

**COMPTE-RENDU DE MISSION AU PEROU
DU 24 OCTOBRE AU 5 NOVEMBRE 2005**

**Coopération avec l'Univ. de Washington et le
Stroud Water Research Centre**

Cadre : projet NSF (1999-2006)

**Laurence MAURICE BOURGOIN (IRD)
Rolf AALTO (UW)
Anthony AUFDENKAMPE (SWRC)**



**CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGES D'EAU ET DE SEDIMENTS
DANS LA PLAINE D'INONDATION DU RIO UCAYALI**

1 - Cadre de la mission

Participation aux réunions ORE-HYBAM qui se déroulaient à Lima en collaboration avec les partenaires du Sud.

La mission de terrain, réalisée au Pérou dans le cadre du programme HyBAm (UR154), s'est déroulée en collaboration avec un chercheur de l'Université de Washington (Seattle), Rolf Aalto, spécialisé en géomorphologie, et un chercheur du Stroud Water Research Centre, Anthony Aufdenkampe, biogéochimiste, spécialisé dans le cycle du carbone en Amazonie.

Cette mission, qui fait suite à celles de 2004 (sur le Beni en Bolivie), a été réalisée dans le cadre d'un second projet financé par la NSF sur ce thème et intitulé "Episodic, ENSO-Orchestrated Carbon Sequestration in Amazonian River Basins by Erosion-Sedimentation Processes" (NSF award number EAR-0404169), auquel plusieurs chercheurs et un ingénieur de l'UR154 sont associés (JL Guyot, L Maurice-Bourgoin, P Moreira-Turcq et P Vauchel). Ce projet, validé pour 3 ans, a débuté en août 2004 (en raison de délais administratifs).

2 - Objectifs de la mission et méthodologies

L'objectif principal de ce projet est d'étudier en détails le rôle des fortes crues dans la séquestration des sédiments (RA, LMB et JLG) et du carbone (AA, RA et PMT) associé dans les plaines d'inondation du "foreland basin" de Bolivie, ainsi que d'autres éléments géochimiques importants, comme le mercure associé à la fraction fine de ces sédiments (LMB et RA).

L'objectif scientifique principal de Rolf Aalto est l'étude des taux d'érosion et de sédimentation dans les bassins des rios Béni et Mamore. Il a développé un modèle quantitatif à méso-échelle de transport de sédiments dans le chenal principal et la plaine d'inondation de rivières non anthropisées qu'il a appliqué à ces rivières.

L'objectif scientifique principal d'Anthony Aufdenkampe, avec Rolf Aalto, est d'étudier le rôle des plaines d'inondation d'un "foreland basin" amazonien dans la séquestration du carbone. Cette étude est fondée sur l'hypothèse que la m.o. "fraîche" adsorbée sur les surfaces minérales des sols andins lessivés en saison des pluies puis déposés dans la plaine d'inondation pendant les grandes crues ne sera pas soumise au processus de minéralisation sur des échelles de temps du demi siècle car enfouie rapidement en milieu anoxique. L'objectif est de quantifier le rôle des plaines d'inondation dans la séquestration du CO et de caractériser le C apporté par les tributaires andins, en particulier au niveau des éboulements de terrain (où les sols sont soumis à une très forte érosion en saison des pluies).

L'objectif principal de Laurence Maurice-B. est de quantifier le rôle des plaines d'inondation du bassin amazonien dans le piégeage des sédiments et du mercure associé ainsi que d'étudier l'historique de la contamination par cet élément à l'échelle du siècle, et donc de compléter les premiers résultats obtenus en 1999 et 2000 en Bolivie. Par ailleurs, une des questions scientifiques actuelles consistant à quantifier la part des sources d'origine naturelle et anthropique dans la contamination par le Hg des sols et sédiments tropicaux, nous avons également prélevé des échantillons représentatifs des principales sources naturelles et anthropogéniques de cet élément dans le bassin (roches, sols et sédiments) ainsi que du mercure liquide utilisé par les orpailleurs de la région, en vue de l'analyse des rapports isotopiques du Hg (au LMTG, en collaboration avec J. Sonke).

Notre stratégie d'échantillonnage a donc consisté à prélever :

?? les eaux de surface du Rio Ucayali et de ses principaux formateurs (analyses MES + géochimiques): Rios Perene, Pangoa, Ene, Tulumayo, Chanchamayo, Paucartambo, Satipo, Tambo et Urubamba (Fig. 1).

- ?? des sols et roches du piémont andin, principalement au niveau des glissements de terrain naturels ou non (analyses C + isotopes du Hg)
- ?? les sédiments de la plaine d'inondation du rio Ucayali depuis Atayala jusqu'à Pucallpa. Au total 10 transects ont été réalisés, avec carottages de sédiments jusqu'à 1,50 m de profondeur (et pour certains jusqu'à 3 m) au niveau des berges, dans la forêt et dans la plaine distale jusqu'à plusieurs km de la berge.

3 - Participants

Laurence MAURICE BOURGOIN	IRD, LMTG, France
Rolf AALTO	Univ. de Washington, Dept Earth Sci., US
Anthony AUFDENKAMPE	Stroud Water Research Centre, US
Diego FLORES	Etudiant du SWRC, US
Hector BUZON	Etudiant en mestrado, UNALM, Pérou

+ 1 *Chauffeur*

4 - Financement

Les frais de tournée sur le terrain de tous les participants ainsi que les frais de location du bateau ont été pris en charge par le projet NSF.

Les frais d'essence du véhicule IRD utilisé pour la mission (jaugeages et remplacement de l'Orphimède à Atalaya) ont été pris en charge par l'IRD (programme ORE-HyBAm).

5 - Déroulement de la mission

25-27 octobre 2005: Lima

Réunions ORE-HYBAM.

27 octobre 2005: Lima

- Arrivée de Rolf Aalto et Anthony Aufdenkampe
- Réunion à l'IRD avec J.L. Guyot, P. Seyler et M. Roulet: présentation de nos résultats antérieurs, du projet actuel et des objectifs de notre mission.

28 octobre 2005: Lima

- Mise en évidence des besoins – Organisation de la mission

29 octobre 2005: Lima - Tarma

- Échantillonnage de plantes, roches et sols sur glissements de terrain (pour analyses et caractérisation du CO et isotopes du Hg)

30 octobre 2005: Tarma - Pichanaqui

- Échantillonnage de plantes, roches et sols sur glissements de terrain (pour analyses et caractérisation du CO et isotopes du Hg)
- Échantillonnage de Hg liquide (pour analyse des isotopes du Hg) et interviews de chercheurs d'or en prospection sur une carrière ouverte

31 octobre 2005: Pichanaqui - Satipo

- Échantillonnage de plantes, roches et sols sur glissements de terrain (pour analyses et caractérisation du CO et isotopes du Hg)
- Visite de la station météorologique du SENAMHI (observateur : Marcelino Tonar) et gardiennage des véhicules à Pto Ocopa (par le chauffeur)

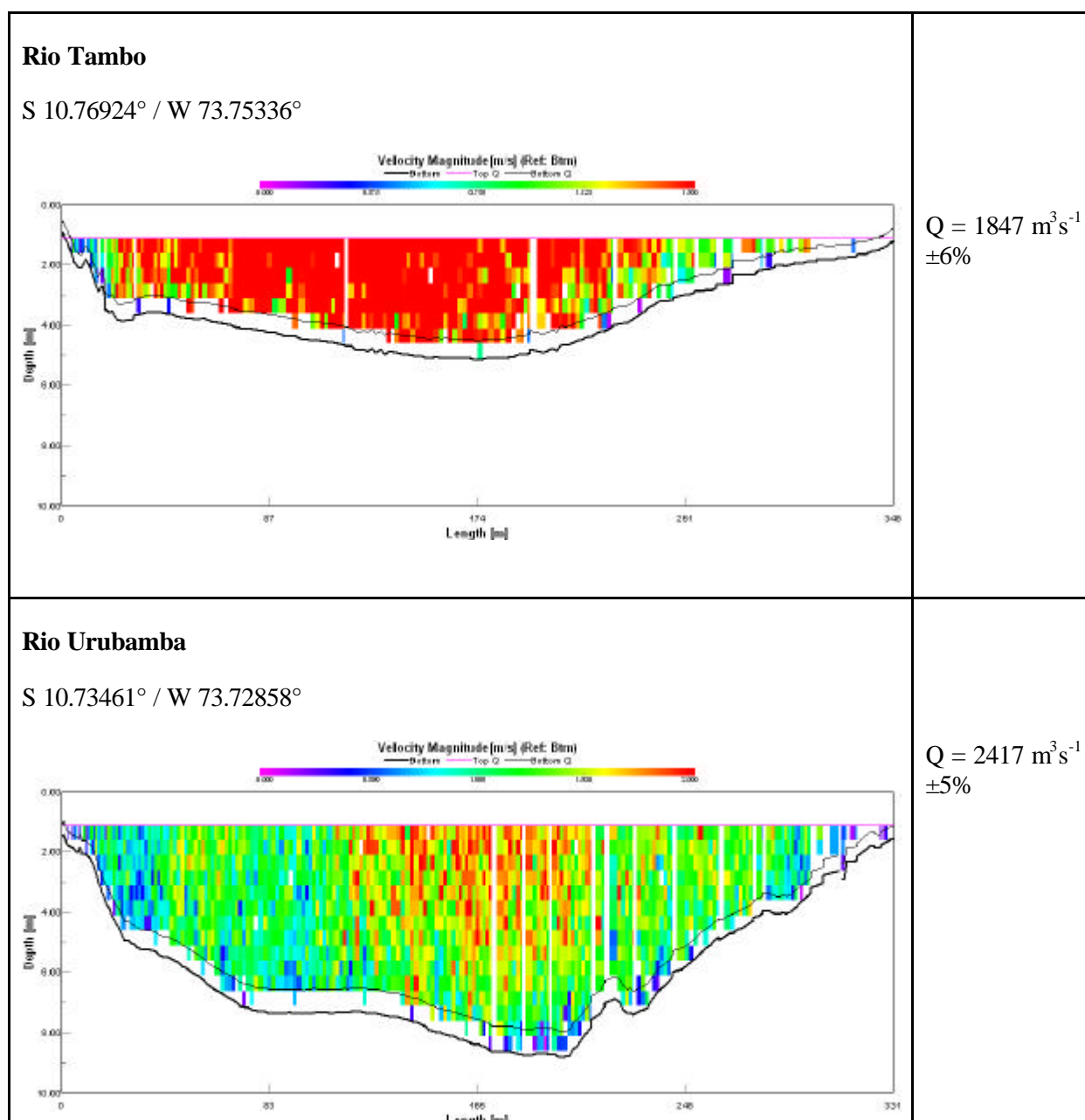
01 novembre 2005: Pto Ocopa – Atalaya (descente en pirogue)

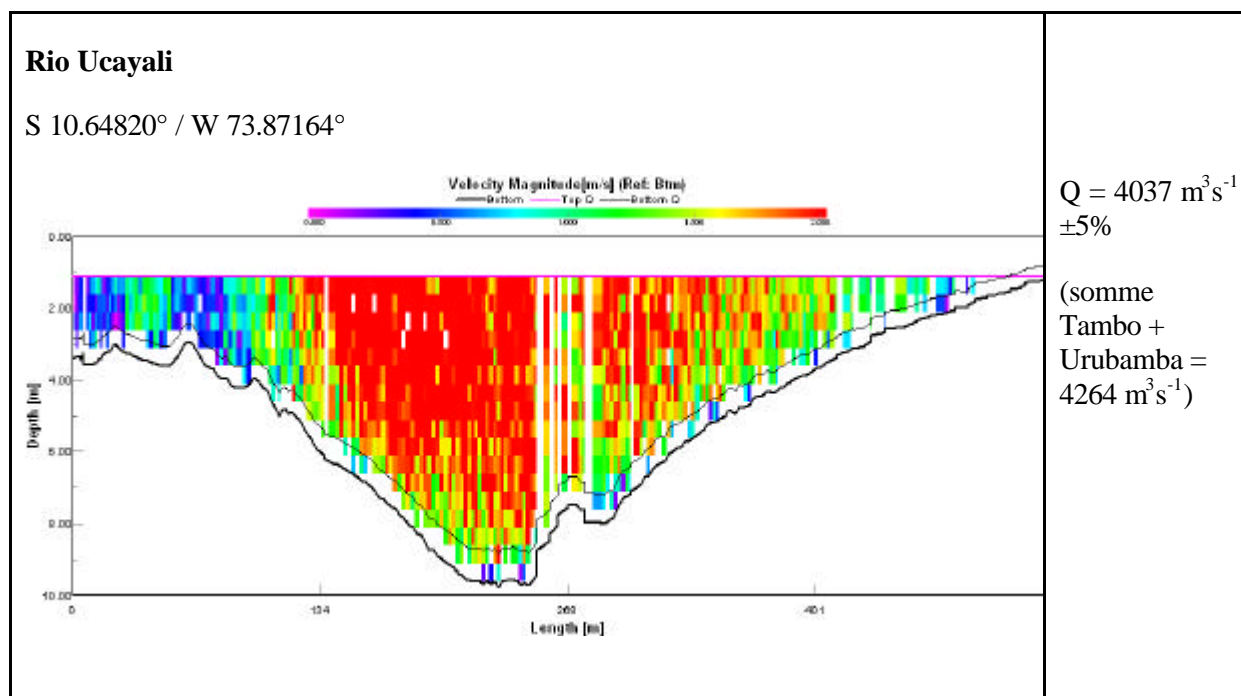
- Location d'une pirogue avec Paco Sanz (propriétaire : Pepe Campos Merino).
- Échantillonnage des rios Perene, Pangoa, Ene, Tulumayo, Chanchamayo, Paucartambo et Satipo (pour analyses du CO, du Hg, et des majeurs) dans la partie aval de leur bassin de drainage
- Filtrations des échantillons.

02 novembre 2005: Atalaya

- Jaugeages des rios Tambo, Urubamba et Ucayali avec l'ADCP 600 kHz couplé à un GPS (Garmin 12XL)
- Échantillonnage des rios Tambo, Urubamba et Ucayali (pour analyses du CO et des majeurs)

La localisation des points de prélèvements d'eau de surface ainsi que les résultats des paramètres physico-chimiques mesurés *in situ* sont présentés en annexe 1.





Remarques importantes pour le suivi et l'interprétation des résultats de la station ORE sur le Rio Ucayali :

Au niveau de la station de suivi ORE du Rio Ucayali à Santa Rosa, nous avons remarqué que les **eaux des rios Tambo et Urubamba n'étaient pas mélangées**. En effet, d'importantes précipitations tombées le 31 octobre et 01^{er} novembre ont été particulièrement abondantes dans le bassin du Rio Tambo alors en crue. Pour preuve, la conductivité de ses eaux de surface mesurées en face de Atalaya est passée de 123 $\mu\text{S cm}^{-1}$ à 10h20, à 260 $\mu\text{S cm}^{-1}$ à 18h15. Par ailleurs, la présence d'îles au milieu de la section depuis leur confluence ne favorise pas le mélange de ces 2 tributaires andins. Nous sommes donc allés plus en aval, à l'aval de l'île Fondo del Piño, à la fois pour les jaugeages et pour les prélèvements d'eau de surface. Même à cette station, les eaux n'étaient toujours pas mélangées comme l'attestent les mesures de conductivité ci-après :

Distance %RG (m)	10	50	100	200	300	400	500	600	620
Cond. (μScm^{-1})	251	247	247	223	187	162	153	150	143

Pour le suivi des crues à cette station, nous avons donc décidé après une longue discussion (!), de demander à l'observateur d'échantillonner dans le cadre de nos recherches dans le projet NSF, les 2 tributaires, les Rios Tambo et Urubamba, au cours des crues et non le seul Ucayali à l'aval dont les données auraient été ininterprétables. Nous lui avons laissé du matériel pour 1 an de suivi.

Nous souhaitons vivement estimer les apports en sédiments, éléments majeurs et carbone organique au Rio Ucayali à partir des données de jaugeages réalisés régulièrement sur ces tributaires (de manière à prendre en compte leurs débits respectifs) ainsi qu'à partir du suivi journalier des hauteurs d'eau à Santa Rosa.

Il serait intéressant de rediscuter également au niveau de l'ORE du maintien ou du déplacement de cette station, notamment en période de crue.

03 et 04 novembre 2005: Atalaya

- Visite de l'INRENA et présentation par l'Ing. Juan Vicente Herera Vargas de leur réseau de suivi de la qualité des eaux et des activités de déforestation. Discussion de la collaboration avec l'IRD.
- Filtrations des rios Tambo, Urubamba et Ucayali avec l'observateur (ORE HYBAM) de Atalaya (Danilo Macedo Argyalo) – explication des nouveaux prélèvements et filtrations qu'il aura à faire pendant la période des crues (suivi des MES, du ^{210}Pb , des majeurs et du CO).
- Changement de l'Orphimède à Santa Rosa (par Hector)

05 novembre –11 novembre 2005: Navigation sur le rio Ucayali et prélèvements d'eau et de sédiments (dans la plaine) par l'équipe américaine

- Réalisation de 10 transects dans la forêt de la "distal floodplain"
- Carottages de sédiments jusqu'à 3 m de profondeur

Toutes les analyses RX, granulométriques, géochimiques, isotopiques, ainsi que du CO seront réalisées sur les mêmes échantillons de sédiments découpés dans les carottes.

Dans les eaux de surface, les analyses des éléments majeurs et trace seront faites au LMTG (France), du CO au WSRC (US) et du ^{210}Pb à l'UW (US).

6 - Conclusions

Les objectifs prévus pour cette campagne de prélèvements et d'observation terrain ont été atteints ainsi que la mise en place du suivi des crues par l'observateur de Atalaya, pour l'année 2005-06. Les apports en sédiments, éléments majeurs et carbone organique au Rio Ucayali seront calculés à partir des données de jaugeages réalisés régulièrement sur ces tributaires (de manière à prendre en compte leurs débits respectifs) ainsi qu'à partir du suivi journalier des hauteurs d'eau à Santa Rosa.

Il serait intéressant de rediscuter également au niveau de l'ORE du maintien ou du déplacement de la station Santa Rosa sur l'Ucayali, notamment en période de crue, ou de prévoir l'échantillonnage également de ses formateurs (Urubamba et Tambo).

A l'issue de cette campagne, Anthony A. est allé en Bolivie visiter notre observatrice à San Buenaventura. Il lui a fourni nos flacons et de nouveaux systèmes de filtration pour continuer le suivi des crues du Rio Béni à Rurrenabaque, au cours de l'année 2005-06. Philippe Vauchel nous ayant ramené à Lima les échantillons déjà filtrés de l'année 2004-05.

L'organisation d'une campagne sur le Rio Madre de Dios a été discutée; R. Aalto et A. Aufdenkampe souhaitant continuer à collaborer avec notre équipe.

Tous les résultats obtenus au cours de cette campagne seront communs à chacun des participants; R. Aalto met également à notre disposition d'autres informations (DGPS water elevations, cartes, etc...).

Le 09 janvier 2006,

Laurence MAURICE BOURGOIN
maurice@lmtg.obs-mip.fr

ANNEXE 1

LOCALISATION ET CARACTERISATION DES POINTS DE PRELEVEMENTS D'EAU DE SURFACE

Figure 1. Localisation des points de prélèvements d'eau de surface dans le haut bassin versant du Rio Ucayali.

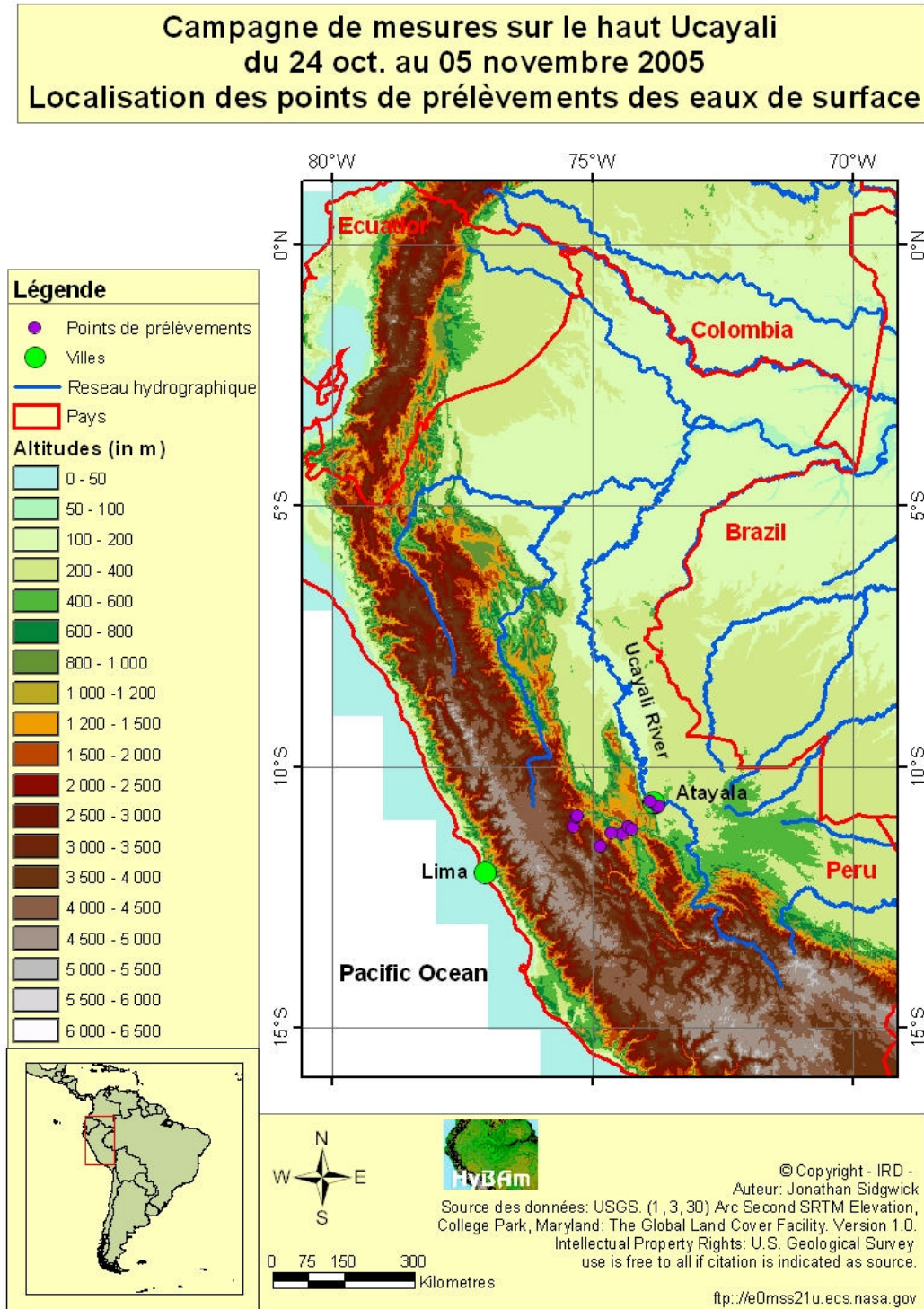


Tableau 2. Paramètres physico-chimiques mesurés in situ dans les eaux de surface échantillonnées dans le bassin du Rio Ucayali.

Campagne Ucayali - Péru - nov. Déc. 2005

Prélèvements et jaugages par : Laurence MB, Hector B, Anthony A, Rolf A et Danilo MA

Code	Rio	Lieu	Longitude	Latitude	Alt. (m)	Date	Heure	Temp (°C)	Cond (µS/cm)	pH terrain	OD (mg/l)	OD (%)
			W	S								
A56	Tulumayo	draine San Vi	75,34579	11,14339	847	30/10/2005		19,5		7,97	8,78	95,7
A57	Chanchamayo		75,29425	10,96068	694	30/10/2005		22		8,17	8,43	96,4
A58	Paucartambo		75,28103	10,9285	697	30/10/2005		21,9		8,19	7,96	90,6
A66	Black-water R		74,84457	11,51079	2501	31/10/2005						
A70	Satipo	sur le pont de	74,63686	11,26241	673	31/10/2005		19,2		7		94,3
A73	Perene	100m upstrea	74,31466	11,13393	335	01/11/2005	12:00	22,3		7,95	9,02	104,3
A71	ruisseau	très turbide (r	74,43216	11,28633	469	01/11/2005	09:00	21,9		8,473	8,94	101,5
A74	Pangoa	proche Pto Oc	74,30035	11,14786	331	01/11/2005	12:45	21,1		7,818	9,3	105
A75	Ene		74,23268	11,18386	325	01/11/2005	13:30	22,4		8	8,23	95,1
A76	Tambo		73,75336	10,76924	224	02/11/2005	10:20	24,1	123	7,96	7,72	92,3
A77	Urubamba		73,72858	10,73461	227	02/11/2005	13:00	24,8	148	8,07	7,25	86
A78	Ucayali	aval île Fondo	73,87881	10,65051	211	02/11/2005	16:50	25,2	157	8,07	7,05	86,2