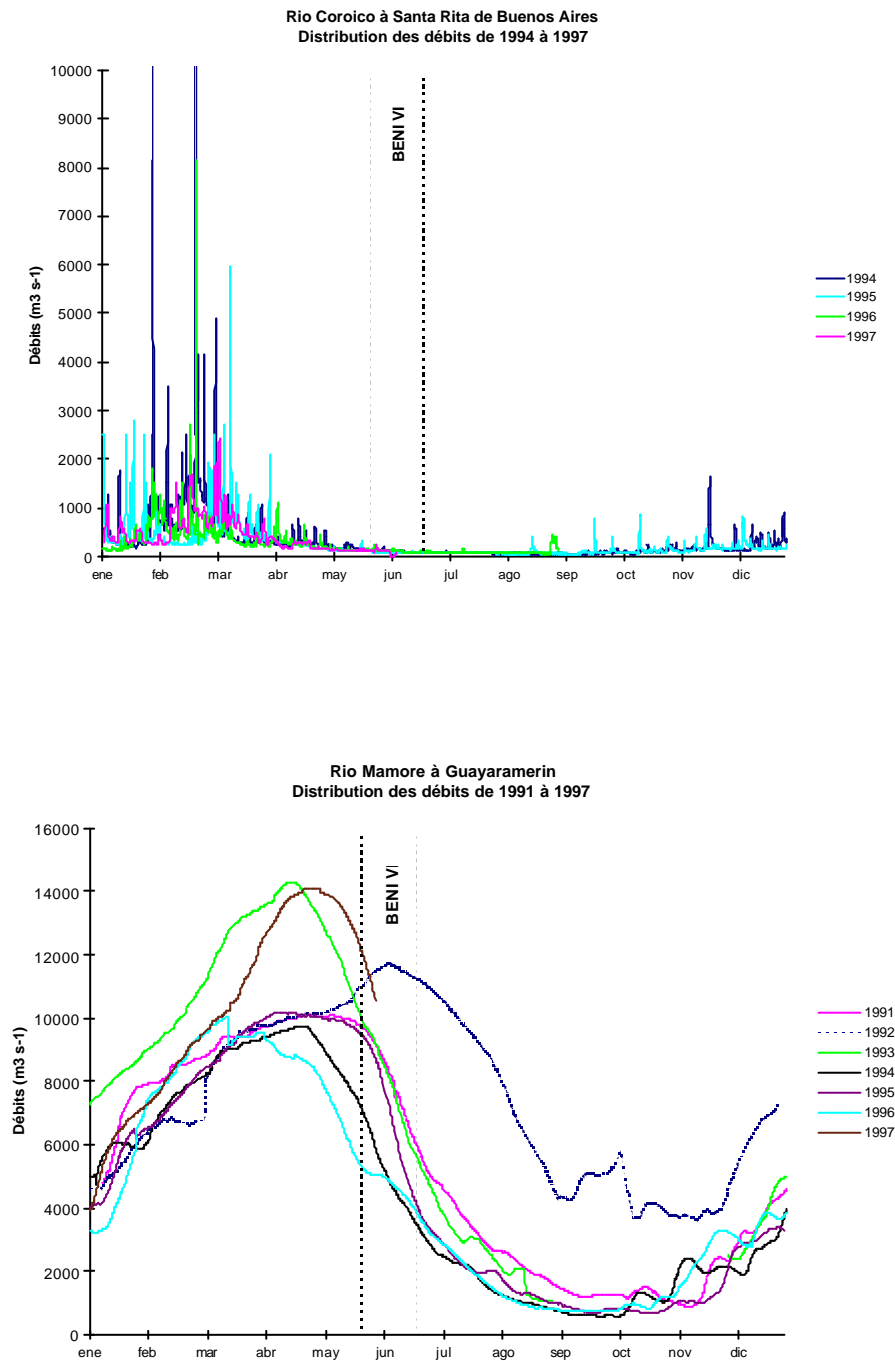


Figura 3. Evolución de los caudales en 2 estaciones de la cuenca: Coroico y Mamore
La estación de Santa Rita de Buenos Aires es una estación limnimétrica con un observador que pertenece a la red del SENAMHI, mientras tanto la de Guayaramerin pertenece al SEMENA (un solo elemento de regla).
Los datos de 1996 y 1997 en esta ultima estación son a verificar y corregir.

Los primeros resultados de los parametros fisico-quimicos son presentados en la tabla 1.

**Tabla 1. Campaña BENI VI '18 de mayo - 10 de junio 1997'.
Características y parametros fisico-quimicos de los puntos de muestreo.**

Los aguas de superficie muestreados presentan pH neutros a alcalinos (aguas del Zongo al pie del glaciar y en las sub-cuencas del Mamore) exepto los afluentes de llanura muy enriquecidos en material organico, como el rio Yata (fig. 3), donde las aguas son acidificadas por la presencia de acidos humicos o fulvicos.

Aparece claramente que las aguas de las cuencas del rio Mamoreson mucho más mineralizadas que las del Beni, desde sus fuentes andinas. Especialmente para el rio Grande que tiene una conductividad de 676 $\mu\text{S cm}^{-1}$ marcando fuertemente las aguas del rio Mamore hasta Trinidad y su confluencia con el Itenez, poco mineralizado (Guyot, 1993) ; mientras que durante esta campaña, la mineralización de las aguas del Alto Beni no sobrepasan 230 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

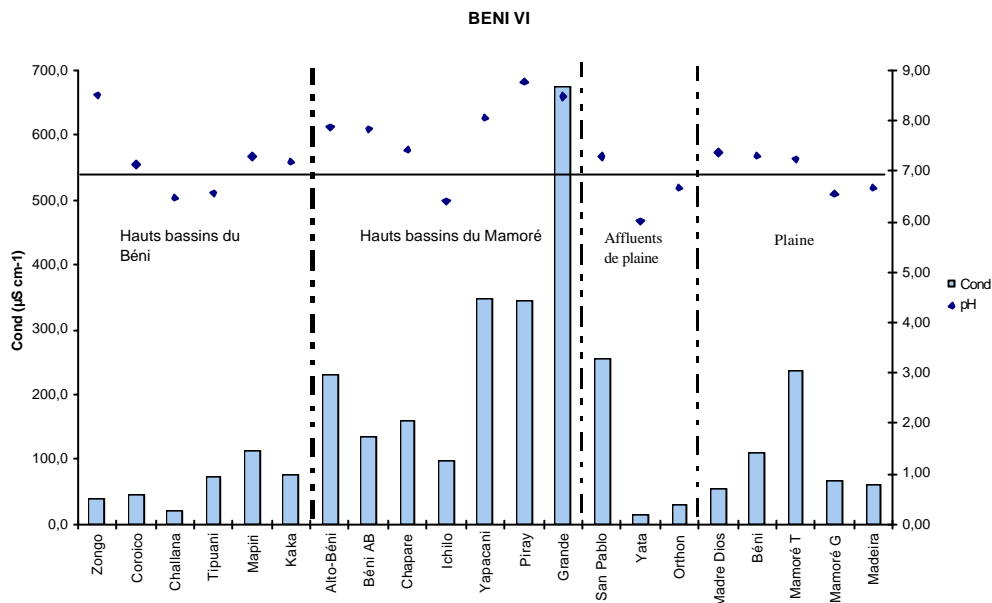


Figura 3. Distribución del pH y de la conductividad

Parece que las estaciones las más cargadas en SS son, en las cuencas altas, las más perturbadas por las actividades de mineria aurifera (sub-cuencas del Beni) o por crecidas localizadas (sub-cuencas del Mamore) donde los valores de SS sobrepasan 400 mg l^{-1} (fig. 4). Al punto lo más abajo, los SS son de 918 mg l^{-1} . Los afluentes de llanura son caracterizados por contenidos en material organico particular muy elevados : de 8,3% SS en el rio San Pablo hasta 21,7% SS en el rio Yata.

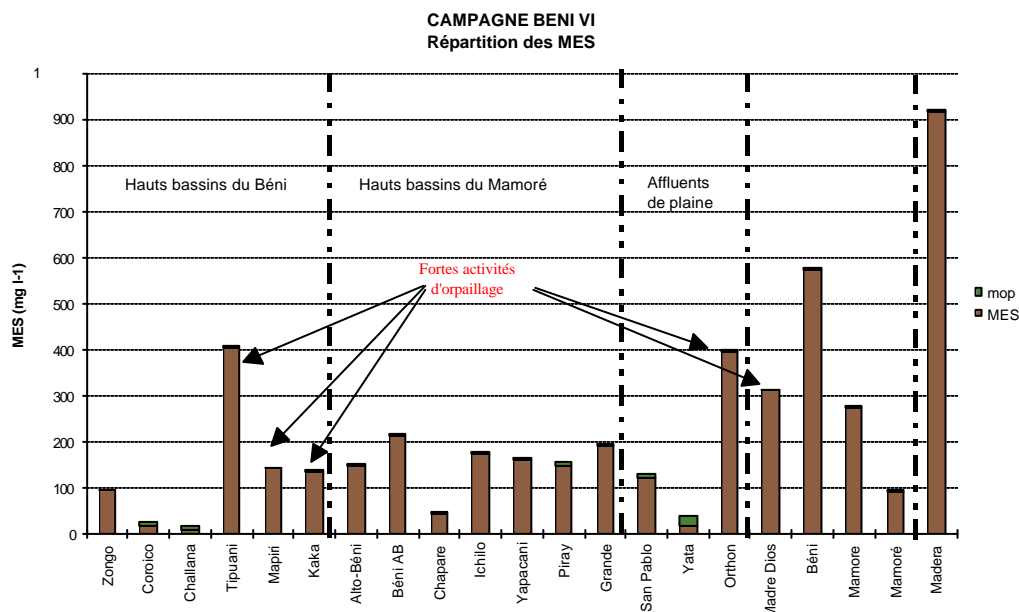


Figura 4. Repartición de los solidos suspendidos y de la carga organica

6 - Conclusiones

En lo que concierne la *misión hidrológica*, los objetivos programados inicialmente fueron realizados a 50 % únicamente debido a una pérdida de material y a modificaciones de sección (Madre de Dios). Esta misión se terminó en Rurrenabaque por la instalación a 75 % de una PCD sobre el Beni aguas arriba sin por una parte, reconocimiento de la estación de Angosto Inicua (SENAMHI) ni de la capitanearía de Puerto Linares (Alto Beni), ni por otra parte, la realización de los aforos de los ríos Tipuani, Mapiri y Challana. Entonces, aparece de manera evidente que por lo menos 3 misiones 'hidrológica' van a ser necesarias este año (en función de los presupuestos ORSTOM) :

- una en la cuenca del río Beni, en estación seca para terminar la instalación de las PCD de Rurrenabaque (San Boaventura) y de Miraflores (Madre de Dios), en un lugar más adecuado, más estable, 1 km aguas arriba ;
- la segunda, al inicio de la época de crecidas, para realizar curvas de calibración de los ríos Tipuani, Mapiri y Challana (con nivelación) en el área de Guanay ;
- la tercera, en época seca, en la cuenca del río Mamore para verificar las instalaciones de las 2 PCD (ríos Grande y Chapare).

Considerando el compromiso de la Naval en esas misiones de cooperación, apareció claramente que a pesar de los esfuerzos inicializados de La Paz, las informaciones emitidas no bajaban a los destinatarios los más adecuados para responder a nuestros objetivos al campo. Por ejemplo, cuando teníamos que trasladar la embarcación ORSTOM desde Guayaramerin hasta Riberalta, ninguno de los oficiales allá sabían que teníamos que llegar por río, ni tampoco que teníamos que trasladar el barco.

Por otra parte, la participación del SENAMHI fue únicamente técnica por el trabajo de Omar y de Oscar Fuertes ; las PCD nos fueron entregadas 24 horas de nuestra salida al campo para sus instalaciones.

En lo que concierne la misión hidro-geoquímica, 21 puntos de muestreos fueron realizados desde las fuentes glaciares del río Zongo hasta el río Madeira, a 18 km de su formación, y también 23 aforos cuyos 10 con el ADCP en 14 estaciones. Esta campaña nos permitió coleccionar muestras de agua de superficie y de cabellos (programa 'mercurio') en toda la cuenca amazónica y muestras de sedimentos en las sub-cuencas andinas del Beni explotadas por su oro aluvial.

Los análisis van a ser realizadas en :

- los *sales mayores* : en paralelo en la UMSA-IIQ (La Paz) y al Orstom-Bondy (Francia),
- el *carbón orgánico* disuelto y particular en la Université de Bordeaux (Francia),
- los *metales* en paralelo en la Université de Montpellier (Francia) y al laboratorio de Ecología de la UMSA para una primera intercalibración
- y el *mercurio* al Laboratorio de Radioisotopos de la Universidad de Rio (sedimentos, cabellos, y peces coleccionados por los hidrobiólogos de BIOBAB) y al LPCM de Villefranche/Mer (agua y suspensiones).

Hecho a La Paz, el 16 de junio de 1997

Laurence MAURICE BOURGOIN