



# **Los flujos de Cl y Na en las cuencas de ante-país del río Amazonas : evidencia de un impacto antrópico?**

Jean Sébastien Moquet, Nore Arevalo, Eduardo Chavarri, Alain Crave, Christelle Lagane, Waldo Lavado, Laurence Maurice, Jérôme Viers et Jean-Loup Guyot

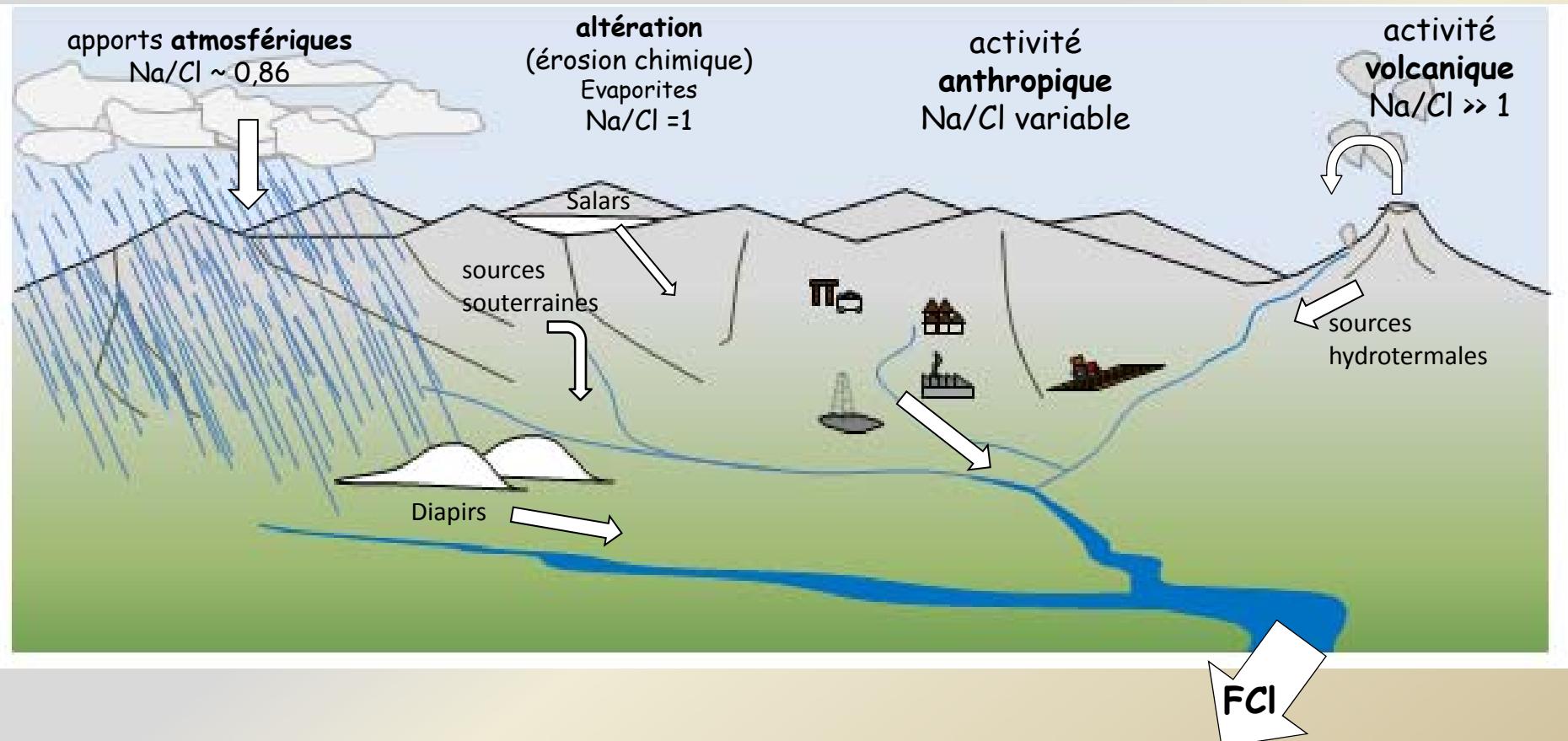
# Introduction

Le chlore (Cl) dans les rivières : plusieurs sources

Flux de chlore (FCI)

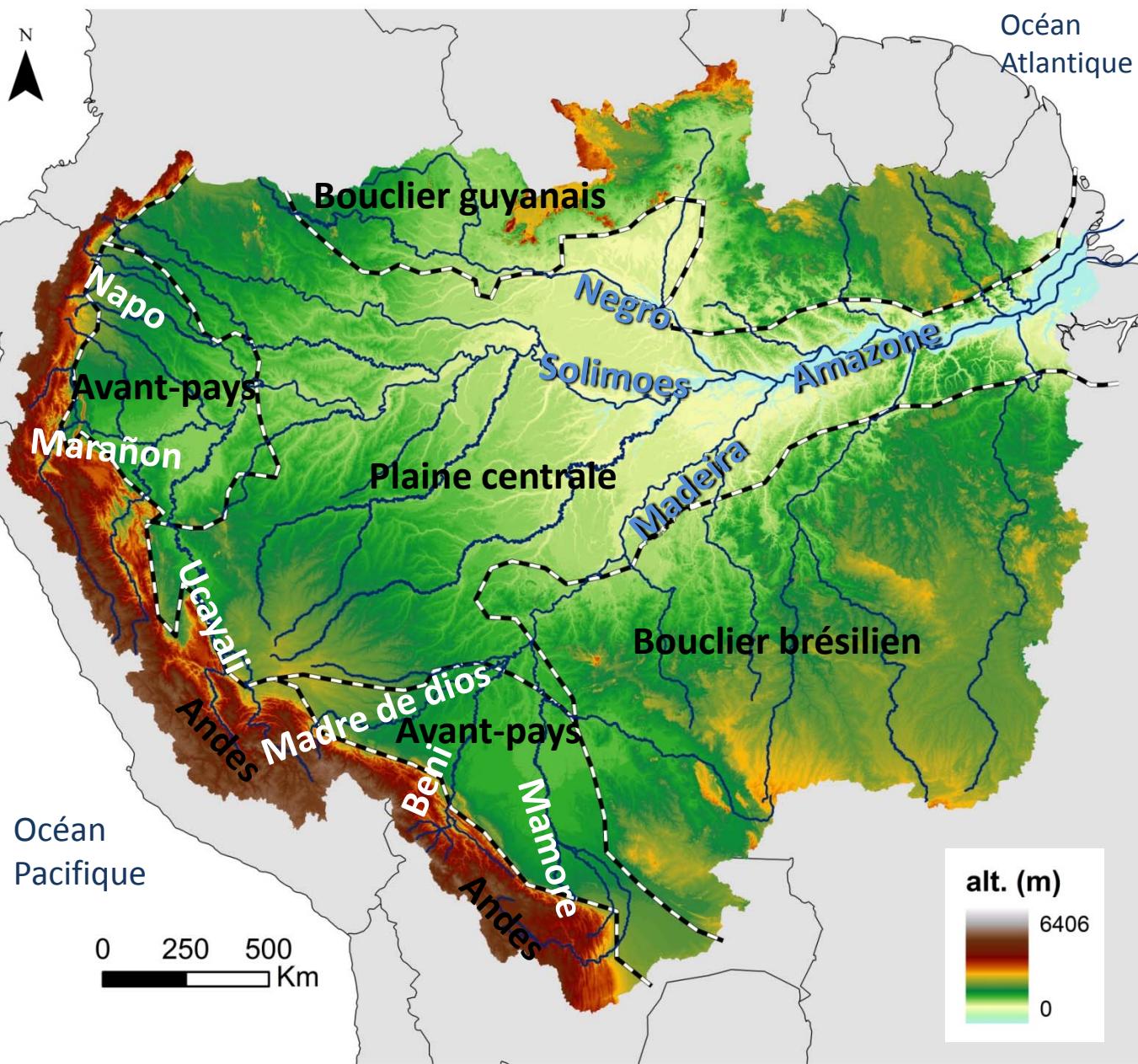
=

$$\text{apports atmosphériques} + \text{altération (érosion chimique)} + \text{activité anthropique} + \text{activité volcanique}$$



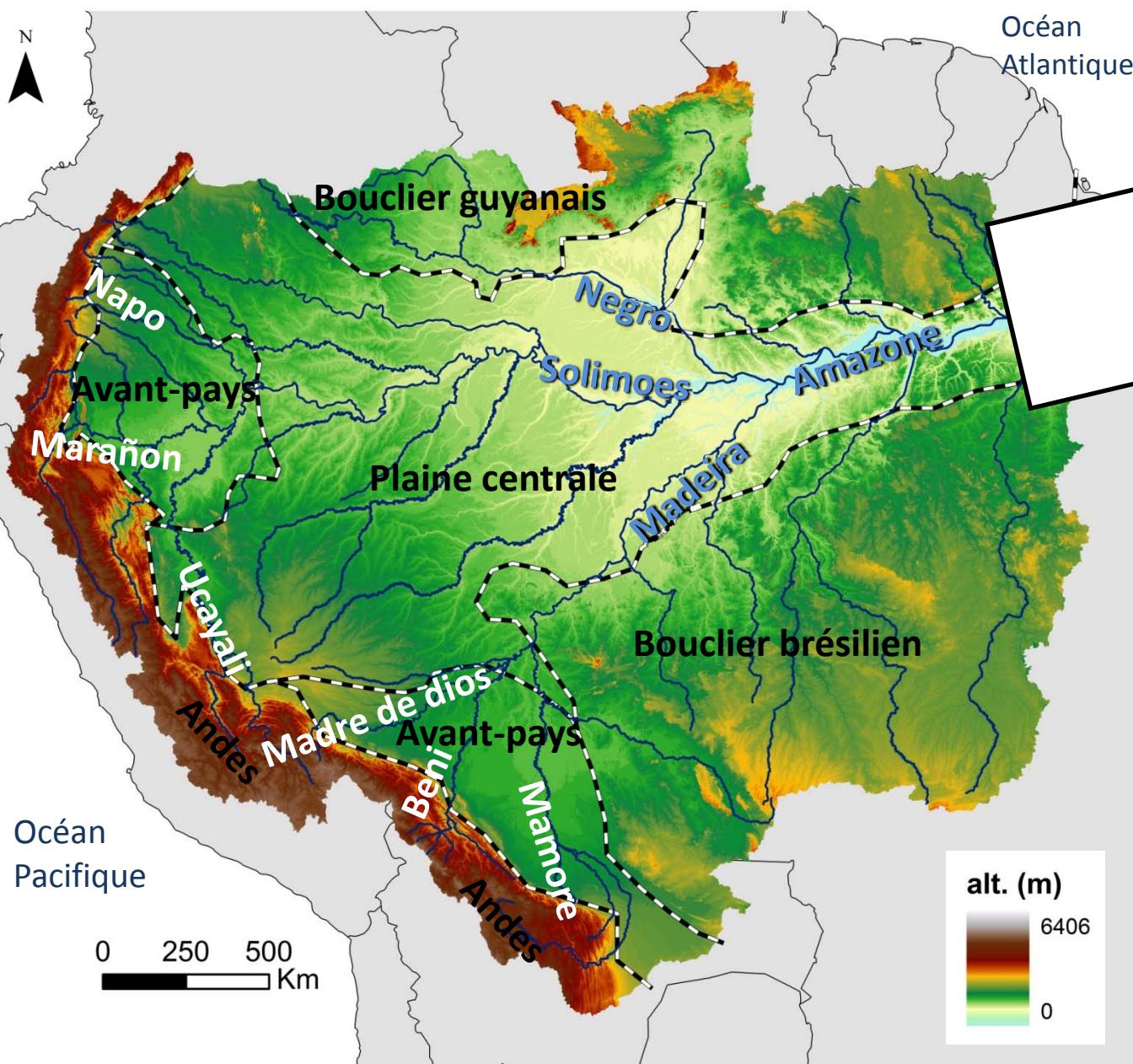
# Introduction

## Bilan des flux de Cl de l'Amazone



# Introduction

## Bilan des flux de Cl de l'Amazone



FCI  
FNa

Amazone :

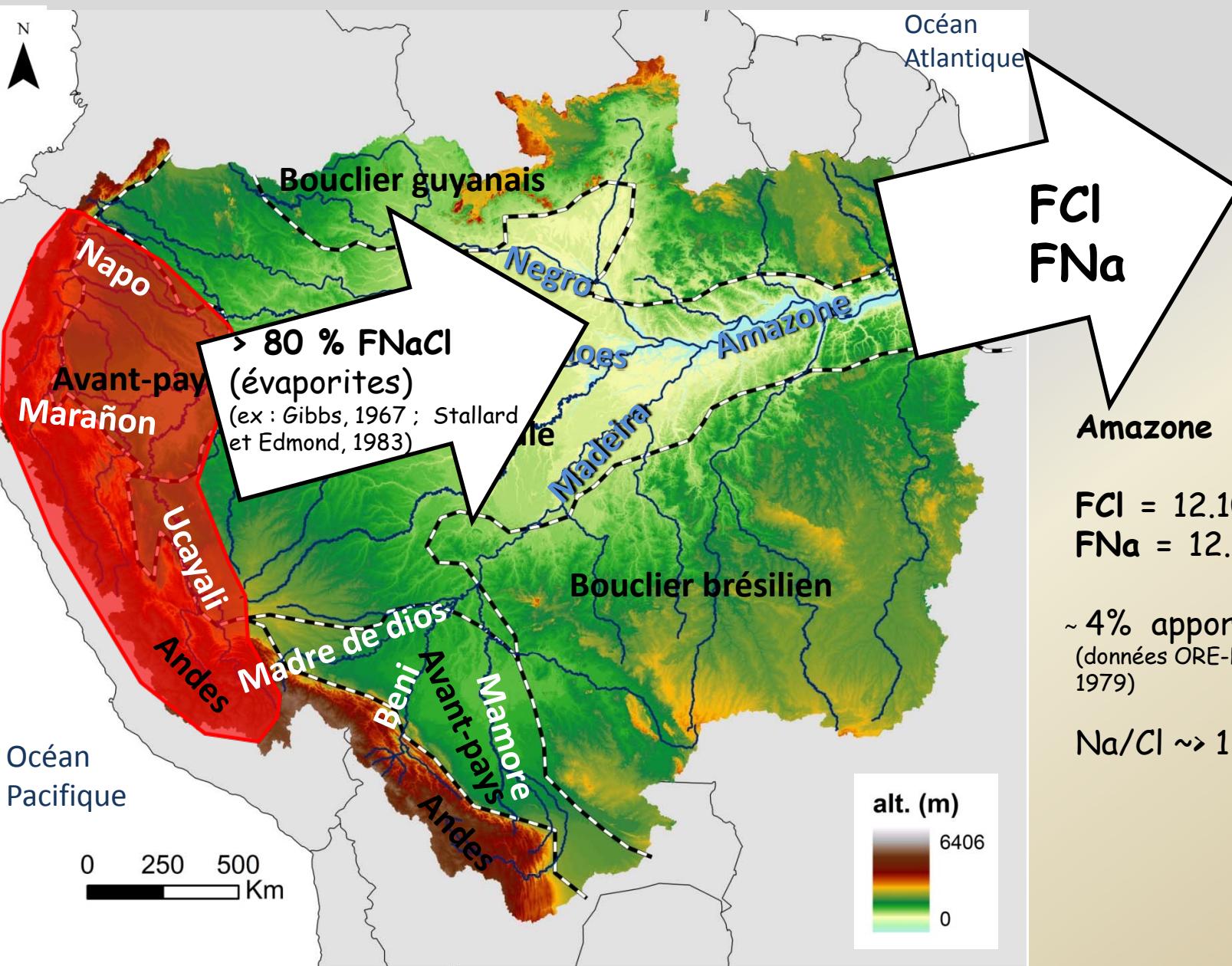
$$\text{FCI} = 12 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$$
$$\text{FNa} = 12 \cdot 10^6 \text{ t.an}^{-1}$$

~ 4% apports continents  
(données ORE-HyBam vs Meybeck, 1979)

$$\text{Na/Cl} \sim 1$$

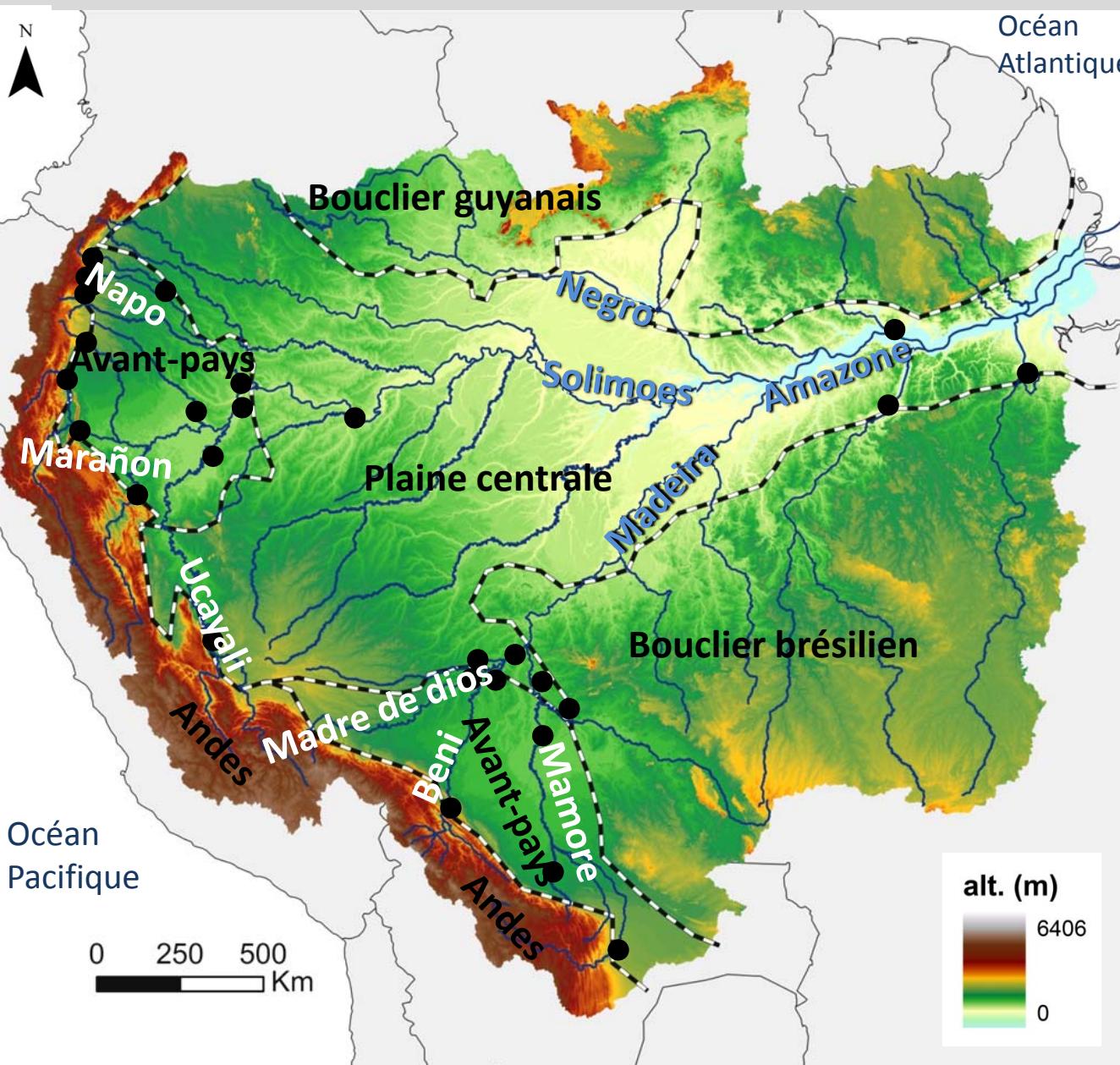
# Introduction

## Bilan des flux de Cl de l'Amazone



# Introduction

## Réseau HiBAM/ORE-HYBAM/PHICAB



### Données :

- débits journaliers
- chimie des eaux : échantillonnage mensuel (éléments majeurs)

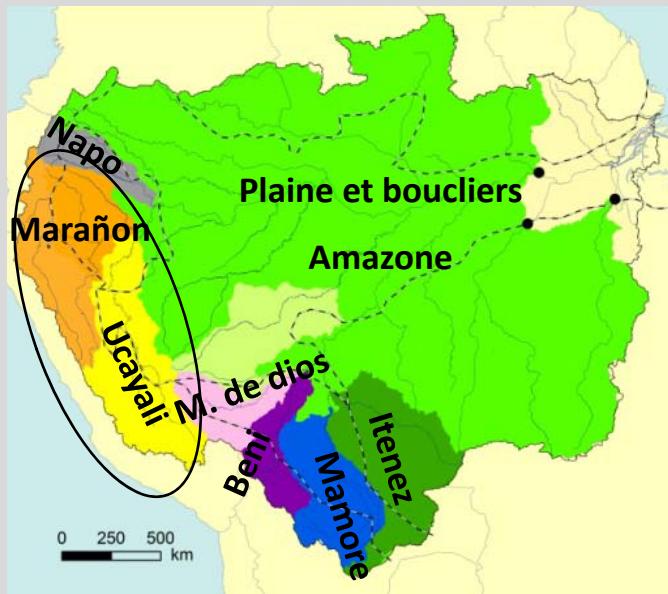
→ Env. 2500 analyses

→ Flux dissous annuel

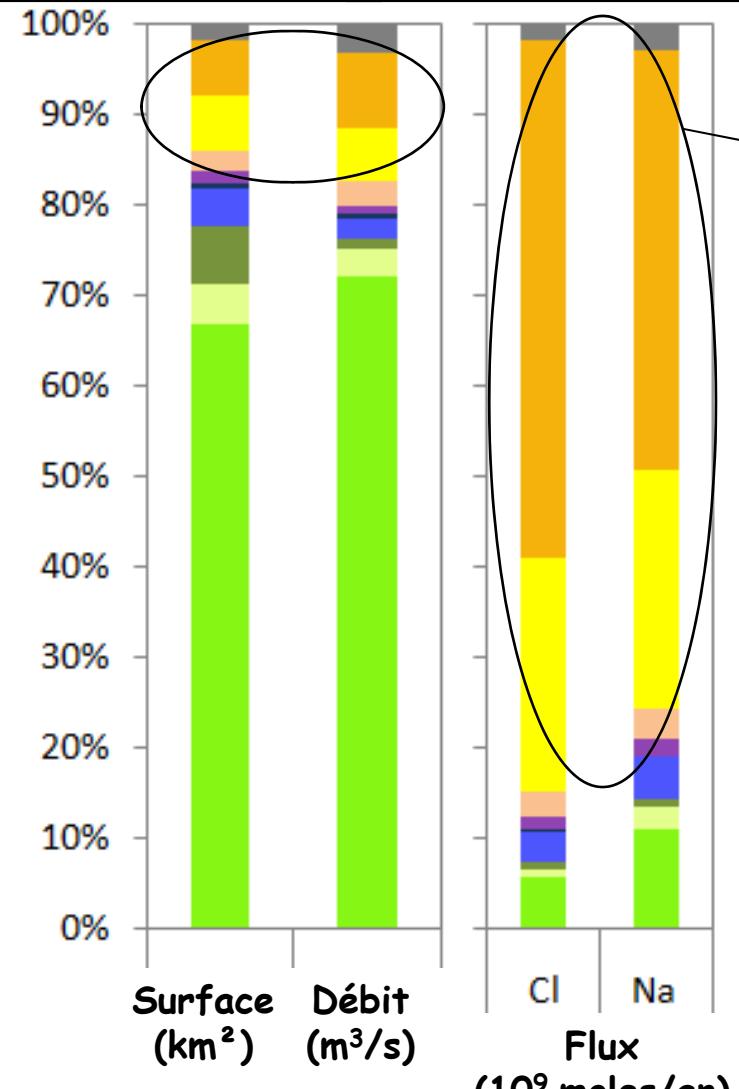
## Sources de Cl de l'Amazone

## Cas du rio El Tigre

## Cas du rio Napo?



- Napo
- Maranon
- Ucayali
- Madre de Dios
- Beni
- Mamore
- Itenez
- Orthon et Purus
- Plaine d'inondation et boucliers



Marañón + Ucayali

Marañón + Ucayali → > 75% des apports de Na et Cl de l'Amazone pour ~ 15% du débit et de la surface

## Sources de Cl de l'Amazone

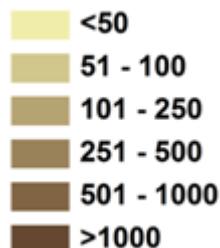
## Cas du rio El Tigre

## Cas du rio Napo?

Volcanisme

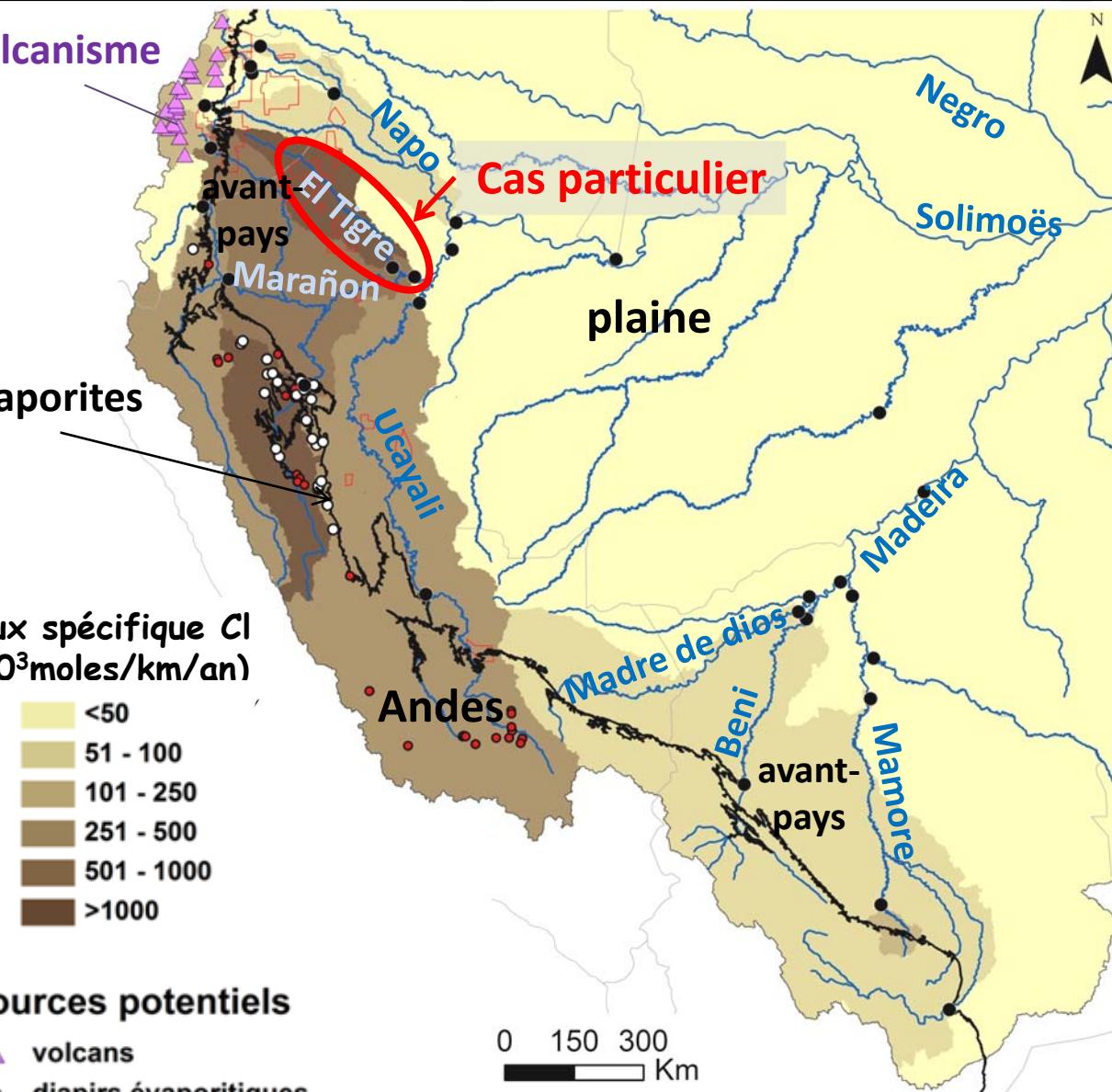
Evaporites

Flux spécifique Cl  
( $10^3$  moles/km/an)



### sources potentiels

- ▲ volcans
- diapirs évaporitiques
- mines halite
- exploitations pétrolières



## Sources Cl dans les Andes et avant-pays

- Atmosphère : ~ négligeables (Moquet et al., 2011)
- Altération évaporites
  - Andes + en particulier Marañón/Ucayali
- Volcanisme :
  - Napo + haut Pastaza
- Antropique (exploitation pétrolière) :
  - Rio El Tigre?

## Sources de Cl de l'Amazone

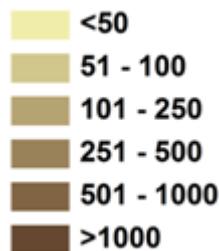
## Cas du rio El Tigre

## Cas du rio Napo?

Volcanisme

Evaporites

Flux spécifique Cl  
( $10^3$  moles/km/an)



sources potentiels

- ▲ volcans
- diapirs évaporitiques
- mines halite
- exploitations pétrolières

0 150 300 Km

Cas particulier

plaine

Madre de dios

Andes

Beni

avant-pays

Namoré

Madeira

Ucayali

Marañón

Napo

El Tigre

avant-pays

plaine

Solimoës

Negro

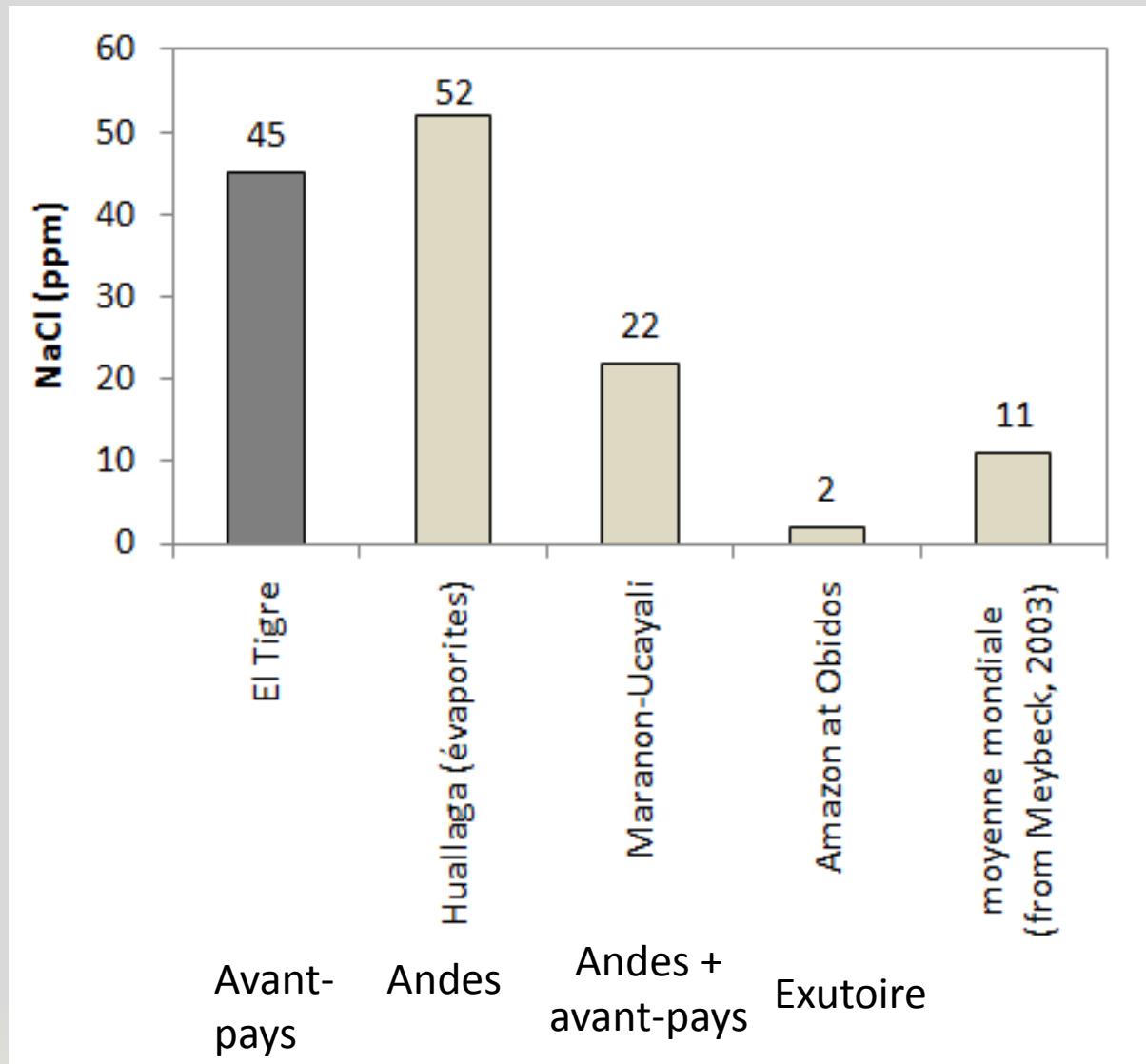


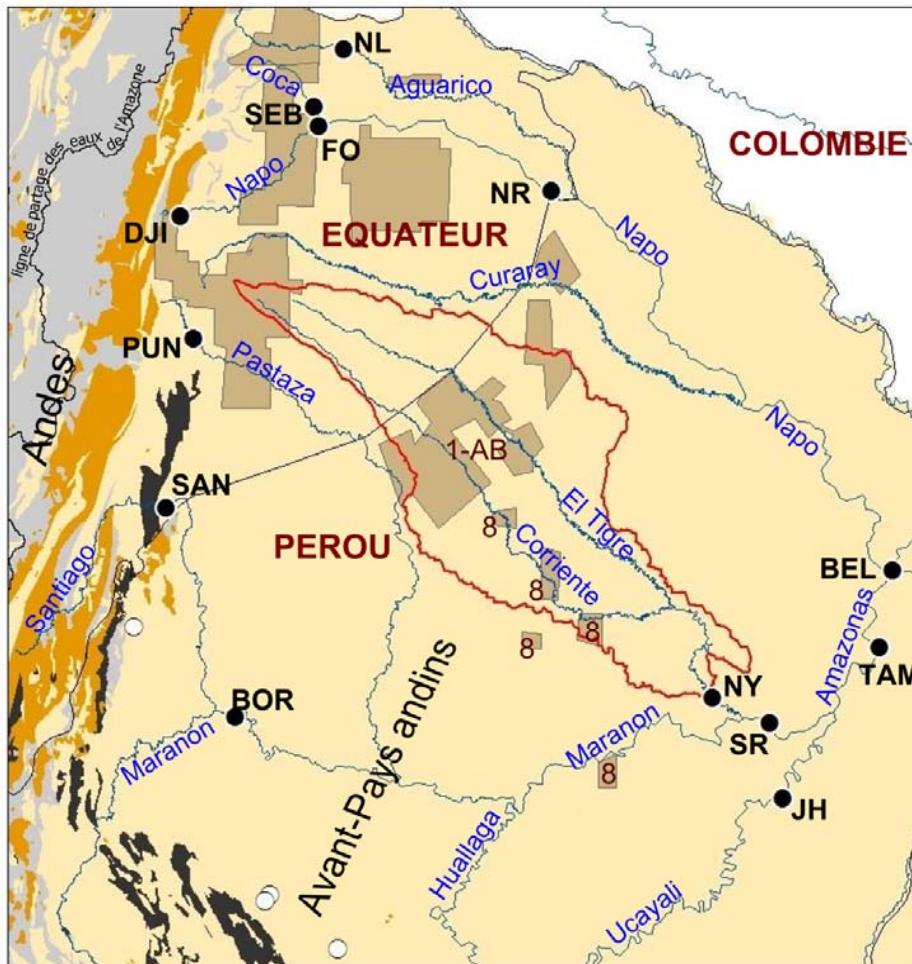
FCI El Tigre River ~ 10% de l'Amazone pour < 1% de la surface et débit

## Sources Cl dans les Andes et avant-pays

- Atmosphère : ~ négligeables (Moquet et al., 2011)
- Altération évaporites
  - Andes + en particulier Marañón/Ucayali
- Volcanisme :
  - Napo + haut Pastaza
- Antropique (exploitation pétrolière) :
  - Rio El Tigre?

## Concentration en NaCl dans différents contextes



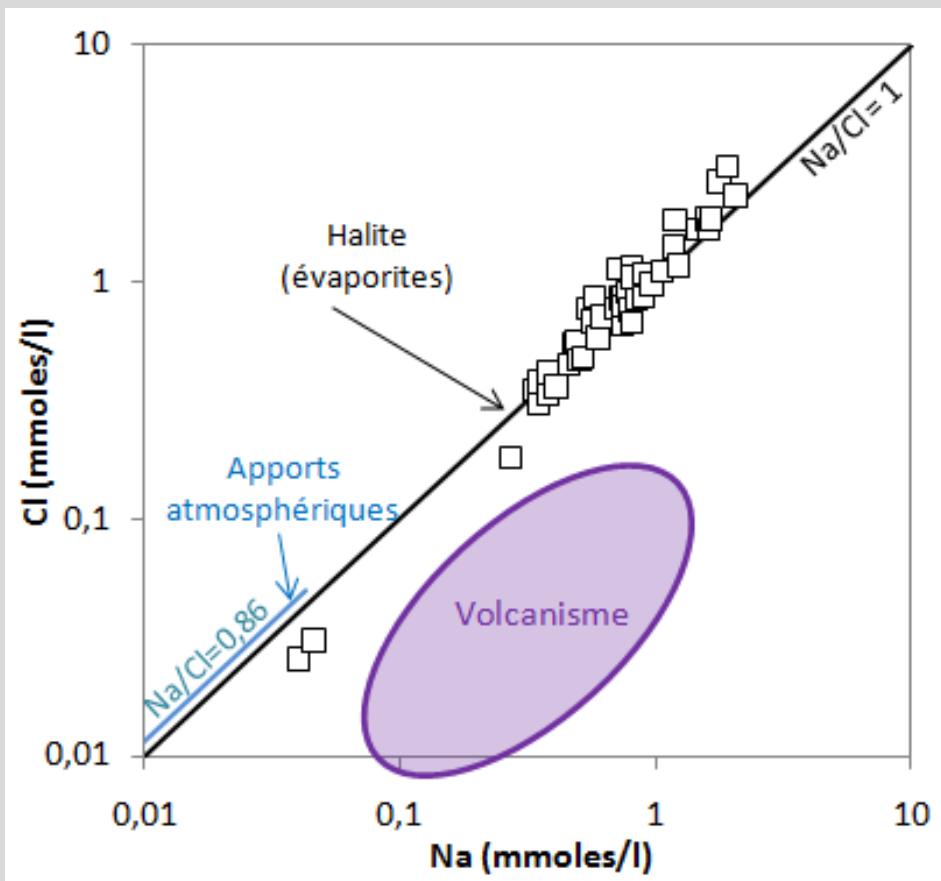


Lithologie et activité anthropique  
du bassin du Tigre

→ Séiments clastiques

→ Activité pétrolière

## Relation NaCl dans le rio Tigre - Observations



Rio El Tigre :

- $\text{Na}/\text{Cl} \sim 1$
- Concentrations élevées ( $\text{Cl} > 0,2 \text{mmoles/l}$ )

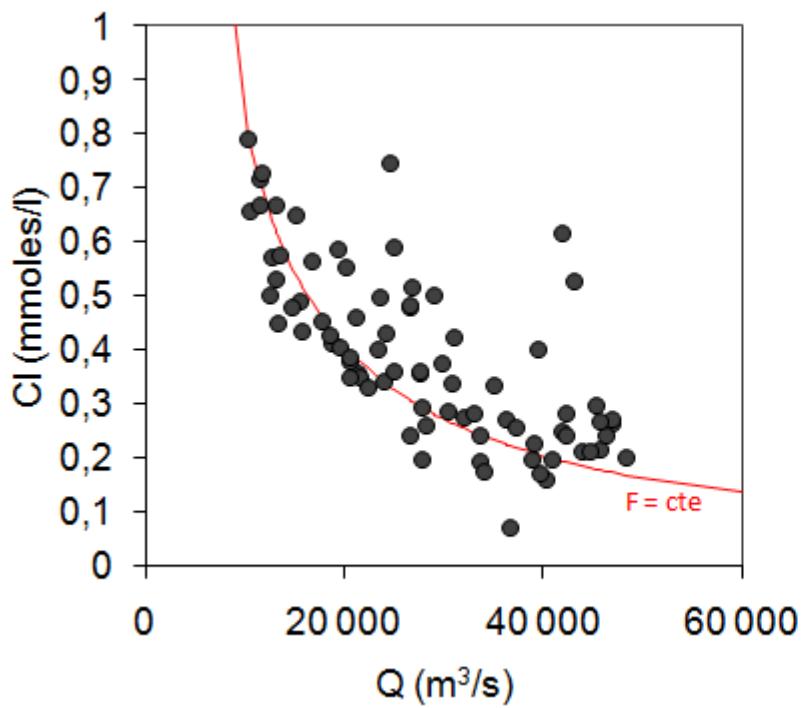
→ Rivière El Tigre : domaine évaporite

→ observation contradictoire :

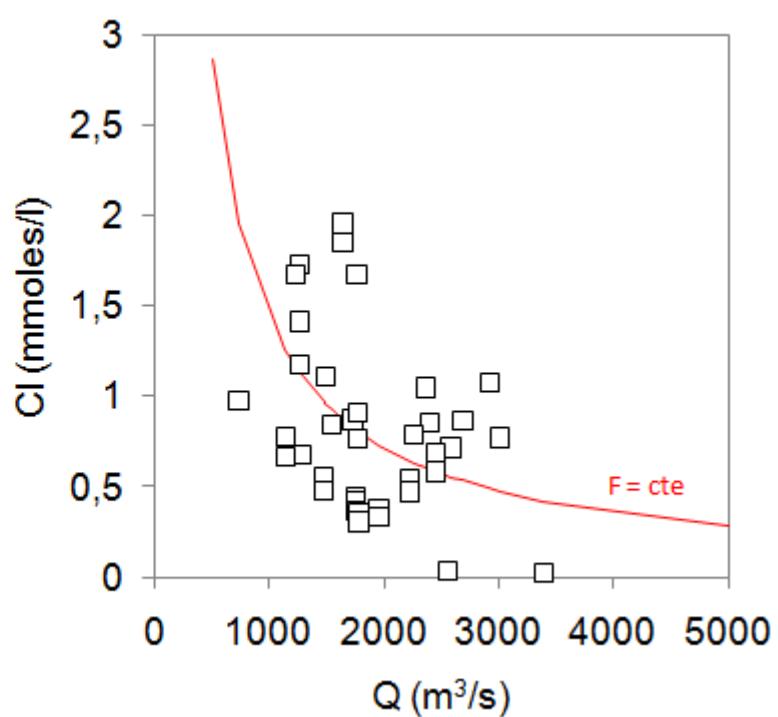
absence d'affleurement évaporitique significatif

**Comportement des bassins influencés par les évaporites**

Ex : Tamshiyacu  
(confluence Marañón-Ucayali)



**Comportement du bassin du rio el Tigre**



- Evaporite : effet de dilution total
- Rio El Tigre : aucun lien entre débit et concentration

## Traitement des eaux profondes

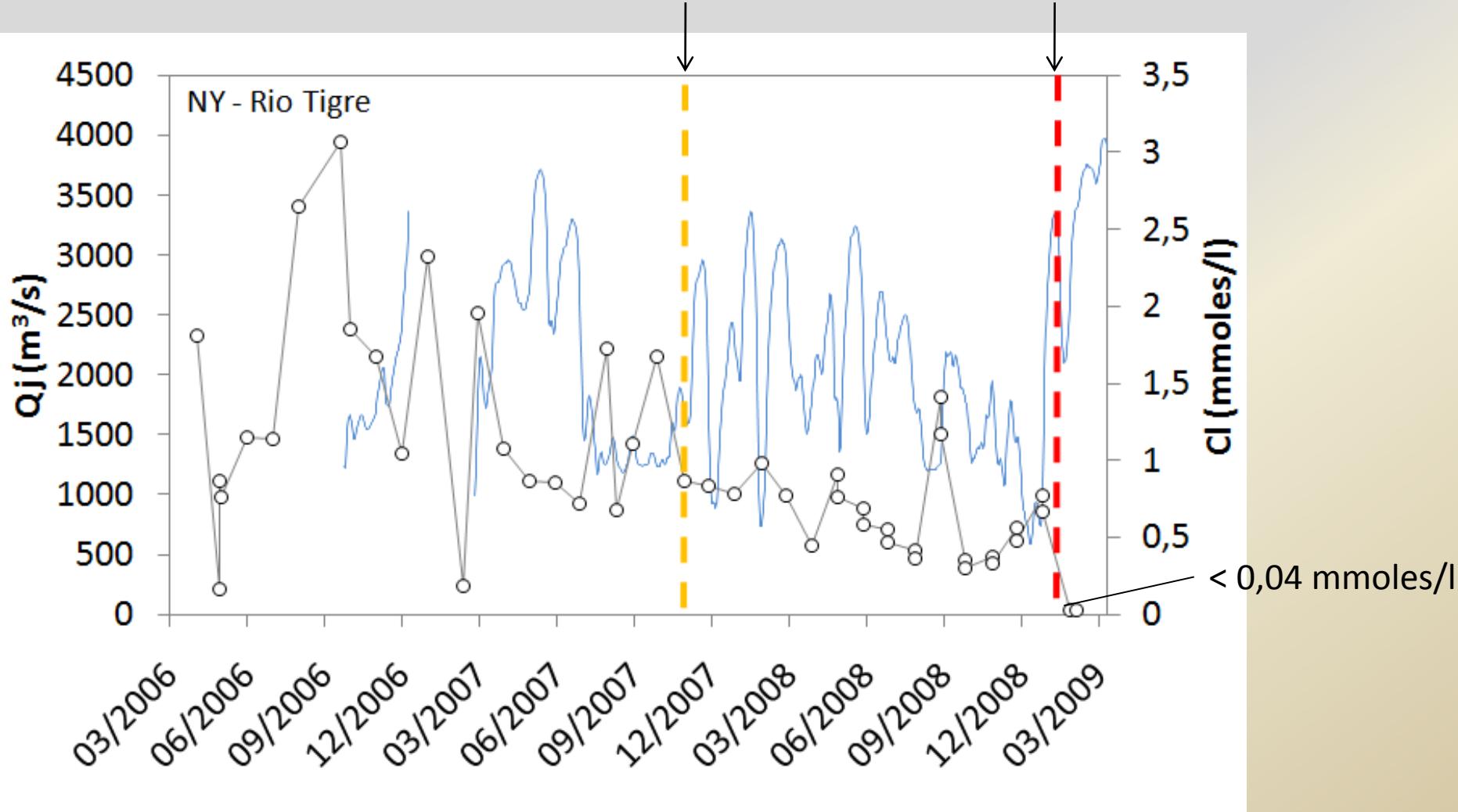
Evaluacion ambiental territorial de las cuencas de los rios Tigre-Pastaza (03/1998).  
Ministerio de Energia y Minas

### "- Disposición del agua de producción :

Cada estación de producción cuenta con un sistema de tratamiento y eliminación de agua de producción. Esta agua pasa a este sistema una vez que salen de los separadores y deshidratadores. El sistema consiste de una o varias pozas o estanques para enfriar el agua, acumular y recuperar la película de petróleo remanente. El crudo acumulado se colecta o capta con un desnatador mecánico el cual es colocado cerca del lugar de la descarga de agua. **El agua es descargada al ambiente en un punto que minimiza el riesgo de daño a la infraestructura de la estación de producción.**"

Modification

Rupture



## Traitement des eaux profondes

Evaluacion ambiental territorial de las cuencas de los rios Tigre-Pastaza (03/1998).  
Ministerio de Energia y Minas

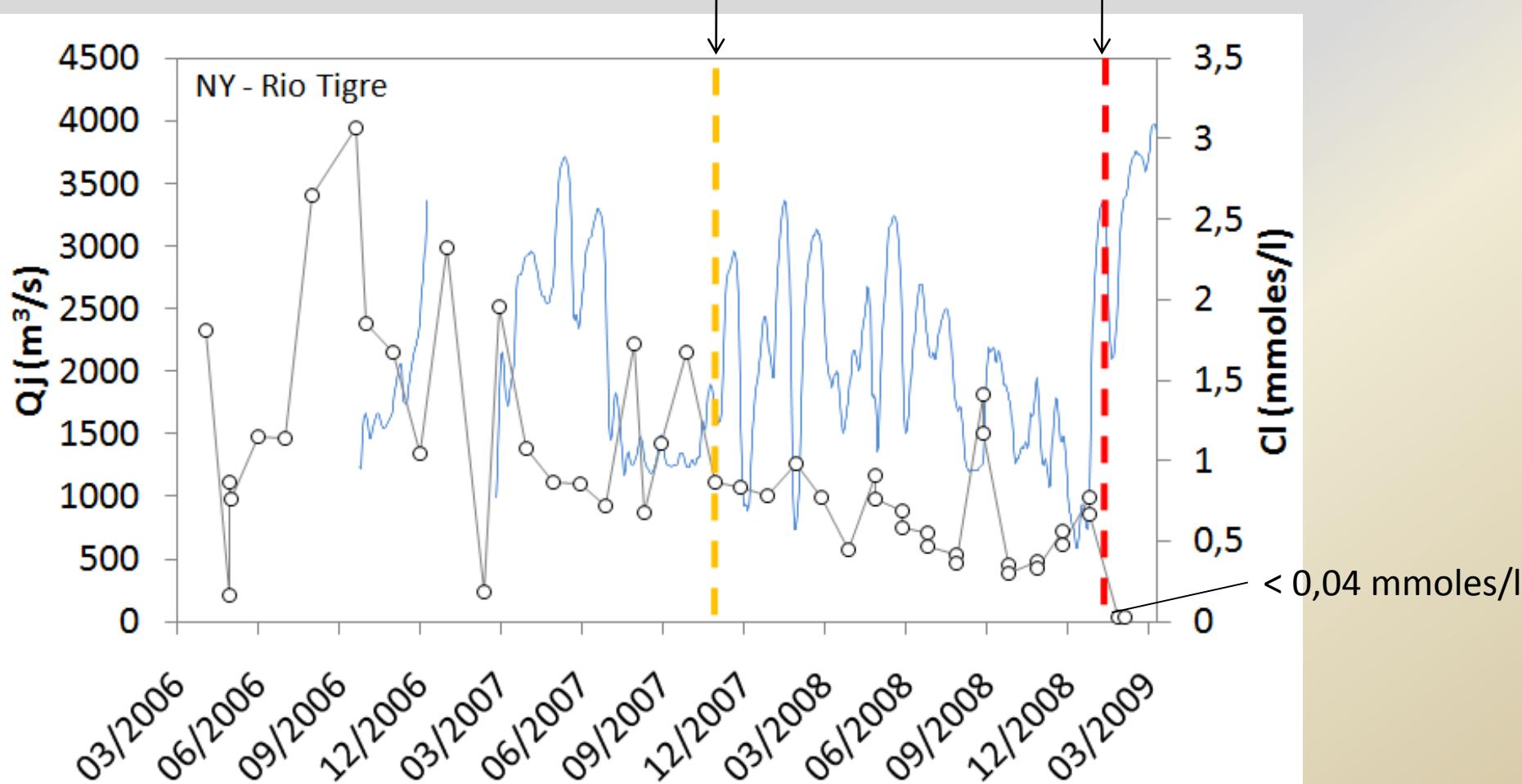
### "- Disposición del agua de producción :

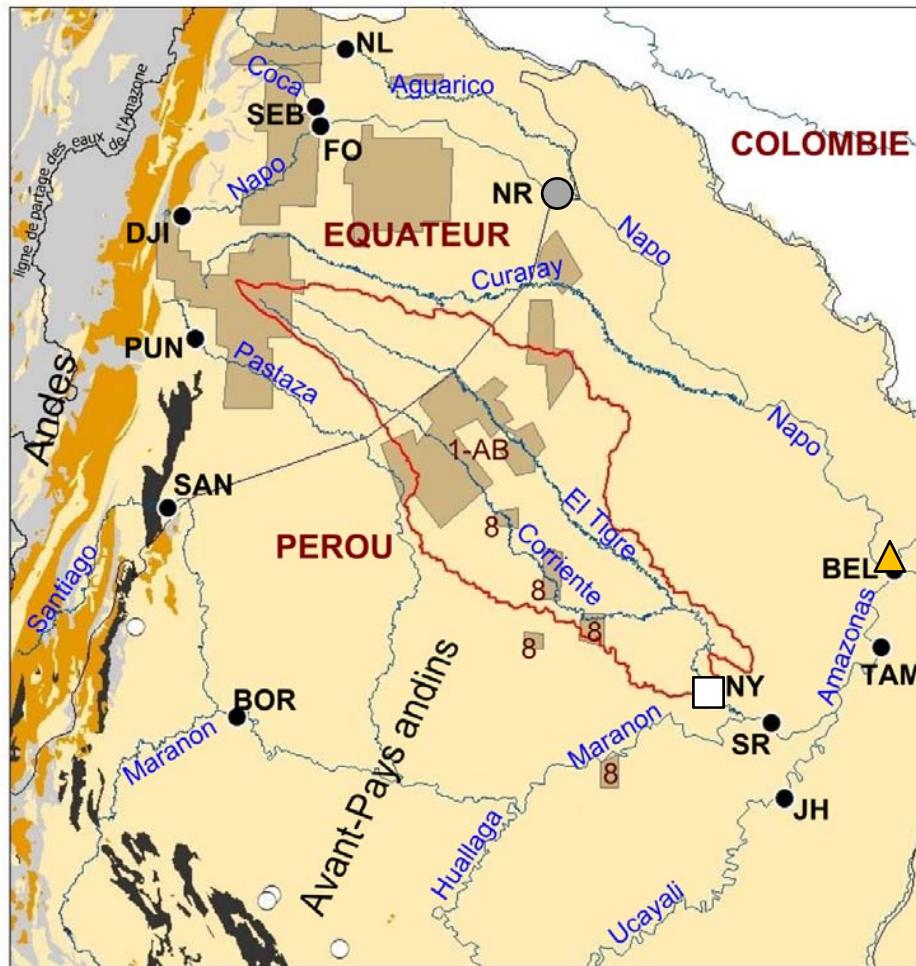
Cada estación de producción cuenta con un sistema de tratamiento y eliminación de agua de producción. Esta agua pasa a este sistema una vez que salen de los separadores y deshidratadores. El sistema consiste de una o varias pozas o estanques para enfriar el agua, acumular y recuperar la película de petróleo remanente. El crudo acumulado se colecta o capta con un desnatador mecánico el cual es colocado cerca del lugar de la descarga de agua. **El agua es descargada al ambiente en un punto que minimiza el riesgo de daño a la infraestructura de la estación de producción.**"

Comision multisectorial para el area de influencia de los lotes 1AB y 8 (08/2007).  
Représentants de 17 institutions/entreprises/collectivités.

**"Objetivo 1 : Reinyectar todas las aguas de producción de los lotes 1 AB y 8 en los plazos establecidos** en el acuerdo de Dorissa y los compromisos asumidos con el Estado de parte de la empresa Pluspetrol Norte S.A. en sus estudios ambientales (EA) como son los PAC y PMA correspondientes."

Modification  
début régularisation?      Rupture  
Régularisation?



**Légende**

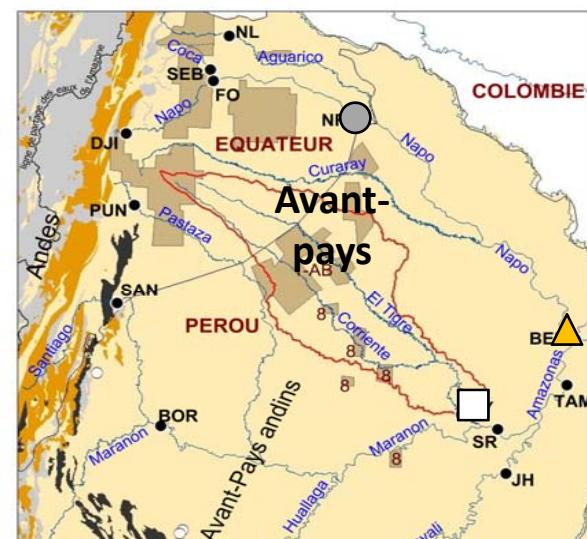
- limites bassin versant
- lots pétroliers en exploitation

0 30 60 120 km

**Lithologie**

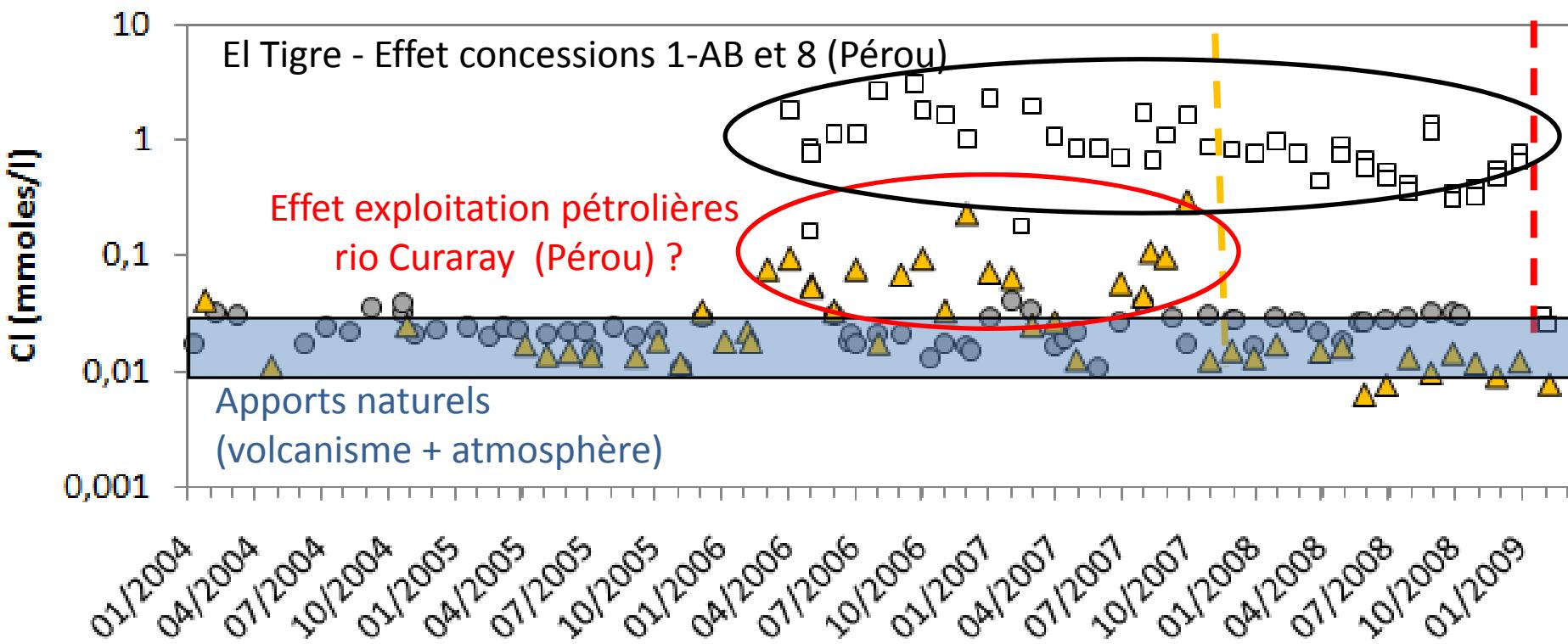
- |  |
|--|
| <span style="color: yellow;">■</span> Roches sédimentaires clastiques<br><span style="background-color: orange; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Roches plutoniques et métamorphiques<br><span style="background-color: gray; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Roches volcaniques<br><span style="color: black;">■</span> carbonates<br><span style="color: lightblue;">○</span> Diapirs |
|--|

Activité Pétrolière en Equateur :  
Impact sur les flux de Cl?



Effet de l'activité Pétrolière sur les flux de Cl du Napo?

Napo amont (Equateur) : source naturelle  
Napo aval (Pérou) : source anthropique?



# Conclusion

- Cl (associé au Na) = bon indice des pratiques des activités pétrolières concernant le traitement des eaux profondes.
- Rio El Tigre : ~ 10% des exportations de NaCl de l'Amazone (2007-2008)  
**Activité anthropique** = peut significativement influencer l'hydrochimie du **bassin de l'Amazone** :
- Au Pérou : évolution des pratiques durant la période de suivi?  
 → **Attention** lors du traitement de l'information « hydrogéochimie » : effet antropique à l'échelle du bassin entier.

# Conclusion

- Cl (associé au Na) = bon indice des pratiques des activités pétrolières concernant le traitement des eaux profondes.
- Rio El Tigre : ~ 10% des exportations de NaCl de l'Amazone (2007-2008)  
**Activité anthropique** = peut significativement influencer l'hydrochimie du **bassin de l'Amazone** :
- Au Pérou : évolution des pratiques durant la période de suivi?  
 → **Attention** lors du traitement de l'information « hydrogéochimie » : effet antropique à l'échelle du bassin entier.

 Questions ouvertes :

Quels contaminants accompagnent le rejet de ces eaux profondes? HAP?  
Métaux lourds?

Quelle rémanence des pratiques passées?

Quels conséquences environnementales , sanitaires, sociales?

Gracias

Obrigado

Merci

Thank you