

Corrélation entre la dynamique du fleuve Béni (Amazonie bolivienne) et la tectonique récente en utilisant des données de DGPS

Luc Bourrel¹
José Darrozes²
Magalie Strub²
Francis Bondoux³
Patrice Baby⁴
Jean-Loup Guyot⁴

Mots-clés : mesures DGPS – dynamique fluviale – tectonique récente – fleuve Béni – Amazonie bolivienne

Le réseau hydrographique de l'Amazonie bolivienne se compose des quatre principaux affluents que sont les rios Madre de Dios, Béni, Mamoré et Itenez. Le rio Béni présente un bassin versant de 282 000 km² dont 40 % sont situés dans la Cordillère des Andes bolivienne et péruvienne, et le reste dans la plaine Amazonienne. Les reliefs sont extrêmement contrastés, avec des points approchant les 6 500 m dans la Cordillère Royale et une altitude d'environ 130 m à la confluence avec le rio Madre de Dios. Nous nous sommes intéressés à une section du rio comprise entre Guanay (piémont andin) et Riberalta (jonction avec le rio Madre de Dios) qui représente une distance par le fleuve de 834 kilomètres avec un indice moyen de sinuosité de 1,93. Le profil du rio Béni a été calculé à partir des solutions

différentielles post-traitées de mesures GPS. Nous avons utilisé un GPS mobile embarqué sur un bateau et 4 stations de base situées le long du fleuve. Nous avons obtenu des mesures à +/- 50 millimètres en moyenne, avec localement toutefois, quand le PDOP augmente (> 3) et que la détermination de l'ambiguïté est mauvaise, des erreurs verticales pouvant atteindre plusieurs mètres (exemple : gorges situées près de Guanay). Nous présentons le profil longitudinal du rio

1 IRD-INAMHI, Projet HYBAM, Iñaquito N36-14 y Corea, Quito, Équateur

2 Laboratoire des Mécanismes de Transfert en Géologie (LMTG) - UMR 5563 CNRS - OMP - Université Paul-Sabatier, Toulouse, France

3 HYBAM - UR 154 LMTG, IRD, Santiago, Chili

4 HYBAM (UR154 LMTG), IRD - Casilla 18 1209, Lima 18, Pérou

Béni obtenu avec une erreur moyenne verticale de 5 centimètres et qui nous a permis de calculer une pente moyenne de 32 cm/km.

Deux secteurs sont clairement identifiés :

- le secteur amont (~230 kilomètres) entre Guanay et Rurrenabaque est situé dans le piémont andin et il présente une pente moyenne de 70 cm/km (voir la figure 1) et un indice moyen de sinuosité de 1,29. Ce secteur se compose d'une série d'anticlinaux et de synclinaux liés à un « *overthrust* » tectonique : la zone externe subandine (voir la figure 2). La morphologie influence fortement la dynamique du fleuve : les synclinaux montrent généralement une pente faible avec un indice élevé de sinuosité (voir la figure 2) proche de l'indice de sinuosité de la plaine amazonienne. Les anticlinaux génèrent un lit plus rectiligne associé aux « *knick-points* » qui montrent l'adaptation du fleuve aux contraintes topographiques. Nous observons également beaucoup de changements de direction du fleuve perpendiculairement à la pente régionale et impliquant localement la capture d'affluents ;
- le secteur aval (~600 kilomètres) est situé dans la plaine amazonienne (Rurrenabaque-Riberalta), et il est caractérisé par une pente moyenne de 8 cm/km (voir la figure 1) et un indice moyen de sinuosité de 2,06. Ce secteur est beaucoup plus homogène et le rio Béni est méandrique (voir la figure 2). Nous observons au sortir du subandin une diminution du facteur de sinuosité liée à de légères convexités topographiques. Le déplacement de la déformation vers la plaine amazonienne induit l'apparition de « *blind thrust* » formant ces convexités et marquant la fin de la « *Wedge Top Depot Zone* » (voir la figure 2). Puis jusqu'à Puerto Cavinás, le Béni ne présente aucun changement important. Cette zone correspond à une zone de sédimentation : la « *Foredeep Depot Zone* ». À Puerto Cavinás, le fleuve devient plus rectiligne et incise le bassin plus profondément. Du point de vue topographique, cette zone correspond à un bombement qui est interprété comme un bombement périphérique : le « *Forebulge* », qui correspond à la réponse élastique à la charge de la chaîne andine localisée en amont.

Figure 1 – Le profil de pente du fleuve Béni entre Guanay et Riberalta, obtenu à partir de mesures DGPS
El perfil de pendiente del río Beni entre Guanay y Riberalta, obtenido a partir de medidas DGPS

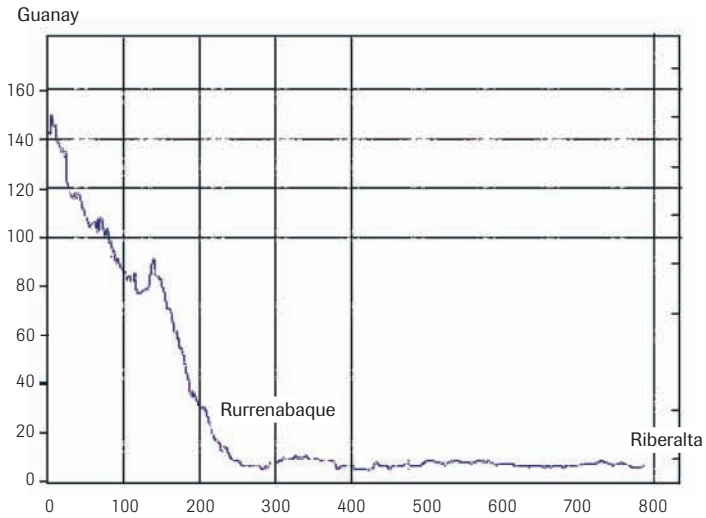
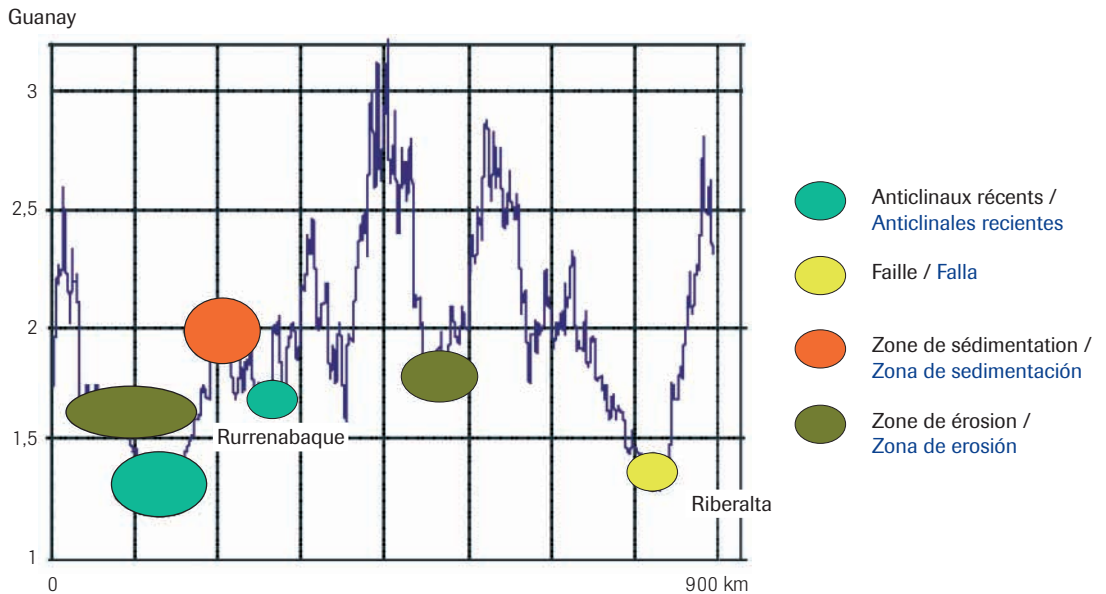


Figure 2 – Relation entre la dynamique du fleuve Béni (profil de sinuosité) et la tectonique récente
Relación entre la dinámica del río Beni (perfil de sinuosidad) y la tectónica reciente



Correlación entre la dinámica del río Beni (Amazonía boliviana) y la tectónica reciente, mediante utilización de datos de DGPS

Palabras clave: medidas DGPS – dinámica fluvial – tectónica reciente – río Beni – Amazonía boliviana

La red hidrográfica de la Amazonía boliviana está compuesta de los cuatro afluentes principales que son los ríos Madre de Dios, Beni, Mamoré e Itenez. El río Beni presenta una cuenca de 282.000 km² de los cuales el 40% están ubicados en la cordillera de los Andes boliviana y peruana y el resto en la llanura amazónica. Los relieves son extremadamente contrastados, con puntos que se acercan a los 6.5000 m de altura en la cordillera Real y una altitud de aproximadamente 130 m en la confluencia con el río Madre de Dios. Se puso interés en una sección del río comprendida entre Guanay (piedemonte andino) y Riberalta (unión con el río Madre de Dios), que representa una distancia por el río de 834 km, con un índice promedio de sinuosidad de 1,93. Se calculó el perfil del río Beni a partir de las soluciones diferenciales post tratadas de medidas GPS. Se utilizó un GPS móvil instalado en un barco y cuatro estaciones de base ubicadas a lo largo del río. Se obtuvieron medidas a +/- 50 milímetros en promedio, aunque localmente, por aumento del PDOP (> 3)

y una deficiente determinación de la ambigüedad, con errores verticales que pueden alcanzar varios metros (ejemplo: gargantas situadas cerca de Guanay). Se presenta el perfil longitudinal del río Beni, obtenido con un error promedio vertical de 5 cm y que permitió calcular una pendiente media de 32 cm/km.

Se identifican claramente dos sectores:

- el sector aguas arriba (-230 km) entre Guanay y Rurrenabaque está situado en el piedemonte andino y presenta una pendiente promedio de 70 cm/km (véase la figura 1) y un índice medio de sinuosidad de 1,29. Este sector se compone de una serie de anticlinales y de sinclinales ligados a un «*overthrust*» tectónico: la zona externa subandina (véase la figura 2). La morfología influye grandemente en la dinámica del río: los sinclinales muestran generalmente una pendiente débil con un elevado índice de sinuosidad (figura 2) cercano al de la llanura amazónica. Los anticlinales generan un lecho más rectilíneo asociado a los «*knickpoints*»

que muestran la adaptación del río a las limitaciones topográficas. Se observan igualmente muchos cambios de dirección del río perpendicularmente a la pendiente regional y que implican localmente la captura de afluentes;

- el sector aguas abajo (~600 km) está situado en la llanura amazónica (Rurrenabaque-Riberalta) y se caracteriza por una pendiente promedio de 8 cm/km (véase figura 1) y un índice promedio de sinuosidad de 2,06. Este sector es mucho más homogéneo y el río Beni es meandriforme (figura 2). Se observa, a la salida del subandino, una disminución del factor de sinuosidad ligada a ligeras convexidades topográficas. El desplazamiento de la defor-

mación hacia la llanura amazónica induce la aparición de «*blind thrust*» que forman esas convexidades y marcan el fin de la «*Wedge Top Depot Zone*» (figura 2). Luego, hasta Puerto Cavinás, el Beni no presenta cambio importante alguno. Esta zona corresponde a una zona de sedimentación, la «*Fore-deep Depot Zone*». En Puerto Cavinás el río se torna más rectilíneo y corta a la cuenca de manera más profunda. Desde el punto de vista topográfico, esta zona corresponde a un abombamiento que es interpretado como un abombamiento periférico, el «*Fore-bulge*», que corresponde a la respuesta elástica a la carga de la zona andina localizada aguas arriba.