



Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica

15ª Campanha de medições de vazão na bacia do rio Amazonas

“Efeito da maré sob a parte baixa do rio Amazonas”

Macapá ⇒ Canal de Gurupá ⇒ Canal Norte ⇒ Porto do Moz
⇒ Almeirim ⇒ Santarém

Junho - Julho de 1999

SUMÁRIO

1. Introdução
2. Participantes
3. Cronograma
4. Métodos e equipamentos utilizados
5. Resultados
6. Conclusão

1. INTRODUÇÃO

Origem e objetivos da campanha de medição

As 13a e 14a campanhas de medição de vazões na bacia do rio Amazonas foram dedicadas a medição do efeito da maré sobre o rio Amazonas em períodos de águas baixas (13a campanha em novembro de 1998) e águas médias (14a campanha em março de 1999). Essa 15a campanha tem por objetivo medir as flutuações de vazões devidas ao efeito da maré em período de águas altas.

O programa dessa 15a campanha de medição estava :

- **de caracterizar, em período de águas altas, as flutuações de níveis e vazões por causa da influência da maré em várias estações ao longo da parte baixa do rio Amazonas (entre Macapa e Obidos),**
- **de caracterizar a variação temporal de turbidez das águas utilizando uma sonda automática do tipo CTD**
- **de iniciar, na parte baixa do rio Amazonas, um trabalho de altimetria satelitar (GPS bi-freqüência) em colaboração com o IBGE e a USP-Escola Politecnica)**
- **de realizar uma campanha de medições hidrologicas e geoquimicas na varzea do Lago Grande de Curuai**

Les objectifs ont pu être remplis dans leur quasi totalité.

2. PARTICIPANTES

- IRD Brasília Pascal Kosuth
Alain Laraque
- CPRM Brasília Gutemberg Meneses da Silva
- CPRM Belém Raymundo Nonato
Arivaldo Dias Figueira
Roberval
- IBGE Goiânia Carlos Alberto Correa Castro Junior
Benedito Antonio Guimarães Junior
José Arojo dos Santos (ficando em Santarém)
- EXTERIOR Isabelle Chaffaut (Varzea)
- Tripulação do Barco Gamboinha III
- Tripulação da Balsa (Dono : Juvenal)
- Tripulação do Barco Teimoso

Apoio exterior

- Capit. de Porto de Santana Comandante Wladimir Gonzalez
- USP Pfr Denizar Blitzkow

Participação :

	20/06/1999	21/06/1999	22/06/1999	23/06/1999	24/06/1999	25/06/1999	26/06/1999	27/06/1999	28/06/1999	29/06/1999	30/06/1999	01/07/1999	02/07/1999	03/07/1999	04/07/1999	05/07/1999	06/07/1999
Pascal Kosuth																	
Alain Laraque																	
Gutemberg Meneses da Silva																	
Raymundo Nonato																	
Arivaldo Dias Figueira																	
Roberval																	
Carlos Alberto Correa Castro Junior																	
Benedito Antonio Guimarães Junior																	
José Arojo dos Santos																	
Isabelle Chaffaut																	
	Barco Gamboinha (CPRM Roteiro B)												Barco Teimoso				
Local	MAC	PS	PS	PS	PS	GUR	DIV	POM	PDM	ALM	SAN	SAN	VARZ	VARZ	VARZ	OBI	SAN
Medições ADCP			ADCP	ADCP		ADCP	ADCP	ADCP			ADCP	ADCP					ADCP
Medições GPS			GPS			GPS	GPS		GPS	GPS		GPS					
	MAC	Macapá															
	PS	Porto de Santana															
	GUR	Gurupá															
	DIV	Divergência Canal do Norte / Canal de Gurupá															
	POM	Porto de Moz															
	ALM	Almerim															
	SAN	Santarém															
	VARZ	Varzea do Lago Grande de Curuzá															
	OBI	Oblidos															

3. CRONOGRAMA

ELEMENTOS DA PROGRAMAÇÃO DA CAMPANHA DO HIBAM JUNTO COM O ROTEIRO DA CPRM

19/06/99 Deslocamento da equipe HiBAm para Porto de Santana .

20/06/99 Mapacá : instalação do GPS bifreqüência ; Porto de Santana : Encontro com o Barco. Instalação do Orphimedes móvel. Instalação do ADCP do Projeto Hibam no barco da CPRM , e teste do mesmo . Instalação do GPS bifreqüência em Porto de Santana e nivelamento da régua do maregrama.

(*)21/06/99 Medição de descarga líquida no braço esquerdo em frente ao Porto Santana durante o período de 13 horas . E deslocamento para o braço direito .

(*)22/06/99 - Medição de descarga líquida no braço direito entre a ilha queimada e a ilha do Marajó durante o período de 13 horas .

23/06/99 Deslocamento para Gurupá .

(*)24/06/99 - Instalação do GPS bi-freqüência e nivelamento da régua. Instalação do Orphimedes móvel. Medição de descarga líquida na localidade de Gurupá durante o período de 13 horas . Verificação do Orphimedes e Thalimedes .

(*)25/06/99 Deslocamento de Gurupá até o Canal Norte com saída às 03:00 . Instalação de uma régua. Instalação do GPS bifreqüência e nivelamento da régua. Medição de descarga líquida no Canal Norte da ilha de Gurupá durante o período de 13 horas .

26/06/99 Deslocamento para Porto de Moz com trabalho da CPRM na cidade e verificação do Orphimedes e pagamento do observador . Instalação do Orphimedes móvel. Instalação do GPS bifreqüência e nivelamento da régua. Medição de descarga líquida no período da tarde de 12:00 às 19:00 .

(*)27/06/99 Medição de descarga líquida em Porto de Moz durante o período da manhã , de 07:00 às 14:00 e a tarde deslocamento para Almeirim , com trabalho da CPRM (Itapeua do Pará). Instalação do Orphimedes móvel. Instalação do GPS bifreqüência e nivelamento da régua

(*)28/06/99 Medição de descarga líquida em Almeirim , durante o período de 13:00 horas , verificação do Orphimedes e trabalho da CPRM no local .

29/06/99 Deslocamento para Santarém , com trabalho em Prainha (Instalação do Orphimedes móvel. Instalação do GPS bifreqüência e nivelamento da régua). Trabalho da CPRM na estação de fazenda Bela Vista .

30/06/99 Medição de descarga líquida em Santarém durante o período de 04:00 horas , com verificação do Orphimedes de Santarém. Instalação do Orphimedes móvel. Instalação do GPS bifreqüência e nivelamento da régua .

01/07/99 Deslocamento para Brasília .

(*) dias específicos da campanha de medição do Projeto HIBAM

Domingo 20/06/99	<p>Deslocamento pela manhã da equipe HiBAM (Pascal Kosuth, Gutemberg da Silva) de Brasília para Mapacá e Porto de Santana .</p> <p>O barco atrasou por causa de um temporal na foz do rio e não chegou em Porto de Santana no domingo</p> <p>Deslocamento de Alain Laraque de Brasília até Porto de Santana</p>
Segunda Feira 21/06/99	<p>Porto de Santana:</p> <p>Manha : Encontro com o Comandante Wladimir Gonzáles na Capitanearia do Porto de Santana, em carga da Sinalização na foz do rio. Apresentação do trabalho da campanha. Visite do marégrafo e das marcas geodésicas na capitanearia. Decisão de não instalar o Orphimedes, e copiar os dados do marégrafo.</p> <p>Tarde : Encontro com a equipe do IBGE. Visita do IBGE. Contato com o Comandante para instalar o GPS bifrequência automático na marca da capitanearia</p> <p>Visita do Centro do IEPA (Instituto de Estudos e Pesquisa do Amapá)</p> <p>Teste do ADCP e do Barco. Parada pela polícia que guardou os documentos (não tinha autorização para viajar no Amapá)</p> <p>Noite : contatos com a Capitanearia para conseguir a autorização de fazer medições sem os documentos</p>
Terça Feira 22/06/99	<p>Porto de Santana:</p> <p>5:00 : Saída do barco 6:20 : Início das medições com o ADCP 8:05 : Fim da medição por causas das ondas fortes demais para o barco 9:00 : Teste da CTD 11:00 retorno ao porto</p> <p>Tarde :</p> <p>pesquisa de uma balsa para alugar para o dia seguinte teste do software da CTD (4 horas)</p> <p>instalação da base automática do GPS bifrequência na marca da Capitanearia</p> <p>Encontro com os pesquisadores do IEPA (Odette e Admilson)</p>
23/06/99	<p>Saída com a balsa às 5h30 hora local Início das medições às 6h25 hora local (9h25 GMT)</p> <p>4 travessias das 6h25 às 19h35 : 8 medições de vazão e 8 medições de perfil com a CTD</p>

4. Resultados

4.A. RESULTADOS DO ESTUDO DA MARE

RESULTADOS SINTETICOS

Quelques repères :

- Les ondes de pression liées aux mouvements des masses d'eau océaniques se traduisent en fluctuations semi-diurnes des niveaux qui se propagent le long de l'Amazone. L'amplitude de fluctuation varie selon la phase de la lune de 2,5 à 4,5 m à Ponta do Céu (80km de l'océan).
- La vitesse de propagation de ces ondes le long de l'Amazone est de l'ordre de 50 km/h : une nouvelle marée haute survient à Ponta do Céu avant que la précédente n'ait atteint Santarem (~800 km de l'océan).
- La propagation des ondes vers l'amont s'accompagne d'une atténuation, plus forte en hautes eaux qu'en basses eaux. En basses eaux l'effet de la marée semi-diurne est sensible au-delà d'Obidos (910 km de l'océan). En hautes eaux il n'atteint pas Santarem.
- Les fluctuations mensuelles (modulation basse fréquence des amplitudes) sont moins atténuées que les fluctuations semi-diurnes (haute fréquence) et se propagent moins vite mais plus loin vers l'amont, probablement au-delà de Parentins.
- Cette influence du niveau de la mer se traduit par des modifications du régime d'écoulement du fleuve et des conditions favorisant la sédimentation.
- Les fluctuations de niveau s'accompagnent de phénomènes de stockage (en marée montante) et déstockage (en marée descendante) qui se traduisent par des oscillations locales du débit d'autant plus fortes que l'on avance vers l'aval. On observe ainsi sur la partie aval (jusqu'à la divergence entre Canal do Norte et Canal de Gurupa) des inversions momentanées (quelques heures) de l'écoulement.
- La mesure et l'analyse des fluctuations de niveaux et de débits en différentes stations de l'Amazone permet de mieux comprendre ces processus et de quantifier l'effet de la mer sur les conditions hydrodynamiques de sédimentation sur la partie aval de l'Amazone (aval de Manaus).
- Deux campagnes de mesure ont déjà eu lieu en basses eaux (novembre 1998) et en eaux intermédiaires (mars 1999). Cette troisième campagne réalisée en hautes eaux (juin 1999) doit permettre de compléter les données disponibles pour l'analyse des processus.

Les débits

Les mesures de débit ont été effectuées avec une ADCP 300 kHz aux sections indiquées sur la Figure 1 :

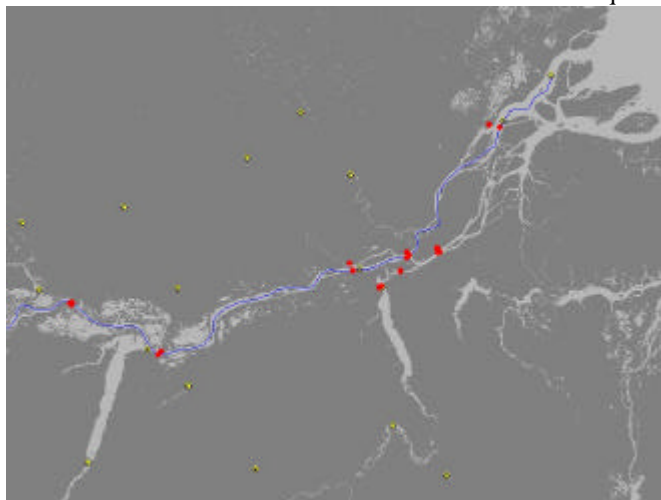


Figura 1 : Mapa das seções de medição de vazão durante a campanha HiBAm de Junho 1999.

Les mesures de débit sur un cycle de marée de 13 heures (cycle semidiurne de la marée) ont été effectuées :

- à Macapa sur le Canal do Norte,
- à Gurupa,
- à la divergence Canal do Norte – Canal de Gurupa
- à Porto de Moz sur le Xingu
- à Almeirim

Des mesures simples de débits ont été réalisées

- à Santarem
- à Obidos
- sur le chenal reliant le Xingu à l'Amazone

Le débit mesuré à **Obidos** était de 215 000 m³/s (affichage ADCP).

Le débit moyen à **Almeirim** était de 241 000 m³/s (affichage ADCP) avec une fluctuation semi-diurne entre 230 000 m³/s et 253 000 m³/s (valeur maximum mesurée affichée par l'ADCP), soit +/- 5% du débit moyen

Le débit moyen du **Xingu** était de 4 000 m³/s (affichage ADCP) avec une fluctuation semi-diurne entre - 9 400 m³/s et 16 700 m³/s.

Le débit moyen de part et d'autre de la Ilha Grande de Gurupa était de 260 000 m³/s (affichage ADCP, somme du débit moyen entrant dans le Canal do Norte 96 000 m³/s et du débit moyen passant devant Gu rupa 164 000 m³/s).

Nota : on notera un problème de conservativité entre la somme du Xingu à Porto de Moz et de l'Amazone à Almeirim (245 000 m³/s) et la somme du Canal do Norte et du Canal de Gurupa devant Gurupa (260 000 m³/s) Le débit moyen mesuré à Almeirim paraît sous-estimé et il sera nécessaire de prendre en compte un éventuel effet de fond mobile.

Au niveau de **Macapa** seul le bras nord a pu être mesuré, le bras sud nécessitant un bateau plus stable. Le débit moyen était de 110 000 m³/s avec des fluctuations semi-diurnes entre - 64 000 m³/s et 220 000 m³/s, soit - 160% à +100% du débit moyen. La différence entre les 96 000 m³/s à l'amont du Canal do Norte et les 110 000 m³/s mesurés devant Macapa rendent nécessaire une mesure double devant Macapa et sur le canal de Viera pour avoir une idée pertinente de la répartition des débits. Il semble toutefois qu'il y ait peu d'échanges entre le Canal do Norte et le Canal de Gurupa à l'aval de la Ilha Grande de Gurupa : le bras nord devant Macapa transite les eaux du Canal do Norte et le bras sud (Canal de Viera) transite les eaux du Canal de Gurupa.

On peut donc estimer à 270 000 m³/s +/- 10 000 m³/s (sur la base des affichages ADCP et avant correction par prise en compte d'un éventuel fond mobile) les exportations moyennes de l'Amazone à l'Océan fin juin 1999.

Les niveaux

Les fluctuations de niveaux ont été enregistrées en continu aux stations de Macapa (marégraphe de la DHN), Gurupa, Porto de Moz, Almeirim, Prainha et Santarem.

Macapa, Gurupa et Santarem qui ont parfaitement fonctionné

Almeirim, Prainha et Porto de Moz ont eu des problèmes de différents types qui nécessitent une réinstallation en période de basses eaux. Les appareils ont toutefois été remis en service dans les meilleures conditions possibles à ces trois stations.

Au cours de la campagne de mesure les fluctuations ont été de :

- 2,20 m à Macapa (225 km de l'océan)
- 1,20m à Gurupa (390 km)
- 0,80 m à la Divergence entre Canal do Norte et Canal de Gurupa (420 km)
- 0,20m à Porto de Moz sur le Xingu
- 0,50 m à Almeirim (490 km)
- inférieures à la précision de mesure (2 cm) à Santarem

		15a Campanha		
Mapacá 23/06/99 09:25 - 22:35 Qmoy= 109 660 m3/s Qmax= 222 000 m3/s Qmin = -64 000 m3/s Hmax mar = Ampl. Zmar = Hmax = 23/06 XX:XX Ampl. Z = m				
	Amazone de part et d'autre de la Ilha Grande de Gurupá 25/06/99 12:17-22:52 Qmoy= 260 066 m3/s Qmax= 283 800 m3/s Qmin = 223 400 m3/s			
		Gurupá 25/06/99 12:17-22:52 Qmoy= 163968 m3/s Qmax= 174 900 m3/s Qmin = 153 200 m3/s Hmax mar = Ampl. Zmar = Hmax = 25/06 21:15 gmt Ampl. Z = 1,00 m		
Canal do Norte 26/06/99 11:24-23:50 Qmoy= 96 098 m3/s Qmax= 108 900 m3/s Qmin = 70 200 m3/s Hmax mar = Ampl. Zmar = Hmax = 26/06 21:30X Ampl. Z = 0,80m		Canal de Gurupá 26/06/99 11:24-23:50 Qmoy= 136 102 m3/s Qmax= 141 600 m3/s Qmin = 131 400 m3/s Hmax mar = Ampl. Zmar = Hmax = 26/06 21:30 Ampl. Z =0,80 m		
	Divergencia 26/06/99 11:24-23:50 Qmoy= 232 200 m3/s Qmax= 250 500 m3/s Qmin = 204 300 m3/s Hmax mar = Ampl. Zmar = Hmax = 26/06 21:30 Ampl. Z = 0,80 m			Canal du Xingu 27/06/99 14:01-XX:XX Qmoy= 4050 m3/s Qmax= 16 700 m3/s Qmin = - 9 400 m3/s Hmax mar = Ampl. Zmar = Hmax = XX/06 XX:XX Ampl. Z = 0,20 m
		Furo 26/06/99 11:24-23:50 Qmoy= 232 200 m3/s Qmax= 250 500 m3/s Qmin = 204 300 m3/s Hmax mar = Ampl. Zmar = Hmax = 26/06 21:30 Ampl. Z = 0,80 m		
	Almeirim XX/06/99 XX:XX-XX:XX Qmoy= m3/s Qmax= m3/s Qmin = m3/s Hmax mar = Ampl. Zmar = Hmax = XX/06 XX:XX Ampl. Z = m			Porto do Moz 27/06/99 14:01-XX:XX Qmoy= 4050 m3/s Qmax= 16 700 m3/s Qmin = - 9 400 m3/s Hmax mar = Ampl. Zmar = Hmax = XX/06 XX:XX Ampl. Z = 0,20 m
	Santarém XX/06/99 XX:XX-XX:XX Qmoy= m3/s Qmax= m3/s Qmin = m3/s Hmax mar = Ampl. Zmar = Hmax = XX/06 XX:XX Ampl. Z = m			
	Óbidos XX/06/99 XX:XX-XX:XX Qmoy= m3/s Qmax= m3/s Qmin = m3/s Hmax mar = Ampl. Zmar = Hmax = XX/06 XX:XX Ampl. Z = m			

RESULTADOS DETALHADOS

Escolha das estações para a medição do efeito da maré

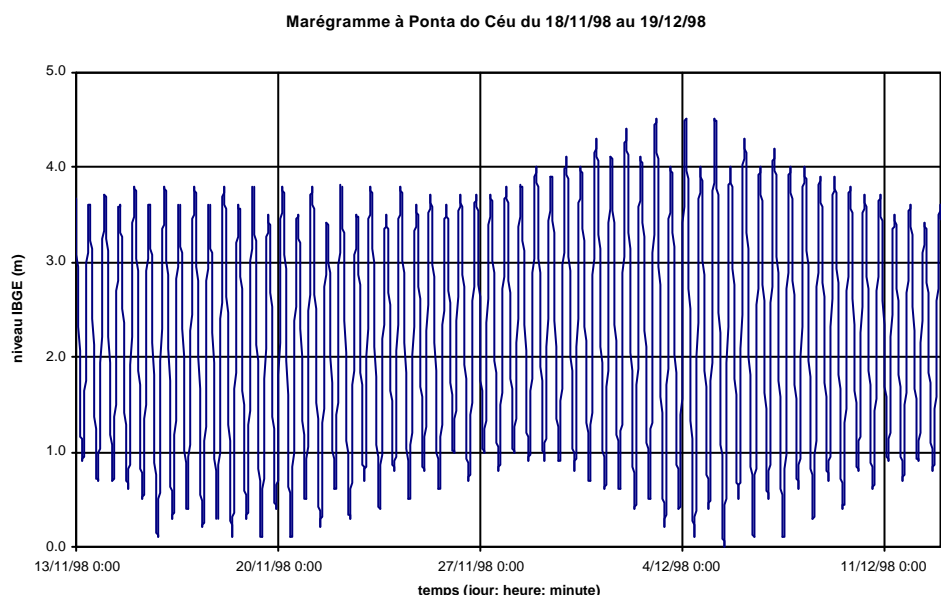
Oito estações hidrométricas estão sendo utilizadas para estudar o efeito da maré :

1. estação de **Porto de Santana** (Lat 00° 03.4' S; Long 051° 10.8' W) e duas secções a frente de Macapá : Canal do Norte (entre Macapá e a Ilha Queimada, Viera (entre a Ilha Queimada e a Ilha de Marajó).
2. estação de **Gurupá** (representativa da propagação do efeito da maré no Canal de Gurupá)
3. a estação no **ponto de divergência entre o Canal do Norte e o Canal de Gurupá**, localizado a montante da Ilha de Gurupá.
4. estação de **Porto do Moz**
5. estação de **Almeirim**
6. estação de **Prainha**
7. estação de **Santarém**, (as medições de vazão são efetuadas 30 km a jusante da cidade onde fica a régua)
8. estação de **Óbidos** onde existe uma régua de medição do nível e uma curva chave nível-vazão

A estação de Óbidos foi medida no início do mês de junho

Análise da amplitude da maré semidiurna

A propagação do efeito da maré é ligada à amplitude dessa maré semidiurna no oceano, que muda com um ciclo complexo. A figura seguinte apresenta a variação da amplitude da maré durante o período da campanha de medição em Ponta do Céu.

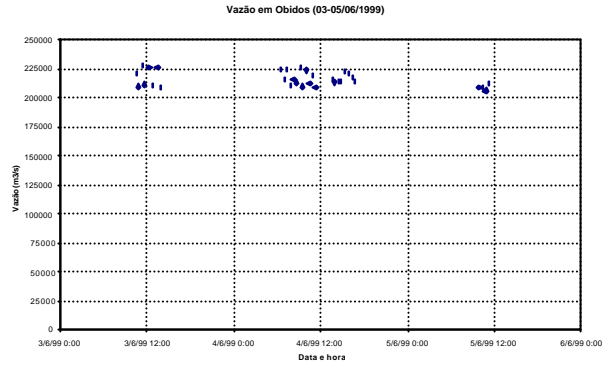


A amplitude varia de maneira complexa de **XXX** m no dia **XX/06/99** a **XXX** m no dia **XX/06/99**.

RIO AMAZONAS EM OBIDOS 03-05/06/1999 e 05/07/1999



32 medições de vazão foram realizadas em Obidos entre os dias 03 e 05 de Junho 1999, afim de identificar a influencia da mare sobre a vazão



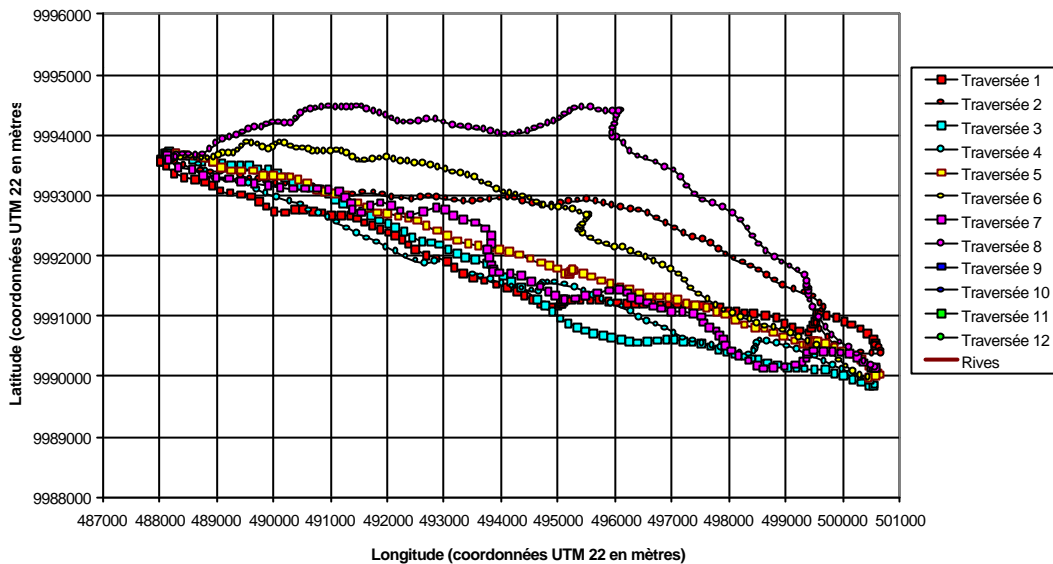
O valor media da vazão foi 216 200 m³/s entre os dias 03 a 05/06/1999 e 211 000 m³/s no dia 05/07/1999 (medição por Pascal Kosuth e Isabelle Chaffaut). Não foi identificada influencia da mare sobre a descarga liquida.

Date	Station	Gate	File Name	Start Time	End Time	Duration	Direction	Total Q	Total Area	Width	Flow Speed	Flow Dir.	Long RG	Lat RG	Long RD	Lat RD
	Station					[s]		[m³/s]	[m²]	[m]	[m/s]	[°]				
03/06/99	Obidos	7.86		09:53:00	10:25:00		RG-RD	221303.00					-55.49639	-1.93063	-55.51093	-1.94639
03/06/99	Obidos	7.86		10:26:00	10:40:00		RD-RG	209940.00					-55.49639	-1.93063	-55.51093	-1.94639
03/06/99	Obidos	7.86		10:47:00	11:15:00		RG-RD	226163.00					-55.49639	-1.93063	-55.51093	-1.94639
03/06/99	Obidos	7.86		11:16:00	11:36:00		RD-RG	211762.00					-55.49639	-1.93063	-55.51093	-1.94639
03/06/99	amost Obidos	7.86		11:50:00	12:17:00		RG-RD	225104.00					-55.50333	-1.92639	-55.51611	-1.94033
03/06/99	amost Obidos	7.86		12:17:00	12:36:00		RD-RG	210489.00					-55.50333	-1.92639	-55.51611	-1.94033
03/06/99	aval Obidos	7.86		12:52:00	13:24:00		RG-RD	225985.00					-55.49000	-1.93389	-55.50529	-1.95221
03/06/99	aval Obidos	7.86		13:24:00	13:46:00		RD-RG	206699.00					-55.49000	-1.93389	-55.50529	-1.95221
04/06/99	Obidos	7.84		05:49:00	06:27:00		RG-RD	224029.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		06:27:00	06:51:00		RD-RG	215289.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		06:51:00	07:30:00		RG-RD	224107.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		07:30:00	07:44:00		RD-RG	212430.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		07:44:00	08:13:00		RG-RD	215513.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		08:14:00	08:37:00		RD-RG	213076.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		08:37:00	08:56:00		RG-RD	225990.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		08:56:00	09:32:00		RD-RG	209906.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		09:32:00	10:00:00		RG-RD	229854.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		10:00:00	10:25:00		RD-RG	212730.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		10:25:00	10:54:00		RG-RD	219743.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		10:54:00	11:17:00		RD-RG	209625.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		11:17:00	11:37:00		RG-RD	215368.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		11:37:00	13:59:00		RD-RG	213669.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		13:59:00	14:25:00		RG-RD	213864.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		14:25:00	14:47:00		RD-RG	214630.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		14:47:00	15:22:00		RG-RD	222690.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		15:22:00	15:46:00		RD-RG	220710.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		15:46:00	16:17:00		RG-RD	217582.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
04/06/99	Obidos	7.84		16:17:00	16:41:00		RD-RG	214076.00					-55.49667	-1.93063	-55.51093	-1.94611
05/06/99	Obidos	7.83		09:31:00	09:54:00		RG-RD	200030.00					-55.49694	-1.93028	-55.51093	-1.94611
05/06/99	Obidos	7.83		09:55:00	10:21:00		RD-RG	206699.00					-55.49694	-1.93028	-55.51093	-1.94611
05/06/99	Obidos	7.83		10:21:00	10:46:00		RG-RD	206333.00					-55.49694	-1.93028	-55.51093	-1.94611
05/06/99	Obidos	7.83		10:46:00	11:09:00		RD-RG	212605.00					-55.49694	-1.93028	-55.51093	-1.94611

RIO AMAZONAS : CANAL DO NORTE EM MACAPA 23/06/1999

Quatre traversées ont été effectuées depuis “Villa fazendinha” jusqu’à la rive droite. Le temps moyen de traversée était de 1h30 à 3h00 selon les conditions climatiques (orages en fin de journée) et le temps pris par les mesures de profils à la sonde CTD (Conductivité, Température, turbidité en fonction de la profondeur). Les trajectoires de toutes les traversées ont été relevées au GPS Garmin 12XL au pas de temps de la minute.

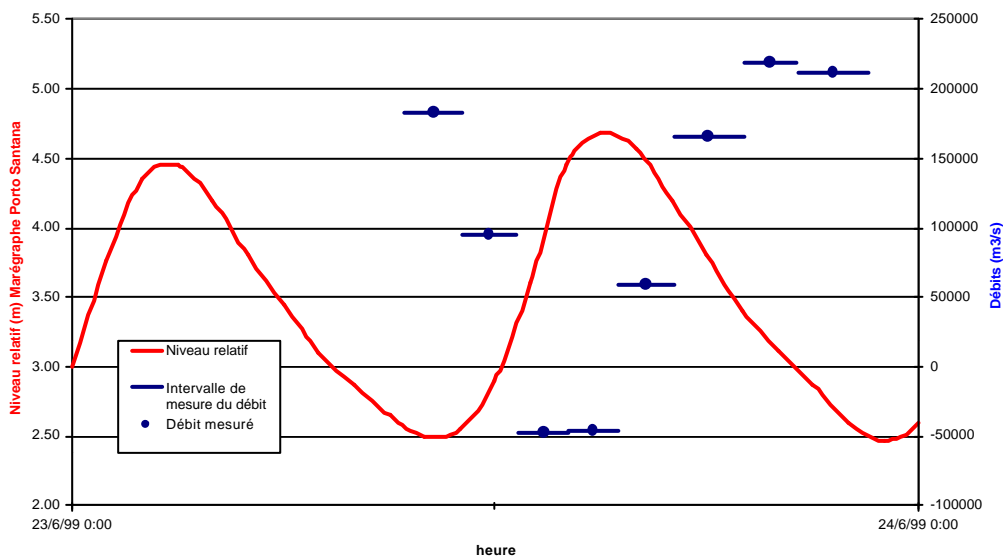
Débits du Fleuve Amazone : Transects de mesure ADCP à Macapa le 23/06/1999
(Projet HiBAm IRD - ANEEL)

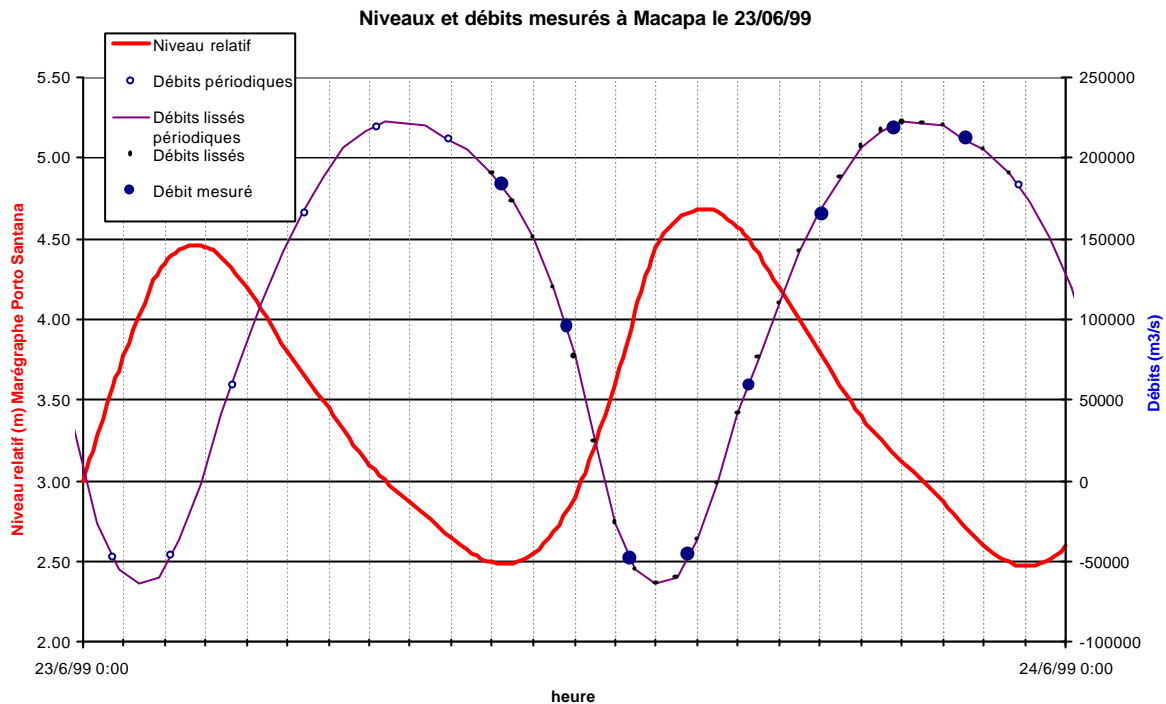


On a ainsi obtenu 8 valeurs de débits. Un contrecourant (inversion du débit de l’Amazone) s’est établi pendant 3 heures, provoquant le reflux d’environ 420 millions de m3 d’eau, avec un débit maximum de 64 000 m3/s.

On a par ailleurs effectué 8 profils à la sonde CTD (6 en un point, 2 en un autre point, les deux points étant chacun dans un des deux chenaux majeurs de la section), avec prélèvement d’échantillons d’eau à 1m, 12m et 20m pour 4 de ces profils. Il s’agissait de la première manipulation de la sonde CTD récemment acquise dans le cadre du Projet HiBAm.

Niveaux et débits mesurés à Macapa le 23/06/99





Le débit moyen estimé est de 109 660 m³/s (environ 5 milliards de m³ par cycles de marée de 12h37), avec des valeurs extrêmes estimées à 222 000 m³/s et - 64 000 m³/s.

On notera que les niveaux et débits sont en opposition de phase mais avec un retard (minimum de débit atteint environ 1 heure avant le maximum de niveau et maximum de débit atteint 3 heures avant le minimum de niveau). Ceci est imputable en partie au fait que le marégraphe est situé à 10 km à l'amont de la section de mesure, dans un bras qui ralentit l'arrivée de l'onde de marée. Mais cela semble difficilement pouvoir expliquer un décalage de 3 heures. Plus probablement le niveau continue à diminuer mais la pente est progressivement moins forte (le niveau à l'aval diminue moins vite) ce qui ralentit l'écoulement.

FICHE DE SYNTHESE DES MESURES DE DEBIT ET NIVEAU EN UNE STATION

Fichier

DATE	23/06/99	Heure Début	09:25 GMT 6:25 Mapacá	Heure Fin	22:35 GMT 19:35 Mapacá
LIEU	MAPACÁ	Long.		Lat.	
		Long.	UTM -	Lat.	UTM -

	ADCP	GPS	Global
Nom Fichier	Mac230699.xls		

DEBITS*****

Nb. de mesures de débit :		Heure Début	09:25	Heure Fin	22:35
Débit moyen sur un cycle	109 660	Debit min	-64 000	Debit max	222 000

N° mesure	Heure Début	Heure Fin	Heure moyenne	Débit	Fichier ADCP	GPS non	GPS Oui	GPS Double
1	09:25 gmt	11:05	10:15	183 290	MACA004R		Oui	
2	11:05	12:35	11:50	95 345	MACA005R		Oui	
3	12:40	14:04	13:22	- 47 930	MACA006R		Oui	
4	14:04	15:29	14:46	- 45 857	MACA007R		Oui	
5	15:30	17:03	16:16	59 012	MACA008R		Oui	
6	17:04	19:03	18:03	165 076	MACA009R		Oui	
7	19:04	20:33	19:49	218 471	MACA010R		Oui	
8	20:34	22:35	21:35	212 000	MACA011R		Oui	
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								

NIVEAUX*****

Nom Fichier :		Heure Début	21/06/99 10h00 gmt	Heure Fin	24/06/99 10h00 gmt
---------------	--	-------------	-----------------------	-----------	-----------------------

	Porto Santana	Station	Retard Porto Santana / Station
Heure du maximum	15:00	15:00	

	Porto Santana	Station	Amortissement Porto Santana / Station
Amplitude de fluctuation de niveau	2.20	2.20	

RIO AMAZONAS : CANAL DE GURUPA EM GURUPA 25/06/1999

Les mesures ont été effectuées en face de Gurupá le 25/06/99

Au cours des 4 premières traversées, qui correspondaient à la fin d'amarée montante, des profils de turbidité ont été réalisés à la sonde CTD. Par la suite l'appareil a arrêté de fonctionner.

Les deux appareils d'enregistrement automatique des données de niveaux ont été vérifiés:

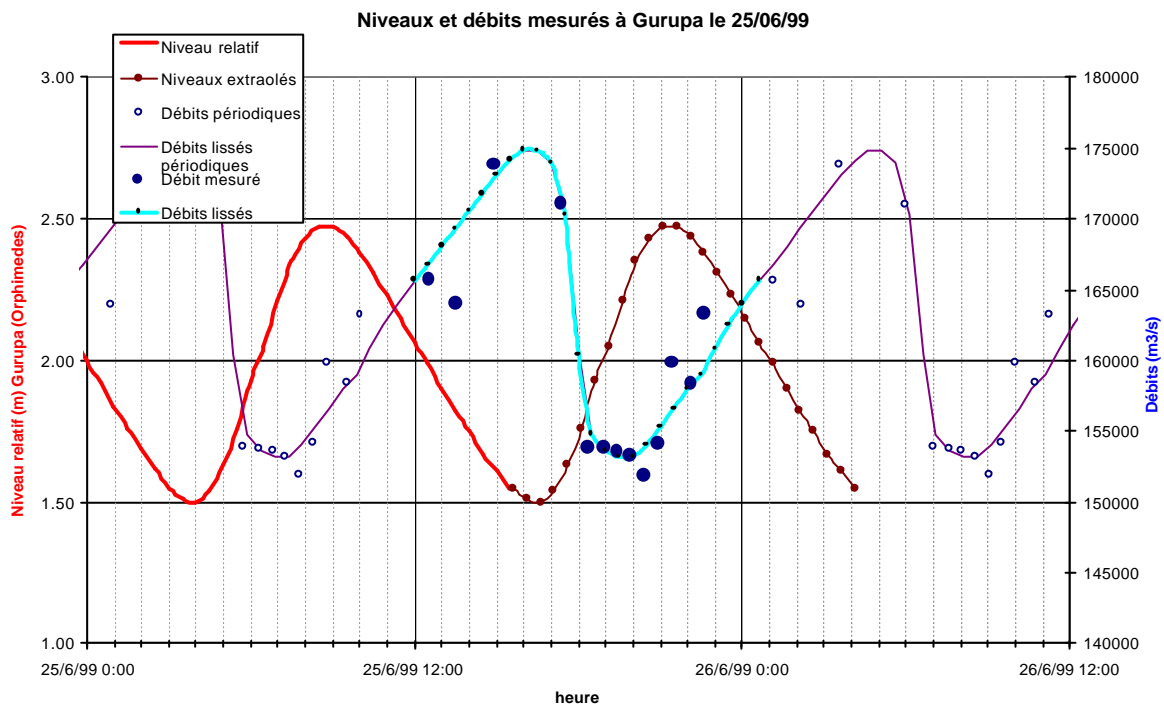
- L'Orphimedes a fonctionné correctement depuis sa mise en service en mars. Nous avons changé les piles
- Le Thalimedes s'est arrêté de fonctionner le 15/06, le câble étant alors sorti de la poulie. Nous avons remplacé le câble et réaligné la petite poulie sur l'alignement de la grande poulie. Nous avons changé la pile du Thalimedes.

Une borne IBGE a été installée à proximité de la règle et un GPS bifréquence a été stationné pendant toute la journée. La règle a été rattachée à la borne IBGE.

Les niveaux lus à l'échelle étaient :

15h50 GMT : 1.51 m

23h45 GMT : 2.15 m



FICHE DE SYNTHESE DES MESURES DE DEBIT ET NIVEAU EN UNE STATION

DATE	25/06/99				
LIEU	GURUPÁ	Long.		Lat.	
		Long.		Lat.	

	ADCP	GPS	Global
Nom Fichier			

DEBITS*****

Nb. de mesures de débit :	13	Heure Début	12:17	Heure Fin	22:37
Débit moyen sur un cycle	163 968	Débit min	153 200	Débit max	174 900

N° mesure	Heure Début	Heure Fin	Heure moyenne	Débit	Fichier ADCP	GPS non	GPS Oui	GPS Double
1	12:17	12:55	12:32	165720			Oui	
2	12:56	14:08	13:32	163980			Oui	
3	14:09	15:45	14:57	173860			Oui	
4	16:40	18:05	17:22	171064			Oui	
5	18:05	18:40	18:22	153847			Oui	
6	18:41	19:12	18:56	153815			Oui	
7	19:12	19:39	19:25	153588			Oui	
8	19:39	20:10	19:54	153224			Oui	
9	20:10	20:39	20:24	151900			Oui	
10	20:40	21:10	20:54	154138			Oui	
11	21:10	21:40	21:25	159840			Oui	
12	21:52	22:23	22:07	158412			Oui	
13	22:23	22:52	22:37	163281			Oui	

NIVEAUX*****

Nom Fichier :		Heure Début		Heure Fin	
---------------	--	-------------	--	-----------	--

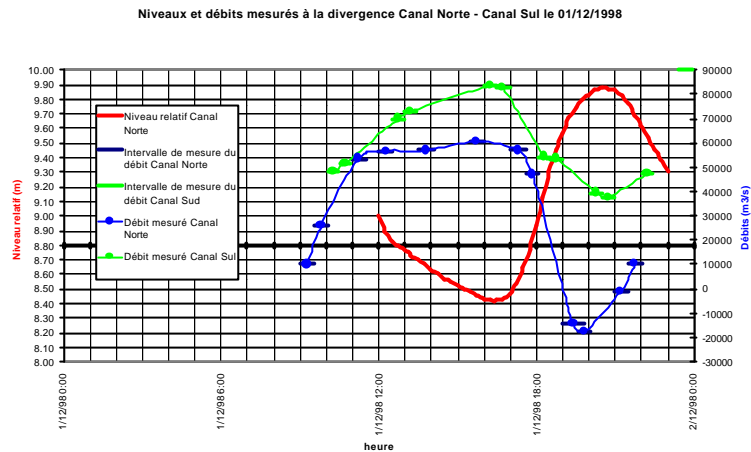
	Porto Santana	Station	Retard Porto Santana / Station
Heure du maximum		25/06 21:30	

	Porto Santana	Station	Amortissement Porto Santana / Station
Amplitude de fluctuation de niveau		1,0	

RIO AMAZONAS : CANAL DO NORTE E CANAL DE GURUPA NA DIVERGENCIA A MONTANTE DA ILHA GRANDE DE GURUPA 26/06/1999

Le 26/06/99 ont été réalisés les travaux d'hydrologie et d'altimétrie à la divergence de l'Amazone entre le Canal do Norte et le Canal de Gurupá, à l'amont de la Ilha Grande de Gurupá.

On rappellera qu'en novembre-décembre 1998, période de basses eaux, la répartition de débits moyens était de 1/3 vers le Canal do Norte et 2/3 vers le Canal de Gurupá, et que le Canal do Norte refluit (débit négatif) pendant quelques heures, du fait d'une propagation de la marée montante plus rapide par le Canal do Norte que par le Canal de Gurupá. Il était intéressant de mesurer le fonctionnement de cette divergence en hautes eaux.



Les mesures de débits, de niveau et d'altimétrie ont été réalisées au cours de la journée.

- Une échelle limnimétrique de 3 mètres de lecture a été fixée au ponton de la maison installée au débouché de l'igarapé de Aruana (rive nord de la divergence, position). Le sommet du madrier horizontal supportant les planches du ponton est au niveau 2.42 de l'échelle. Un carnet de mesures a été confié à la famille (José Faries) habitant cette maison pour 4 lectures par jour (8h00, 11h00, 14h00 et 17h00). Le prix convenu est de 30 R\$/mois. Deux mois ont été payés d'avance (juillet et août).
- Le niveau de l'eau a été relevé toutes les demi-heures entre 14h00 et 23h00 GMT. On a ainsi pu enregistrer l'amplitude de fluctuation qui était de

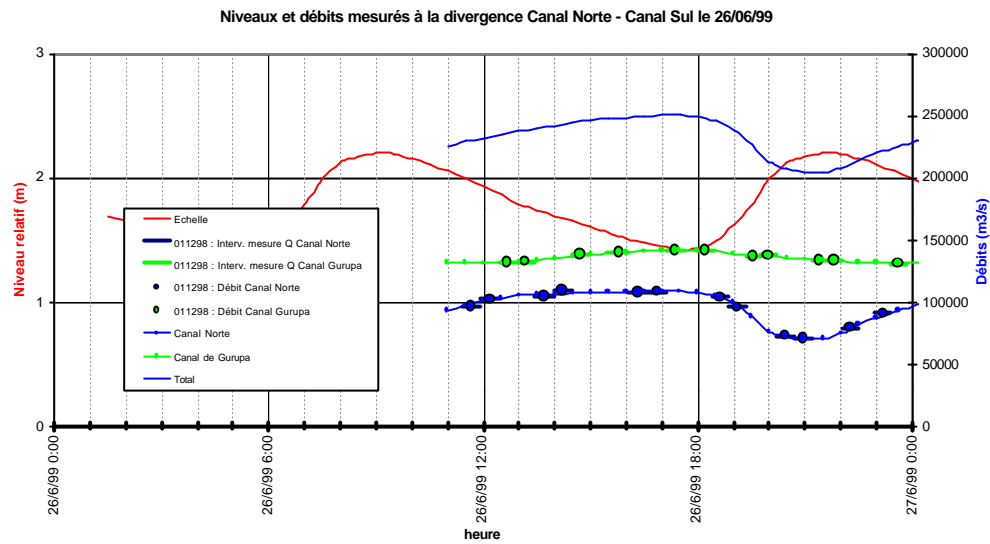
Jour	Heure GMT	Echelle	
26/06/99	14:00:00	1.69	
26/06/99	14:30:00	1.65	
26/06/99	15:00:00	1.60	
26/06/99	15:30:00	1.56	
26/06/99	16:00:00	1.51	
26/06/99	16:30:00	1.48	
26/06/99	17:00:00	1.45	
26/06/99	17:30:00	1.42	
26/06/99	18:00:00	1.43	
26/06/99	18:30:00	1.49	
26/06/99	19:00:00	1.62	
26/06/99	19:30:00	1.78	
26/06/99	20:00:00	1.99	
26/06/99	20:30:00	2.12	
26/06/99	21:00:00	2.17	
26/06/99	21:30:00	2.20	
26/06/99	22:00:00	2.19	
26/06/99	22:30:00	2.15	
26/06/99	23:00:00	2.11	
26/06/99	23:30:00	*2.05	Reconstitué
26/06/99	0:00:00	*1.99	Reconstitué
26/06/99	0:30:00	*1.93	Reconstitué
26/06/99	1:00:00	*1.86	Reconstitué
26/06/99	1:30:00	*1.79	Reconstitué
26/06/99	2:00:00	*1.74	Reconstitué
26/06/99	2:30:00	*1.69	Reconstitué

Le GPS bifréquence a été mis en station pendant 8 heures sur cette échelle. Le sommet de l'échelle a été rattaché au plan du GPS bifréquence.

6 traversées ont été effectuées, chaque traversée permettant de mesurer les deux canaux dans les deux directions. Au total on a donc 12 mesures de débit sur le Canal do Norte et 11 sur le Canal de Gurupá.

Le débit global de l'Amazone à la divergence est de 232 200 m³/s répartis entre 96 098 m³/s vers le Canal do Norte (41,4%) et 136 102 m³/s vers le Canal de Gurupá (58,6%).

Le débit global fluctue entre 204 300 et 250 500



La figure ci-dessus rappelle les résultats de la mesure au 01/12/1998 en basses eaux

FICHE DE SYNTHÈSE DES MESURES DE DÉBIT ET NIVEAU EN UNE STATION

DATE	26/06/99				
LIEU	Canal Norte Canal Gurupá	Long.	S	Lat.	N
		Long.	UTM() 94 290	Lat.	42 140

	ADCP	GPS	Global
Nom Fichier			

DEBITS*****

CANAL DO NORTE

Nb. de mesures de débit :	12			Heure Début	11:24	Heure Fin	23:24		
Débit moyen sur un cycle	96 098			Débit min	70 200	Débit max	108 900		
N° mesure	Heure Début	Heure Fin	Heure moyenne	Débit	Fichier ADCP	GPS non	GPS Oui	GPS Double	
1	11:24	11:56		96 647					
2	11:56	12:27		102 282					
3	13:26	13:58		104 753					
4	13:58	14:29		109 192					
5	16:03	16:37		107 832					
6	16:37	17:05		108 230					
7	18:24	18:53		103 871					
8	18:53	19:20		95 980					
9	20:11	20:42		72 758					
10	20:42	21:11		70 864					
11	22:02	22:30		79 438					
12	22:58	23:24		90 905					

CANAL DO GURUPÁ

Nb. de mesures de débit :	11			Heure Début	12:27	Heure Fin	23:50		
Débit moyen sur un cycle	136 102			Débit min	131 400	Débit max	141 600		
N° mesure	Heure Début	Heure Fin	Heure moyenne	Débit	Fichier ADCP	GPS non	GPS Oui	GPS Double	
1	12:27	12:54		131 975					
2	12:54	13:26		132 441					
3	14:29	14:56		138 262					
4	15:35	16:03		139 380					
5	17:05	17:35		141 250					
6	18:00	18:24		141 190					
7	19:20	19:46		136 308					
8	19:46	20:11		137 583					
9	21:11	21:37		133 824					
10	21:37	22:02		133 188					
11	23:24	23:50		130 710					

NIVEAUX*****

Nom Fichier :		Heure Début	26/06 14:00	Heure Fin	26/06 23:00
---------------	--	-------------	-------------	-----------	-------------

	Porto Santana	Station	Retard Porto Santana / Station
Heure du maximum		21:30	

	Porto Santana	Station	Amortissement Porto Santana / Station
Amplitude de fluctuation de niveau		0.80	

FICHE DE SYNTHESE DE LA RECONSTITUTION DE DEBITS ET NIVEAU EN UNE STATION

DATE	26/06/99					
LIEU	Divergence amont Ilha Gr. de Gurupá	Long.		S	Lat.	N
		Long.		UTM()	Lat.	

	ADCP	GPS	Global
Nom Fichier			ALM2D98.XLS

DEBITS RECONSTITUES*****

Nb. de mesures de débit :	14	Heure Début		Heure Fin	
Débit moyen sur un cycle	232 200	Débit min	204 300	Débit max	250 500

N° mesure	Heure Début	Heure Fin	Heure moyenne	Débit	Fichier ADCP	GPS non	GPS Oui	GPS Double
1			11:00	224 800				
2			11:30	229 100				
3			12:00	232 100				
4			12:30	234 900				
5			13:00	237 500				
6			13:30	239 400				
7			14:00	242 000				
8			14:30	244 100				
9			15:00	246 200				
10			15:30	247 600				
11			16:00	248 500				
12			16:30	249 700				
13			17:00	250 100				
14			17:30	250 500				
15			18:00	249 300				
16			18:30	245 900				
17			19:00	238 700				
18			19:30	226 200				
19			20:00	212 500				
20			20:30	207 200				
21			21:00	204 900				
22			21:30	204 300				
23			22:00	207 700				
24			22:30	214 300				
25			23:00	219 800				
26			23:37	224 800				

NIVEAUX*****

Nom Fichier :		Heure Début	26/06 14:00	Heure Fin	26/06 23:00
---------------	--	-------------	-------------	-----------	-------------

	Porto Santana	Station	Retard Porto Santana / Station
Heure du maximum		21:30	

	Porto Santana	Station	Amortissement Porto Santana / Station
Amplitude de fluctuation de niveau		0.80	

CANAL XINGU – AMAZONAS 27/06/1999

Une mesure a été réalisée le 27/06/99 sur le bras du Xingu reliant Porto de Moz à l'Amazone.

Ce canal reçoit les eaux du Xingu ainsi qu'un débit en provenance de l'Amazone transitant par le canal "Furo de Urucuricaia".

Le débit ainsi constitué vient s'ajouter à celui du Canal de Gurupá pris à la divergence pour générer le débit passant devant Gurupá

4 mesures ont été faites le 27/06/99 entre 10:44 gmt et 11:19 gmt, soit au sommet de la marée haute. Chaque mesure ADCP a été réalisée en 10 minutes, la section étant choisie au passage le plus étroit (<1000m), avec une profondeur atteignant 50m. Les mesures donnent une valeur moyenne du débit égale à 21 991 m³/s.

A titre de comparaison le débit à marée haute de Gurupá valait 153 200 m³/S et le débit à marée haute du Canal de Gurupá à la divergence valait 131 400 m³/s soit une différence de 21 800 m³/s parfaitement cohérente avec le débit mesuré. On peut ainsi valider dans le canal du Xingu :

Un débit moyen de 27 866 m³/s dont 4050 m³/s en provenance du Xingu et 23 816 m³/s en provenance de l'Amazone

Un débit à marée basse de 33 300 m³/s

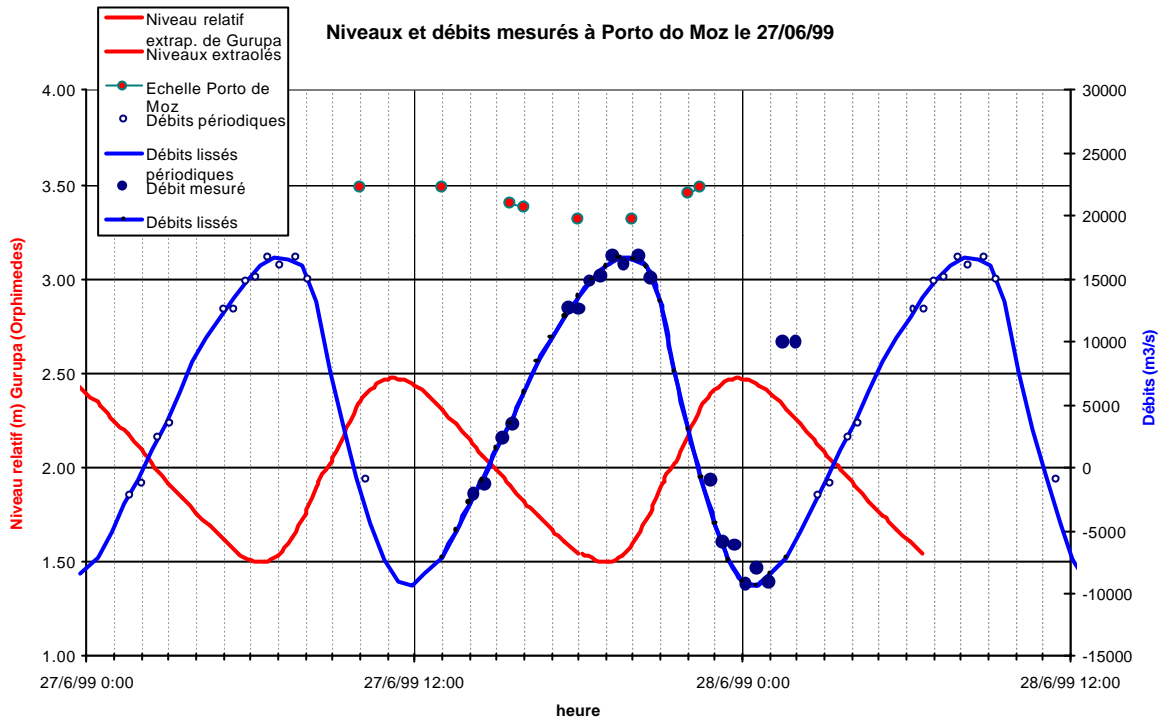
Un débit à marée haute de 22 000 m³/s

Les contributions respectives de l'Amazone et du Xingu à ces débits seront déterminées suite à la mesure du Xingu à Porto de Moz.

RIO XINGU EM PORTO DE MOZ 27/06/1999

Des mesures de débit pendant un cycle de marée ont été réalisées sur le Xingu en face de Porto de Moz le 27/06/1999.

Les fluctuations sont très importantes par rapport au débit moyen de 4050 m³/s (entre -9 400 m³/s à marée haute et 16 700 m³/s à marée basse).



FICHE DE SYNTHESE DES MESURES DE DEBIT ET NIVEAU EN UNE STATION

DATE	27/06/99				
LIEU	PORTO DE MOZ	Long.	52° 14.456'W	Lat.	01° 45.264'S
		Long.	UTM()	Lat.	

	ADCP	GPS	Global
Nom Fichier			

DEBITS*****

Nb. de mesures de débit :	12	Heure Début	14:01	Heure Fin	01:14
Débit moyen sur un cycle	4 050	Débit min	- 9 400	Débit max	16 700

N° mesure	Heure Début	Heure Fin	Heure moyenne	Débit	Fichier ADCP	GPS non	GPS Oui	GPS Double
1	14:01	14:22		- 2 201			Oui	
2	14:22	14:52		-1 299			Oui	
3	15:02	15:26		2 355			Oui	
4	15:26	15:51		3 452			Oui	
5	17:28	17:50		12 611			Oui	
6	17:50	18:14		12 568			Oui	
7	18:14	18:38		14 817			Oui	
8	18:38	19:00		15 204			Oui	
9	19:04	19:28		16 781			Oui	
10	19:28	19:54		16 130			Oui	
11	20:01	20:29		16 767			Oui	
12	20:29	20:54		15 028			Oui	
13	22:40	23:04		- 1 002			Oui	
14	23:04	23:30		- 5 964			Oui	
12	23:30	23:56		- 6 185			Oui	
13	23:56	00:22		- 9 369			Oui	
14	00:22	00:47		- 8 033			Oui	
12	00:47	01:14		- 9 123			Oui	

NIVEAUX*****

Nom Fichier :		Heure Début		Heure Fin	
---------------	--	-------------	--	-----------	--

	Porto Santana	Station	Retard Porto Santana / Station
Heure du maximum		28/06 00:00	

	Porto Santana	Station	Amortissement Porto Santana / Station
Amplitude de fluctuation de niveau		0,20	

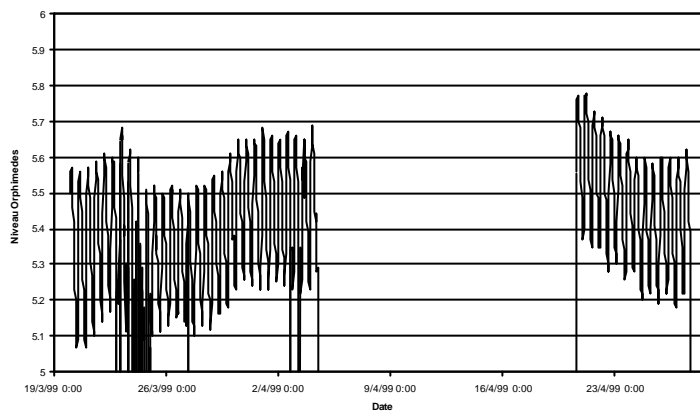
RIO AMAZONAS EM ALMEIRIM 28/06/1999

On s'attend à trouver à Almeirim un débit moyen de 256 016 m³/s qui se répartiront à l'aval entre 23 816 m³/s qui partent par le canal "Furo de Urucuricaia" et 232 200 m³/s qui passent par la divergence.

Le 28/06/99 au soir nous vérifions l'Orphimedes. Le tube en plastique blanc s'est débranché, très probablement arraché par la végétation qui vient s'accumuler contre le ponton (nous avons installé l'appareil à l'amont du ponton car c'est l'endroit où les navires viennent le moins s'amarrer. Nous n'avions pas prévu l'accumulation de végétaux poussés depuis l'amont). Le courant est très fort et la masse de végétation exerce une très forte pression. Il est quasiment impossible de la faire partir avec les bras et les jambes, même en étant dans l'eau. Dans toute la mesure du possible il est préférable d'installer l'Orphimedes à l'abri de l'amont direct (par exemple le mettre à l'aval d'un poteau).

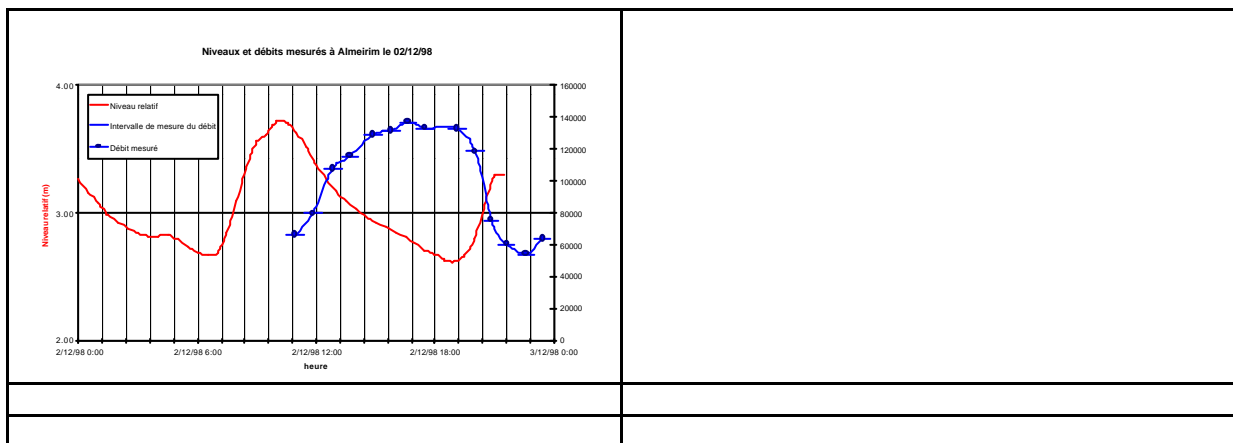
Au total l'Orphimedes a fonctionné correctement du 19 mars au 04 avril.
Il a été remis en marche le 20 avril et a fonctionné jusqu'au 27 avril.

Niveau Almeirim en mars et avril 1999



Les deux graphiques suivant illustrent la différence de fonctionnement de l'Orphimedes entre une journée de fonctionnement normal et une journée de fonctionnement tube débranché. Si l'extrémité du tube débranché reste sous l'eau et à une hauteur fixe (extrémité immobile) alors l'enregistrement peut être normal, mais dans la plupart des cas l'extrémité du tube débranché se déplace avec la montée et la descente du niveau du fleuve, d'où un ensemble d' perturbations.

Le vent est très fort dès le matin.



FICHE DE SYNTHESE DES MESURES DE DEBIT ET NIVEAU EN UNE STATION

DATE					
LIEU	ALMEIRIM	Long.	S	Lat.	N
		Long.	UTM()	Lat.	

	ADCP	GPS	Global
Nom Fichier			

DEBITS*****

Nb. de mesures de débit :		Heure Début	9:18	Heure Fin	
Débit moyen sur un cycle	241 128	Débit min		Débit max	

N° mesure	Heure Début	Heure Fin	Heure moyenne	Débit	Fichier ADCP	CTD	GPS Oui	GPS Double
1	9:18	10:25	9:52	239 715	ALM01	25m/42	Oui	
2					ALM02	25m/45	Oui	
3							Oui	
4							Oui	
5							Oui	
6							Oui	
7							Oui	
8							Oui	
9							Oui	
10							Oui	
11							Oui	
12							Oui	
13							Oui	
14							Oui	

NIVEAUX*****

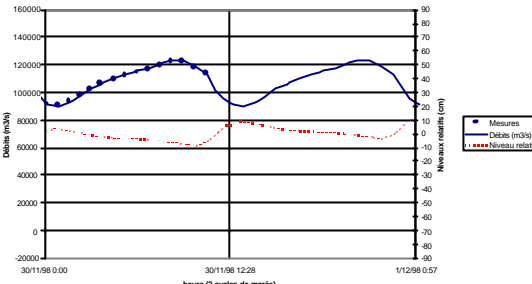
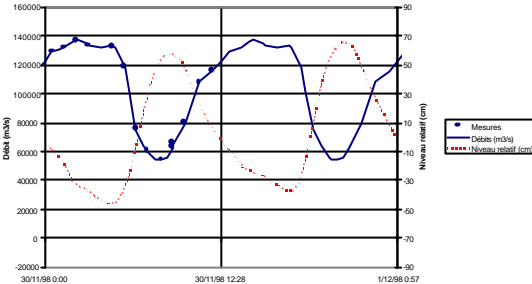
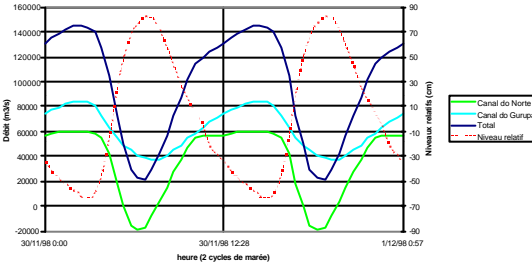
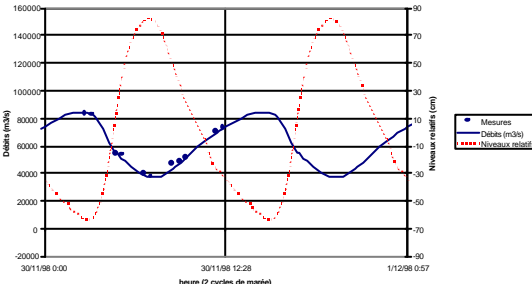
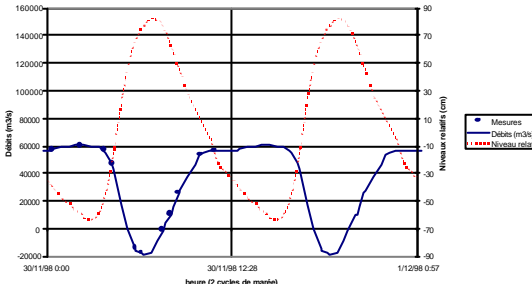
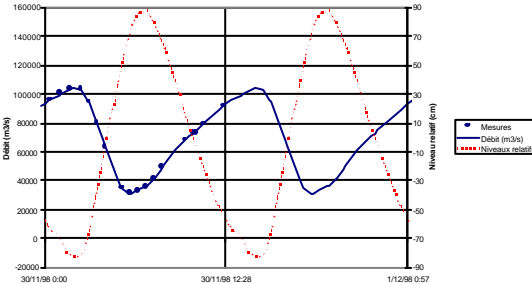
Nom Fichier :		Heure Début		Heure Fin	
---------------	--	-------------	--	-----------	--

	Porto Santana	Station	Retard Porto Santana / Station
Heure du maximum			

	Porto Santana	Station	Amortissement Porto Santana / Station
Amplitude de fluctuation de niveau			

II. Synthèse sur les débits et les niveaux

II.B. Tableau synthétique

Santarém		<p>Niveaux relatifs et Débits mesurés à l'aval de Santarém le 04/12/1998 (ramenés au 30/11/98) Qmoyen = 108240 m³/s</p> 	
Almeirim		<p>Débits à Almeirim le 02/12/98 (ramenés au 30/11/98) - Qmoyen=108240 m³/s</p> 	
Divergence Canal do Norte – Canal do Gurupá		<p>Niveaux relatifs et Débits mesurés à la divergence Canal do Norte - Canal de Gurupa le 01/12/98 (ramenés au 30/11/98) - Total : Qmoyen = 96730 m³/s Canal do Norte - Qmoyen = 35427 m³/s ; Canal de Gurupa - Qmoyen = 61307 m³/s</p> 	
Canal do Norte – Canal do Gurupá	<p>Niveaux relatifs et Débits mesurés sur le Canal de Gurupa le 01/12/98 (ramenés au 30/11/98) - Qmoyen = 61310 m³/s</p> 	<p>Niveau relatif et Débits mesurés sur le Canal do Norte le 01/12/98 (ramenés au 30/11/98) Q=35430 m³/s</p> 	
	<p>Niveaux relatifs et Débits mesurés à Gurupa le 30/11/98 - Q moyen = 69950 m³/s</p> 		
Amplitude à Mapacá : 300 cm			

4.B. RESULTADOS DO ESTUDO DA VARZEA DO LAGO GRANDE DE CURUAI

Quelques repères :

L'objectif de l'étude de la Varzêa est d'établir un bilan des flux entrants et sortants dans une zone d'inondation du lit majeur: flux liquide, flux de sédiments en suspension, flux de matières dissoutes. Les varzêas et le lit majeur jouent en effet probablement un rôle moteur dans la sédimentation du bassin puisque l'on peut s'attendre à ce qu'une grande partie des sédiments entrants restent piégés dans ces zones d'inondation. Par ailleurs les réactions chimiques du cycle du carbone doivent être particulièrement actives dans ces zones où la biomasse se développe puis se dégrade chaque année en lien avec les inondations.

Le principal objectif pour l'année 1999 était d'ordre méthodologique : comment mener le suivi des flux sur une grande zone d'inondation ? Le rôdage méthodologique à moindre coût en 1999 devrait permettre d'aborder de façon plus efficace le travail en 2000. La varzêa du Lago Grande de Curuai a été retenue pour sa facilité d'accès (notamment en association avec les campagnes de mesure de l'effet de la marée), pour l'intérêt de sa structure (réseau de lacs avec différents degrés de connexion au fleuve), et pour sa dimension (70km x 100 km) représentative des phénomènes à l'échelle du lit majeur du Fleuve.

Une première campagne a été réalisée en mars avec :

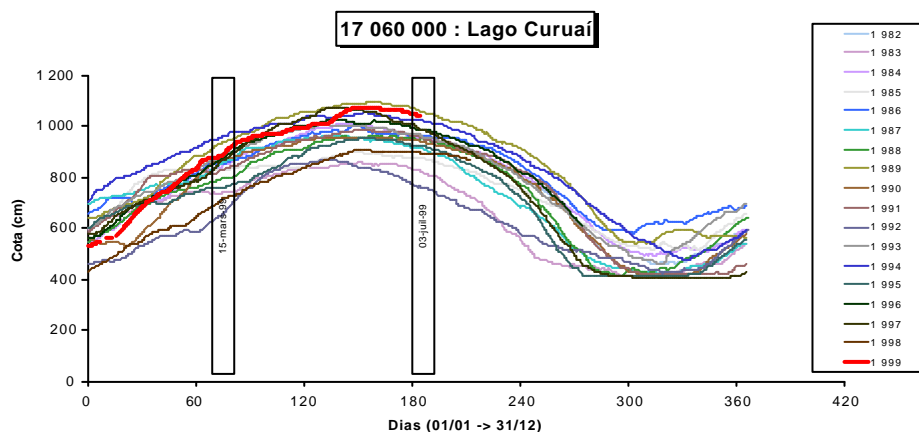
- un survol aérien,
- des mesures des débits entrants (phase de remplissage),
- des mesures de profondeur, et de température, conductivité et turbidité des eaux de surface en un réseau de points de la varzêa,
- des prises d'échantillon d'eau en profondeur en ce même réseau de points
- l'installation de deux échelles limnimétriques en complément de l'échelle de Curuai qui fonctionne depuis 13 ans
- La mise en place d'un réseau d'observateurs (lecture des échelles et prélèvements d'échantillons d'eau tous les 10 jours)

Cette campagne du mois de juillet visait à :

- Mesurer les débits entrants et sortants de la varzêa
- Mesurer les profondeurs, et la température, conductivité et turbidité des eaux de surface sur le même réseau de points de la varzêa,
- Prélever des échantillons d'eau en profondeur en ce même réseau de points et y effectuer des mesures de profils verticaux à l'aide de la sonde CTD
- Collecter les échantillons d'eau et les résultats de lectures d'échelle recueillis par les observateurs

Mesures de niveaux

La crue de 1999 a été une très forte crue. Sur 18 années de mesure disponibles (depuis 1982) la crue de 1999 est la seconde plus forte (21 cm plus bas que la crue de 1989 et égale à la crue de 1997).



La campagne de mesure a eu lieu environ un mois après le pic de crue et le niveau était redescendu de 35 cm. Le niveau était environ 2m plus haut qu'au cours de la campagne de mars.

Mesures de débits entrant et sortant

Des mesures de débit ont été réalisées à la « Boca » do Lago Grande de Curuai qui constitue la sortie aval de la varzée, et à l'entrée de l'Iguarapé do Salé (Porto Seguro) qui constitue l'entrée amont. La varzée se vidangeait par la Boca do Lago Grande do Salé mais recevait toujours de l'eau de l'Amazone par l'Iguarapé do Salé. Les autres iguarapés connectant la varzée à l'Amazone n'ont pas été mesurés pour deux raisons :

- les enquêtes auprès des personnes connaissant la varzée indiquent que les autres iguarapés sont secondaires
- l'utilisation d'une ADCP de 300 KHz n'est pas adaptée à des chenaux de faible profondeur

Les résultats des mesures indiquent pour les 04 et 05 juillet 1999 un débit inférieur à 50 m³/s entrant dans l'Iguarapé do Salé et un débit de l'ordre de 2500 m³/s sortant par la Boca do Lago Grande.

Mesures géochimiques

Des mesures physico chimiques (profondeur, température, conductivité, pH et turbidité) ont été réalisées en un réseau d'une vingtaine de points couvrant la varzée, similaire aux points échantillonnés en mars 1999.

Des profils de température, conductivité et turbidité ont été effectués en chacun de ces points, ainsi qu'une caractérisation des eaux de surface (T, K et pH) et un prélèvement d'un demi-litre en profondeur afin de mesurer ultérieurement en laboratoire la charge en suspension.

Les conductivités des eaux de surface mesurées le 05/07/99 sur l'Amazone étaient de 44.7 à l'entrée de l'Iguarapé do Salé et de 46.8 à Obidos. A titre de comparaison les mesures horaires réalisées sur l'Amazone à Almeirim le 29/06/99 avec le même appareil fluctuaient entre 42.8 et 46.6.

Les conductivités mesurées en 21 points de la varzée fluctuent entre 42.4 et 47.4, à l'exception du point de Curuai qui présente une conductivité nettement plus faible de 37.3. On peut en déduire que **la crue homogénéise complètement les eaux de la varzée** qui se différencie ensuite par leur taux de renouvellement, de pluie et d'évaporation.

La valeur très faible du point de Curuai est probablement imputable aux apports de la nappe venant du versant sud (il n'y a quasiment pas eu de pluie au cours du mois de juin). Durant la campagne de mesure du mois de mars la même observation avait pu être faite : le point de Curuai présentait une conductivité inférieure d'une dizaine de points à la moyenne de la varzée (ce qui en mars lui donnait une valeur équivalente à celle du Fleuve).

A titre de comparaison en mars on pouvait constater des écarts de 25 points de conductivité entre différents points de la varzée selon qu'ils se trouvaient sur l'axe de circulation principal (alimentation par le Fleuve et conductivité faible), dans des lacs «éloignés» fortement marqués par l'évaporation (conductivité forte) ou encore dans des zones fortement alimentées par les pluies (eaux noires et conductivité faible comme à Curuai).

On montre ci-dessous les conductivités en 4 points représentatifs de la Varzée

	Mars	Juillet
Amazone	54	45
Lago do Salé (directement alimenté par l'Amazone et par les eaux de ruissellement des pluies au sud)	49.5	42.4
Lago Grande de Curuai	59	45.3
Lago do Poçãõ (peu connecté, marqué par l'évaporation, et ne recevant que peu d'eaux de ruissellement)	74.6	44.4

Mesures de pH

Lorsque l'on trie les données de pH par ordre croissant on observe une structuration spatiale. Le lago Grande de Curuai lui-même (partie est de la varzêa) est d'environ 0.5 moins acide (pH plus élevé) que l'Amazone et le reste de la varzêa. Début juillet, la varzêa restitue donc à l'Amazone des eaux moins acides que ses entrées

Profils de turbidité

De manière générale les profils de turbidité sur une verticale sont uniformes. On rencontre toutefois des exceptions marquées aux endroits où l'écoulement est accéléré, comme à la sortie du Lago de Guariba (point A10) où la turbidité est de 25 au fond contre 10 en surface

L'Amazone à Obidos présente une turbidité moyenne de 35 sur les 7 premiers mètres en surface. A des profondeurs plus grandes la turbidité augmente à 60 (entre 10 et 50m) et elle augmente encore à proximité du fond (de 55 à 70m).

L'entrée de l'Iguarapé do Salé à Porto Seguro présente une turbidité de 25. Il est probable qu'il y ait une certaine décantation dans le Parana de Sanata Rita , plus calme que l'Amazone.

Le point de Curuai présente une très faible turbidité (6.5).

Les deux sorties (bras nord et bras sud) de la Boca do Lago Grande présente des valeurs de turbidité très différentes : 27 sur le bras nord avec 1500 m³/s et 17 sur le bras sud avec 700 m³/s

Lorsque l'on classe les points par ordre décroissant de turbidité on trouve une organisation assez nette de la rive de l'Amazone vers l'intérieur de la varzêa.

On note toutefois une exception marquée du Lago do Salé (le plus à l'amont) dont les eaux sont très peu turbides. Il est possible, mais à vérifier, que le Lago do Salé reste longtemps à l'équilibre avec peu d'alimentation par l'amont (son niveau est haut) et peu de vidange par l'aval (les autres lacs doivent d'abord se vidanger).

Globalement l'interprétation de l'organisation spatiale des turbidités n'est pas évidente. Un suivi régulier dans le temps des turbidités et des débits d'échange entre lacs serait très important pour comprendre la turbidité en lien avec les circulations.

Il serait particulièrement intéressant d'effectuer des transects depuis les zones de débordement de l'Amazone vers l'intérieur de la varzêa mais nous n'avons pas eu le temps d'effectuer ce type de mesures.

Remarques générales

Il faut compter 4 jours pleins pour faire un travail complet sur la Varzêa du Lago Grande de Curuai. Les mesures en deux jours réalisées en mars comme en juillet relèvent d'une course contre la montre.

Il faudra renforcer le dispositif de suivi de la Boca do Lago Grande (Echelle et observateur effectuant des prélèvements) et réaliser un travail d'altimétrie des différentes échelles par GPS bifréquence (à inclure dans une campagne d'altimétrie Manaus-Santarem)

4.C. RESULTADOS DO ESTUDO DE ALTIMETRIA DO RIO AMAZONAS

Quelques repères :

Les échelles limnimétriques installées le long de l'Amazone ne sont pas rattachées à un référentiel altimétrique commun, ce qui empêche toute analyse en termes de pente de la ligne d'eau.

Un nivellement par cheminement terrestre étant impossible seules les techniques utilisant l'altimétrie satellitaire peuvent être raisonnablement mises en œuvre.

Ces techniques (GPS bifréquence) fournissent des altitudes ellipsoïdales qui peuvent être traduites en altitudes par rapport au géoïde à l'aide d'un modèle de géoïde.

L'IRD, l'USP et l'IBGE ont décidé de profiter de cette campagne de mesures pour réaliser le nivellement en altimétrie ellipsoïdale des stations aval de l'Amazone : Macapa, Gurupa, Divergence du Canal do Norte, Porto de Moz, Almeirim, Prainha et Santarem.

Déroulement des mesures :

Deux GPS bifréquence à poste fixe ont été installés, l'un à Porto de Santana sur une borne IBGE installée dans la Capitenaria (à proximité immédiate du marégraphe de Porto de Santana), l'autre à Santarem (à proximité immédiate de l'échelle limnimétrique du port de Santarem). Ces deux GPS ont fonctionné du 22 juin au 30 juin de 6h00 à 21h00 tous les jours.

On pourra également utiliser les données du GPS bifréquence permanent de la Marine installé à Canivette.

En chacun des sites une borne IBGE a été installée (à l'exception du site de l'échelle limnimétrique à la divergence du Canal do Norte où il n'y a pas de terra firme pour installer une borne) et un GPS bifréquence a été mis en station pendant environ 12h sur cette borne. On obtiendra ainsi après traitement des données les altitudes ellipsoïdales des bornes et leur altitude géoïdale par couplage avec un modèle de géoïde.

Chaque échelle limnimétrique a été rattachée à la borne correspondante par un nivellement classique ce qui permettra la détermination-estimation de l'altitude du zéro de l'échelle par rapport au géoïde et au niveau de la mer.

	Borne IBGE				Echelle	
	Latitude	Longitude	Altitude Ellipsoïdale	Altitude absolue	Zéro de l'échelle par rapport à la borne	Zéro absolu de l'échelle
Porto de Santana						
Gurupa						
Divergence du Canal do Norte						
Porto de Moz						
Almeirim						
Prainha						
Santarem						

Tableau à remplir ultérieurement après traitement des données des GPS bifréquence et du modèle de géoïde

4.D. RESULTADOS DE MEDIÇÕES COM CTD

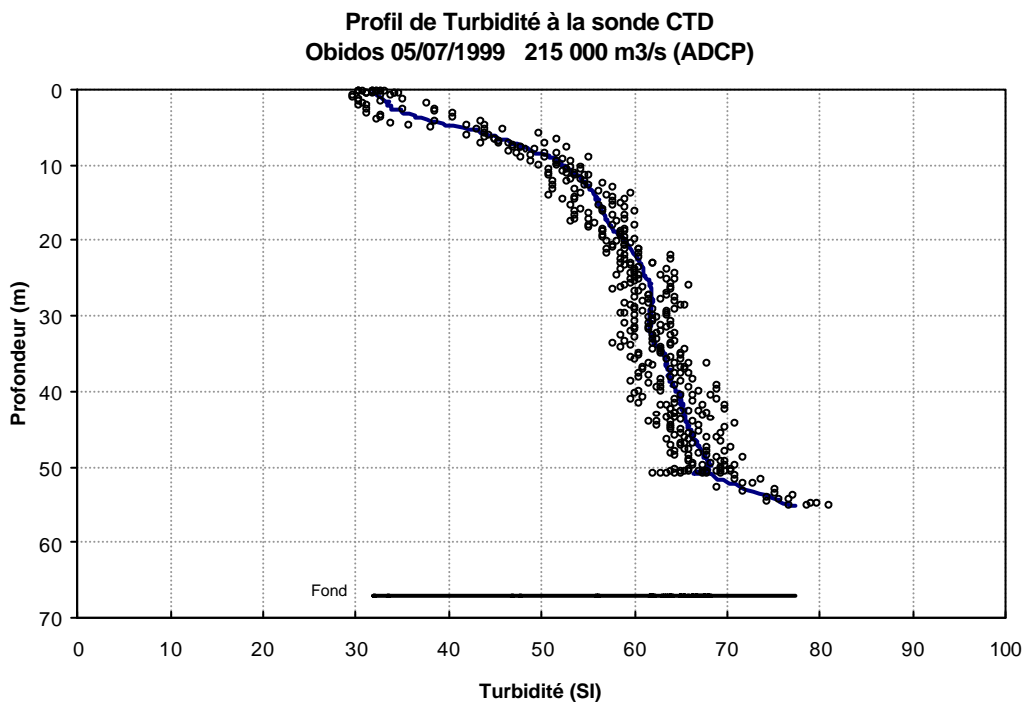
La sonde CTD a été mise en œuvre à Macapa après beaucoup de difficultés de mise en œuvre, la notice étant nettement déficiente dans ses explications.

Des mesures ont été faites à Gurupa mais la communication entre la sonde et l'ordinateur s'est complètement arrêtée après 4 mesures.

Il a fallu réinitialiser complètement la sonde (déconnexion de l'alimentation de sauvegarde par les piles au lithium) pour la remettre en marche. Par la suite son utilisation s'est bien déroulée avec une utilisation pendant tout un cycle de marée à Almeirim (un profil toutes les heures pendant 12 heures), une utilisation systématique sur la varzea et une utilisation à Obidos.

Une fois dépassées les difficultés de mise en œuvre la sonde s'avère être un outil d'un potentiel remarquable pour les études de sédimentologie.

L'exemple ci-dessous présente les mesures de turbidité à Obidos le 05/07/99, la sonde ayant été descendue deux fois à 55 m. Ce type de mesures, extrêmement rapide (10 minutes), fournit un grand nombre d'informations sur la représentativité de la mesure de surface par rapport à la charge en suspension globale, sur le profil de charge près du fond, etc... Son usage devra donc être approfondi.



Des échantillons d'eau ont été prélevés sur les différents profils pour permettre d'analyser la relation entre concentration réelle et turbidité mesurée par la CTD.