

Synthèse des résultats du projet HYBAM en Équateur (2001-2003)

Alain Laraque¹
Rodrigo Pombosa²

Mots-clés : Équateur – Napo – bassin amazonien – climatologie – hydrologie

Le chantier Équateur, une des 4 composantes du programme HYBAM avec le Brésil, la Bolivie et le Pérou, a pour objectifs scientifiques l'étude des phénomènes géodynamiques d'érosion et de sédimentation dans le piedmont oriental de la cordillère andine. Pour cela, son équipe a œuvré simultanément dans plusieurs disciplines connexes : climatologie, hydrologie, sédimentologie, géochimie, géodynamique. Il s'agissait, dans un premier temps, de quantifier les variations spatio-temporelles des flux hydro-sédimentaires et hydro-géochimiques qui quittent le versant oriental de la cordillère andine équatorienne, afin de dresser par la suite des cartes de taux d'érosion/transport/sédimentation sous SIG. À noter qu'un bassin, celui de l'Esmeraldas, a été choisi sur le versant occidental de la cordillère pour comparer l'incidence de facteurs et de phénomènes climatiques comme ceux d'El Niño sur les réponses des deux versants andins, en termes d'exportation de flux hydriques et de matières.

La période 2001-2003 a été consacrée essentiellement à un **travail de terrain intense** avec le **lancement du réseau d'observations** ; aux **collectes de données** et aux **mesures *in situ***, notamment aux opérations d'**étalonnage hydrologique** des 4 nouvelles stations de référence d'un réseau totalisant 9 stations sur 4 bassins (figure 1) ; à la réalisation des premières séries de jaugeages solides (60) ; à l'ouverture de la station ORE (Observatoire de Recherche en Environnement) de Francisco de Orellana, ainsi qu'au **montage et équipement d'un laboratoire** autonome de traitement des échantillons d'eau et de MES (figure 2).

Enfin, des **opérations spéciales**, tant originales que variées et pionnières ont été organisées : étude de l'impact

1 HYBAM (IRD-LMTG), BP 64 501, F-34394 Montpellier Cedex 5, France

2 INAMHI, projet HYBAM, Iñaquito 700 y Corea, Quito, Équateur

d'éboulements (par exemple ceux du 13/10/2000 dans le volcan El Altar et du 13/06/2002 près de Puyo, dans le bassin du Pastaza) ; étude de l'influence des retombées de cendres lors de phases d'activité volcanique intense (cas du volcan Tungurahua sur le rio Pastaza et de El Reventador sur le rio Coca) ; étude du réservoir de sels dissous du volcan Quilotoa dans le bassin de l'Esmeraldas ; étude de l'effet de la marée océanique sur l'estuaire du rio Guayas ; reconnaissance du rio Curaray ; analyse des variations des flux hydro-sédimentaires durant des épisodes de crues ponctuelles sur le rio Napo, son étude bathymétrique ; enfin la première mission binationale Pérou-Équateur en décembre 2001. Nombreux de ces travaux ont servi de point de départ pour réaliser la grande expédition scientifique pluridisciplinaire et multinationale sur le rio Napo d'octobre 2004.

Plus de 30 campagnes de terrain ont été réalisées dont certaines en partenariat avec d'autres institutions nationales et régionales (INOCAR, ECORAE, SENAMHI), ainsi que 7 500 filtrations de MES et 400 analyses physico-chimiques. Toutes ces données ont permis d'alimenter des banques de données hydro-sédimentologiques conséquentes qui ont été complétées par des récupérations de données historiques auprès de différentes institutions en place ou disparues (INO-

CAR, INECCEL) et ont fait l'objet d'un grand effort organisationnel, de critique, d'homogénéisation et de correction.

En termes de formation : 7 thèses d'ingénieur ont été soutenues à l'EPN et l'UCE, 3 stagiaires ont transité dans l'équipe, un fonctionnaire national a bénéficié d'une formation de deux mois en France et une étudiante d'un séjour d'un an pour y préparer le diplôme universitaire du DEA. Les formations concernaient surtout le transfert de technologies de dernière génération (ADCP, Orphymèdes, préleveurs, GPS, échosondeur) aux partenaires étudiants et fonctionnaires de l'INAMHI et l'apprentissage de nouveaux logiciels (Hydracess, Syseau, ArcView...).

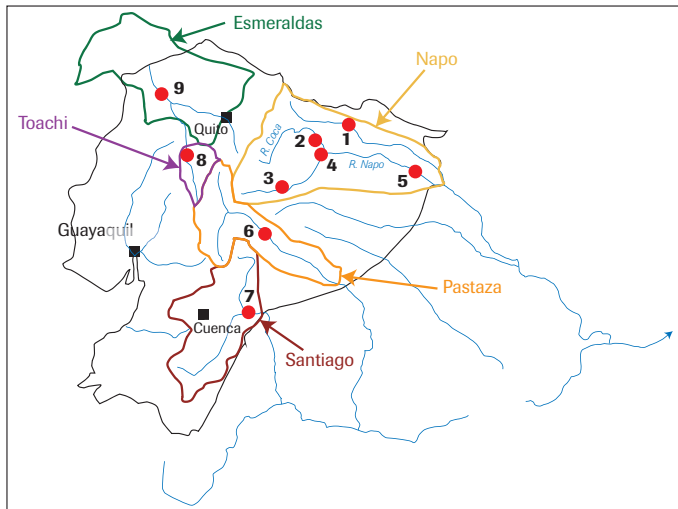
Dix-huit bourses diverses ont été obtenues de la part de l'IRD, l'IFEA et l'Ambassade de France.

En termes de valorisation, les premiers résultats ont été présentés dans 5 congrès internationaux (Cuenca, Caracas en 2001 ; Leticia en 2002 ; Catamarca en 2003 ; Moscou en 2004) et la participation des partenaires équatoriens a été prise en charge par plusieurs de ces bourses. Trente rapports de mission, 1 chapitre d'ouvrage et deux articles scientifiques ainsi qu'un documentaire télévisé ont été aussi réalisés. Les premiers résultats de ces travaux font l'objet de la première journée de ce séminaire.

Figure 1 - Le laboratoire de sédimentologie HYBAM/Équateur
El laboratorio de sedimentología HIBAM/Ecuador



Figure 2 - Les 9 stations de référence HYBAM/Équateur
Las 9 estaciones de referencia HIBAM/Ecuador



Articles scientifiques

Artículos científicos

Laraque, A., Ronchail, J., Cochoneau, G., Pombosa, R., Guyot, J.-L. (soumis), Hydro-Pluviometric Regime Singularities in the Ecuadorian Amazon Basin, in *Jo. of American Meteorological Society*.

Communications à congrès

Ponencias en congresos

Laraque, A., Céron, C., Armijos, E., Pombosa, R., Magat, P., Guyot, J.-L. (2004), Sediment Yields and Erosion Rates in the Napo River Basin: an Ecuadorian Andean Amazon Tributary, in *Sediment Transfer Through the Fluvial System – International Conference of IAHS. August 2-6, 2004 - Moscow, Russia*, p. 220-234.

Laraque, A., Elisa, A., Céron, C., Pombosa, R. (2003), Primeros resultados del proyecto HYBAM-Ecuador. Flujos de material en suspensión en la cuenca del río Napo. Simposio Internacional de degradación y desertificación, 5-10 de mayo de 2003, Catamarca, Argentina.

Laraque, A., Cerón, C., Eissen, J.-P., Bourdon, E., Muñoz, T. (2002), Primer estudio limnológico de la laguna del volcán El Altar en los Andes ecuatorianos. V Seminario Colombiano de Limnología & I Reunión Internacional de limnología del Alto Amazonas, Leticia (Amazonas) Colombia, mayo 20 a 24 de 2002.

Laraque, A., Cerón, C., Pombosa, R. (2002), Aplicaciones de tecnología

de última generación para el estudio de las subcuencas ecuatorianas del río Amazonas dentro del proyecto HYBAM, V Seminario Colombiano de Limnología & I Reunión Internacional de limnología del Alto Amazonas, Leticia (Amazonas), Colombia, mayo 20 a 24 de 2002.

Laraque, A., Guyot J.-L., Filizola, N. (2002), Flujos sedimentarios y exportaciones específicas en las principales subcuencas amazónicas, V Seminario Colombiano de Limnología & I Reunión Internacional de limnología del Alto Amazonas, Leticia (Amazonas), Colombia, mayo 20 a 24 de 2002.

Cerón, C., Laraque, A., Eissen, J.-P., Bourdon, E., Muñoz, T. (2001), Impacto del derrumbe del 13 octubre de 2000 en el lago El Altar (4.200 m) sobre los flujos sedimentarios y disueltos de la cuenca amazónica ecuatoriana, IV Congreso Ecuatoriano de Mecánica de suelos e Ingeniería Geotécnica (IV CEMSIG) – I Seminario Taller de desastres naturales y antrópicos, 28-30 de noviembre de 2001, Cuenca, Ecuador.

Eissen, J.-P., Beate, B., Hall, M.L., Monzier, M., Francou, B., Cotten, J., Laraque, A., Andrade, D., Cáceres, B., Hidalgo, S. (2001), El volcán El Altar: elementos geológicos y origen del gran deslave del 3 de octubre de 2000, IV Jornadas en Ciencias de la Tierra, Escuela Politécnica Nacional, Memorias, 3-6 de abril de 2001, Quito, Ecuador.

Pombosa, R., Laraque, A. (2001), Intégración fluvial Ecuador-Perú, V Congreso Latinoamericano y del Caribe sobre Mecánica de fluidos - LACA-FLUM 2001 – 14-17 de mayo de 2001, Caracas, Venezuela.

Participation à ouvrages

Participación en libros

Laraque, A., Guyot, J.-L., Pombosa, R., Hydroclimatología de la cuenca Amazónica de Ecuador y su hidrosedimentología (ejemplo de la cuenca del Napo), en La cuenca Oriente: geología y petróleo, Ed. IRD-IFEA-PetroEcuador, p. 131-151.

Vulgarisation scientifique

Difusión científica

- Participation au documentaire de 51' « La vie pas à pas », Emission Ushuaia Nature, diffusé le 06/10/2004 sur TF1
- Participación en el documental de 51' « La vie pas à pas » (La vida paso a paso), programa Ushuaia Nature, difundido el 6 de octubre de 2004 en el canal TF1 de la televisión francesa.
- Participation au documentaire de 41' « A la recherche de la mer disparue », Emission On vous dit pourquoi, diffusé le 19/02/05 sur France 2.
- Participación en el documental de 41' « A la recherche de la mer disparue » (En busca del mar perdido), programa On vous dit pourquoi, difundido el 19 de febrero de 2005 en el canal France 2 de la televisión francesa.

Síntesis de los resultados del proyecto HYBAM en Ecuador (2001-2003)

Palabras clave: Ecuador – Napo – cuenca amazónica – climatología – hidrología

La operación Ecuador, uno de los 4 componentes del programa HIBAM junto con Brasil, Bolivia y Perú, tiene como objetivos científicos el estudio de los fenómenos geodinámicos de erosión y de sedimentación en el piedemonte oriental de la cordillera de los Andes. Para ello, su equipo ha trabajado en varias disciplinas conexas: climatología, hidrología, sedimentología, geoquímica y geodinámica. En una primera etapa, se trataba de cuantificar las variaciones espacio-temporales de los flujos hidro-sedimentarios e hidro-geoquímicos provenientes de la vertiente oriental de la cordillera andina ecuatoriana, con el fin de elaborar mapas de tasas de erosión/transporte/sedimentación mediante un SIG. Hay que señalar que se escogió una cuenca, la del Esmeraldas, en la vertiente occidental de la cordillera a fin de comparar la incidencia de factores y de fenómenos climáticos como El Niño en las respuestas de las laderas andinas en términos de exportación de flujos hídricos y de sólidos.

El período 2001-2003 se dedicó esencialmente a un **intenso trabajo de campo**, con la **implantación de la red**

de observaciones, a la **recolección de datos** y a las **mediciones *in situ***, en especial a las operaciones de **calibración hidrológica** de las 4 nuevas estaciones de referencia de una red de 9 en 4 cuencas (figura 1), a la realización de las primeras series de aforos sólidos (60) y a la apertura de la estación ORE (Observatorio de Investigación Ambiental) de Francisco de Orellana, así como al **montaje y equipamiento de un laboratorio** autónomo de tratamiento de las muestras de agua y de MES (figura 2).

Finalmente se realizaron **operaciones especiales**, tanto originales como variadas y pioneras: estudio del impacto de los derrumbes (por ejemplo, el del 13 de enero de 2000 en el volcán El Altar y el del 13 de junio de 2002 cerca de Puyo, cuenca del Pastaza), de la influencia de la caída de ceniza durante las fases de intensa actividad volcánica (caso del volcán Tungurahua en el río Pastaza y de El Reventador en el río Coca), del reservorio de sales disueltas del volcán Quilotoa en la cuenca del Esmeraldas, del efecto de la marea oceánica en el estuario del río Guayas, reconocimiento del río Curaray, estudio de las variaciones de los flujos

hidro-sedimentarios durante episodios puntuales de crecida en el río Napo, y el análisis batimétrico correspondiente y finalmente la primera misión binacional Perú-Ecuador en diciembre de 2001. Muchos de esos trabajos sirvieron de punto de partida para realizar la gran expedición científica pluridisciplinaria y multinacional en el río Napo, en octubre de 2004.

Se efectuaron más de 330 campañas de campo, algunas de ellas en colaboración con otras instituciones nacionales o regionales (INOCAR, ECORAE, SENAMHI), así como 7.500 filtraciones de MES y 400 análisis físico-químicos. Todos estos datos permitieron alimentar bancos de datos hidro-sedimentológicos importantes que han sido completados con datos históricos obtenidos de diferentes instituciones existentes o desaparecidas (INOCAR, INECEL) y han sido objeto de un serio trabajo de crítica, homogeneización y corrección.

En términos de formación: 7 tesis de ingeniería fueron defendidas en la EPN y la UCE, se efectuaron 3 pasantías en el seno del equipo, un funcionario

nacional pudo capacitarse durante dos meses en Francia y una estudiante obtuvo una beca de un año para la preparación de su DEA (Diploma de Estudios Avanzados). Las acciones de capacitación consistieron sobre todo en la transferencia de tecnologías de última generación (ADCP, Orphymèdes, *préleveur*, GPS, eco-sondeo) a estudiantes y a funcionarios del INAMHI, y en el aprendizaje del manejo de nuevos softwares (Hydraccess, Syseau, ArcView...).

Se obtuvieron **18 becas diversas** del IRD, el IFEA y la Embajada de Francia.

En términos de valorización, los primeros resultados se presentaron en 5 congresos internacionales (Cuenca y Caracas en 2001; Leticia en 2002, Catamarca en 2003, Moscú en 2004), donde la participación de las contrapartes ecuatorianas fue posible gracias a las becas mencionadas. Se produjeron 30 informes de trabajo, un capítulo de libro y dos artículos científicos, así como un documental televisado. Los primeros resultados de los trabajos son el objeto de la primera jornada de este seminario.