

# ORSTOM en BOLIVIE

MISSION DE LA PAZ

1 - 04 - 88

INFORME No. 8

CONVENIO UTB - CORDEBENI - ORSTOM

DATOS FISICO - QUIMICOS  
DE LOS MEDIOS ACUATICOS  
DE LA ZONA DEL MAMORE CENTRAL

REGION DE  
TRINIDAD - AMAZONIA BOLIVIANA

D. CORBIN

J.L. GUYOT

H. CALLE

J. QUINTANILLA

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE

DEVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

**ORSTOM**

DATOS FISICO-QUIMICOS DE LOS  
MEDIOS ACUATICOS DE LA ZONA DEL MAMORE CENTRAL  
(REGION DE TRINIDAD - AMAZONIA BOLIVIANA)

-----

1. INTRODUCCION

2. SISTEMA HIDROLOGICO

3. CLIMATOLOGIA

- 3.1 Temperatura del aire
- 3.2 Pluviometría

4. REGIMEN HIDROLOGICO DEL RIO MAMORE

5. TIPOS DE MEDIOS ESTUDIADOS

5.1 Los rios

- 5.1.1 El Mamoré
- 5.1.2 El Ibaré
- 5.1.3 El Mocovi

5.2 Las lagunas poco profundas

- 5.2.1 Las lagunas del sistema Siquero
- 5.2.2 La laguna Suarez

5.3 Las lagunas profundas

- 5.3.1 La laguna Okreni
- 5.3.2 La laguna del Diablo

5.4 Los charcos temporales

- 5.4.1 San Gregorio
- 5.4.2 El canal de Puerto Almacén

## 6. CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS

### 6.1 Transparencia

- 6.1.1 Transparencia en los ríos
- 6.1.2 Transparencia en las lagunas poco profundas
- 6.1.3 Transparencia en la laguna profunda Okreni
- 6.1.4 Transparencia en los charcos de inundación
- 6.1.5 Transparencia y tipo de agua

### 6.2 Temperatura

- 6.2.1 Temperatura en los ríos
- 6.2.2 Temperatura en las lagunas poco profundas
- 6.2.3 Temperatura en la laguna profunda Okreni
- 6.2.4 Temperatura en los charcos de inundación

### 6.3 Conductibilidad

- 6.3.1 Conductibilidad en los ríos
- 6.3.2 Conductibilidad en las lagunas poco profundas
- 6.3.3 Conductibilidad en la laguna profunda Okreni
- 6.3.4 Conductibilidad en los charcos de inundación

### 6.4 pH

- 6.4.1 pH en los ríos
- 6.4.2 pH en las lagunas poco profundas
- 6.4.3 pH en la laguna profunda Okreni
- 6.4.4 pH en los charcos de inundación

### 6.5 Oxígeno

- 6.5.1 Oxígeno en los ríos
- 6.5.2 Oxígeno en las lagunas poco profundas
- 6.5.3 Oxígeno en la laguna profunda Okreni
- 6.5.4 Oxígeno en los charcos de inundación

### 6.6 Composición química

- 6.6.1 Métodos de análisis
- 6.6.2 Facies iónicas
- 6.6.3 Evolución temporal en el Río Mamoré y en el Río Mocovi
  - R. Mamoré
  - R. Mocovi
- 6.6.4 Evolución espacio-temporal en las lagunas del sistema Siquero

## 7. CONCLUSIÓN

**DATOS FISICO-QUIMICOS DE LOS  
MEDIOS ACUATICOS DE LA ZONA DEL MAMORE CENTRAL  
(REGION DE TRINIDAD - AMAZONIA BOLIVIANA)**

**D. CORBIN<sup>(1)</sup>, J.L. GUYOT<sup>(2)</sup>, H. CALLE<sup>(3)</sup>, J. QUINTANILLA<sup>(4)</sup>**

-----

**1. INTRODUCCION**

El presente estudio ha sido realizado en el marco de la convención piscícola entre la UTB (Universidad Técnica del Beni), CORDEBENI (Corporación de Desarrollo del Beni) y la ORSTOM (Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación).

Este estudio se realizó en diversos medios acuáticos de la planicie de inundación del Mamoré central (región de Trinidad, Beni, BOLIVIA - Latitud 14°51', longitud 64°55') (fig. 1). El período de estudio abarca desde julio de 1986 a agosto de 1987. El objetivo de esta nota sobre la físico-química de las aguas de esta región es reunir los elementos que permitirán la interpretación de datos biológicos de las especies ictiológicas estudiadas en el marco de la convención piscícola y de profundizar nuestros conocimientos sobre la hidroquímica del ecosistema acuático de la Amazonía.

- 
- (1) ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération)  
(2) ORSTOM-PHICAB (Programa hidrológico y climatológico de la Cuenca Amazónica de Bolivia)  
(3) SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología)  
(4) UMSA-IIQ (Universidad Mayor de San Andrés - Instituto de Investigaciones en Química)

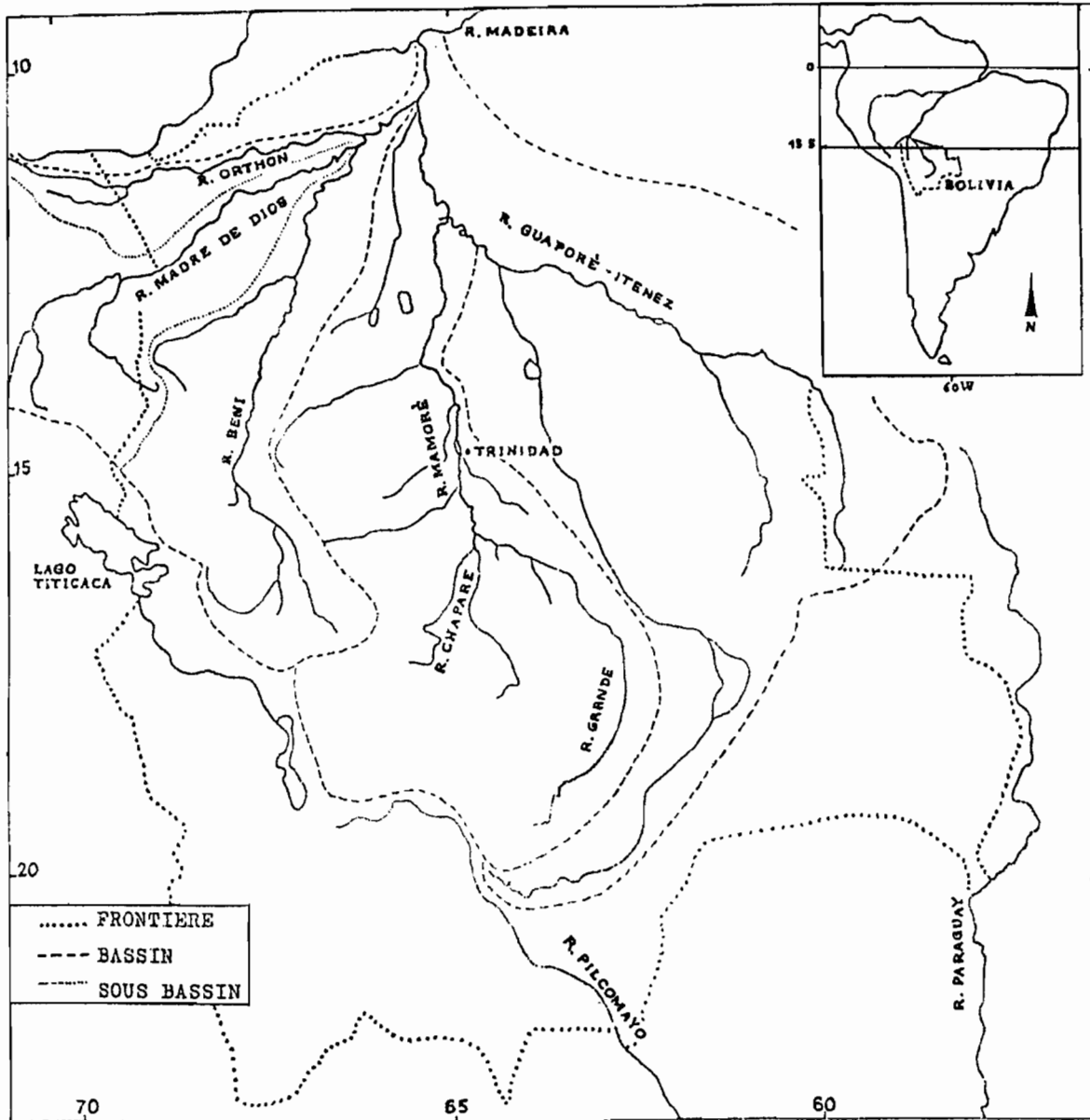


Fig 1 : Mapa de la cuenca amazónica boliviana.

## 2. EL SISTEMA HIDROLOGICO

El Río Mamoré, como el Río Madre de Dios, el Río Beni (los tres originarios de los Andes) y el Río Itenez (originario del Escudo Brasileño), constituye uno de los cuatro grandes ríos que dan origen en el norte de Bolivia al Río Madeira, uno de los afluentes más importantes del Amazonas.

Al pie de los Andes, el Mamoré desemboca en una extensa planicie constituida por la acumulación de sedimentos pliocenos y cuaternarios, antes de ser frenado en sus flujos de agua por contrafuertes del Escudo Brasileño en la zona de Guayaramerín. Este freno a la salida de aguas hace de esta planicie una extensa zona inundada durante el período de crecida de aguas. Además, en la región de Trinidad, la creación de rutas sobrealzadas perpendicularmente al eje de flujo de aguas, parece acentuar el fenómeno de inundación.

## 3. CLIMATOLOGIA

### 3.1 Temperatura del aire

El clima de la planicie del Beni es de tipo tropical húmedo. Nuestras lecturas se efectuaron por temperaturas comprendidas entre 21 y 34°C. Hay pocas diferencias de temperatura entre la época de lluvias (verano austral) y la época seca (invierno austral). Pero sucede que durante esta última época masas de aire de origen polar austral (llamadas "surazos" llegan hasta la planicie del Beni. Los valores mínimos de temperatura que conocimos durante estos "surazos" eran del orden de 14°C. Su duración era entre 1 y 10 días.

### 3.2 Pluviometría

Según ROCHE et al., 1986, la cuenca del Río Mamoré puede subdividirse en tres zonas desde el punto de vista climático :

- la cuenca del Río Grande, afluente sud-este del Río Mamoré, semi-árido en su parte superior y con fuerte pluviometría en los primeros relieves de los Andes.

- las cuencas andinas de los afluentes del Río Mamoré que tienen los índices más altos pluviométricos, con índices comprendidos entre 2.000 y 6.000 mm.
- la planicie con precipitaciones comprendidas entre 800 y 1.900 mm.

El promedio de lluvias sobre el conjunto de la cuenca del Mamoré se evalúa de 1.690 a 1.800 mm. Según la carta de pluviometría (M.A. ROCHE, N. ROCHA, 1985) la lluvia media anual en la región de Trinidad está estimada en 1.750 mm (fig. 2). De acuerdo a las medidas que hemos efectuado en la UTB de Trinidad, los años 1982 (2.250 mm de aporte anual), 1983 (2.390 mm), 1984 (2.108 mm) y 1986 (2.335 mm) fueron excepcionalmente lluviosos (Cuadro I).

La época de lluvias se extiende de octubre a abril. Durante este período, cae 80 % del promedio de lluvia anual. Los dos meses más lluviosos, diciembre y enero, representan 31 % del promedio anual.

La época seca se extiende de mayo a septiembre. Durante esta época, el mínimo de lluvia interviene en junio y julio con aportes medios de 27 y 44 mm que sólo representan 3,4 % del promedio anual.

La pluviometría concerniendo al período de estudio (junio de 1986 a julio de 1987) se representa en la figura 13.

#### 4. REGIMEN HIDROLOGICO DEL RIO MAMORE

Según los trabajos del PHICAB (ROCHE et al., 1986, anteriormente citado), dos regímenes hidrológicos caracterizan al Mamoré :

- el tipo tropical de transición (J. RODIER, 1963) en el límite de los Andes,
- el tipo tropical en la planicie.

Los hidrogramas desde el pie de los Andes hasta la formación del Río Madera, muestran una forma de crecida anual, cuya variaciones disminuyen de arriba hacia abajo (fig. 3). Las extensas zonas de inundación que atraviesa el Mamoré y la longitud de su curso explican el aplanamiento del hidrograma.

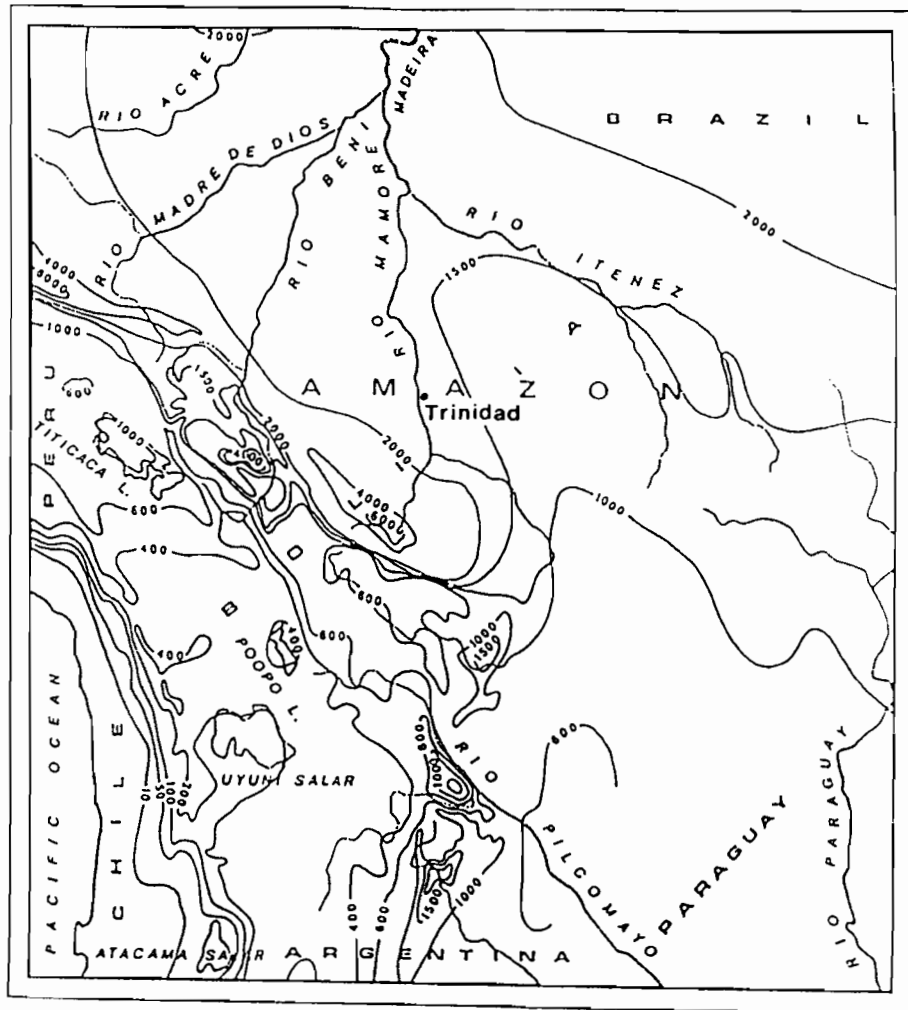


Fig 2 : Precipitaciones anuales (mm) en Bolivia y regiones limitrofes. Simplificación del mapa al 1/4.000.000 ROCHE (M.A.) et ROCHA (N.), 1985.



**Cuadro I : Pluviometría en Trinidad (U.T.B.)**  
 Los datos concerniendo al período de estudio  
 (de Julio de 1986 a Julio de 1987) están encuadrados

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Totales anuales
1982	300*	240	353	177	73	85	60	266	110	243	110	233	2.250
1983	504	112	201	126	291	21	103	42	59	209	338	384	2.390
1984	289	312	367	58	71	14	12	29	81	144	182	549	2.108
1985	367	197**	161**	165	20	10	48	48	71	106	272	134	1.599
1986	344	335	219	187	166	0	27	230	159	216	316	136	2.335
1987	430*	134	85	80	80	35	15						
Promedios anuales	372	222	231	132	117	27	44	123	96	184	244	287	

\* valores estimados

\*\* medido el 13.3.85. Corrección proporcional.

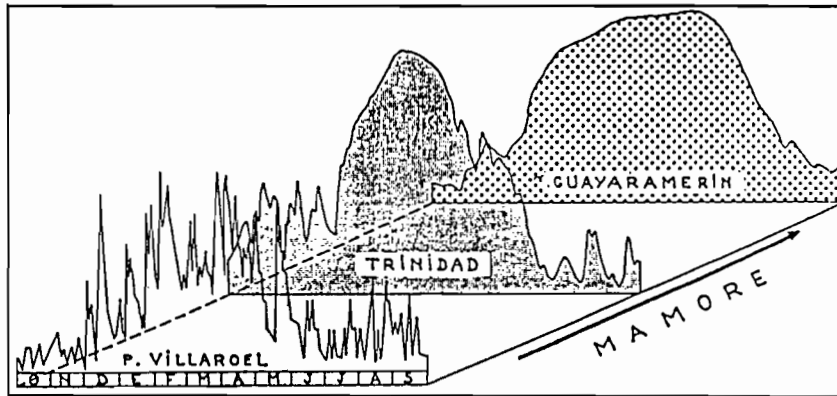


Fig 3 : Formas de los hidrogramas del Río Mamoré desde el pied de los Andes hasta la formación del Río Madeira. ROCHE (M.A.), 1986.

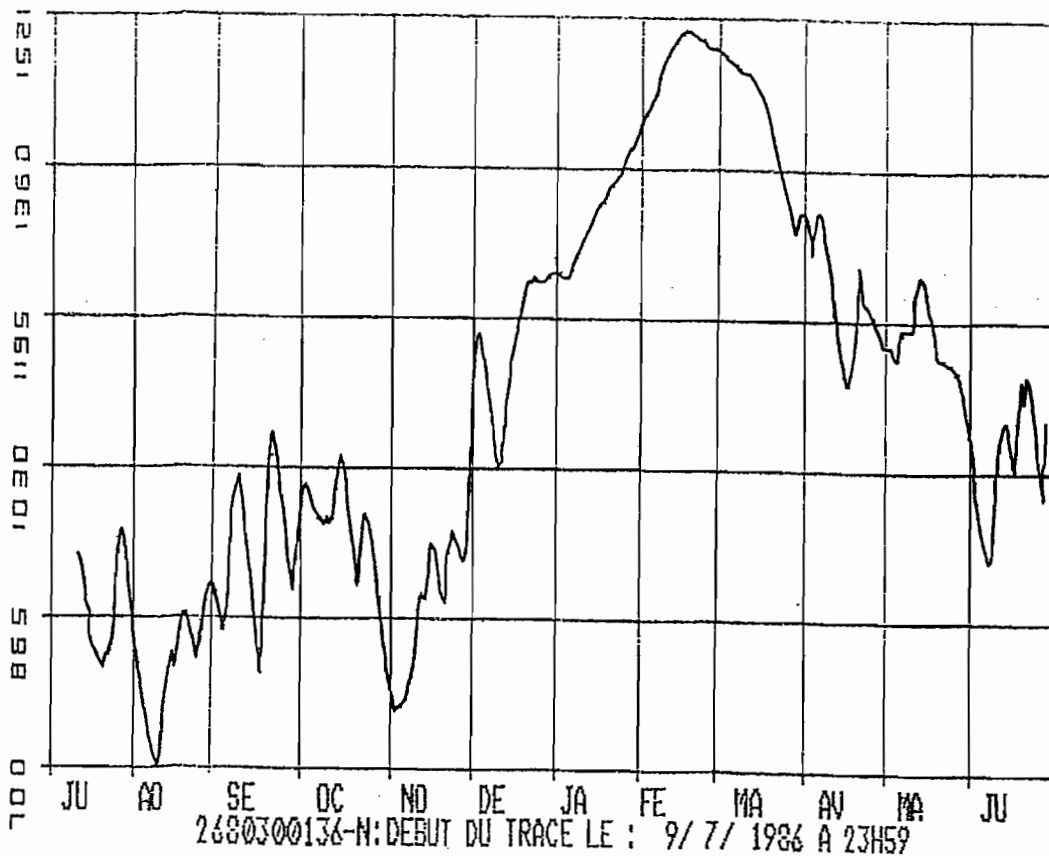


Fig 4 : Variaciones de las alturas de agua del Río Mamoré en Puerto Varador, puerto de Trinidad. Inf. pers. J. BOURGES (PHICAB).

En el curso de nuestro estudio las variaciones de los aportes de agua del Río Mamoré han sido registradas en Puerto Varador, puerto de Trinidad (Fig. 4. Trabajos del PHICAB, comunicación personal J. BOURGES). Durante las decrecidas de las aguas (de julio a noviembre de 1986 y a partir de junio de 1987) la irregularidad de los caudales es importante. El máximo de crecida se obtuvo en febrero de 1987.

## 5. TIPOS DE MEDIOS ESTUDIADOS

Cuatro tipos de medios han sido estudiados : los ríos, las lagunas poco profundas, las lagunas profundas, y los charcos de inundación (Fig. 5).

### 5.1 Los ríos

Tres ríos han sido estudiados :

#### 5.1.1 El Mamoré

La cuenca del Río Mamoré en Trinidad a la altura de Puerto Varador abarca 159.100 km<sup>2</sup> de los cuales 41,1 % en los Andes y 58,9 % en la planicie (ROCHE et al., ya citado). El Mamoré se origina en los Andes orientales de los cuales transporta materiales de erosión. Estas aguas de barro, turbias, amarillentas tienen una transparencia que nunca es superior a 15 cm.

Los muestreos se realizaron en las proximidades de Trinidad (Fig. 5), a la altura de Puerto Varador o de la laguna Okreni. Las medidas se efectuaron en la corriente principal del río.

---

x Hemos utilizado por comodidad el término laguna, que comprende todas las superficies de aguas estancadas o poco corrientes : charcos, estanques ... De ninguna manera las lagunas representan aquí medios salados o salobres.

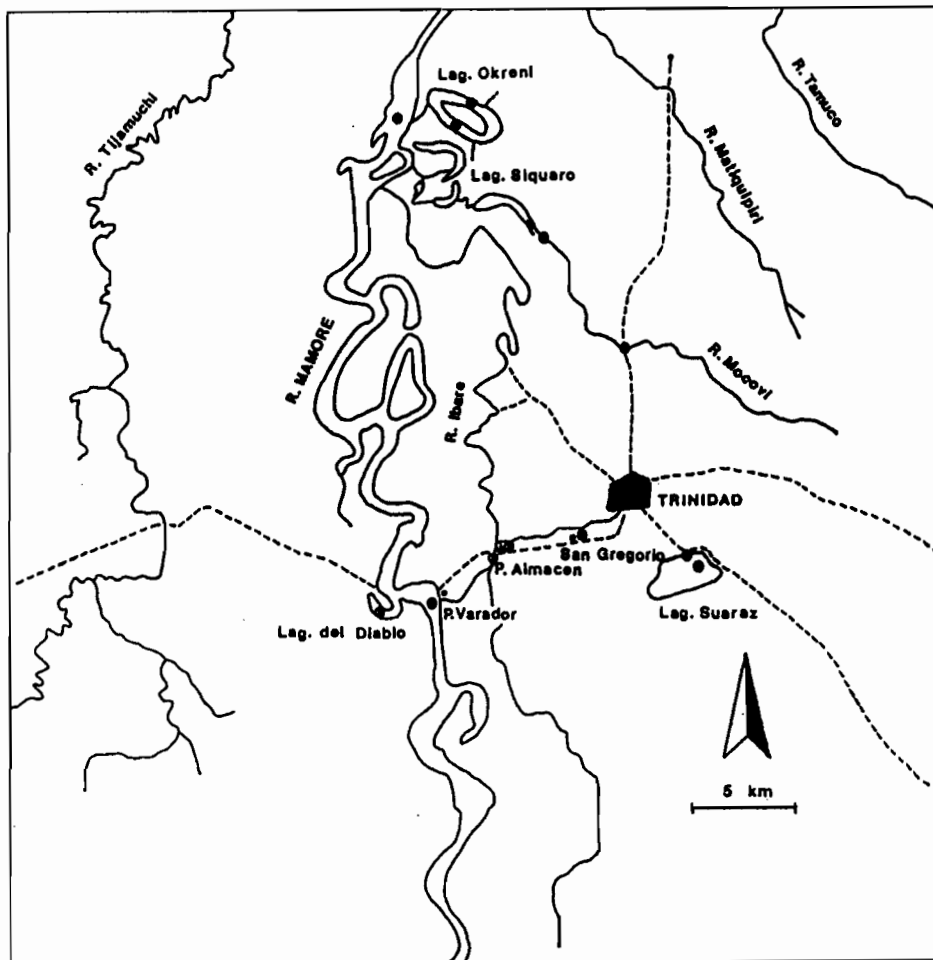


Fig 5 : Mapa de la región estudiada. Posiciones de los puntos de muestreo:

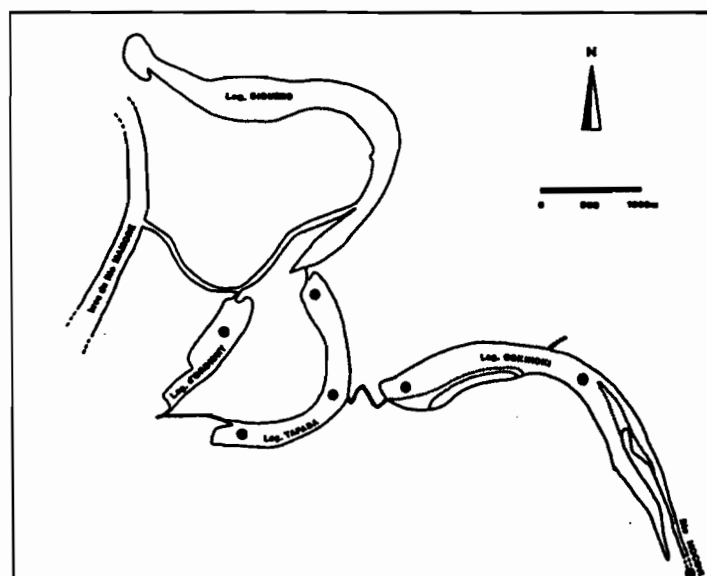


Fig 6 : Mapa de las lagunas poco profundas del sistema Siquero. Posiciones de los puntos de muestreo:

### 5.1.2 El Ibaré

Este afluente del Mamoré tiene una cuenca que se extiende sobre 5.320 km<sup>2</sup>, totalmente en la planicie. En período de crecida, esta zona es inundada en su mayor parte por aguas de lluvia sobre su propia cuenca y por la crecida de aguas provenientes del Mamoré (ROCHE et al., ya citado).

Los muestreos se efectuaron en este río (Fig. 5) a aproximadamente 200 m arriba de su confluente con el Río Mamoré, o en Puerto Almacén, a unos veinte kilómetros aguas arriba. Se puede estimar que las aguas tienen, en estos dos puntos, dos características comparables : en aguas bajas, el Ibaré siendo totalmente independiente del Mamoré, mientras que en aguas altas, las aguas de inundación del Mamoré se mezclan a la crecida del Ibaré sobre el total de su curso.

### 5.1.3 El Mocovi

Pequeño río al Norte de Trinidad, menos importante que el Ibaré. Su cuenca, de una superficie del orden de 1.000 km<sup>2</sup>, está situada totalmente en la planicie; contrariamente al Ibaré, no está sometida a las inundaciones de las aguas altas del Mamoré.

Los muestreos tuvieron lugar en la corriente del río, a 300 m aproximadamente aguas arriba de la laguna Cokinoki (Fig. 6), o a 5 km aguas arriba, en el puente de la pista que va de Trinidad a San Javier (Fig. 5).

La periodicidad de los muestreos en los ríos fue mensual: de julio de 1986 a agosto de 1987.

## 5.2 Las lagunas poco profundas

Cuatro lagunas poco profundas han sido estudiadas : 3 próximas del Río Mamoré, pertenecientes al sistema Siquero y una alejada del río, la laguna Suarez.

### 5.2.1 Las lagunas del sistema Siquero

Al nor-oeste de Trinidad (Figs. 5 y 6), se trata de un sistema de cuatro lagunas unidas entre ellas por pequeños cursos de agua. Son alimentadas al este por el Río Mocovi y desembocan al oeste en el Río Mamoré del cual están aisladas en el máximo del estiaje.

De este a oeste son localizadas : la laguna Cokinoki (alrededor de 140 hectáreas) directamente alimentada por el Río Mocovi, la laguna Tapada (alrededor de 70 hectáreas), la laguna d'Orbigny (alrededor de 40 hectáreas), las tres poco profundas (un promedio del orden de un metro en época seca). Estas tres lagunas se comunican con el Río Mamoré por intermedio de un canal en relación con la laguna grande Siquero que ha dado su nombre al conjunto de estas lagunas. Esta última no ha sido tomada en cuenta ya que es en parte profunda y demasiado influenciada por el río.

Los muestreos han sido efectuados lejos de los bordes (Fig. 6). Para la laguna Cokinoki : un muestreo en cada extremo; para la laguna Tapada : un muestreo en cada extremo y uno en la desembocadura del curso de agua procedente de Cokinoki; para la laguna d'Orbigny : un muestreo en el centro.

Los muestreos se realizaron en julio, septiembre, noviembre de 1986 y enero, marzo, junio de 1987.

### 5.2.2 La laguna Suarez

La laguna Suarez, al sud-este de Trinidad, está a aproximadamente 10 km del Río Mamoré. Sólo se comunica con el Río Mamoré en el momento de la crecida de aguas. La profundidad máxima en época seca no excede 1,20 m.

Las lecturas de medidas tuvieron lugar en julio, septiembre, octubre, noviembre de 1986 y enero, junio, julio de 1987. Dos muestreos se efectuaron en cada intervención : uno cerca del borde en las hierbas y cañas, el otro dentro del agua, alrededor de 20 m del borde.

### 5.3 Las lagunas profundas

Son antiguos meandros de río; en general están próximas del curso principal y parecen ser de formación más reciente que las lagunas poco profundas. Son casi exclusivamente alimentadas por las aguas del Río Mamoré. Dos medios de este tipo han sido estudiados :

#### 5.3.1 La laguna Okreni

De una superficie aproximada de 340 hectáreas, está situada al norte de las lagunas del sistema Siquero. Al este, un curso de agua la une a otra laguna. Al sur, un otro curso de agua, seco durante las aguas bajas, la une al Río Mocovi y al conjunto de las lagunas del sistema Siquero durante el período de inundación. Está en relación con el Río Mamoré, excepto en período de estiaje. Su profundidad media en época seca es del orden de 5 m.

Los muestreos se efectuaron en julio, septiembre, noviembre de 1986 y enero, febrero, marzo de 1987.

#### 5.3.2 La laguna del Diablo

Está situada en la orilla izquierda del Río Mamoré (Fig. 5). Sólo se ha estudiado aquí la composición iónica.

### 5.4 Los charcos de inundación

Se trata de planos de agua que subsisten en el borde de la pista de Trinidad a Puerto Almacén, después del retiro de las aguas de inundación. Ellas constituyen, durante la crecida máxima, un canal que permite a las barcas fluviales de llegar a Trinidad desde el Río Mamoré. Su profundidad no excede de 1 m fuera del período de aguas altas. Dos puntos han sido seguidos : San Gregorio y el canal de Puerto Almacén.

#### 5.4.1 San Gregorio

San Gregorio sirve de "puerto" provisional entre Trinidad y Puerto Almacén, a medio camino aproximadamente entre estas dos localidades, en los momentos de la subida y del retiro de aguas. Está totalmente integrado a la planicie de inundación en el momento de la crecida máxima (fin de enero a fin de marzo).

#### 5.4.2 El canal de Puerto Almacén

Se trata del canal al borde de la pista que va hacia el norte de la localidad. Este canal próximo del Ibaré (500 m aproximadamente) está en comunicación con éste en período de crecida, por intermedio del Río San Juan. El punto de muestreo estaba a unos cincuenta metros al norte del anillo de la orilla que emerge en período de aguas altas (localmente llamada "loma"). Como San Gregorio, este canal está totalmente integrado a la planicie de inundación en el momento de aguas altas.

En estos dos medios, los muestreos tuvieron lugar en julio, septiembre, noviembre de 1986 y enero, junio, julio de 1987.

### 6. CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS

#### 6.1 Transparencia

La transparencia ha sido medida con un disco de Secchi de 30 cm de diámetro pintado en cuartos blancos y negros.

Dos tipos de aguas han sido encontrados :

- aguas turbias, barrosas y amarillentas. Las encontramos en todos los medios en período de aguas bajas, así como en el Mamoré y a proximidad de éste en período de aguas altas.



- aguas claras y pardas que encontramos sobre todo en período de aguas altas en todos los medios excepto en el Río Mamoré y su proximidad inmediata y en período de aguas bajas en los ríos de planicie y lagunas luego de fuertes lluvias locales. Hemos encontrado estas aguas : en septiembre de 1986 en el Río Mocovi y en las lagunas poco profundas Cokinoki y Tapada del sistema Siquero, de enero a marzo de 1987 en los ríos Ibaré y Mocovi así como en las lagunas poco profundas precitadas, finalmente en marzo de 1987 en la laguna poco profunda D'Orbigny del sistema Siquero y en la laguna profunda Okreni.

#### 6.1.1 Transparencia en los ríos (Fig. 7)

El Río Mamoré tiene una transparencia media anual de 10 cm con un mínimo de 3 cm en enero de 1987 y un máximo de 15 cm en julio de 1987. El mínimo tiene lugar al principio de la gran crecida anual mientras que los máximos parecen ligados a los períodos de decrecida (noviembre de 1986, marzo y julio de 1987).

Para los ríos de planicie la diferencia entre las transparencias de aguas bajas y aguas altas es más importante. En período de aguas bajas las transparencias medias son ligeramente superiores a las del Río Mamoré, pero no muy diferentes : 15 cm para el Mocovi con valores extremos de 11 y 19 cm y 16 cm para el Ibaré con valores extremos de 15 y 19 cm. Por el contrario en períodos de aguas altas, en estos ríos de planicie circulan aguas pardas mucho más claras. En marzo de 1987, la transparencia llega a 72 cm en el Mocovi y 40 cm en el Ibaré. La transparencia del Ibaré es en este período intermedia entre la del Mamoré y la del Mocovi ya que como se ha descrito más arriba, este río está sometido no solamente a las inundaciones provocadas por las lluvias sobre su propia cuenca, sino también a las inundaciones del Río Mamoré.

#### 6.1.2 Transparencia en las lagunas poco profundas

Las transparencias de lagunas del sistema Siquero (sólo aislado del Río Mamoré durante el período de aguas muy bajas) y de la laguna Suarez (sólo en comunicación con el río durante el período de aguas muy altas) son representadas en el cuadro II.

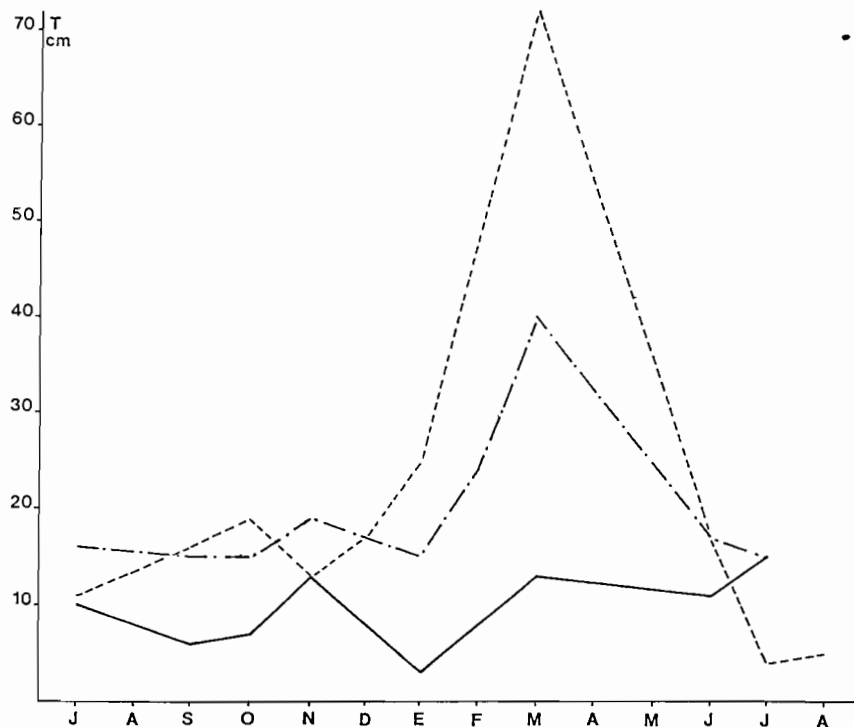


Fig 7 : Transparencia en el Mamoré (línea ininterrumpida), el Ibaré (puntos con guiones) y el Mocovi (guiones).

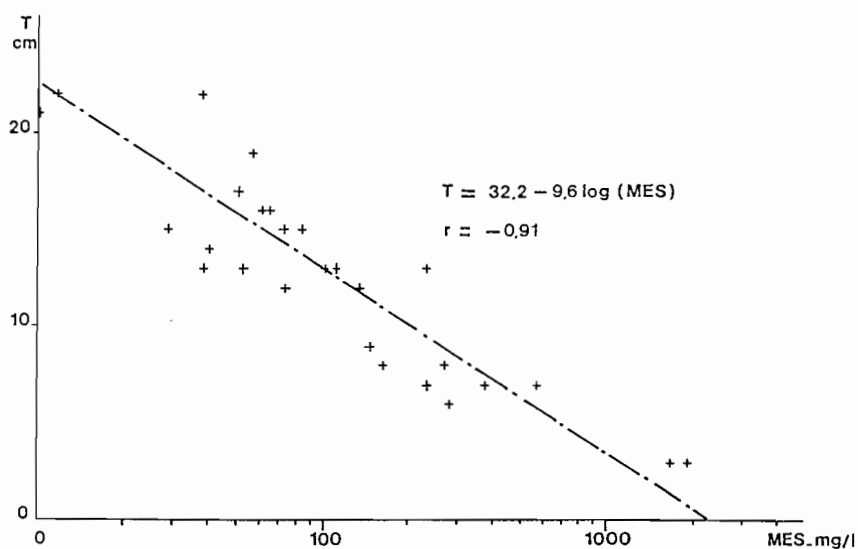


Fig 8 : Correlación logarítmica negativa entre la transparencia y las materias en suspensión por las aguas blancas de los ríos Mamoré, Ibaré y Mocovi y de las lagunas Siquero y Okreni.

Cuadro II : Transparencia en cm en el sistema de lagunas poco profundas SIQUERO (lagunas COKINOKI, TAPADA y D'ORBIGNY), en la laguna poco profunda SUAREZ y en la laguna profunda OKRENI. El período de aguas altas figura entre los guiones.

Lagunas	COKINOKI			TAPADA			D'ORBIGNY			SUAREZ			OKRENI		
Nº de medidas	2			3			1			2			2		
	mini	maxi	$\bar{T}$	mini	maxi	$\bar{T}$	mini	maxi	$\bar{T}$	mini	maxi	$\bar{T}$	mini	maxi	$\bar{T}$
julio 86	12	19	15	17	18	17			15	13	22	17	29	29	29
septiembre 86	16	19	17	18	20	19			14	14	17	15	22	76	49
octubre 86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	13	11	-	-	-
noviembre 86	15	17	16	13	14	13			12	16	17	16	22	43	32
enero 87	30	35	33	36	39	38			7	15	22	18	9	10	9
febrero 87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	22	20
marzo 87	63	71	67	52	59	56			56	-	-	-	50	54	52
junio 87	18	19	18	17	20	19			23	27	35	31	-	-	-
julio 87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	24	22	-	-	-
Aguas bajas	12	19	16	13	20	17	12	23	16	10	35	19	22	76	37
Aguas altas	30	71	50	36	59	47	7	56	31	-	-	-	9	54	27

Para el sistema Siquero :

- en período de aguas bajas las transparencias medias son de 16 y 17 cm según las lagunas, con un mínimo de 12 y un máximo de 23 cm. Las variaciones de la transparencia permanecen con baja amplitud en el curso de este período.
- en período de aguas altas (de enero a marzo), por una parte, las transparencias medias son mucho más importantes que en período de aguas bajas (de 31 a 50 cm); ésto se explica por el hecho que se trata de aguas pardas poco turbias. Por otra parte, hay un decrecimiento de la transparencia media al acercarse al Río Mamoré : 50 cm para la laguna Cokinoki, la más alejada del Mamoré; 47 cm para la laguna Tapada; 31 cm para la laguna d'Orbigny. Las transparencias mínimas y máximas para este período son de 7 y 71 cm.

Para la laguna Suarez :

- en período de aguas bajas, la transparencia media es de 19 cm con valores extremos de 10 y 35 cm. El promedio y la diferencia entre los extremos son pues un poco más importantes que en las lagunas del sistema Siquero.

### 6.1.3 Transparencia en la laguna profunda Okreni

En la laguna Okreni (Cuadro II), en aguas bajas la transparencia media es de 37 cm con extremos de 22 y 76 cm, mientras que en aguas altas el promedio es de 27 cm con extremos de 9 y 54 cm, esta última medida en aguas pardas. Contrariamente a las lagunas poco profundas, la transparencia media es así más importante en aguas bajas que en aguas altas.

Esta laguna es efectivamente alimentada por el Río Mamoré cuando éste alcanza cierto límite. Es por eso muy dependiente de este río en período de aguas altas (su mínimo de transparencia, 9 cm en enero, corresponde al mínimo de transparencia del Río Mamoré, 3 cm). Por el contrario, durante una parte del período de aguas bajas, está totalmente aislada del río. La sedimentación explica la transparencia importante en este período.

#### 6.1.4 Transparencia en los charcos de inundación

Las transparencias de estos charcos son muy bajas.

En San Gregorio, la transparencia media es de 12 cm con un mínimo de 5 cm y un máximo de 26 cm.

En el canal de Puerto Almacén, es todavía más baja : 6 cm en promedio con extremos de 5 y 8 cm.

En marzo de 1987, período durante el cual estos charcos se integran a la gran planicie inundada, las transparencias eran respectivamente de 70 y 61 cm (medidas hechas en aguas pardas).

#### 6.1.5 Transparencia y tipo de agua

Como resultado de observaciones efectuadas en diversos medios, los valores de la transparencia aparecen sensiblemente diferentes según los tipos de aguas : en aguas blancas la transparencia excede raramente 20 cm, por el contrario en aguas pardas, puede alcanzar más de 70 cm.

Para las aguas blancas de los ríos Mamoré, Ibaré y Mocovi y de las lagunas Siquero y Okreni, existe una correlación logarítmica negativa ( $r = -0,91$ ) entre la transparencia y las materias en suspensión\* (Fig. 8) :  $T = 32,2 - 9,6 \log$  (MES) donde T es la transparencia en cm y MES son las materias en suspensión en mg/l.

\* Para las materias en suspensión y el color remitirse más lejos para los métodos de análisis 6.6.1.

Por el contrario para las aguas pardas, la medida del color\* por el método al platino-cobalto ha permitido poner en evidencia una correlación lineal negativa ( $r = -0,88$ ) entre la transparencia y el color (Fig. 9) :  $T = 76,3 - 0,22 C$  donde T es la transparencia en cm y C el índice de color medido por el método al platino-cobalto. Esta correlación sólo es válida para las lagunas poco profundas del sistema Siquero y la laguna profunda Okreni.

## 6.2 Temperaturas

Las temperaturas fueron medidas con una sonda electrónica QUICK-NOVO a profundidades que van de 0 a 5 m.

La temperatura era tomada durante cada muestreo a diferentes horas del día.

### 6.2.1 Temperatura en los ríos (Fig. 10)

El promedio de nuestras lecturas de superficie para el período julio de 1986 a agosto de 1987 en el Río Mamoré es de  $26,1^{\circ}\text{C}$ . Es de  $27,2^{\circ}\text{C}$  en los dos ríos de planicie Ibaré y Mocovi. Las temperaturas mínimas registradas son de :  $22,6^{\circ}\text{C}$  para el Mamoré (en julio de 1986 a las 16:10 p.m.);  $23,7^{\circ}\text{C}$  para el Ibaré (en julio de 1986 a las 16:50 p.m.) y  $22,5^{\circ}\text{C}$  para el Mocovi (en julio de 1986 a las 11:30 a.m.). Los máximos son de  $29,7^{\circ}\text{C}$  para el Mamoré (en noviembre de 1986 a las 14:50 p.m.);  $31,3^{\circ}\text{C}$  para el Ibaré (en septiembre de 1986 a las 14:15 p.m.) y  $30,6^{\circ}\text{C}$  para el Mocovi (en septiembre de 1986 a las 11:30 p.m.).

### 6.2.2 Temperatura en las lagunas poco profundas

En el sistema de las lagunas Siquero, el promedio de nuestras lecturas de superficie, para el período de julio de 1986 a junio de 1987, es de  $28,2^{\circ}\text{C}$  con un mínimo de  $25,4^{\circ}\text{C}$  en junio de 1987 a las 12:20 a.m. y un máximo de  $30,3^{\circ}\text{C}$  en septiembre de 1986 a las 12:50 a.m.

---

\* Para las materias en suspensión y el color remitirse más lejos para los métodos de análisis 6.6.1.

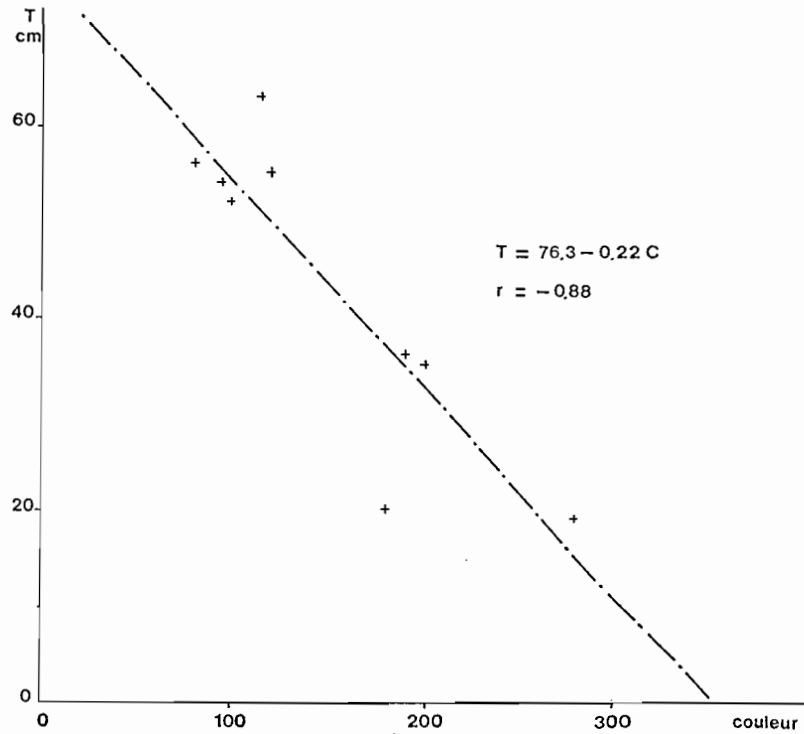


Fig 9 : Correlación lineal negativa entre la transparencia y el color por las aguas pardas de las lagunas poco profundas del sistema Siquero y de la laguna profunda Okreni.

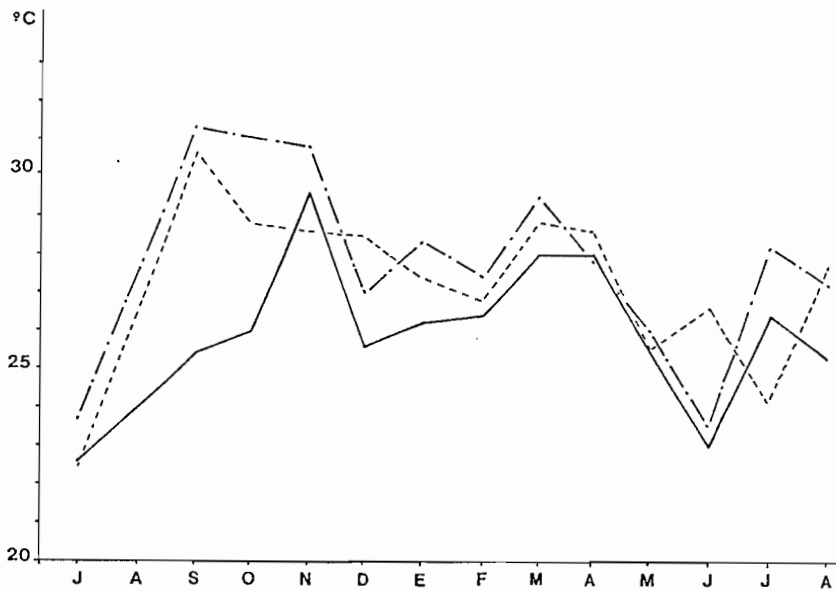


Fig 10 : Temperatura de superficie medidas en los ríos Mamoré (línea ininterumpida), Ibaré (puntos con guiones) y Mocoví (guiones).

En la laguna Suarez, el promedio de nuestras medidas de superficie, para los períodos de julio de 1986 a enero de 1987 y de junio a julio de 1987, es de  $28,2^{\circ}\text{C}$  con un mínimo de  $19,8^{\circ}\text{C}$  durante un "surazo" en julio de 1986 a las 10:00 a.m. y un máximo de  $33,2^{\circ}\text{C}$  en octubre de 1986 a las 14:15 p.m.

En la laguna D'Orbigny del sistema Siquero, hemos seguido la evolución de la temperatura en función de la profundidad (Fig. 11). Todas las medidas fueron hechas entre las 13:00 y 14:20 horas, en diferentes períodos del año.

- cuando la profundidad de la laguna es del orden de 1 m (1,30 m en noviembre de 1986), todo el espesor del agua se recalienta y la temperatura es estable cualquiera sea la profundidad (alrededor de  $29^{\circ}\text{C}$  en el presente caso).

- cuando la profundidad es de 2 a 3 m (septiembre 1986 y junio de 1987), hay un recalentamiento de la capa subsuperficial de 4 a  $5^{\circ}\text{C}$ .

- cuando la profundidad es superior a 6 m (enero y marzo de 1987), hay en el mes de enero un recalentamiento de  $2^{\circ}\text{C}$  de la capa subsuperficial y en marzo no hay ninguna estratificación sino una temperatura de agua bastante elevada (de  $28,4^{\circ}\text{C}$  a  $29^{\circ}\text{C}$ . Esta ausencia de estratificación es quizá debida al viento y/o a la presencia de una corriente débil en las lagunas en este período.

### 6.2.3 Temperatura en la laguna profunda Okreni

En la laguna profunda Okreni, el promedio de nuestras mediciones de superficie, para el período de julio de 1986 a marzo de 1987, es de  $28,6^{\circ}\text{C}$ . El mínimo registrado es de  $25,5^{\circ}\text{C}$  en febrero de 1987 a las 7:30 horas y el máximo es de  $30,2^{\circ}\text{C}$  en enero de 1987 a las 11:30 horas.

El análisis de la evolución de la temperatura con la profundidad en el curso de los meses de septiembre y noviembre de 1986, enero y marzo de 1987 (Fig. 11) permite observar :



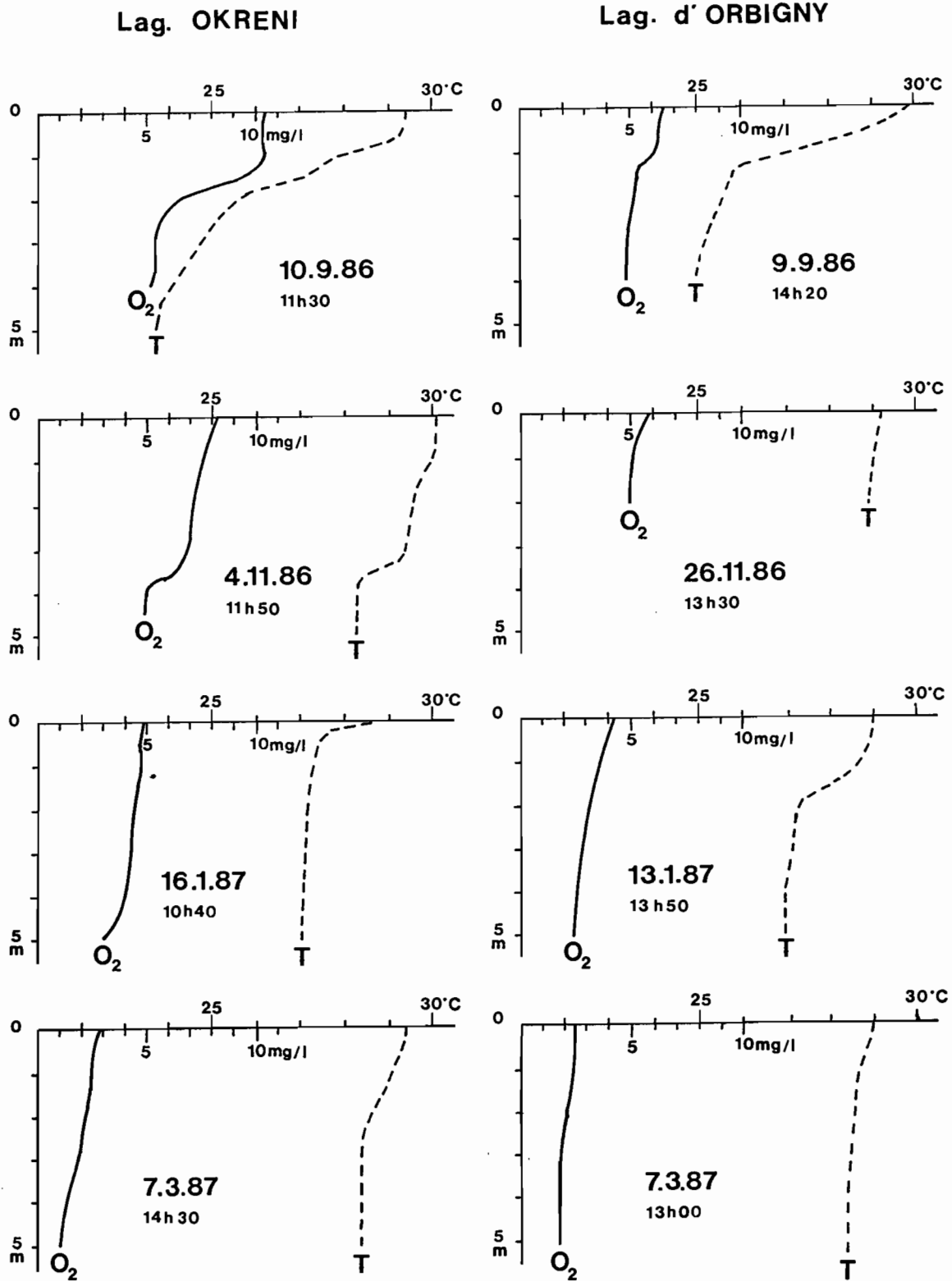


Fig 11 : Evolución de la temperatura y del oxígeno en función de la profundidad en la laguna profunda Okreni y la laguna poco profunda d'Orbigny.

- para los meses de septiembre y noviembre de 1986, un recalentamiento de las aguas hasta 4 m de profundidad : en septiembre + 6<sup>o</sup>C (entre la superficie y -4 m) a las 11:30 horas y en noviembre + 2<sup>o</sup>C a las 11:50 horas.

- en el mes de enero a las 10:40 horas, el recalentamiento solamente existe para las aguas superficiales : 28,6<sup>o</sup>C en la superficie y 27,3<sup>o</sup>C a -1 m.

- en el mes de marzo, la temperatura disminuye regularmente hasta 2,50 m de profundidad (de 29,4<sup>o</sup>C a 28,4<sup>o</sup>C). Como para la laguna poco profunda D'Orbigny, la ausencia de estratificación puede deberse al viento y/o a la presencia de una corriente débil en este período de aguas altas.

La evolución diaria de la temperatura de la laguna Okreni ha sido estudiada hasta una profundidad de 5 m, en período de crecida (11 y 12 de febrero de 1987) (Fig. 12). Antes de las 9:30 horas la temperatura es uniforme desde la superficie hasta -5 m. A partir de las 9:30 horas la temperatura de las aguas superficiales aumenta regularmente. El máximo 26,9<sup>o</sup>C se alcanza a las 15:30 horas, o sea 1,4<sup>o</sup>C más que a las 7:30 horas (25,5<sup>o</sup>C). Este aumento de 1,4<sup>o</sup>C de la temperatura del agua superficial ha sido registrado con un aumento de la temperatura del aire de 6<sup>o</sup>C en el curso de este día. A partir de las 15:30 horas, la temperatura de las aguas de superficie decrece mientras que la de las aguas profundas continúa a crecer. Las temperaturas máximas de estas aguas se alcanzan entre las 17:30 y las 19:30 horas : 26,5<sup>o</sup>C para -1 m ; 26,1<sup>o</sup>C para -3 m y 25,9<sup>o</sup>C para -5 m. El aumento de temperatura con relación a las 7:30 horas (25,6<sup>o</sup>C para todas las capas) es de : 0,9<sup>o</sup>C para -1 m ; 0,5<sup>o</sup>C para -3 m y 0,3<sup>o</sup>C para -5 m. De las 17:30 a las 23:30 horas las temperaturas permanecen bastante estables cualquiera sea la profundidad. Luego ellas decrecen regularmente en todos los niveles.

#### 6.2.4 Temperatura en los charcos de inundación

Los promedios de nuestras mediciones de superficie, para los períodos de julio de 1986 a enero de 1987 y de junio a julio de 1987 (es decir para los períodos de aguas bajas), en los charcos temporales son de : 30,7<sup>o</sup>C para San Gregorio y 31,1<sup>o</sup>C para el canal de Puerto Almacén. Los valores mínimos y

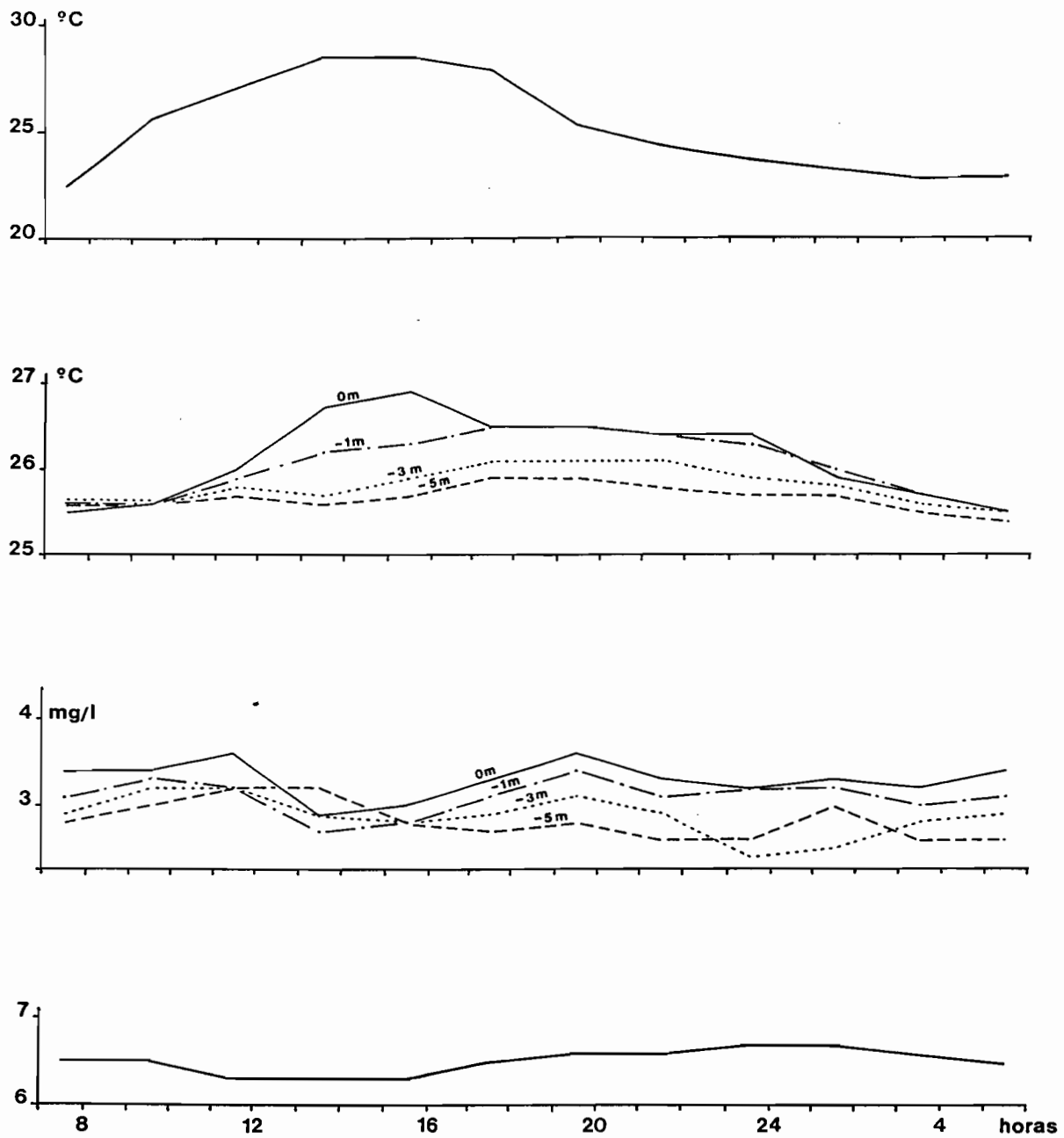


Fig 12 : Evolución diaria de algunos parámetros en la laguna profunda Okreni en período de aguas altas (11 y 12 de Febrero 1987). De arriba hacia abajo : temperatura del aire, temperatura del agua, oxígeno disuelto, pH.

máximos son : para San Gregorio de 26,6<sup>o</sup>C en noviembre de 1986 a las 10:30 horas y de 34,2<sup>o</sup>C en septiembre de 1986 a las 16:50 horas; para el canal de Puerto Almacén de 26,6<sup>o</sup>C en junio de 1987 a las 10:45 horas y de 34,1<sup>o</sup>C en enero de 1987 a las 17:00 horas. La amplitud de las variaciones es elevada debido al volumen bajo de agua de estos medios.

Se efectuó una medida en cada uno de estos charcos en marzo de 1987, período de inundación, las temperaturas eran de 30<sup>o</sup>C en el canal de Puerto Almacén y de 31,4<sup>o</sup>C en San Gregorio.

### 6.3 Conductibilidad

La conductibilidad fue medida en el campo con un conductímetro PONSELLE tipo CM. Los valores se expresan en uS/cm a 20<sup>o</sup>C.

#### 6.3.1 Conductibilidad en los ríos (Fig. 13)

El promedio de nuestras lecturas, para el período de julio de 1986 a agosto de 1987, es de 113 uS/cm en el Río Mamoré. Los extremos registrados son de 87 uS/cm en febrero de 1987 (período de aguas altas) y 148 uS/cm en noviembre de 1986 durante una fase de decrecida parcial antes la gran crecida anual.

Para el Ibaré, el promedio de nuestras lecturas es de 67 uS/cm con un mínimo de 30 us/cm en octubre de 1986 y un máximo de 156 uS/cm en agosto de 1987. Este máximo en pleno período de aguas bajas fue provocado por la entrada del Río Mamoré en el Ibaré. Este último fluía en efecto de aguas abajo hacia aguas arriba a este momento. El pico de conductibilidad en septiembre de 1986 (138 us/cm) se produjo después de las importantes precipitaciones del mes de agosto de 1986 (230 mm). La puesta en circulación de las aguas estancadas por las primeras lluvias fuertes locales es responsable de un aporte masivo en sales minerales. Durante el período de aguas altas, la conductibilidad del Ibaré es intermediaria entre la del Río Mamoré y la del Río Mocovi. Como ya hemos dicho anteriormente, el Ibaré está sometido en este período del año a la influencia de inundaciones de su propia cuenca y de inundaciones del Río Mamoré.

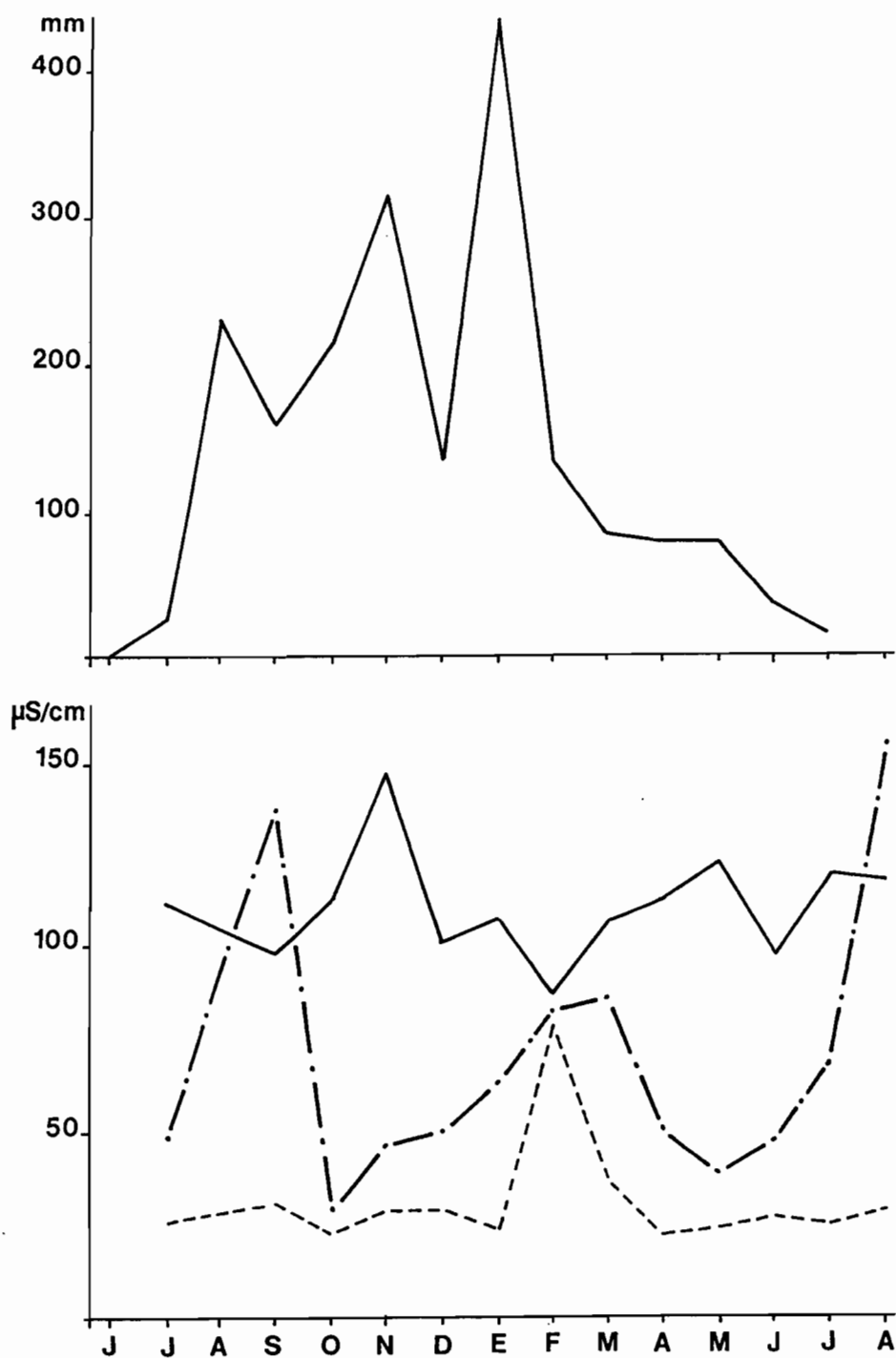


Fig 13 : Arriba : pluviometría mensual en Trinidad durante el período de estudio.  
 Abajo : conductividad eléctrica a 20°C de las aguas del Mamoré (línea ininterrumpida), del Ibaré (puntos con guiones) y del Mocoví (guiones).

Para el Río Mocovi, el promedio de nuestras lecturas es de 32 uS/cm con un mínimo de 23 uS/cm y un máximo de 79 uS/cm. Este último fue registrado en febrero de 1987 y es probablemente debido a la invasión de las aguas del Mamoré. Contrariamente a los otros ríos, el Mocovi tiene una conductibilidad que parece poco variable fuera del período de aguas muy altas (de 23 a 32 us/cm).

### 6.3.2 Conductibilidad en las lagunas poco profundas

Los mínimos y máximos de conductibilidad en las diversas lagunas poco profundas del sistema Siquero son los siguientes (Fig. 14) :

- laguna Cokinoki : 23 uS/cm en enero de 1987 y 65 uS/cm en marzo de 1987,
- laguna Tapada : 23 uS/cm en junio de 1987 y 81 uS/cm en septiembre de 1986,
- laguna D'Orbigny : 24 uS/cm en junio de 1987 y 120 us/cm en septiembre de 1986.

Estas conductibilidades son muy variables en el espacio y en el tiempo. En efecto :

- en julio de 1986 y junio de 1987, las medidas se realizaron durante una decrecida. Las conductibilidades son entonces las más bajas del año (de 33 a 45 uS/cm en julio de 1986 y de 23 a 27 uS/cm en junio de 1987).

- en septiembre, noviembre de 1986 y enero de 1987, las medidas se efectuaron durante una crecida del Río Mamoré. Las conductibilidades son entonces mucho más elevadas. En septiembre de 1986, las medidas se efectuaron al final de la primera gran crecida de este mes y se registraron los valores máximos en las lagunas más próximas del Río Mamoré (120 uS/cm en la laguna D'Orbigny y 81 uS/cm en la laguna Tapada) mientras que la laguna más alejada no recibía ninguna influencia del Río Mamoré (34 uS/cm en la laguna Cokinoki).

- en marzo de 1987, durante el período de inundación, los valores son bastante elevados en todas las lagunas (de 65 a 84 uS/cm) mientras que el Río Mocovi solamente tenía en esta época 38 uS/cm de conductibilidad.

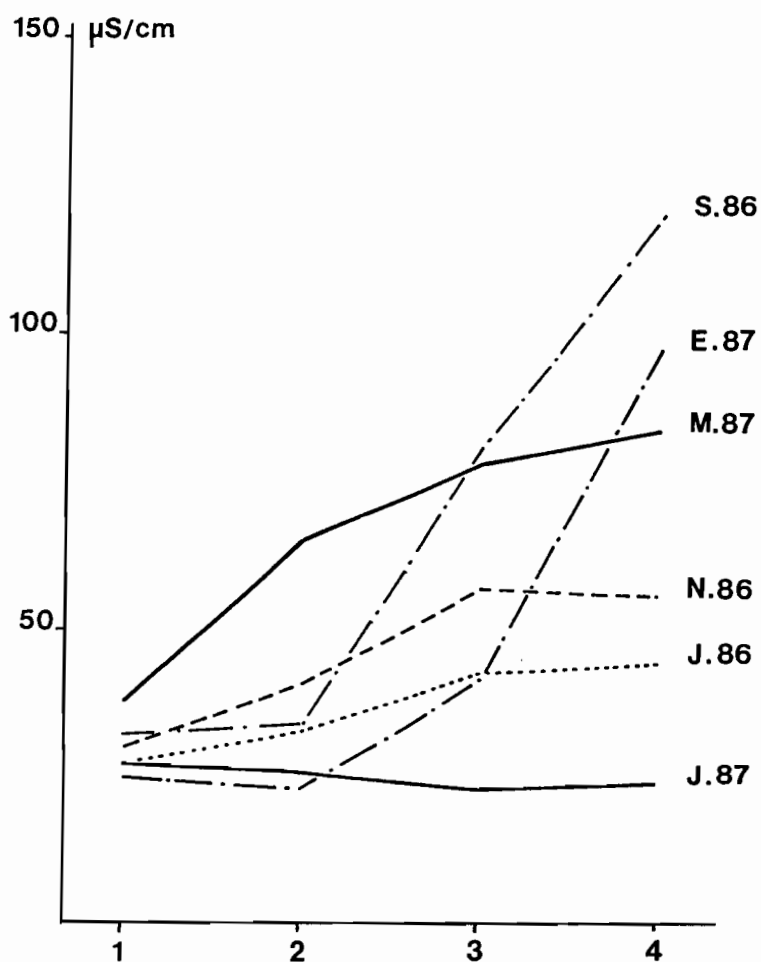


Fig 14 : Evolución espacio-temporal de la conductividad eléctrica a 20°C en las lagunas poco profundas del sistema Siquero. 1 : R. Mocovi ; 2 : Lag. Cokinoki ; 3 : Lag. Tapada ; 4 : Lag. d'Orbigny ; J. 86 : Julio 86 ; S.86 : Septiembre 86 ; N. 86 : Noviembre 86 ; E. 87 : Enero 87 ; M. 87 : Marzo 87 ; J. 87 : Junio 87.

Estas lagunas, alimentadas por el río de planicie Mocovi, sufren sobre todo las variaciones debidas a las crecidas y decrecidas del Río Mamoré cuyas aguas las invaden más o menos profundamente, lo que hace medios particularmente inestables.

En la laguna Suarez, el promedio de nuestras mediciones, para los períodos de julio de 1986 a enero de 1987 y de junio a julio de 1987, es de 25 uS/cm con extremos de 19 y 27 uS/cm (Fig. 15).

### 6.3.3 Conductibilidad en la laguna profunda Okreni

El promedio de nuestras mediciones en la laguna profunda Okreni, para el período de julio de 1986 a marzo de 1987, es de 100 uS/cm (Fig. 15), con un mínimo de 86 uS/cm en marzo de 1987 (en período de inundación) y un máximo de 121 uS/cm en el mes de noviembre de 1986. La conductibilidad elevada de esta laguna se explica por el hecho que es casi esencialmente alimentada por el Río Mamoré.

### 6.3.4 Conductibilidad en los charcos de inundación

Los dos charcos temporales estudiados tienen conductibilidades bastante diferentes (Fig. 15) :

- En San Gregorio, el promedio de nuestras mediciones, para los períodos de julio de 1986 a enero de 1987 y junio a julio de 1987, es de 28 uS/cm; con extremos de 24 y 32 uS/cm. Las variaciones son pues poco importantes.

- en el canal de Puerto Almacén, la conductibilidad es por el contrario más elevada y más variable, ya que los extremos son de 74 y 139 uS/cm. El máximo de 139 uS/cm tuvo lugar en septiembre de 1986.

En marzo de 1987 (período durante el cual los charcos se integran a la planicie de inundación) las conductibilidades de San Gregorio y del canal de Puerto Almacén eran respectivamente de 38 y 69 uS/cm.



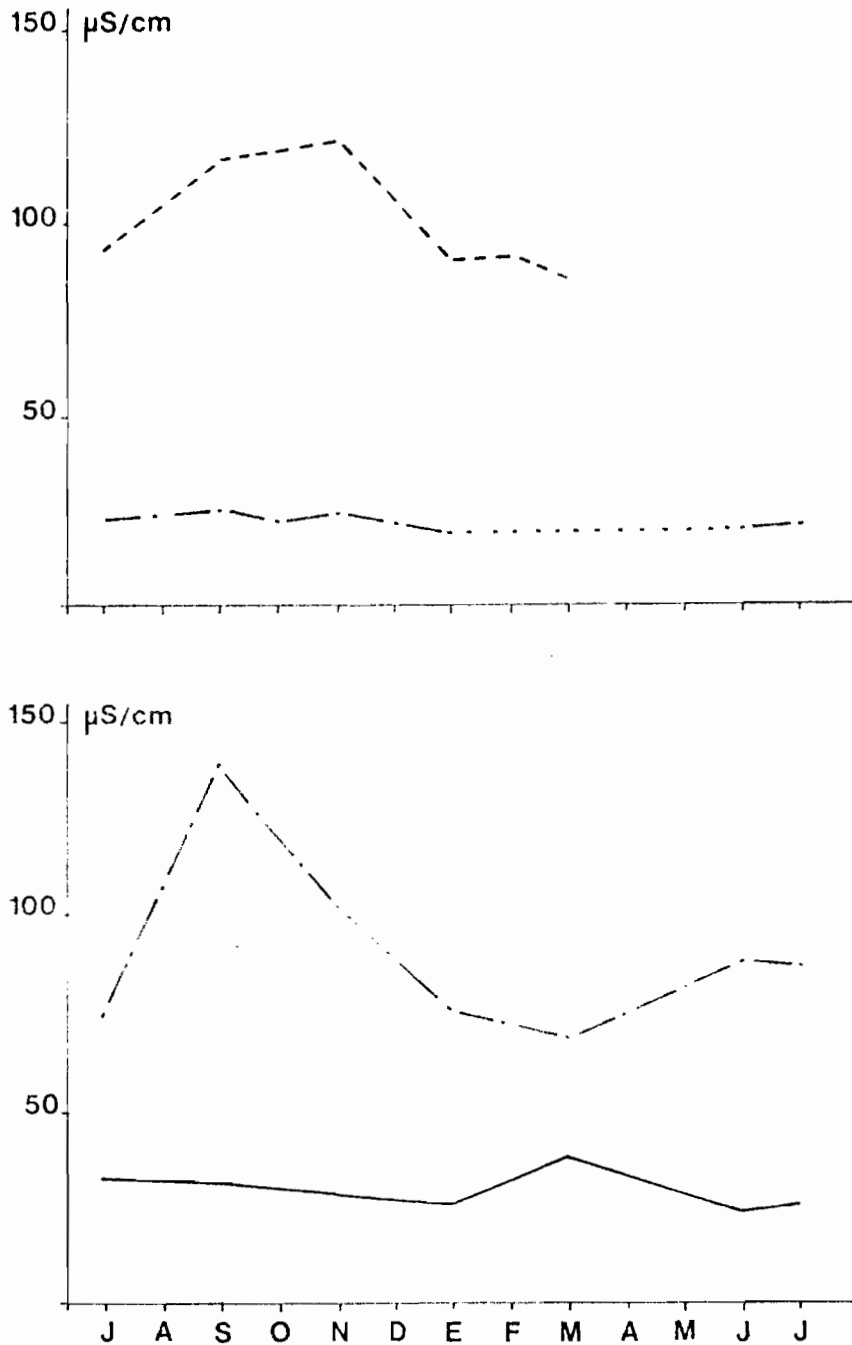


Fig. 19 : Arriba : evolución de la conductividad eléctrica a  $20^{\circ}\text{C}$  en la laguna profunda Okreni (guiones) y la laguna poco profunda Suarez (puntos con guiones). Abajo : evolución de la conductividad eléctrica a  $20^{\circ}\text{C}$  en los charcos de inundación canal de Puerto Almacén (puntos con guiones) y San Gregorio (línea ininterrumpida).

## 6.4 pH

El pH fue medido con un pH-metro tipo "PM" PONSELLE.

### 6.4.1 pH en los ríos (Fig. 16)

Para el período de julio de 1986 a julio de 1987, el promedio de nuestras lecturas en el Río Mamoré es de 6,9 con un valor mínimo de 6,8 y un valor máximo de 7,1. Así tenemos en este río un pH poco variable.

En los ríos de planicie, las aguas son más ácidas. El promedio en el Río Mocovi es de 5,8 con extremos de 5,3 y 6,3. El Río Ibaré, como para la transparencia y la conductibilidad presente de los pH intermediarios entre los de los ríos Mamoré y Mocovi : el promedio durante el año de observación es de 6,5. Para estos ríos de planicie, constatamos una caída del pH en el momento de fuertes lluvias locales : de septiembre a octubre, el Ibaré pasa de 7,3 a 5,8 y de diciembre a enero el Mocovi pasa de 6,3 a 5,3. Esta acidificación se debe al lavado de las tierras que provoca un aporte masivo en ácidos húmicos y un oscurecimiento de las aguas y/o al bajo pH de las lluvias locales.

### 6.4.2 pH en las lagunas poco profundas (Fig. 16)

En las lagunas del sistema Siquero, el promedio de nuestras mediciones, para el período de julio de 1986 a junio de 1987, es de 6,4.

En la laguna Suarez, para los períodos de julio 1986 a enero de 1987 y de junio a julio de 1987, el promedio de nuestras mediciones es de 6,4.

Los valores extremos registrados son los siguientes : 5,2 y 7,5 para Siquero y 5,6 y 7,5 para Suarez. Hay que notar una ligera diferencia entre las diversas lagunas del sistema Siquero : en la laguna Cokinoki el promedio anual es de 6,1, este promedio es de 6,5 en la laguna Tapada y 6,6 en la laguna D'Orbigny. O sea un crecimiento del pH de aguas arriba hacia aguas abajo en el sistema de lagunas Siquero.

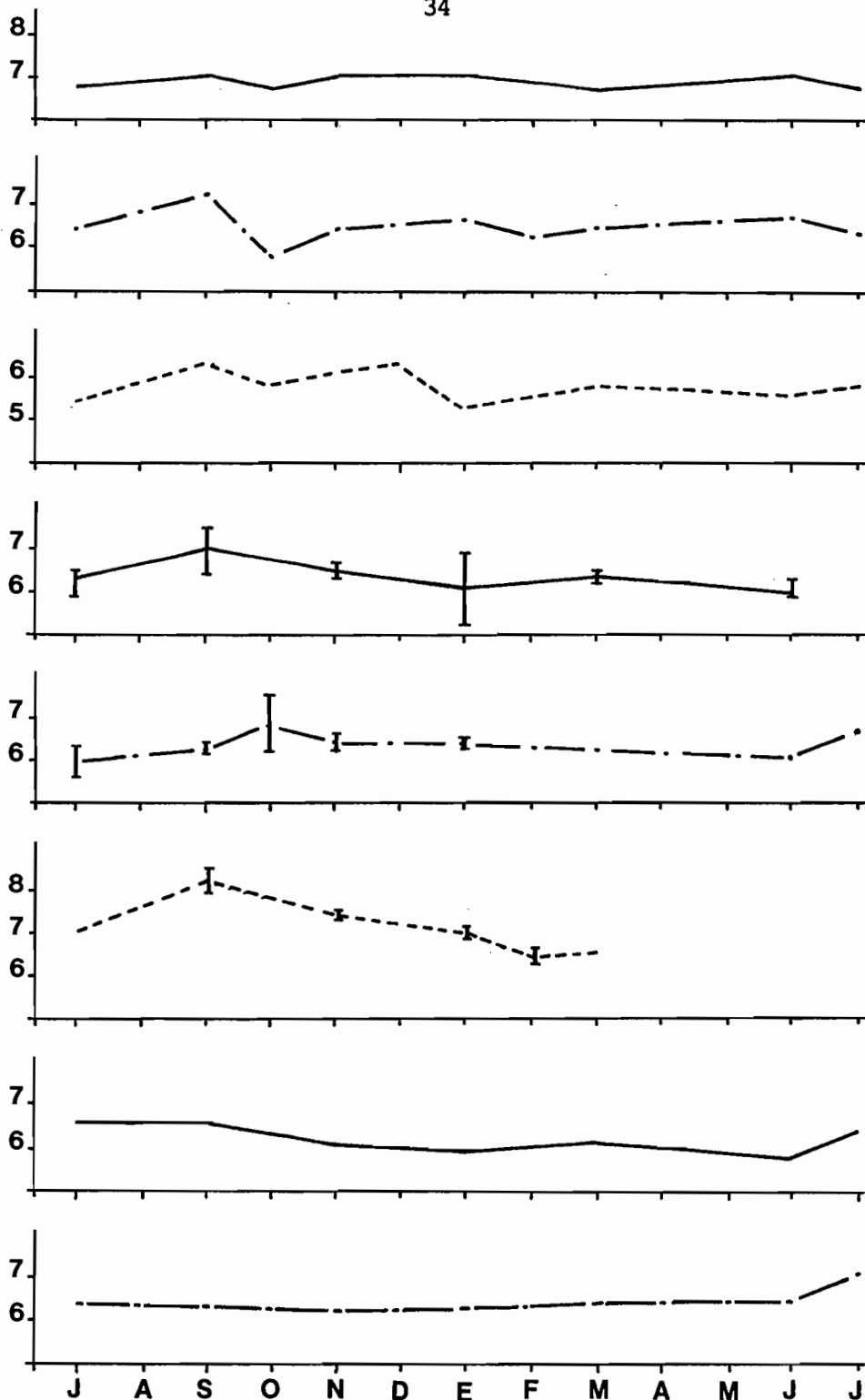


Fig 16 : Evolución del pH. De arriba hacia abajo : R. Mamoré, R. Ibaré, R. Mocovi, lagunas poco profundas del sistema Siquerc, laguna poco profunda Suarez, laguna profunda Gkreni, San Gregorio, canal de Puerto Almacen. Por las lagunas la variabilidad observada durante las diferentes medidas es representada por una línea vertical.

#### 6.4.3. pH en la laguna profunda Okreni (Fig. 16)

El promedio de nuestras mediciones en esta laguna, para el período de julio de 1986 a marzo de 1987 es de 7,2 con extremos de 6,5 y 8,3. Los valores mínimos han sido registrados en período de aguas altas (enero, febrero, marzo) mientras que los valores máximos han sido observados en período de aguas bajas (julio, septiembre, noviembre). No solamente es el medio con el pH promedio más elevado, sino es igualmente el único medio donde se han registrado pH superiores a 8 (septiembre de 1986).

#### 6.4.4 pH en los charcos de inundación (Fig. 16)

En San Gregorio, el promedio de nuestras mediciones es de 6,2 con extremos de 5,8 y 6,6.

En el canal de Puerto Almacén, los pH registrados son ligeramente superiores : el promedio es de 6,5 con extremos de 6,2 y 7,1.

Los pH registrados en período de aguas altas son respectivamente de 6,2 y 6,4.

### 6.5 Oxígeno

El oxígeno fue medido en el agua con un Oxi-termómetro O<sub>2</sub> M PONSELLE.

#### 6.5.1 Oxígeno en los ríos (Fig. 17)

El promedio de nuestras mediciones de superficie, para el período de julio de 1986 a julio de 1987, es en el Río Mamoré de 5,5 mg O<sub>2</sub>/l, con un valor mínimo de 2,8 mg O<sub>2</sub>/l en enero de 1987 y un valor máximo de 7,3 mg/l en junio de 1987.

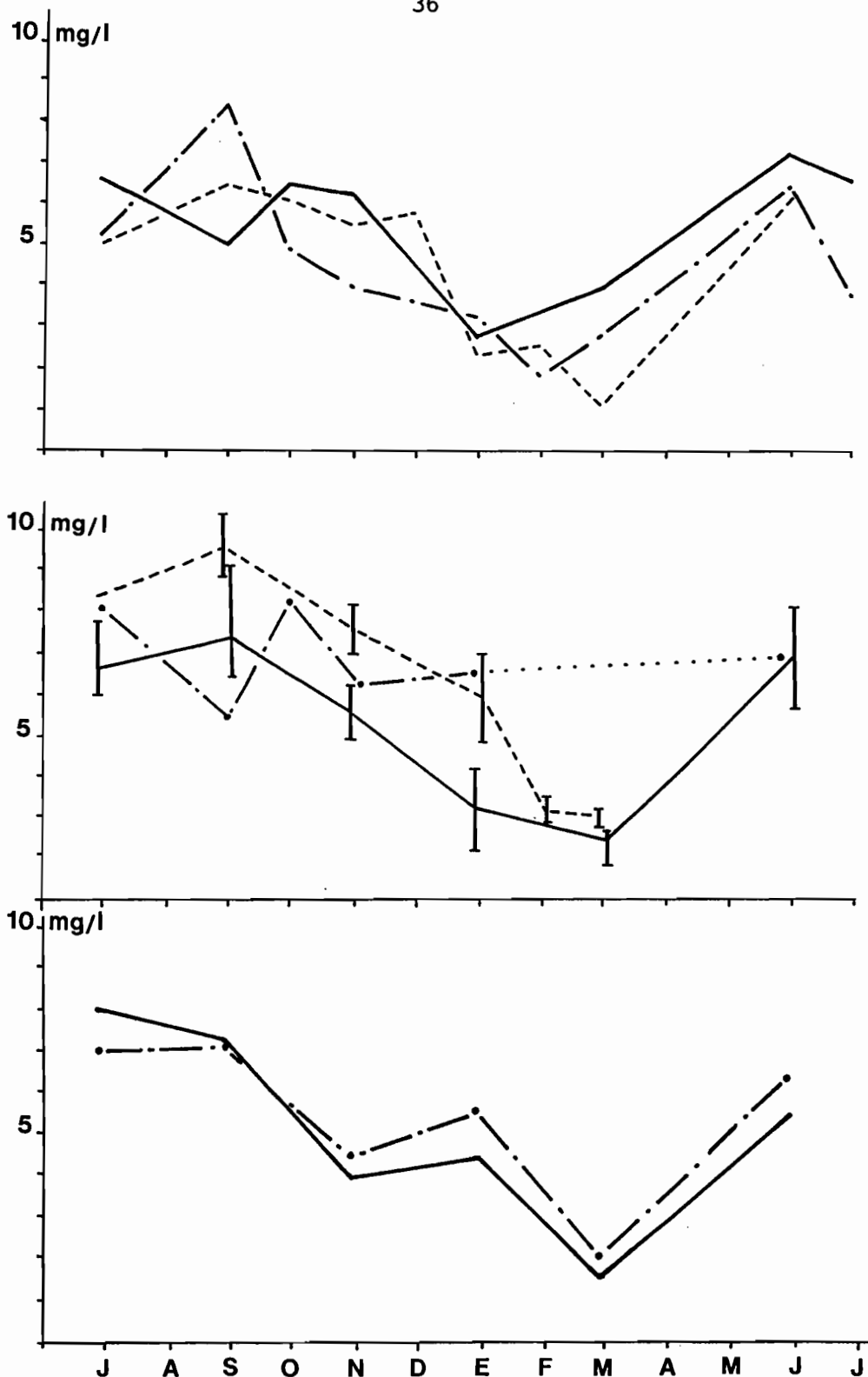


Fig 17 : Evolución del oxígeno disuelto.

Arriba : R. Mamoré (línea ininterrumpida), R. Ibaré (puntos con guiones), R. Mccovi (guiones).

Al medio : lagunas Siquero (línea ininterrumpida), laguna Suarez (puntos con guiones), laguna Ukreni (guiones).

Abajo : San Gregorio (línea ininterrumpida), canal de Puerto Almacen (puntos con guiones).

En el Río Ibaré, el promedio es de 4,5 mg/l con extremos de 1,9 mg/l en febrero de 1987 y 8,5 mg/l en septiembre de 1986.

En el Río Mocovi, el promedio es de 4,6 mg/l y los extremos son de 1,2 mg/l en marzo de 1987 y de 6,5 mg/l en septiembre de 1986.

El Río Mamocré parece ser, en promedio, más oxigenado que los ríos de planicie. En todos los ríos, los valores mínimos son observados en períodos de aguas altas, mientras que los valores máximos ocurren en período de aguas bajas.

#### 6.5.2 Oxígeno en lagunas poco profundas (Fig. 17)

En las lagunas poco profundas Siquero, el promedio de nuestras mediciones de superficie es de 5,4 mg/l. Como para los ríos, constatamos que los valores máximos corresponden al período de aguas bajas (julio, septiembre, noviembre de 1986 y junio de 1987) mientras que los valores mínimos son registrados en período de aguas altas (enero y marzo de 1987).

En la laguna Suarez el promedio de nuestras mediciones en época seca (de julio de 1986 a enero de 1987) es de 7 mg O<sub>2</sub>/l, lo que lo hace un medio más oxigenado que las lagunas del sistema Siquero para el mismo período.

En la laguna D'Orbigny del sistema Siquero la evolución del oxígeno en profundidad ha sido registrada en diversos períodos del año (Fig. 11). En la mayoría de casos, las variaciones del oxígeno disuelto van en el mismo sentido que las variaciones de la temperatura.

En la laguna Suarez, la evolución diurna del oxígeno disuelto de la capa superficial, ha sido seguida en el curso del día del 14 de octubre de 1986. La concentración en oxígeno crece regularmente hasta la mitad de la tarde para decrecer enseguida. La amplitud de la variación es de 0,9 mg/l desde las 8:20 horas (7,4 mg/l) hasta las 14:50 horas (8,3 mg/l) para un aumento correspondiente de la temperatura del agua de 7,5°C (de 24,9°C a 32,4°C).

### 6.5.3 Oxígeno en la laguna profunda Okreni (Fig. 17)

En la laguna Okreni, el promedio de nuestras mediciones de superficie, de julio de 1986 a marzo de 1987, es de 5,6 mg/l.

Esta laguna profunda es siempre más oxigenada que las lagunas poco profundas del sistema Siquero. La diferencia media de concentración en  $O_2$  disuelto entre estos 2 tipos de lagunas varía de 1,6 a 2,7 mg/l de julio de 1986 a enero de 1987. Por el contrario esta diferencia es menor (del orden de 0,5 mg/l) durante los meses de febrero y marzo de 1987, en período de aguas altas.

Como para las lagunas poco profundas, las concentraciones máximas en oxígeno disuelto ocurren en período de aguas bajas y las concentraciones mínimas en período de aguas altas.

En Okreni, las variaciones del oxígeno en profundidad han sido registradas en diversos períodos del año (Fig. 11). Estas variaciones van en el mismo sentido que las de la temperatura.

En septiembre y noviembre de 1986, las aguas superficiales de la laguna Okreni están sobresaturadas en oxígeno (Fig. 11) (en septiembre más de 130 % de saturación hasta 1,50 m de profundidad). Este fenómeno de sobresaturación ha sido observado varias veces en el curso del año (julio, septiembre y noviembre de 1986) y en varios puntos de la laguna profunda, mientras que solamente fue registrado una sola vez y en proporciones menores en una laguna poco profunda del sistema Siquero (laguna Cokinoki, alrededor de 110 % de saturación hasta 1 m de profundidad, en septiembre de 1986.) Las concentraciones elevadas en  $O_2$  disuelto, ligadas a los valores importantes de los pH registrados en el curso del mismo período dejan pensar que la laguna profunda Okreni es el centro de una importante producción de oxígeno de origen vegetal en el curso del período de aguas bajas.

En febrero de 1987, en el período del máximo de la crecida, la evolución diaria del oxígeno ha sido seguida en esta laguna profunda (Fig. 12). A la inversa del período de aguas bajas, la concentración en  $O_2$  en las aguas superficiales

disminuye mientras que la temperatura de estas aguas aumenta. El hecho que en este período la zona inundada es muy extensa y que descomposiciones orgánicas intervienen en la planicie inundada, como en el bosque galería que bordea ríos y lagunas, puede explicar esta disminución. La descomposición orgánica sería así responsable de las bajas concentraciones en oxígeno disuelto registradas durante el período de aguas altas (< 4 mg/l). Finalmente la disminución del oxígeno durante las horas calientes del día es probablemente debida a un máximo de actividad bacteriana debida al recalentamiento de las aguas superficiales.

#### 6.5.4 Oxígeno en los charcos de inundación (FIG. 17)

Los promedios de nuestras mediciones de superficie en los charcos temporales son de : 5,9 mg/l para San Gregorio y 6,2 mg/l para el canal de Puerto Almacén.

Hay que notar que la disminución de concentración en oxígeno de septiembre a noviembre de 1986 es más importante en los charcos temporales que en ciertas lagunas (-3 mg/l para los charcos contra -1,7 mg/l para las lagunas Siquero y -2,1 mg/l para la laguna Okreni).

En período de aguas altas, las concentraciones en  $O_2$  en San Gregorio y el canal de Puerto Almacén eran respectivamente de 2 mg/l y 1,6 mg/l.

### 6.6 Composición química

#### 6.6.1 Métodos de análisis

Las medidas de turbiedad, color, materias en suspensión y de alcalinidad fueron efectuadas en el laboratorio del SENAMHI bajo la dirección de H.J. CALLE. Los otros análisis iónicos (cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, potasio y hierro) así como la sílice fueron efectuados en el laboratorio del IIQ-UMSA bajo la dirección de J. QUINTANILLA.



- Turbiedad y color.

Medida sobre un espectrofotocolorímetro portátil HACH con lectura sobre escalas directamente graduadas en Formazine Turbidity Units ( $\lambda = 450 \text{ nm}$ ) para la turbiedad y en Platine/Cobalt Units ( $\lambda = 455 \text{ nm}$ ) para el color.

- Materias en suspensión.

Filtración de todo o parte de la muestra (de 200 a 1000 ml según los tenores) en filtro de fibra de vidrio Whatman GFC de 1,2 micrones; luego pesada en balanza de precisión Sauter (1/100 mg).

- Alcalinidad.

Dosificación volumétrica con ayuda de un ácido fuerte ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) en presencia de indicadores de color (fenoltaleína alcohólica y metilo anaranjado).

- Cloruros.

Dosificación volumétrica de un exceso de nitrato de plata por sulfocianuro de amonio (método de Charpentier-Volhard = método de Mohr adaptado a las bajas concentraciones).

- Sulfatos.

Dosificación nefelométrica con ayuda de cloruro de Bario. Utilización de un espectrofotocolorímetro Hitachi 200 ( $\lambda = 650 \text{ nm}$ ).

- Calcio y magnesio.

Dosificación por absorción atómica en un espectro fotómetro Perkin Elmer con  $\lambda = 422,7 \text{ nm}$  para el calcio y  $\lambda = 285,1 \text{ nm}$  para el magnesio.

- Sodio y potasio.

Dosificación por emisión de llama en un espectro fotómetro Perkin Elmer con  $\lambda = 585$  nm para el sodio y  $\lambda = 766,5$  nm para el potasio.

- Hierro.

Dosificación por absorción atómica con  $\lambda = 248,3$  nm.

- Sílice.

Dosificación colorimétrica con ayuda de molibdate de amonio. Lectura a  $\lambda = 610$  nm.

### 6.6.2 Facies iónicas

Los valores promedios referidos a nuestro período de estudio (de julio de 1986 a julio de 1987), para cada elemento analizado, han sido reproducidos en el Cuadro III.

- Río Mamoré (Fig. 18)

Las aguas de este río de origen andino son del tipo bicarbonatado cálcico. Los tenores en calcio, magnesio, sodio, sulfatos y bicarbonatos son superiores a los observados en los otros ríos. Por el contrario, los tenores en potasio y hierro son más bajos.

- Río Mocovi (Fig. 18)

Las aguas de este río de planicie son de tipo bicarbonatado sódico. Aparte del potasio y hierro, los tenores en iones mayores son más bajos que los observados en el Mamoré.

**Cuadro III : Promedios (en mg/l) de cada elemento analizado concerniendo al período de estudio (de Julio de 1986 a Julio de 1987)**

		Número de muestreos	MES mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> mg/l	Ca <sup>++</sup> mg/l	Mg <sup>++</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Fe <sup>++</sup> mg/l	SiO <sub>2</sub> mg/l
ríos	Río Mamore	19	766,1	44,7	1,7	16,7	10,2	4,6	4,8	2,3	0,9	8,2
	Río Ibaré	9	69,7	31,3	1,6	11,6	5,3	2,5	4,4	3,2	1,6	5,5
	Río Mocovi	7	36,5	21,5	1,9	7,4	2,3	1,4	6,5	2,7	1,6	2,6
lag. poco profundas	Laguna Cokinoki	4	32,2	26,4	2,2	10,8	3,5	1,8	4,0	3,0	2,2	4,6
	Laguna Tapada	4	34,2	29,1	1,3	11,3	6,9	3,1	4,4	2,8	1,5	6,7
	Laguna D'Orbigny	4	100,9	36,6	1,8	14,3	7,5	3,2	4,7	2,9	1,9	8,1
	Laguna Suarez	1	87,0	11,0	2,1	7,6	0,1	0,8	2,2	5,2	3,6	8,5
lag. profunda	Laguna Okreni	5	53,2	44,9	1,4	16,2	9,5	4,0	4,7	2,7	0,8	7,3
	Laguna del Diablo	2	175,8	48,8	2,3	21,2	7,1	4,9	4,1	2,6	0,9	9,9
charcos	Canal de P. Almacén	1	215,2	9,8	0,7	42,8	7,8	3,1	8,0	6,0	4,4	11,3

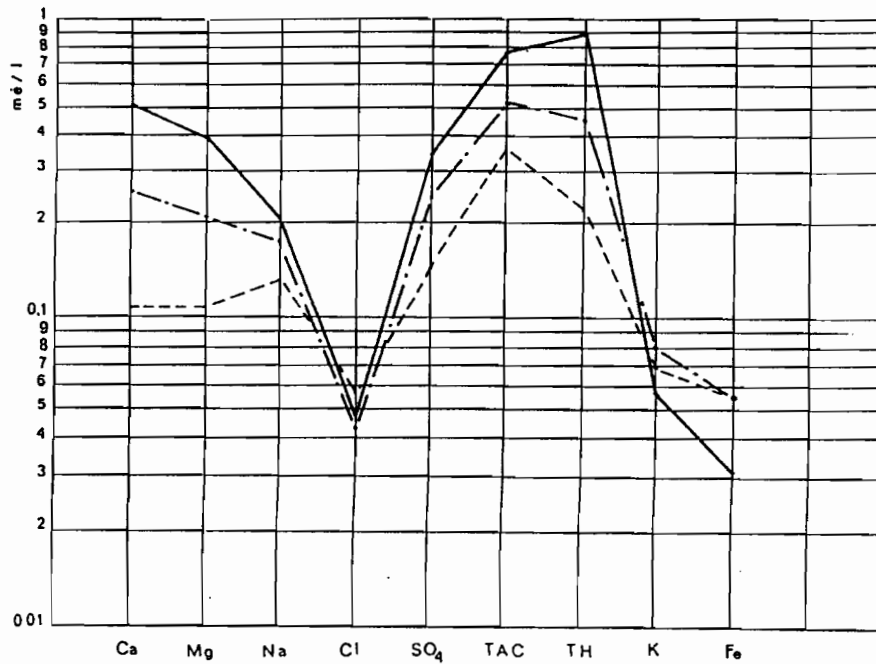


Fig 18 : Facies iónicas medias de las aguas del Mamoré (línea ininterrumpida), del Ibaré (puntos con guiones) y del Mocovi (guiones) correspondiente al periodo de estudio.

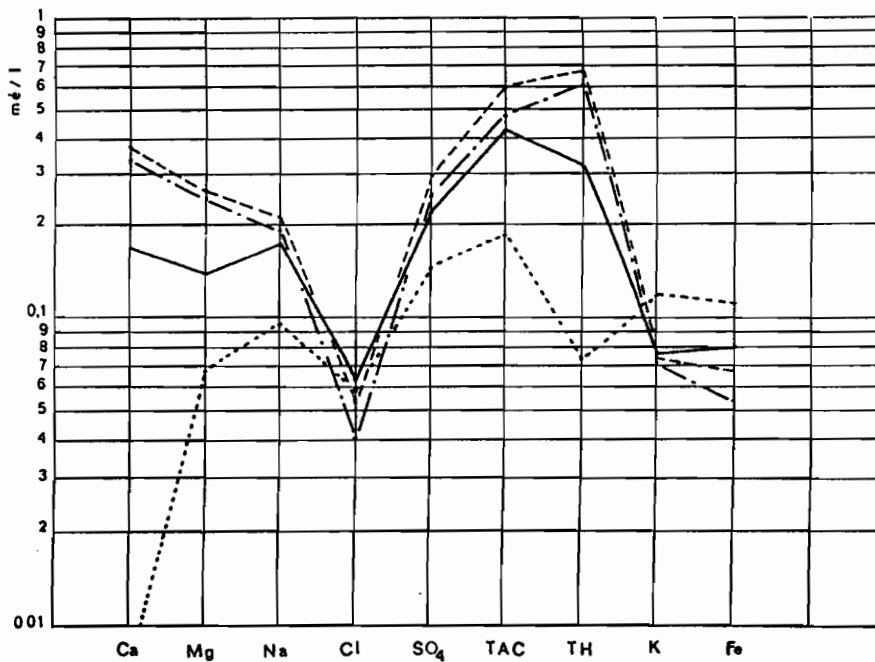


Fig 19 : Facies iónicas medias de las aguas de las lagunas poco profundas del sistema Siquerc : Cokinoki (línea ininterrumpida), Tapada (puntos con guiones), d'Orbigny (guiones) y facies de la laguna poco profunda Suarez (puntos); el 9 de Noviembre de 1986.

- Río Ibaré (Fig. 18)

Con aguas bicarbonatadas cálcicas, este río presenta tenores en iones intermediarios entre los del Mamoré y Mocovi. Como ya hemos dicho más arriba, estas características se deben al régimen hidrológico particular de este río.

Hay que notar que los tenores en cloruros son sensiblemente los mismos cualquiera sea el origen de las aguas.

- Lagunas del sistema Siquero (Fig. 19)

Las 3 lagunas poco profundas del sistema Siquero, bajo influencia del Mocovi aguas arriba y del Mamoré aguas abajo, presentan facies iónicas intermediarias entre estos dos ríos. La primera (Cokinoki) es de tipo bicarbonatado sódico como el Mocovi, las siguientes (Tapada y d'Orbigny) son bicarbonatadas cálcicas como el Mamoré. Las concentraciones iónicas son crecientes de aguas arriba hacia aguas abajo, excepto en lo que concierne al hierro y potasio.

- Laguna Suarez (Fig. 19)

Esta laguna poco profunda, alimentada por aguas de planicie, es de tipo bicarbonatado sódico, así como el Mocovi. Las concentraciones iónicas son, sin embargo, claramente más bajas que en las lagunas del sistema Siquero, excepto en lo que concierne al hierro y potasio.

- Laguna Okreni (Fig. 20)

Esta laguna profunda presenta una facies iónica de tipo bicarbonatado cálcico idéntica a la del Mamoré que la alimenta.

- Laguna del Diablo (Fig. 20)

Esta laguna profunda, en relación directa con el Mamoré, presenta una agua bicarbonatada magnesiana. Su composición iónica es parecida a la del río que la alimenta, excepto por la inversión de la relación Ca/Mg.

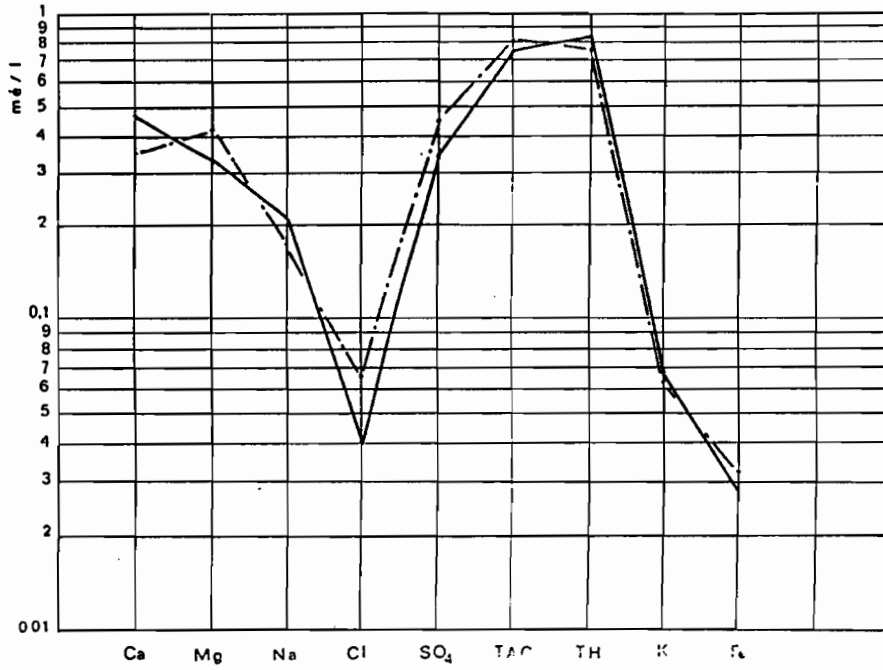


Fig 20 : Facies iónicas medias de las aguas profundas Okreni (línea ininterrumpida) y del Diablio (puntos con guiones).

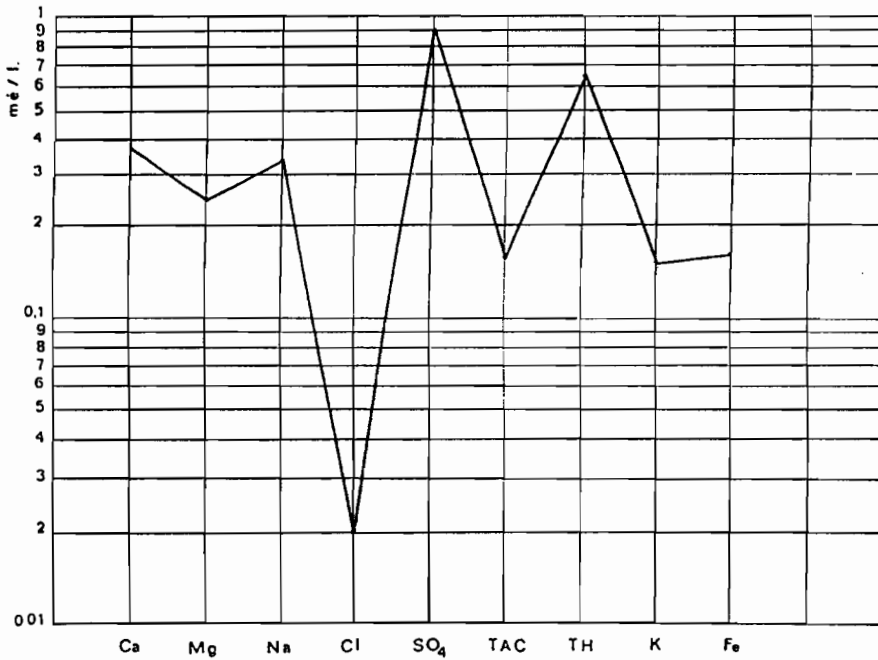


Fig 21 : Facie iónica del canal de Puerto Almacen el 9 de Noviembre de 1986.

- Canal de Puerto Almacen (Fig. 21)

Este charco temporal tiene agua sulfatada sódica cuyo origen se debe buscar en los afluentes procedentes de Trinidad. En efecto, este canal está en comunicación con el río San Juan que atraviesa esta aglomeración.

Conclusiones

Los diversos medios acuáticos de la zona del Mamoré central pueden ser clasificados en 2 tipos de aguas estrechamente ligados a su origen :

- las aguas de origen andino (el Mamoré y las lagunas profundas que alimenta) son las más mineralizadas, de tipo bicarbonatado cálcico con fuertes tenores relativos en calcio, magnesio, sulfatos y bicarbonatos, así como en sodio pero en una menor medida.

- las aguas de planicie (río Mocovi y lagunas poco profundas alejadas del Mamoré : Cokinoki y Suarez) son más débilmente mineralizadas, de tipo bicarbonatado sódico con fuertes tenores relativos en hierro y potasio.

El río Ibaré, debido a su hidrología particular, así como las lagunas poco profundas del sistema Siquero que están bajo influencia por un lado del Mocovi y por otro del Mamoré, presentan características intermedias.

Las proporciones en cloruros son idénticas cualquiera sea el origen de las aguas.

6.6.3 Evolución temporal en el Río Mamoré y en el Río Mocovi

Río Mamoré (Fig. 22)

En el curso de nuestro estudio, las alturas de agua del Río Mamoré fueron registradas en Puerto Varador (estación del PHICAB).

Se distinguen dos períodos hidrológicos : un período de aguas bajas, hasta diciembre, entrecortado de numerosas crecidas pequeñas y un período de aguas altas, de enero a marzo, con un máximo en febrero.

Como ya lo hemos señalado más arriba, el máximo de conductibilidad ocurre en período de aguas bajas y el mínimo en período de aguas altas. Esta evolución de la conductibilidad, a la inversa del caudal, se debe esencialmente a la dilución.

Los bicarbonatos, calcio, magnesio y en una menor medida el sodio tienen una evolución bastante parecida a la de la conductibilidad.

Podemos hacer la misma observación para los cloruros y sulfatos, a pesar de irregularidades más marcadas en la evolución. En lo que se refiere a los cloruros, el hecho que su concentración sea máxima en aguas bajas y mínima en aguas altas, tiende a probar que el origen de los cloruros está más bien ligado a la naturaleza geológica de las cuencas vertientes que a las precipitaciones.

Los tenores en potasio son bajos y constantes mientras que los del hierro y sílice son más bien irregulares. Para estos tres elementos, el aumento de concentraciones parece ligado a períodos de subida de las aguas.

Las cantidades de materias en suspensión generalmente bajas, aún en período de aguas altas, se vuelven más importantes en períodos de incrementos del caudal. Son, en efecto, las precipitaciones que son responsables de las más fuertes tasas de erosión.

En conclusión, en el Mamoré, la conductibilidad, los bicarbonatos, calcio, magnesio, sodio, cloruros y sulfatos evolucionan de manera inversa en el caudal, mientras que las materias en suspensión, potasio, hierro y sílice están ligadas a los períodos de incremento del caudal.



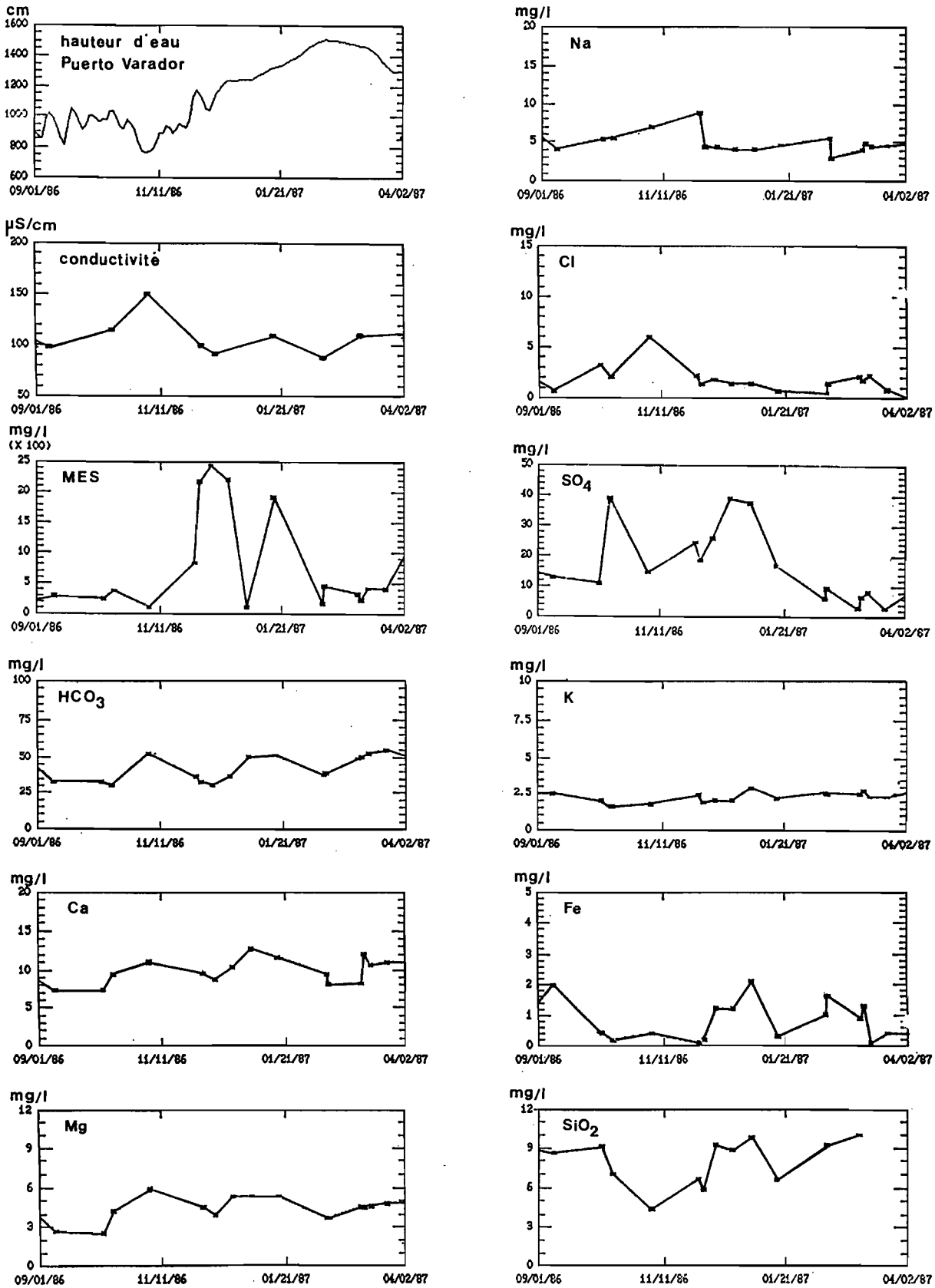


Fig 22 : Evolución físico-química de las aguas del Mamoré a la altura de Trinidad.

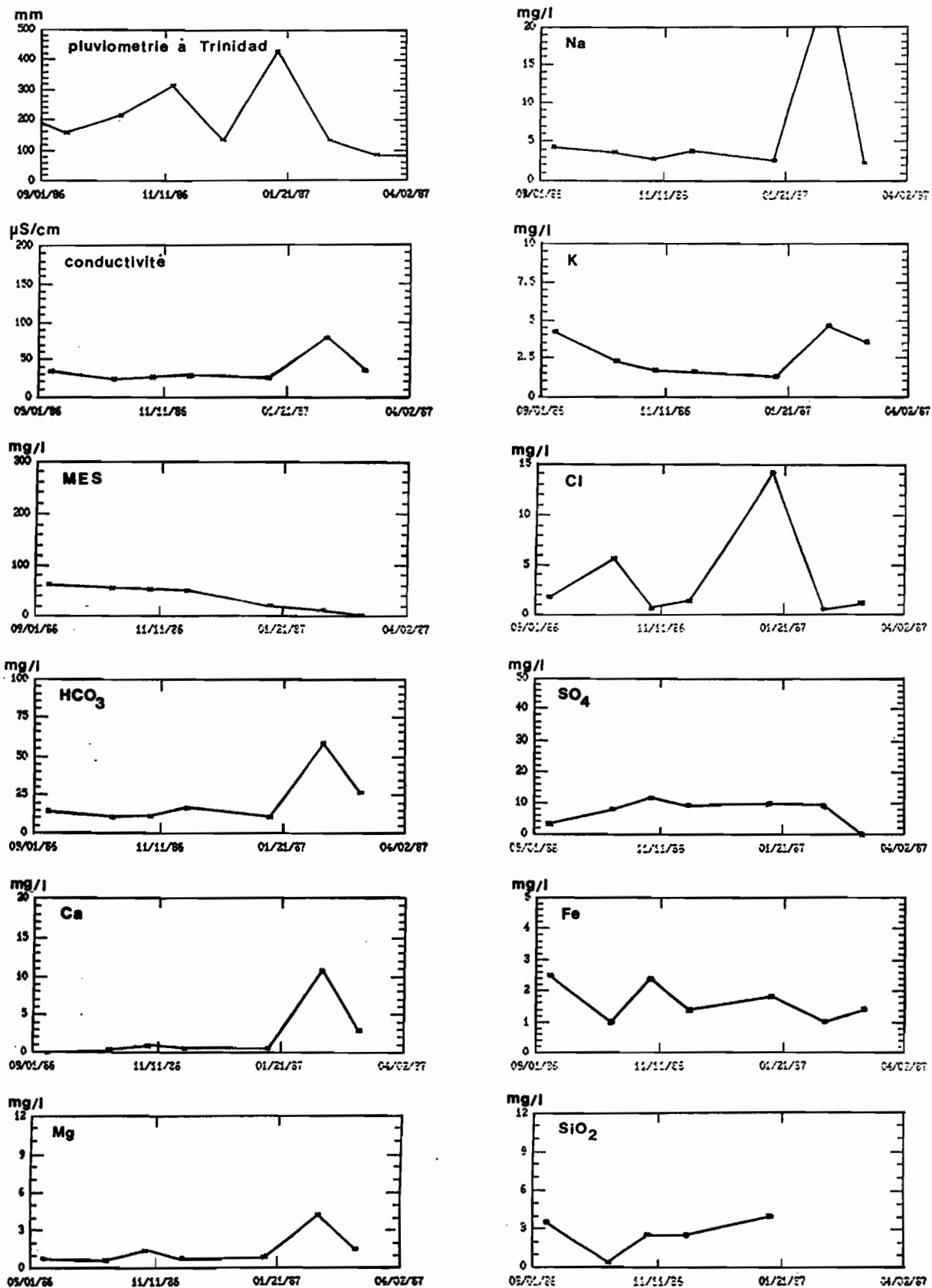


Fig 23 : Evolución físico-química de las aguas del Mocovi.

- Río Mocovi (Fig. 23)

Por la ausencia de datos hidrológicos sobre este río, los datos de pluviometría en Trinidad son utilizados para estudiar la evolución de la físico-química.

En el curso de nuestro estudio, la época de lluvias (de octubre a abril) ha sido marcada por dos meses particularmente lluviosos : noviembre y enero con 316 y 430 mm respectivamente, mientras que diciembre recibió solamente 136 mm de agua.

La conductibilidad de este río de planicie es baja y poco variable fuera del período de aguas más altas. Durante este último período, el máximo registrado en febrero se debe probablemente a la invasión de aguas del Mamoré.

Los bicarbonatos, calcio, magnesio, sodio y potasio varían de la misma manera que la conductibilidad : bajos tenores y poco variables fuera del período de aguas más altas y concentraciones anormalmente elevadas en febrero.

El hierro y la sílice tienen evoluciones vecinas con los aumentos de tenores que parecen ligados a la pluviometría.

Las materias en suspensión siempre en baja cantidad se vuelven prácticamente inexistentes en aguas altas.

**6.6.4 Evolución espacio-temporal en las lagunas del sistema Siquero**

La evolución espacial de la composición química en las lagunas del sistema Siquero ha sido estudiada, primero en período de aguas bajas (26 de Noviembre de 1986) y luego en período de aguas altas (7 de Marzo de 1987).

Período de aguas bajas (Fig. 24)

El muestreo del 26 de Noviembre de 1986 tuvo lugar a principios de la gran crecida anual del Mamoré y después de fuertes lluvias locales (316 mm) que caracterizaron este mes (Cuadro I y Fig. 3).

El sentido de flujo de aguas fue el siguiente : Río  
 Mocovi → lag. Cokinoki → lag. Tapada → lag.  
 d'Orbigny → canal de entrada → Río Mamoré.

En las lagunas, el crecimiento lento y regular de la conductibilidad de aguas arriba hacia aguas abajo es debido probablemente a la influencia de las aguas del Mamoré que habían invadido las lagunas a comienzos de la crecida. El gradiente de crecimiento es más importante entre la última laguna y el Mamoré.

Si el pH, las materias en suspensión, la alcalinidad y el sodio crecen regularmente de aguas arriba hacia aguas abajo, este crecimiento se hace, por el contrario, con algunas irregularidades para los cloruros y sulfatos, el calcio, magnesio y la sílice. Estos tres últimos elementos presentando, en la laguna Tapada, concentraciones elevadas, del mismo orden de magnitud que las observadas en el Mamoré.

Para el hierro y potasio, hay crecimiento global de las concentraciones de aguas arriba hacia aguas abajo solamente en las lagunas, siendo bajos los tenores de estos dos elementos en el Mamoré. Así como para el calcio, magnesio y la sílice, las concentraciones en hierro y potasio en la laguna Tapada, son del mismo orden de magnitud que las registradas en el Mamoré.

Si las lagunas poco profundas Cokinoki y d'Orbigny del sistema Siquero tienen características bastante próximas de las registradas en el Mocovi (conductibilidad, pH, bicarbonatos, sodio, calcio, magnesio y cloruros), no es lo mismo para la laguna Tapada que presenta características más próximas a las del río Mamoré (tenores fuertes relativos en calcio, magnesio y sílice y tenores bajos relativos en potasio y hierro). Esta particularidad se debe probablemente a la topografía de la laguna Tapada. Después de la invasión de las lagunas por aguas del Mamoré a comienzos de la crecida, las fuertes lluvias locales de este mes de Noviembre (316 mm) provocaron la subida de las aguas del Mocovi que alejaron las del Mamoré. Entonces, dada la corrientología, las aguas del extremo norte de la laguna Tapada no están directamente bajo influencia del Mocovi. Una masa de agua del Mamoré habría así permanecido prisionera en esta parte de la laguna.

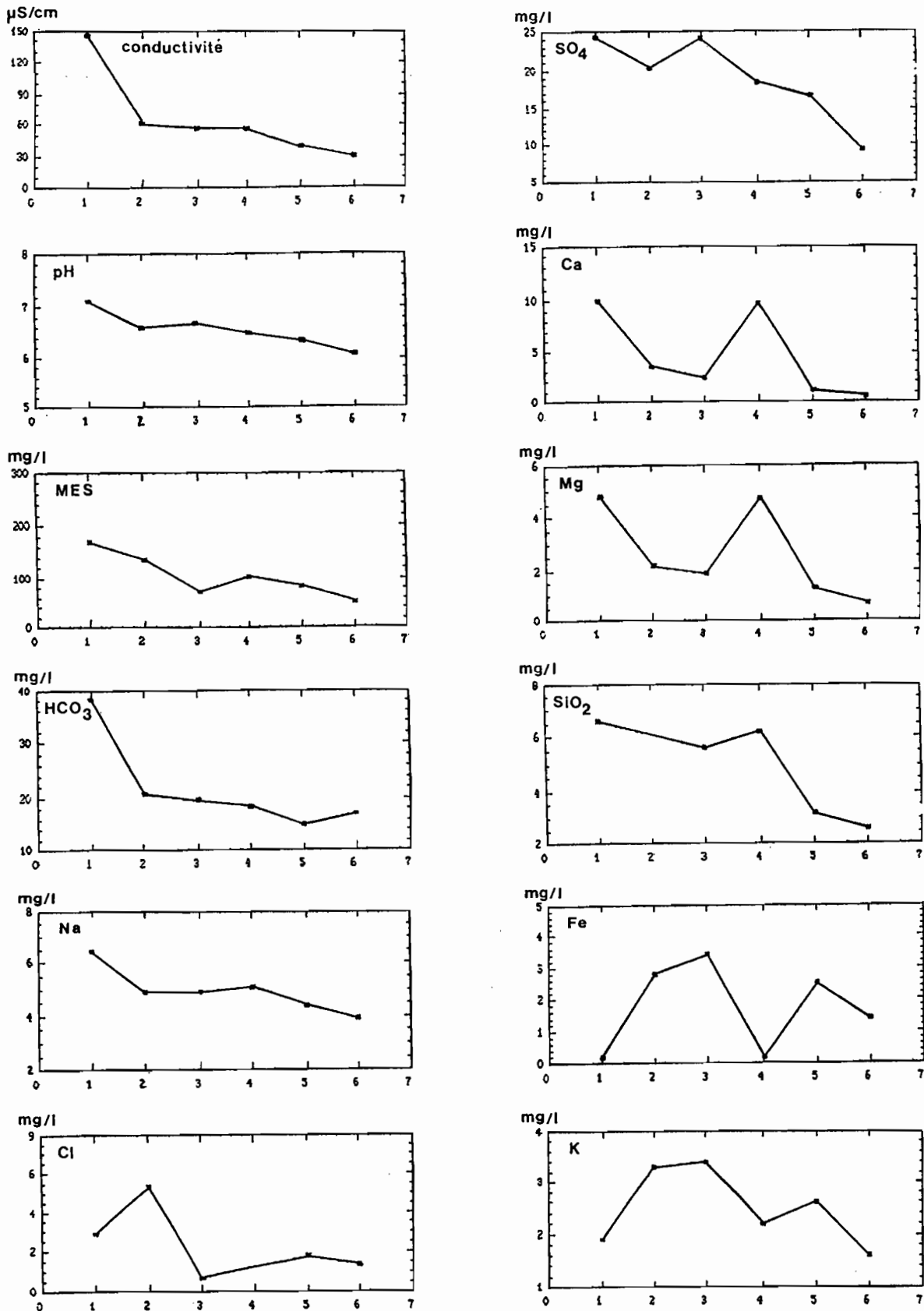


Fig 24 : Evolución espacial de algunos parámetros físico-químicos en las lagunas poco profundas del sistema Siquero en período de aguas bajas (26 Noviembre 1986). 1 : R. Mamoré ; 2 : canal de entrada ; 3 : Lag. d'Orbigny ; 4 : Lag. Tapada ; 5 : Lag. Cokinoki ; 6 : R. Mocovi.

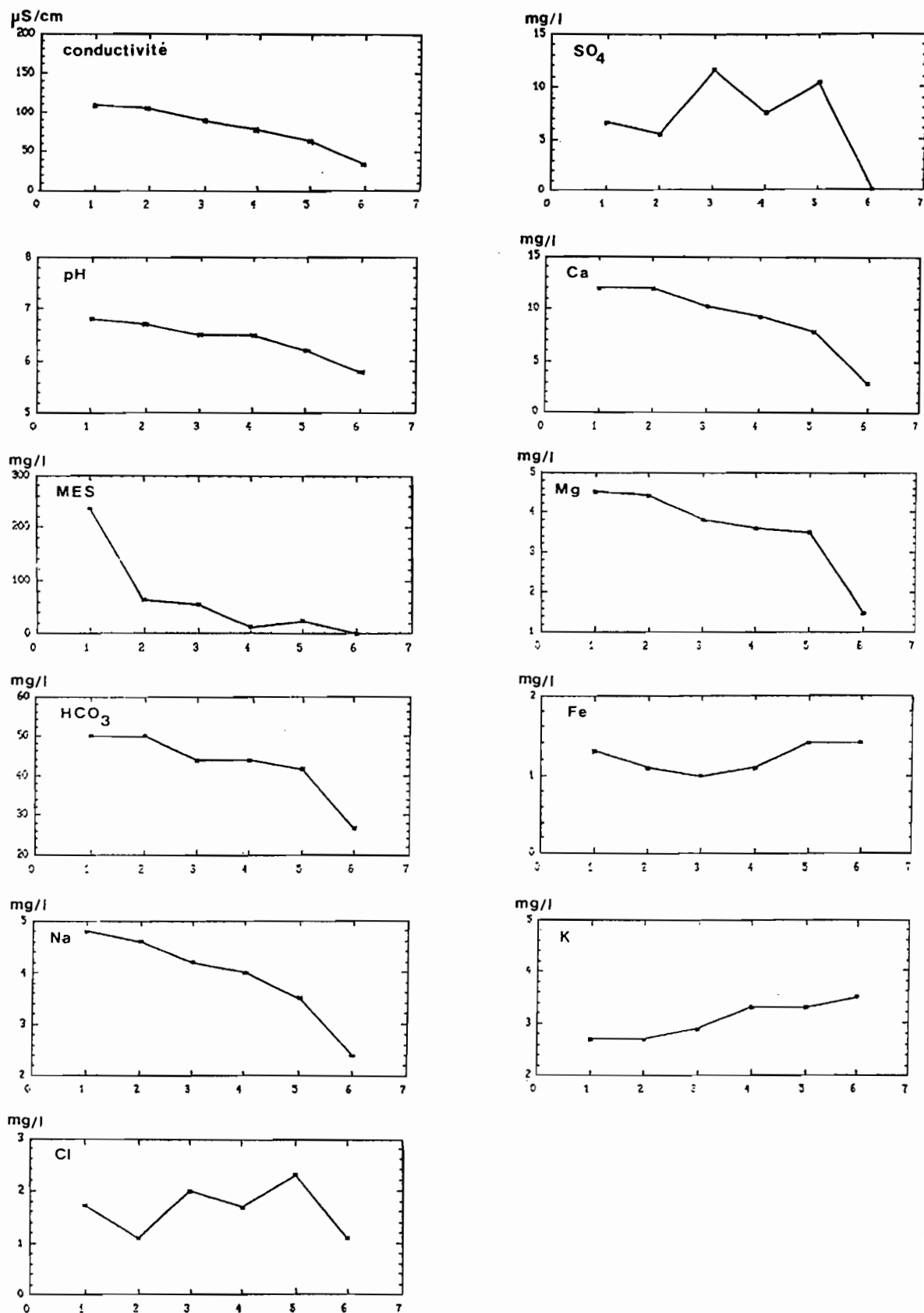


Fig 25 : Evolución espacial de algunos parámetros físico-químicos en la lagunas poco profundas del sistema Siquero en período de aguas altas (7 Marzo 1987). 1 : R. Mamoré ; 2 : canal de entrada ; 3 : Lag. d'Orbigny ; 4 : Lag. Tapada ; 5 : Lag. Cokinoki ; 6 : R. Mocovi.

### Período de aguas altas (Fig. 25)

El muestreo del 7 de Marzo de 1987 tuvo lugar a comienzos de la decrecida del Mamoré.

En este período de aguas más altas, toda la zona de las lagunas Siquero y Okreni está inundada. La corriente en esta zona ya no es más función de la topografía de estas lagunas, sino sensiblemente paralela al curso principal del Mamoré. Ha sido observado solamente el flujo normal del Río Mocovi hacia la laguna Cokinoki.

La conductibilidad, pH, bicarbonatos, sodio, calcio y magnesio crecen de aguas arriba hacia aguas abajo. Contrariamente al período de aguas bajas, durante el cual el gradiente más fuerte de crecimiento de estos elementos se situaba entre la última laguna y el Mamoré, este último tiene ahora lugar entre el Mocovi y la primera laguna.

El potasio decrece regularmente del Mocovi al Mamoré mientras que el hierro decrece solamente hasta la laguna d'Orbigny para aumentar enseguida hasta el Mamoré.

Las cantidades de materias en suspensión, importantes en el Mamoré, lo son mucho menos en las lagunas. En estas últimas, el rol de filtro de la cobertura vegetal y la sedimentación, debida a las velocidades bajas de flujo de aguas, explican esta diferencia.

Resulta entonces que en período de aguas altas, el Mamoré invade todas las lagunas del sistema Siquero.

### Conclusión

La facies química de las lagunas poco profundas del sistema Siquero evoluciona en el tiempo : durante el período de aguas bajas está próxima del río de planicie Mocovi, mientras que durante el período de aguas altas evoluciona hacia la del Mamoré.

## 7. CONCLUSION

Los diversos medios acuáticos de la zona del Mamoré central están bajo influencia de las aguas cuyas características están estrechamente ligadas a su origen : por una parte las del Río Mamoré, originarias de los Andes y relativamente mineralizadas; por otra parte, las aguas de planicie más directamente ligadas a la pluviosidad local y con mineralización más baja.

Las facies iónicas de estas aguas son además diferentes: las del Mamoré son bicarbonatadas cálcicas teniendo una composición catiónica de :  $Ca > Na \gg Mg > K$ , mientras que las de planicie son bicarbonatadas sódicas con un tenor en potasio relativamente importante :  $Na > K \gg Ca > Mg$ .

Si las características de las aguas de lagunas profundas parecen generalmente próximas a las del Mamoré, la composición química de aguas de medios poco profundos evoluciona entre las de aguas de origen andino y aguas de planicie, en función de la proximidad del Mamoré, del nivel de la crecida de este río y de la pluviometría local.

A partir de las características físico-químicas del río Paraná del cual poseemos valores puntuales a la altura de Diamante (GARCIA de EMILIANI, 1981), del Orinoco medio y bajo (SANCHEZ et al., en impresión), así como de la Amazonía central brasileña, más particularmente del río Solimoes (SIOLI, 1964-1968-1984), podemos hacer algunas comparaciones con el Mamoré :

- en este último, la transparencia media que da una estimación del transporte de materias en suspensión es de 0,10 m. Valores de 0,23 m han sido tomados en el Paraná en Diciembre de 1981 y 0,80 m en el Orinoco en período de aguas bajas, mientras que el máximo observado en el Mamoré es sólo de 0,15 m.

- el promedio de nuestras mediciones de temperatura ( $26,1^{\circ}\text{C}$ ) es más bajo que el señalado para el Orinoco ( $28,3^{\circ}\text{C}$ ).

- el pH medio (6,9) es el mismo que el del Río Solimoes. En el Paraná era de 7,2 en Diciembre de 1981.



- la conductibilidad media de 113  $\mu\text{S}/\text{cm}$  del Mamoré es superior a la del Solimoes (57) así como al valor máximo en el medio y bajo Orinoco (63).

- la facies iónica bicarbonatada cálcica es la misma que la del Solimoes, teniendo sin embargo tenores en sales disueltas superiores (excepto para los cloruros).

Las aguas del Mamoré en la región de Trinidad son relativamente más mineralizadas que las de los otros medios considerados aquí. La proximidad de los Andes donde los afluentes de este río atraviesan terrenos ricos en evaporitas (ROCHE et al., 1986) es la causa de esto.

En el curso de la travesía de las planicies amazónicas, estas aguas procedentes de la cordillera van a recalentarse progresivamente y sufrir fenómenos de dilución que ocasionan una baja de los tenores en iones mayores y en materias en suspensión; entonces toman características que se aproximan a las de las "aguas blancas" definidas por H. SIDLI en la Amazonia central brasileña.

### Agradecimientos

Agradecemos a los técnicos de la UIB por sus colaboraciones durante las salidas de muestreo así como a los del Instituto de Investigaciones de Química de la UMSA para los análisis de laboratorio.

## Referencias bibliográficas

- BOURGES (J.), CORTES (J.), HOORELBECKE (R.), 1987 - Etude des débits du Mamoré à Guayaramerin. PHICAB : SENAMHI-ORSTOM : 26 p.
- EDWARDS (A.M.C.), THORNES (J.B.), 1970 - Observations on the dissolved solids of the Casiquiare and Upper Orinoco, april-june, 1968. Amazoniana, 2 (3) : 245-256, 2 tabl.
- FURCH (K.), 1984 - Water chemistry of the Amazon basin : The distribution of chemical elements among freshwaters, in: The Amazon, éd. by H. Sioli. Monograph. biol. 56. W. Junk publishers, Dordrecht : 167-199.
- GARCIA de EMILIANI (M.O.), 1981 - Fitoplancton de los principales cauces y tributarios del valle aluvial del rio Parana : Tramo Goya - Diamante. Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral., 12 : 112-125.
- GUYOT (J.L.), CALLE (H.), QUINTANILLA (J.), CALLICONDE (M.), 1987 - Resultados de una campaña de muestreo en período de aguas bajas en la Amazonia Boliviana, agosto-septiembre 1986. Rev. Boliviana de Química, 7 (1) : 36-50.
- JUNK (W.J.), HOWARD-WILLIAMS (C.), 1984 - Ecology of aquatic macrophytes in Amazonia, in : The Amazon éd. by H. Sioli. Monograph. biol. 56. W. Junk publishers, Dordrecht : 277.
- ROCHE (M.A.), ROCHA (N.), 1985 - Mapa pluviométrico de Bolivia y regiones vecinas, 1/4 000 000. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM : 1 p.
- ROCHE (M.A.), ABASTO (N.), TOLEDE (M.), CORDIER (J.P.), POINTILLART (C.), 1986 - Mapas de las salinidades iónicas de los ríos de la cuenca Amazónica de Bolivia. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM : 3 p.
- ROCHE (M.A.), FERNANDEZ (C.), APOTEKER (A.), ABASTO (N.), CALLE (H.), TOLEDE (M.), CORDIER (J.P.), POINTILLART (C.), 1986 - Reconnaissance hydrochimique et première évaluation des exportations hydriques et salines des fleuves de l'Amazonie bolivienne. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM : 257 p.

- ROCHE (M.A.), FERNANDEZ (C.), 1987 - Water resources salinity and salt yields of the rivers of the Bolivian Amazon. PHICAB : SENAMHI-ORSTOM : 41 p., en preparación publicación en Journal of Hydrology.
- RODIER (J.), 1964 - Régimes hydrologiques de l'Afrique noire à l'ouest du Congo. ORSTOM, Paris : 137 p.
- SANCHEZ (L.), VASQUEZ (E.), 1986 - Estudio estacional y longitudinal de la hidroquímica y fitoplancton en una sección del bajo Orinoco (Venezuela). Sociedad de Ciencias Naturales La Salle, 46 (125-126) : 69-93.
- SIOLO (H.), 1964 - General features of the limnology of Amazonia. Verh. Internat. Verein. Limnol., 15 : 1053-1058.
- SIOLO (H.), 1968 - Hydrochemistry and Geology in the Brazilian Amazon region. Amazoniana, 1 (3) : 267-277.

**DIRECTION GÉNÉRALE**  
213, rue La Fayette - 75480 Paris Cedex 10

**CENTRE ORSTOM BONDY**  
70, route d'Aulnay - 93140 Bondy

**CENTRE ORSTOM MONTPELLIER**  
Institut Agronomique Méditerranéen.  
3191, route de Mende - 34060 Montpellier Cedex