

L'observatoire ORE HYBAM : suivi des flux liquides, géochimiques et sédimentaires dans le bassin de l'Amazone, des Andes à l'Océan Atlantique

The ORE HYBAM observatory: monitoring water, geochemical and suspended sediment yields in the Amazon River basin, from the Andes to the Atlantic Ocean

Guyot Jean Loup¹, Sondag Francis¹, Cochonneau Gérard¹, Filizola Naziano², Lagane Christelle¹, Laraque Alain¹, Lavado Waldo³, Martinez Jean Michel¹, Noriega Luis⁴, Pombosa Rodrigo⁵, de Oliveira Eurides⁶, Fraizy Pascal; Armijos Elisa

1. UMR GET (CNRS – IRD – UPS – OMP Toulouse), jean-loup.guyot@ird.fr
2. UFAM (Manaus, Brésil),
3. SENAMHI (Lima, Pérou)
4. SENAMHI (La Paz, Bolivie)
5. INAMHI (Quito, Equateur)
6. ANA (Brasília, Brésil)

RÉSUMÉ

L'Observatoire de Recherche en Environnement (ORE) HYBAM sur les fleuves amazoniens a été créé en 2003. Cet observatoire, qui intervient dans l'ensemble des pays du bassin amazonien, est une structure de recherche qui crée de la donnée (hydrologique, sédimentaire, géochimique) à différents pas de temps, en couplant observations in situ, observations spatiales, et réseau de laboratoires. L'information obtenue est mise à la disposition de la communauté scientifique via un portail web régulièrement actualisé. Ces données permettent de mener de nombreux programmes de recherche, associant services hydrologiques, universités du Sud et du Nord. Les résultats obtenus par les chercheurs et étudiants associés à l'ORE HYBAM ont permis de mieux comprendre le fonctionnement hydrologique du bassin amazonien et les échanges entre le fleuve et les zones inondées. Les bilans de masse entre l'amont andin et l'aval ont permis de quantifier les phénomènes d'altération, d'érosion et de sédimentation dans les différentes régions du bassin amazonien.

ABSTRACT

The Environmental Research Observatory (ORE) HYBAM on Amazonian rivers was established in 2003. The observatory, which involves all the countries of the Amazon basin, is a research structure that creates data (hydrologic, sedimentary, and geochemical) at different time steps, by combining in situ observations, space observations, and network laboratories. The information obtained is made available to the scientific community via a web site, regularly updated. These data lead to realize many research programs, combining hydrological services, universities in the South and North. The results obtained by researchers and students, associated with ORE HYBAM, permit a better understanding of the hydrological functioning of the Amazon basin and exchanges between the river and flooded areas. The mass balance between Andean upstream and downstream allows us to quantify the weathering, erosion and sedimentation in different regions of the Amazon basin.

MOTS CLES

Amazon basin, discharge, geochemistry, observatory, sediment transport.

LE BASSIN DE L'AMAZONE

L'Amazone, le premier de ces grands fleuves tropicaux par les débits mesurés à l'exutoire ($206\,000\text{ m}^3/\text{s}$), draine un bassin peu anthropisé de plus de $6\,10^6\text{ km}^2$, et abrite la plus grande forêt tropicale de la planète. Ce bassin est limité à l'Ouest par la chaîne montagneuse des Andes, qui ne représente que 10% de la superficie, mais joue un rôle déterminant sur le climat (gradient des précipitations), l'hydrologie et fournit (altération, érosion) des volumes considérables de matière. La géodynamique actuelle du front de la chaîne induit des mouvements verticaux dans l'avant pays qui influent sur la dynamique fluviale dans la plaine amazonienne (érosion/sédimentation). La variabilité hydrologique saisonnière, amplifiée par l'étendue du bassin et le faible gradient topographique, génère des zones humides connexes aux fleuves (várzeas pour les cours d'eau andins, igapós pour les autres) dont l'étendue est estimée à $300\,000\text{ km}^2$. Les processus biogéochimiques, tant au niveau des zones humides (importance du compartiment biologique) que des zones de mélange (rivières aux caractéristiques physico-chimiques très contrastées), interfèrent sur les transferts de matières au sein du bassin amazonien.

L'ORE HYBAM

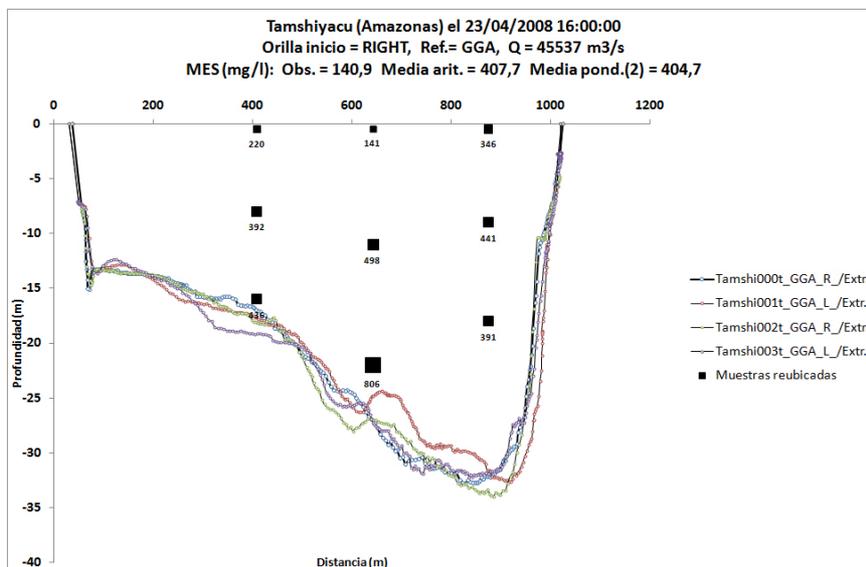
L'observatoire de Recherche en Environnement (ORE) HYBAM (www.ore-hybam.org) a été proposé afin d'acquérir des données fiables et régulières, avec des pas de temps adaptés aux variations saisonnières portant sur les flux hydriques, sédimentaires et géochimiques d'une douzaine de stations hydrométriques distribuées depuis les piedmonts andins jusqu'à l'océan Atlantique. L'observatoire à ensuite été étendu à deux fleuves de la Guyane, puis plus tard, à l'Orénoque et au Congo. L'ORE HYBAM a été créé en 2003, suite à l'appel d'offre du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (MESR). Labellisé Système d'Observation (SO) de l'INSU en 2005, puis « Point Focale Collaborative » du programme GEMS Eau du PNUE, l'ORE HYBAM est aujourd'hui soutenu financièrement par l'IRD, l'INSU, et l'OMP Toulouse. Il est aujourd'hui intégré au Réseau des Bassins Versants - RBV.



Localisation des stations de l'ORE HYBAM

Les deux variables hydrologiques mesurées aux stations de l'ORE HYBAM sont la hauteur d'eau et le débit. Les débits journaliers sont issus de la courbe d'étalonnage de la station, construite à partir de jaugeages ADCP réalisés sur l'ensemble des stations. Les mesures des radars altimètres (TOPEX/POSEIDON, ERS 1 et 2, JASON, RA2 ENVISAT, GFO) restituent l'altitude des plans d'eau par rapport à un ellipsoïde de référence, et fournissent ainsi des séries de niveaux d'eau indépendantes des réseaux nationaux (stations virtuelles). Les paramètres physico-chimiques tels que température de l'eau, conductivité électrique et pH sont mesurés lors de chaque échantillonnage réalisés pour la détermination des matières en suspension (MES) de surface. Cet échantillonnage est décennal (tous les 10 jours) sur la plupart des stations observatoires, alors qu'il est mensuel pour le Maroni, l'Oyapock, et le Congo, fleuves à faible teneur en MES. Des campagnes spécifiques organisées par l'équipe gestionnaire de l'ORE « HYBAM » permettent de mesurer le flux total de matières particulaires grâce à un échantillonnage sur l'ensemble de la section jaugée. Une attention particulière est apportée à la mesure du transport de fond, largement méconnu sur les grands fleuves. Les flux sédimentaires sont calculés à partir des débits, des concentrations décennales de MES

mesurées en surface, et pondérées par les résultats de l'échantillonnage sur l'ensemble de la section. L'utilisation de l'imagerie spatiale (MODIS et MERIS) a permis de calibrer efficacement les MES de surface à partir des données spatiales. Cet outil nous permet de compléter (lacunes d'observation) et éventuellement corriger les données des observateurs (hétérogénéité latérale des MES de surface d'une rive à l'autre). A chaque station observatoire, un échantillon mensuel est prélevé et traité spécifiquement pour l'analyse des éléments majeurs, de la silice, des traces et du carbone organique (dissous et particulaire). Des analyses isotopiques ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, Pb, 2H, 18O) sont également réalisées, à un pas de temps trimestriel, sur quelques stations.



Echantillonnage en profondeur dans une section de l'Amazonie au Pérou
(la taille des carrés est proportionnelle à la teneur en matières en suspension)

PRINCIPAUX RESULTATS

De 2003 à 2010, l'ORE HYBAM a généré et mis à la disposition de la communauté scientifique internationale les résultats obtenus sur les 17 stations de l'observatoire, et ceux obtenus lors des 237 missions de terrain réalisées durant cette période. Cela concerne 45 000 données journalières de hauteur d'eau et de débit, 734 jaugeages ADCP correspondant à 3700 profils de fleuve, 9600 données de MES (matières en suspension) de surface, 6600 données de MES dans la section jaugée, 1300 échantillons pour 63 000 déterminations géochimiques. L'ensemble des informations a permis la réalisation de 70 projets de recherche, financés par la France (ANR, INSU, etc.), le Brésil, les pays andins, ou encore d'autres pays du Nord. Ces projets de recherche ont permis la réalisation de 51 doctorats, 101 masters, et 46 stages de niveaux divers, pour des étudiants du Sud ou du Nord, ainsi que la publication de 156 articles dans des revues scientifiques, 55 chapitres d'ouvrages, et 483 communications lors de congrès.

Parmi les points forts de l'ORE HYBAM, il faut souligner le recours aux techniques spatiales pour la mesure des niveaux d'eau des fleuves amazonien par altimétrie radar (Da Silva et al., 2012), ainsi que l'estimation des MES de surface en utilisation le capteur MODIS (Martinez et al., 2009). Enfin, les flux géochimiques et sédimentaires du haut bassin de l'Amazonie sont maintenant mieux connus (Moquet et al., 2011), mettant en évidence le rôle des Andes et de l'avant pays andin sur les apports dissous et particulaire des Andes vers l'Amazonie, puis vers l'Océan Atlantique.

BIBLIOGRAPHIE

- Da Silva, J.S., Seyler, F., Calmant, S., Rotunno Filho, O.C., Roux, E., Araujo, A.A.M. and Guyot J.L. (2012). *Water level dynamics of Amazon wetlands at the watershed scale by satellite altimetry*. International Journal of Remote Sensing, 33(11), 3323-3353.
- Martinez, J.M., Guyot, J.L., Filizola, N.P. and Sondag, F. (2009). *Increase in suspended sediment yield of the Amazon River assessed by monitoring network and satellite data*. Catena, 79, 257-264.
- Moquet, J.S., Crave, A., Viers, J., Seyler, P., Armijos Cardenas, E.N., Bourrel, L., Chavarri Velarde, E.A., Lagane, C., Laraque, A., Lavado Casimiro, W.S., Pombosa Loza, R., Noriega Flores, L., Vera Bustamente, A.B. and Guyot J.L. (2011). *Chemical weathering and atmospheric/soil CO₂ uptake in the Andean and foreland Amazon basins*. Chemical Geology, 287(1-2), 1-26