

# Hydro-climatologie du massif de Soloco

Jean Loup GUYOT

ECA & GSBM

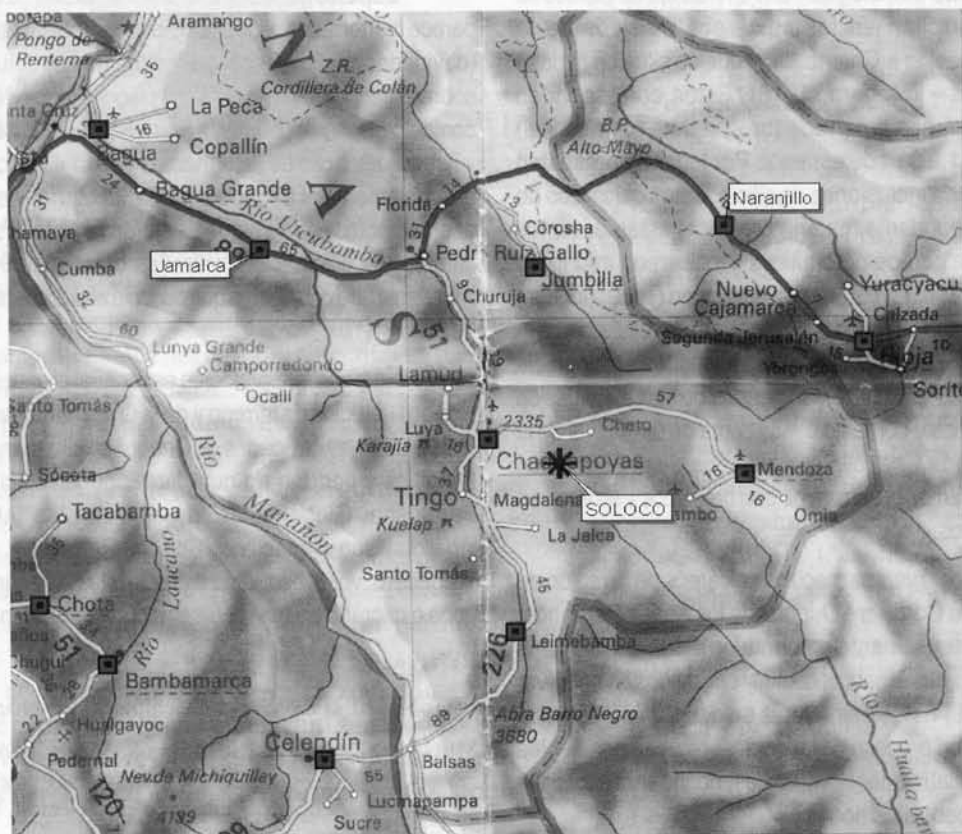
**S**ituation. Le massif de Soloco est situé à une vingtaine de kilomètres au sud-est de la ville de Chachapoyas, dans l'extrémité sud du département d'Amazonas. Le massif s'étend sur une cinquantaine de kilomètres carrés au sud du village de Soloco, entre les latitudes  $-6,28$  et  $-6,36$  degrés sud, et les longitudes  $-77,72$  et  $-77,81$  degrés ouest. Le rio Soloco, dont la source semble être la résurgence du massif karstique exploré, se jette vers l'aval dans le rio Sonche, affluent de rive droite du rio Utcubamba, lui-même affluent du rio Marañón, formateur de l'Amazone au Pérou.

**Relief.** L'altitude du massif varie de 3491 m (Cerro Loropico au sud-ouest) à 2580 m au niveau de la résurgence de Soloco. Il s'agit d'un ensemble très vallonné, où les dolines jointives (système de Parjugsha) et les vallées aveugles (Chaquil) marquent le paysage. L'amont des bassins, formant les plus hauts reliefs, est constitué de séries sédimentaires détritiques. Par son appartenance au domaine andin, le massif de Soloco est un karst de montagne, du bassin amazonien, en région tropicale.

**Climat.** L'ensemble de la région est soumis à un

climat de type équatorial, caractérisé par une bimodalité du régime des pluies : à une première saison des pluies a lieu de février à avril, fait suite une seconde d'octobre à décembre (Guyot & Lavado, 2004). D'après les données disponibles aux stations pluviométriques du SENAMHI ([www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)) dans cette région, la pluviométrie annuelle varie de 620 mm (Bagua chica) à 1630 mm (Mendoza). La région la plus arrosée correspond à la frange orientale, qui reçoit directement les masses d'air humide en provenance de l'Atlantique via le bassin amazonien. Ensuite, d'est en ouest, la pluviométrie décroît en fonction de l'orientation des vallées et de l'altitude des stations. La pluviométrie sur le massif de Soloco, plus élevée qu'à Chachapoyas comme nous l'avons souvent remarqué, doit être une valeur intermédiaire entre celles observées à Chachapoyas, Leimebamba et Mendoza ; i. e. de l'ordre de 1200 mm/an.

Les températures moyennes annuelles observées aux stations du SENAMHI dans la région, indiquent une variabilité allant de  $14^{\circ}\text{C}$  (Celendín) à  $26^{\circ}\text{C}$  (Bagua Chica). Ces températures se distribuent selon un classique gradient altitudinal (Guyot & Lavado, 2004). Sur le massif de



Soloco, dont l'altitude médiane est de 3000 m environ, la température moyenne annuelle doit être de l'ordre de 12 à 13 °C. Ce qui semble être validé par les mesures de la température de l'eau du rio Soloco au village, soit 2,5 km à l'aval de la résurgence, qui indiquent une valeur moyenne de 12,8 °C (moyenne de six mesures effectuées de juin 2004 à avril 2006).

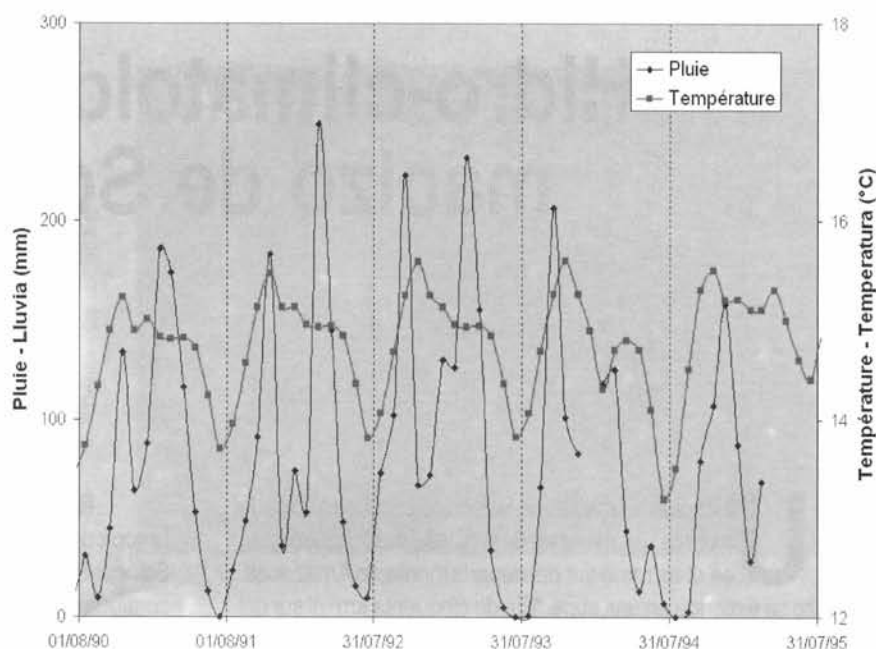
L'analyse de la variabilité saisonnière de la pluie à Chachapoyas, à partir des données mensuelles de la période 1990-1995, montre clairement les deux pics pluviométriques, en octobre-novembre, puis en février-mars, alors que la courte saison sèche est centrée sur le mois de juillet, qui est également le mois le plus froid de l'année.

L'installation d'une station climatique à Soloco à la fin 2006 devrait permettre de préciser le climat de cette région peu accessible.

**Hydrologie.** Du fait de son débit régulier et relativement élevé, la source du rio Soloco, situé dans le vallon de Salcaquihua à l'amont du village, semble être la résurgence de l'ensemble des pertes localisées sur le massif au sud de Soloco. Malgré une limite au sud assez imprécise, la superficie du bassin versant de la résurgence de Soloco est estimée à 39,3 km<sup>2</sup>.

Deux estimations réalisées au flotteur en juillet 2004, indiquent un débit variable de 600 à 1800 l/s (Couturaud, 2006). Les pertes des rios Chaquil et Parjugsha Grande ont été jaugées au moulinet le 16 juin 2004. Malgré l'absence de jaugeage au tragadero de Santa Maria, les valeurs mesurées (160 l/s à Chaquil et 10 l/s à Parjugsha) montrent que les pertes n'expliquent qu'une petite partie du débit observé à la résurgence.

Pour mieux connaître le régime hydrologique de ce karst tropical, une échelle limnimétrique a été installée sur le rio Soloco, dans le village, à l'aval du pont, mais avant



la confluence avec le ruisseau Totoracucho. Le bassin résiduel drainé entre la résurgence et la station hydrologique est de 4,3 km<sup>2</sup> ; la station contrôle donc un bassin total de 43,6 km<sup>2</sup>. L'échelle limnimétrique est lue deux fois par jour (8 h et 18 h) par un observateur (le fils de notre guide Manuel) depuis le 2 août 2005. A ce jour, seulement deux jaugeages ont été réalisés au moulinet sur perche, ce qui permet une première estimation des débits, à considérer avec précaution.

Le premier hydrogramme obtenu montre une forte variabilité des débits journaliers, avec deux pics de crue bien individualisés (débit dépassant 3 m<sup>3</sup>/s), le premier en fin octobre 2005, et le second en mars 2006. Le régime des pluies observé aux stations de Chachapoyas et Leimebamba est ainsi retrouvé sur l'hydrogramme du rio Soloco. Bien que calculé sur une année incomplète, le débit moyen de la résurgence semble être de l'ordre de 1000 à 1200 l/s. Avec un total pluviométrique annuel de 1200 mm, un bassin versant de 43,6 km<sup>2</sup>, et un coefficient de ruissellement de 60 % (tendance régionale), le débit attendu à Soloco serait de 1000 l/s. Malgré de nombreuses approximations, l'ordre de grandeur est le même, ce qui semble valider, d'une part l'estimation de la pluie, et d'autre part l'extension du bassin drainé.

**Hydrochimie.** Des échantillons d'eau prélevés en 2003 et 2004 aux deux pertes (Chaquil et Parjugsha Grande), à la résurgence (rio Soloco), ainsi que sur les rios Sonche et Utcubamba, ont été analysés (éléments majeurs) au laboratoire du LMTG à Toulouse. Les résultats montrent que dans l'ensemble, les eaux rencontrées sont peu minéralisées (de 54 à 174 mg/l), et présentent des concentrations assez proches, toutes de type bicarbonatées-calciques. La chimie des eaux du rio Soloco est assez voisine de celle des eaux des pertes. Un échantillonnage mensuel a été mis en place sur le rio Soloco à Soloco, afin de suivre l'évolution saisonnière de la chimie des eaux de la résurgence.

Les résultats présentés ci-dessus seront affinés par la poursuite de l'acquisition des informations au niveau du rio Soloco (débit et géochimie), ainsi que par la mise en place prochaine d'une station climatologique. Enfin, les découvertes spéléologiques à venir permettront de mieux définir les limites de l'impluvium de la résurgence de Soloco. ♦

#### Références.

GUYOT J. L. & LAVADO W. (2004) - Caractéristiques climatiques et hydrologiques de la région. Expédition spéléologique « Pucará 2003 », Bulletin hors série du GSBM, Lima, p. 61-65.

COUTURAUD A. (2006) - Bric-à-brac karstique. Expéditions spéléologiques « Chachapoyas 2004 » et « Soloco 2005 », Bulletin hors série du GSBM, Lima.

# Hidro-climatología del macizo de Soloco

Jean Loup GUYOT

ECA & GSBM

**Ubicación.** El macizo de Soloco se encuentra ubicado a veinte km al sureste de la ciudad de Chachapoyas, en el extremo sur del departamento de Amazonas. El macizo se extiende en una superficie de cincuenta km<sup>2</sup> al sur del pueblo de Soloco, entre las latitudes -6.28 y -6.36 grados sur, y las longitudes -77.72 y -77.81 grados oeste. El río Soloco, cuyo origen parece ser la resurgencia del macizo kárstico explorado, avanza aguas abajo hacia el río Sonche, afluente del margen derecho del río Utubamba, siendo este último afluente del río Marañón, que a su vez conforma el río Amazonas en el Perú.



**Relieve.** La altitud del macizo varía de 3491 m (Cerro Loropico al suroeste) a 2580 m al nivel de la resurgencia de Soloco. Se trata de un campo muy ondulado, donde las dolinas contiguas (sistema de Parjugsha) y los valles ciegos (Chaquil) marcan el paisaje. Río arriba de las cuencas, los más altos relieves están formados por series sedimentarias detríticas. Por su ubicación en la zona andina, el macizo de Soloco es un karst de montaña, de la cuenca amazónica en región tropical.

**Clima.** Toda la región está sometida a un clima de tipo ecuatorial, caracterizado por una bimodalidad de régimen de lluvias: a una primera estación de lluvias que tiene lugar de febrero a abril, le sigue una segunda estación de octubre a diciembre (Guyot y Lavado, 2004). Según los datos disponibles en las estaciones pluviométricas del SENAMHI ([www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)) en esta región, la pluviometría

anual varía de 620 mm (Bagua chica) a 1630 mm (Mendoza). La región más lluviosa corresponde a la franja oriental que recibe directamente las masas de aire húmedo provenientes del Atlántico a través de la cuenca amazónica. Luego, de este a oeste, la pluviometría decrece en función de la orientación de los valles y de la altitud de las estaciones. Siendo la pluviometría sobre el macizo de Soloco, mayor que en Chachapoyas, tal como lo habíamos observado frecuentemente, ésta debe tener un valor intermedio entre las pluviometrías observadas en Chachapoyas, Leimebamba y Mendoza; es decir de 1200 mm/año.

Las temperaturas medias anuales observadas en las estaciones del SENAMHI en la región, indican una variabilidad que va de 14 °C (Celendín) a 26 °C (Bagua Chica). Estas temperaturas se distribuyen según una gradiente vertical clásica (Guyot y Lavado, 2004). Sobre el macizo de Soloco, cuya altitud media es de aproximadamente 3000 m, la temperatura media anual debe ser de 12 a 13 °C. Dato que será validado por las mediciones de la temperatura del agua del río Soloco en el pueblo, es decir 2.5 km aguas abajo de la resurgencia, que indica un valor medio de 12.8 °C (media de seis mediciones efectuadas de junio de 2004 a abril de 2006).

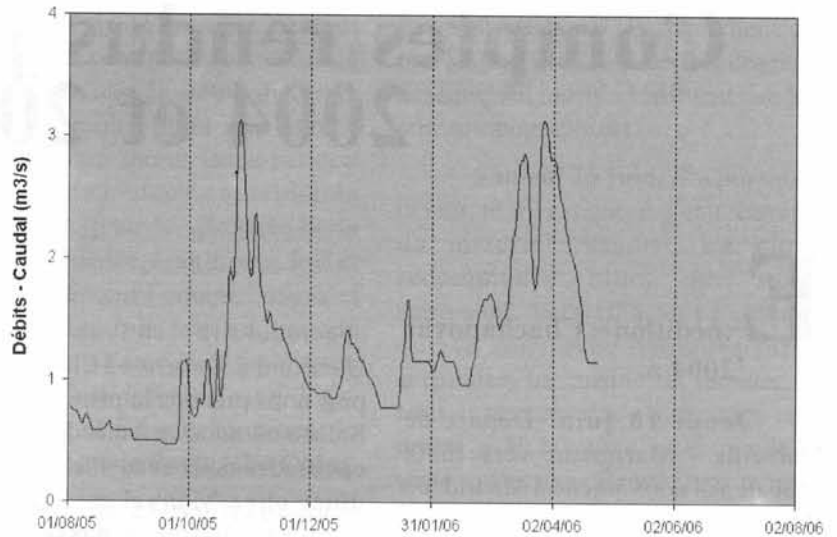
El análisis de la variabilidad estacional de la lluvia en Chachapoyas, a partir de los datos mensuales del periodo 1990-1995, muestra claramente los dos picos pluviométricos, en



octubre-noviembre, luego en febrero-marzo, mientras que, la corta estación seca se centra en el mes de julio, el cual constituye al mismo tiempo el mes más frío del año.

La instalación de una estación climática en Soloco a fines del 2006 permitirá precisar el clima de esta región poco accesible.

**Hidrología.** Debido a su caudal regular y relativamente elevado, el origen del río Soloco, ubicado en la quebrada de Salcaquihua aguas arriba del pueblo, parece ser la resurgencia de todas las pérdidas localizadas en el macizo al sur de Soloco. A pesar de un límite al sur bastante impreciso, la superficie de la cuenca de la resurgencia de Soloco se estima a 39.3 km<sup>2</sup>.



Dos estimaciones realizadas con flotador en julio del 2004, indican un caudal variable de 600 a 1800 l/s (Couturaud A., 2006). Las pérdidas del río Chaquil y Parjugsha Grande fueron aforadas con molinete el 16 de junio del 2004. A pesar de la ausencia de aforos en el tragadero de Santa María, los valores obtenidos (160 l/s en Chaquil y 10 l/s en Parjugsha) muestran que las pérdidas sólo explican una pequeña parte del caudal observado en la resurgencia.

Para conocer mejor el régimen hidrológico de este karst tropical, se instaló una escala limnimétrica sobre el río Soloco, en el pueblo, aguas abajo del puente, pero antes de la confluencia con el arroyo Totoracucho. La cuenca residual drenada entre la resurgencia y la estación hidrológica es de 4.3 km<sup>2</sup>; por lo tanto, la estación controla una cuenca total de 43.6 km<sup>2</sup>. Un observador (el hijo de nuestro guía Manuel) se encarga de leer la escala limnimétrica dos veces al día (a las 08 y 18 hrs) desde el 02 de agosto del 2005. Hasta ahora, sólo dos aforos han sido realizados con molinete sobre barrillas, datos que deben ser considerados con precaución.

El primer hidrograma obtenido muestra una fuerte variabilidad de los caudales diarios, con dos picos de crecida bien individualizados (caudal que sobrepasa los 3 m<sup>3</sup>/s), el primero, a fines de octubre del 2005, el segundo en marzo del 2006. De este modo, el régimen de lluvias observado en las estaciones de Chachapoyas y Leimebamba se encuentra sobre el hidrograma del río Soloco. Aunque haya sido calculado sobre un año incompleto, el caudal medio de la resurgencia parece ser del orden de 1000 a 1200 l/s. Con un total pluviométrico anual de 1200 mm, una cuenca de 43.6 km<sup>2</sup>, y un coeficiente de escorrentía de 60 % (tendencia regional), el caudal esperado en Soloco sería de 1000 l/s. A pesar de numerosas aproximaciones, el rango es el mismo, lo que parece validar, por un lado la estimación de la lluvia, y por otro lado la extensión de la cuenca drenada.

**Hidroquímica.** En el laboratorio LMTG en Toulouse, se analizaron (elementos mayores) muestras de agua tomadas en el 2003 y 2004 en las dos pérdidas (Chaquil y Parjugsha Grande), en la resurgencia (río Soloco) y en los ríos Sonche y Utcubamba. Los resultados muestran que en su totalidad, las aguas encontradas son poco mineralizadas (de 54 a 174 mg/l), y presentan concentraciones bastante parecidas, todas de tipo bicarbonatadas-cálcicas. La química de las aguas del río Soloco es bastante parecida a la de las aguas de las pérdidas. Se ha implantado un muestreo mensual en el río Soloco en Soloco, con el fin de hacer un seguimiento a la evolución estacional de la química de las aguas de la resurgencia.

Los resultados presentados aquí serán afinados por la continuación de las informaciones al nivel del río Soloco (caudal y geoquímica), así como por la implantación próxima de una estación climatológica. Finalmente, los descubrimientos espeleológicos futuros permitirán definir mejor los límites del área receptora de la resurgencia de Soloco. ♦

**Referencias.**

GUYOT J.L. Y LAVADO W. (2004) Características climáticas e hidrológicas de la región. Expedición espeleológica « Pucará 2003 », Boletín fuera de serie del GSBM, Lima, p. 61-65.

COUTURAUD A. (2006) Tópicos kársticos. Expediciones espeleológicas « Chachapoyas 2004 » y « Soloco 2005 », Boletín fuera de serie del GSBM, Lima.

