

Fluctuations climatiques, déforestation et hydrologie en Amazonie

Josyane Ronchail¹
David Labat²
Jacques Callède³
Jean-Loup Guyot⁴
Eurides de Oliveira⁵

Mots-clés : hydrologie – Amazonie – variabilité pluridécennale – Atlantique nord tropical – déforestation

La reconstitution d'une série de débits à Óbidos (Callède *et al.*, 2002) a permis l'analyse de l'évolution de l'hydrologie au cours du siècle passé, dans cette station située à 800 km de l'exutoire et dont le bassin versant couvre 4,8 millions de km². Callède *et al.* (2004) ont mis en évidence l'existence d'une augmentation brutale des débits à partir de 1970. Les débits moyens augmentent de 7 % après 1970 et la fréquence des crues devient considérable : douze événements avec des débits de plus de 250 000 m³/s sont observés entre 1970 et 2003 contre 5 entre le début du XX^e siècle et 1969. Ce résultat est cohérent avec l'observation de l'augmentation des pluies sur le bassin, en particulier dans le SW (Ronchail, 1996). Une augmentation des débits est également décrite dans le bassin du Paraná (Collischonn *et al.*, 1998 ; Genta *et al.*, 1998). À partir de 1990, les débits de crue restent forts

tandis que les débits d'étiage tendent à diminuer conjointement avec les précipitations (figure 1).

Chu *et al.* (1994) ont montré l'existence sur le bassin amazonien, au début des années 1970, d'une augmentation de l'apport de vapeur d'eau depuis l'Atlantique. Ce changement serait lié au refroidissement concomitant de l'Atlantique nord tropical et au renforcement des

-
- 1 IRD, Hydrologie et Géodynamique du Bassin Amazonien (HYBAM)/LMTG-UR154/ LODYC-IPSL, Case 100, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France
 - 2 Laboratoire des Mécanismes de Transfert en Géologie -LMTG-UMR 5563 CNRS-OMP- Université Paul-Sabatier, Toulouse, France
 - 3 retraité de l'IRD, QE15, conj. S, casa 51, GUARA II, CEP 71050-191 Brasília (DF), Brésil
 - 4 HYBAM (UR154 LMTG), IRD - Casilla 18 1209, Lima 18, Pérou
 - 5 Agência Nacional de Águas (ANA), Setor Policial, Area 5, Quadra 3, Bloco L, CEP 70610-200 Brasília (DF), Brésil

alizés de nord-est qui apportent la vapeur d'eau sur le bassin. Labat *et al.* (2004) ont montré par analyses en ondelettes que les débits d'étiage à Óbidos ont une variabilité commune, à 15,5 ans, avec l'Atlantique tropical nord et ce particulièrement vers le début des années 1970. Par ailleurs, le lien inverse entre les températures de surface de l'Atlantique nord tropical et les débits dans une vaste partie du bassin située entre l'Équateur et 10 °S a été mis en évidence à l'échelle interannuelle par Ronchail *et al.* (2004). C'est pourquoi nous formulons l'hypothèse que la forte augmentation des débits observée il y a 35 ans pourrait être liée aux fluctuations à long terme de l'océan Atlantique tropical nord (figure 1).

Après une phase de transition dans les années 1980, les tendances s'inversent au début des années 1990 : les températures de surface de l'Atlantique tropical nord augmentent tandis que pluies et étiages diminuent. Par contre les débits de crue conservent leur niveau très élevé (figure 1). Pourquoi ?

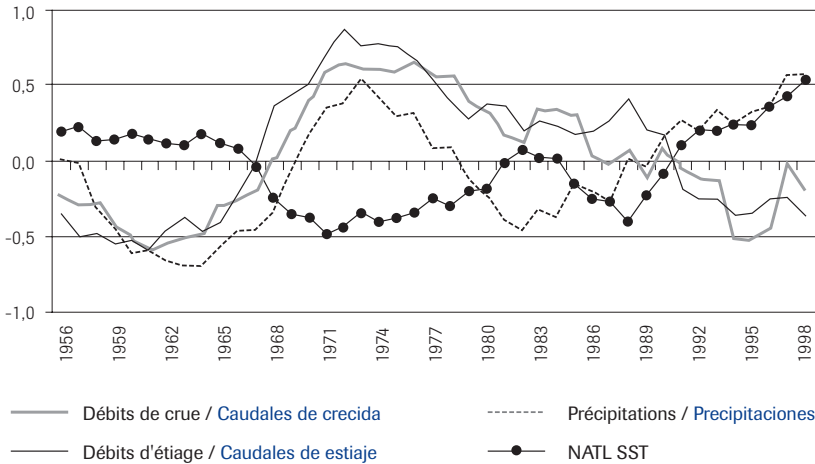
Le défrichement serait à l'origine d'une augmentation de l'écoulement par diminution de la percolation de l'eau dans le sol, diminution de l'interception de l'eau par le feuillage et augmentation du ruissellement superficiel qui n'est plus freiné par la végétation (Fritsch, 1992). Étant donné la déforestation que subit le bassin amazonien depuis 30 ans, nous faisons l'hypothèse que les fortes crues à Óbidos, qui ne suivent plus la variabilité à long terme de l'Atlantique depuis 1990, pourraient être d'origine anthropique.

Pour vérifier ces hypothèses deux projets sont en cours :

- l'analyse des liens entre les flux de chaleur latente observés sur l'Atlantique tropical et les pluies et débits dans le bassin amazonien ;
- l'analyse de l'évolution du délai entre événements pluvieux et pics de crues dans les têtes de bassin déboisées, afin de vérifier si ce délai est devenu plus court qu'il ne l'était il y a trente ans, manifestant l'intensification de l'écoulement.

Figure 1 – Débits de crue et débits d'étiage à Óbidos, précipitations dans le bassin amazonien à Óbidos et températures de surface océaniques de l'Atlantique tropical nord (5-20 °N ; 60-30 °W). Les données annuelles (année civile) sont standardisées et des moyennes mobiles sur 11 ans sont calculées.

Caudales de crecida y caudales de estiaje en Óbidos, precipitaciones en la cuenca amazónica en Óbidos y temperaturas de superficie oceánicas del Atlántico tropical norte (5-20 °N ; 60-30 °W). Se han estandarizado los datos anuales (año civil) y se han calculado los promedios móviles durante 11 años.



Références bibliographiques

- Callède, J., Guyot, J.-L., Ronchail, J., Molinier, M. & De Oliveira, E. (2002). L'Amazone à Obidos (Brésil) : étude statistique des débits et bilan hydrologique. *Hydrological Sciences* 47: 321-334.
- Callède J., Guyot, J.-L., Ronchail, J., L'Hôte, Y., Niel, H. & De Oliveira, E. (2004). Évolution du débit de l'Amazone à Obidos de 1902 à 1999. *Hydrological Sciences* 49: 85-97.
- Collischonn, W., Tucci, C. & Clarke, R. (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.
- Chu Pao-Shin, Zhi-Ping Yu & Stefan Hastenrath (1994). Detecting Climate Change Concurrent with Deforestation in the Amazon Basin: Which Way Has it Gone? *Bulletin of the American Meteorological Society*, 75: 579-584.
- Fritsch J.-M. (1992). Les effets du défrichement de la forêt amazonienne et de la mise en culture sur l'hydrologie de petits bassins versants. Opération ECEREX en Guyane française. Thèse. ORSTOM (Paris), Collection Études et Thèses, 392 p.
- Genta J., Perez-Iribarren, G. & Mechoso, C (1998). A Recent Increase Trend in the Streamflow of Rivers in Southeastern South America. *Journal of Climate*, 11: 2858-2862.
- Labat, D., Ronchail, J., Callède, J., Guyot, J.-L., De Oliveira, E. & Guimarães, W. (2004). Wavelet Analysis of Amazon Hydrological Regime Variability. *Geophysical Research Letter*, 31, L02501.
- 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.
- Ronchail, J., Labat, D., Callède, J., Cochonneau, G., Guyot, J.-L., Filizola, N. & De Oliveira, E. (2004). Discharge Variability within the Amazon Basin. Accepted by *Hydrological Sciences* (September 2004).

Fluctuaciones climáticas, deforestación e hidrología en la Amazonía

Palabras clave: hidrología – Amazonía – variabilidad pluridecenal – Atlántico Norte tropical – deforestación

La reconstrucción de una serie de caudales en Óbidos (Callède y otros, 2002) permitió analizar la evolución de la hidrología durante el siglo pasado, en esta estación ubicada a 800 km del estuario y cuya cuenca cubre 4,8 millones de km². Callède y otros (2004) pusieron en evidencia la existencia de un aumento brutal de los caudales a partir de 1970. Los caudales promedio se incrementan en un 7% después de ese año y la frecuencia de las crecidas se torna considerable: 12 eventos con caudales de más de 250.000 m³/s se observan entre 1970 y 2003 frente a 5 entre inicios del siglo XX y 1969. Este resultado es coherente con la observación del incremento de las lluvias en la cuenca, en particular en el SO (Ronchail, 1996). Un aumento de los caudales es descrito igualmente en la cuenca del Paraná (Collischonn y otros, 1998; Genta y otros, 1998). A partir de 1990, los caudales de crecida se mantienen elevados mientras que los de estiaje tienden a disminuir, conjuntamente con las lluvias (figura 1).

Chu y otros (1994) demostraron la existencia, en la cuenca amazónica, a inicios de los años 1970, de un aumento

del aporte de vapor de agua desde el Atlántico. Este cambio estaría ligado al enfriamiento concomitante del Atlántico norte tropical y al refuerzo de los alisios de Nordeste que llevan el vapor de agua a la cuenca. Labat y otros (2004) mostraron mediante análisis en «ondelettes» que los caudales de estiaje en Óbidos tienen una variabilidad común, a 15,5 años, con el Atlántico tropical norte y ello particularmente a inicios de los años 1970. Por otro lado, Ronchail y otros (2004) evidenciaron el vínculo inverso entre las temperaturas de superficie del Atlántico norte tropical y los caudales en una extensa porción de la cuenca situada entre el Ecuador y 10 °S. Por ello se formula la hipótesis de que el importante incremento de los caudales observado hace 35 años podría estar ligado a las fluctuaciones a largo plazo del océano Atlántico tropical norte (figura 1).

Después de una fase de transición en los años 1980, las tendencias se invierten a inicios de los años 1990: las temperaturas de superficie del Atlántico tropical norte aumentan mientras que lluvias y estiaje disminuyen. En cambio,

los caudales de crecida conservan un nivel muy elevado (figura 1). ¿Por qué?

El desmonte sería el que origina un aumento del escurrimiento por disminución de la percolación del agua en el suelo, disminución de la intercepción del agua por parte del ramaje y aumento del escurrimiento superficial que ya no es frenado por la vegetación (Fritsch, 1992). Dada la deforestación que sufre la cuenca desde hace 30 años, se plantea la hipótesis de que las fuertes crecidas en Óbidos, que desde 1990 ya no siguen a la variabilidad a largo plazo del Atlántico, podrían ser de origen antrópico.

Para verificar estas hipótesis dos proyectos están en curso:

- el análisis de los vínculos entre los flujos de calor latente observados en el Atlántico tropical y las lluvias y caudales en la cuenca amazónica;
- el análisis de la evolución del intervalo entre eventos lluviosos y picos de crecida en las cabeceras de las cuencas deforestadas, con el fin de verificar si tal intervalo se ha hecho menor de lo que era hace treinta años, manifestando así la intensificación de la escurrimiento.