

Réservé aux membres  
du CNRT

# RESTITUTION ANNEE 2

## Projet DYNAMINE

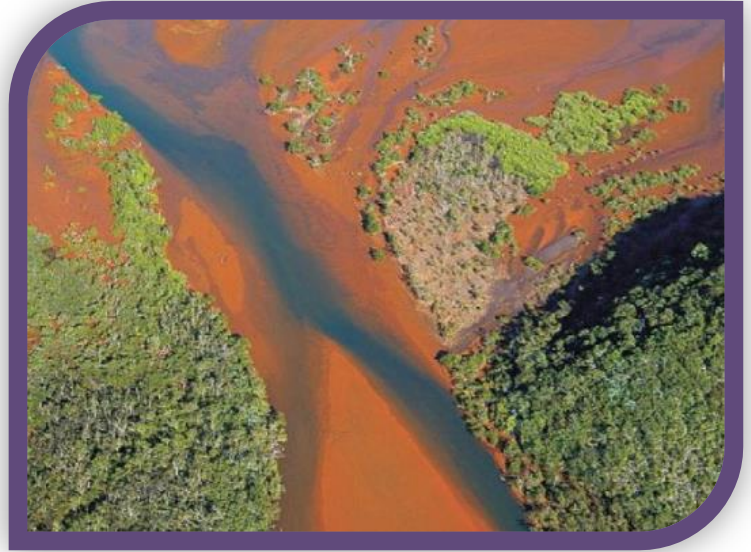
Dynamique des métaux de la mine au lagon en Nouvelle-Calédonie

Le lundi 18/12/17 – à l'IRD salle 1 – de 9h30 à 11h30

Le CNRT vous invite à participer à la réunion de présentation de l'état d'avancement du projet **DYNAMINE** après 24 mois de travaux

le 18/12/17 à 9h30

animée par  
Farid Juillot (IRD-UPMC)  
Coordinateur du projet  
& co-animé par  
L'équipe du projet



## Objectif de la réunion

### Introduction

Rappels des objectifs du projet, site d'étude, composition du consortium

F. Juillot (IMPIC, IRD-UPMC)

### Compartiment rivières

- Flux de métaux transportés actuellement par les rivières (fonds géochimique) : P. Gunkel-Grillon (ISEA, UNC)

- Estimation de la biodisponibilité des métaux dans les sédiments et les MES des rivières

P. Gunkel-Grillon (ISEA, UNC)

- Comportement des MES à l'interface eau douce / eau salée : approche expérimentale

M. Meyer (ISEA, UNC)

### Compartiment lagon

- Flux actuels et anciens de métaux vers les sédiments du lagon : JM Fernandez (AEL)

- Cristalochimie des métaux au cours de la diagenèse précoce des sédiments du lagon

F. Juillot (IMPIC, IRD-UPMC)

- Apports de la télédétection au suivi de la turbidité dans le lagon : G. Wattelez (MIO, IRD / IMPIC, IRD-UPMC)

- Impacts des métaux sur les écosystèmes coralliens

T. Biscere (ENTROPIE, IRD)

Conclusion générale et perspectives

F. Juillot (IMPIC, IRD-UPMC)



Coco 03 mars 2015

## Points forts du Projet

### Résumé :

Le projet *DYNAMINE* propose d'évaluer la contribution relative des phénomènes naturels et anthropiques (activité minière) sur les flux et les cycles biogéochimiques de certains métaux potentiellement toxiques (Ni, Cr, Co et Mn) à l'interface Terre-Lagon en Nouvelle-Calédonie, ainsi que les impacts éventuels de ces métaux sur la biodiversité lagonaire.

Pour atteindre cet objectif, les flux actuels et anciens de métaux potentiellement toxiques (Ni, Cr, Co et Mn) seront quantifiés le long du continuum massif minier–rivière–écosystèmes littoraux, les formes (bio)chimiques sous lesquelles les métaux sont transportés par les rivières seront caractérisées, le potentiel de remobilisation des métaux depuis les matières en suspension et les sédiments des rivières sera évalué, le comportement cristalochimique des métaux au cours de la diagenèse précoce des sédiments du lagon sera étudié et les impacts potentiels des apports en métaux sur la biodiversité lagonaire (phytoplancton et coraux) seront estimés.

Pour tous renseignements

Contactez le CNRT

Tél. : 28 68 72

cnrt@cnrt.nc

## DYNAMINE

### Dynamique des métaux de la mine au lagon en Nouvelle-Calédonie

Le Projet DYNAMINE s'insère dans le pool de projets étudiant les métaux et leur toxicité sur des sites pilotes similaires : un bassin versant impacté (Koniambo, Taléa-Coco) et un bassin versant de référence peu impacté (Koniambo, Pandanus).

En Nouvelle-Calédonie, l'apport massif de matériaux latéritiques plus ou moins riches en métaux vers la mangrove et le lagon représente un risque d'impact fort sur ces écosystèmes littoraux fragiles.

Le présent projet propose de quantifier et qualifier les flux des métaux potentiellement toxiques (Ni, Cr, Co et Mn) le long du continuum massif minier-rivière-écosystèmes littoraux, pour mieux évaluer la contribution relative des phénomènes naturels et anthropiques (activité minière) sur les flux et les cycles biogéochimiques de ces éléments à l'interface Terre-Mer en Nouvelle-Calédonie.

Dans ce cadre, les actions du programme consisteront à :

- Etablir des bilans quantitatifs des flux actuels et anciens de métaux le long du réseau hydrologique et à l'interface rivière-lagon pour apporter des éléments de compréhension des mécanismes hydrogéologiques et sédimentologiques et mieux estimer les quantités de métaux susceptibles d'impacter les écosystèmes littoraux (mangrove et lagon) à l'aval des bassins versants miniers impactés ou non.
- Décrire et caractériser les formes (bio)chimiques sous lesquelles les métaux sont transportés par les rivières et d'évaluer leur potentiel de remobilisation depuis les matières en suspension.
- Préciser les formes sous lesquelles les métaux sont déposés dans les sédiments du lagon et d'évaluer l'impact des (bio)transformations minéralogiques de ces sédiments sur la dynamique des métaux (mobilisation vs. immobilisation) lors de la diagenèse précoce afin de savoir si ces environnements sédimentaires représentent des sources potentielles de métaux vers les eaux du lagon sur le long terme ou non.

En complément, une première évaluation des impacts des apports détritiques sur la biodiversité lagonaire est envisagée via l'étude de la dynamique phytoplanctonique par le suivi en télédétection des teneurs en chlorophylle dans les eaux du lagon et par l'étude de l'influence des métaux sur la croissance corallienne.

Les résultats de ce programme permettront ainsi de préciser les effets du forçage anthropique lié à l'activité minière sur les flux et cycles biogéochimiques des métaux potentiellement toxiques (Ni, Cr, Co et Mn) le long du continuum massif minier-rivière-littoral, ainsi que sur leurs impacts éventuels sur la biodiversité au sein du littoral calédonien.

## Dispersion et toxicité des métaux



Complexe industriel KNS de Vavouto

### Coordinateur scientifique IMP MC

Institut de Recherche pour le  
Développement - IRD  
Université Pierre et Marie Curie -  
UPMC  
www.impmc.upmc.fr  
Dr Farid JUILLOT

### Partenaires

IRD (NC)  
Univ. Nouvelle-Calédonie (NC)  
Univ. Pierre et Marie Curie (FR)  
Univ. Paris Diderot / IGP (FR)  
Univ. Aix-Marseille (FR)  
CNRS (FR)  
AEL (NC)

### Déroulement

36 mois / 2015-2017

### Financement CNRT

22 millions F CFP / 184 000 EUR

# POOL PROJETS « METAUX » (2015-2018)

## *Avancement année 2*

Connaissance et gestion des risques environnementaux  
et pour la santé humaine

Projet DMML - **Projet DYNAMINE** - METEXPO

**18 Décembre 2017**



# 3 AXES DE RECHERCHE EN ACCORD AVEC LES PROBLÉMATIQUES SOCIÉTALES, ENVIRONNEMENTALES ET TECHNOLOGIQUES DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE



## ■ Axe Nickel et Technologique



Connaissance de la ressource Ni et autres métaux  
Reconnaissance et spatialisation de la ressource

Technologies minières - Optimisation & Innovations

Minérallurgie & Métallurgie  
Nouvelles voies d'extraction des métaux

Bassins versants : eaux de surface eaux souterraines

Qualité de l'environnement naturel  
Suivi des impacts

Biodiversité et conservation  
Restauration minière

Gestion des déchets et effluents industriels et miniers

Changement climatique : réduction des émissions de CO<sub>2</sub>

Risques pour la santé humaine (Métaux et Amiante)

Sciences humaines et sociales  
Interactions Mines et Communautés / Mines et Société

Economie du nickel : exploitation raisonnée, enjeux sociaux et marchés  
Développement de nouvelles filières

## ■ Axe Nickel et Environnement



## ■ Axe Nickel et Société



# Pool de 3 projets « METAUX » (2015-2018)

## DMML - Atmosphère et réseaux trophiques

### « Dispersion des Métaux de la Mine au Lagon »

Dr Agnès FEURTET MAZEL (Univ. Bordeaux)

Dr Peggy GUNKEL GRILLON (UNC)

Dr Yannick DOMINIQUE (BIOEKO, NC)

Univ. de Reims (Fr), Univ. of Bourgogne (Fr),  
Asconit Consult.(Fr)

## DYNAMINE - Hydrosphère

### « DYNAMique des métaux de la MINE au lagon »

Dr Farid JUILLOT (IRD)

Jean-Michel FERNANDEZ (AEL, NC)

IPGP/ Univ. Paris Diderot (Fr); UPMC, Paris (Fr);

Univ. Paul Cézanne, Marseille (Fr); CNRS (Fr)

## METEXPO – Population

### « Niveaux d'imprégnation et déterminants de l'exposition humaine aux métaux »

Achévé et Restitué en Octobre 2017

Dr Sylvaine CORDIER (INSERM/IRSET)

Dr Yann BARGUIL (CHT)

Dr Yannick DOMINIQUE (BIOEKO)

Dr Pierre AYOTTE Univ. Hospital Center (CHU-Québec, Ca)

## Ecotoxicity of Nickel and potential human health hazard in New Caledonia An integrated research program

Public-Private funds  
1/3 Mining industry  
1/3 NC gov. agencies  
1/3 French State



New Caledonia contains about 10 % of the world's nickel reserves, together with the presence of cobalt, chromium and manganese. Mining increases dispersal of potentially toxic trace metals in the environment and may affect people who are living in the vicinity of mining sites

### A POOL OF COMPLEMENTARY PROJECTS TO STUDY THE DISPERSAL OF METALS AND HUMAN EXPOSURE (2015 - 2018)

ABIOTIC COMPARTMENT Dispersal of Metals	BIOTIC COMPARTMENT Ecotoxicology
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Modeling of dust dispersion from mines and industrial sites (ultramafic context)</li> <li>✓ Pollution mapping - Development of a lichen bio-indicator</li> <li>✓ Reactivity of dust (depending on size and environmental conditions)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Potential accumulation across the successive trophic levels (watershed - lagoon)</li> <li>✓ Experimental Ni trophic transfer (biofilm to grazer fish)</li> <li>✓ Development of a bio-indicator of metal exposure (transcriptomic analysis of biofilms - diatoms)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Metals fluxes in freshwater and sediments:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- hydrology (water flow and watershed modeling)</li> <li>- water and SPM chemistry</li> <li>- metal speciation in sediments and SPM</li> <li>- monitoring of sediment inputs toward the lagoon (by remote sensing)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>In situ</i> study of metals influence on coral reef growth</li> <li>✓ Monitoring of planktonic primary production (by remote sensing)</li> <li>✓ Experimental use of bioaccumulator bivalves (<i>Modiolus sp.</i> / the rock oyster <i>Saccostrea echinata</i>) as an indicator for metal contamination</li> <li>✓ Toxicity tests on tropical marine invertebrates (embryos)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Potential for remobilization of Ni, Co and Cr from lateritic soils, in river and lagoon sediments</li> </ul>	
	<h4>HUMAN EXPOSURE Risks assessment</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mapping the metal contamination of local communities</li> <li>✓ Influence of geological setting and mining activity</li> <li>✓ Identifying the main sources of contamination (dust, food water...)</li> </ul>

Research programs are carried-out by consortiums of research bodies and specialized engineering firms based in New Caledonia, France and Canada



CNRT « Nickel & its environment » Noumea, New Caledonia

www.cnrt.nc youtube <http://www.cnrt-suivez-nous-sur-youtube/>  
Contact: france.bally@cnrt.nc

## SETAC Australasia Conference 2017

The role of environmental toxicology and chemistry  
in a changing environment

# RESTITUTION ANNEE 2 PROJET *DYNAMINE*



**BUDGET : 185.000 € (22 millions CFP)**  
**DUREE : 36 mois (2015-2018)**



## **OBJECTIFS DU PROJET *DYNAMINE***

**Quantifier et qualifier les flux de métaux (Cr, Mn, Fe, Co, Ni) depuis les massifs latéritiques miniers vers le lagon, et tenter une première estimation des impacts potentiels de ces flux de métaux sur la biodiversité lagonaire (phytoplancton et coraux)**

Projet organisé en 5 Tâches

Tâche 1 : Coordination

Tâche 2 : Flux actuels et anciens de métaux (dans les rivières et vers les sédiments du lagon)

Tâche 3 : Formes et biodisponibilité des métaux durant leur transport vers le lagon

Tâche 4 : Biogéochimie des métaux dans les sédiments lagonaire (diagenèse précoce)

Tâche 5 : Impacts potentiels des métaux sur la biodiversité lagonaire

# CONSORTIUM DU PROJET *DYNAMINE*



P. Gunkel-Grillon, C. Laporte-Magoni,  
C. Métayer, M. Meyer & N. Selmaoui-Folcher  
**ISEA**



E. Viollier  
**UMR CNRS 7154**



JP Ambrosi & O. Radakovitch  
**UMR CNRS 7330**  
**UMR IRD 161**



JM Fernandez, B. Morreton,  
L. Haddad & H. Kaplan



M. Ikogou, F. Juillot, P. Merrot,  
G. Morin & G. Ona-Nguema  
**UMR CNRS 7590**  
**UMR IRD 206**

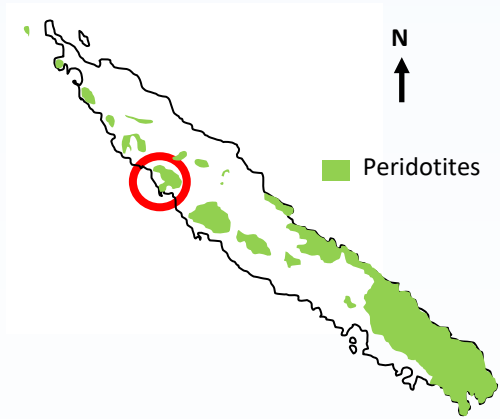


C. Dupouy, C. Martias & G. Wattelez  
**UMR CNRS 7294**  
**UMR IRD 235**

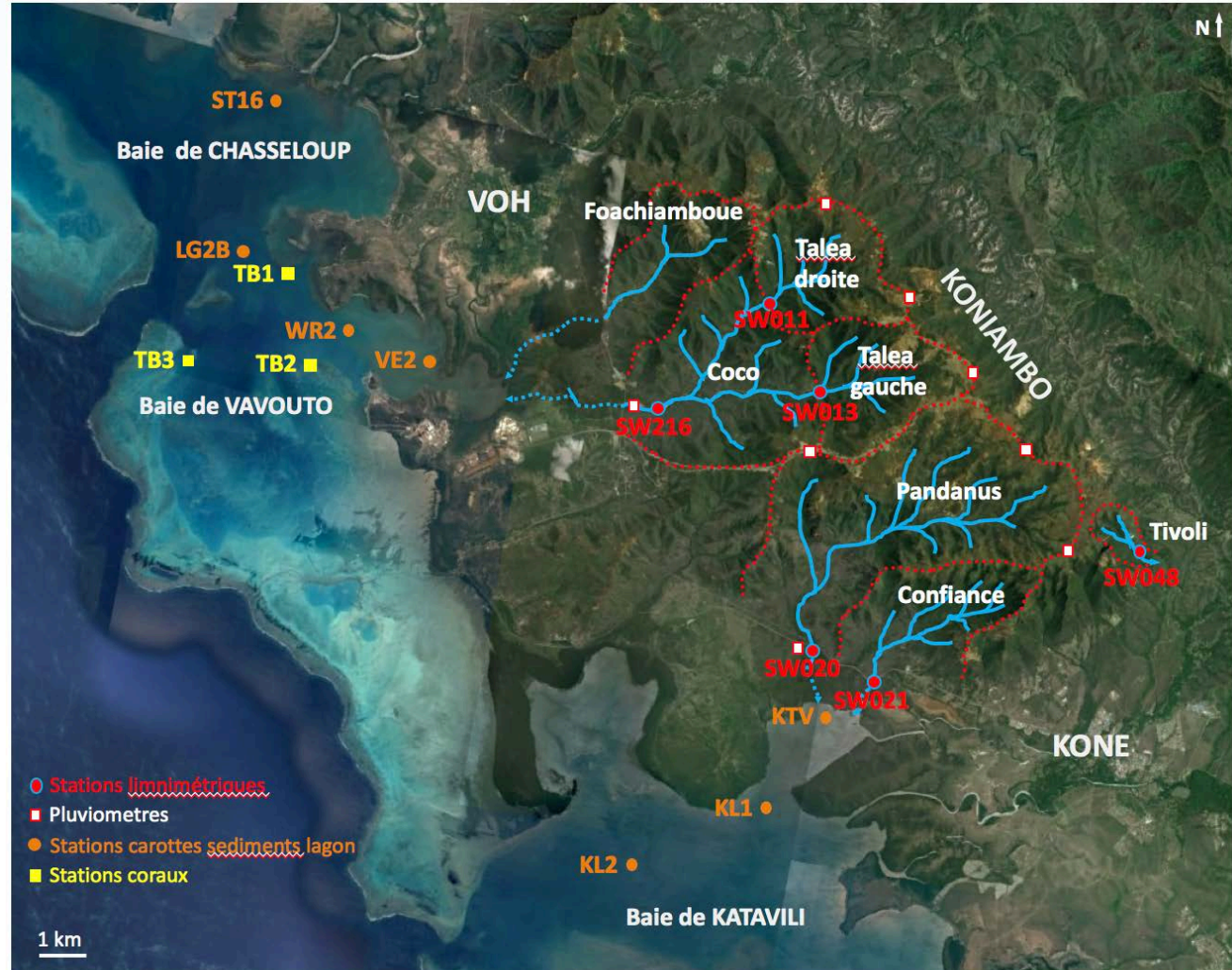


T. Biscere & F. Houlbreque  
**UMR IRD 250**

# SITE D'ETUDE DU PROJET *DYNAMINE*



Massif du Koniambo  
(Province Nord, Côte Ouest)



# BILAN ACTUEL DU PROJET *DYNAMINE* ET PERSPECTIVES POUR LA TROISIEME ANNEE

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
<b>ACTION 1</b>						
Tâche 1.1. Coordination du projet	■	■	■	■	■	■
<b>ACTION 2</b>						
Tâche 2.1. Flux métaux rivières (fonds géochimique)	■	■	■	■	■	■
Tâche 2.2. Flux métaux vers sédiments lagon			■	■	■	
Tâche 2.3. Dynamique MES transition eau douce/eau salée		■	■		■	
<b>ACTION 3</b>						
Tâche 3.1. Spéciation métaux MES/sédiments rivières					■	■
Tâche 3.2. Biodisponibilité métaux MES/sédiments rivières		■	■	■	■	
<b>ACTION 4</b>						
Tâche 4.1. Biogéochimie métaux sédiments lagon			■	■	■	■
Tâche 4.2. Biogéochimie métaux sédiments mangrove						
<b>ACTION 5</b>						
Tâche 5.1. Turbidité et phytoplancton lagon	■	■			■	■
Tâche 5.2. impacts métaux sur coraux	■	■	■	■	■	■

■ Action/Tâche réalisée en 2016 (année 1) et/ou 2017 (année 2)

■ Action/Tâche programmée en 2018 (année 3)

# LES DIFFERENTS ACTIONS MENEES DURANT LA DEUXIEME ANNEE DU PROJET *DYNAMINE*

## Compartiment rivières

- Flux de métaux transportés actuellement par les rivières (fonds géochimique) : P. Gunkel-Grillon (ISEA, UNC)
- Estimation de la biodisponibilité des métaux dans les sédiments et les MES des rivières : P. Gunkel-Grillon (ISEA, UNC)
- Comportement des MES/sédiments à l'interface eau douce / eau salée : approche expérimentale : M. Meyer (ISEA, UNC)

## Compartiment lagon

- Flux actuels et anciens de métaux vers les sédiments du lagon : JM Fernandez (AEL)
- Cristalochimie des métaux au cours de la diagenèse précoce des sédiments du lagon : F. Juillot (IMPMC, IRD-UPMC)
- Apports de la télédétection au suivi de la turbidité dans le lagon : G. Wattelez (MIO, IRD / IMPMC, IRD-UPMC)
- Impacts des métaux sur les écosystèmes coralliens : T. Biscere (ENTROPIE, IRD)

# FONDS GEOCHIMIQUE EN METAUX DES BV ULTRABASIQUES



A. Boula, P. Gunkel-Grillon, C. Laporte-Magoni, N. Selmaoui-Folcher

# FONDS GEOCHIMIQUE EN METAUX DES BV ULTRABASIQUES

Questionnements scientifiques (Travaux de thèse d'Aurélié Boula, actuellement en suspens):

- Quelle est la signature géochimique en métaux des eaux superficielles sur substrat ultrabasique ?
- L'activité minière augmente-t-elle les teneurs en métaux dans les eaux superficielles ?

Site d'étude  
Mont-Koniambo



KNS SAS

Début opérations minières : 2010



Concentrations en métaux pour 5 rivières sur 14 ans : 1995-2009

Données fournies par KNS SAS à partir d'études environnementales de pré-exploitation

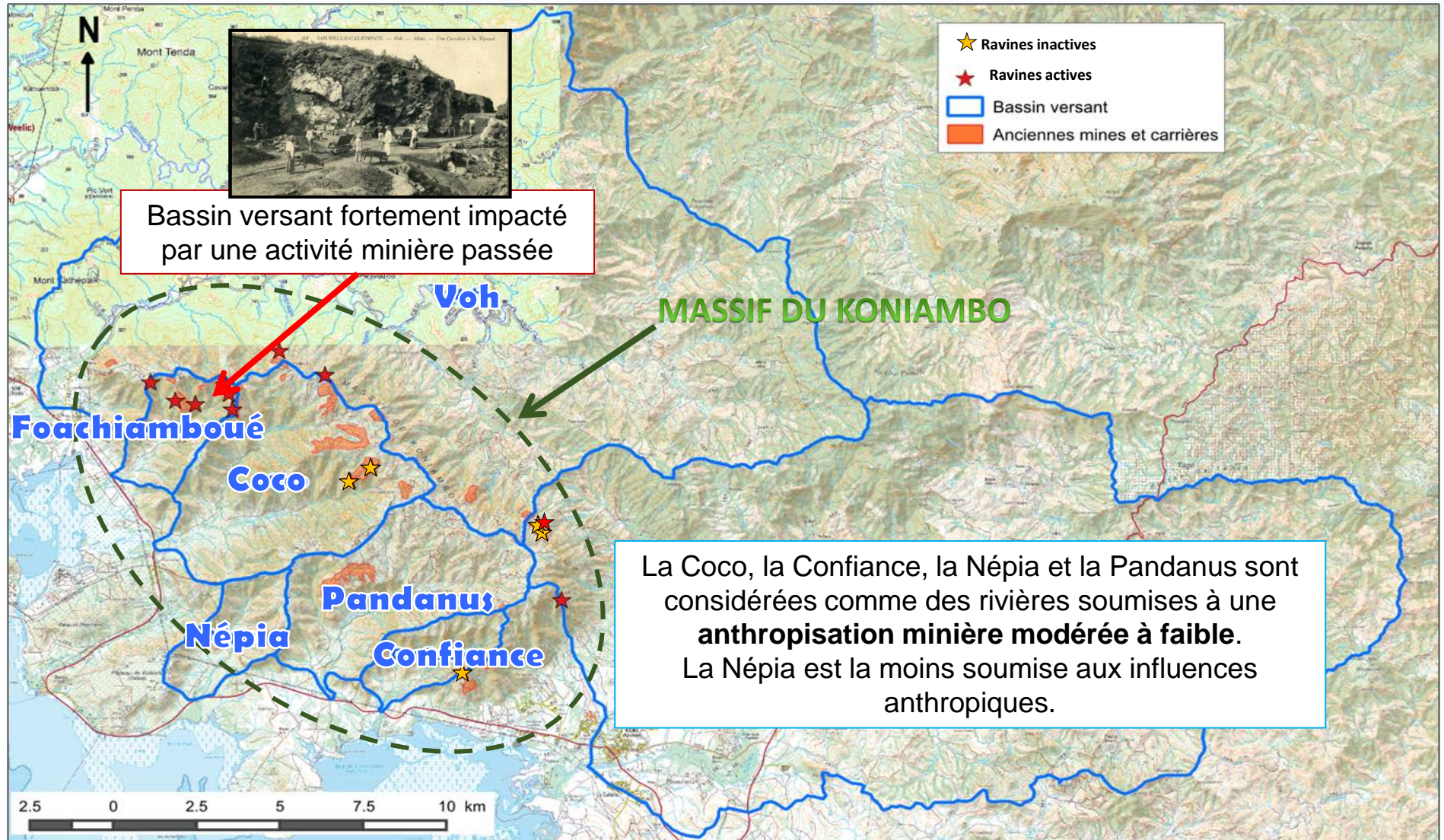
⇒ Fonds géochimique en métaux (4526 analyses)

Activité minière ancienne  
(19<sup>ème</sup> siècle)



1 rivière à l'aval d'un BV impacté par d'anciennes activités minières (19<sup>ème</sup> siècle)

# FONDS GEOCHIMIQUE EN METAUX DES BV ULTRABASIQUES



# CONCENTRATIONS TOTALES

	Coco					Confiance					Népia					Pandanus					Foachiamboué				
	Q1	Med	Q3	IQ	n	Q1	Med	Q3	IQ	n	Q1	Med	Q3	IQ	n	Q1	Med	Q3	IQ	n	Q1	Med	Q3	IQ	n
Hg	0,1	0,1	1	0,9	34	0,1	0,1	1	0,9	13	0,1	0,1	1	0,9	10	0,1	0,1	0,1	0	48	0,1	0,1	0,1	0	34
Sn	1	1	1	0	15	1	1	1	0	7	1	1	1	0	5	1	1	1	0	30	1	1	1	0	29
Cd	1	1	1	0	40	1	1	1	0	14	1	1	1	0	12	1	1	1	0	55	1	1	1	0	35
Ag	2	2	2	0	3	2	2	2,5	0,5	3	1	1	1	0	2	2	2	2	0	2	2	2	0	2	
Pb	2	2	2	0	38	2	2	2	0	14	2	2	4,5	2,5	12	2	2	2	0	55	2	2	2	0	34
Sb	2	2	4	2	23	2	2	4	2	9	4	4	4	0	5	2	2	6	4	35	2	2	6	4	32
Cu	1	2	4,75	3,75	26	1	1	1	0	9	1	1	1	0	7	1	2	14	13	41	1	1	1,5	0,5	31
Ba	2	2	2,25	0,25	12	1,5	2	2	0,5	3	1,004	2	2	0,996	3	2	2	2	0	6	2	2	6	4	3
Mo	2	2	2	0	10	2	2	2	0	2	3	4	5	2	2	2	2	2	0	4	2	2	4	2	3
V	5	5	5	0	2	5	5	5	0	2	6,25	7,5	8,75	2,5	2	5	5	5	0	2	5	5	5	0	2
As	3,75	7	12	8,25	40	3,75	6,5	9,75	6	16	5,5	8	9,5	4	15	2	4	10,5	8,5	54	14	21	39	25	37
Co	1,25	9,5	40	38,75	42	1	2	4	3	17	1	2	3	2	15	1	3,8	32	31	61	41,75	125,5	226,5	184,75	38
Cr	11	15	48	37	61	7	11	19	12	21	5,5	15	38	32,5	15	14	24	161	147	77	364,5	660	1199	834,5	39
Zn	10	20	80	70	43	10	20	30	20	15	10	10	22,5	12,5	12	10	14	40	30	60	20	50	200	180	37
B	35	40	135	100	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25	30	35	10	2	22,5	35	47,5	25	2
Ni	7	37	285	278	49	12	16	58	46	21	8,25	13,5	64	55,75	16	14	25,5	272,2	258,2	70	96	2189	7479	7383	40
Mn	2	19	168,5	166,5	47	13	35	53,5	40,5	19	12,5	21,5	57	44,5	16	5	37,5	247,2	242,2	68	297,8	945	1433,2	1135,4	40
Al	11,5	22	260,5	249	47	11,25	23,5	97,5	86,25	18	17	33,5	180	163	16	11	40	559	548	65	248,8	1000	2695	2446,2	40
K	100	200	250	150	11	275	300	325	50	8	550	600	650	100	3	100	150	325	225	12	200	300	500	300	5
Fe	42,5	1213,5	4495,2	4452,7	46	170,2	280,5	826	655,8	22	80	504	2336	2256	16	60	300	8941	8881	67	10100	37425	133273	123173	39
Ca	450	700	1200	750	43	400	700	1150	750	20	1100	1900	2700	1600	13	300	500	800	500	59	625	1100	1200	575	38
Na	5000	6000	6275	1275	26	4475	5350	6650	2175	8	9100	10100	11325	2225	6	4100	9000	5350	1250	35	7550	8000	8325	775	8
Si	12650	15800	23050	10400	31	13100	15100	17600	4500	17	20525	31100	34500	13975	10	11200	12900	17100	5900	45	35900	50750	151000	115100	34
Mg	13350	28500	42700	29350	39	19600	28700	34500	14900	18	35500	102000	118000	82500	13	12500	15950	20875	8375	56	38325	53300	84800	46475	38

# CONCENTRATIONS DANS LA FRACTION DISSOUE (< 0,45 µm)

	Coco					Confiance					Népia					Pandanus					Foachiamboué				
	Q1	Med	Q3	IQ	n	Q1	Med	Q3	IQ	n	Q1	Med	Q3	IQ	n	Q1	Med	Q3	IQ	n	Q1	Med	Q3	IQ	n
Hg	0,1	1	1	0,9	23	0,1	0,1	1	0,9	10	0,1	0,55	1	0,9	6	0,1	0,1	1	0,9	25	0,1	0,1	0,1	0	32
Sn	1	1	1	0	13	1	1	1	0	8	1	1	5,75	4,75	4	1	1	1	0	21	1	1	1	0	29
Cd	1	1	1	0	29	1	1	1	0	12	1	1	1	0	7	1	1	1	0	34	1	1	1	0	33
Cu	1	1	1,75	0,75	22	1	1	1	0	8	1	1	1	0	6	1	1	1	0	27	1	1	1	0	30
Co	1	1	1	0	25	1	1	1,075	0,075	10	0,375	1	1,5	1,125	8	0,75	1	1	0,25	31	1	1	1	0	31
Pb	2	2	2	0	26	2	2	2	0	11	2	2	2	0	7	2	2	2	0	33	2	2	2	0	32
Mo	2	2	2	0	10	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2	2	2	2	0	4	2	2	2	0	3
Sb	2	2	2	0	21	2	2	2,5	0,5	8	2	4	4	2	5	2	2	2	0	22	2	2	2	0	29
Ba	2	2	2	0	11	1,5	2	2	0,5	3	1,002	2	2	0,998	3	1	2	2	1	8	2	2	2	0	3
As	1	3	5	4	24	1	3	4,75	3,75	10	7,5	10	14	6,5	7	1	2	4	3	25	2	3	5	3	31
Mn	3	6	13	10	28	10,5	16	29,75	19,25	10	2,75	13	27,75	25	8	3,25	6,5	13,75	10,5	38,0	4,75	9	12,5	7,75	32
Zn	3,25	10	20	16,75	30	10	10	10	0	10	10	10	17,5	7,5	7	4,5	10	10	5,5	35	10	10	10	0	33
Cr	9	10	14	5	56	7,25	9,5	11	3,75	14	4,75	10	14,25	9,5	12	12	16	30	18	71	68,25	108	152,5	84,25	36
Ni	5	13	51,5	46,5	43	10,5	12	60,5	50	15	4,75	9,5	40,25	35,5	12	12	18	26,5	14,5	55	23,75	45	65	41,25	34
B	20	20	20	0	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12,5	15	17,5	5	2	10	10	10	0	1
Al	13,75	24	112,75	99	24	7	21	57	50	9	14,25	16,5	35,25	21	6	7,75	17	62,25	54,5	28	45,5	88	105,5	60	31
Fe	65,5	172	777,5	712	26	137	260	630	493	9	61,75	88,5	214	152,25	8	42,5	80	326,5	284	35	340,2	544	1116,5	776,3	30
Mg	27325	32050	36775	9450	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	20650	28200	37050	16400	3	NA	NA	NA	NA	NA

Résultats eaux superficielles: 1995-2009

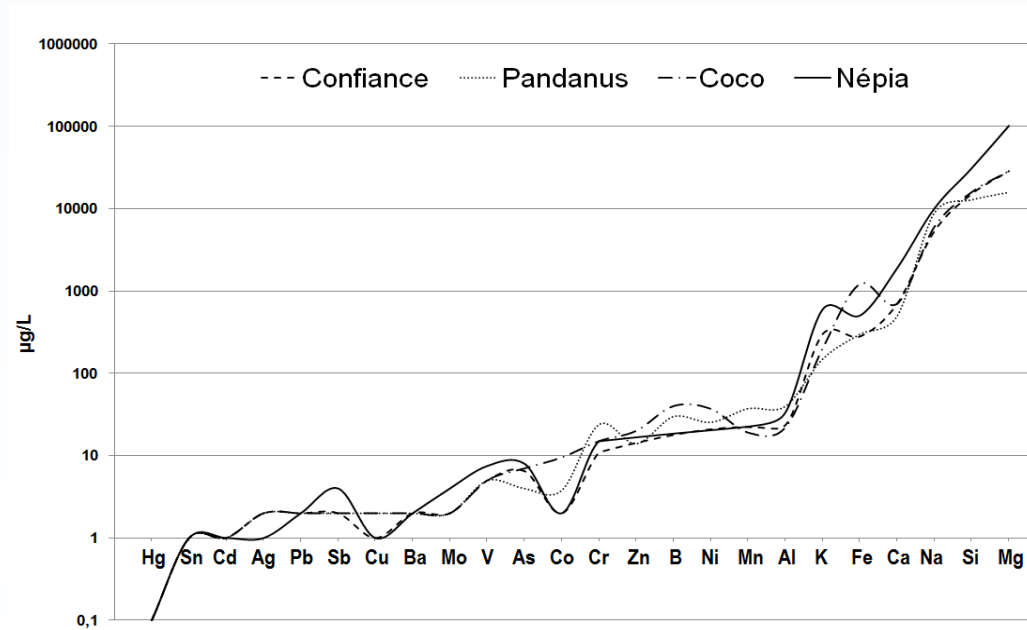
# FONDS GEOCHIMIQUE EN METAUX SUR MASSIF DU KONIAMBO



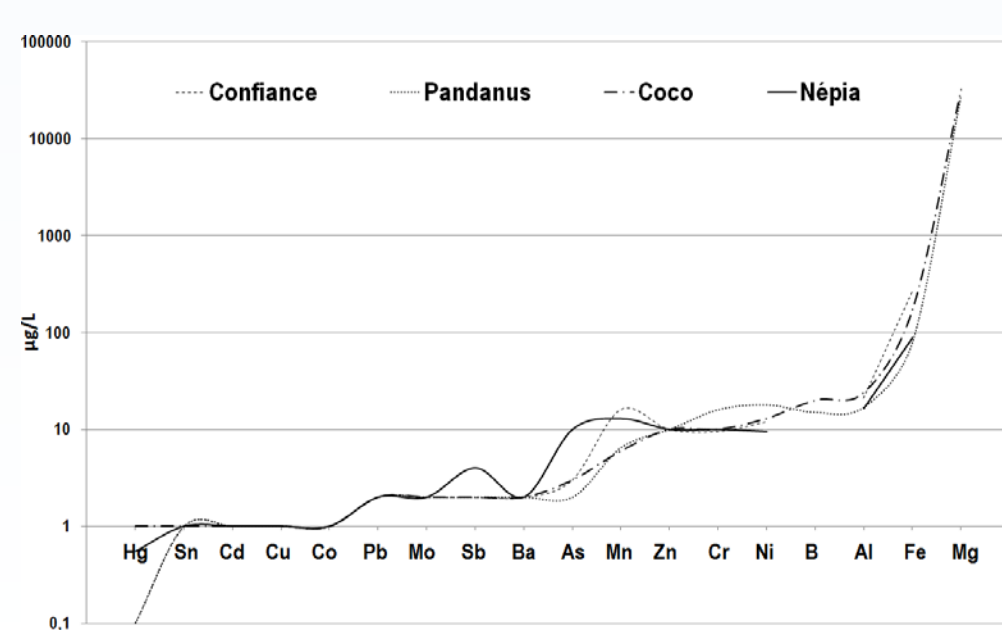
Boxplots: valeur centrale = la médiane

# FONDS GEOCHIMIQUE EN METAUX SUR MASSIF DU KONIAMBO

Valeurs médianes concentrations totales



Valeurs médianes concentrations fraction dissoute



Homogénéité des valeurs médianes autour des valeurs médianes trouvées pour la Népia (rivière la moins soumise aux influences anthropiques)

⇒ possible d'assimiler ces valeurs aux valeurs du fonds géochimique de ces cours d'eau

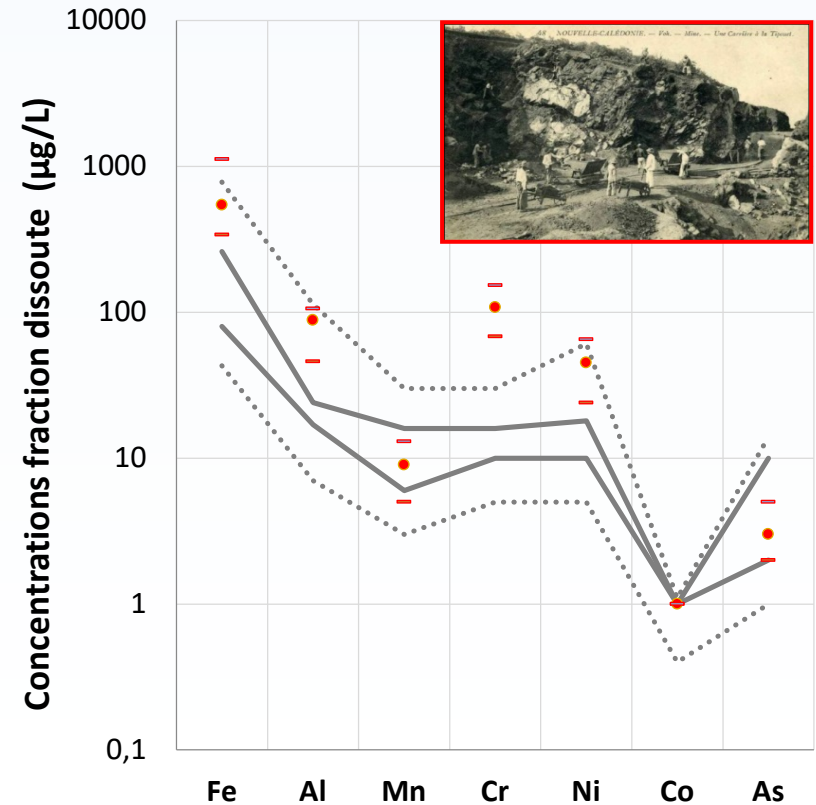
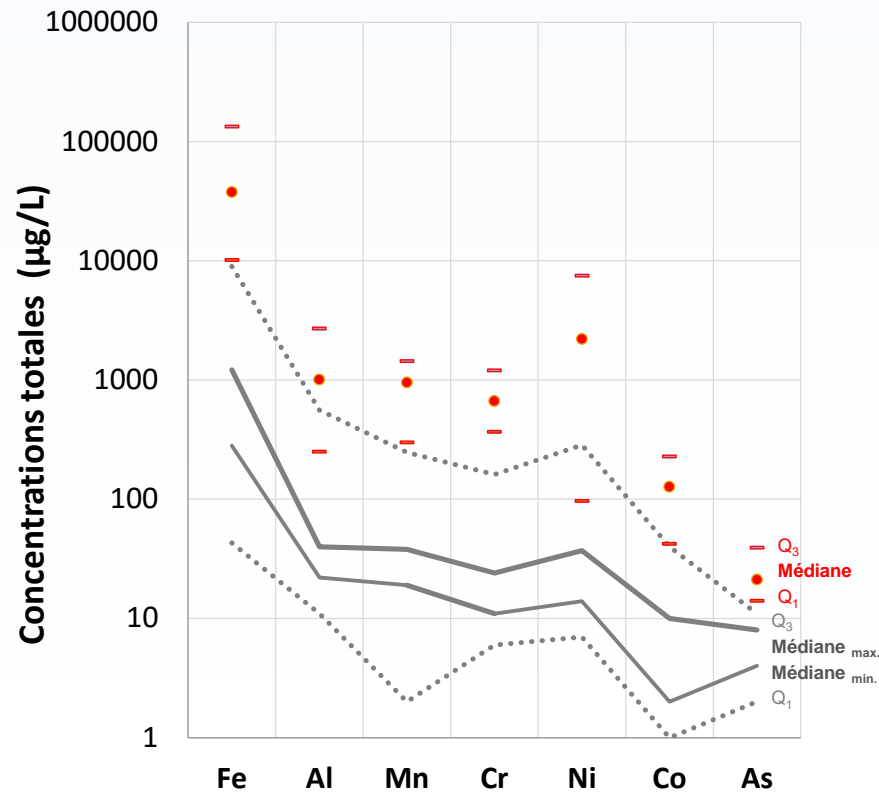
## QUELQUES CONCENTRATIONS DU BRUIT DE FOND ( $\mu\text{g/L}$ )

Total	Fe	Al	Mn	Cr	Ni	Co	As
Q <sub>1min.</sub>	43	11	2	6	7	1	2
Med	<b>281-1214</b>	<b>22-40</b>	<b>19-38</b>	<b>11-24</b>	<b>14-37</b>	<b>2-10</b>	<b>4-10</b>
Q <sub>3max.</sub>	8941	559	247	161	285	40	11
n	39	40	40	39	40	38	37

Dissous	Fe	Al	Mn	Cr	Ni	Co	As
Q <sub>1min.</sub>	43	7	3	5	5	0.4	1
Med	<b>80-260</b>	<b>17-24</b>	<b>6-16</b>	<b>10-16</b>	<b>10-18</b>	<b>1</b>	<b>2-10</b>
Q <sub>3max.</sub>	778	113	30	30	61	1.1	14
n	30	31	32	36	34	31	31
<b>Directives OMS (eau potable)</b>	*	<b>200</b>	<b>400</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	-	<b>10</b>

\* Pas de valeur guide

# COMPARAISON DES CONCENTRATIONS DU BRUIT DE FOND AVEC CELLES DE LA FOACHIAMBOUEE



Valeurs médianes pour la Foachiamboué supérieures à celles des autres bassins versants

Concentrations totales supérieures pour **As, Co, Cr, Ni, Mn Al et Fe**

Concentrations dans la fraction dissoute supérieures pour **Cr, Ni, Al et Fe**

⇒ **ces éléments sont des marqueurs d'une activité minière**

# CONCENTRATIONS MESUREES DANS LA FOACHIAMBOUEE ( $\mu\text{g/L}$ )

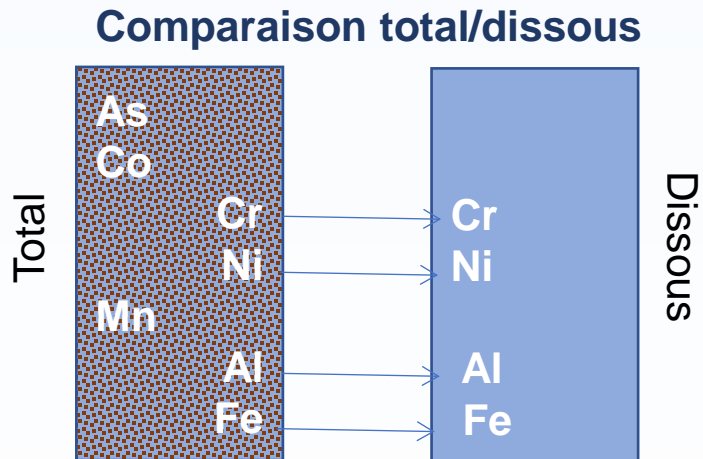


Total	Fe	Al	Mn	Cr	Ni	Co	As
Q <sub>1</sub>	10100	249	298	365	96	42	14
Med	<b>37425</b>	<b>1000</b>	<b>945</b>	<b>660</b>	<b>2189</b>	<b>126</b>	<b>21</b>
Q <sub>3</sub>	133273	2695	1433	1199	7479	227	39
n	39	40	40	39	40	38	37

Dissous	Fe	Al	Mn	Cr	Ni	Co	As
Q <sub>1</sub>	340	46	5	68	24	1	2
Med	<b>544</b>	<b>88</b>	<b>9</b>	<b>108</b>	<b>45</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
Q <sub>3</sub>	1117	106	13	153	65	1	5
n	30	31	32	36	34	31	31
<b>Normes OMS</b> <i>(eau potable)</i>	*	<b>200</b>	<b>400</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	-	<b>10</b>

\* Pas de valeur guide

# MARQUEURS D'UNE ACTIVITE MINIERE EN L'ABSENCE DE GESTION DES EAUX DE RUISSELLEMENT



⇒ Cr, Ni, Al et Fe sont solubilisés à partir des matières en suspension de manière suffisamment importante pour compenser la dilution (apport d'eau de pluie)

⇒ As, Co et Mn ne semblent pas significativement mobilisés du particulaire vers le dissous

Quelles pourraient être les raisons possibles ?

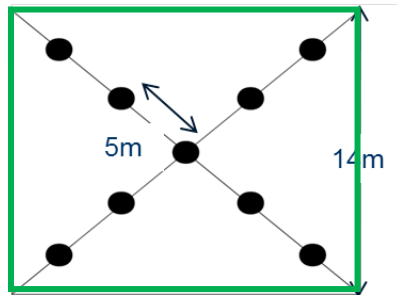
- ils sont peu mobiles dans ce contexte physico-chimique
- leur cinétique de mobilisation est lente à l'échelle de la dynamique des eaux superficielles sur petits bassins versants et ils seraient mobilisés plus en aval
- ils sont mobiles mais leur mobilisation est compensée par un effet de dilution si la quantité est faible dans les matières en suspension

# BIODISPONIBILITE DES METAUX DANS LES MES / SEDIMENTS DES RIVIERES

Prélèvement de sols miniers  
(échantillon composite représentatif d'une surface de 196 m<sup>2</sup>)



196 m<sup>2</sup>



Tamisage à 100µm  
(fraction granulométrique mobilisable)

Prélèvement de sédiments déversés dans le milieu naturel  
(après fuite d'un décanteur)



Coco, 03 mars 2015

8 mois après la fuite



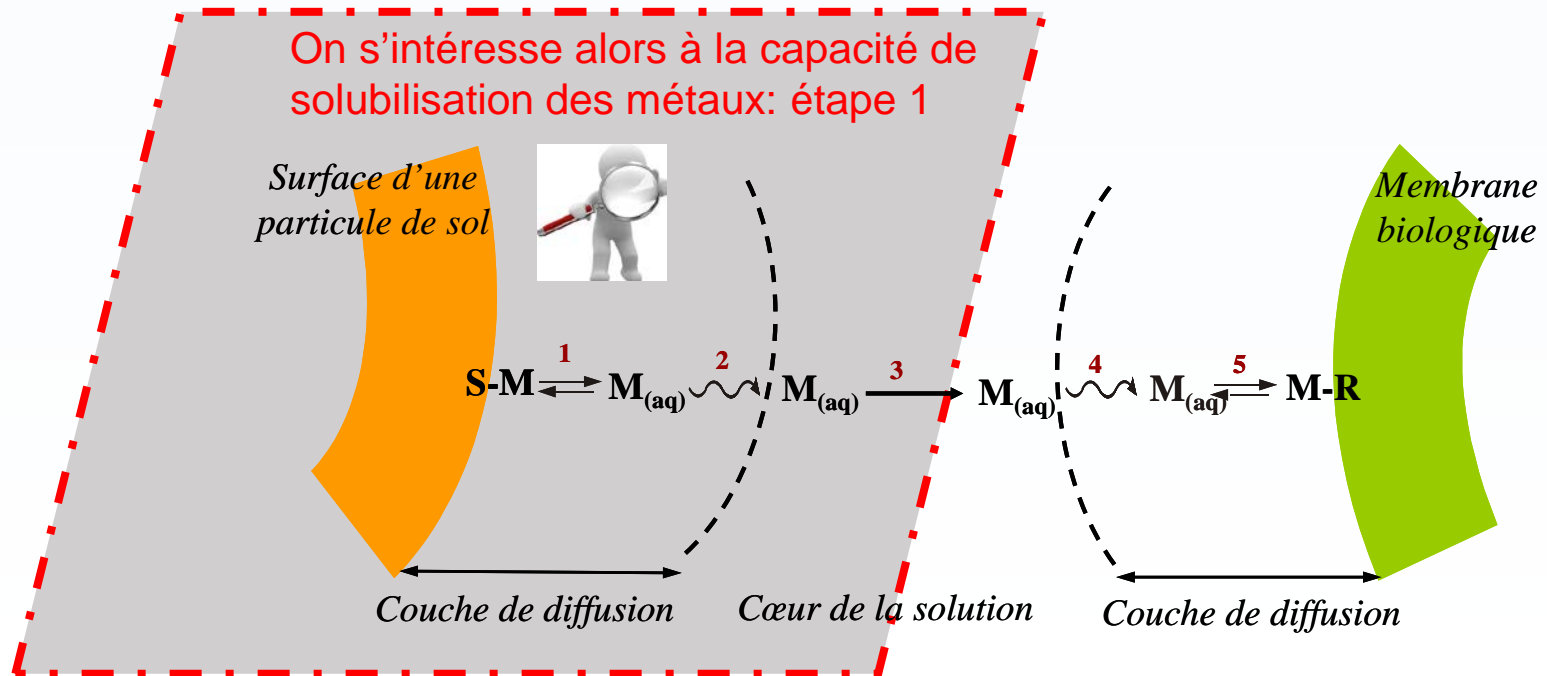
Echantillon « Taléa »



Echantillon « Coco »

# COMPORTEMENT A LA LIXIVIATION DES SOLS/SEDIMENTS

Pour que le métal soit biodisponible et assimilé par les organismes, il doit passer en solution  
 ⇒ étude de sa capacité à passer en solution



Etude du comportement à la lixiviation en mode batch des cations métalliques  $M^{x+}$

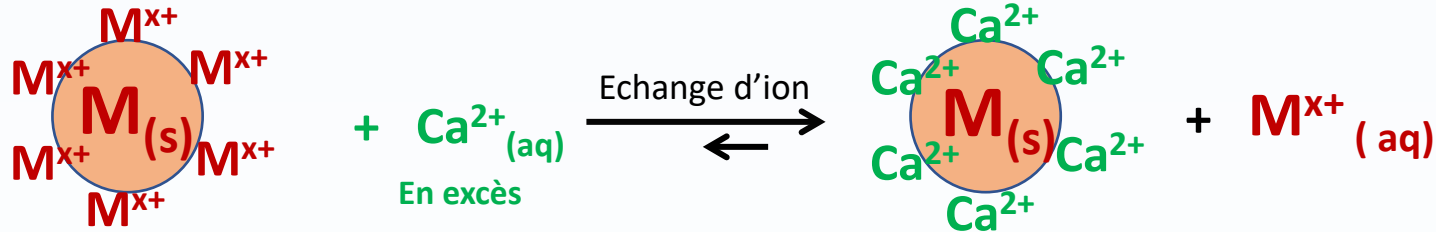


2 extractants ont été utilisés :

- $CaCl_2$
- EDTA

# APPROCHE EXPERIMENTALE DE LA BIODISPONIBILITE

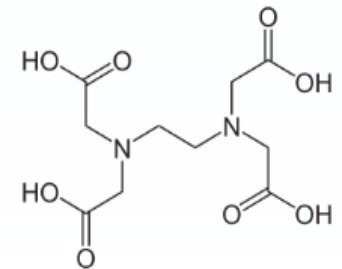
- **CaCl<sub>2</sub> est utilisé pour solubiliser les cations échangeables** (adsorbés à la surface des particules)



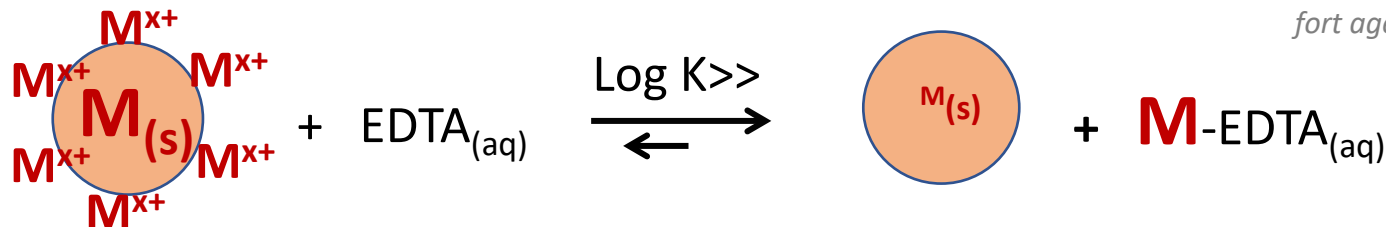
Réaction assez rapide et favorisée lorsque la salinité du milieu augmente (compétition pour les sites d'adsorption)

- **EDTA est classiquement utilisé pour simuler la biodisponibilité des métaux**

Extraction à l'EDTA (chélatant fort) donne des informations sur le pire scénario en termes de biodisponibilité car cette molécule déplace l'équilibre entre le métal lié à la particule et la solution



*Ethylene Diamine Tetra-Acétique, fort agent chélatant non spécifique*



Solubilisation par chélation, réaction plus ou moins rapide selon la forme chimique sous laquelle se trouve M

# LES INFORMATIONS FOURNIES PAR L'APPROCHE CINETIQUE

La fraction de métal extraite en fonction du temps est modélisée par une somme de deux réactions du premier ordre:

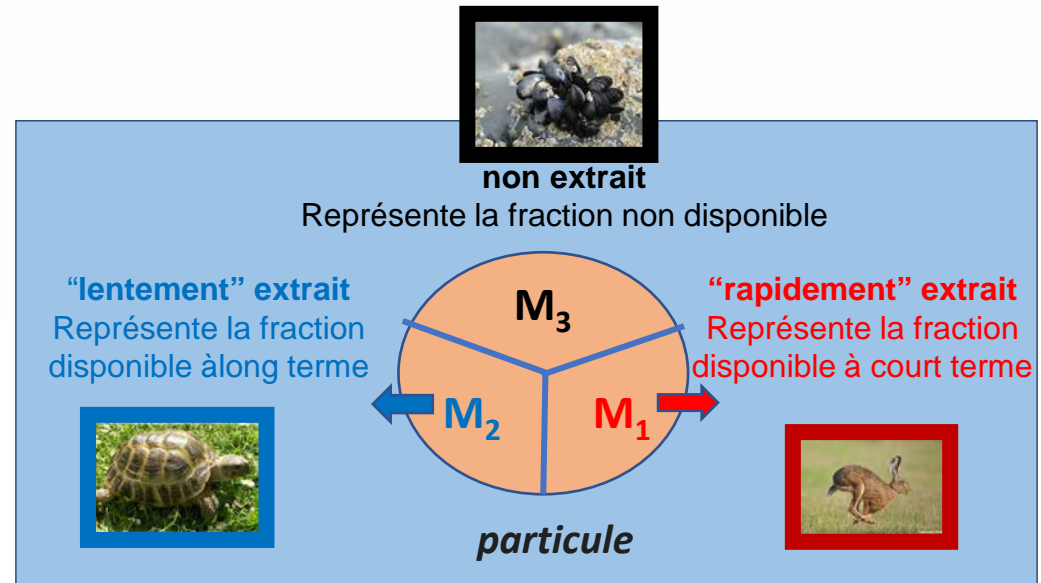
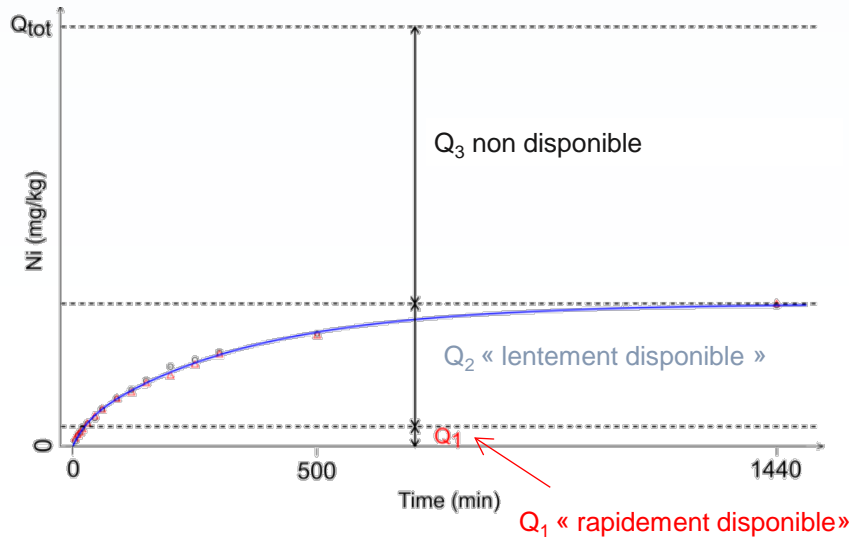
⇒ 3 fractions de métaux sont définies :  $Q_M = Q_1(1 - e^{-\lambda_1 t}) + Q_2(1 - e^{-\lambda_2 t})$

$Q_1$  « fraction rapidement disponible » (vitesse d'extraction  $\lambda_1$ )

$Q_2$  « fraction lentement disponible » (vitesse d'extraction  $\lambda_2$ )

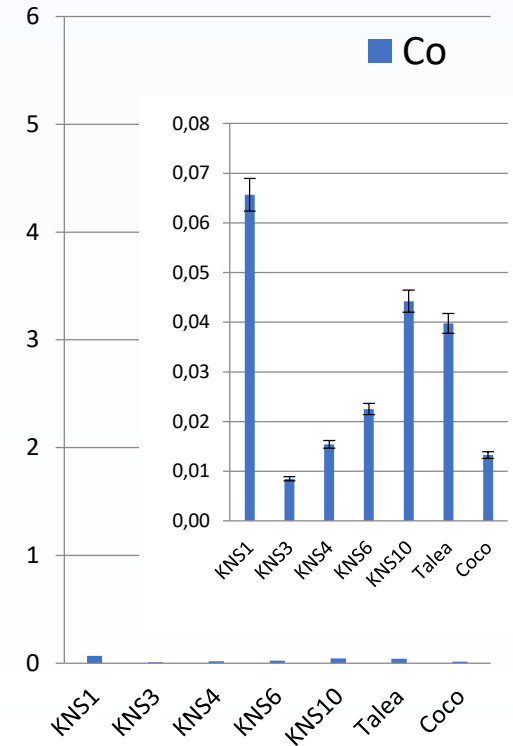
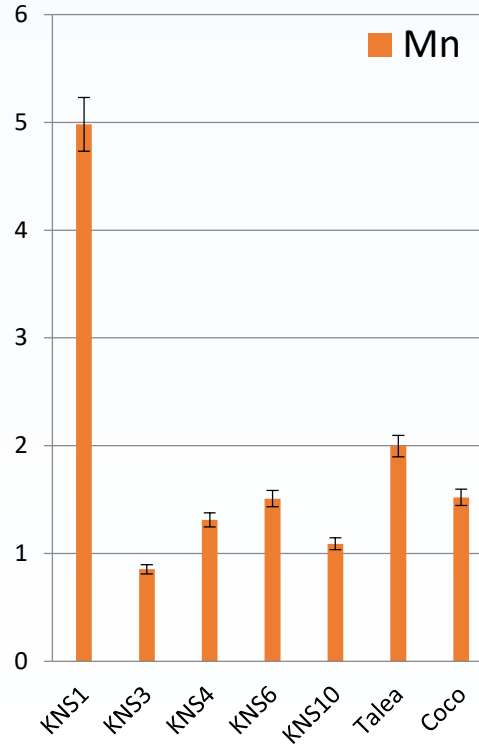
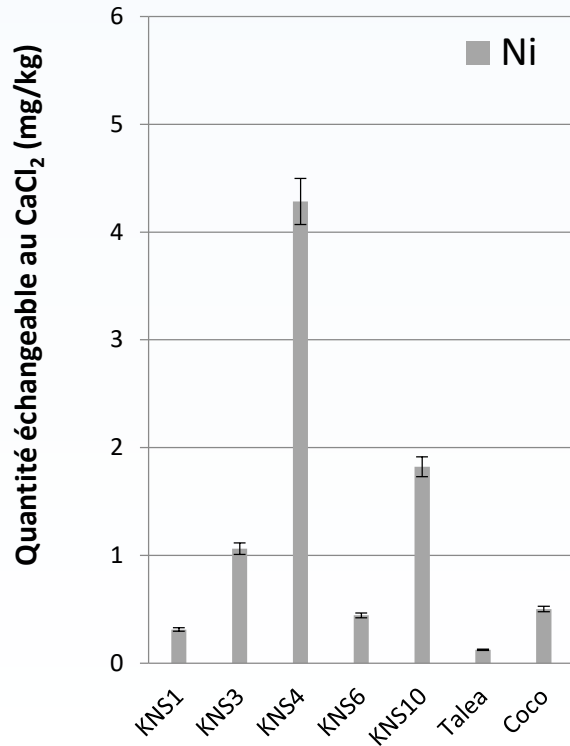
$Q_3$  non extrait, ie fraction non disponible  $Q_3 = Q_{tot} - (Q_1 + Q_2)$

$Q_1 + Q_2 =$  représentent la fraction biodisponible "à plus ou moins long terme"



⇒ Cette approche apporte des informations importantes car la solubilisation des métaux, et donc leurs impacts, dépendent du temps de résidence des particules dans les différents compartiments de l'environnement

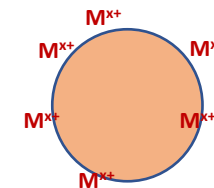
# RESULTATS DES EXPERIENCES DE LIXIVIATION AVEC $\text{CaCl}_2$



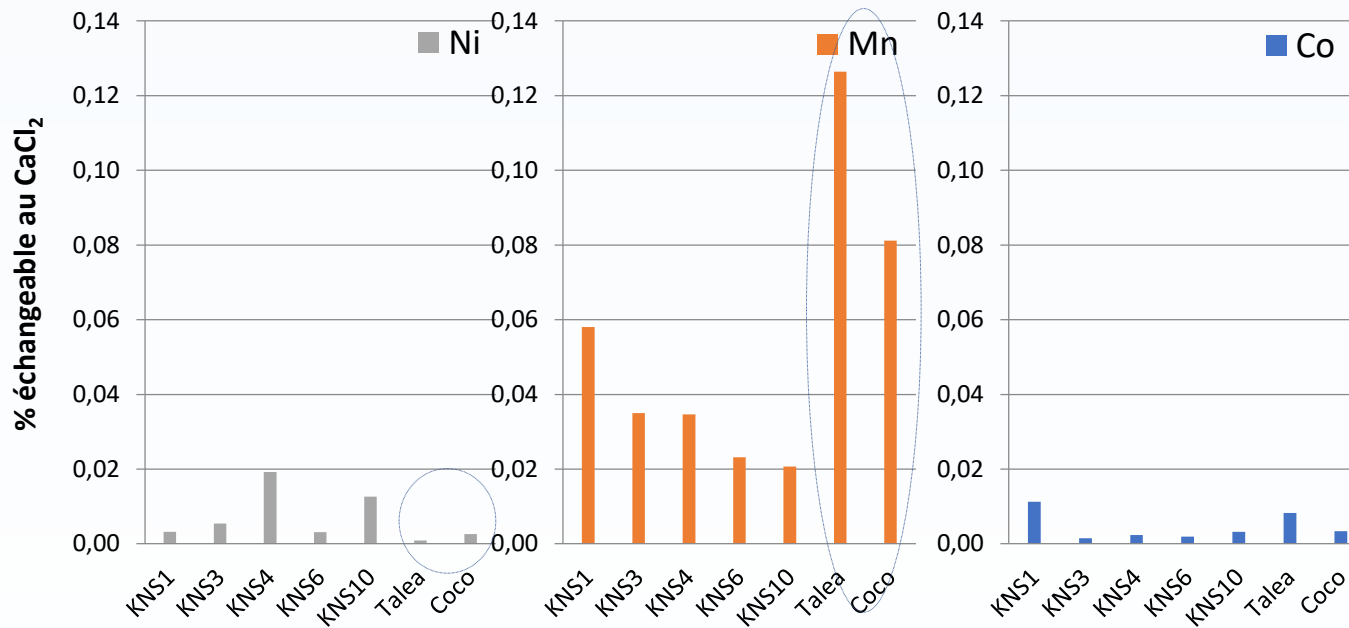
Quantités faibles : 0.009 à 4.9 mg/kg

Fe et Al non détectés

⇒ Peu de cations métalliques échangeables

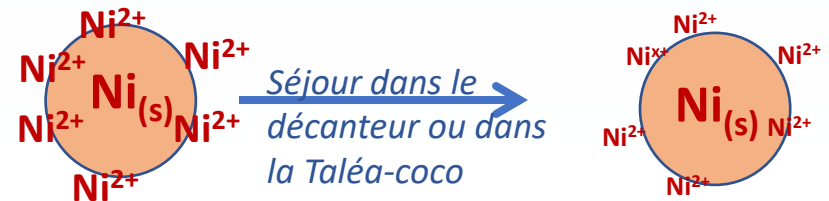


# % FRACTION ECHANGEABLE CaCl<sub>2</sub> / RESERVOIR TOTAL



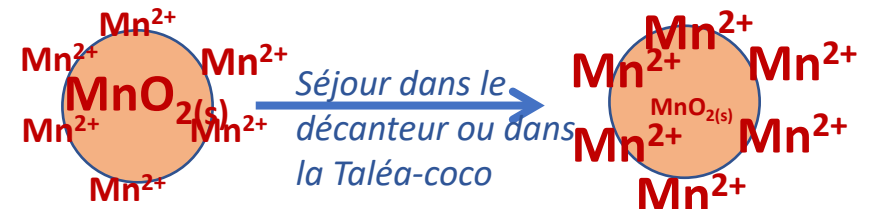
**Pour Ni, % < pour Taléa et Coco**

⇒ Ni<sup>2+</sup> a probablement été libéré par lessivage



**Pour Mn, % > pour Taléa et Coco**

⇒ les conditions d'immersion semblent favoriser la réduction partielle des oxydes de manganèse et Mn libéré est alors en partie adsorbé à la surface des particules

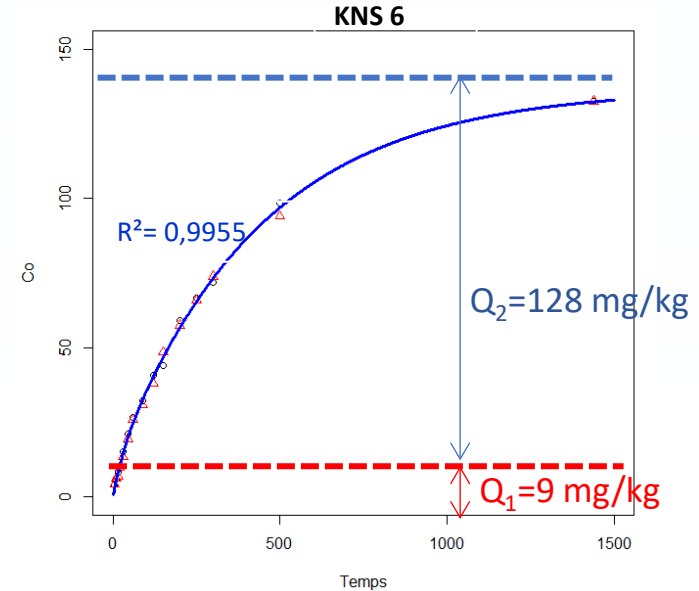
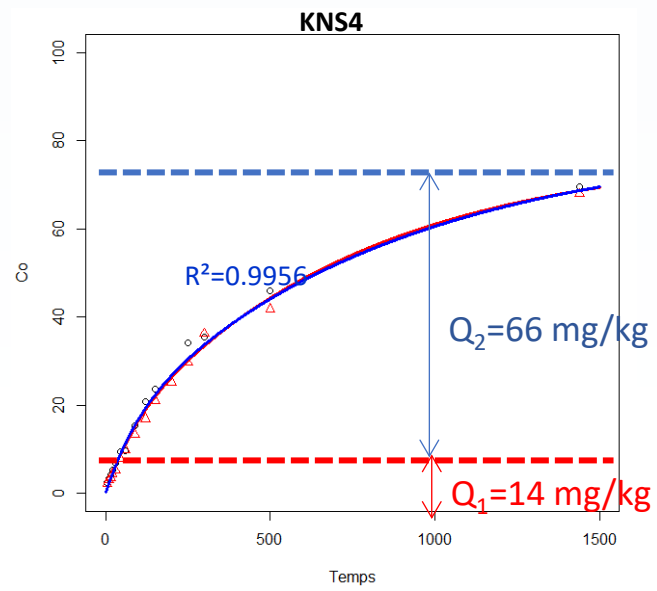
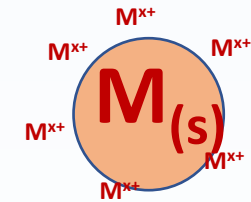


Effet plus prononcé pour Taléa



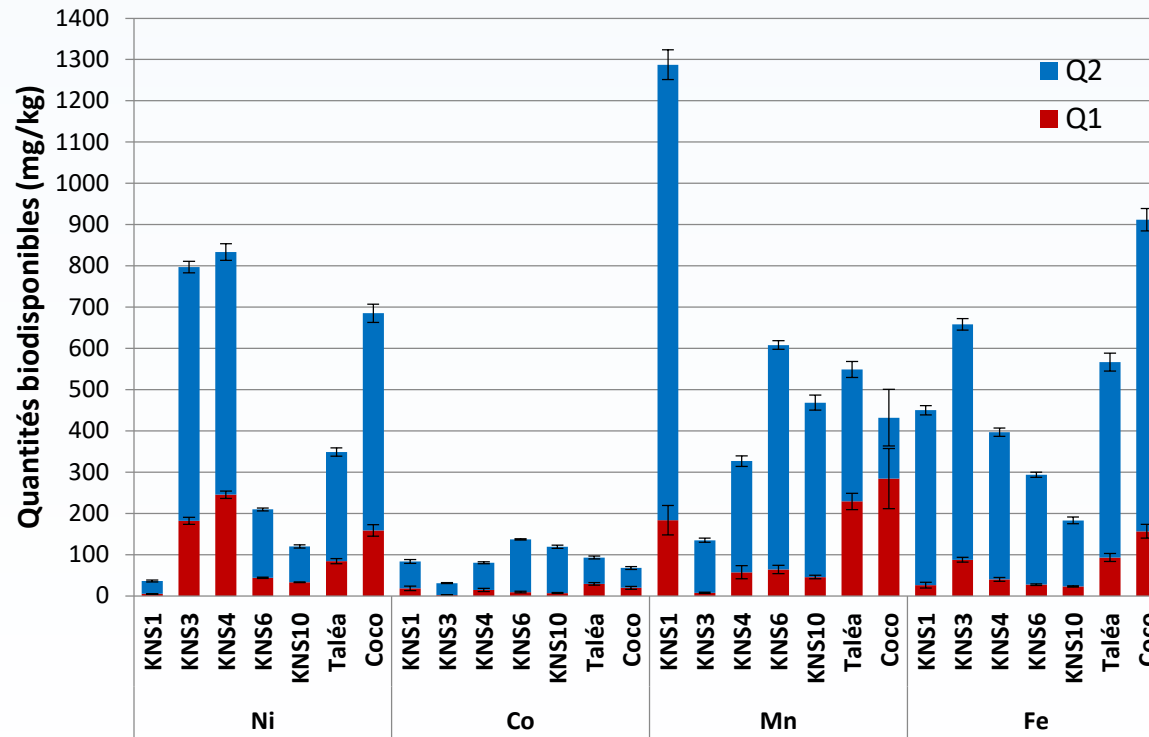
# RESULTATS DES EXPERIENCES DE LIXIVIATION AVEC EDTA

- Les quantités extraites à l'EDTA sont 70 à 5100 fois plus importantes que celles extraites au  $\text{CaCl}_2$   
 ⇒ quantités échangeables (donc adsorbées en surface) sont négligeables par rapport au réservoir contenu dans la particule (normal pour une particule « primaire »)
- Cinétiques décrites par une succession de 2 cinétiques de 1er ordre



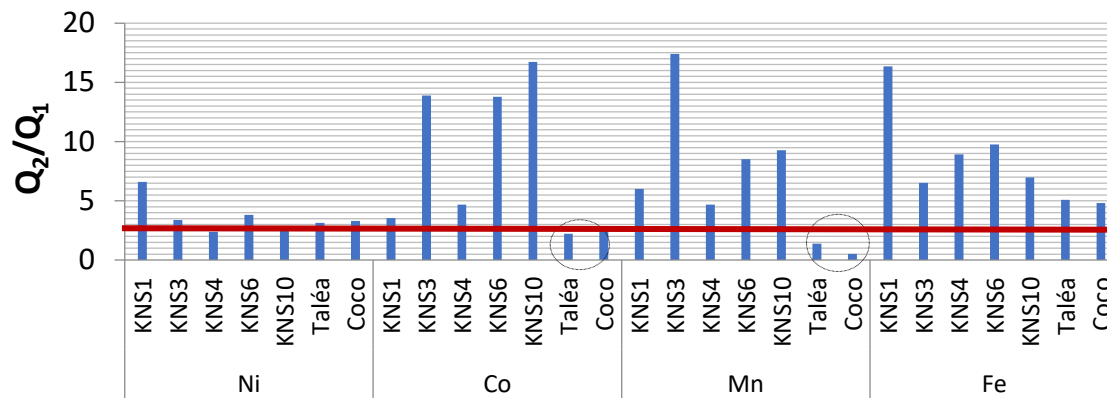
⇒ Possible de discriminer une fraction « rapidement » biodisponible et une « lentement » biodisponible

# QUANTITES BIODISPONIBLES (EDTA)



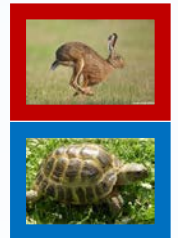
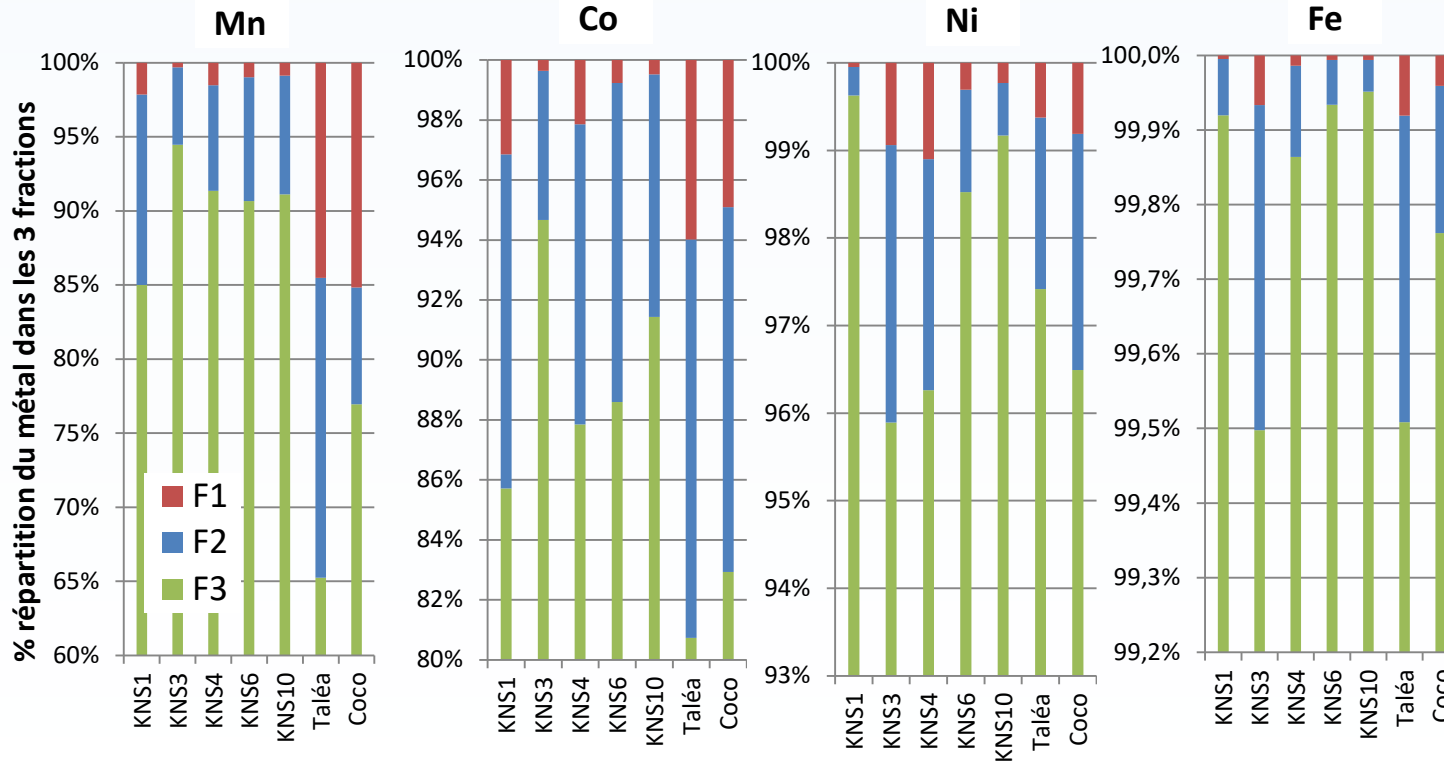
Quantités importantes  
 ⇨ matériel d'origine minière est un réservoir de métaux biodisponibles

$Q_2 > Q_1$   
 ⇨ La quantité la plus importante est « lentement » biodisponible

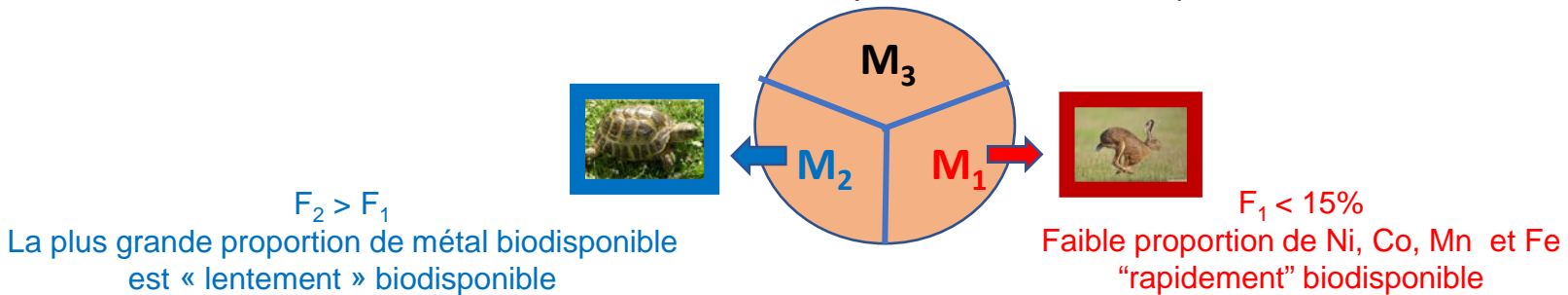


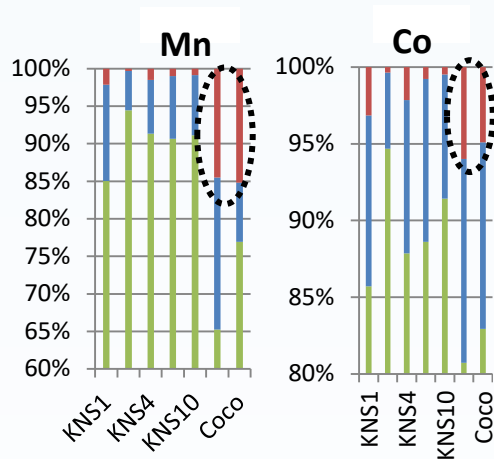
$Q_2/Q_1 > 3$  sauf pour Co et Mn dans les échantillons Taléa et Coco

# PROPORTIONS (F) DE METAUX BIODISPONIBLES (EDTA) PAR RAPPORT AU RESERVOIR TOTAL



**F<sub>3</sub> > 65 %**  
Ni, Co, Mn et Fe sont majoritairement non biodisponibles





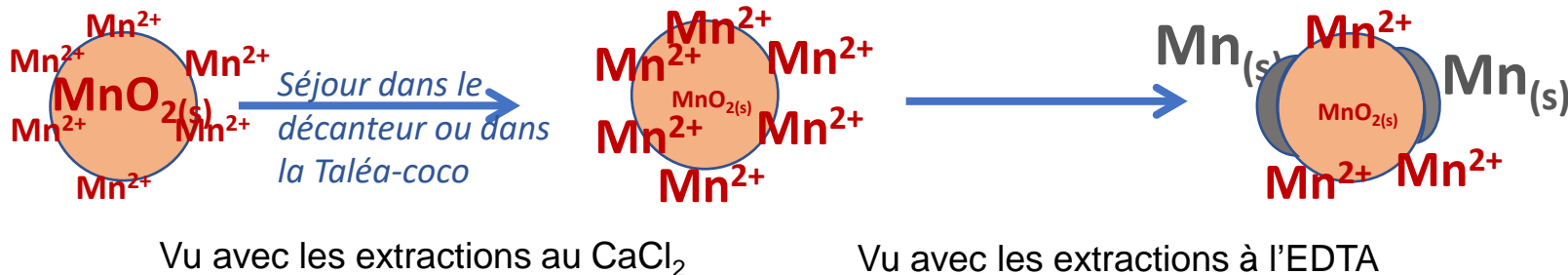
**Pour Mn**, fraction « rapidement « biodisponible  $F_1$  »> pour la Taléa et la Coco

≈ 15% pour la Taléa et la Coco  
<2% pour les sols miniers

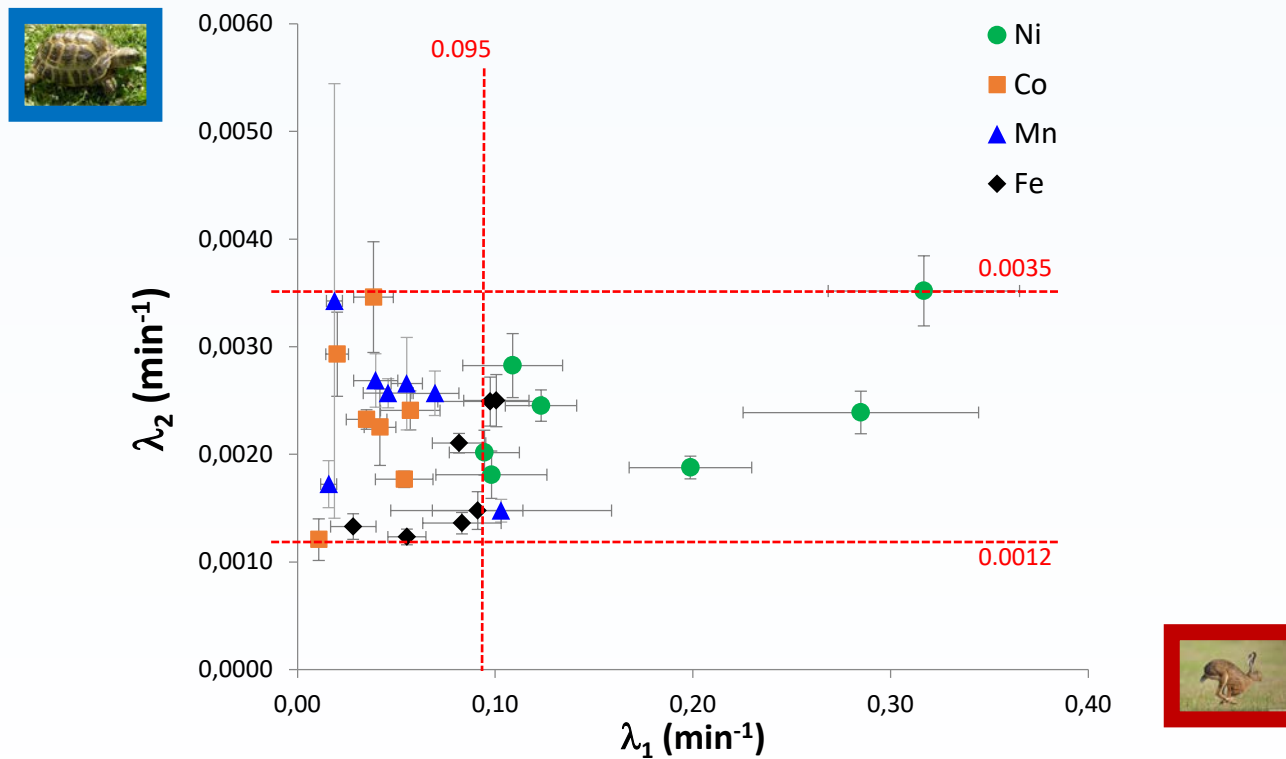
Idem **pour Co** mais moins prononcé

≈ 5-6% pour la Taléa et la Coco  
<3,2% pour les sols miniers

- ⇒ modification du comportement à la lixiviation de Mn et Co après des conditions d'immersion (stagnation dans le décanteur et dans la Taléa-coco).
- ⇒ en conditions plus réductrices, les oxydes de Mn, phases minérales souvent aussi porteuses de Co, sont partiellement réduites
- ⇒ Libération de Mn et Co sous forme ionique dont une partie s'est adsorbée à la surface
- ⇒ Re-précipitation sous formes d'oxydes-hydroxydes mal cristallisés donc plus facilement et plus rapidement solubilisables à l'EDTA. La proportion de métaux rapidement biodisponible a augmenté



# CINETIQUES DE MOBILISATION METAUX BIODISPONIBLES (EDTA)



- Valeurs de  $\lambda_2$  proches les unes des autres  $\Rightarrow$  la fraction « lentement » biodisponible est mobilisable à des vitesses très proches quel que soit l'élément considéré et quel que soit la nature de l'échantillon (prélevé sur site minier ou dans le milieu naturel).
- Pour Ni,  $\lambda_1 \gg$   $\Rightarrow$  la fraction « rapidement » biodisponible, est plus rapidement mobilisable que les autres métaux, Fe a aussi une cinétique plutôt rapide mais moins prononcé que Ni
- Pas de différence significative observée pour les échantillons Taléa et Coco

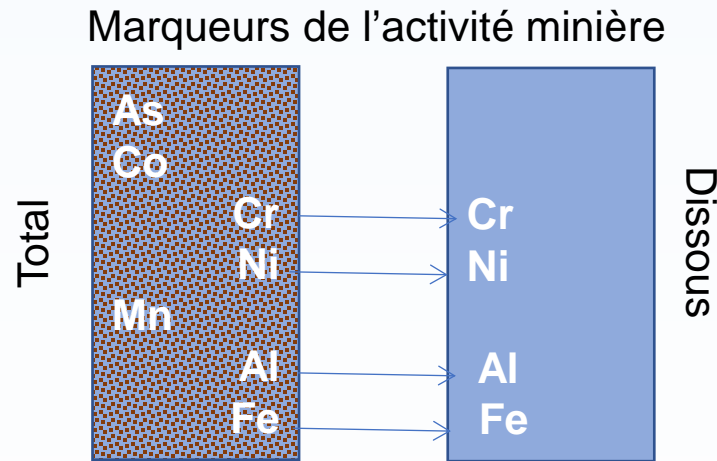
# CONCLUSIONS SUR BIODISPONIBILITE DES METAUX DANS LES MES / SEDIMENTS DES RIVIERES

## Ce travail a permis de montrer que :

- les matériaux d'origine minière représentent un réservoir important de métaux mobilisable et donc un risque environnemental réel
- un temps de séjour dans les bassins de décantation/et ou rivière modifie de manière notable le comportement à la lixiviation des particules
- Après mobilisation et déplacement dans un décanteur et/ou les rivières, augmentation de la biodisponibilité d'éléments métalliques en quantités non négligeables

**Ce travail permet aussi de mieux appréhender la dynamique de mobilisation des éléments et donc d'expliquer les différences d'éléments marqueurs entre le particulaire et le dissous (travaux fond géochimique)**

# CONCLUSIONS SUR BIODISPONIBILITE DES METAUX DANS LES MES / SEDIMENTS DES RIVIERES

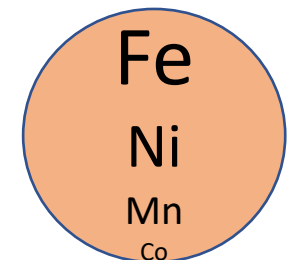


« As, Co et Mn ne semblent pas significativement mobilisés du particulaire vers le dissous »

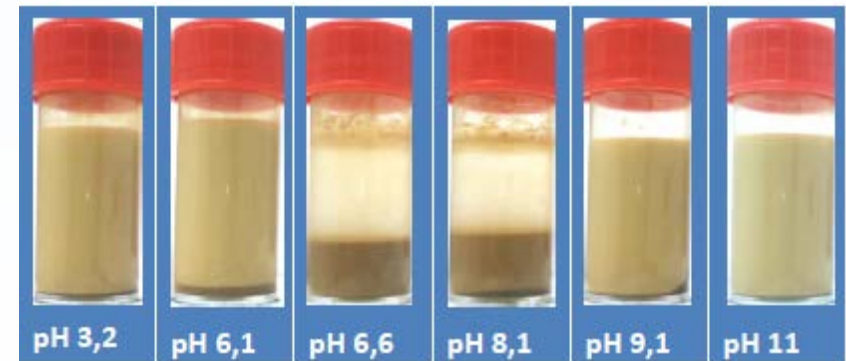
« Quelles pourraient être les raisons possibles ? »

**L'étude du comportement à la lixiviation apporte des éléments de réponse pour Mn et Co**

- « ils sont peu mobiles dans ce contexte physico-chimique » **NON pour Mn et Co**
- « leur cinétique de mobilisation est lente à l'échelle de la dynamique des eaux superficielles sur petits bassins versants et ils seraient mobilisés plus en aval » **OUI et NON pas de différences de cinétiques entre Mn et Co et Fe (pourtant Fe passe en solution), mais cinétiques plus lentes par rapport à Ni**
- « ils sont mobiles mais leur mobilisation est compensée par un effet de dilution si la quantité est faible dans les matières en suspension. Cela est vrai si le réservoir de Mn et Co est plus petit que celui de Cr, Ni, Al et Fe » **OUI c'est le cas, donc très certainement compensation de la mobilisation par dilution**



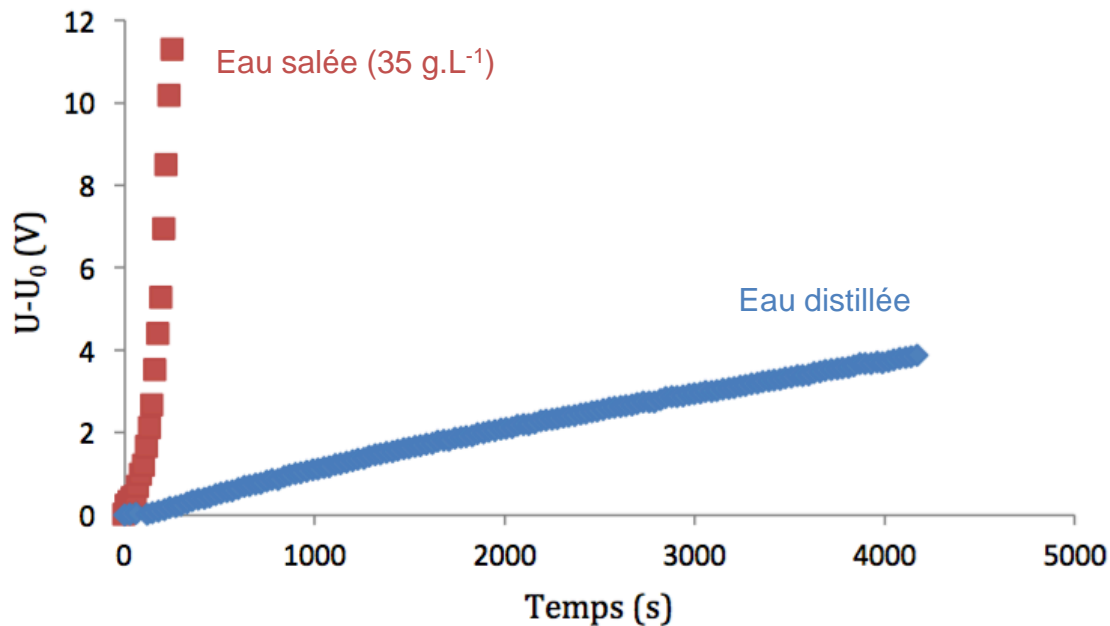
# COMPORTEMENT DES MES/SEDIMENTS A L'INTERFACE EAU DOUCE / EAU SALEE : APPROCHE EXPERIMENTALE



M. Meyer, C. Metayer, W. Tagar

# INFLUENCE DE LA SALINITE SUR LA VITESSE DE SEDIMENTATION DES MES/SEDIMENTS EN SUSPENSION

Résultats d'expériences sur les MES/sédiments de la rivière Pandanus



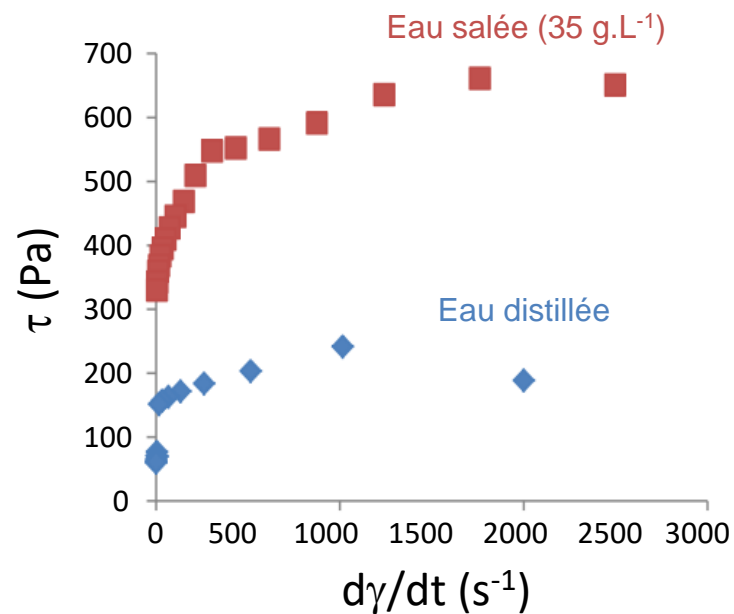
Sédimentation accélérée dans l'eau salée

Agrégation/floculation MES/sédiments

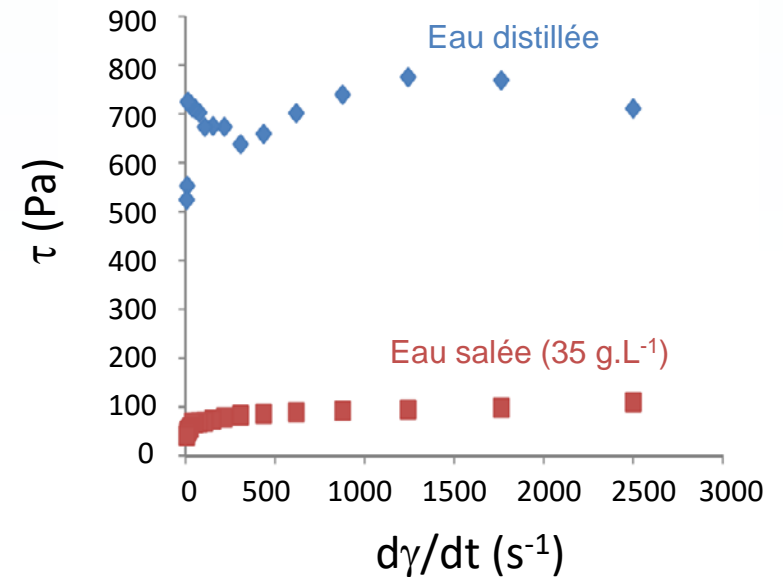
# COMPORTEMENT DES MES / SEDIMENTS A L'INTERFACE EAU DOUCE / EAU SALEE

Mesure de la contrainte  $\tau$  (Pa) en fonction du taux de cisaillement  $d\gamma/dt$  sur des suspensions de sédiments (fraction massique : 40%)

Sédiments rivière Pandanus



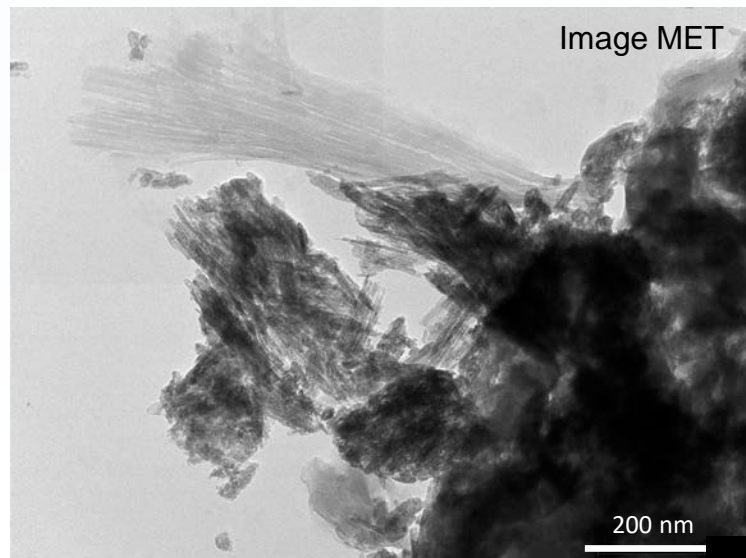
Sédiments rivière Coco



# DIFFERENCE DE COMPOSITION MINERALOGIQUE ENTRE MES/SEDIMENTS DES RIVIERES PANDANUS ET COCO

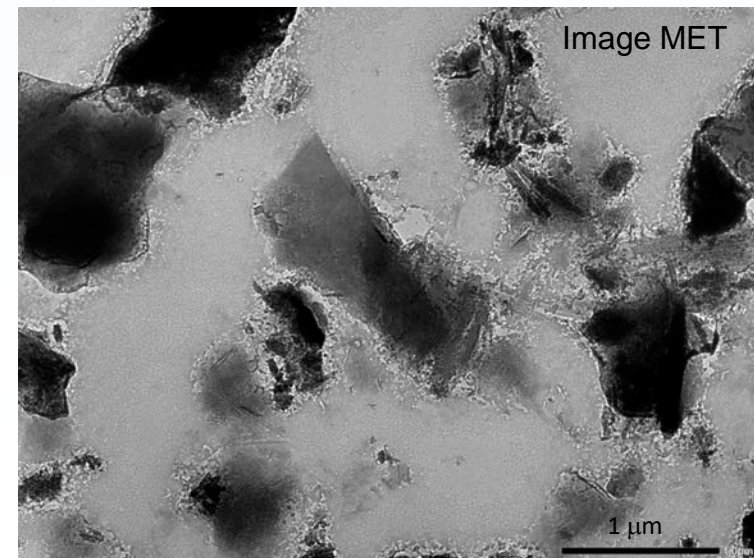
Analyses par microscopie électronique en transmission (MET)

Sédiments rivière Pandanus



Riche en phyllosilicates (serpentine et talc)

Sédiments rivière Coco

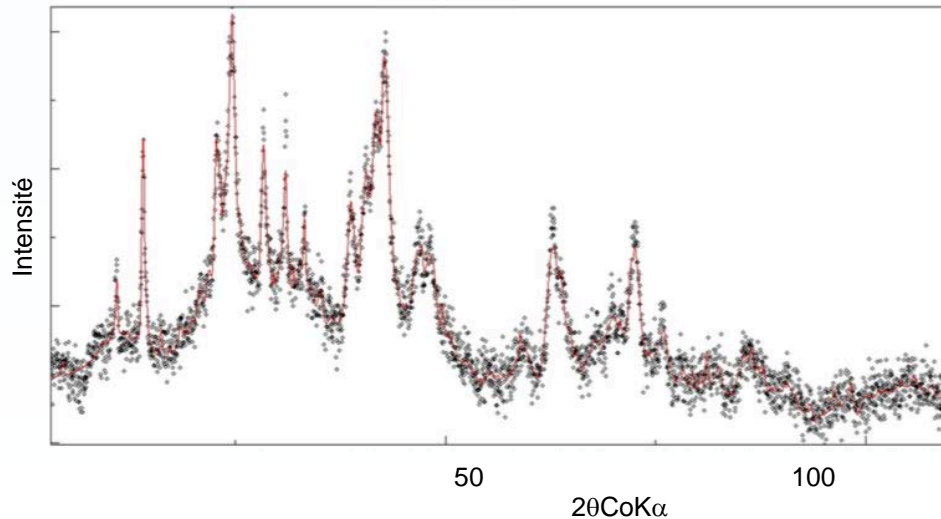


Riche en (hydr)oxydes de fer (goethite)

# DIFFERENCE DE COMPOSITION MINERALOGIQUE ENTRE MES/SEDIMENTS DES RIVIERES PANDANUS ET COCO

Analyses par diffraction des rayons X (DRX)

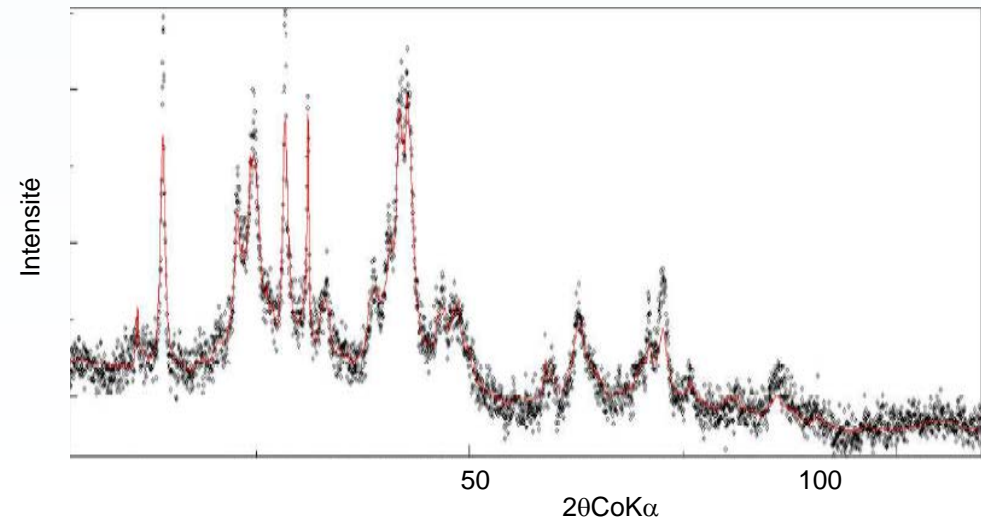
Sédiments rivière Pandanus



Phases minérales quantifiées par affinement Rietveld

- antigorite  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$  44%
- talc  $Mg/Ni (Mg,Ni)_3Si_4O_{10}(OH)_2$  33%
- goethite  $FeOOH$  20%
- quartz  $SiO_2$  2%
- hématite  $Fe_2O_3$  1%

Sédiments rivière Coco



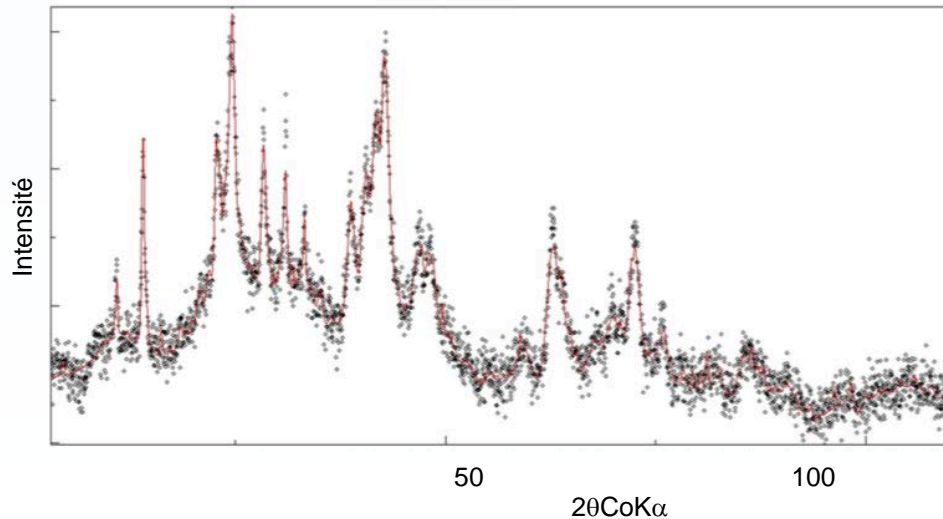
Phases minérales quantifiées par affinement Rietveld

- goethite  $FeOOH$  47%
- antigorite  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$  44%
- quartz  $SiO_2$  7 %
- talc  $Mg/Ni (Mg,Ni)_3Si_4O_{10}(OH)_2$  1%
- hématite  $Fe_2O_3$  1%

# DIFFERENCE DE COMPOSITION MINERALOGIQUE ENTRE MES/SEDIMENTS DES RIVIERES PANDANUS ET COCO

Analyses par diffraction des rayons X (DRX)

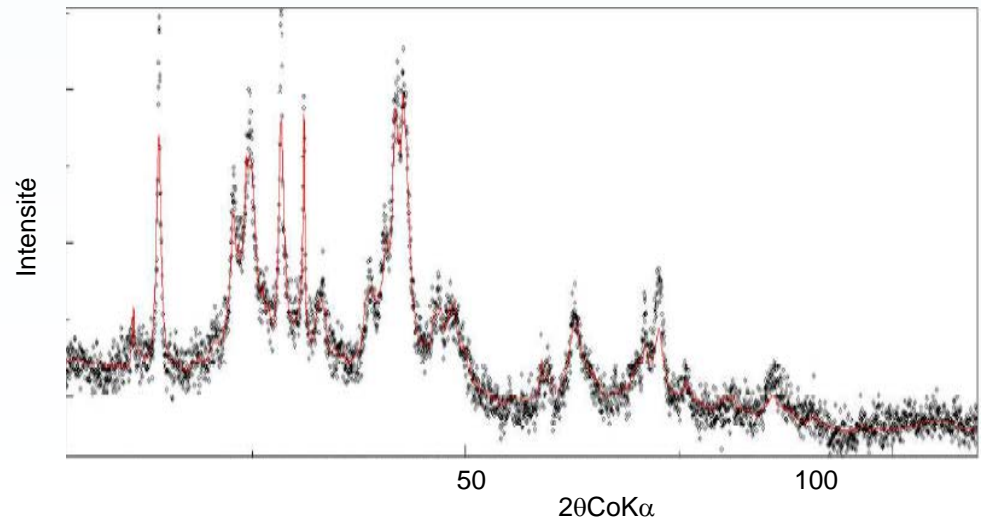
Sédiments rivière Pandanus



Phases minérales quantifiées par affinement Rietveld

75% phyllosilicates / 21% (hydr)oxydes de fer

Sédiments rivière Coco



Phases minérales quantifiées par affinement Rietveld

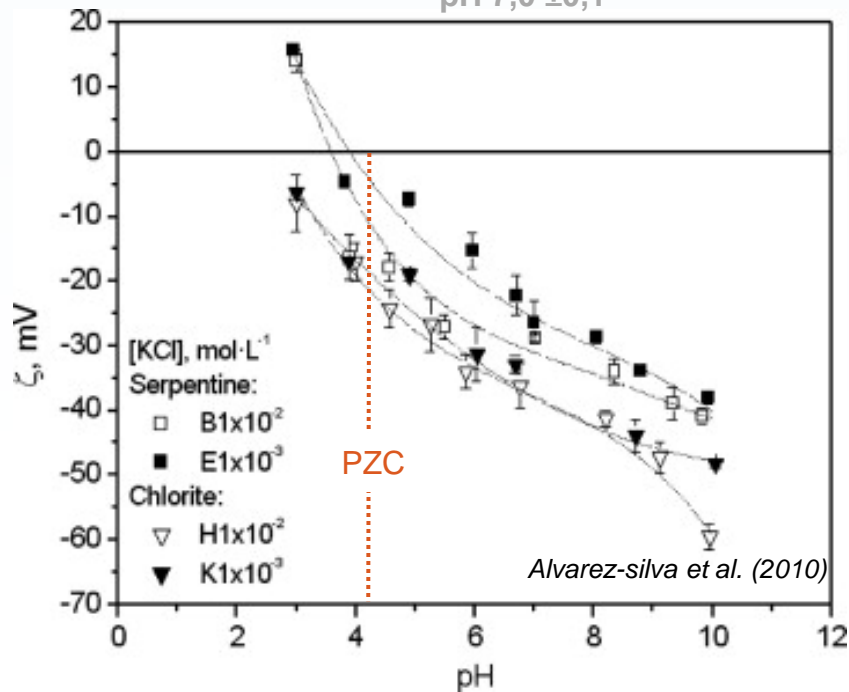
45% phyllosilicates / 48% (hydr)oxydes de fer

# DIFFERENCE DE PROPRIETES DE SURFACE ENTRE PHYLLOSILICATES ET (HYDR)OXYDES DE FER

Estimation des valeurs de point de charge nulle (PSC) par mesure du potentiel zéta (données issues de la littérature)

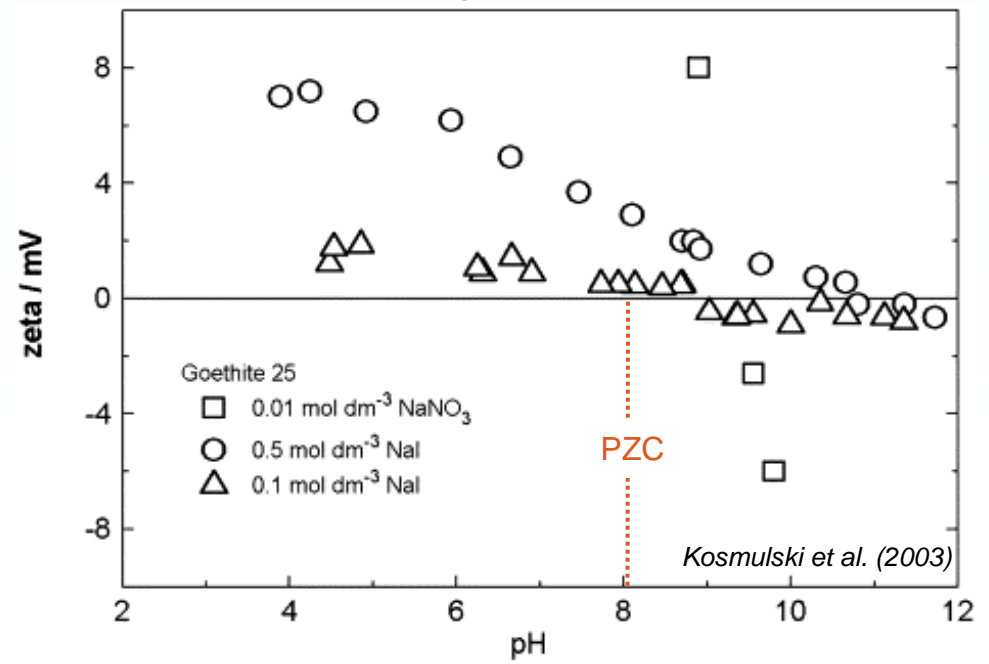
Serpentine

pH 7,0 ± 0,1



Goethite

pH 7,0 ± 0,1

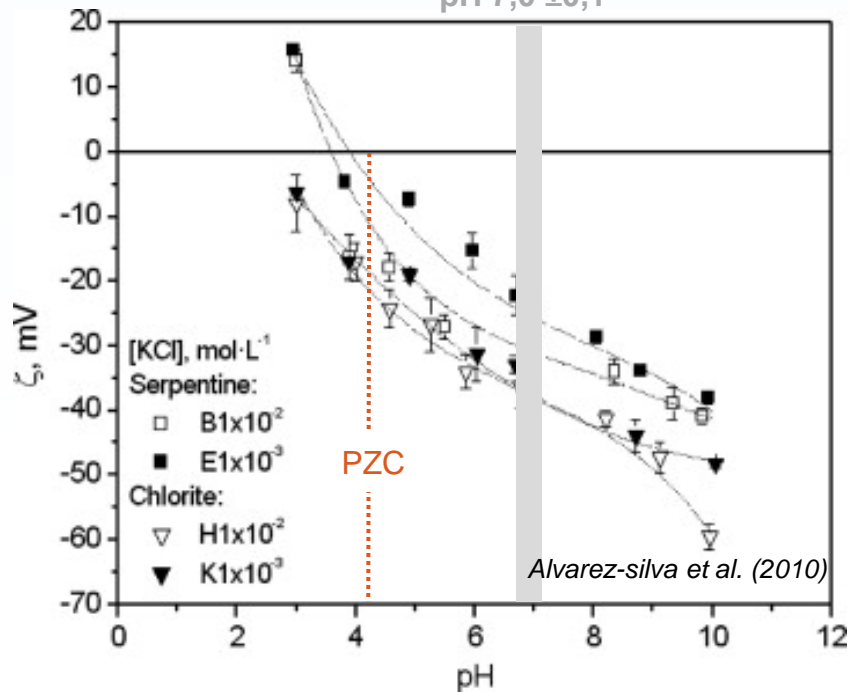


# DIFFERENCE DE PROPRIETES DE SURFACE ENTRE PHYLLOSILICATES ET (HYDR)OXYDES DE FER

Estimation des valeurs de point de charge nulle (PSC) par mesure du potentiel zéta (données issues de la littérature)

Serpentine

pH 7,0 ± 0,1

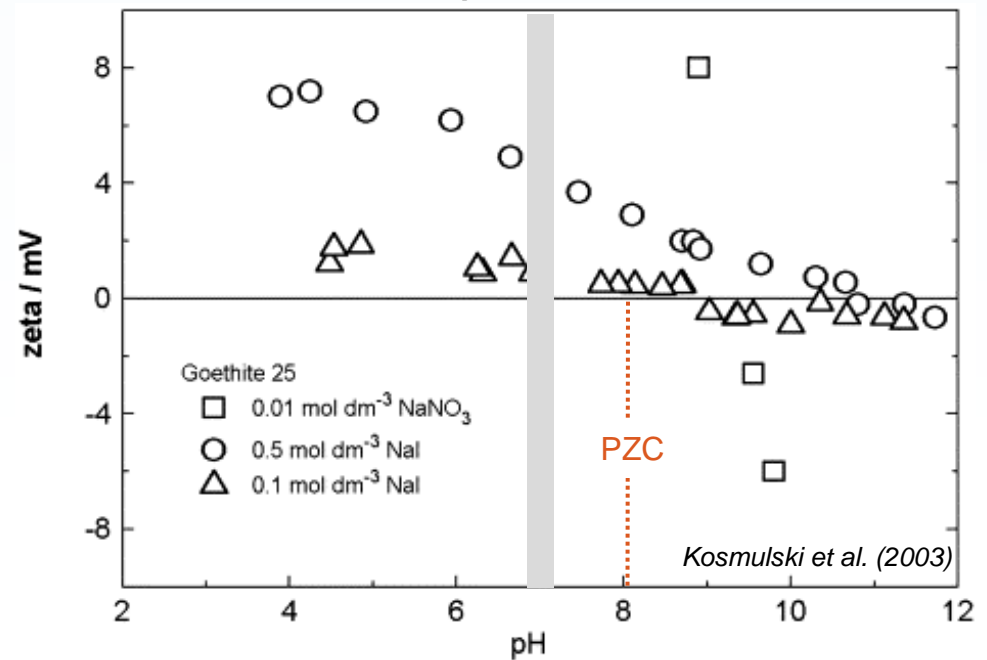


pH Pandanus >> PZC serpentine

Serpentine fortement chargée négativement

Goethite

pH 7,0 ± 0,1

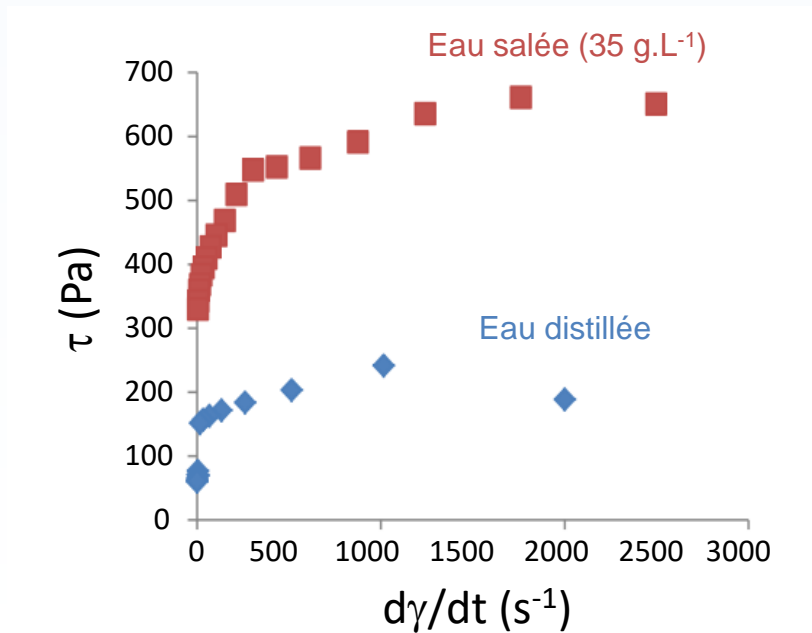


pH Coco < PZC goethite

Goethite peu chargée positivement

# COMPORTEMENT DES MES / SEDIMENTS A L'INTERFACE EAU DOUCE / EAU SALEE

Sédiments rivière Pandanus

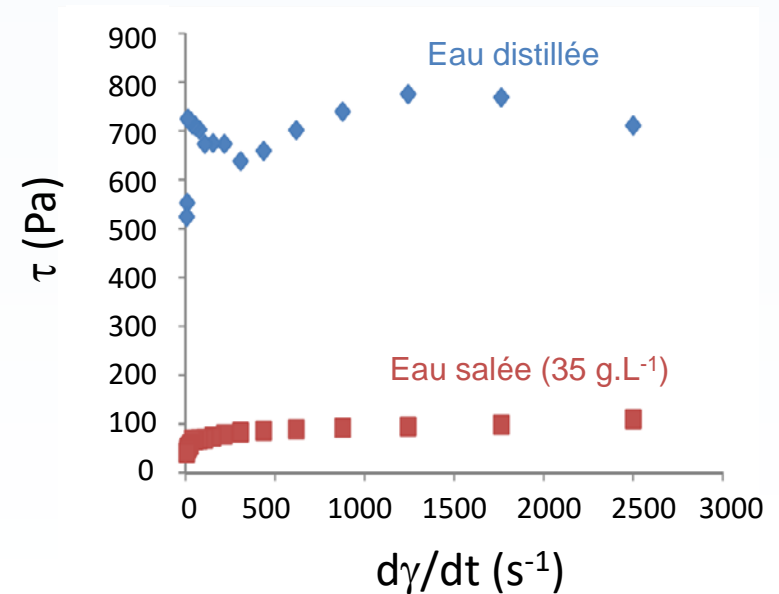


75% phyllosilicates / 21% (hydr)oxydes de fer

Mélange composé majoritairement de particules fortement chargées négativement

**INTERACTIONS REPULSIVES**

Sédiments rivière Coco



45% phyllosilicates / 48% (hydr)oxydes de fer

Mélange composé en fractions équivalentes de particules chargées négativement et positivement

**INTERACTIONS ATTRACTIVES**

# CONCLUSIONS / PERSPECTIVES SUR COMPORTEMENT DES MES / SEDIMENTS A L'INTERFACE EAU DOUCE / EAU SALEE

Différence de comportement significative entre MES/sédiments des rivières Pandanus et Coco

Influence supposée de la minéralogie (phyllosilicates vs. (hydr)oxydes de fer)

Vérifier la charge de surface des minéraux qui constituent les différentes suspensions

Répliquer les expériences pour consolider les résultats

Elargir la gamme de conditions environnementales (suspensions à salinités intermédiaires)

Tester le comportement des MES/sédiments des autres rivières du massif du Koniambo

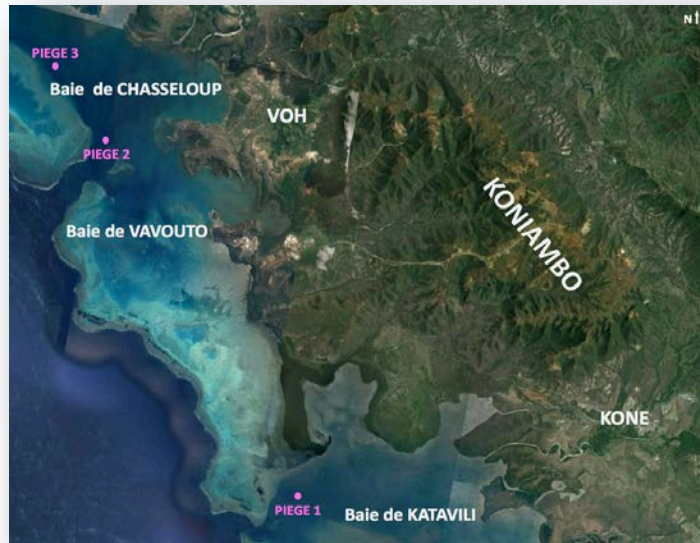
## FLUX DE METAUX VERS LES SEDIMENTS DU LAGON



JP Ambrosi, JM. Fernandez, F. Juillot, B. Moreton, O. Radakovitch

# FLUX DE METAUX VERS LES SEDIMENTS DU LAGON

Flux **actuels** de métaux à l'aide de l'enregistrement sédimentaire par pièges à sédiments

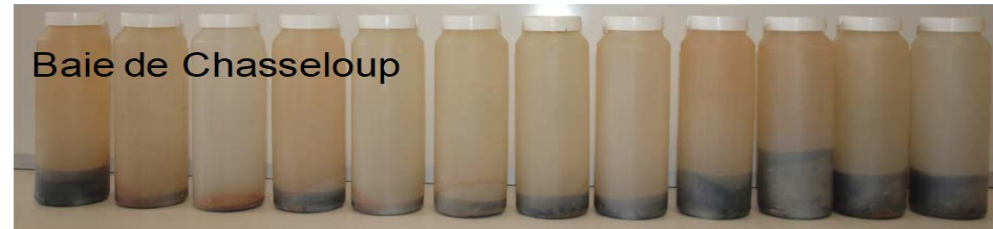


3 pièges à sédiments

Deux campagnes réalisées

26 novembre 2016 – 25 janvier 2017

26 juin 2017 – 25 août 2017



26/11/16 – 30/11/16

01/12/16 – 05/12/16

06/12/16 – 10/12/16

11/12/16 – 15/12/16

16/12/16 – 20/12/16

21/12/16 – 25/12/16

26/12/16 – 30/12/16

31/12/16 – 04/01/17

05/01/17 – 09/01/17

10/01/17 – 15/01/17

16/01/17 – 20/01/17

21/01/17 – 25/01/17

# FLUX DE METAUX VERS LES SEDIMENTS DU LAGON

Flux **actuels** de métaux à l'aide de l'enregistrement sédimentaire par pièges à sédiments



Masses (g) de sédiments collectées dans les pièges

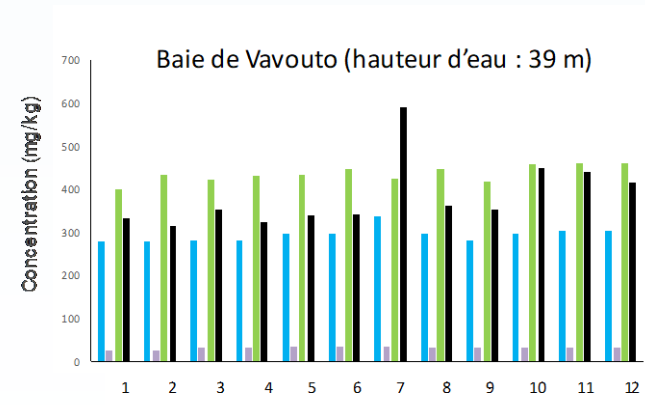
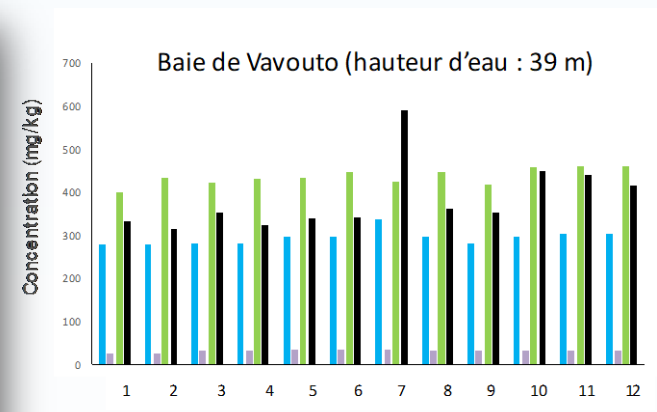
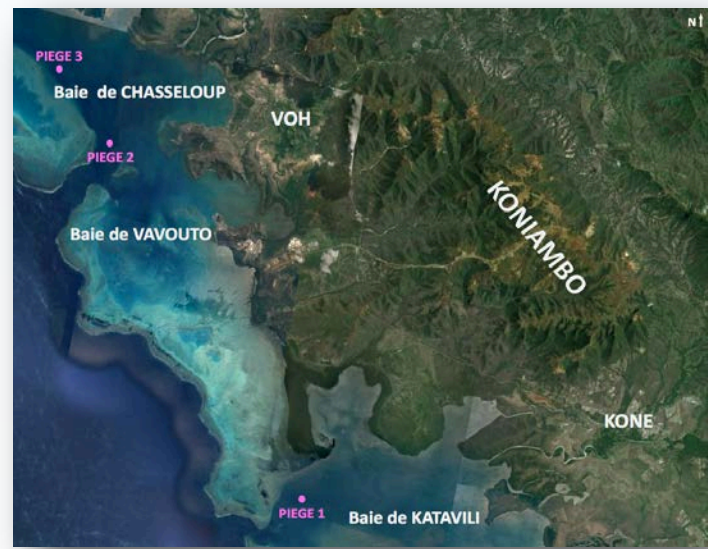
Campagne

26 novembre 2016 – 25 janvier 2017

Dates	Bouteille	Baie de Katavili	Baie de Vavouto	Baie de Chasseloup
26/11/2016 30/11/2016	1	20,23	17,91	9,48
01/12/2016 05/12/2016	2	48,53	2,92	4,84
06/12/2016 10/12/2016	3	16,38	1,42	2,21
11/12/2016 15/12/2016	4	12,36	6,79	6,85
16/12/2016 20/12/2016	5	18,91	3,83	10,03
21/12/2016 25/12/2016	6	20,52	5,92	8,18
26/12/2016 30/12/2016	7	30,77	7,79	14,77
31/12/2016 04/01/2017	8	25,05	7,74	12,16
05/01/2017 09/01/2017	9	38,75	17,20	14,15
10/01/2017 15/01/2017	10	39,25	27,22	27,19
16/01/2017 20/01/2017	11	31,19	17,41	23,73
21/01/2017 25/01/2017	12	38,12	16,38	21,39

# FLUX DE METAUX VERS LES SEDIMENTS DU LAGON

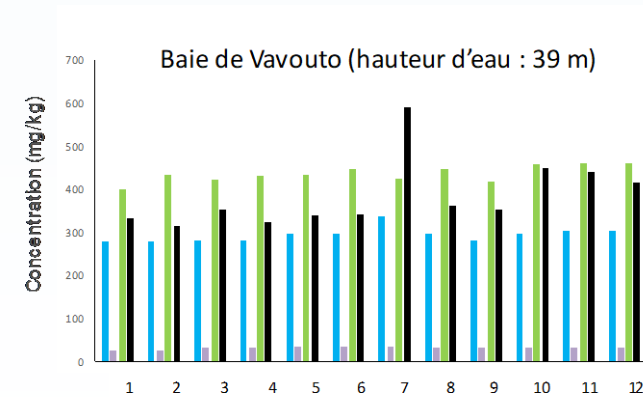
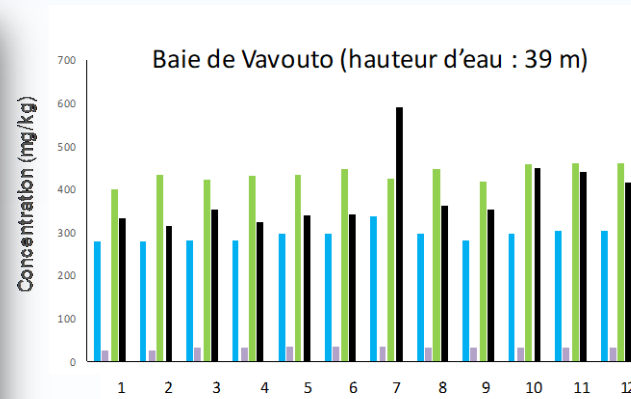
Flux **actuels** de métaux à l'aide de l'enregistrement sédimentaire par pièges à sédiments



	Concentrations moyennes en métaux (mg/kg)			
	Co	Cr	Mn	Ni
<b>Baie de Katavili</b>	32	314	488	397
<b>Baie de Vavouto</b>	32	294	384	463

# FLUX DE METAUX VERS LES SEDIMENTS DU LAGON

Flux **actuels** de métaux à l'aide de l'enregistrement sédimentaire par pièges à sédiments

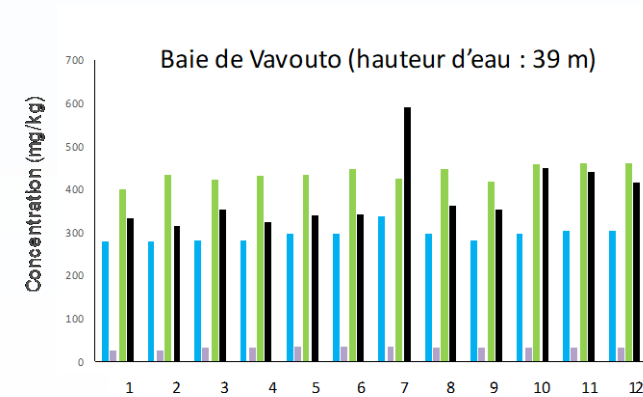
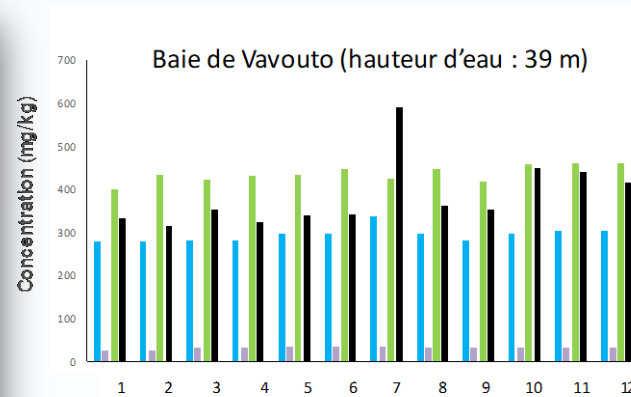
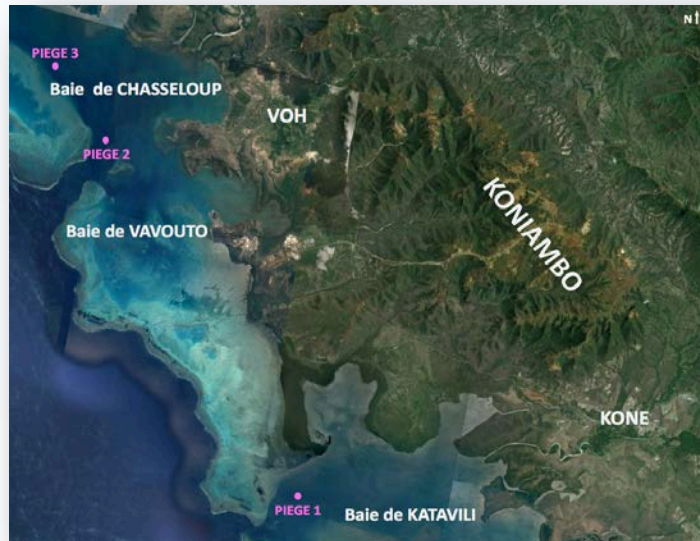


$$\text{Flux}_{\text{sédiments}} \text{ (kg/m}^2\text{/j)} = [\text{Sédimentation (cm/an)} / (365 \cdot 100)] \cdot \rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$\text{Flux}_{\text{métaux}} \text{ (mg/m}^2\text{/j)} = \text{Conc}_{\text{métaux}} \text{ (mg/kg)} \cdot \text{Flux}_{\text{sédiments}} \text{ (kg/m}^2\text{/j)}$$

# FLUX DE METAUX VERS LES SEDIMENTS DU LAGON

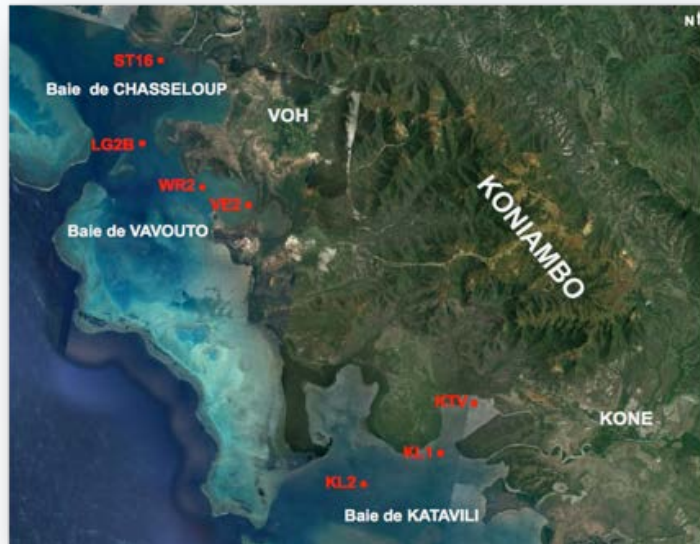
Flux **actuels** de métaux à l'aide de l'enregistrement sédimentaire par pièges à sédiments



	Concentrations moyennes en métaux (mg/kg)				Flux actuels de sédiments (kg/m <sup>2</sup> /j)	Flux actuels de métaux (mg/m <sup>2</sup> /j)			
	Co	Cr	Mn	Ni		Co	Cr	Mn	Ni
<b>Baie de Katavili</b>	32	314	488	397	0,11	3,7	35,8	57,0	45,3
<b>Baie de Vavouto</b>	32	294	384	463	0,04	1,4	13,0	17,7	19,4

# FLUX DE METAUX VERS LES SEDIMENTS DU LAGON

Flux **anciens** de métaux par la mesure de l'activité en  $^{210}\text{Pb}$  dans les sédiments



Campagne d'échantillonnage : juillet 2016

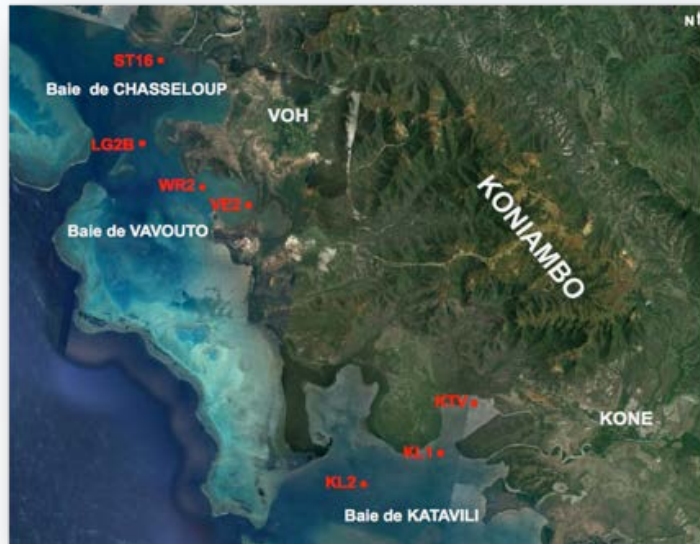
100 échantillons sous air :  
datation ( $^{210}\text{Pb}$ )

49 échantillons sous flux  $\text{N}_2$  :  
spéciation métaux (synchrotron)



# FLUX DE METAUX VERS LES SEDIMENTS DU LAGON

Flux **anciens** de métaux par la mesure de l'activité en  $^{210}\text{Pb}$  dans les sédiments



$$^{210}\text{Pb}_{\text{mesuré}} = ^{210}\text{Pb}_{\text{excès}} + ^{210}\text{Pb}_{\text{supporté}}$$

$^{210}\text{Pb}$  initialement dissous dans l'eau (issu de la désintégration du  $^{226}\text{Ra}$  dissous dans l'eau) et qui s'est fixé sur les MES/sédiments durant leur séjour dans l'eau

$^{210}\text{Pb}$  issu de la désintégration du  $^{226}\text{Ra}$  déjà présent dans les MES/sédiments avant leur séjour dans l'eau

## Modèle CFCS (Constant Flux - Constant Sedimentation)

Goldberg (1963) et Krishnaswami et al. (1971)

$$^{210}\text{Pb} = ^{210}\text{Pb}_0 \cdot \exp(-\lambda t)$$

$^{210}\text{Pb}_0$  : Activité  $^{210}\text{Pb}$  en surface du sédiment

$\lambda$  : Constante de désintégration radioactive du  $^{210}\text{Pb}$  ( $0,03114 \text{ an}^{-1}$ )

$t$  : Temps écoulé depuis que l'échantillon n'est plus en contact avec l'eau

Mesure de l'activité en  $^{210}\text{Pb}$  ( $\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ )  
par comptage alpha

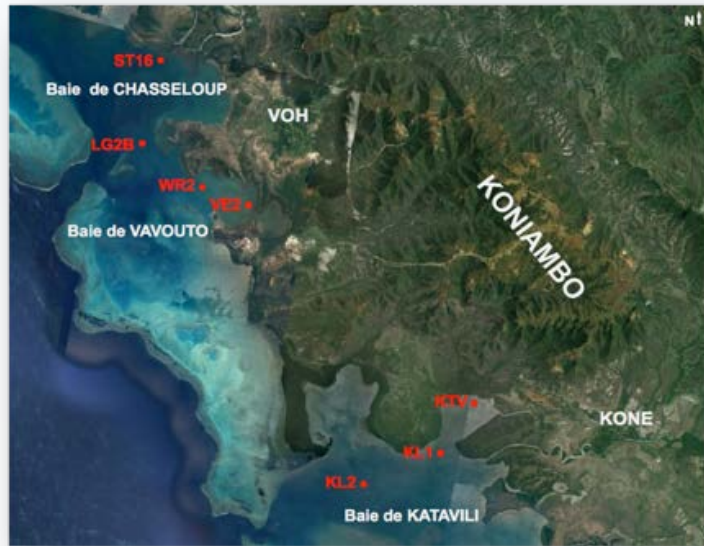
$$^{210}\text{Pb} = ^{210}\text{Pb}_0 \cdot \exp(-\lambda z/S)$$

$S$  : Taux de sédimentation ( $\text{cm} \cdot \text{an}^{-1}$ )

$z$  : Profondeur de l'échantillon

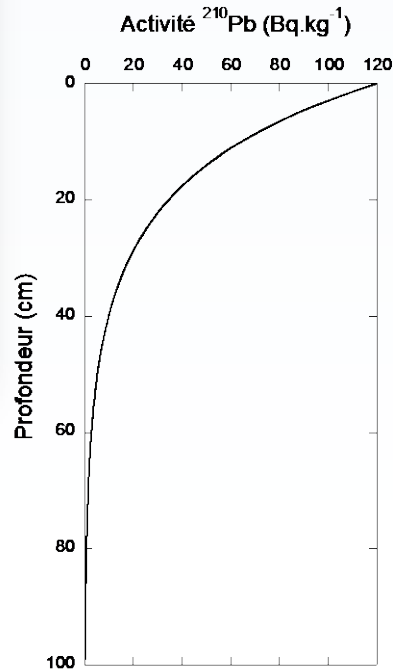
# FLUX DE METAUX VERS LES SEDIMENTS DU LAGON

Flux **anciens** de métaux par la mesure de l'activité en  $^{210}\text{Pb}$  dans les sédiments

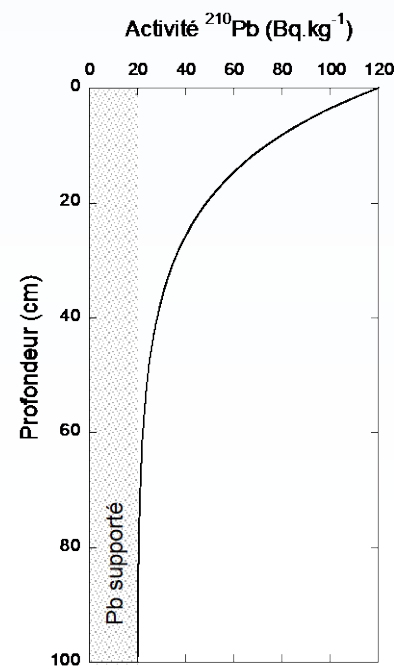


$$^{210}\text{Pb}_{\text{mesuré}} = ^{210}\text{Pb}_{\text{excès}} + ^{210}\text{Pb}_{\text{supporté}}$$

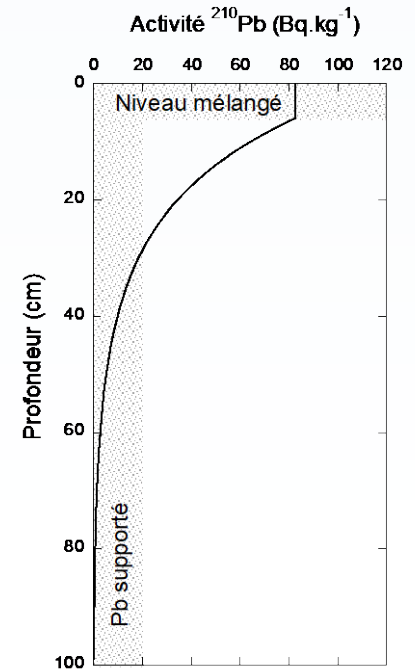
Mesure de l'activité en  $^{210}\text{Pb}$  ( $\text{Bq.kg}^{-1}$ ) par comptage alpha



Profil sans  $^{210}\text{Pb}_{\text{supporté}}$



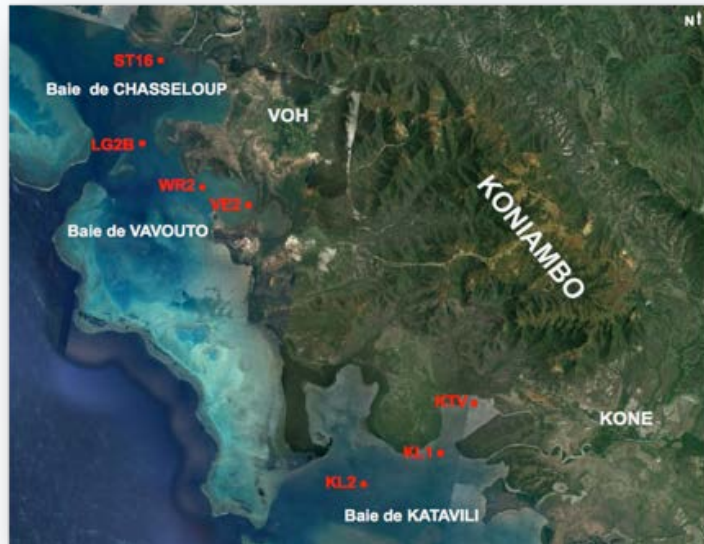
Profil avec  $^{210}\text{Pb}_{\text{supporté}}$



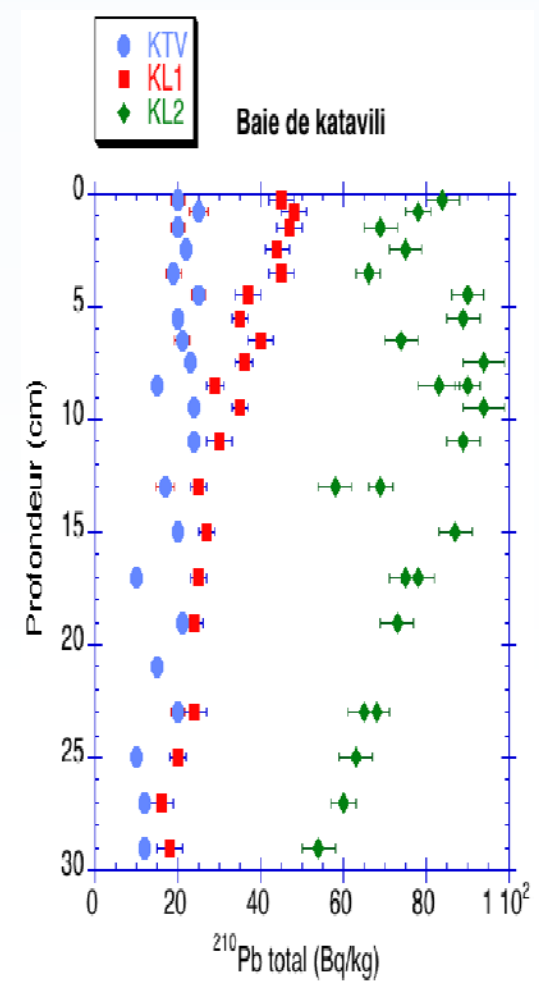
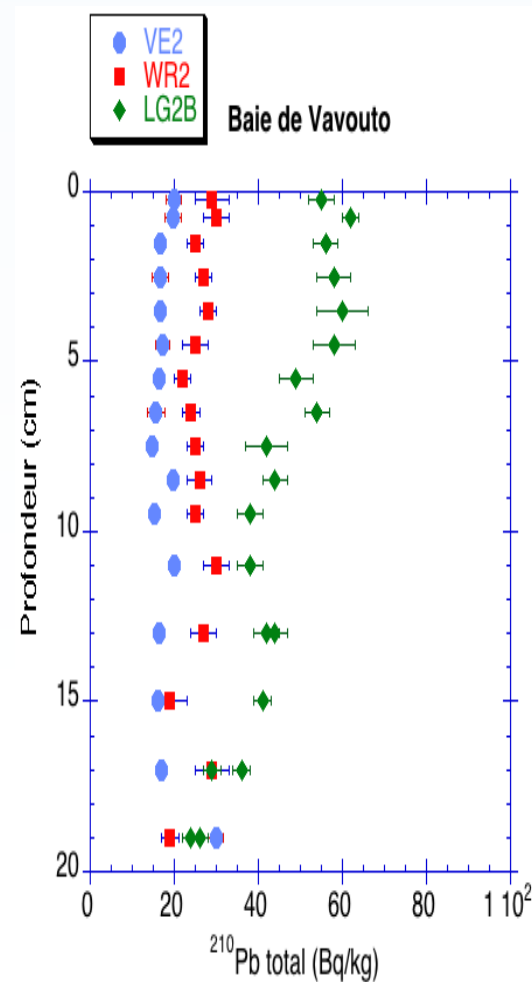
Profil réel

# FLUX DE METAUX VERS LES SEDIMENTS DU LAGON

Flux **anciens** de métaux par la mesure de l'activité en  $^{210}\text{Pb}$  dans les sédiments

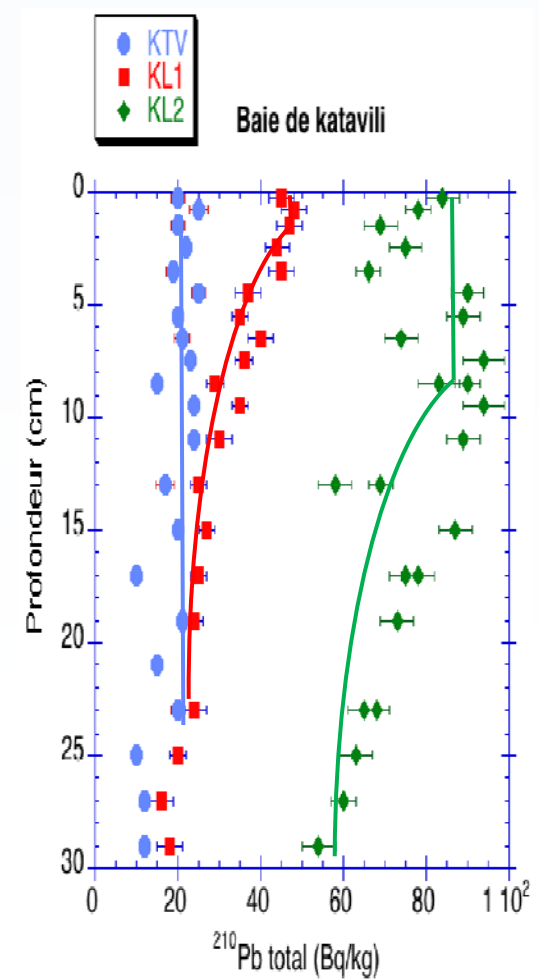
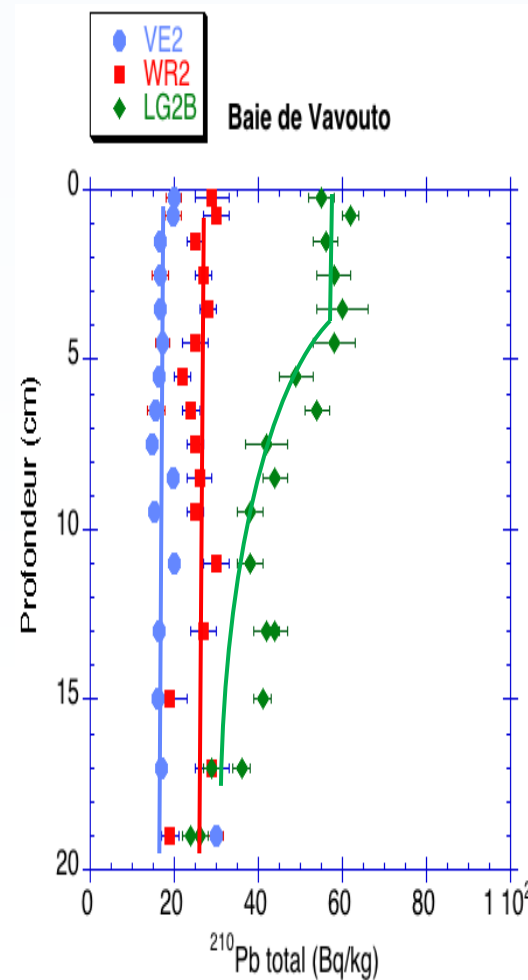
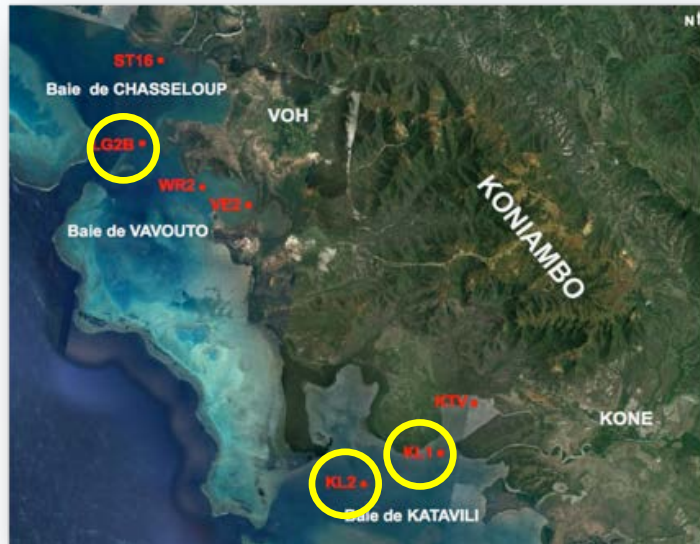


Résultats des mesures d'activité en  $^{210}\text{Pb}$  obtenus sur les 6 carottes des baies de Vavouto et Katavili



# FLUX DE METAUX VERS LES SEDIMENTS DU LAGON

Flux **anciens** de métaux par la mesure de l'activité en  $^{210}\text{Pb}$  dans les sédiments

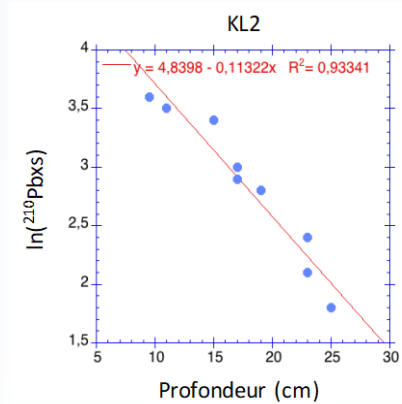
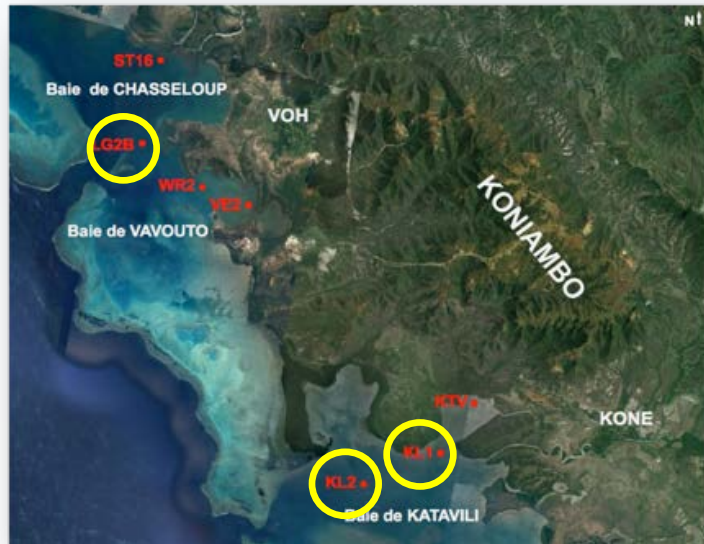


Seules 3 carottes (KL1, KL2 et LG2B) présentent des profils d'activité en  $^{210}\text{Pb}$  exploitables

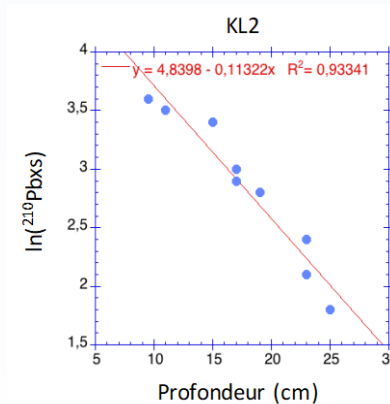
Les carottes VE2, WR2 et KTV présentent des profils (quasi)intégralement mélangés

# FLUX DE METAUX VERS LES SEDIMENTS DU LAGON

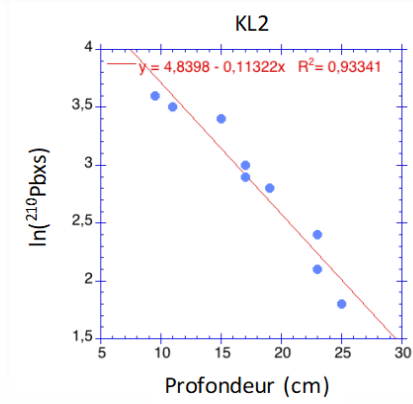
Flux **anciens** de métaux par la mesure de l'activité en  $^{210}\text{Pb}$  dans les sédiments



Taux sédimentation  
0,33 cm.an<sup>-1</sup>  
(1-20 cm)



Taux sédimentation  
0,28 cm.an<sup>-1</sup>  
(9-25 cm)



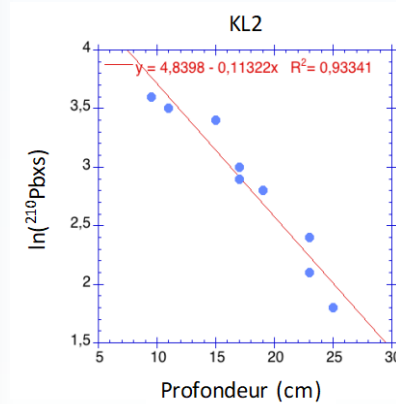
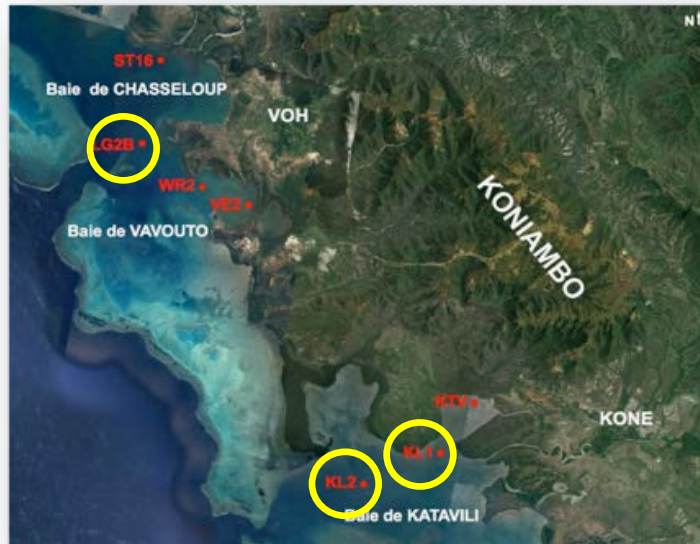
Taux sédimentation  
0,45 cm.an<sup>-1</sup>  
(4-18 cm)

$$\text{Flux}_{\text{sédiments}} \text{ (kg/m}^2\text{/j)} = [\text{Sédimentation (cm/an)} / (365 \cdot 100)] * \rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

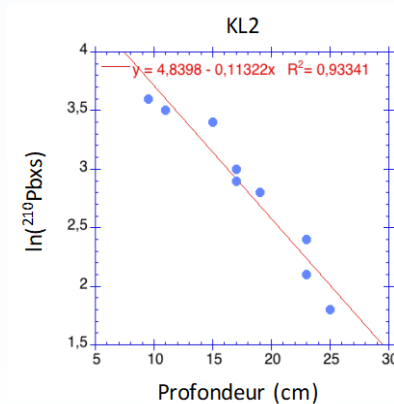
$$\text{Flux}_{\text{métaux}} \text{ (mg/m}^2\text{/j)} = \text{Conc}_{\text{métaux}} \text{ (mg/kg)} * \text{Flux}_{\text{sédiments}} \text{ (kg/m}^2\text{/j)}$$

# FLUX DE METAUX VERS LES SEDIMENTS DU LAGON

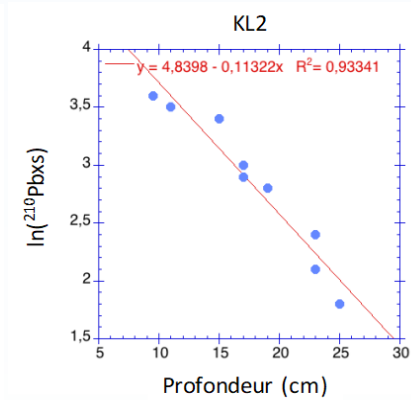
Flux **anciens** de métaux par la mesure de l'activité en  $^{210}\text{Pb}$  dans les sédiments



Taux sédimentation  
0,33 cm.an<sup>-1</sup>  
(1-20 cm)



Taux sédimentation  
0,28 cm.an<sup>-1</sup>  
(9-25 cm)



Taux sédimentation  
0,45 cm.an<sup>-1</sup>  
(4-18 cm)

	Concentrations moyennes en métaux (mg/kg)				Flux anciens de métaux (mg/m <sup>2</sup> /j)			
	Co	Cr	Mn	Ni	Co	Cr	Mn	Ni
<b>KL1</b>	32	294	384	463	1,0	10,9	9,2	10,6
<b>KL2</b>	32	314	488	397	1,0	7,5	10,3	8,8
<b>LG2B</b>	24	230	332	299	0,9	8,6	10,3	10,1

# FLUX DE METAUX VERS LES SEDIMENTS DU LAGON

Comparaison entre flux **actuels** et **anciens** de métaux



$$\text{Variation Flux (\%)} = \left[ \frac{\text{Flux}_{\text{actuels}} - \text{Flux}_{\text{anciens}}}{\text{Flux}_{\text{anciens}}} \right] * 100$$

	Flux ancien de métaux (mg/m <sup>2</sup> /j)					Flux actuels de métaux (mg/m <sup>2</sup> /j)				Variation flux (actuels vs. anciens - %)			
	Co	Cr	Mn	Ni		Co	Cr	Mn	Ni	Co	Cr	Mn	Ni
KL2	1,0	7,5	10,3	8,8	Baie de Katavili	3,7	35,8	57,0	45,3	+266	+374	+452	+413
LG2B	0,9	8,6	10,3	10,1	Baie de Vavouto	1,4	13,0	17,7	19,4	+55	+51	+71	+93

# FLUX DE METAUX VERS LES SEDIMENTS DU LAGON

Comparaison entre flux **actuels** et **anciens** de métaux



Variations semblent importantes, mais **flux actuels** à considérer avec précaution car influence possible de la remise en suspension des sédiments en lien avec les conditions météorologiques (intensité et direction du vent)

	Flux ancien de métaux (mg/m <sup>2</sup> /j)					Flux actuels de métaux (mg/m <sup>2</sup> /j)				Variation flux (actuels vs. anciens - %)			
	Co	Cr	Mn	Ni		Co	Cr	Mn	Ni	Co	Cr	Mn	Ni
KL2	1,0	7,5	10,3	8,8	Baie de Katavili	3,7	35,8	57,0	45,3	+266	+374	+452	+413
LG2B	0,9	8,6	10,3	10,1	Baie de Vavouto	1,4	13,0	17,7	19,4	+55	+51	+71	+93

# FLUX DE METAUX VERS LES SEDIMENTS DU LAGON

Comparaison entre flux **actuels** et **anciens** de métaux



Variations semblent importantes, mais **flux actuels** à considérer avec précaution car influence possible de la remise en suspension des sédiments en lien avec les conditions météorologiques (intensité et direction du vent)

Ces flux actuels de métaux vers les sédiments du lagon seront validés durant la troisième année du projet par l'analyse détaillée des données issues de 2 nouvelles campagnes

	Flux ancien de métaux (mg/m <sup>2</sup> /j)					Flux actuels de métaux (mg/m <sup>2</sup> /j)				Variation flux (actuels vs. anciens - %)			
	Co	Cr	Mn	Ni		Co	Cr	Mn	Ni	Co	Cr	Mn	Ni
KL2	1,0	7,5	10,3	8,8	Baie de Katavili	3,7	35,8	57,0	45,3	+266	+374	+452	+413
LG2B	0,9	8,6	10,3	10,1	Baie de Vavouto	1,4	13,0	17,7	19,4	+55	+51	+71	+93

# **CRISTALLOCHIMIE DES METAUX DANS SEDIMENTS DU LAGON**

F. Juillot, P. Merrot, G. Morin, G. Ona-Nguema, E. Viollier

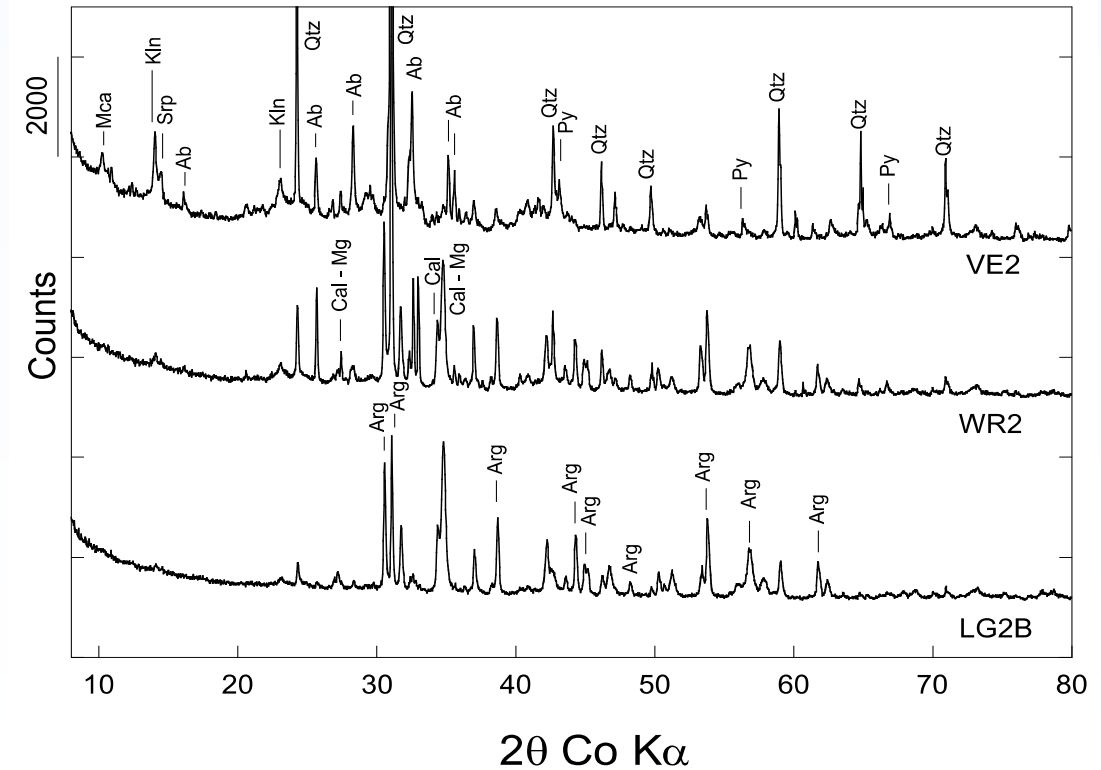
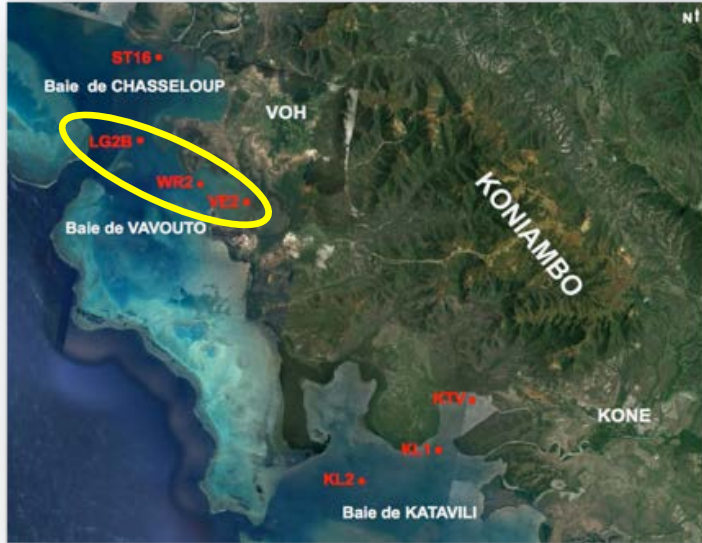
# COMPOSITION CHIMIQUE DES SEDIMENTS DU LAGON



Mise en évidence d'un gradient de concentration en métaux dans les sédiments le long des baies de Katavili et Vavouto

	Ni	Cr	Mn	Co	Fe	Al	Ca	Mg	Si
<b>Baie de Katavili</b>									
<b>KTV 1-2</b>	1249	2910	634	99	6,53	5,28	1,91	22,14	24,16
<b>KTV 65-75</b>	1406	3095	550	222	6,74	5,66	1,52	22,39	25,15
<b>KTV 195-205</b>	1795	3537	568	125	7,03	5,22	2,04	24,40	25,01
<b>KL1 1-2</b>	435	474	458	40	4,42	4,93	5,28	16,46	18,16
<b>KL1 75-85</b>	498	477	439	46	4,90	5,54	5,42	17,92	20,04
<b>KL1 195-205</b>	587	537	424	124	4,99	5,50	6,11	18,56	20,03
<b>KL2 1-2</b>	302	243	361	27	3,12	3,40	10,29	14,45	12,26
<b>KL2 75-85</b>	328	276	336	29	3,32	3,65	11,68	15,52	13,25
<b>KL2 195-205</b>	309	265	313	28	3,15	3,38	14,11	14,67	12,44
<b>Baie de Vavouto</b>									
<b>VE2 1-2</b>	956	1583	513	76	5,08	5,56	1,39	2,35	28,07
<b>VE2 75-85</b>	923	1397	463	78	5,23	5,55	1,22	2,32	26,65
<b>VE2 165-175</b>	881	1862	465	74	4,94	5,43	1,37	2,39	28,17
<b>WR2 1-2</b>	668	772	388	42	3,57	3,11	18,34	1,93	13,81
<b>WR2 75-85</b>	647	782	389	44	3,60	3,10	19,17	1,97	14,03
<b>WR2 195-205</b>	704	813	347	47	3,67	3,06	19,68	1,97	13,90
<b>LG2B 1-2</b>	254	190	318	23	2,48	1,35	33,86	1,51	5,79
<b>LG2B 75-85</b>	300	273	296	24	2,64	1,66	31,89	1,60	6,96
<b>LG2B 175-185</b>	363	279	350	29	2,93	1,66	31,40	1,66	6,83
<b>Baie de Chasseloup</b>									
<b>ST16 1-2</b>	223	454	306	27	3,66	4,99	1,09	1,46	22,79
<b>ST16 75-85</b>	220	443	327	28	3,94	5,48	0,96	1,51	25,24
<b>ST16 175-185</b>	232	507	357	27	4,00	5,33	1,12	1,60	26,78

# COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DES SEDIMENTS DU LAGON



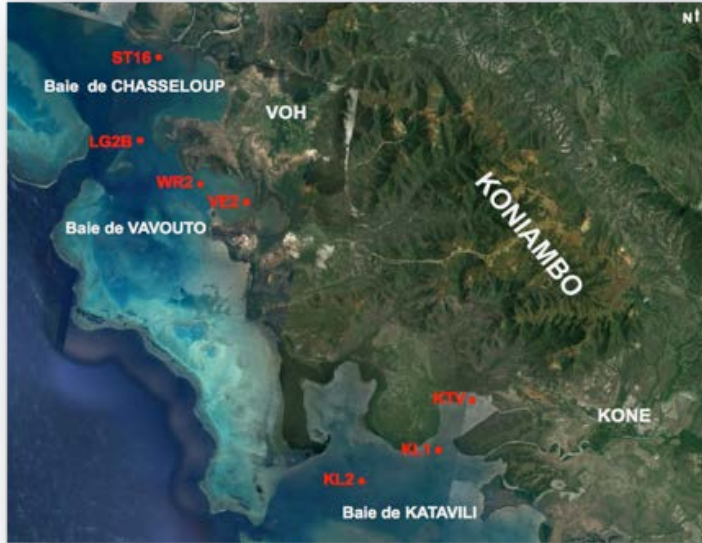
## Analyse minéralogique (DRX)

Carbonates et (phyllo)silicates

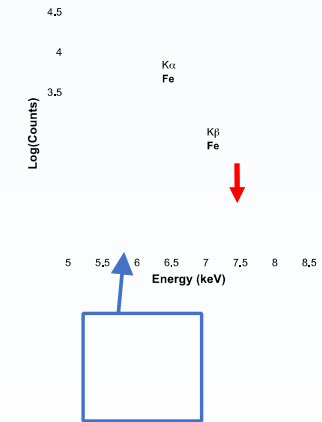
Peu de pyrite (FeS<sub>2</sub>)

Ab : albite (NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>). Arg : aragonite (CaCO<sub>3</sub>). Cal-Mg : calcite magnésienne ((Ca,Mg)CO<sub>3</sub>). Kln : kaolinite (Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>). Mca : mica (KMg<sub>3</sub>Si<sub>3</sub>AlO<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>). Py : pyrite (FeS<sub>2</sub>). Qtz : quartz (SiO<sub>2</sub>). Srp : serpentine (Mg<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>).

# CRISTALLOCHIMIE DES METAUX DANS SEDIMENTS DU LAGON



Pyrite ( $\text{FeS}_2$ ) : absence (ou très peu de) de nickel (Ni)



Silicate Mg/Fe/Al : présence de nickel (Ni), chrome (Cr) et manganèse (Mn)

Analyse cristallographique (MEB)



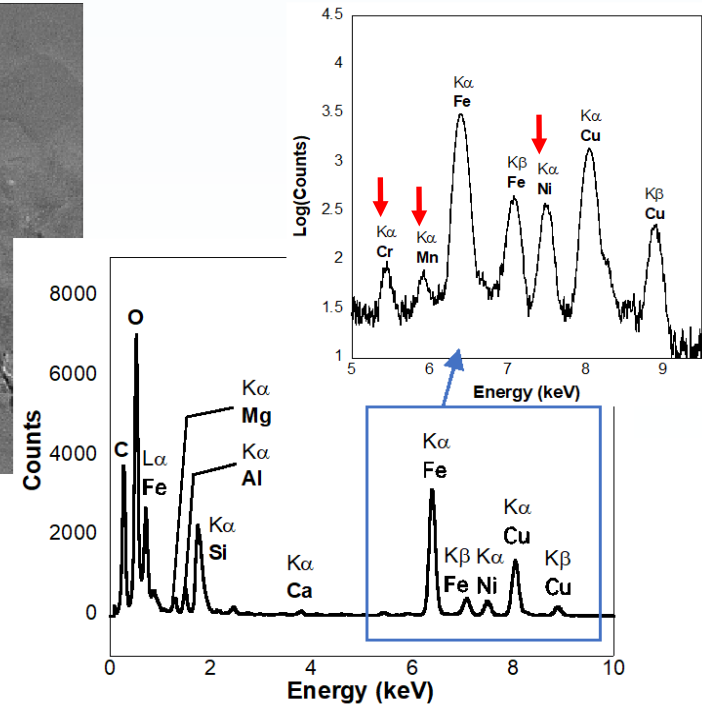
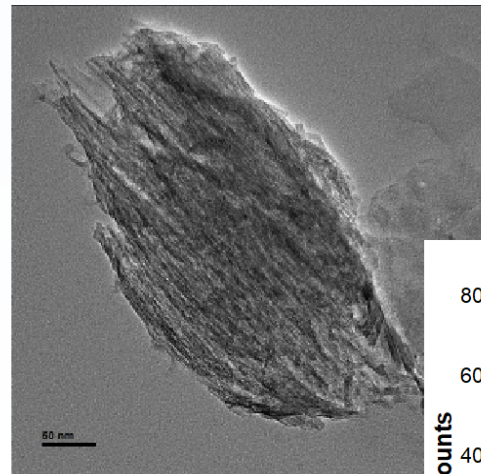
# IMPORTANCE DES PHYLLOSILICATES POUR LA CRISTALLOCHIMIE DES METAUX DANS SEDIMENTS DU LAGON



## Analyse cristallochimique (MET)

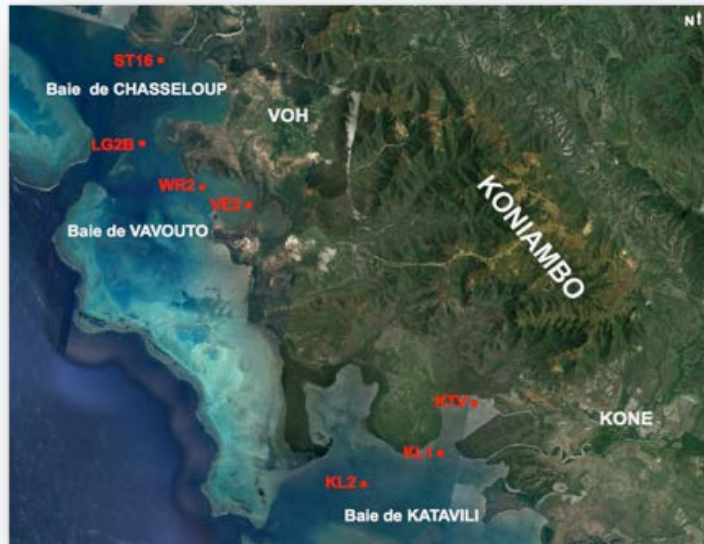
Silicate Mg/Fe/Al riche en nickel est en fait un phyllosilicate appelé **glauconite**

Confirmation de la présence de nickel (Ni), de chrome (Cr) et de manganèse (Mn)

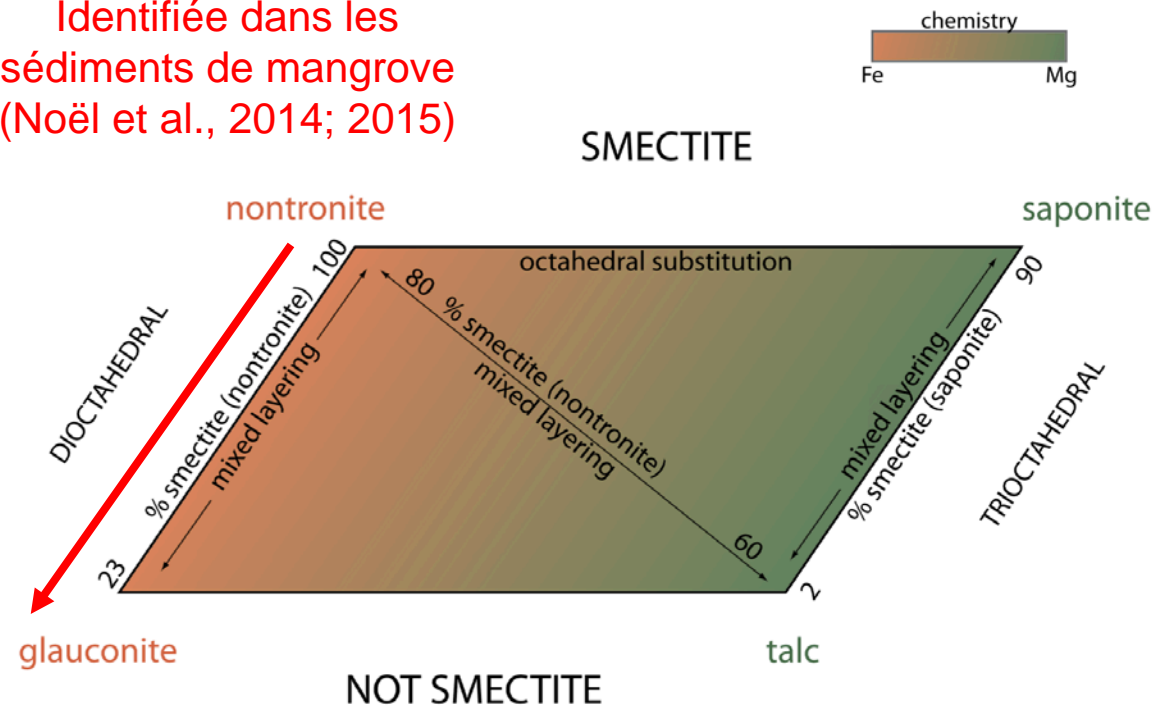


Le cuivre (Cu) provient de la grille sur laquelle l'échantillon est déposé avant les observations et analyses MET

# MECANISME POSSIBLE DE FORMATION DE LA GLAUCONITE DANS LES SEDIMENTS DU LAGON



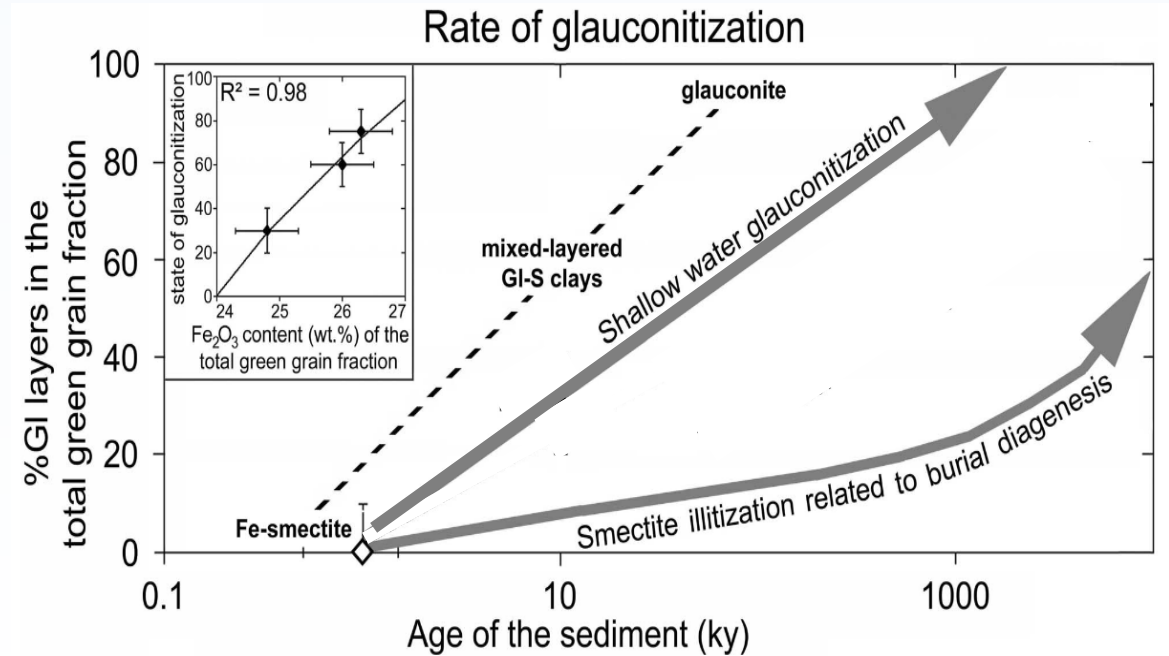
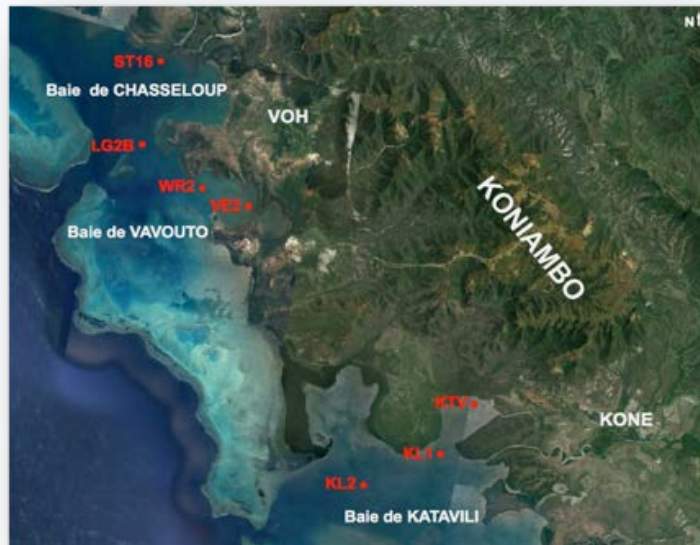
Identifiée dans les sédiments de mangrove (Noël et al., 2014; 2015)



Identifiée dans les sédiments du lagon (Projet DYNAMINE)

D'après Michalski et al., EPSL., 2015

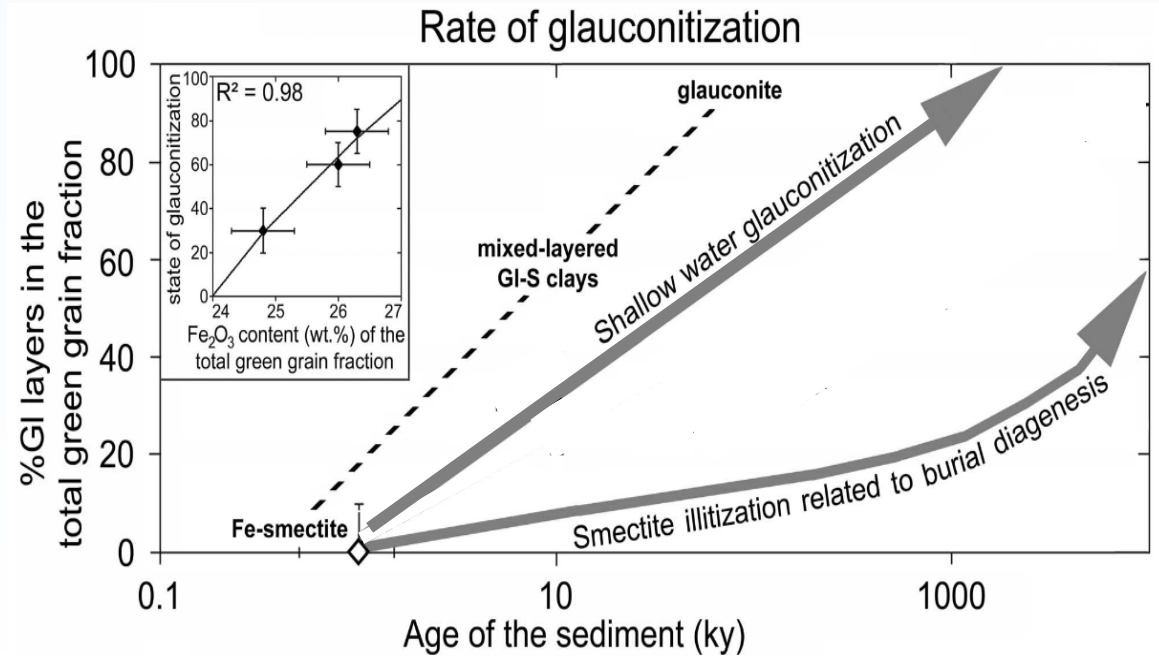
# MECANISME POSSIBLE DE FORMATION DE LA GLAUCONITE DANS LES SEDIMENTS DU LAGON



D'après Baldermann et al., Clays and Clay Min., 2013

La glauconite riche en nickel (mais également en chrome et en manganèse) observée dans les sédiments du lagon résulterait de la transformation de la smectite ferrifère (riche en nickel) identifiée dans les sédiments de mangrove par Noël et al. (2014; 2015)

# PERSPECTIVES SUR LA CRISTALLOCHIMIE DES METAUX DANS LES SEDIMENTS DU LAGON



D'après Baldermann et al., Clays and Clay Min., 2013

Cette hypothèse sera vérifiée durant la troisième année du projet par une étude détaillée des fractions argileuses des sédiments du lagon et de mangrove

L'analyse de la spéciation des métaux (Ni, Cr, Mn et Fe) dans les sédiments du lagon permettra d'évaluer la contribution de la glauconite au piégeage de ces métaux au cours de la diagenèse précoce

# SUIVI TELEDETECTION DE LA TURBIDITE DES EAUX DU LAGON




C. Dupouy, F. Juillot, C. Martias, G. Wattelez

# SUIVI TELEDETECTION DE LA TURBIDITE DES EAUX DU LAGON



Article

## Application of the Support Vector Regression Method for Turbidity Assessment with MODIS on a Shallow Coral Reef Lagoon (Voh-Koné-Pouembout, New Caledonia)

Guillaume Wattelez <sup>1,2,\*</sup>, Cécile Dupouy <sup>1,2</sup>, Jérôme Lefèvre <sup>1,2,3</sup>, Sylvain Ouillon <sup>3</sup> , Jean-Michel Fernandez <sup>4</sup> and Farid Juillot <sup>2,5</sup>

<sup>1</sup> Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO UM 110, 13288 Marseille, France

<sup>2</sup> Institut de Recherche pour le Développement (IRD), BP A5 98848 Nouméa CEDEX, New Caledonia; cecile.dupouy@ird.fr (C.D.); jerome.lefevre@ird.fr (J.L.); farid.juillot@ird.fr (F.J.)

<sup>3</sup> LEGOS, Université de Toulouse, IRD, CNES, CNRS, UPS, 14 avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France; sylvain.ouillon@legos.obs-mip.fr

<sup>4</sup> Analytical and Environmental Laboratory (AEL), IRD-Nouméa, BP A5, 98800 Nouméa, New Caledonia; jmfernandez@ael-environnement.nc

<sup>5</sup> Institut de Minéralogie, de Physique des Matériaux et de Cosmochimie (IMPMC), UMR IRD 206, UMR CNRS 7590, MNHN, Université Pierre et Marie Curie, Campus Jussieu, 75005 Paris, France

\* Correspondence: guillaume.wattelez@univ-nc.nc; Tel.: +687-290-591

Received: 23 June 2017; Accepted: 19 September 2017; Published: 27 September 2017

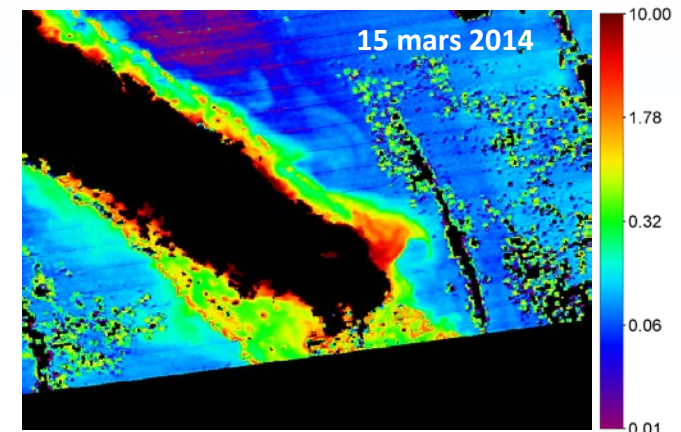
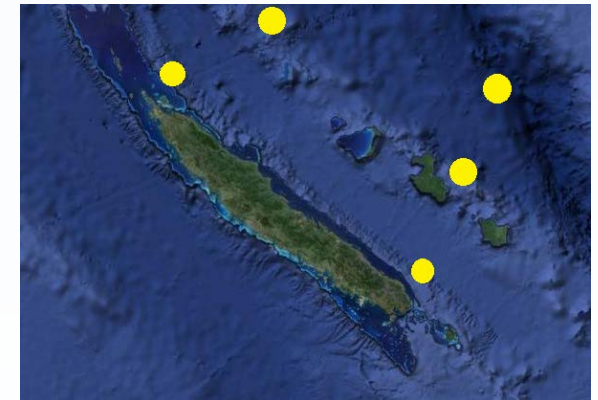
## COULEUR DE L'OCEAN PAR TELEDETECTION

- Télédétection fortement utilisée pour estimer les paramètres biogéochimiques des océans:

- [chl-*a*]
- Turbidité
- CDOM

- Intérêts de la télédétection :

- Etude de zones potentiellement grandes
- Etude de chaque point de la zone
- Séries temporelles (éventuellement journalières)
- Etude d'évènements exceptionnels
- Faible coût



Chl-*a* ( $mg.m^{-3}$ )

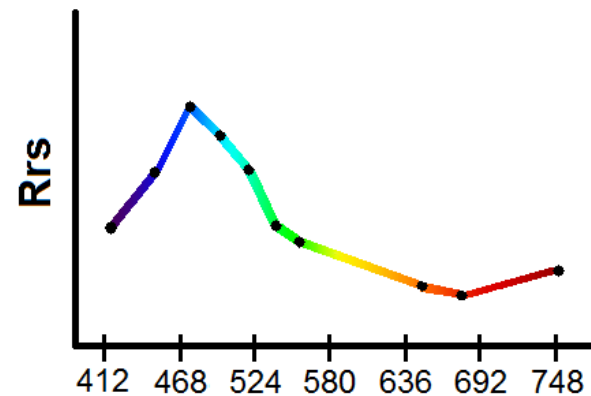
# POURQUOI MESURER LES PARAMETRES BIOGEOCHIMIQUES

- Indicateurs de
  - Biodiversité marine
  - Santé de l'environnement
  - Stress des coraux
- Tendances et suivi
  - Suivre et comprendre l'évolution environnementale
  - Distinguer le fonctionnement d'un site d'étude à l'autre
- Evènements exceptionnels
  - Mesurer d'éventuels impacts
  - Quantifier l'importance du phénomène (en « presque direct »)



## QUELQUES DIFFICULTES DU SATELLITE

- Concevoir des algorithmes
  - Convertir la couleur perçue par le satellite, le spectre lumineux de l'eau, en données facilement interprétables (concentration, turbidité, ...)
  
- Les nuages
  - Aucune donnée
  
- Les eaux peu profondes
  - Le spectre lumineux de l'eau inclut
    - Le signal de la colonne d'eau
    - Le signal du fond

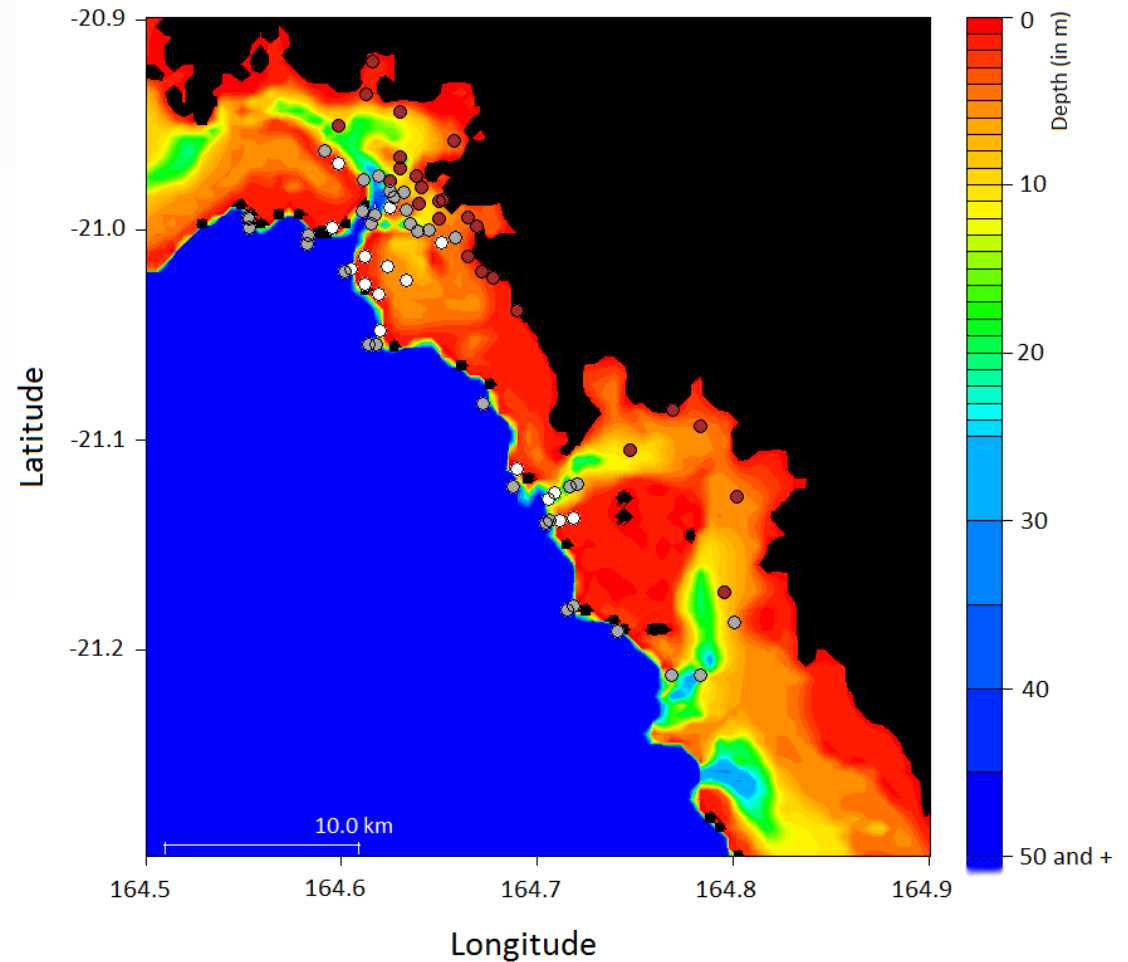


## LE LAGON VKP (VOH-KONE-POUEMBOUT)

- Forte variabilité de la bathymétrie
- Souvent peu profond
- Types de fond très différents
  - Récifs
  - Sable
  - Vase

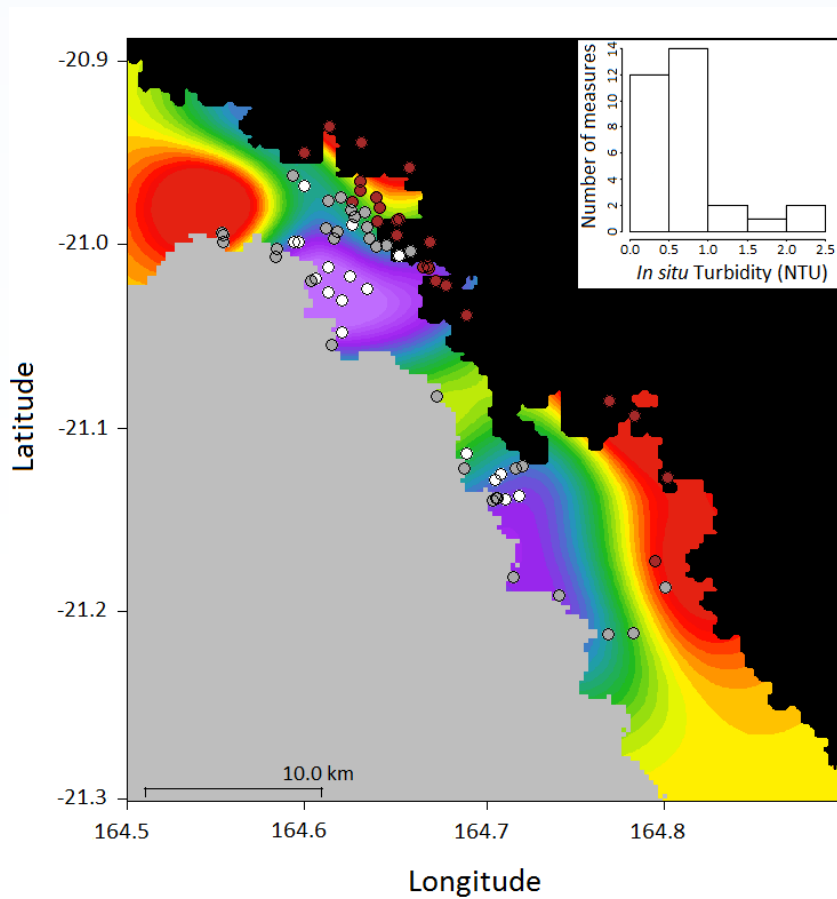
### Signal lumineux

- Fortement influencé par le fond
- Très variable d'une zone à l'autre

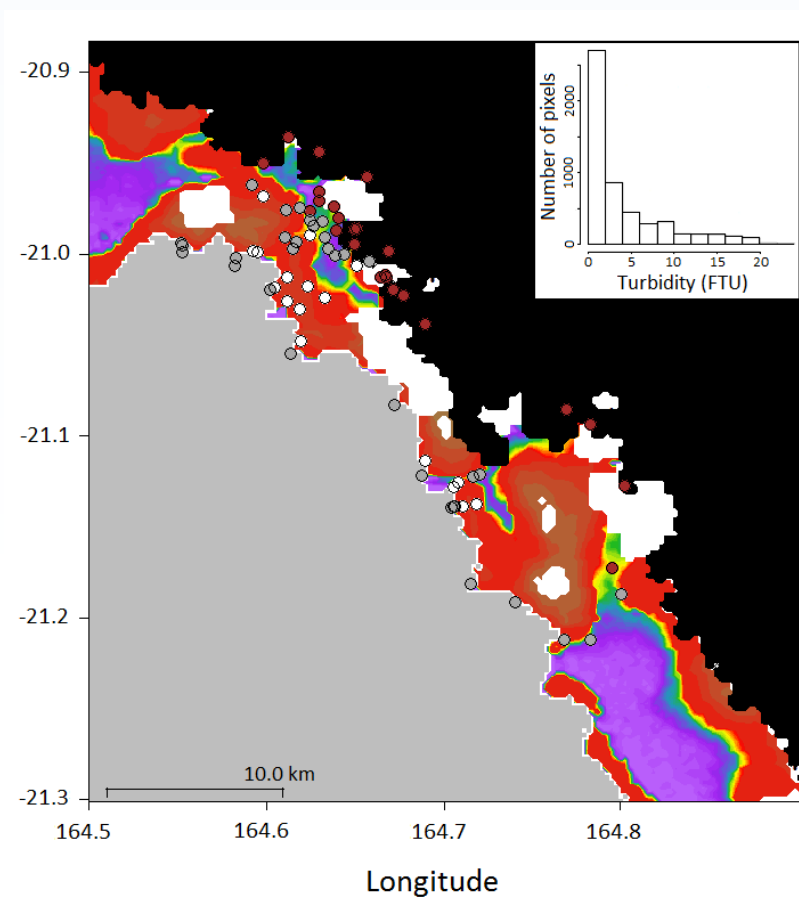


# ESTIMATION ANCIENNE DE LA TURBIDITE DANS LE LAGON VKP

Interpolation *in situ* par krigeage



Estimation par satellite (Ouillon et al., 2008)



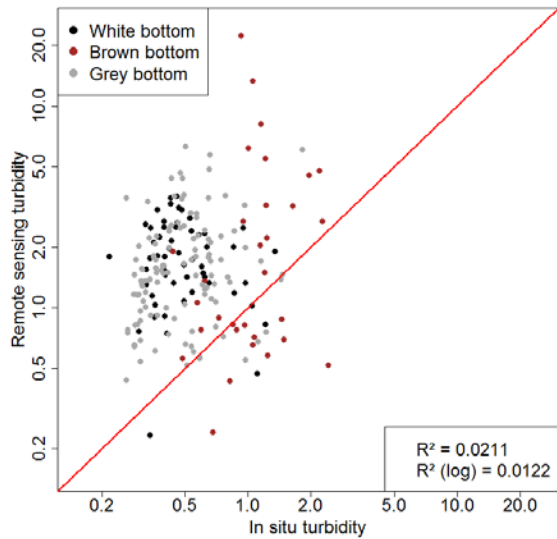
Données du 21 avril 2014

## COMMENT AMELIORER CETTE ESTIMATION ?

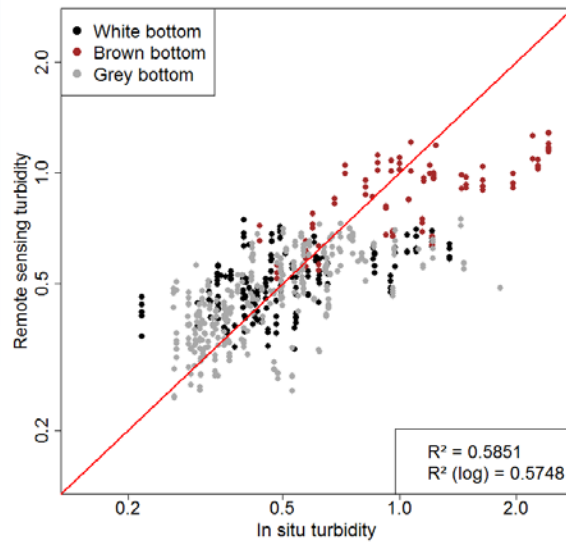
- Utilisation de l'apprentissage supervisé (méthode SVR)
  - Coïncidences entre mesures *in situ* et pixels satellitaires
    - Mesures *in situ* lors de campagnes en mer (BD KNS fournie par AEL)
    - Récupération d'images MODIS (BD MODIS VALHYSAT + cluster)
  - Sélection de variables expliquant le mieux les mesures
    - Réflectances satellitaires
    - Absorption
    - Rétrodiffusion
  - Ajout d'autres variables potentiellement explicatives
    - Bathymétrie
    - Couleur du fond
- Création et comparaison de modèles

# COMPARAISON ENTRE L'ANCIEN ET LE NOUVEAU MODELE

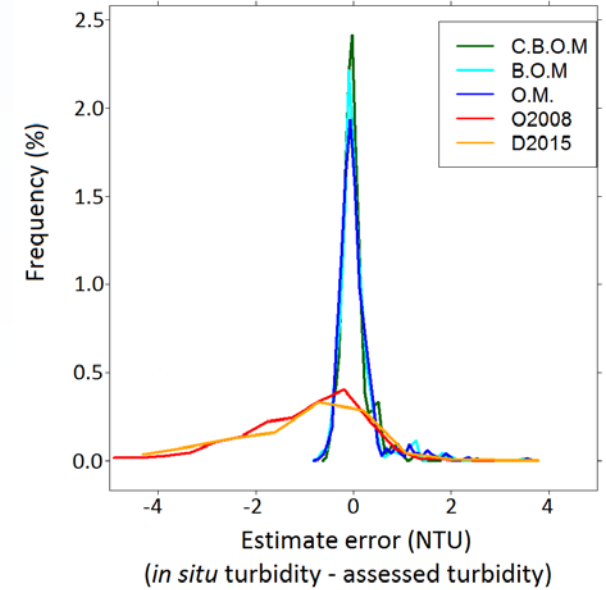
Turbidité Ouillon 2008 (FTU)



Turbidité C.B.O.M. (NTU)

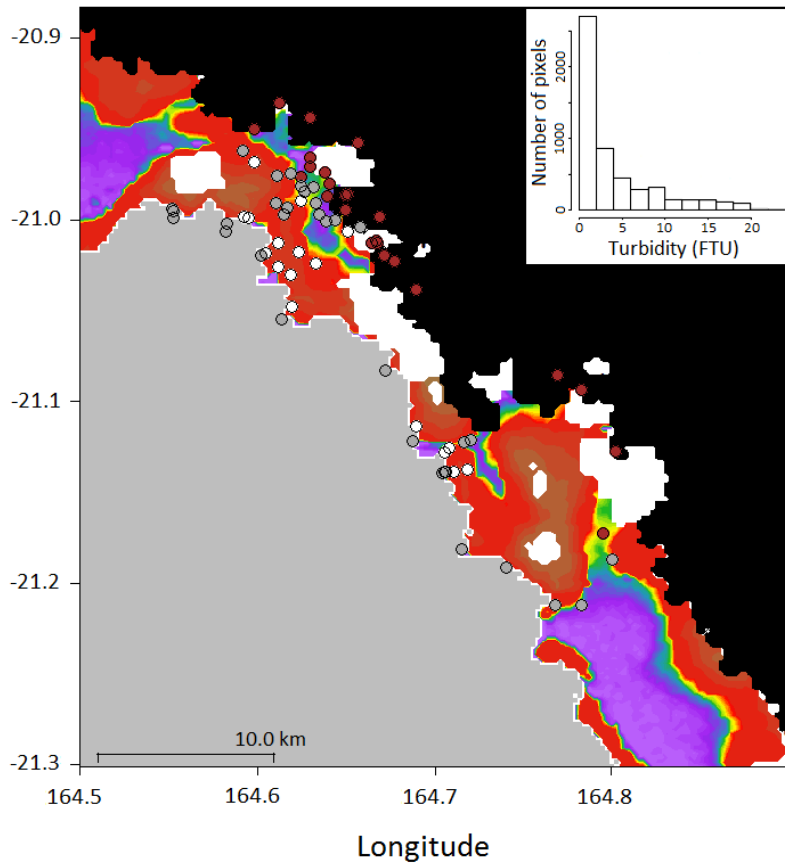


Densité des erreurs

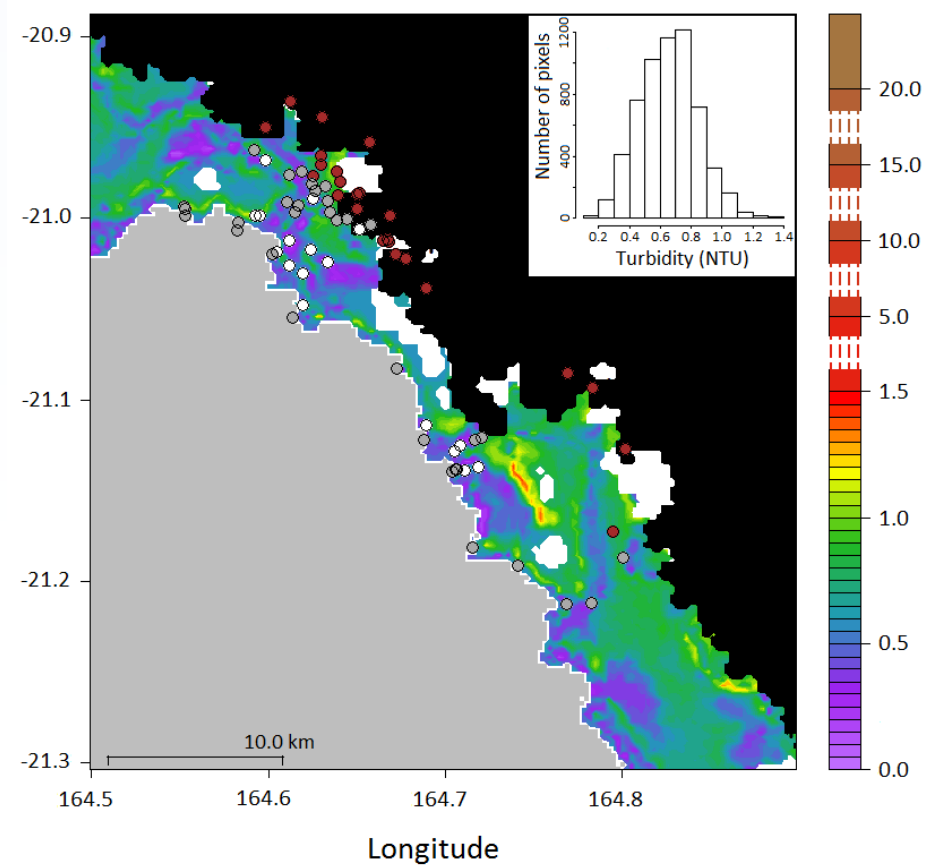


# COMPARAISON ENTRE L'ANCIEN ET LE NOUVEAU MODELE

Turbidité Ouillon 2008 (FTU)



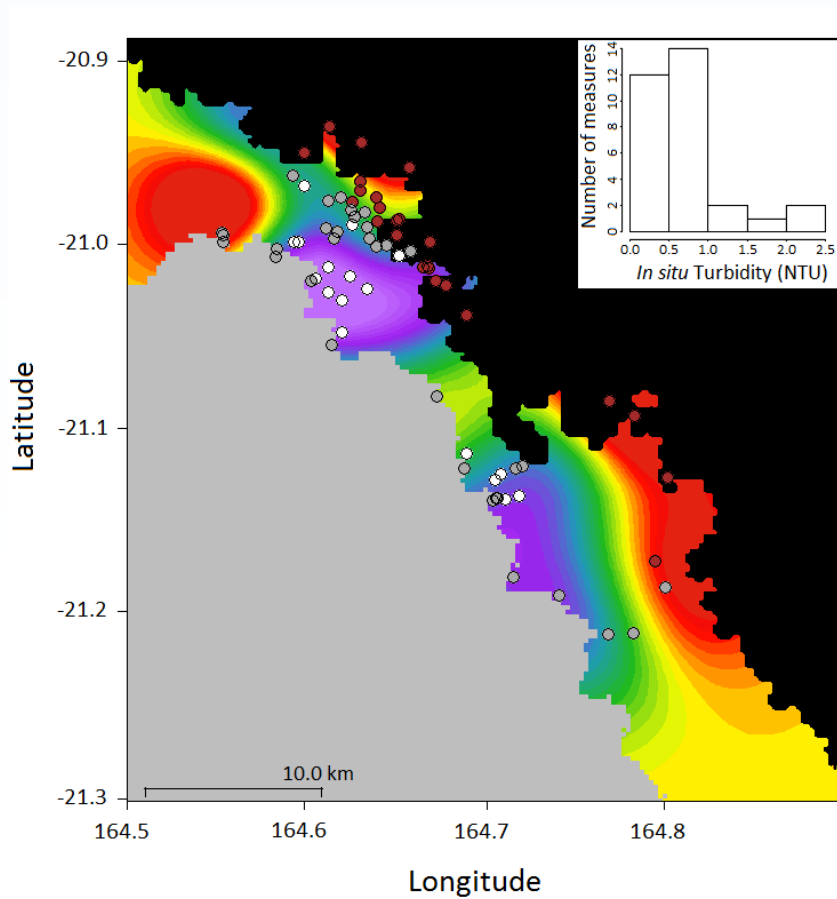
Turbidité B.O.M. (NTU)



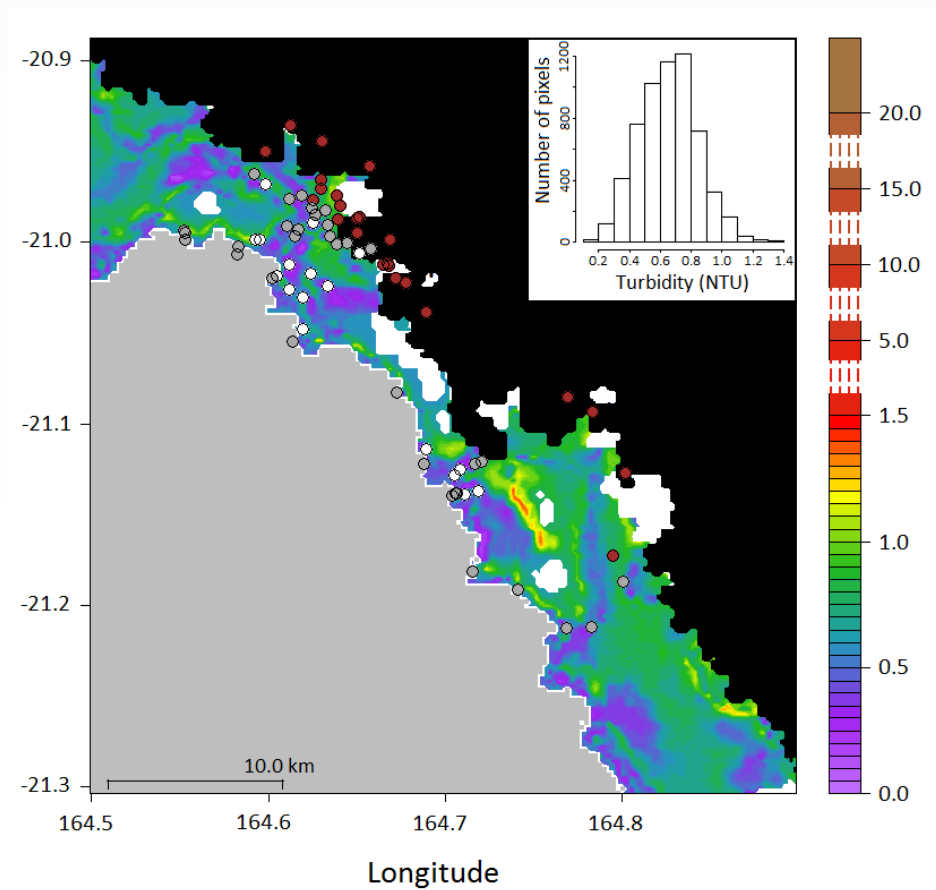
Données du 21 avril 2014

# NOUVELLE ESTIMATION DE LA TURBIDITE DANS LE LAGON VKP

### Interpolation *in situ* par krigeage



### Turbidité B.O.M. (NTU)



Données du 21 avril 2014

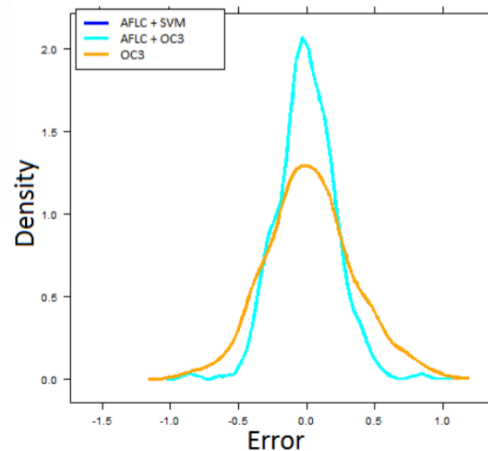
# CONCLUSIONS SUR SUIVI TELEDETECTION DE LA TURBIDITE DES EAUX DU LAGON

- Estimations de la turbidité améliorées
  - Fourchette de valeurs plus proche des mesures *in situ*
    - Conforme à un lagon oligotrophe
  - Effet du fond moins visible
- Limitations
  - Difficile d'estimer des valeurs non présentes lors de l'apprentissage
  - difficile à appliquer sur des évènements exceptionnels
    - mais possibilité d'utiliser des méthodes pour améliorer l'apprentissage sur de rares évènements
  - Petit effet de fond demeure
    - mais utiliser une cartographie des fonds => amélioration des résultats

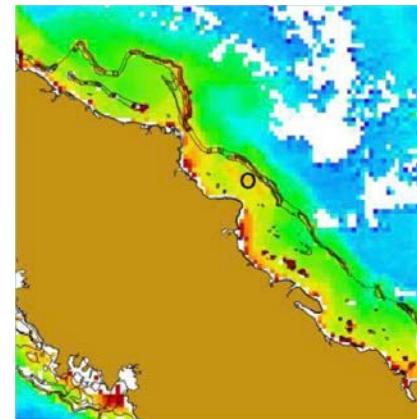
# PERSPECTIVES SUR SUIVI TELEDETECTION DE LA TURBIDITE DES EAUX DU LAGON

- Appliquer / adapter cet algorithme pour estimer la turbidité dans le lagon de Thio
- Appliquer / adapter l'algorithme d'estimation de [chl-a] dans le lagon de VKP

Amélioration de l'estimation [chl-a]



Cartographie [chl-a]



*Wattelez et al., 2016*

- Utiliser l'historique des images MODIS pour décrire l'évolution spatio-temporelle de la turbidité et/ou de la [chl-a] sur Thio et/ou sur Koné

# IMPACTS DES METAUX SUR LES ECOSYSTEMES CORALLIENS



T. Biscere, F. Houlbreque

# IMPACTS DES METAUX SUR LES ECOSYSTEMES CORALLIENS

## 1. Nickel and ocean warming affect scleractinian coral growth (Biscéré et al. 2017)



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Marine Pollution Bulletin

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/marpolbul](http://www.elsevier.com/locate/marpolbul)



### Nickel and ocean warming affect scleractinian coral growth

T. Biscéré<sup>a,b,\*</sup>, A. Lorrain<sup>c</sup>, R. Rodolfo-Metalpa<sup>a</sup>, A. Gilbert<sup>b</sup>, A. Wright<sup>d</sup>, C. Devissi<sup>a</sup>, C. Peignon<sup>a</sup>, R. Farman<sup>e</sup>, E. Duvieilbourg<sup>f</sup>, C. Payri<sup>a</sup>, F. Houllbrèque<sup>a</sup>

<sup>a</sup> IRD, ENTROPIE (UMR 9220), BP A5, 98848 Nouméa cedex, New-Caledonia

<sup>b</sup> Ginger Soproner, BP 3583, 98846 Nouméa cedex, New-Caledonia

<sup>c</sup> IRD, LEMAR (UMR 6539), BP A5, 98848 Nouméa cedex, New-Caledonia

<sup>d</sup> Koniambo Nickel SAS, BP679, 98860 Koné cedex, New-Caledonia

<sup>e</sup> Aquarium des Lagons, BP8185, 98807 Nouméa cedex, New-Caledonia

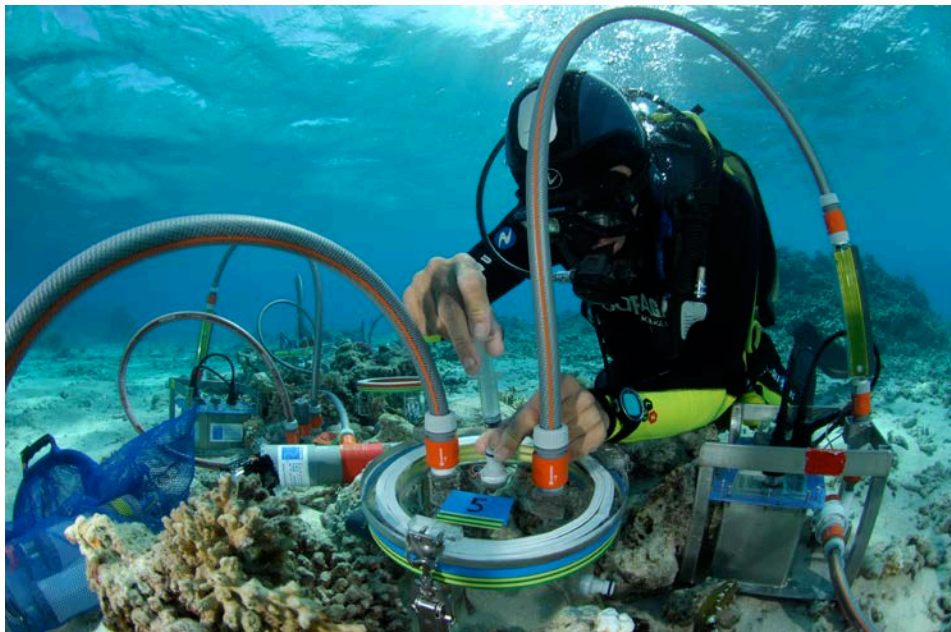
<sup>f</sup> LEMAR (UMR 6539), Institut Universitaire Européen de la Mer, Technopôle Brest Iroise, place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané, France

Publication acceptée en mai 2017

# IMPACTS DES METAUX SUR LES ECOSYSTEMES CORALLIENS

## 1. Nickel and ocean warming affect scleractinian coral growth (Biscéré et al. 2017)

Expériences *in situ*



Enceintes benthiques closes  
Deux concentrations en nickel testées

Naturelle  
(0,15 +/- 0,02  $\mu\text{g L}^{-1}$ )

Enrichie  
(2,71 +/- 0,21  $\mu\text{g L}^{-1}$ )



*Acropora muricata*



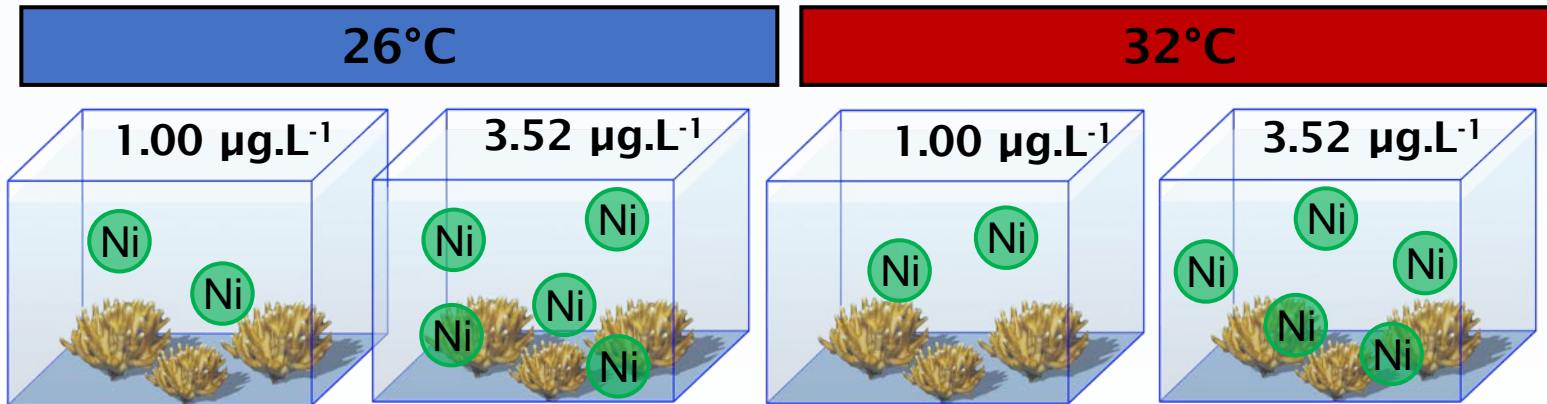
*Pocillopora damicornis*

Paramètres suivies

Photosynthèse/respiration  
Calcification  
Paramètres tissulaires

# 1. Nickel and ocean warming affect scleractinian coral growth (Biscéré et al. 2017)

## Expérience en laboratoire



Salinité :  $35.70 \pm 0.02$  - Lumière :  $120 \pm 10 \mu\text{moles photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$



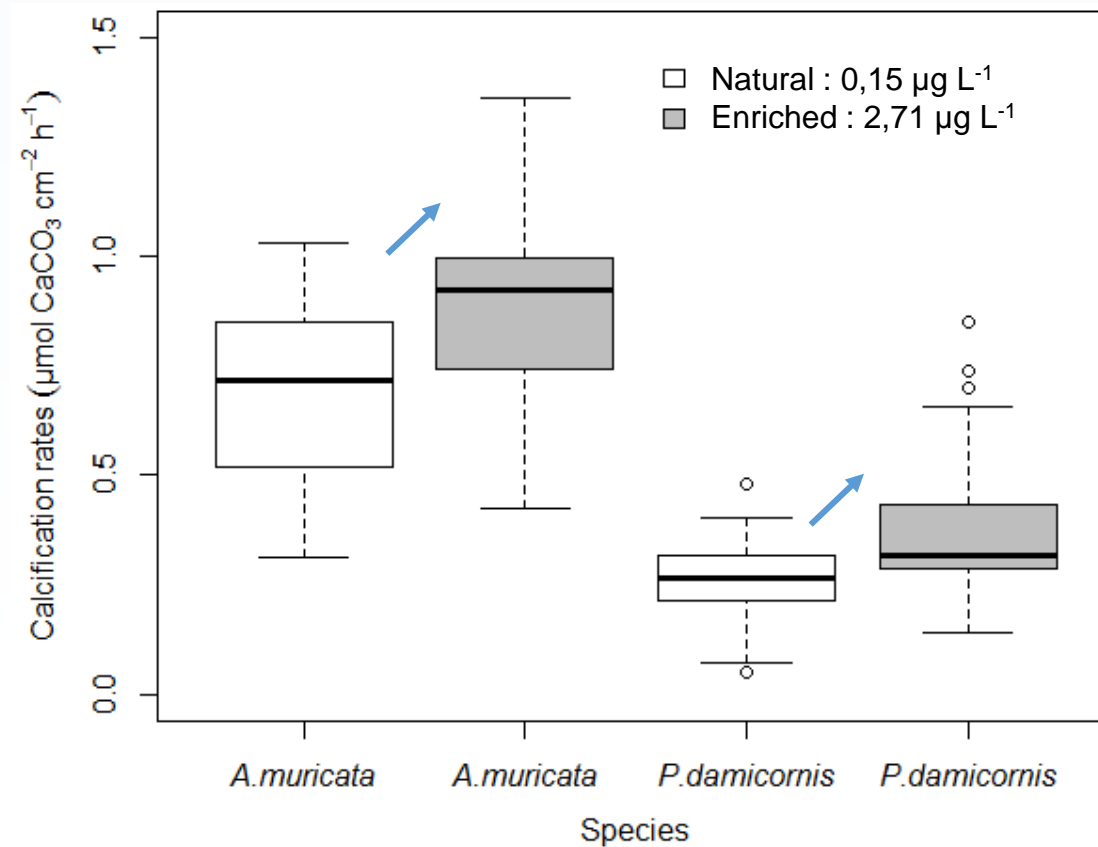
*Acropora muricata*

### Paramètres suivis

- Croissance
- Photosynthèse et respiration
- Efficacité photosynthétique
- Paramètres tissulaires

# 1. Nickel and ocean warming affect scleractinian coral growth (Biscéré et al. 2017)

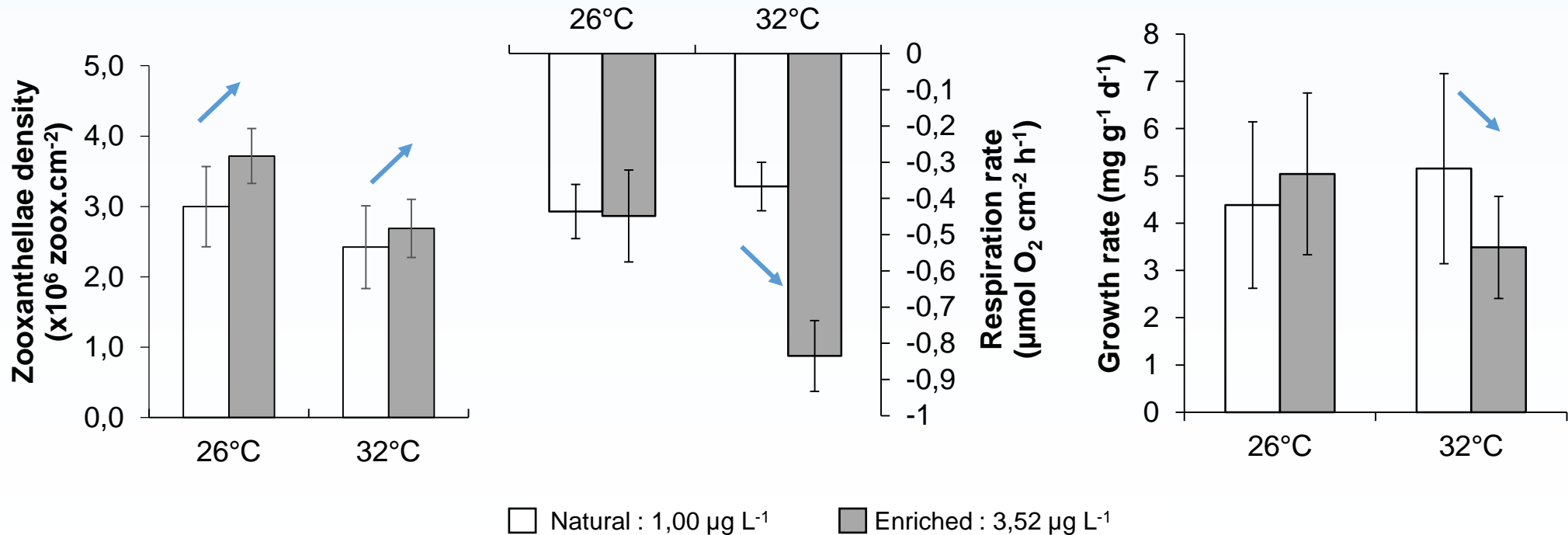
## Résultats



A température normale, augmentation de 27% et 47% du taux de croissance moyen, respectivement, chez *A. muricata* et *P. damicornis* en présence de nickel ( $p < 0,05$ )

# 1. Nickel and ocean warming affect scleractinian coral growth (Biscéré et al. 2017)

## Résultats



Augmentation de la densité en zooxanthelle par le nickel ( $p < 0,01$ )

Respiration stimulée par l'interaction entre le nickel et la température ( $p < 0,001$ )

A température élevée, l'apport en nickel diminue les taux de croissance ( $p < 0,001$ )

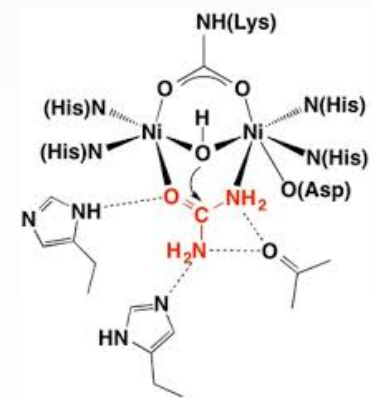
# 1. Nickel and ocean warming affect scleractinian coral growth (Biscéré et al. 2017)

## Conclusion

- A **température ambiante**, stimulation des taux de croissance *in situ* des deux espèces

↳ **Influence du nickel sur l'activité de l'uréase ?**

Double noyau nickel



- A **température élevée**, diminution des taux de photosynthèse nette (33%) et des taux de croissance (31%) chez *A. muricata*

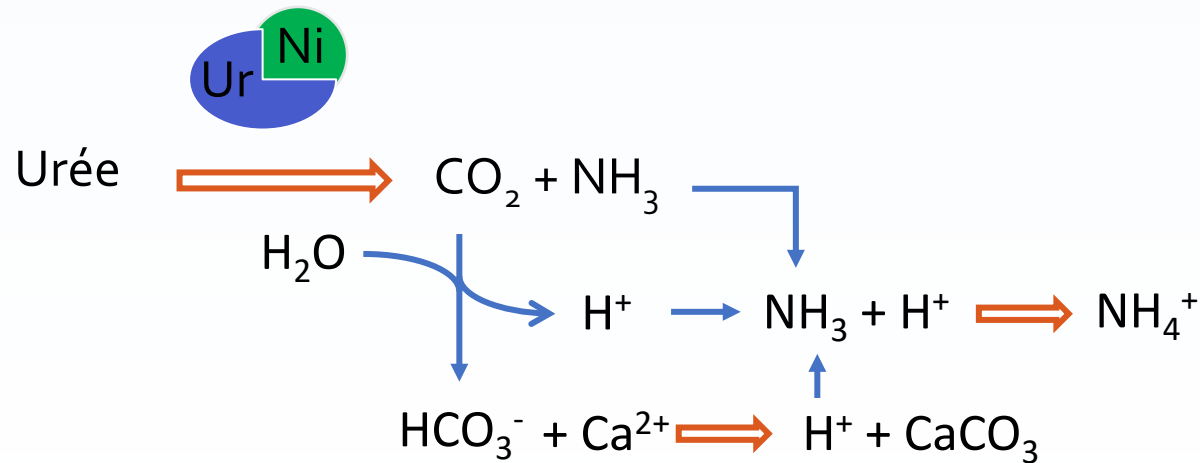
↳ **Le nickel semble diminuer la thermotolérance des coraux**

- ↳ - Augmentation de la densité en zooxanthelles donc plus d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) lors d'un stress thermique
- Augmentation de la respiration donc moins d'énergie pour d'autres fonctions métaboliques

# 1. Nickel and ocean warming affect scleractinian coral growth (Biscéré et al. 2017)

## Conclusion

Uréase catalyse l'hydrolyse de l'urée, libérant carbone inorganique et nitrate (*Campbell & Speeg 1969; Krajewska, 2009*)

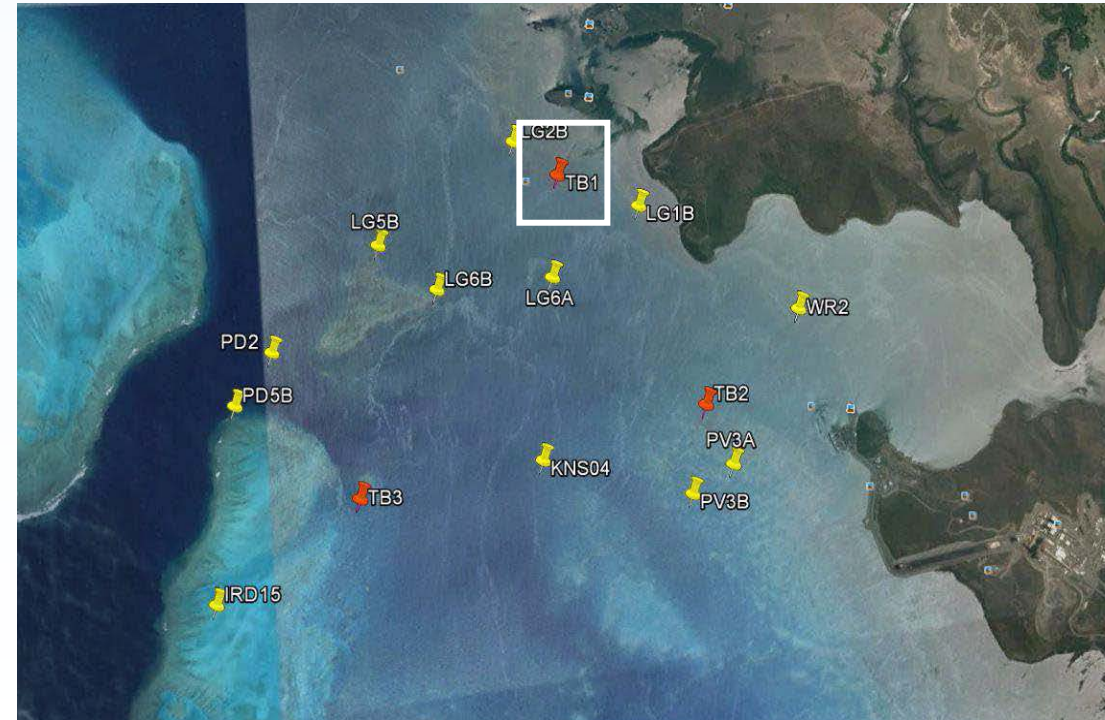


D'après *Crossland & Barnes, 1969; Grover et al, 2006*

- Utilisation possible du carbone inorganique pour la calcification
- Neutralisation des protons libérés lors de la calcification grâce au  $\text{NH}_3$

Biscéré T. *et al.* (2017) Nickel and ocean warming affect scleractinian coral growth. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 120, Issues 1–2, 2017, 250-258

## 2. Transplantation de coraux en aval de l'exploitation KNS



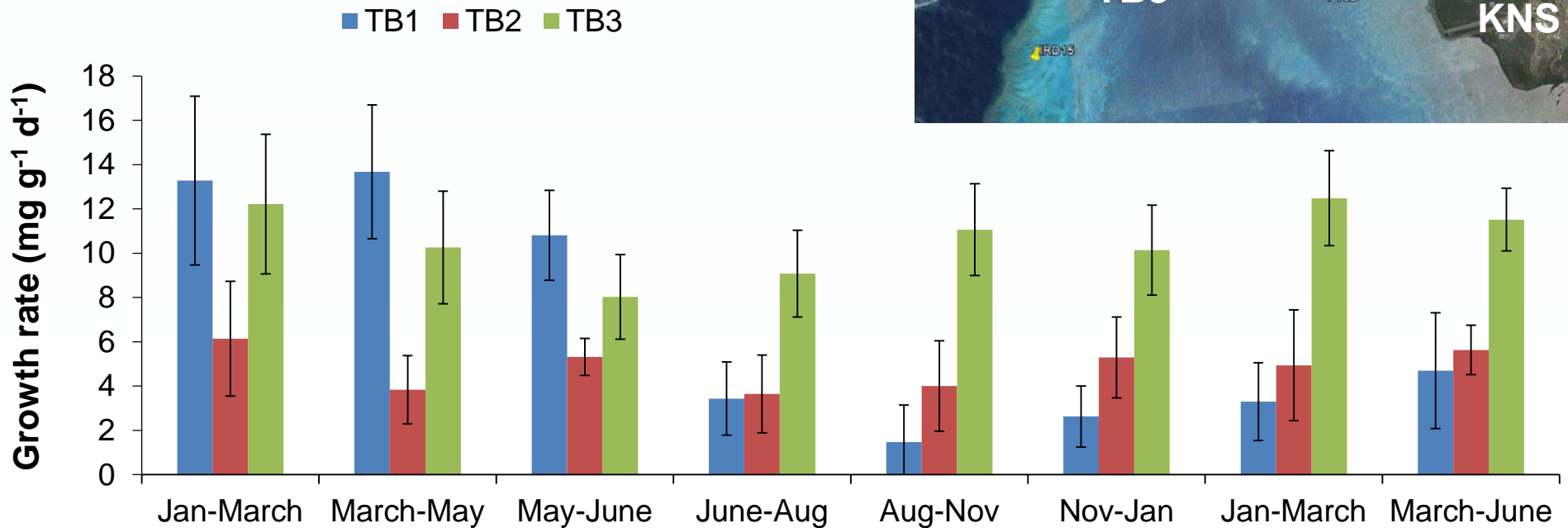
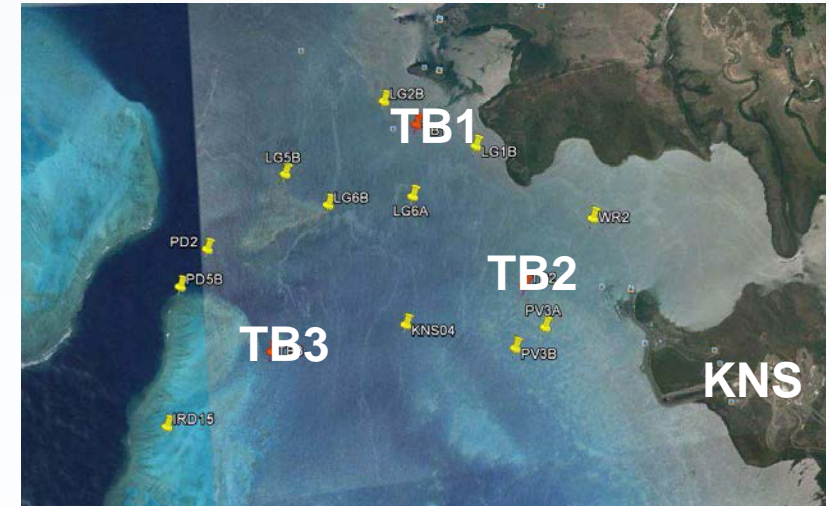
*Montipora stellata*



- Epingle rouge : station de transplantation
- Epingle jaune : station de suivi physico-chimique

## 2. Transplantation de coraux en aval de l'exploitation KNS

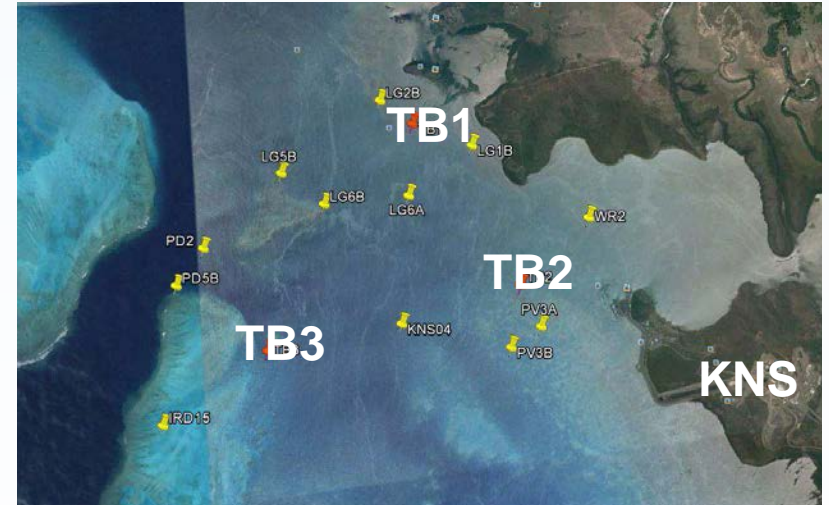
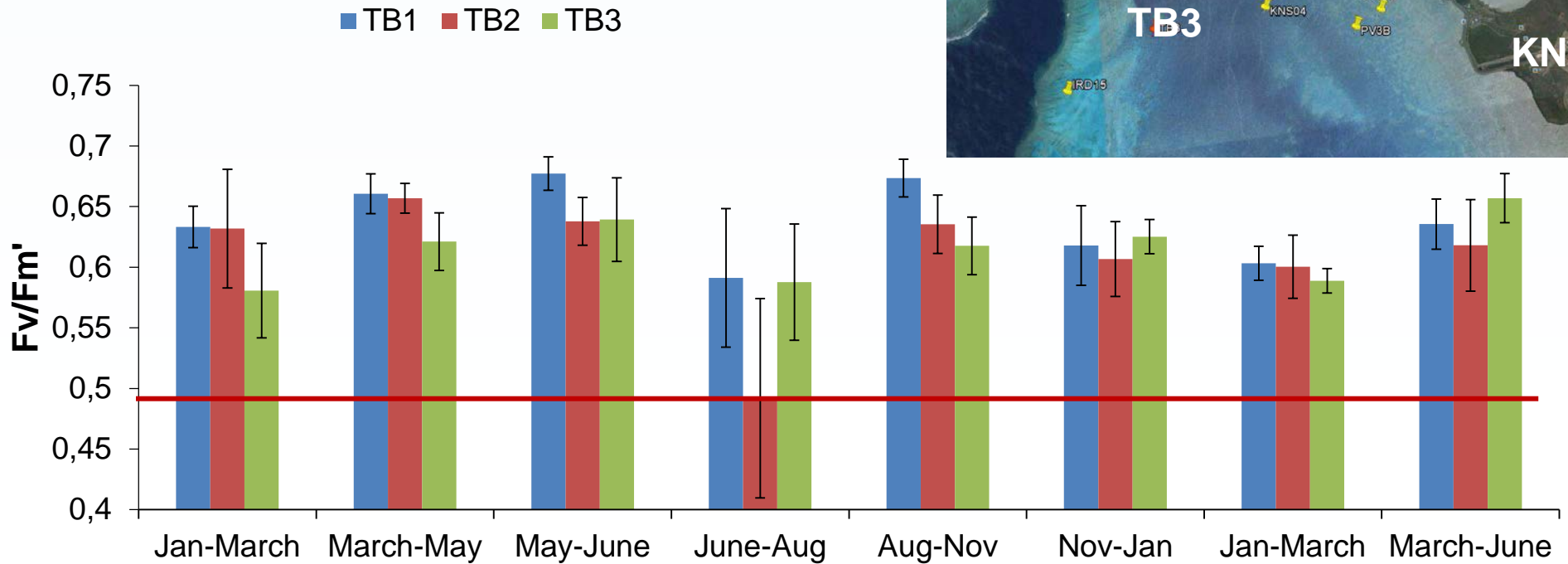
### Résultats



Augmentation des taux de croissance en été et diminution en hiver

## 2. Transplantation de coraux en aval de l'exploitation KNS

### Résultats



Augmentation de l'efficacité photosynthétique en hiver et diminution en été

## 2. Transplantation de coraux en aval de l'exploitation KNS

### Premières conclusions

- Légère variation saisonnière des capacités photosynthétiques (*Warner et al, 2002*)

Faible lumière (hiver)  $\Rightarrow$  Augmentation de l'efficacité pour compenser

Forte lumière (été)  $\Rightarrow$  Diminution de l'efficacité / Photo dommages

- Variation saisonnière de la croissance (*Crossland, 1984*)

Faible température + faible lumière (hiver)  $\Rightarrow$  Ralentissement du métabolisme

Forte température + forte lumière (été)  $\Rightarrow$  Accélération du métabolisme

- Nombreux paramètres environnementaux (concentrations en métaux, températures, pluviométrie...) encore à analyser et à corrélérer avec les réponses physiologiques des coraux

- Corrélation notamment avec les teneurs en métaux aux différentes stations

# MERCI POUR VOTRE ATTENTION

