



# Mission de terrain sur l'Alto Mayo

## Compte-rendu

Du 24 avril au 4 mai 2017

James APAESTEGUI  
Jean-Loup GUYOT  
Darwin HUAMAN  
Olivier GRANDJOUAN

## Sommaire

Sommaire .....	2
Table des matières .....	2
I – Introduction.....	3
II – Déroulement de la mission .....	3
Lundi 24 avril .....	3
Mardi 25 avril.....	3
Mercredi 26 avril.....	3
Jeudi 27 avril.....	4
Vendredi 28 avril.....	4
Samedi 29 avril.....	4
Dimanche 30 avril .....	5
Lundi 1 <sup>er</sup> mai .....	8
Mardi 2 mai .....	8
Mercredi 3 mai .....	10
Jeudi 4 mai .....	10
Annexes.....	12
Annexe 1 – Jaugeage au radar .....	12
Annexe 2 – Inventaire des échantillons.....	13
Annexe 3 – Mesure des échantillons de Naciente Rio Negro .....	16

## I – Introduction

Cette mission se déroule dans le cadre de l'étude hydrologique et climatologique du bassin de l'Alto Mayo, dans la région de San Martin. Depuis 2015, un certain nombre de dispositifs de mesures ont été mis en place dans la zone afin de contrôler les précipitations ainsi que les variations hydrologiques des fleuves et résurgences issus du massif calcaire de l'Alto Mayo. De plus, des observateurs locaux ont été engagés pour effectuer des mesures et des échantillonnages réguliers.

Participant à cette campagne, Jean-Loup Guyot et Olivier Grandjouan de l'IRD, James Apaestegui et Darwin Huáman de l'IGP.

Les objectifs de la mission sont multiples :

- Aller à la rencontre des observateurs pour récolter les données pluviométriques, les différents échantillons des suivis hydrologiques, géochimiques et isotopique, et contrôler le travail des observateurs.
- Effectuer des jaugeages (ADCP, moulinet, radar), des échantillonnages et des mesures de l'alcalinité sur certains fleuves et résurgences.
- Etendre le réseau de mesure en installant de nouveaux pluviomètres et capteurs de mesures, ainsi qu'en cherchant de nouveaux observateurs locaux à engager.
- Chercher des contacts en vue de préparer la logistique de la mission scientifique d'Août 2017

## II – Déroulement de la mission

### Lundi 24 avril

Départ de James et Olivier en voiture depuis Lima en direction de Piura. Halte à Pacasmayo pour la nuit.

### Mardi 25 avril

Départ de Pacasmayo et arrivée à Piura dans l'après-midi. Nuit à l'hôtel.

### Mercredi 26 avril

Venu depuis l'université de Tumbes, Darwin rejoint Olivier et James à Piura, chargé de l'ADCP qui permettra les jaugeages précis pour la mission. L'après-midi est consacré à un rendez-vous avec le Professeur Rodolfo Rodriguez de l'université de Piura (UDEP). James y récupère des échantillons de pluies récoltés sur le terrain de l'université, en vue d'y mesurer certains isotopes. L'inventaire des différents échantillons est présenté en Annexe 2. Nuit à l'hôtel de Piura.

## Jeudi 27 avril

Départ de Piura et arrivée à Jaén dans l'après-midi où Jean-Loup a atterri depuis Lima plus tôt dans la journée. Briefing de la mission, achat des équipements manquants et calibrage du pluviographe et du DistoX (qui semble défectueux). Nuit à l'hôtel de Jaén.

## Vendredi 28 avril

L'équipe étant au complet, départ de Jaén en direction du lac de **Pomacochas** (Amazonas). Rencontre avec Melanio, l'observateur local. Les données issues de la CTD placée au bord du lac sont extraites. Puis le nouveau pluviomètre automatique est installé chez l'observateur (Figure 1). Départ de Pomacochas après avoir récupéré les échantillons d'isotopes de James.



Figure 1 - Nouveau pluviomètre installé à Pomacochas

Arrivés dans l'Alto Mayo (San Martín), visite des gardes de forestiers en la Station SERNANP de **Venceremos**, afin d'y récolter les données pluviométriques correspondantes, et les échantillons du suivi isotopique des précipitations.

Sur la route de Nueva Cajamarca, arrêt à la grotte de **Palestina** pour y récolter les données du CTD et des deux baromètres. Les pluies récentes rendent plus difficile l'accès à la CTD installée dans la grotte, le débit de la résurgence ayant augmenté de façon significative.

Arrivée à Nueva Cajamarca le soir et installation à l'hôtel.

## Samedi 29 avril

La matinée est consacrée à la résurgence d'**Aguas Claras**. Le niveau d'eau y semble plus élevé que la normale et empêche un jaugeage au courantomètre électromagnétique. Un jaugeage à l'ADCP est donc

effectué avec l'aide de Darwin. Il est ensuite découvert que la sonde installée plus en amont sur un arbre a disparu, arrachée par l'eau ou par un tiers, rien ne permettant d'en déterminer la cause exacte.

- Niveau de référence mesuré : 68 cm
- Conductivité : 297  $\mu\text{s}/\text{cm}$
- pH : 7,46
- Alcalinité : 9 unités (pour 25 mL)
- Débit obtenu à l'ACDP : 9,96  $\text{m}^3/\text{s}$
- Inventaire des échantillons en Annexe 2

L'observatrice locale Gilda a été payée pour les mois d'observation de Janvier à Mai. Cependant on découvre que les flacons utilisés pour les isotopes ne sont pas les bons. Il est décidé d'aller lui fournir les corrects un autre jour.

L'après-midi se déroule ensuite à la résurgence de **Tioyacu**. Le jaugeage à l'ADCP et au radar est effectué au niveau du pont, à l'entrée du parking. Les mesures sont effectuées au niveau de la résurgence, proche de la CTD.

- Niveau de référence mesuré : 82 cm
- Règle : 84 cm
- Conductivité : 242  $\mu\text{s}/\text{cm}$
- pH : 7,52
- Alcalinité : 17 unités (pour 30 mL)
- Débit obtenu à l'ADCP : 5,85  $\text{m}^3/\text{s}$
- Données obtenues au radar en Annexe 2

Enfin, un affluent au rio Tioyacu, à l'amont de la section jaugée, est repéré : le rio Azungillo avec un débit estimé à 1  $\text{m}^3/\text{s}$ , qui sort lui aussi d'une résurgence située à quelques km de là. Le débit de la résurgence de Tioyacu est donc de 4.9  $\text{m}^3/\text{s}$ . Il est décidé de rencontrer Percy, l'observateur, un autre jour.

## Dimanche 30 avril

La matinée est consacrée à la résurgence et au fleuve **rio Negro**.

Le premier arrêt s'effectue au niveau du pont de la route asphaltée. Un jaugeage à l'ADCP (Figure 2) et au radar y sont effectués, et le niveau de la règle y est lu.

- Règle : 2,76 m
- Débit obtenu à l'ADCP : 24,6  $\text{m}^3/\text{s}$
- Données obtenues au radar en Annexe 1



Figure 2 - Jaugeage du rio Negro à l'ADCP

Le prochain arrêt correspond au pont du chemin caillouteux, plus en amont. De nouveaux sont effectués des jaugeages à l'ADCP et au radar. La côte de référence y est également mesurée.

- Niveau de référence : 3,10 m
- Débit obtenu à l'ADCP : 28,9 m<sup>3</sup>/s
- Données obtenues au radar en Annexe 1

Vers midi sont mesurées les caractéristiques de l'eau au niveau de la résurgence.

- Température : 16,6 °C
- Conductivité : 282 µs/cm
- pH : 7,5
- Alcalinité : 66 unités (pour 30 mL)

Visite et déjeuner chez les observateurs locaux Samuel et Jhenny. Les échantillons sont récupérés (inventaire en Annexe 2, mesure des échantillons récoltés en bouteille en Annexe 3)

Dans l'après-midi, passage à **Vista Alegre** pour y récolter les données pluviométriques de l'équipement installé en janvier chez Anaximandro. L'appareil semble entretenu et en bon état (Figure 3).



Figure 3 - Lecture des données du pluviographe

Sur le chemin du retour est effectué un nouvel essai de jaugeage à l'ADCP (Figure 4), au niveau d'un nouveau pont plus proche de la source. La section choisie est turbulente et les résultats sont hétérogènes pour une valeur moyenne de 28,6 m<sup>3</sup>/s. Une marque rouge a été placée sur le pont, où un niveau de référence a été mesuré (figure 5)

- Niveau de référence : 4,53 m



Figure 4 - Jaugeage du rio Negro à l'ADCP, nouvelle section



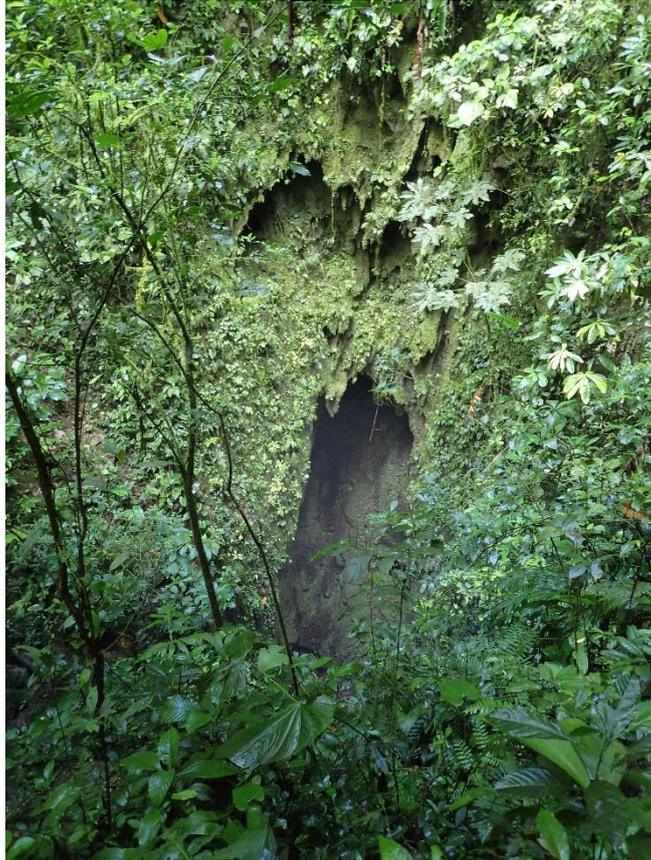
Figure 5 - Niveau repère pour la mesure de référence

## Lundi 1<sup>er</sup> mai

Dans la matinée, départ pour **Paraíso**, et rencontre avec Jhordi, observateur de 15 ans d'un pluviomètre manuel. L'appareil est entretenu mais quelques lacunes s'observent dans ses mesures. Jhordi ayant été difficilement joignable, le numéro de téléphone de son père est récupéré :

- Numéro Leancio (Père de Jhordi) : 942 920 695

Sur le chemin du retour, des photos de l'entrée du Tragadero de Porvenir (Figure 6), déjà connu, sont prises. Passage par **Palestina** où les données pluviométriques sont récupérées.



*Figure 6 - Entrée du Tragadero de Porvenir*

Enfin l'après-midi est consacré à la prospection d'une nouvelle perte supposée proche d'**Aguas Claras**. Un local ( ??) nous y guide, mais il s'avère être une résurgence déjà connue, la résurgence de Wilson. Une exploration de la véritable perte est prévue avec le guide pour le mois d'août. Enfin les véritables flacons à isotopes sont fournis à l'observatrice Gilda.

## Mardi 2 mai

La matinée du 2 mai est consacrée à l'installation d'une sonde de niveau d'eau dans la grotte de **Piedra Brillante**. L'appareil y est installé une centaine de mètres après l'entrée, au niveau de l'escalier en métal (Figure 7).



Figure 7 - Installation d'un capteur dans la grotte de Piedra Brillante

Sur le retour, un crochet chez le notaire pour y récolter les papiers officiels de la création de l'ECA. Vers midi, rendez-vous à la mairie de Nueva Cajamarca pour y signer de nouveaux accords concernant l'étude des grottes et le tourisme local (Figure 8). Après manger, rencontre de Percy, l'observateur de **Tioyacu** à Segunda Jérusalem (inventaire des échantillons récupérés en Annexe 2), puis départ pour **Moyobamba**.



Figure 8 - Signature d'un accord avec la mairie de Nueva Cajamarca

Arrivés à destination, un jaugeage à l'ADCP est effectué sur le rio Mayo à partir d'une pirogue à moteur, ainsi que différentes mesures :

- Mesure de référence : 4,65 m (depuis la fourche de la branche de l'arbre, voir photo)
- Température : 22,4 °c
- Conductivité : 228 µs/cm
- pH : 7,51
- Alcalinité : 34 unités (pour 30 mL)
- Inventaire des échantillons en Annexe 2

Le contact du propriétaire du bateau est pris pour la mission d'Août, et ce dernier donne quelques renseignements sur une grotte à 3-4 h de pirogue de Moyobamba.

Départ pour Tarapoto et nuit à l'hôtel.

### Mercredi 3 mai

Darwin est déposé au terminal de bus avec l'ADCP pour son retour à Tumbes. S'en suit un départ vers **Yurimaguas** pour de nouvelles mesures. Un bateau permet d'effectuer des mesures au milieu du rio Huallaga.

- Température : 25,8 °C
- Conductivité : 254 µs/cm
- pH : 7,59
- Alcalinité : 10 unités (pour 30 mL)
- Inventaire des échantillons en Annexe 2

Des renseignements sont pris pour se rendre à Balsa Puerto afin d'y prospecter de nouvelles grottes, mais l'état de la route promet un trajet de 3-4h. Le projet est laissé à une autre expédition. Retour à Tarapoto pour passer la nuit à l'hôtel.

### Jeudi 4 mai

Au petit matin, des mesures et un échantillonnage sont effectués sur le rio Huallaga, au niveau du bac qui donne l'accès à Sauce.

- Température : 24,8 °C
- Conductivité ; 196 µs/cm
- pH : 7,84
- Alcalinité : 23 unités (pour 30 mL)
- Inventaire des échantillons en Annexe 2



*Figure 9 - Echantillonnage du Huallaga proche de Sauce*

Retour à Tarapoto où est arrivé José, chargé de conduire la voiture jusqu'à Iquitos. Le reste de l'équipe reprend l'avion le soir pour Lima, chargé de toutes les affaires.

## Annexes

### Annexe 1 – Jaugeage au radar

➤ **Tioyacu**

29/04/2017 à 14h39, depuis la rive droite.

Point	Vitesse
P1	0,8 m/s
P2	0,4 m/s
P3	0,4 m/s
P4	0,5 m/s
P5	0,5 m/s
P6	0,5 m/s
P7	0,3 m/s

➤ **Rio Negro (Pont route)**

30/04/2017 depuis la rive droite.

Point	Vitesse
P1	0,7 m/s
P2	0,8 m/s
P3	0,9 m/s
P4	0,8 m/s
P5	0,7 m/s
P6	0,4 m/s

➤ **Rio Negro (Pont chemin)**

30/04/2017 depuis la rive gauche.

Point	Vitesse
P1	0,8 m/s
P2	1,1 m/s
P3	1,1 m/s
P4	1,2 m/s
P5	1,3 m/s
P6	1,2 m/s
P7	1,2 m/s
P8	1,1 m/s

## Annexe 2 – Inventaire des échantillons

<b>Palestina</b>			
Echantillonnage régulier			
Observateur : ??			
N°	Type	Date	Commentaires
1	Isotopes	01/02/2017	« Agua del sereno »
2	Isotopes	16/02/2017	« Agua del sereno »
3	Isotopes	01/03/2017	« Agua del sereno »
4	Isotopes	16/03/2017	« Agua del sereno »
5	Isotopes	01/04/2017	« Agua del sereno »
6	Isotopes	16/04/2017	« Agua del sereno »
7	Isotopes	01/05/2017	« Agua del sereno »
8	Isotopes	01/02/2017	« Aguas del rio »
9	Isotopes	16/02/2017	« Aguas del rio »
10	Isotopes	01/03/2017	« Aguas del rio »
11	Isotopes	16/03/2017	« Aguas del rio »
12	Isotopes	01/04/2017	« Aguas del rio »
13	Isotopes	16/04/2017	« Aguas del rio »
14	Isotopes	01/05/2017	« Aguas del rio »

<b>Aguas Claras</b>			
Echantillonnage régulier			
Observateur : Gilda			
N°	Type	Date	Commentaires
1	Isotopes	01/02/2017	Mauvais flacon
2	Anions	01/02/2017	
3	Cations	01/02/2017	
4	COT	01/02/2017	
5	Isotopes	16/02/2017	Mauvais flacon
6	Anions	16/02/2017	
7	Cations	16/02/2017	
8	COT	16/02/2017	
9	Isotopes	01/03/2017	Mauvais flacon
10	Anions	01/03/2017	
11	Cations	01/03/2017	
12	COT	01/03/2017	
13	Isotopes	16/03/2017	Mauvais flacon
14	Anions	16/03/2017	
15	Cations	16/03/2017	
16	COT	16/03/2017	
17	Isotopes	01/04/2017	Mauvais flacon
18	Anions	01/04/2017	
19	Cations	01/04/2017	
20	COT	01/04/2017	
21	Anions	16/04/2017	Manque Cations et isotopes pour mi-avril
22	Cations	16/04/2017	

Tioyacu					
Echantillonnage régulier Observateur : Percy			Echantillonnage ponctuel		
N°	Type	Date	N°	Type	Date
1	Isotopes	01/02/2017	1	Isotopes	29/04/2017
2	Anions	01/02/2017			
3	Cations	01/02/2017			
4	COT	01/02/2017			
5	Isotopes	15/02/2017			
6	Anions	15/02/2017			
7	Cations	15/02/2017			
8	COT	15/02/2017			
9	Isotopes	01/03/2017			
10	Anions	01/03/2017			
11	Cations	01/03/2017			
12	COT	01/03/2017			
13	Isotopes	15/03/2017			
14	Anions	15/03/2017			
15	Cations	15/03/2017			
16	COT	15/03/2017			
17	Isotopes	01/04/2017			
18	Anions	01/04/2017			
19	Cations	01/04/2017			
20	COT	01/04/2017			
21	Isotopes	15/04/2017			
22	Anions	15/04/2017			
23	Cations	15/04/2017			
24	COT	15/04/2017			

Rio Negro					
Echantillonnage régulier Observateur : Jheny			Echantillonnage ponctuel		
N°	Type	Date	N°	Type	Date
1	Bouteilles d'eau 50 cL	01/10/2016	1	Isotopes	30/04/2017
2	Bouteilles d'eau 50 cL	01/12/2016			
3	Bouteilles d'eau 50 cL	16/12/2016			
4	Bouteilles d'eau 50 cL	01/01/2017			
5	Bouteilles d'eau 50 cL	16/01/2017			
6	Bouteilles d'eau 50 cL	01/02/2017			
7	Bouteilles d'eau 50 cL	16/02/2017			
8	Bouteilles d'eau 50 cL	16/03/2017			
9	Bouteilles d'eau 50 cL	01/04/2017			
10	Bouteilles d'eau 50 cL	16/04/2017			
11	Isotopes	01/02/2017			
12	Anions	01/02/2017			
13	Cations	01/02/2017			
14	COT	01/02/2017			
15	Isotopes	16/02/2017			
16	Anions	16/02/2017			
17	Cations	16/02/2017	26	COT	16/03/2017
18	COT	16/02/2017	27	Isotopes	01/04/2017
19	Isotopes	01/03/2017	28	Anions	01/04/2017
20	Anions	01/03/2017	29	Cations	01/04/2017
21	Cations	01/03/2017	30	COT	01/04/2017
22	COT	01/03/2017	31	Isotopes	16/04/2017
23	Isotopes	16/03/2017	32	Anions	16/04/2017
24	Anions	16/03/2017	33	Cations	16/04/2017
25	Cations	16/03/2017	34	COT	16/04/2017

<b>Sauce</b>		
Echantillonnage ponctuel		
N°	Type	Date
1	Isotopes	04/05/2017
2	Isotopes	04/05/2017
3	Anions	04/05/2017
4	Cations	04/05/2017
5	COT	04/05/2017

<b>Moyobamba</b>		
Echantillonnage ponctuel		
N°	Type	Date
1	Isotopes	02/05/2017
2	Anions	02/05/2017
3	Cations	02/05/2017
4	COT	02/05/2017

<b>Yurimaguas</b>						
Echantillonnage régulier			Echantillonnage ponctuel			
N°	Type	Date	N°	Type	Date	Commentaires
1	Isotopes	16/09/2016	1	Isotopes	03/05/2017	Sans filtration
2	Isotopes	01/10/2016	2	Isotopes	03/05/2017	Avec filtration
3	Isotopes	16/10/2016	3	Anions	03/05/2017	
4	Isotopes	01/11/2016	4	Cations	03/05/2017	
5	Isotopes	16/11/2016	5	COT	03/05/2017	
6	Isotopes	01/12/2016				
7	Isotopes	16/12/2016				
8	Isotopes	01/01/2017				
9	Isotopes	16/01/2017				
10	Isotopes	01/02/2017				
11	Isotopes	16/02/2017				
12	Isotopes	01/03/2017				
13	Isotopes	16/03/2017				
14	Isotopes	01/04/2017				
15	Isotopes	16/04/2017				
16	Isotopes	01/05/2017				

### Annexe 3 – Mesure des échantillons de Naciente Rio Negro

<b>NACIENTE RIO NEGRO</b>						
Date	pH	Conductivité (µS/cm)	Digits	mL*	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N**	Alcalinité [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (mg/mL)***
01/10/2016	7,75	325	128	0,16	0,00256	156,16
01/12/2016	7,05	336	139	0,17375	0,00278	169,58
16/12/2016	7,6	309	118	0,1475	0,00236	143,96
01/01/2017	7,59	280	128	0,16	0,00256	156,16
16/01/2017	6,87	282	130	0,1625	0,0026	158,6
01/02/2017	6,87	280	122	0,1525	0,00244	148,84
16/02/2017	7,3	325	141	0,17625	0,00282	172,02
16/03/2017	7,54	292	119	0,14875	0,00238	145,18
01/04/2017	7,57	276	128	0,16	0,00256	156,16
16/04/2017	7,48	271	134	0,1675	0,00268	163,48
30/04/2017	7,51	285	138	0,1725	0,00276	168,36

\*=  $Digits/800$

\*\*=  $0,16N * mL / (\text{volume échantillon})$

\*\*\*=  $HCO_3^- N * M(HCO_3^-) * 10e3$