

LA VARIABILITÉ HYDROLOGIQUE ACTUELLE DANS LE BASSIN DE L'AMAZONE

*Jean Loup GUYOT **, *Jacques CALLÈDE **, *Michel MOLINIER ***, *Valdemar
GUIMARÃES ****, *Eurides de OLIVEIRA ****

Résumé

Les phénomènes climatiques de type "El Niño", et son inverse "La Niña", perturbent fortement le climat des régions tropicales du versant Pacifique (Pérou, Équateur, Colombie). Les perturbations du régime des précipitations altèrent à leur tour le régime hydrologique des fleuves de ces régions. Aussi l'analyse des longues séries hydrologiques est un outil pratique pour détecter l'ampleur et l'étendue de l'influence du "Niño/Niña" sur une région donnée.

Cette analyse des séries chronologiques de débit a été menée sur 17 stations hydrologiques du DNAEE dans le bassin amazonien du Brésil. Les résultats obtenus montrent de bonnes corrélations entre l'indice d'oscillation austral (ENSO) et l'indice des débits dans la partie nord-est du bassin (ríos Branco et Jari). Ailleurs, des tendances régionales sont observées, mais ne sont pas toujours significatives. Dans le cas de l'Amazone à Óbidos, le "Niño" de 1983 a entraîné une chute de 16% du débit moyen annuel, alors que la "Niña" de 1989 est responsable d'un excédent de 14% du débit annuel.

Mots-clés : *Variabilité hydrologique, ENSO, bassin amazonien, Brésil.*

LA VARIABILIDAD HIDROLÓGICA ACTUAL EN LA CUENCA AMAZÓNICA

Resumen

Los fenómenos climáticos de tipo "El Niño", y su inverso "La Niña", perturban fuertemente el clima de las regiones tropicales de la vertiente Pacífica (Perú, Ecuador, Colombia). Las perturbaciones del régimen de las lluvias alteran el régimen hidrológico de los ríos de la región. Así el análisis de las largas crónicas hidrológicas es una herramienta práctica para detectar la amplitud y la extensión del impacto de El Niño (o de la Niña) sobre una cuenca.

Este análisis de las crónicas de caudales fue realizada sobre 17 estaciones hidrológicas del DNAEE en la cuenca amazónica del Brasil. Los resultados obtenidos muestran buenas correlaciones entre el índice de oscilación austral (ENSO) y el índice de caudales en la parte noreste de la cuenca (río Branco y río Jari). En las otras partes, tendencias regionales fueron observadas, pero no son siempre significativas. En el caso del río Amazonas en Óbidos, "El Niño" de 1983 ha provocado

* IRD (ex-ORSTOM), C.P. 7091, Lago Sul, Brasilia-DF 71619-970, Brésil.

** IRD (ex-ORSTOM), Hydrologie, B.P. 5045, Montpellier F34032, France.

*** ANEEL-SGAN 603, módulo J, Brasilia-DF 70830-030, Brésil

una reducción del 16% del caudal medio anual, y "La Niña" de 1989 fue responsable de un exceso de 14% del caudal medio anual.

Palabras claves: *Variabilidad hidrológica, ENSO, cuenca amazónica, Brasil.*

ACTUAL HYDROLOGICAL VARIABILITY IN THE AMAZON DRAINAGE BASIN

Abstract

The climatic "El Niño" phenomena, and its opposite "La Niña", greatly disturb the climate of the tropical regions of the Pacific Basin (Peru, Equator, Colombia). The disturbs of the precipitation regime change, consequently, the hydrological regime of the rivers of these regions. Thus, the analysis of the long hydrological series makes up a useful tool on detecting the amplitude and the extension of the influence of the "Niño/Niña" over a given region.

This analysis of the discharge hydrological series was conducted on 17 DNAEE gauging stations in the Brazilian Amazon Basin. The obtained results present good correlation between the "El Niño" South Oscillation index (ENSO) and the discharge index in the Northeastern part of the Basin (Branco and Jari Rivers). On the other parts, the regional tendencies are observed, but are not always significant. When considering the Amazon at Óbidos, the "Niño" of 1983 caused a drop of 16% on the annual average discharge, while the "Niña" of 1989 is responsible for an exceeding of 14% on the annual discharge.

Key words: *Hydrological variability, ENSO, Amazon basin, Brazil.*

INTRODUCTION

L'Amazone est le plus important fleuve de la planète en terme de débit (209 000 m³/s) et de superficie drainée (6 millions de km²). Pour cette raison, la plupart des études sur la variabilité climatologique mondiale, et plus particulièrement celles traitant du phénomène climatique "El Niño", se sont intéressées au bassin "géant" du fleuve Amazone.

Après l'accident climatique majeur de 1982/1983, divers auteurs (Kousky *et al.*, 1984; Nobre & Renno, 1985) ont montré que le "Niño" a entraîné une baisse importante des précipitations dans le bassin amazonien, de l'ordre de 30%, avec des valeurs pouvant atteindre -70% en janvier et février 1983. Les périodes de type "Anti-Niño", ou "Niña", observées en 1975/1976 et 1988/1989, sont par contre responsables d'un excès pluviométrique en Amazonie (Molion, 1991). Cette variabilité de la pluie dans le bassin amazonien a pu être corrélée à l'Indice d'Oscillation Austral (SOI), et les résultats (Rao & Hada, 1987 *in* Molion, 1991) mettent en évidence des régions aux comportements différents. Le coefficient de corrélation positif (> 0.6) obtenu dans le Nord-Est du bassin, suggère un couplage fort entre le SOI et la pluviométrie dans cette région (bassins des rios Trombetas et Jari). Au Sud, la corrélation SOI/Pluviométrie est négative (bassins des rios Xingu et Tapajós), puis voisine de 0 dans la partie occidentale de l'Amazonie brésilienne.

Du fait de la faible densité du réseau pluviométrique en Amazonie, et de l'effet intégrateur du débit des fleuves, certains auteurs ont ensuite tenté de relier le SOI aux

indices de hauteur d'eau et/ou de débit. Ainsi, Molion & Moraes (1987) ont observé une forte corrélation (> 0.8) entre le SOI et l'indice des débits du rio Trombetas, avec un décalage de trois mois. Dans cette partie du bassin, un faible SOI entraîne de faibles débits, et inversement. Ces mêmes auteurs ont également montré pour le rio Jiparana (affluent de rive droite du rio Madeira) une corrélation négative avec le SOI, en accord avec les observations pluviométriques de Rao & Hada (*in* Molion, 1991). Ensuite, d'autres auteurs (Marengo & Hastenrath, 1993 ; Marengo, 1995) ont tenté de relier le SOI, la pluviométrie et les hauteurs d'eau des rios Solimões, Negro, Amazone et Tapajós.

L'objectif de notre étude est de tenter d'identifier les effets des phénomènes de type "Niño" et "Niña", sur le comportement hydrologique des principaux fleuves du bassin de l'Amazone.

1. DONNÉES EXISTANTES ET FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DU BASSIN AMAZONIEN

Au début des années 70, le DNAEE (Département National des Eaux et de l'Énergie Électrique du Brésil) a entrepris la mise en place d'un réseau de stations hydrométriques en Amazonie brésilienne, qui aujourd'hui compte plus de 200 postes en activité (Oliveira *et al.*, 1993). La plupart de ces stations possèdent ainsi des chroniques de débit de 20 à 25 ans, ce qui permet l'analyse du régime hydrologique des principaux fleuves du bassin, qu'ils soient d'origine andine (Solimões, Madeira), proviennent des boucliers guyanais (Branco, Jari) ou brésilien (Xingu, Tapajós), ou encore de la vaste plaine amazonienne (Juruá, Purus).

Du fait de la faible déclivité du cours principal (Solimões-Amazone) et de la forte amplitude entre hautes eaux et basses eaux (15 m à Manaus), la plupart des tributaires de l'Amazone (Purus, Negro, Madeira, Tapajós, Xingu, etc...) sont soumis à un phénomène de "barrage" par le cours principal (Meade *et al.*, 1991 ; Molinier *et al.*, 1996). Cette particularité, qui peut être sensible sur plusieurs centaines de km à l'amont des embouchures, fait que les hauteurs d'eau d'un tributaire de l'Amazone au voisinage de sa confluence n'est pas fonction du débit de ce fleuve, mais du débit du cours principal. Pour cette raison, les hauteurs d'eau observées à Manaus, Santarém et Itaituba ne traduisent pas l'hydrologie des rios Negro et Tapajós, mais les débits du rio Solimões-Amazone, ce qui invalide en partie les conclusions de certains auteurs (Marengo & Hastenrath, 1993 ; Marengo, 1995).

Comme la station de Manaus sur le rio Negro est la seule à posséder une longue chronique continue de hauteurs d'eau, certains auteurs ont tenté de relier ces hauteurs aux débits du rio Solimões à la station proche de Manacapuru (Richey *et al.*, 1989 ; Guyot, 1993). La bonne corrélation obtenue (Fig. 1) permet d'estimer les débits du rio Solimões pour la période 1902-1996.

2. VARIABILITÉ HYDROLOGIQUE SUR LE LONG TERME

Les études climatologiques ont montré que la variabilité sur le long terme indique une légère augmentation de la pluviométrie sur le bassin, du début des années 1960

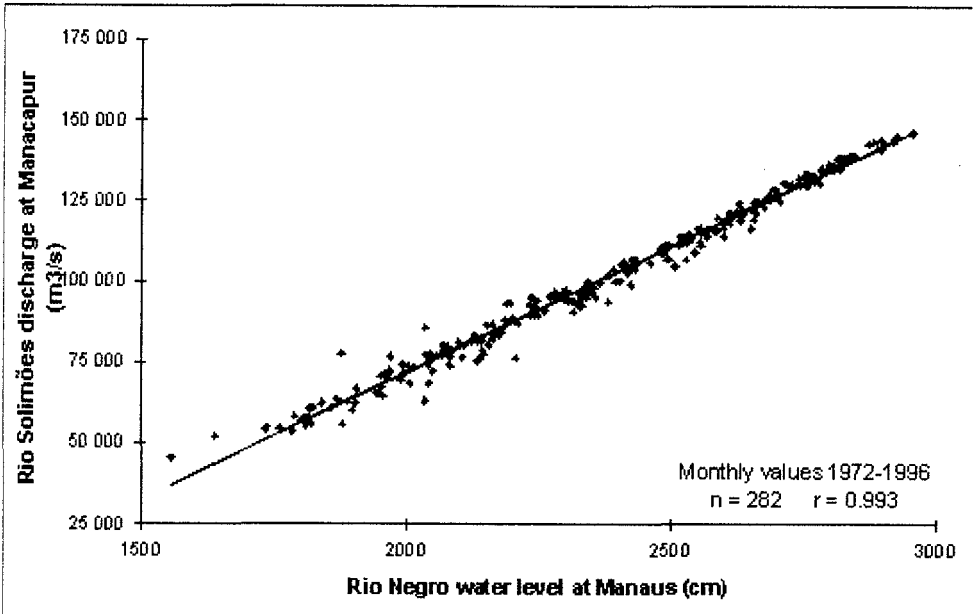


Fig. 1 - Débits du rio Solimões à Manacapuru vs. hauteurs d'eau du rio Negro à Manaus (valeurs moyennes mensuelles).

jusqu'à la moitié des années 1970 (Rocha *et al.*, 1989). Pour l'hydrologie, la seule chronique fiable et continue est celle de Manaus. Les débits du rio Solimões estimés à partir de la chronique des hauteurs d'eau de Manaus montre également une tendance générale à l'augmentation des débits (Fig. 2). Richey *et al.* (1989) ont montré que les débits du rio Solimões ainsi calculés, présentent une variabilité qui semble être couplée au phénomène "Niño". Les indices de hauteurs d'eau du rio Negro à Manaus et le SOI sont reportés dans la figure 3, avec un décalage de 6 mois. Les deux séries présentent des tendances divergentes.

3. VARIABILITÉ HYDROLOGIQUE POUR LA PÉRIODE 1970-1996

La variabilité hydrologique a été étudiée à partir des données de 17 stations hydrométriques du DNAEE, réparties sur l'ensemble du bassin amazonien brésilien (Fig. 4). L'existence d'une série continue de hauteurs d'eau et la bonne qualité de la courbe d'étalonnage ont guidé le choix des stations. Ce dernier critère a entraîné l'exclusion des stations situées à proximité des confluences avec le cours principal de l'Amazone-Solimões. Les résultats obtenus (Tableau 1) permettent d'identifier des comportements régionaux. Dans le quadrant Nord-Est, les rios Jari (São Francisco) et Branco (Caracará) présentent un comportement en phase et bien corrélé avec le SOI, avec un fort déficit hydrique lors des années de type "Niño" et un excédent lors des épisodes "Niña". Cette tendance peut être observée, à des degrés divers, sur le débit des rios Negro, Solimões, Juruá et Acre. Par contre, dans le Sud, le rio Madeira présente une

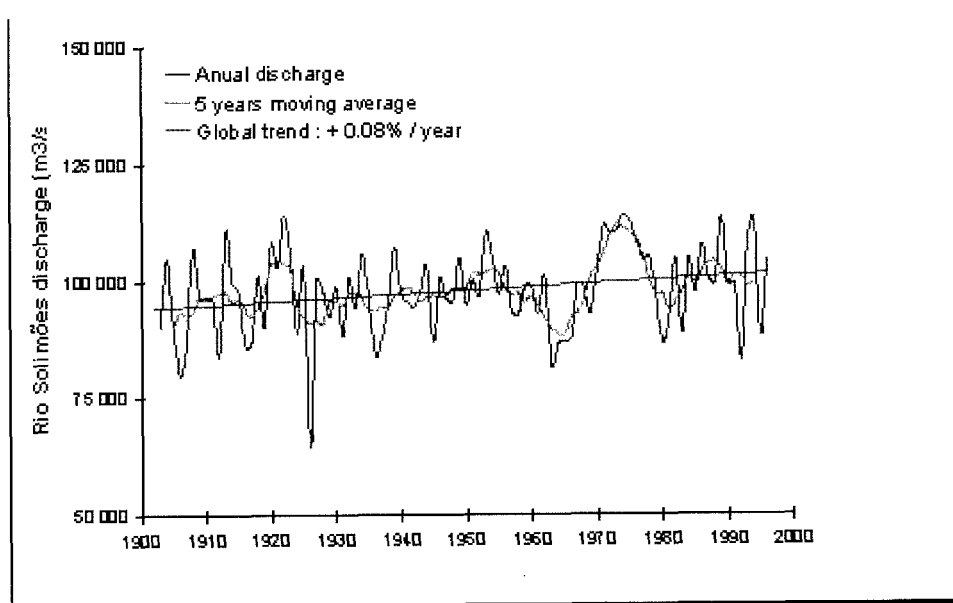


Fig. 2 - Variabilité des débits du rio Solimões à Manacapuru, 1902-1996.

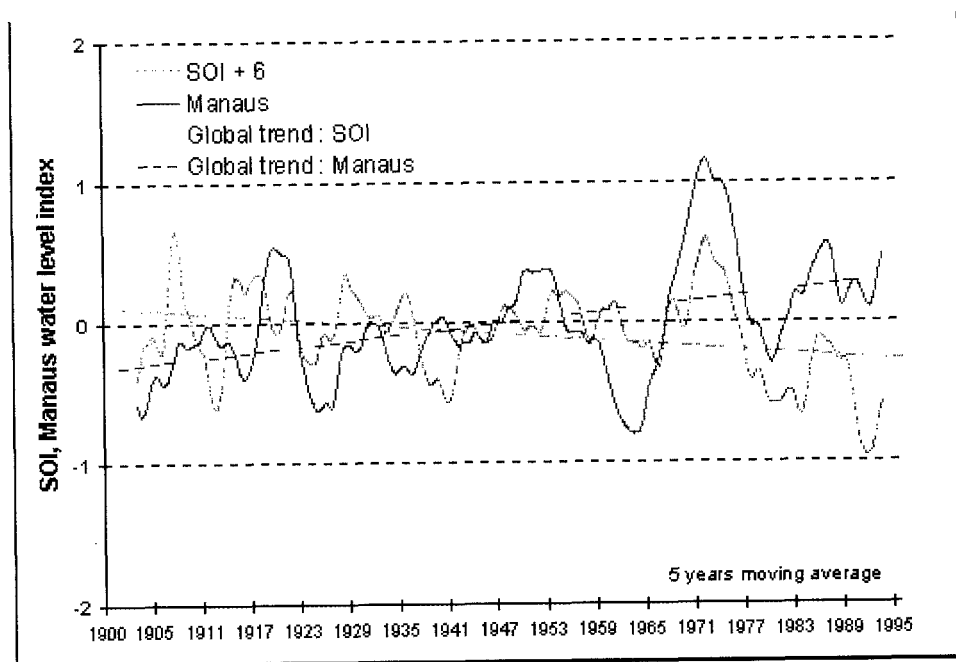


Fig. 3 - SOI et indices des hauteurs d'eau du rio Negro à Manaus, 1902-1996.

variabilité inverse, avec excédent pluviométrique lors des phases “Niño”, et inversement. Les rios Tapajós et Xingu montrent une évolution similaire, qui semble être une caractéristique de cette partie du bassin amazonien. Malgré tout, la crise majeure de 1982/1983 se traduit par une chute des débits de 1983 pour la plupart des bassins étudiés.

A Óbidos, l’Amazone intègre l’ensemble de la variabilité de ses tributaires, mais présente globalement un comportement en phase avec le SOI. Ainsi, l’événement climatique “Niño” de 1982/1983 a entraîné une baisse de 16% du débit moyen annuel de l’Amazone en 1983. De même, la “Niña” de 1988/1989 est responsable d’une augmentation de 14% du débit de l’Amazone en 1989.

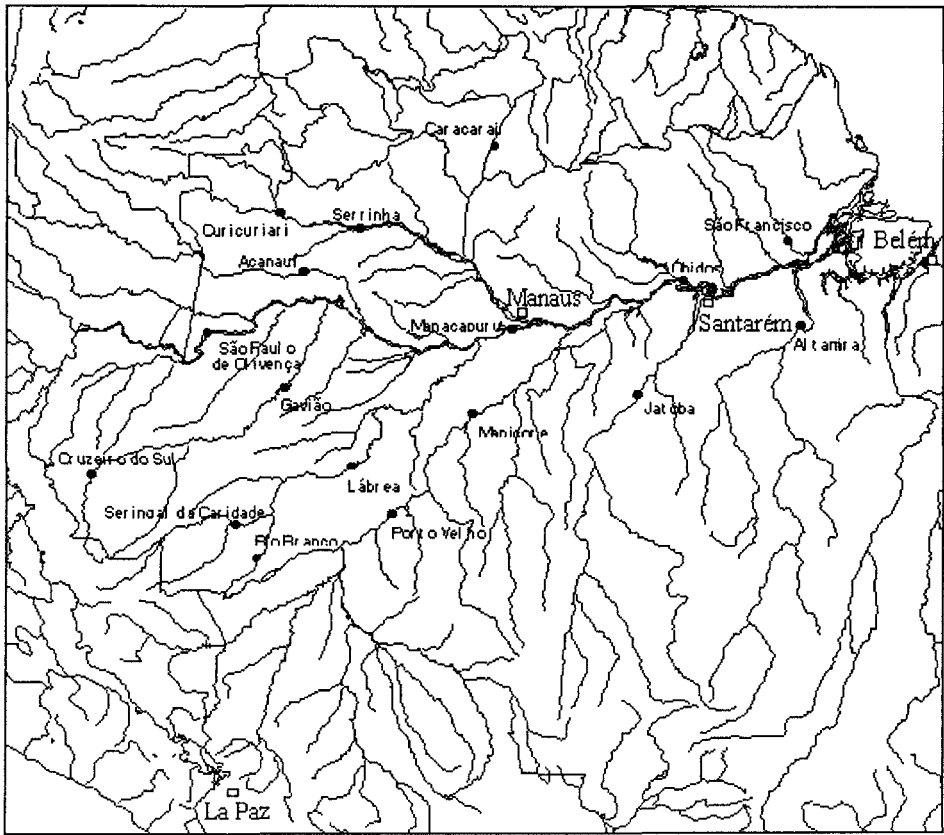


Fig. 4 - Les stations hydrométriques étudiées.

Tableau 1 : Caractéristiques des bassins étudiés, 1970-1996.

N°	Station	Rio	Sup. (km ²)	Débit (m ³ /s)	dQ_76 (%)	dQ_83 (%)	dQ_89 (%)	r
1	São Francisco	Jari	51 340	1 020	40	-66	54	0.55
2	Caracaráí	Branco	124 980	2 740	54	-58		0.45
3	Curicuriari	Negro	194 460	11 700		-9	14	0.21
4	Serrinha	Negro	279 950	16 000		-12	17	0.23
5	Acanauí	Japurá	242 260	13 900	12	-2	7	0.16
6	São Paulo Olivença	Solimões	990 780	46 700	2	-3	6	0.13
7	Cruzeiro do Sul	Juruá	38 540	920	11	-18	-6	0.12
8	Gavião	Juruá	162 000	4 770	-1	-11	2	0.18
9	Seringal Caridade	Purus	63 170	1 340	-14	-21	-2	0.04
10	Rio Branco	Acre	22 670	360	18	-25	-1	0.12
11	Lábrea	Purus	220 350	5 680	-10	-15	4	0.20
12	Solimões	Manacapuru	2 147 740	101 600	7	-12	11	0.33
13	Porto Velho	Madeira	954 290	19 600	-3	7	-15	-0.22
14	Manicoré	Madeira	1 123 670	25 600	-14	6		-0.25
15	Jatoba	Tapajós	387 380	10 600	-11			0.10
16	Altamira	Xingu	446 200	8 690	-22	-22	9	0.11
17	Óbidos	Amazonas	4 618 750	184 000	7	-16	14	0.44

[dQ_76, dQ_83, dQ_89 = écart par rapport à la moyenne

r = coefficient de corrélation entre les indices de débit et le SOI, avec un décalage de 6 mois]

Les coefficients de corrélation entre l'indice des débits et le SOI présentent une distribution régionale comparable à celle obtenue avec la pluviométrie sur le bassin (Rao & Hada, 1987 *in* Molion, 1991).

Les figures 5 et 6 représentent l'évolution comparée des indices de débit et du SOI, pour la période 1970-1996, des principaux fleuves du bassin amazonien. Il est intéressant de noter que pour les bassins où l'indice de débit est en phase avec le SOI (ríos Jari, Solimões, Purus, Amazone), la tendance hydrologique est à la baisse, alors que ceux qui sont en opposition (Madeira, Xingu) présentent une tendance à l'augmentation des débits.

4. CONCLUSION

Cette étude correspond à une première exploration de la banque de données hydrologiques du projet HiBAm (CNPq-ORSTOMDNAEE\UnB) avec pour objectif l'étude de la variabilité climatique. Ces résultats seront affinés et étendus à l'ensemble des stations hydrométriques du réseau DNAEE en Amazonie brésilienne, ce qui devrait permettre de mieux comprendre le fonctionnement hydrologique du bassin, et d'estimer l'impact des événements climatiques de type " Niño " ou " Niña " sur les ressources hydriques.

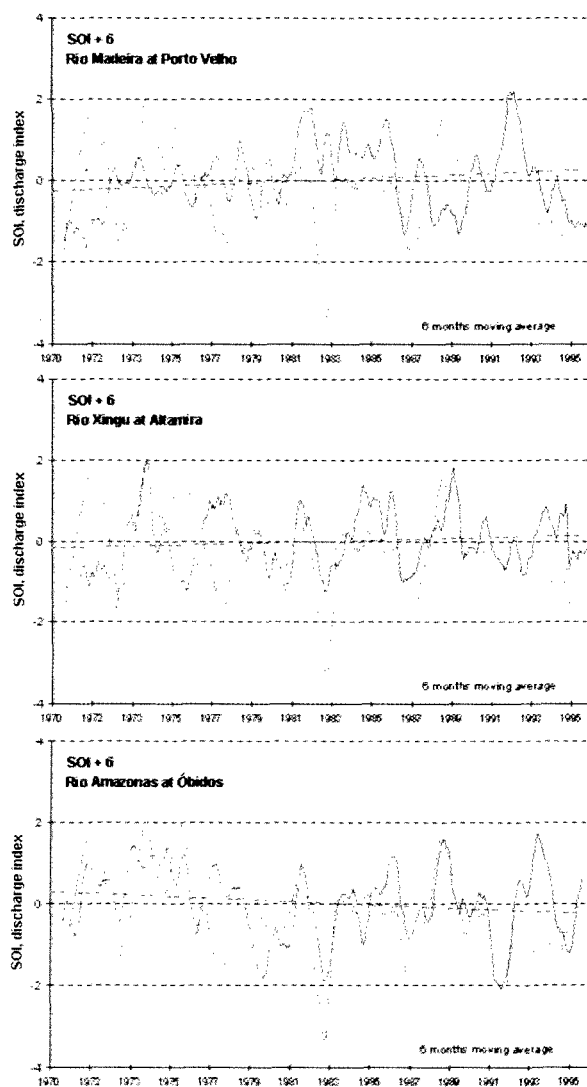


Fig. 5 - SOI et indice de débit, 1970-1996.

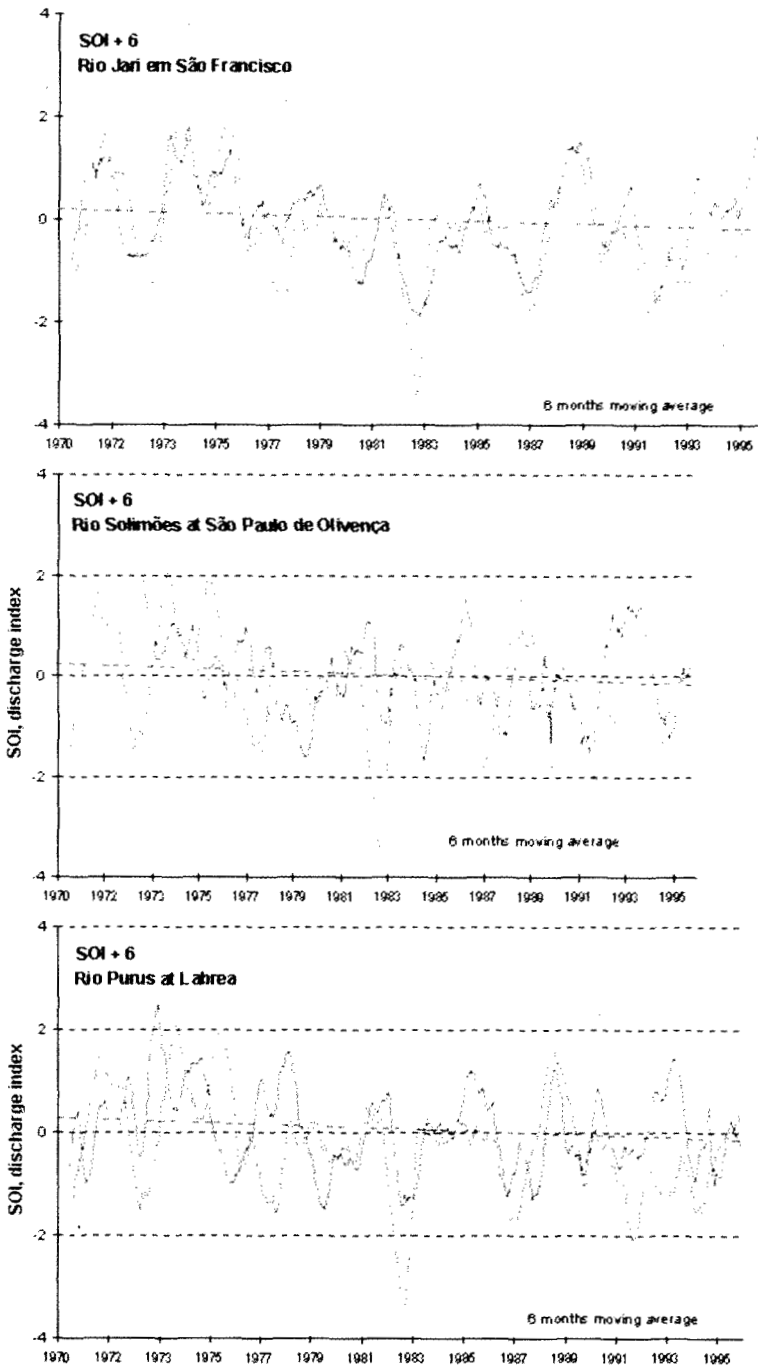


Fig. 6 - SOI et indice de débit, 1970-1996.

Références citées

- GUYOT, J.L., 1993 - *Hydrogéochimie des fleuves de l'Amazonie bolivienne*, 262p. ; Paris : Édition ORSTOM, Études et thèses.
- KOUSKY, V.E., KAYANO, M.T. & CAVALCANTI, I.F.A., 1984 - A review of Southern Oscillation: oceanic, atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, **36(A)** : 490-504.
- MARENGO, J., 1995 - Variations and change in South American streamflow. *Climatic Change*, **31** : 99-117.
- MARENGO, J. & HASTENRATH, S., 1993 - Case studies of extreme climatic events in the Amazon basin. *Journal of Climate*, **6** : 617-627.
- MEADE, R.H., RAYOL, J.M., CONCEIÇÃO, S.C. & NATIVIDADE, J.R.G., 1991 - Backwater effects in the Amazon river basin of Brazil. *Environ. Geol. Water Sci.*, **18(2)** : 105-114.
- MOLINIER, M., GUYOT, J.L., OLIVEIRA, E. & GUIMARÃES, V., 1996 - Les régimes hydrologiques de l'Amazone et de ses affluents. in : *L'hydrologie tropicale* : 209-222 ; Paris : IAHS, mai 1995.
- MOLION, L.C., 1991 - Climate variability and its effects on Amazonian hydrology. in: *Water Management of the Amazon basin* (Braga B. & Fernandez C. eds) : 261-274 ; Manaus : UNESCO/ABRH, August 1990.
- MOLION, L.C.B. & MORAES, J.C., 1987 - Oscilação Sul e descarga de rios na America do Sul Tropical. *Rev. Bras. Eng.*, **5(1)** : 53-63.
- NOBRE, C.A. & RENNO, N.O., 1985 - Droughts and floods in South America due to the 1982-83 ENSO episode. in : *18th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology*: 131-133; Houston: AMS.
- OLIVEIRA, E., CUDO, K.J., AQUINO, M. & GUIMARÃES, V., 1993 - A operação da rede hidrometeorológica da região amazônica. in : *X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*: 237-246 ; Gramado : ABRH, nov. 1993, Vol. 4.
- RICHEY, J.E., NOBRE, C. & DESER, C., 1989 - Amazon river discharge and climate variability. *Science*, **246** : 101-103.
- ROCHA, H.R., NOBRE, C.A. & BARROS, M.C., 1989 - Variabilidade natural de longo prazo no ciclo hidrológico da Amazonia. *Climanalise*, **4(12)** : 36-42.

1998

BULLETIN

de l'INSTITUT FRANÇAIS
d'ÉTUDES ANDINES

Tome 27
N° 3



*Variations climatiques et ressources en eau
en Amérique du Sud: Importance et
conséquences des événements
El Niño*



COLOMBIE
ÉQUATEUR
PÉROU
BOLIVIE

IRD

Institut de recherche
pour le développement

CINQUANTENAIRE
1948
1998

IFEA