



**HAL**  
open science

## Variabilité à long terme des pluies en Amérique du sud tropicale

Josyane Ronchail, Gérard Cochonneau, Jean-Loup Guyot, Jhan Carlo Espinoza Villar, Eurides de Oliveira, Luís Noriega, Juan Julio Ordoñez Galvez, Romero Henry

### ► To cite this version:

Josyane Ronchail, Gérard Cochonneau, Jean-Loup Guyot, Jhan Carlo Espinoza Villar, Eurides de Oliveira, et al.. Variabilité à long terme des pluies en Amérique du sud tropicale. Les risques liés au temps et au climat. Publication l'Association Internationale de Climatologie, Epernay, 19, 493-497, 2006. hal-02987863

**HAL Id: hal-02987863**

**<https://hal.science/hal-02987863>**

Submitted on 4 Nov 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# VARIABILITE A LONG TERME DES PLUIES EN AMERIQUE DU SUD TROPICALE

**RONCHAIL JOSYANE**

*IPSL/LOCEAN – Université de Paris 7, Paris, France. Case 100, Place Jussieu 75005. Paris. France*  
[josyane.ronchail@lodyc.jussieu.fr](mailto:josyane.ronchail@lodyc.jussieu.fr)

**COCHONNEAU GERARD**

*Maison de la Télédétection, 500 rue J.F. Breton, 34093 Montpellier Cedex 06, France*

**GUYOT JEAN LOUP**

*IRD/LMTG, Lima, Pérou. Casilla 18 1209. Lima 18. Pérou*

**ESPINOZA VILLAR JHAN CARLO**

*IRD/UNALM – FIA, Lima, Pérou. Casilla 18 1209. Lima 18. Pérou*

**DE OLIVEIRA EURIDES**

*Agencia Nacional de Aguas, Setor Policial, CEP 70610-200, Brasilia, Brésil*

**NORIEGA LUÍS**

*SENAMHI, La Paz, Bolivie. Calle Reyer Ortiz 41, La Paz, Bolivie*

**ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO**

*SENAMHI, Lima, Pérou. Casilla 11 1308. Lima 11. Pérou*

**ROMERO HENRY**

*IDEAM, Bogotá, Colombie. Carrera 10, Bogota, Colombie*

## **Résumé**

*Les modes de variabilité des pluies annuelles de 138 stations d'Amérique du sud tropicale et subtropicale sont analysés sur la période 1950-1999 au moyen d'une ACP.*

*Le mode principal (18% de la variance) est un mode ENSO très marqué par l'événement El Niño de 1982-83, très pluvieux du sud-ouest de l'Amazonie au sud-est du Brésil et sec dans le nord de l'Amazonie, le Nordeste brésilien et sur l'Altiplano. Deux modes secondaires, l'un décennal et l'autre pluridécennal, permettent de mieux comprendre, entre autres, l'augmentation brusque des débits du Parana et de l'Amazone à partir de 1970.*

## **Mots-clés**

*Amérique du Sud, pluie, variabilité à long terme*

## **Abstract**

*Tropical and subtropical South American rainfall variability is analyzed using principal component analysis on annual rainfall in 138 stations (period: 1950-1999).*

*The main variability (18% of the total variance) is an ENSO mode marked by the 1982-83 El Niño, rainy in south-eastern Brazil and south western Amazon and dry in northern Amazon, Nordeste and on the Altiplano. Two secondary modes, decadal to pluridecadal, make it possible understanding the abrupt discharge change that occurred in the Parana and Amazon basin at the beginning of the seventies.*

## **Key-words**

*South America, rainfall, long-term variability*

## **1. Introduction**

Différents travaux ont montré l'existence en Amérique du Sud tropicale et subtropicale d'une variabilité à long terme de l'hydrologie, et en particulier celle de changements abrupts dans les séries au début des années 1980 (voir entre autres Zhou et Lau 2001) et au début des années 1970. Cette dernière rupture en particulier, accompagnée d'une

augmentation considérable des débits, est décrite dans l'Amazone à Obidos (Callède et al. 2004, Labat et al. 2004 et 2005) et dans les pluies du sud du bassin amazonien (Ronchail 1996, Marengo 2004). Elle est présente également plus au sud, dans les débits du Paraguay à Ladario (Collischonn et al. 2001), et plus généralement dans le bassin du Parana (Garcia et Vargas 1998, Genta et al. 1998, Robertson et Mechoso 1998, Muller et al. 1998, Garcia et Mechoso 2005) ainsi que dans les pluies du centre-ouest argentin (Minetti and Vargas 1997, Agosta et al. 1999, Penalba et Vargas 2004).

Robertson et Mechoso (1998) attribuent l'augmentation des débits dans le bassin de La Plata à des anomalies négatives de température de surface océanique (TSO) sur l'Atlantique tropical nord, des alizés renforcés et une augmentation du flux de mousson le long des Andes, via le Low-Level Jet (LLJ), et par conséquent de l'apport de vapeur d'eau vers les régions subtropicales d'Amérique du Sud. L'augmentation des débits pourrait aussi être associée au renforcement de la Zone de Convergence de l'Atlantique Sud (ZCAS) (Robertson et Mechoso 2000). Plus au nord, Chu et al. (1994) et Chen et al. (2001) attribuent l'augmentation des pluies et des débits à partir des années 1960 à l'augmentation de la convergence de vapeur d'eau au dessus du bassin amazonien.

Il est notable que tandis que pluies et débits augmentaient en Amérique du sud tropicale et subtropicale, les pluies sont devenues très déficitaires en Afrique de l'ouest à partir des années 1970 (Lamb et al. 1986 et Foley et al. 1986). Le manque de pluie est décrit dans le Sahel (Le Barbé et Lebel 1997, Lhôte et al. 2002, entre autres) et dans le Golfe de Guinée (Servat et al. 1997, Paturol et al. 1997). De façon concomitante les débits des rivières baissent aussi ; c'est le cas par exemple du Sénégal et du Niger (Hubert 1989), du Congo (Laraque et al. 2001), de l'Oubangui (Orange et al. 1997).

Notre objectif ici est de compléter la documentation existante en Amérique du Sud sur la rupture de 1970. En effet, cette rupture est décrite en des points isolés et manque une information sur la continuité spatiale du phénomène et de façon plus générale sur son extension. Par ailleurs, la rupture de 1970 est essentiellement décrite dans les débits et peu dans les pluies.

C'est pourquoi nous nous demandons si un mode de variabilité des pluies en Amérique du sud tropicale et subtropicale restitue cette rupture et où ?

## **2. Données et Méthodes**

Des séries de pluies longues dans les pays amazoniens et au Brésil ont été recueillies par le biais des programmes Hybam (Hydrogéodynamique du Bassin Amazonien) entre l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et les services météorologiques et hydrologiques du Brésil (Agence Nationale de l'Eau), du Pérou et de Bolivie (Service National de Météorologie et d'Hydrologie), d'Equateur (Institut National de Météorologie et Hydrologie) et de Colombie (Institut d'Hydrologie, de Météorologie et d'Etudes Environnementales).

Les séries suffisamment longues pour « encadrer » le début des années 1970 sont peu nombreuses, en particulier dans les régions amazoniennes qui ont été peu pénétrées

jusqu'au début des années 1970 justement. L'intérieur non amazonien du Brésil est également peu documenté, contrairement aux côtes. Cependant, un défaut de documentation dans les régions brésiliennes qui vont du sud de Belém (embouchure de l'Amazonie) au Paraguay, visible sur la figure 1, sera comblé.

La critique des données a été réalisée au moyen de la méthode du vecteur régional (MVR Hiez 1977 et Brunet-Moret 1979), grâce au logiciel Hydraccess (Vauchel 2005). L'analyse minutieuse des résultats du MVR a permis de retenir 138 stations présentant de faibles probabilités d'erreur et des données mensuelles pour la période 1950-1999.

Les principaux modes de variabilité de pluie sont décrits au moyen d'une analyse en composantes principales.

### **3. Résultats**

Les principaux modes de variabilité spatiale et temporelle des pluies annuelles en Amérique du sud tropicale et subtropicale sont présentés dans la figure 1.

Le premier mode (18% de la variance totale) est très marqué par l'événement El Niño de 1982-83 mais aussi par les événements chauds du Pacifique qui se produisent après 1980 (1991-92 et 1997-98 notamment). Après 1980, les années Niño sont pluvieuses le long d'un axe qui va du sud-ouest de l'Amazonie, en Bolivie, aux régions Sudeste et Sud du Brésil (et également sur la côte vénézuélienne) tandis que la région Nordeste du Brésil, le nord de l'Amazonie et les Andes reçoivent moins de pluie qu'en temps normal. Ces résultats sont cohérents avec ceux de Aceituno (1988) et Zhou et Lau (2001) entre autres.

Le second mode (12%) oppose le centre du domaine étudié (sud-ouest de l'Amazonie, régions Nordeste et Sudeste du Brésil) aux régions qui entourent le plateau guyanais et le nord Pérou d'une part et le sud du Brésil d'autre part. La variabilité temporelle est quasi décennale. Il pleut plus dans la région centrale (aux extrémités du domaine) dans les années 1970 à 1986 (dans les années 1950 et 1990).

Enfin, le troisième mode (10%) est caractérisé par une variabilité pluridécennale : les années 1950 et 1960 (1970, 1980 et 1990) sont plus sèches (humides) dans l'ensemble du domaine sauf dans la région Sudeste du Brésil où c'est l'inverse qui se produit. Ce résultat n'est pas cohérent avec Marengo (2004) qui décrit des variabilités pluridécennales inverses entre nord et sud de l'Amazonie, le sud (nord) de l'Amazonie étant plus arrosé (sec) après 1970.

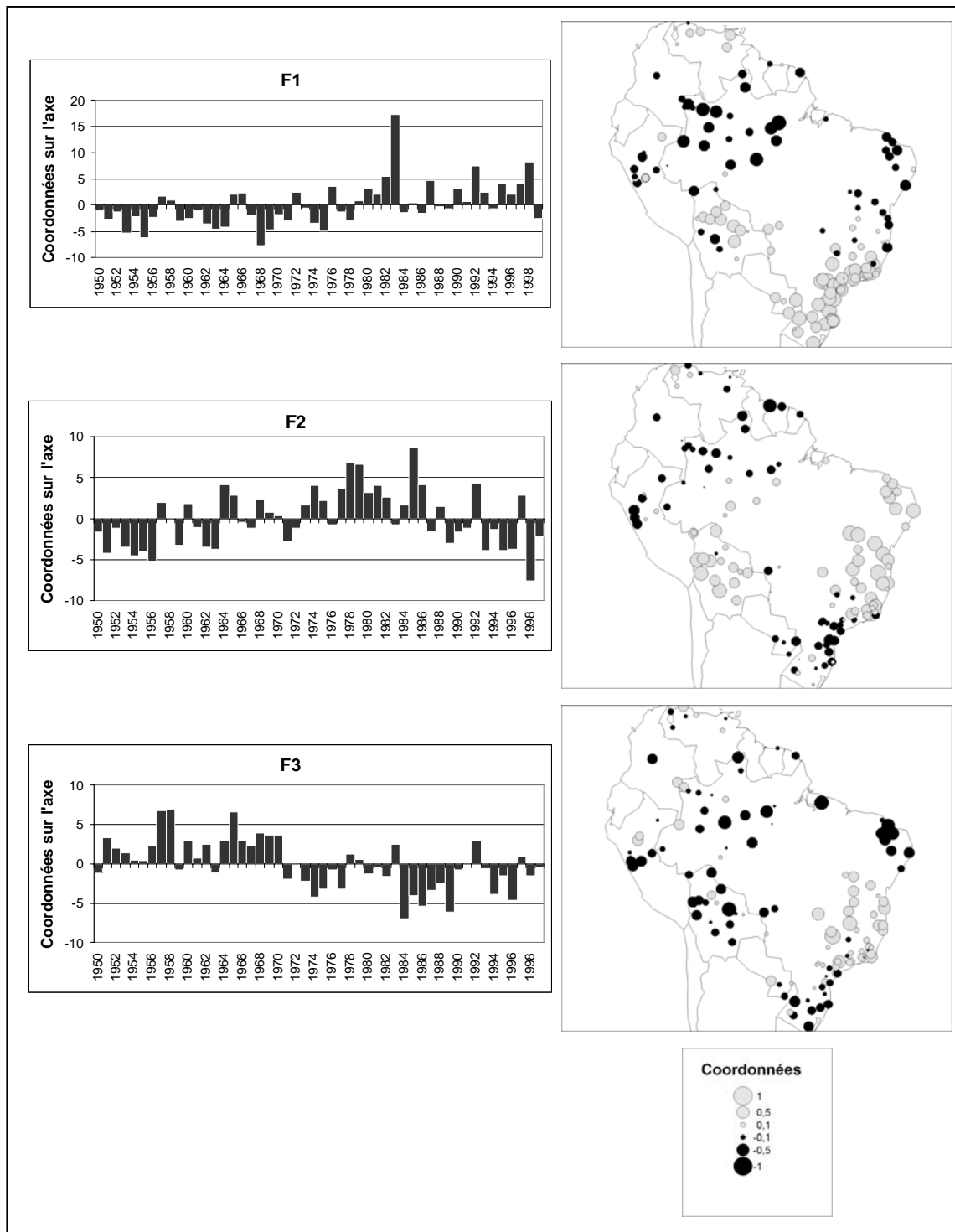


Figure 1. Séries temporelles (à gauche) et structures spatiales (à droite) associées aux 3 premiers axes factoriels d'une ACP sur les précipitations annuelles de 138 stations (période : 1950-1999). Les échelles verticales ne sont pas les mêmes pour les séries temporelles.

#### 4. Conclusion

La prise en compte de séries de données plus longues que celle communément utilisées permet de mettre en évidence différents phénomènes.

D'une part, on remarque la variabilité dans le temps de la réponse de la pluviométrie à El Niño Southern Oscillation, et en particulier depuis l'événement de 1982-83.

D'autre part, l'analyse confirme que le début des années 1970 est un moment charnière aussi bien pour la variabilité décennale que pluridécennale ; ceci apparaissait déjà dans l'analyse en ondelettes des débits de l'Amazone à Obidos (Labat et al. 2004). Ces variabilités intéressent l'ensemble du domaine et l'on comprend mieux que des signaux de rupture soient alors inscrits dans les débits des grands fleuves de la région, Amazone et Parana.

Enfin ce travail préliminaire doit être complété par l'introduction de données du centre du Brésil, par des analyses complémentaires (en particulier l'analyse en ondelettes des principaux facteurs) et par des éléments explicatifs.

**Remerciements** Nos remerciements chaleureux vont à Jacques Callède, ingénieur hydrologue de l'IRD, pour l'aide qu'il nous a apportée à la constitution de la base de données.

#### Bibliographie

- Aceituno P. 1988. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector: surface climate. *Monthly Weather Review*, **116**, 505-524.
- Agosta E., R. Compagnucci and W. Vargas, 1999. Cambios en el régimen de la precipitación estival en la región centro-oeste argentina. *Meteorologica*, **24**, 63-84.
- Brunet-Moret Y, 1979. Homogénéisation des précipitations. *Cahiers ORSTOM, Série Hydrologie.*, **16**, 3-4
- Callède J., Guyot J.L., Ronchail J., L'Hôte Y., Niel H., de Oliveira E. 2004. Evolution du débit de l'Amazone à Obidos de 1902 à 1999. *Hydrological Sciences Journal*, **49**, 85-97.
- Chen T.C., J. Yoon, K. St Croix, E. S. Takle, 2001. Suppressing impacts of the Amazonian deforestation by Global Circulation change. *Bull. Amer. Meteo. Soc.*, **82**, 2209-2216.
- Chu P.S., Z.P. Yu, S. Hastenrath, 1994. Detecting climate change concurrent with deforestation in the Amazon basin: which way has it gone ? : *Bull. Amer. Meteo. Soc.*, **75**, 579-584.
- Collischonn. W, C. Tucci, R. Clarke, 2001. Further evidence of changes in the hydrological regime of the River Paraguay : part of a wider phenomenon of climate change ? *Journal of Hydrology*, **245**, 218-238.
- Folland C.K., T.N. Palmer, D.E. Parker, 1986. Sahel rainfall and worldwide sea temperatures, 1901-1985. *Nature*, **320**, 602-607.
- Garcia N. et Vargas W. M. 1998. The temporal climatic variability in the Rio de la Plata basin displayed by the river discharges. *Climatic Change*, **38**, 359-379.
- Garcia N. et Mechoso C. 2005. Variability in the discharge of South American rivers and climate. *Hydrological Science Journal*, **50**, 459-478.

- Genta J., G. Perez-Iribarren, C. Mechoso, 1998. A recent increase trend in the stream flow of rivers in Southeastern South America. *Journal of Climate*, **11**, 2858-2862.
- Hiez G. 1977. L'homogénéité des données pluviométriques. *Cahiers ORSTOM, série Hydrologie*, **14**, 129-72.
- Hubert P., Carbonnel J.P., Chaouche A., 1989. Segmentation des séries hydrométéorologiques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *J. of Hydrology*, **110**, 349-367.
- Labat D., J. Ronchail, J. Callède, J. L. Guyot, E. de Oliveira, W. Guimarães 2004. Wavelet analysis of Amazon hydrological regime variability. *Geophysical Research Letter*, **31**, L02501.
- Labat D., J. Ronchail and J.L. Guyot 2005. Recent advances in wavelet analysis :Part 2 – Amazone, Parana, Orinoco and Congo interannual and multidecadal variability. *Journal of Hydrology*, **314**, 289-311.
- Lamb P.J., R. A. Peppler, S. Hastenrath, 1986. Interannual variability in the tropical Atlantic. *Nature*, **322**, 238-239.
- Laraque A., G. Mahé, D. Orande, B. Marieu 2001. Spatiotemporal variations in hydrological regimes within Central Africa during the XXth century. *J. of Hydrology*, **245**, 104-107.
- Le Barbé L. et T. Lebel, 1997. Rainfall climatology of the Hapex-Sahel region during the years 1950-1990. *Journal of Hydrology*, **188**, 43-73.
- L'Hôte Y., G. Mahé, S. Bonaventure et J. P. Triboulet, 2002. Analysis of a sahelian annual rainfall index from 1896 to 2000 ; the drought continues. *Hydrological Sciences*, **47**, 563-571.
- Marengo J.A. 2004 Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. *Theor. Appl. Climatol.*, **78**, 79-96.
- Minetti J.L. et W.M. Vargas 1997. Trends and jumps in the annual precipitation in South America south of 15S. *Atmosfera*, **11**, 205-221.
- Muller I., C. Krugot, E. Kaviski., 1998. Analysis of the stationarity of hydrological series in the incremental basin of Itaipu. *Revista Brasileira de Recursos Hidricos*, **3**, 51-71.
- Orange D., A. Wesselink, G. Mahe and C. Feizoure, 1997. The effect of climate changes on river baseflow and aquifer storage in Central Africa. Sustainability of Water Resources under Increasing Uncertainty. *IAHS Publ.* **240**, 113-123.
- Paturel J. E. Servat, B. Kouamé, H. Lubes, M. Ouedraogo, J.M. Masson, 1997. Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea – Part II : an integrated regional approach. *Journal of Hydrology*, **191**, 16-36.
- Penalba O. et W. Vargas 2004. Interdecadal and interannual variations of annual and extreme precipitation over central-northeastern Argentina. *International Journal of Climatology*, **24**, 1565-1580.
- Robertson A. W. et C. R. Mechoso, 1998. Interannual and Decadal cycles in river flows of Southern South America. *Journal of Climate*, **11**, 2570-2581.
- Robertson A. W. et C. R. Mechoso, 2000. Interannual and interdecadal of the South Atlantic Convergence Zone. *Monthly Weather Review*, **128**, 2947-2957.
- Ronchail J., 1996 : Variabilité pluridécennale des précipitations en Bolivie. Essai de mise en relation avec les températures de surface océaniques de l'Atlantique extra-tropical. *Publ. Assoc. Intern. Climat.*, **9**, 504-511.
- Servat E., J. Paturel, B., H. Lubes, Kouamé, M. Ouedraogo, J.M. Masson, 1997. Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea – Part I : detailed analysis of the phenomenon in Cote d'Ivoire. *Journal of Hydrology*, **191**, 1-15.
- Vauchel P, 2005. Hydraccess : Logiciel de gestion et traitement de données hydro-météorologiques, version 2.1.4. Téléchargeable sur [www.mpl.ird.fr/hybam](http://www.mpl.ird.fr/hybam).
- Zhou J. et K.M. Lau, 2001. Principal modes of interannual and decadal variability of summer rainfall over South America. *International Journal of Climatology*, **21**, 1623-44.