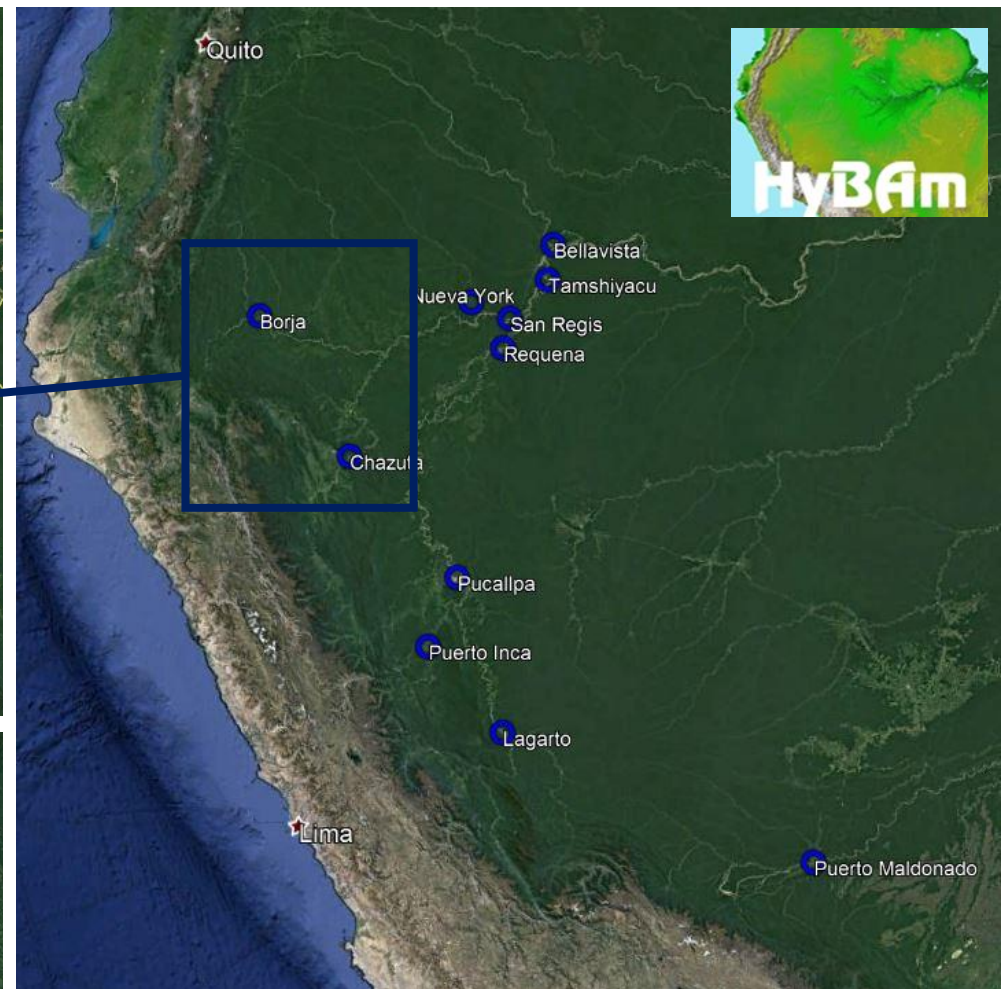
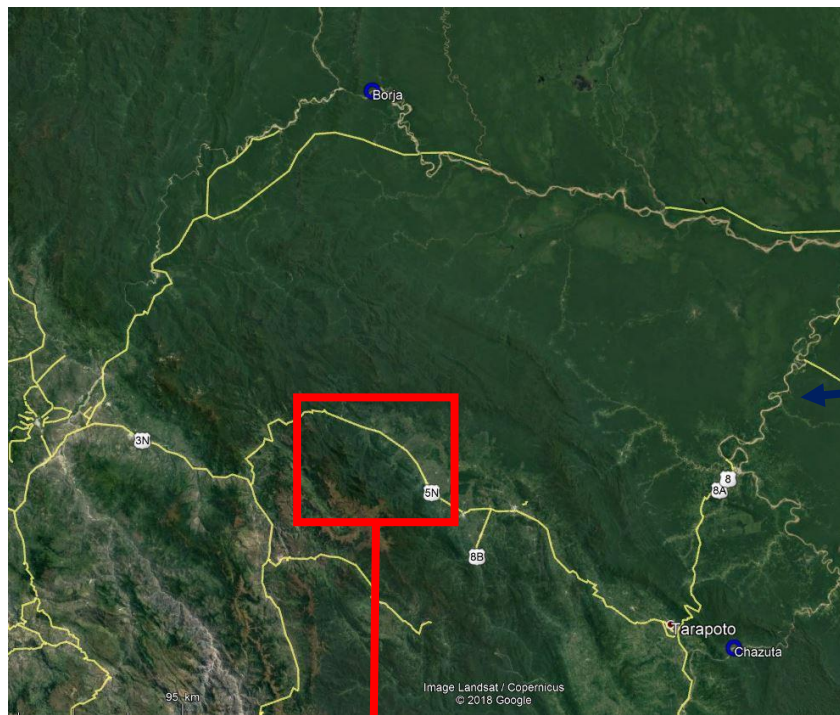




Rôle d'un karst andin tropical (Alto Mayo, Pérou) sur les apports dissous vers l'Amazonie



L. S. Hidalgo Sánchez, C. Batiot-Guilhe (HSM), N. Mazzilli (EMMAH),
H. Jourde(HSM), J-L. Guyot (GET), A. Sifeddine (LOCEAN), J-S. Moquet (IPGP),
J. Apaestegui (IGP), G. Cinkus (EMMAH)



Rio Jordan – Cueva de Palestina (0.5 m³/s)



Clim. Past, 10, 1967–1981, 2014
www.clim-past.net/10/1967/2014/
doi:10.5194/cp-10-1967-2014
© Author(s) 2014. CC Attribution 3.0 License.



Climate
of the Past
Open Access



Hydroclimate variability of the northwestern Amazon Basin near the Andean foothills of Peru related to the South American Monsoon System during the last 1600 years

J. Apaéstegui^{1,3,4}, F. W. Cruz², A. Sifeddine^{3,4,12}, M. Vuille², J. C. Espinoza^{1,6}, J. L. Guyot⁸, M. Khodri^{3,7}, N. Strikis², R. V. Santos⁹, H. Cheng^{10,11}, L. Edwards¹¹, E. Carvalho⁹, and W. Santini⁸

¹Instituto Geofísico del Perú, Lima, Peru

²Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil

³LMI “PALEOTRACES” (URD/UFRJ/Uantof-Chili), Departamento de Geoquímica-UFRJ, Niterói-RJ, Brazil

⁴Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ, Brazil





Rio Tio Yacu ($6 \text{ m}^3/\text{s}$)



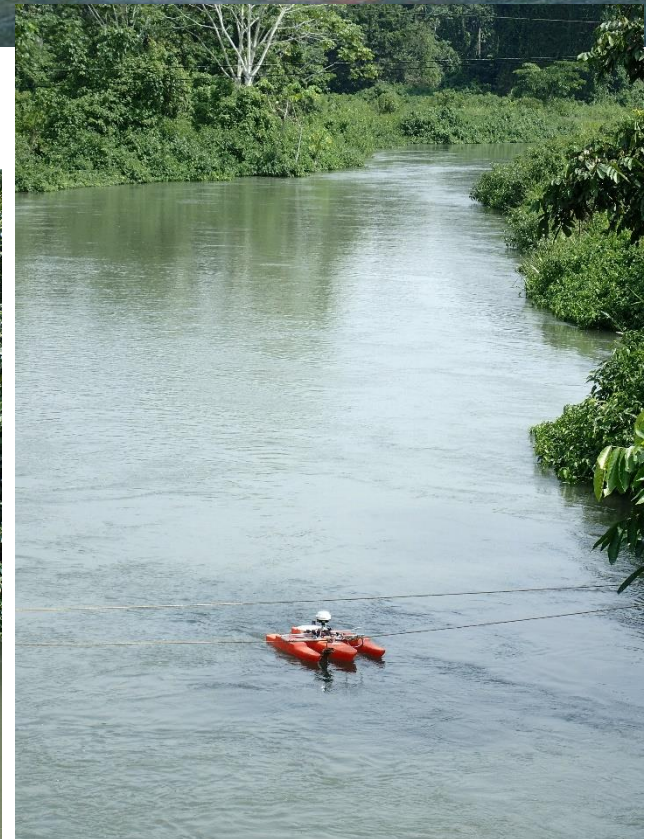


Rio Aguas Claras ($6 \text{ m}^3/\text{s}$)





Rio Negro ($25 \text{ m}^3/\text{s}$)



Problématique

L'Amazone : Une source majeure d'eau douce, de sédiments et d'éléments dissous à l'échelle globale

Rôle majeur dans les grands cycles biogéochimiques (échelle globale et régionale)

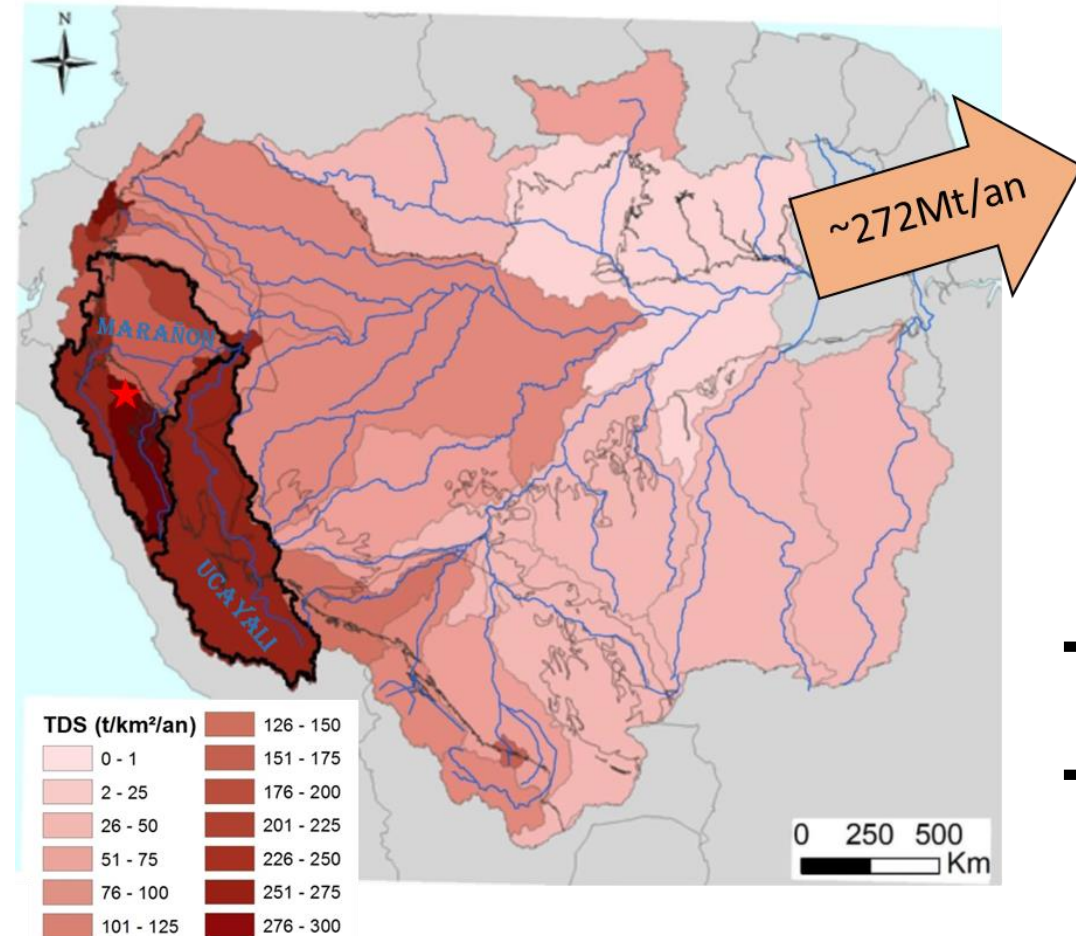
Marañón + Ucayali :

~ 45% flux dissous Amazone et > 75 % des flux d'altération -> carbonates

(Moquet et al., 2011)

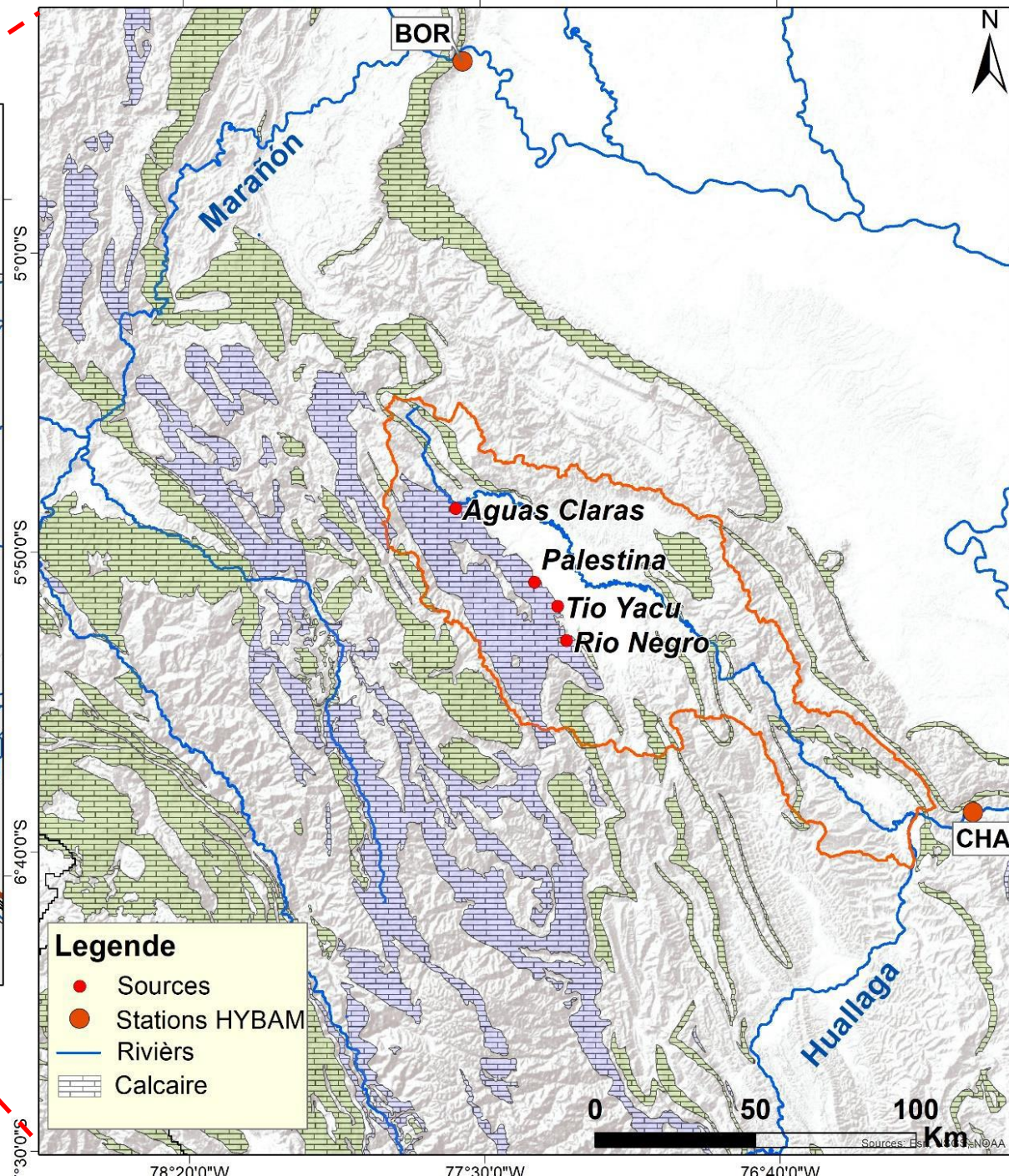
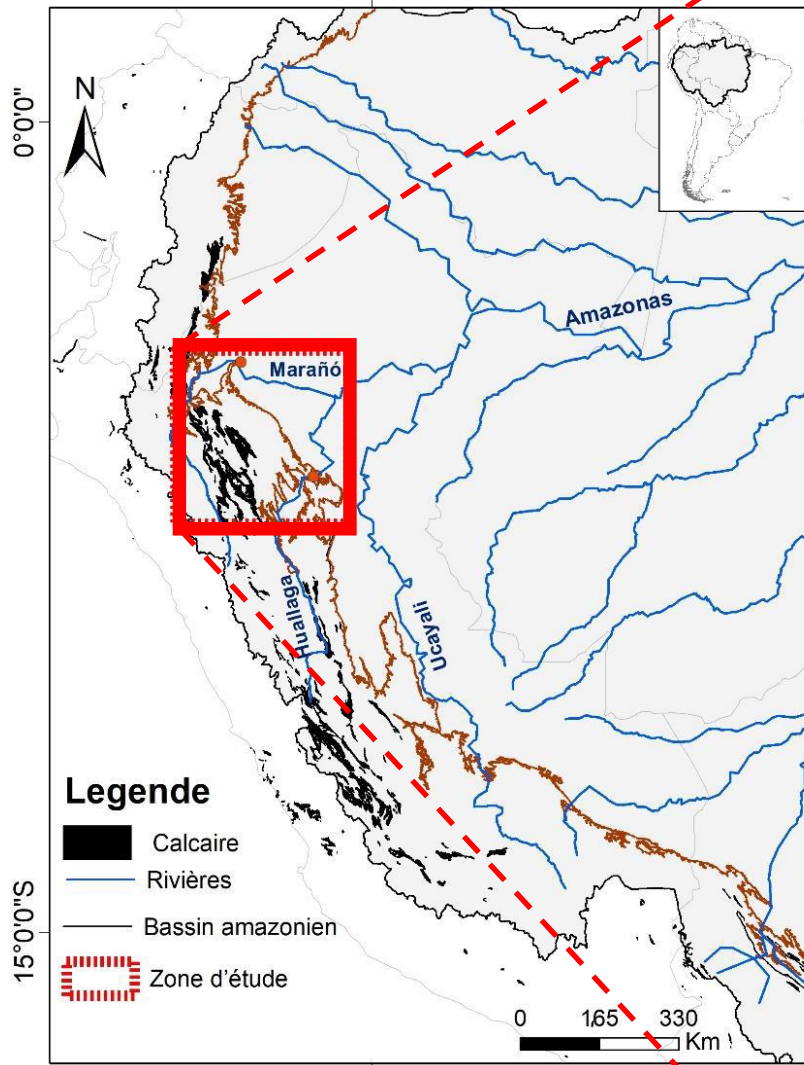
➔ Quel est le taux d'altération de carbonates?

➔ Quels sont les facteurs de contrôle?



Apport du karst à la réponse hydrochimique du bassin Amazonien

Site d'étude



Site d'étude

Rive droite du Rio Mayo

Superficie: 1600 Km²

Altitude: 800m- 4000m

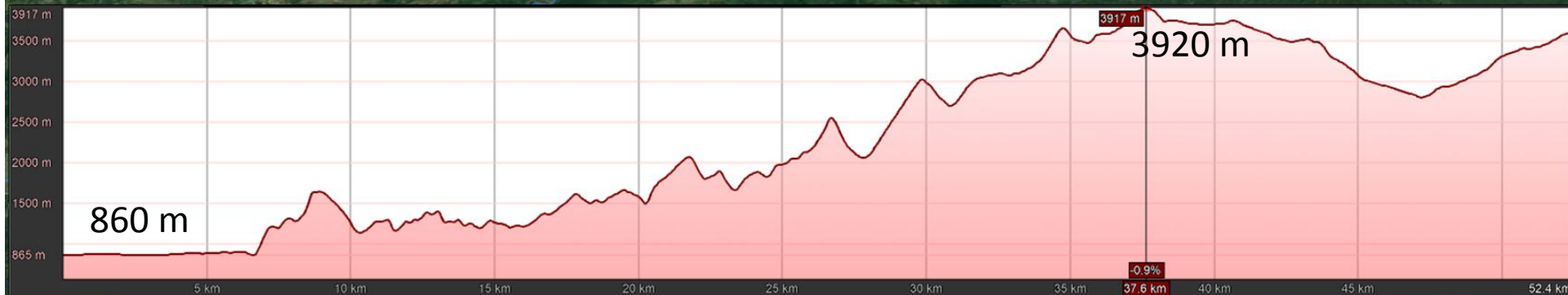
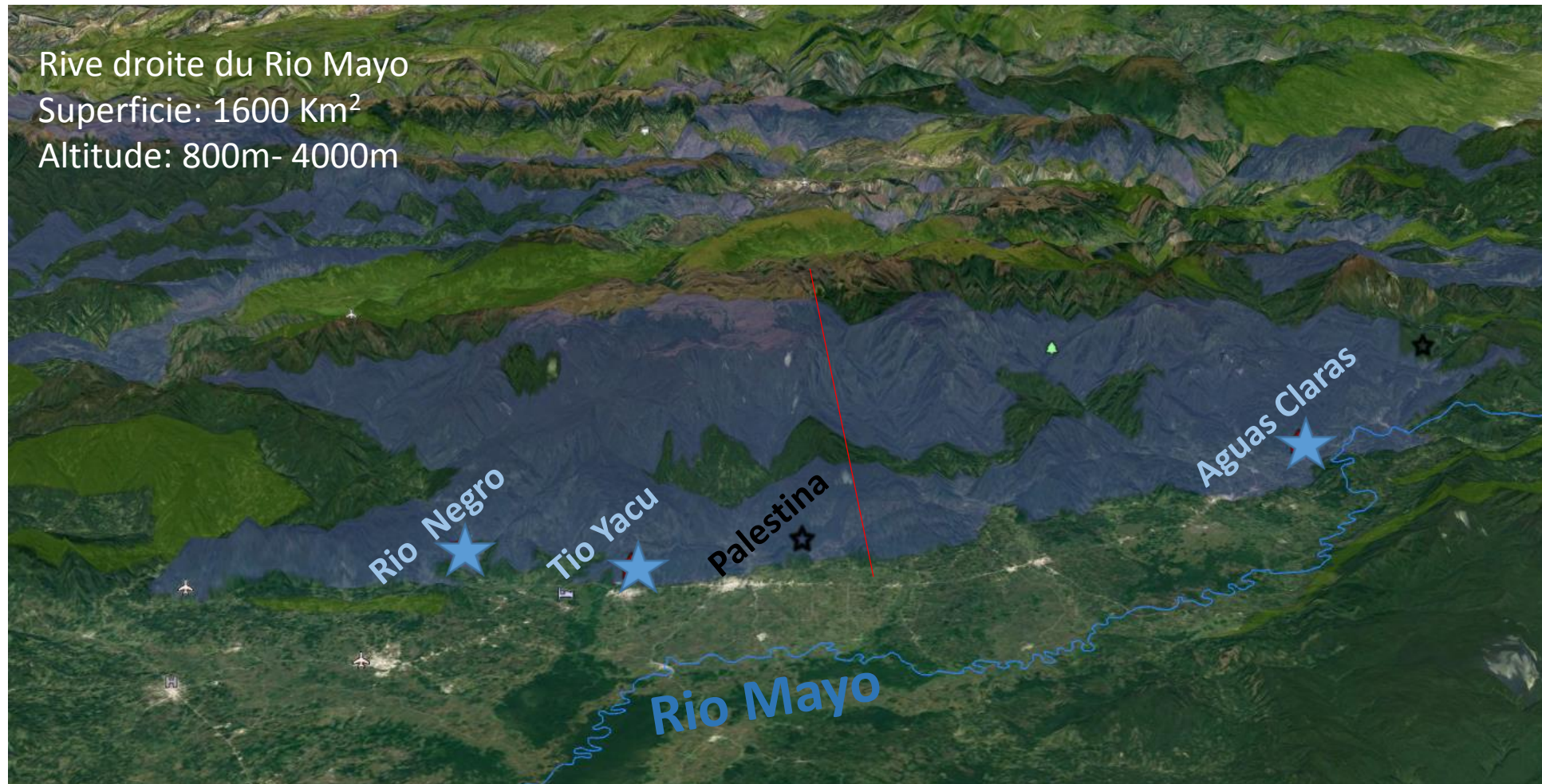


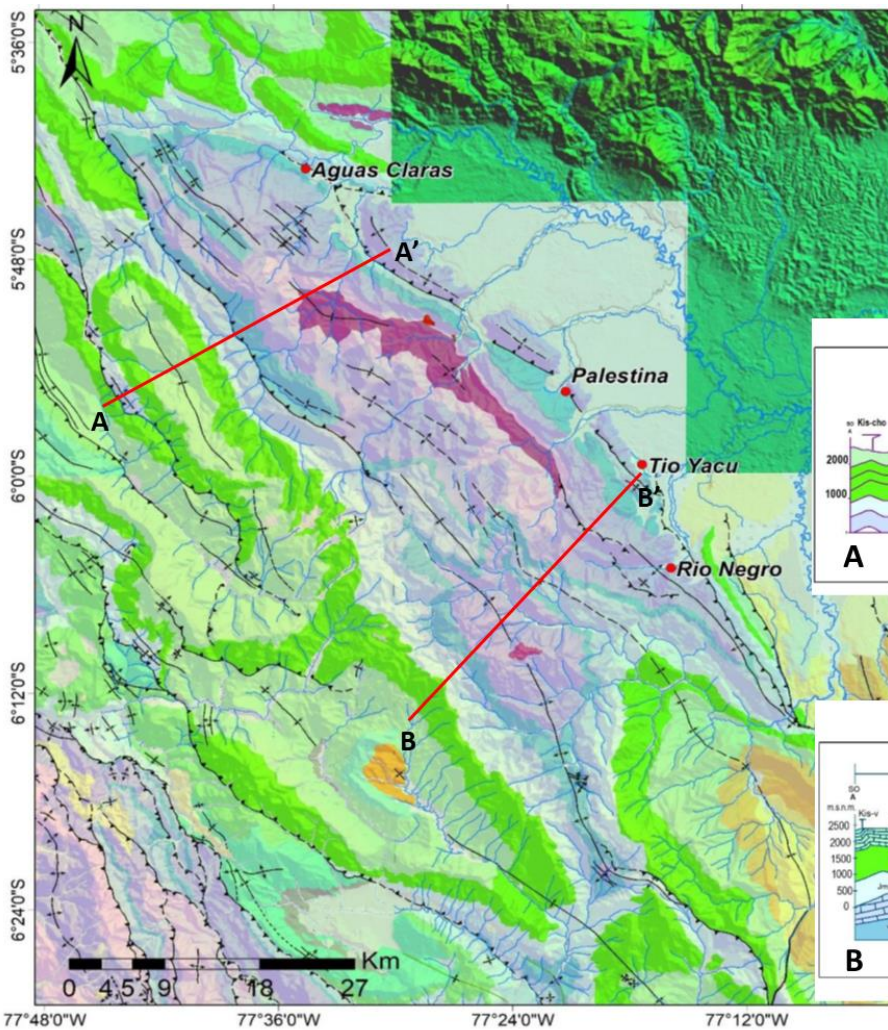


photo: JL Guyot

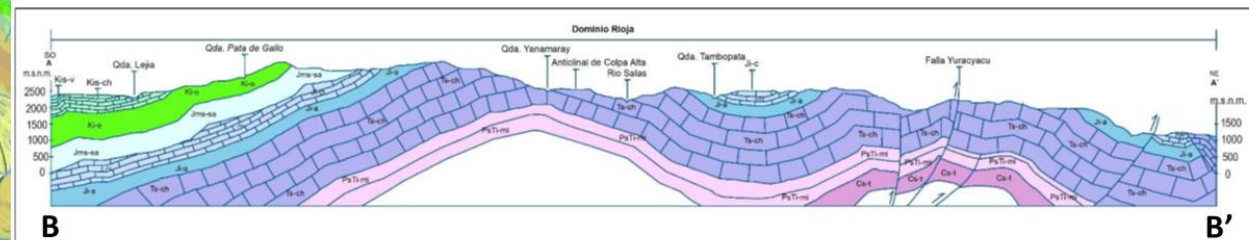
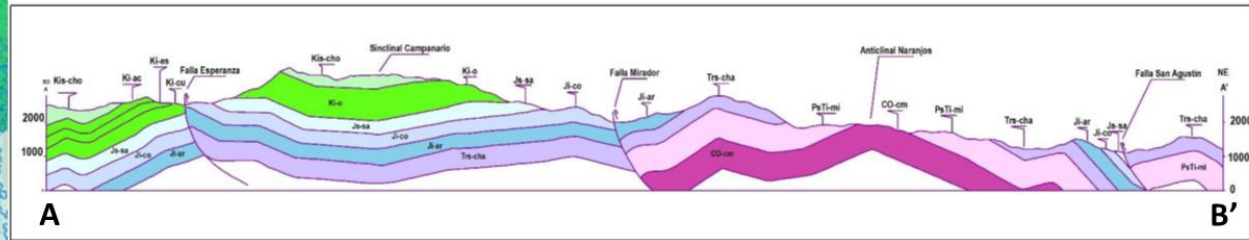


photo: JY Bigot

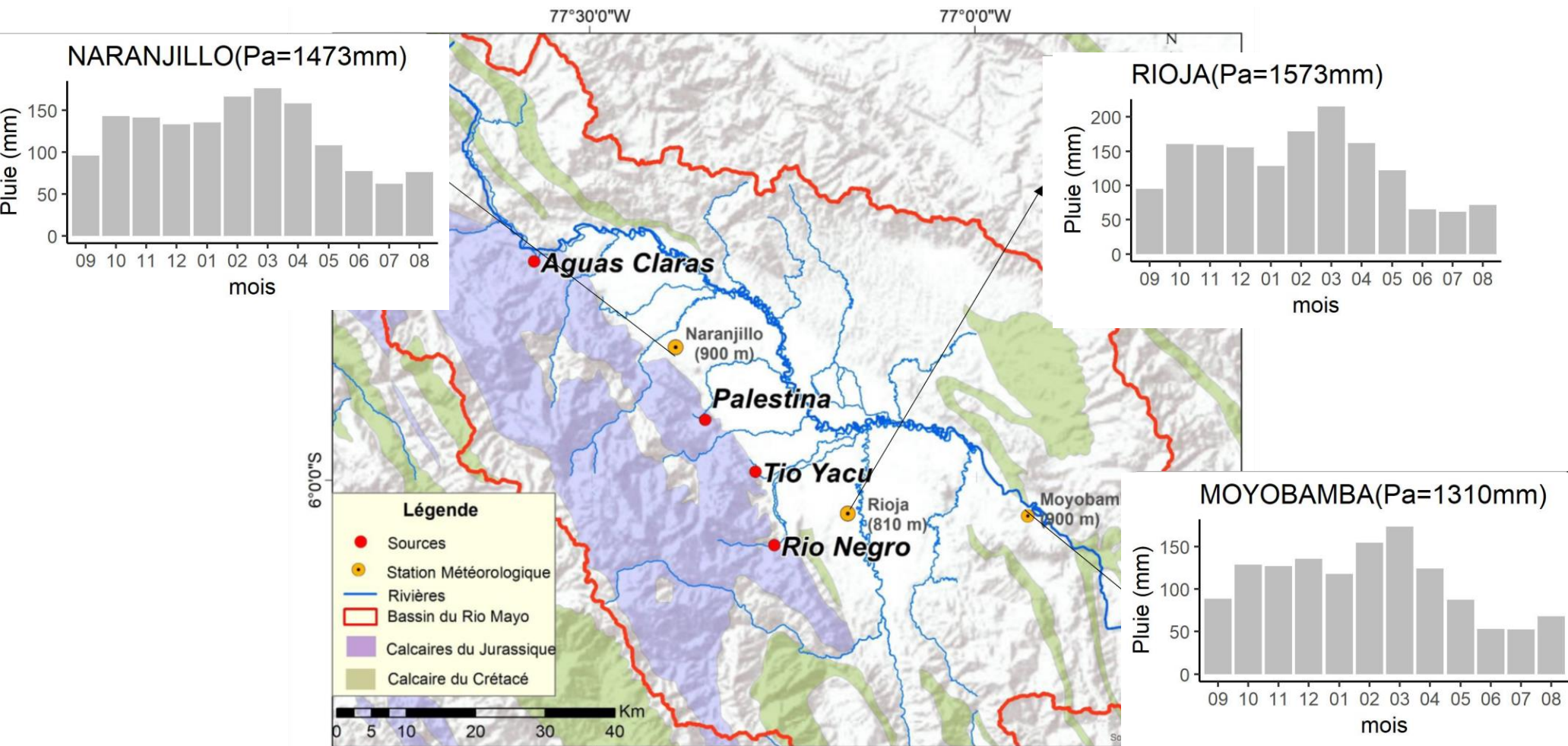
Site d'étude: Géologie



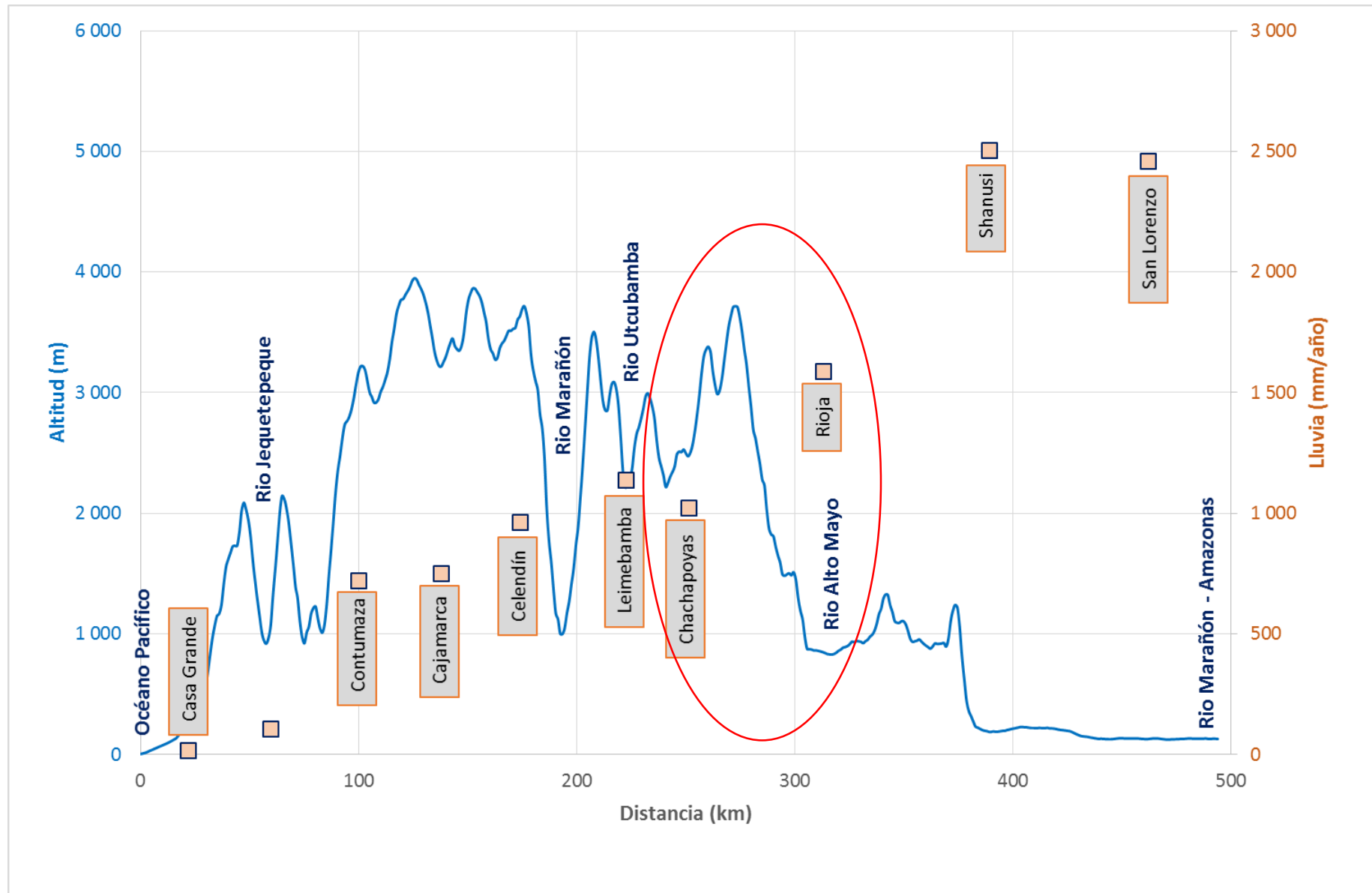
Calcaires du trias supérieur – jurassique inférieur
Couverture: grés du jurassique moyen à supérieur



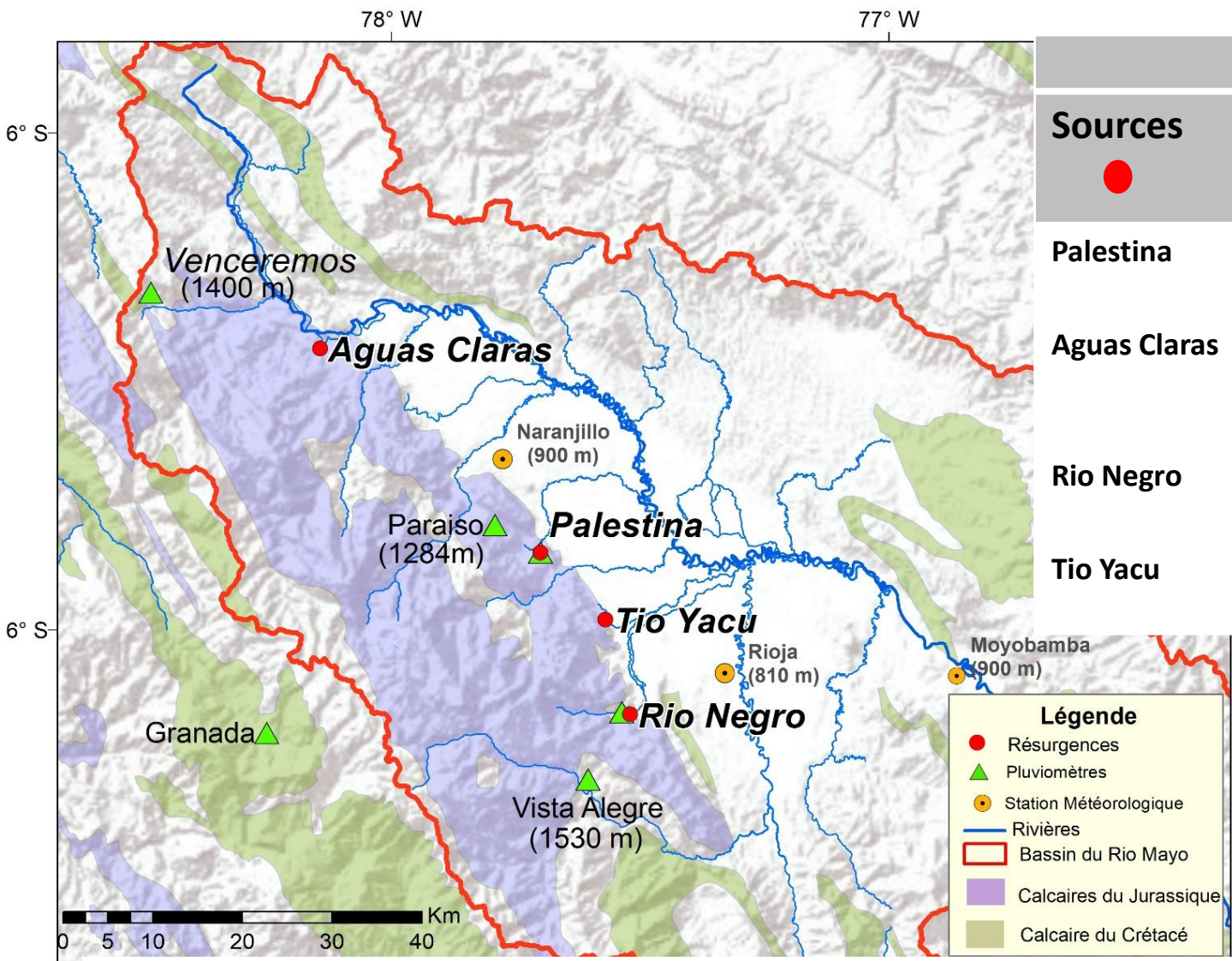
Site d'étude: Climatologie (1981 - 2016)



Site d'étude: Climatologie (1981 - 2016)



Site d'étude: stations et données



	Nombre de cycles hydrologiques suivis	
Sources	CTD (Q, T°, CE) (30 min)	Chimie des eaux (bimensuel)
●		
Palestina	6 (2011 – 2017)	-
Aguas Claras	3 (2014-2015, 2016-2018)	2 (2016-2018)
Rio Negro	3 (2015-2018)	2 (2016-2018)
Tio Yacu	2 (2016-2018)	-

-> 113 analyses chimiques
des sources suivies
-> 43 analyses chimiques
des autres sources du
massif



6 pluviomètres installés: 4 pluvio. manuels (11/2016-08/2018)
2 pluvio. automatiques (01/2017 – 08/2017)

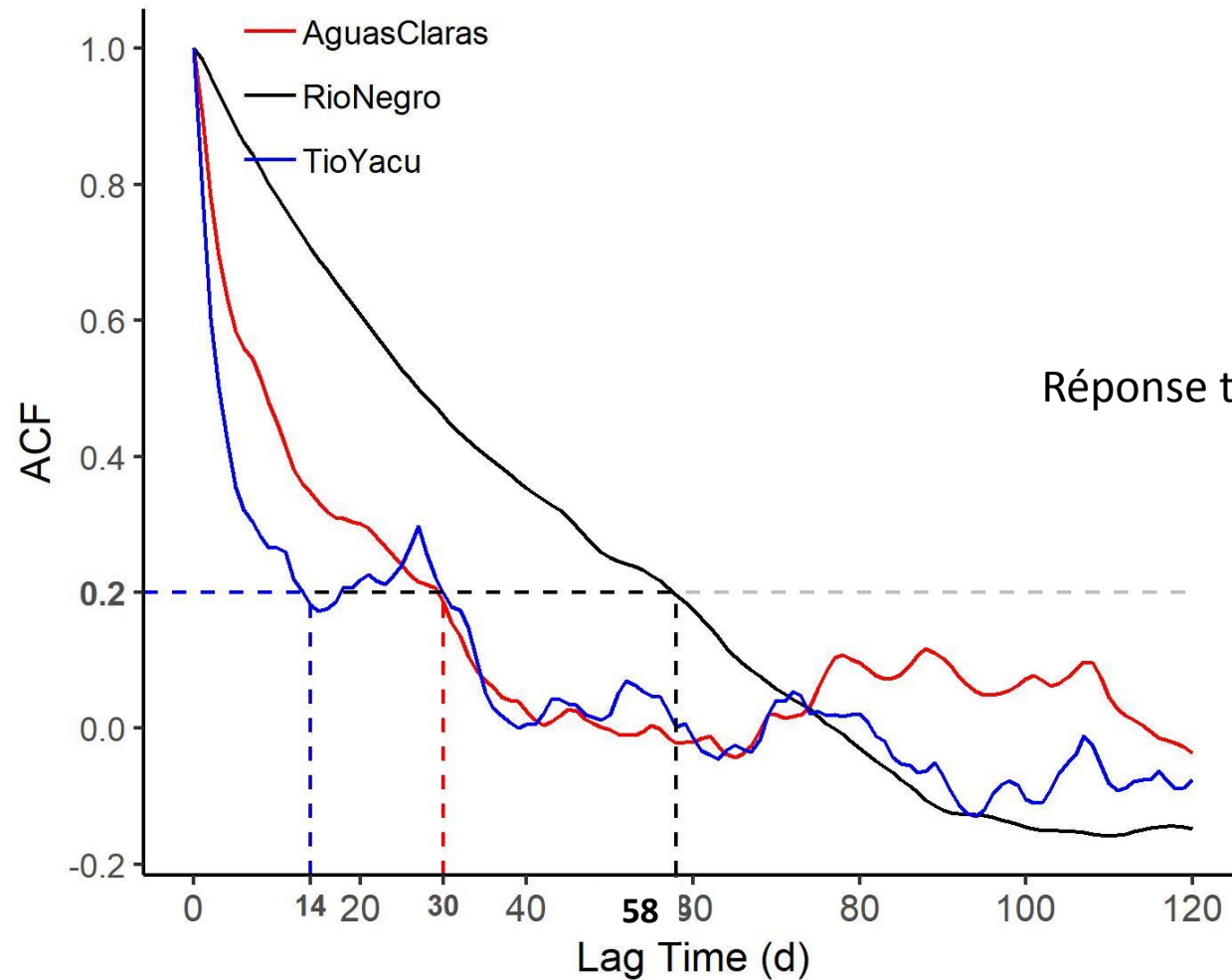


Stations météo.

Fonctionnement hydrogéologique

Réponse hydrodynamique

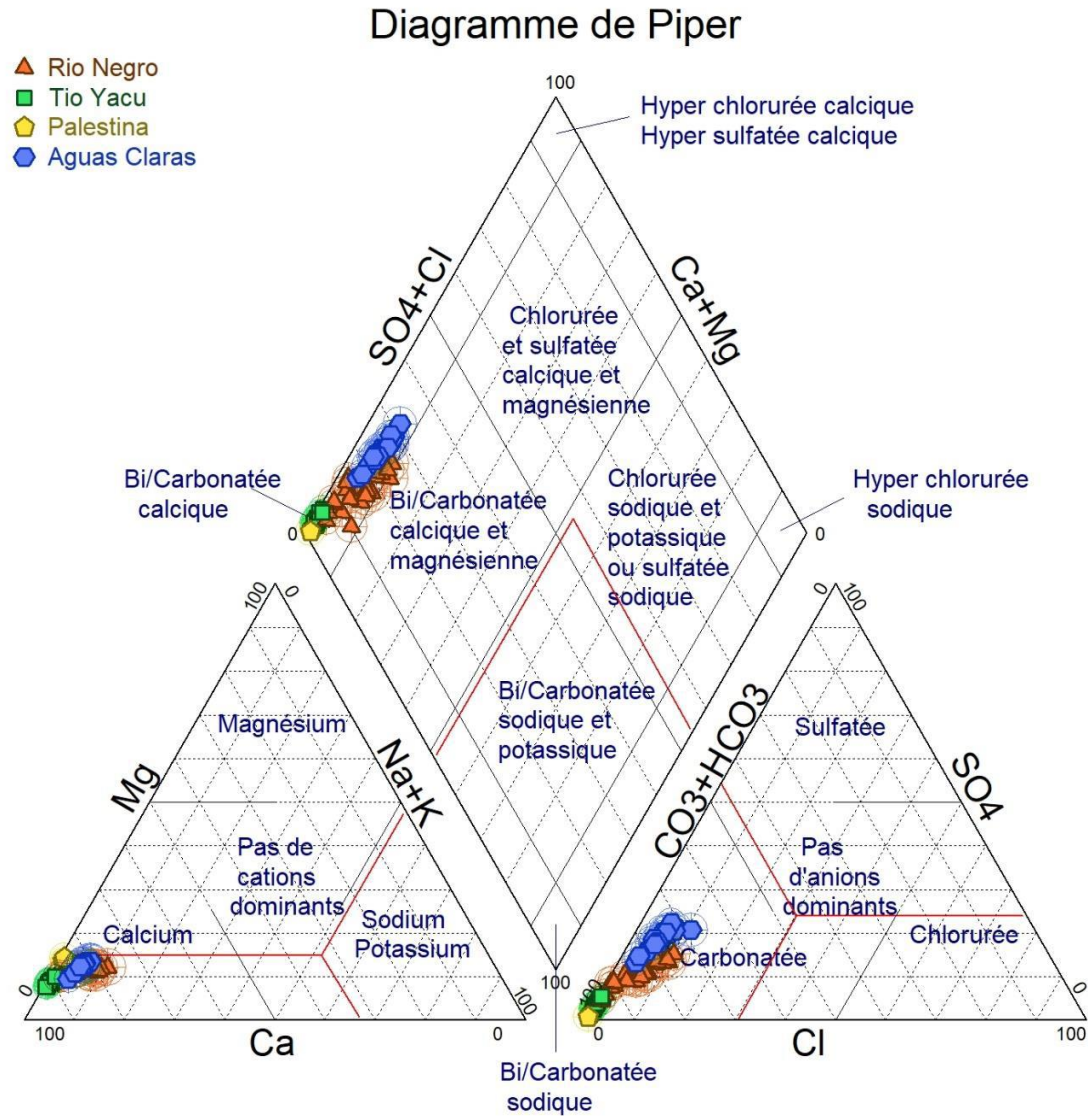
Période 09/2016 – 08/2018



Réponse très inertielle pour Rio Negro



Caractérisation des eaux

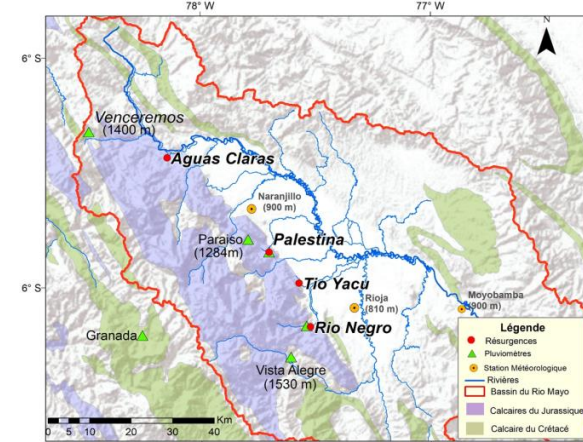
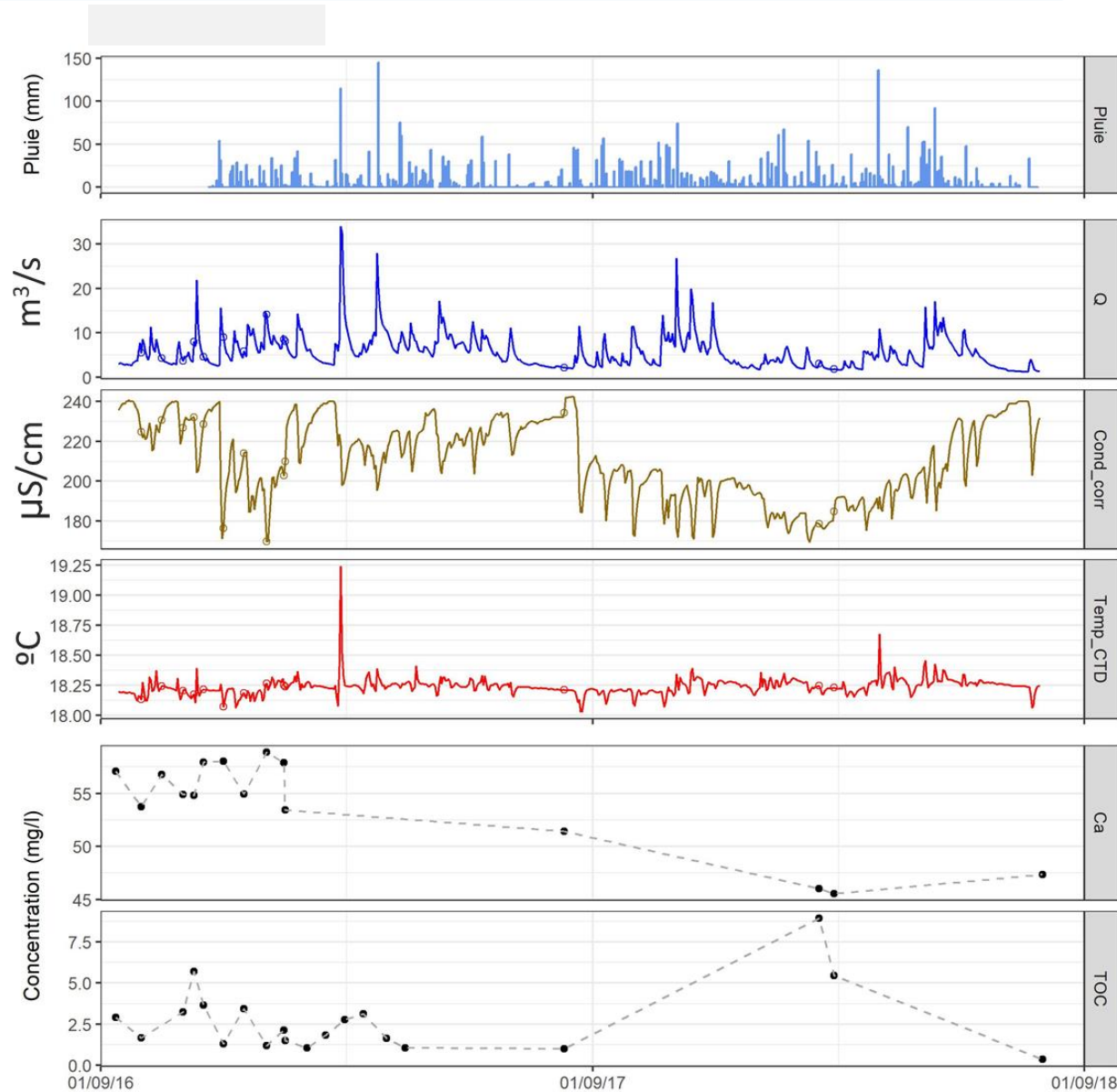


Carbonatée calcique

$\text{Ca}^{2+} > 80\%$
 $\text{HCO}_3^- > 70\%$

Fonctionnement hydrogéologique

Réponse hydrogéochimique

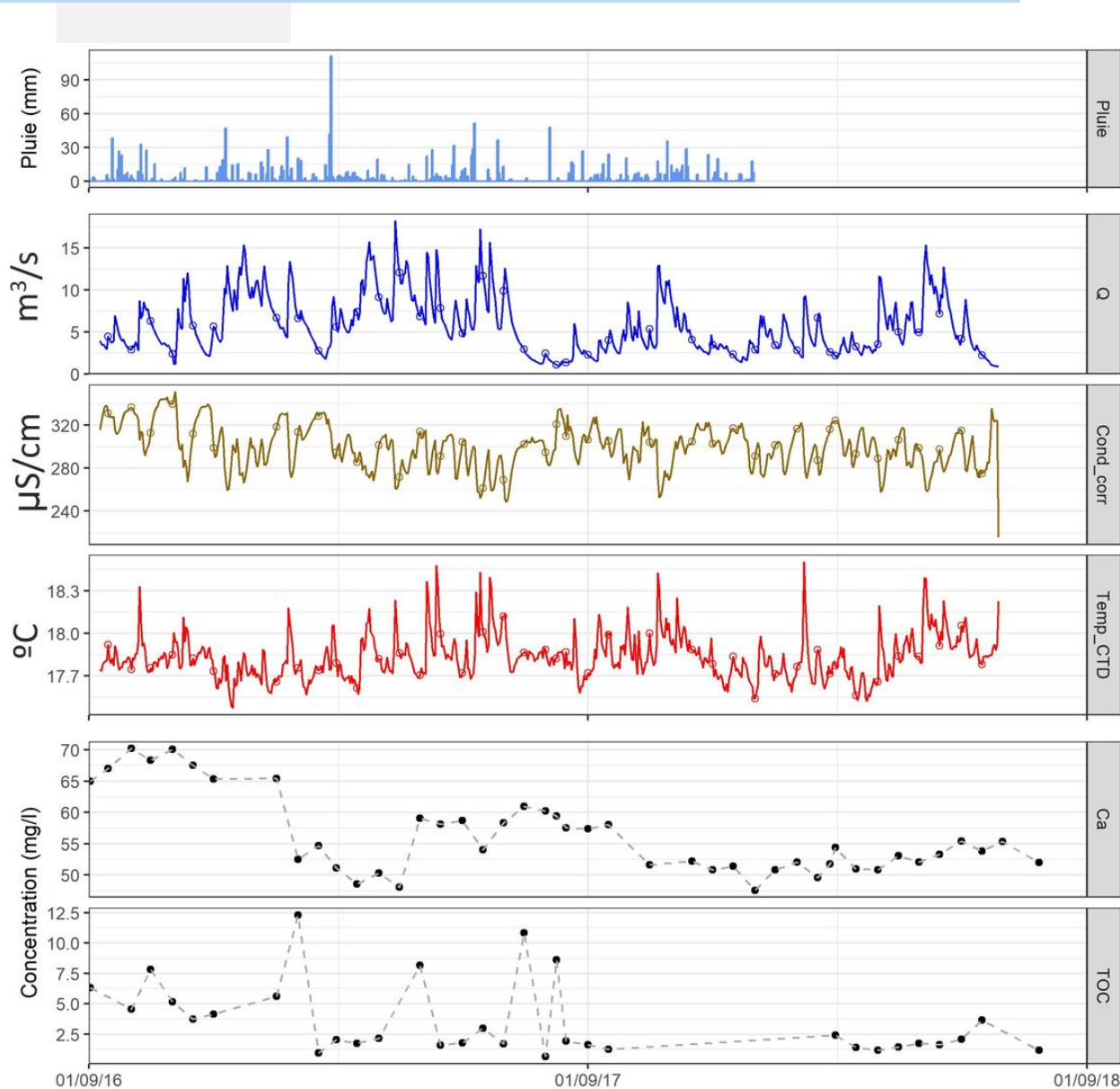


Tio Yacu:

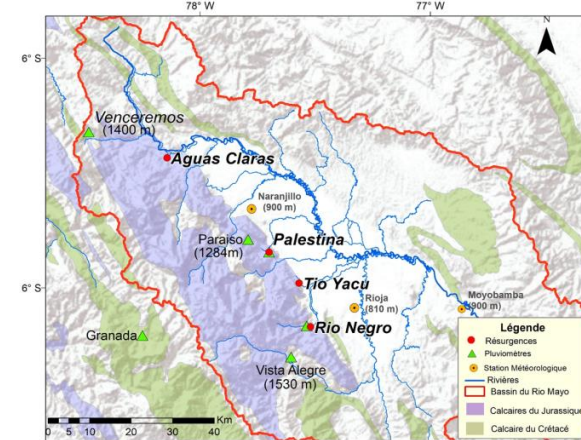
Réponse
évènementielle, mais
suivi hydrochimique
réduit
(pb observateur)

Fonctionnement hydrogéologique

Réponse hydrogéochimique

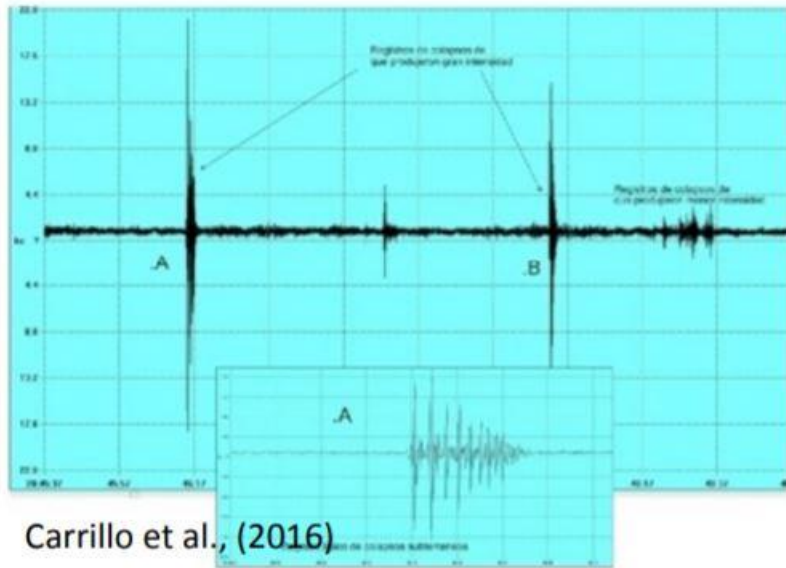


*Pluie station Moyobamba



Aguas Claras:

Réponse
évènementielle



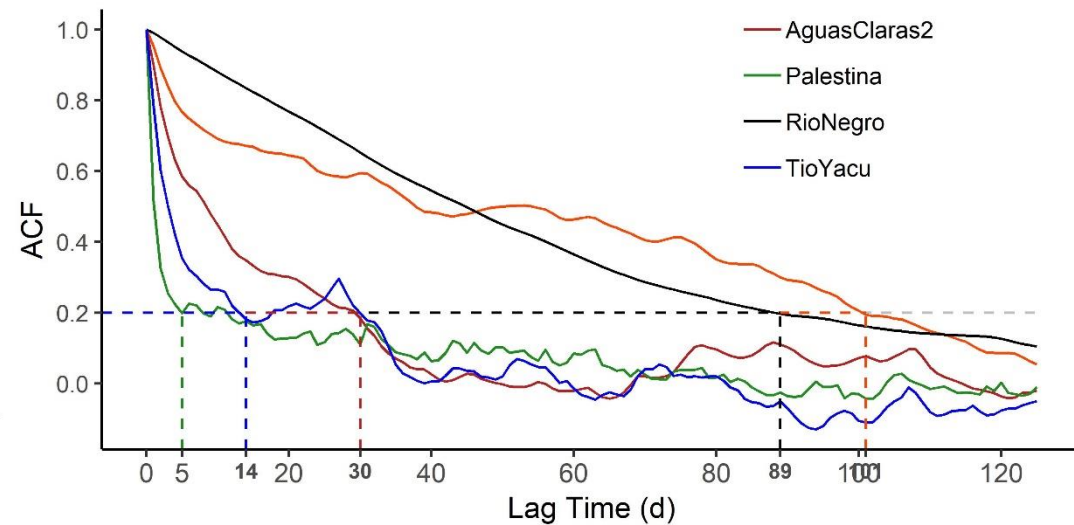
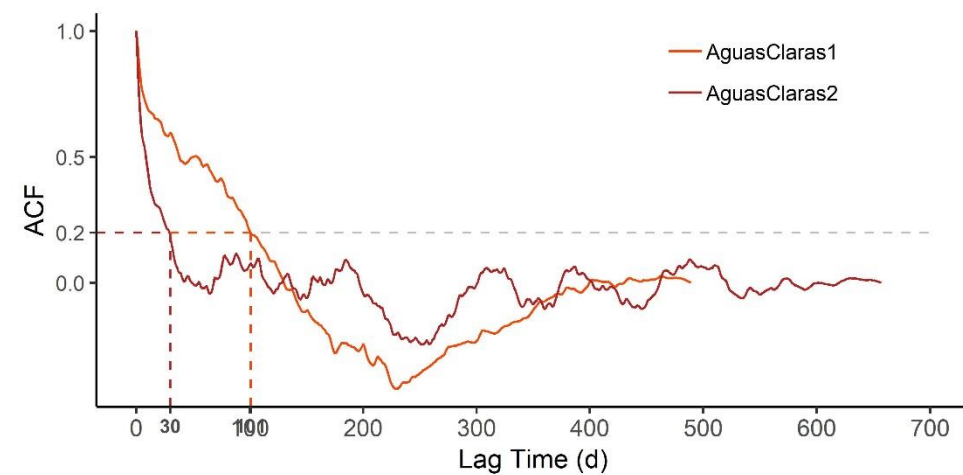
Carrillo et al., (2016)

Aguas Claras:



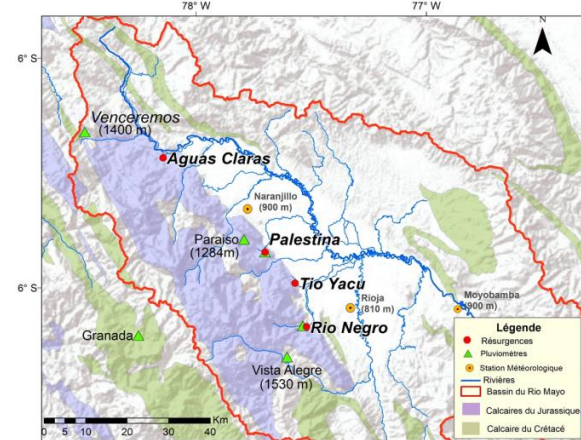
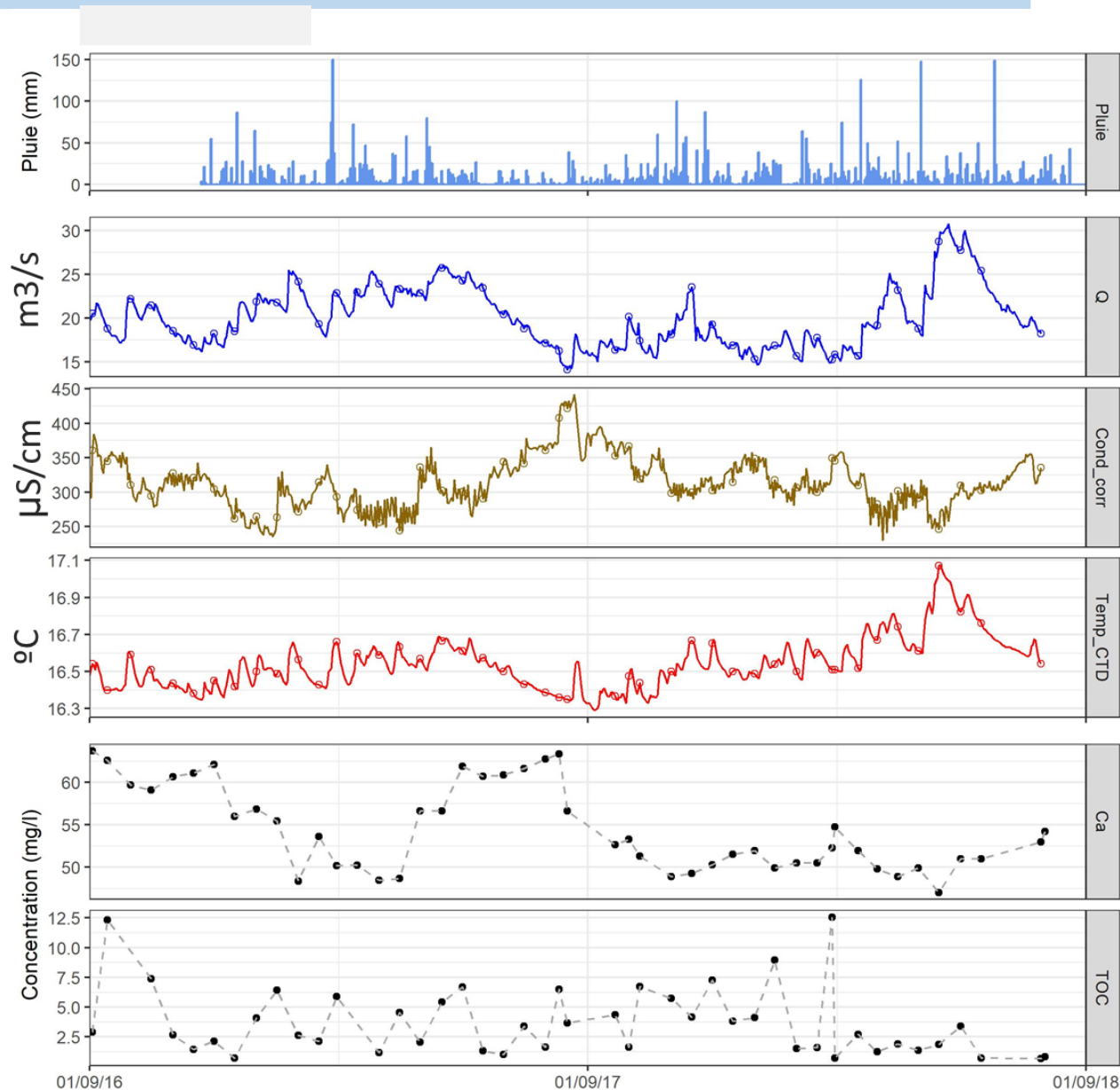
Descenso del caudal del Río Aguas Claras,
Fuente: Agente Municipal de la comunidad (31/01/2016).

Changement de régime
hydrologique après un séisme
atypique (diapir?)



Fonctionnement hydrogéologique

Réponse hydrogéochimique



Rio Negro:

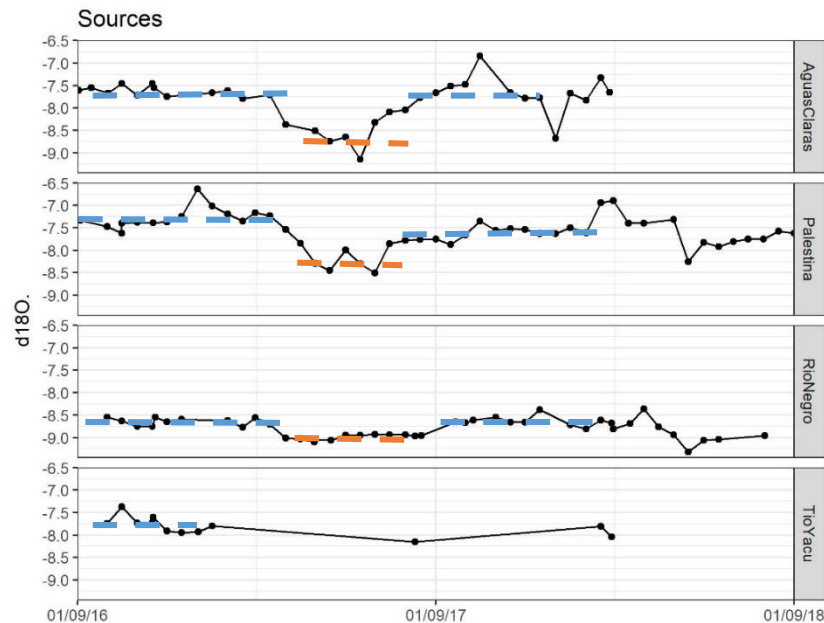
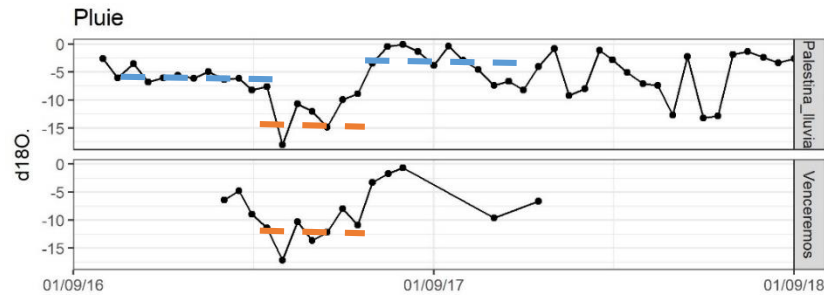
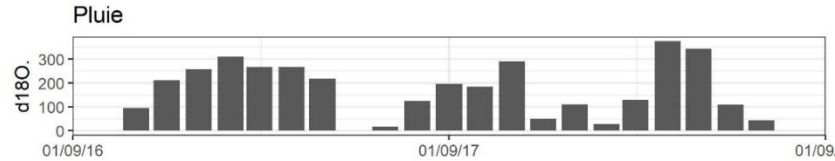
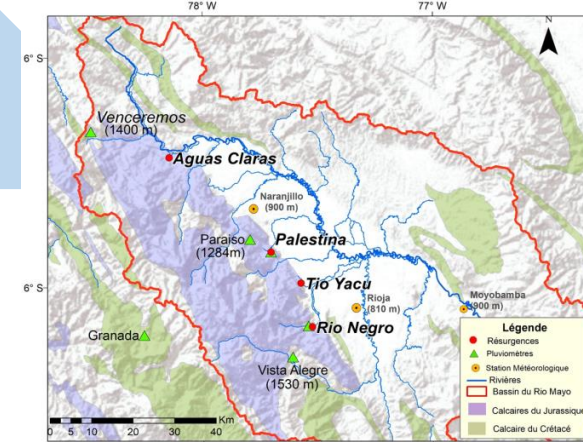
- Variations saisonnières
- Hydrogramme amorti
- Eau froide (recharge en altitude)



photo: JY Bigot

Fonctionnement hydrogéologique

Réponse hydrogéochimique – Isotopes stables de l'eau



- **Variations saisonnières des pluies en fonction de l'origine des masses d'air** (saison humide: signal enrichi, masse d'air du nord l'Amazonie / saison sèche: signal appauvri, masse du sud de l'Amazonie)
- **Confirmation de la réponse très inertielle du système de Rio Negro à l'aide des isotopes stables de l'eau.** Zone de recharge à une altitude plus haute

Flux de carbonates exportés vers l'amazone

- Estimation à l'aide des mesures hydrochimiques ponctuelles au niveau des sources
- Calcul des flux:

Atmosfera: < 0,5%

$$[X]_{atm} = [Cl^{-}]_{atm} * \left(\frac{[X]}{[Cl^{-}]} \right)_{pluie}$$

(Consideramos la concentración de Cl en Tío Yacu como indicador de fuente atmosférica ())

Evaporitas: < 15%

- Halita (NaCl) →
- Gipso (CaSO₄) →

Atmosphère

$$Ca_{total} = Ca_{carbonatos} + Ca_{evap} + Ca_{atmosferico}$$
$$Ca_{evap} = SO4_{evap}$$

Lithologie

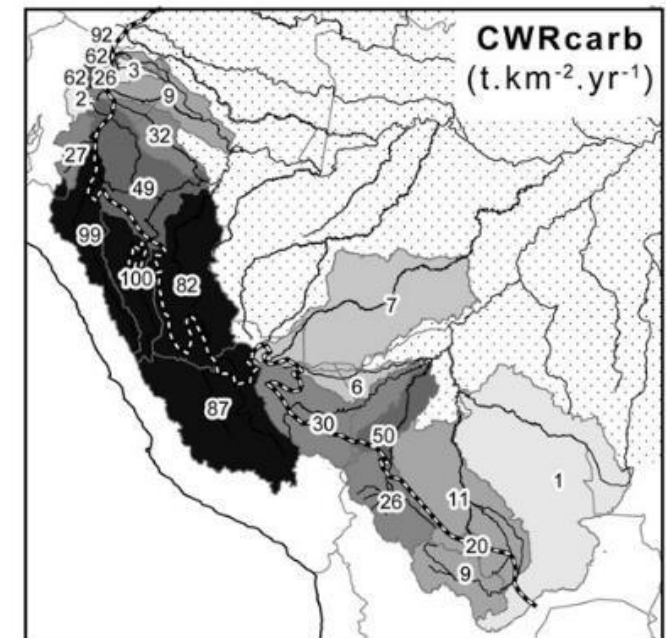
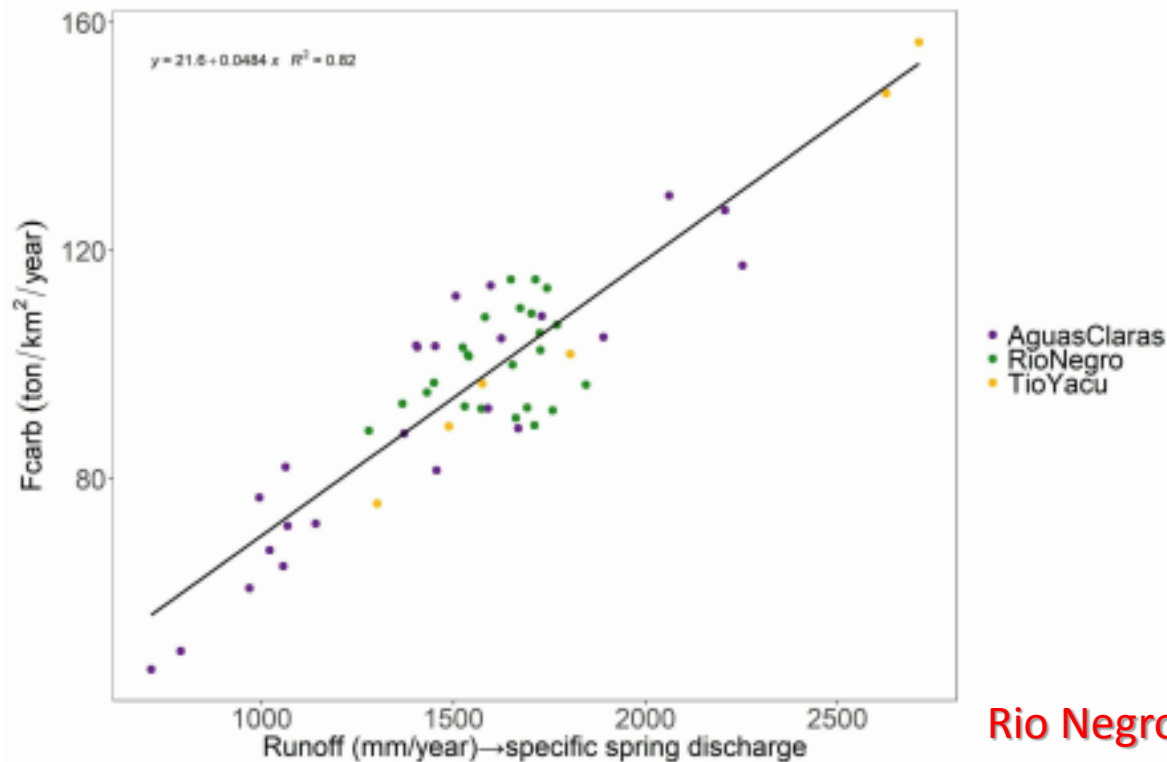
Evaporites → 5%

Carbonates → 80 – 90 %

Silicates 5-8 %

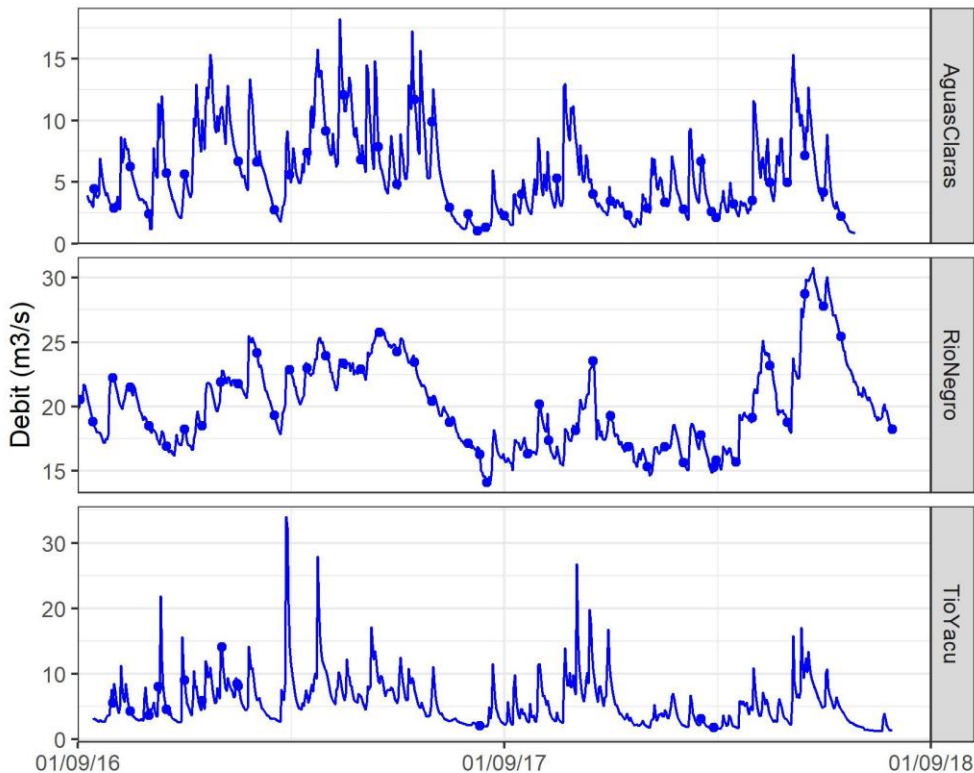
Flux de carbonates exportés vers l'amazone

Station	Année hydrologique	Superficie (km2)	Pluie (mm)	Débit (m3/s)	Débit (mm/an)	Coef d'écoulement	Fcarb (ton/an/km2)
Rio Negro	2016	547	1698	25	1441	0,85	187
Tio Yacu	2016	62	2013	6	2830	1,41	199
Aguas Claras	2016	107	1619	6	1705	1,05	157



Rio Negro = 1^{ère} exsurgence karstique d'Am. Latine
Le seul réseau de suivi des karsts andins et amazoniens

Incertitude des calculs de flux de carbonates exportés



● Prélèvements ponctuels

- Flux exportés aux exutoires karstiques estimés à partir de suivis ponctuels répartis au cours du cycle
- Pbm de la représentativité des prélèvements chimiques au cours du cycle hydrologique (peu d'éch en très HE)



- **Calculer les flux de matières dissoutes exportés par les bassins karstiques à haute fréquence**, en travaillant sur une relation Ca+Mg (ou TDS) en fonction des suivis de CE mesurés via les CTD aux exutoires
- **Comparer avec des données du SNO KARST et travail de G. Cinkus** (stage à l'EMMAH)



Etablissement d'une relation liant les suivis en matière dissoute (TDS/cations) et la CE (suivis CTD). Confrontation avec des données du SNO KARST



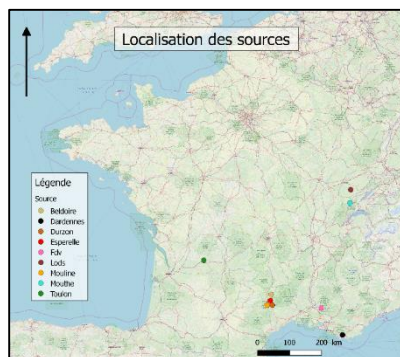
Merci aux contributeurs!

Données disponibles

Débit (m^3/s), *suivi haute fréquence*

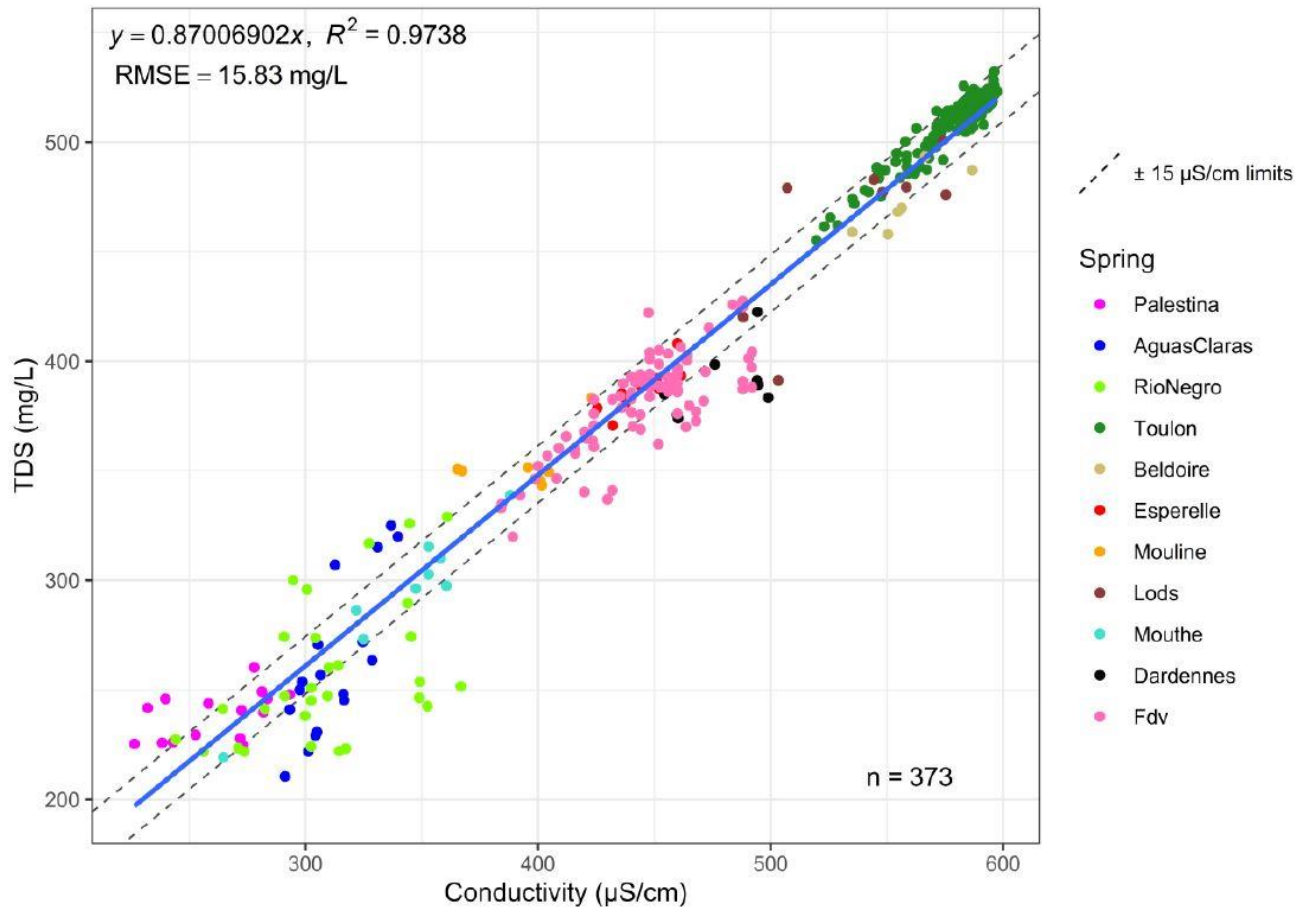
Conductivité spécifique à 25°C ($\mu\text{S}/\text{cm}$), *suivi haute fréquence*

Chimie : ions majeurs (mg/L), *analyses mensuelles*



Source	Débit moyen interannuel (m^3/s)	Débit - coefficient de variation	Conductivité moyenne interannuelle ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Conductivité - coefficient de variation	Conductivité - Pas de temps	Conductivité - amplitude ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Nombres d'analyses physico-chimiques	Aire du bassin d'alimentation (km^2)
Palestina	0,48	165,27	248,43	6,69	24h	129,06	47	15
Aguas Claras	7,63	68,34	312,97	11,27	30min	291,00	32	115
Rio Negro	22,05	23,30	299,65	16,79	30min	294,00	38	464
Toulon	0,48	36,97	580,27	2,27	5-15min	80,50	366	100
Belduire	0,29	42,80	569,85	2,96	30min	126,77	32	131
Durzon	1,63	61,02	429,49	4,72	30min	106,50	247	101
Esperelle	1,07	142,98	452,35	2,80	30min	270,50	261	91
Mouline	0,49	45,27	399,38	4,63	30min	158,00	223	32
Lods	0,99	130,77	535,45	5,48	15min	208,00	38	35
Mouthe	1,74	133,74	334,33	8,75	15min	160,25	26	50
Dardennes	0,64	298,59	483,49	4,53	15min	165,26	30	70
Fdv	15,88	72,40	447,15	5,75	15min	249,00	127	1115

Etablissement d'une relation liant les suivis en matière dissoute (TDS/cations) et la CE (suivis CTD). Confrontation avec des données du SNO KARST



Stage G. Cinkus



Régression linéaire en cours de validation sur l'ensemble des cations ($\Sigma\text{cations}$) en meq/L en vue de calculer des flux exportés aux exutoires à haute fréquence

Dispersion des points: plusieurs facteurs explicatifs (faciès, gammes de valeurs de CE, pbms de conservation des éch...)



liz stefanny hidalgo sanchez <lizstefanny@hotmail.com>