

RESTITUTION 11/09/2015

PROJET ADIIP

Amélioration et Développement d'Indicateurs d'Impacts
et de Pression pour le suivi du milieu lagonaire

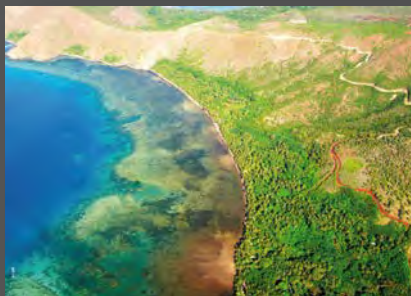
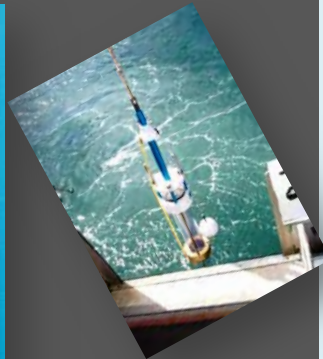
Invitation

Le CNRT vous invite à
la restitution du projet
ADIIP

Vendredi 11
septembre 2015

à l'IRD
Salle auditorium

14h00 à 16h00



Programme de la restitution

1. **Introduction** par Jean-Michel FERNANDEZ (AEL)
2. **Présentation du volet DGT** par Benjamin MORETON (AEL) et Thierry Laugier (IFREMER) et
3. **Présentation du volet FLUX DE PARTICULES** par Jean-Michel FERNANDEZ (AEL)
4. **Présentation du volet SEDIMENTS** par Jean-Michel FERNANDEZ (AEL)
5. **Présentation du volet BIOACCUMULATION** par Stéphanie PLUCHINO (AEL) et Thierry LAUGIER (IFREMER)
6. **Présentation du volet ECOTOXICOLOGIE** par Jocelyn SENIA (AQUABIOTECH)
7. **Conclusions, recommandations, perspectives** par Jean-Michel FERNANDEZ (AEL)

Discussion ouverte

Résumé

Le programme ADIIP avait pour objet d'acquérir des connaissances complémentaires, nécessaires pour : (i) Affiner les potentialités d'indicateurs existant pour améliorer leur performance et leur fiabilité ; (ii) Examiner les potentialités et valider, le cas échéant, des indicateurs supplémentaires capables de conforter les diagnostics ; et (iii) Remplacer certains indicateurs pour des raisons de performances et/ou de coût.

Les résultats obtenus montrent que les indicateurs de pression examinés (flux de particules, concentrations en métaux dissous et diagénèse des sédiments) peuvent fournir des informations intégrées intéressantes grâce à l'obtention de séries temporelles par l'emploi notamment de pièges à sédiments séquentiels et de DGT (*échantillonneur passif - Diffusive Gradient in Thin Film*). Ces avancées sont complémentaires avec les études conduites sur les indicateurs d'impact et notamment en éco-toxicologie. Des progrès restent à faire en bio-surveillance active.

Intérêt Pratique

Les résultats du projet ADIIP Eco-toxicologie & Bio-essais du CNRT participent à la construction d'un outil de suivi du risque toxique des activités de l'industrie minière en Nouvelle-Calédonie.

PROJET ADIIP

Connaissance du milieu marin

Coordinateurs scientifiques
IRD et AEL
Dr Jean-Michel FERNANDEZ

Partenaires
IFREMER (NC)
IRD (NC)
CEREGE (FR)
UNIVERSITE DE LA
ROCHELLE (FR)

Déroulement
48 mois / 2010-2014

Financement CNRT
26 millions F CFP/217.880 Euros

Pour tous renseignements
Contactez le CNRT
Tél. : 28 68 72 - cnrt@cnrt.nc



Restitution le 11 Septembre 2015

ADIIP

AMÉLIORATION ET DÉVELOPPEMENT D'INDICATEURS D'IMPACTS ET DE PRESSION SUR LE MILIEU LAGONAIRE

Coordination Scientifique
IRD & AEL

Dr Jean-Michel FERNANDEZ

Partenaires

IFREMER (NC)

IRD (NC)

CEREGE (FR)

UNIVERSITE DE LA ROCHELLE (FR)

Déroulement

48 mois / 2010-2014

Financement CNRT

26 millions F CFP/217.880 Euros



Recherche d'indicateurs & valeurs de référence

Ni et environnement naturel

CONNAISSANCE DU MILIEU NATUREL

GUIDE pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie (Co-financement ZONECO) - 2011

indicateurs qualité/ pression / impact

MANGROVES Dispositif de suivi de la Mangrove 2012

Indicateurs Qualité/ Impacts

DIATOMEES indice diatomées - Phase 1 : 2014 + phases 2 et 3 DAVAR ŒIL + ?

Indicateurs Qualité/ Impacts

ADIIP - Amélioration des indicateurs d'impact et de pression sur le milieu lagunaire 2014-2015

indicateur pression et impact géochimique et sédimentaire

Outils de diagnostic de qualité du milieu et suivi des pressions et des impacts

DOLINES Diagnose des dolines (2016)

Indicateurs qualité / Impacts

IBS / IBNC Révision des indices de qualité de l'eau douce et mise à jour du guide méthodologique et technique (cofinancement ŒIL/DAVAR) 2015-2016

indicateurs qualité/ impact

Recherche d'indicateurs (intégrateurs) de biodiversité dans les zones protégées volontaires 2017

indicateurs qualité/ impact des mesures de gestion

2014

RENDU

Titre :

SYNTHESE PROGRAMME ADIIP

De : J-M FERNANDEZ

B ANDRAL, F GALGANI, JL GONZALEZ, O
GRAUBY, L HADDAD, H KAPLAN, S
KUMAR-ROINE, H LE GRAND, JD
MEUNIER, B MORETON, M de OLIVEIRA
RASA BONHSACK, S PLUCHINO, J SENIA

Mars 2014



Appel à projets 2010 :
Ni & Environnement /
Impact sur les milieux naturels /
Etat des lieux et suivi de
l'impact de l'activité minière sur
les milieux naturels

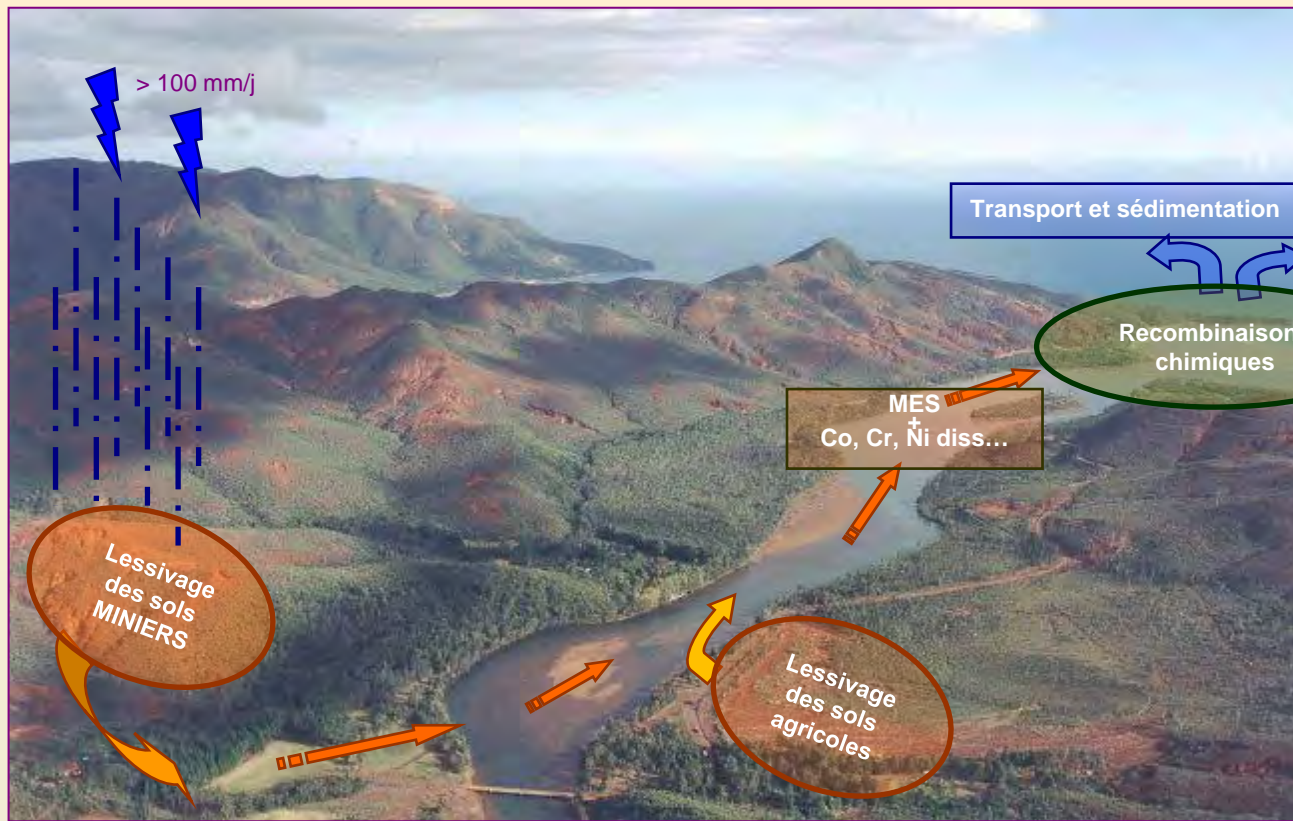
ADIIP

(AMELIORATION / DEVELOPPEMENT D'INDICATEURS D'IMPACTS ET DE PRESSION)



Porteur du projet :
FICHEZ Renaud (UMR LOPB, IRD)

Coordination scientifique :
FERNANDEZ Jean-Michel
(AEL/LEA, Nouméa)



Contexte et positionnement du projet ADIIP

- L'économie du nickel latéritique en Nouvelle Calédonie;
- La nécessité d'un suivi environnemental (IRD ; INERIS (2002)).

Dès **2005** (IRD), sélection de 11 indicateurs physico-chimiques **opérationnels** (à court terme) et à **caractère évolutif** (à plus long terme), pour les suivis de :

- ✓ La qualité physico-chimique de l'eau ;
- ✓ La charge en apports sédimentaires ;
- ✓ L'accumulation des métaux biodisponibles ;
- ✓ Les effets toxiques précoces des charges en métaux dissous.

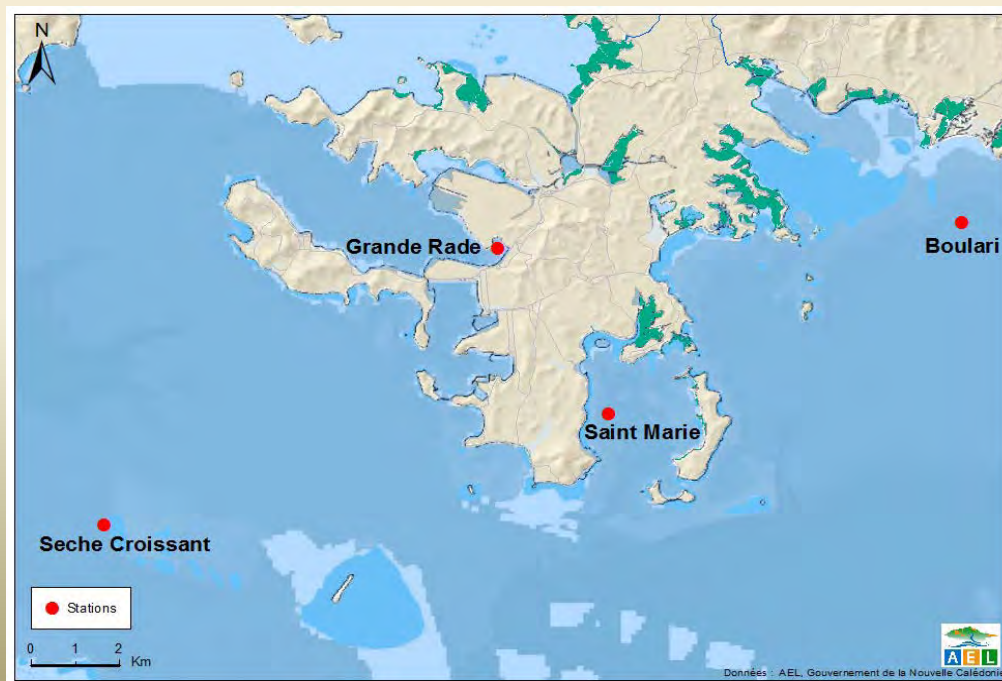
Objectifs du projet ADIIP (2010-2013)

- ❑ Examiner les potentialités de nouveaux indicateurs afin de compléter le panel existant pour des raisons de performances et/ou de coût;
- ❑ Disposer de connaissances complémentaires pour améliorer/développer :
 - les **indicateurs de pression** (concentrations en métaux dissous/particulaires et charge sédimentaire);
 - les **indicateurs d'impact** (bioaccumulation et effets écotoxicologiques).

Programmation scientifique/technique et organisation du projet

Articulation autour de :

- ❑ 3 sites ateliers spécifiques des d'influences :
 - minière (Baie de Boulari);
 - industrielle (Grande Rade);
 - urbaine (Baie de Ste Marie).
- ❑ 1 site témoin (Sèche Croissant)



DEROULE DE LA RESTITUTION

Colonne d'eau

INDICATEURS DE PRESSION GÉOCHIMIQUE : les DGT (Diffusive Gradient in Thin film) dispositifs capables d'accumuler les cations métalliques dissous (Ag, Al, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) des masses d'eau.
Objectif : *acquérir la connaissance suffisante sur l'influence des "bio-salissures" sur les performances de fixation des métaux.*

INDICATEURS DE PRESSION PARTICULAIRE : les pièges à particules séquentiels et la stratégie de déploiement (définition des sites de collecte des particules).

Objectif : *quantifier les fluctuations spatio-temporelles des flux de particules (nature et composition) et discriminer leurs termes sources (influences hydro-climatiques).*

BIOSURVEILLANCE ACTIVE (TRANSPLANTATION) : la bioaccumulation des contaminants par certains organismes marins mise à profit pour le suivi spatio-temporel de leurs niveaux de biodisponibilité.

Objectif : *explorer les potentialités de nouvelles espèces bioaccumulatrices autochtones pressenties afin de compléter le panel existant.*

Sédiments

INDICATEURS DE PRESSION SÉDIMENTAIRE : les particules déposées (sédiments) subissent des transformations de dissolution/incorporation dans des délais relativement courts (diagénèse précoce). La prédominance d'un de ces deux mécanismes détermine le niveau de menace de ces métaux pour l'environnement.

Objectif : *déterminer si les sédiments constituent pour le lagon un terme « source » ou « puits » pour les métaux ?*

TESTS DE TOXICITÉ : le stade larvaire juvénile de certains organismes est usuellement utilisé pour caractériser les effets toxiques d'une contamination (recommandations INERIS).

Objectif : *consolider les méthodologies existantes, en terme d'évaluation de l'impact des activités minières en Nouvelle Calédonie, et élargir le champ des espèces cibles afin d'être représentatif de l'ensemble des sites miniers.*

2013

RENDU

Titre : *Utilisation
d'échantillonneurs passifs en
tant qu'indicateur de la
pression chimique liée à
l'activité minière en Nouvelle
Calédonie*

De : Ben MORETON, Jean-Louis
GONZALEZ, Jean Michel FERNANDEZ,
Stéphanie PLUCHINO, Hélène KAPLAN

Septembre 2013



ADIIP

(AMELIORATION / DEVELOPPEMENT D'INDICATEURS D'IMPACTS ET DE PRESSION)



Projet « ADIIP »

Renaud FICHEZ

PLAN DE LA PRÉSENTATION

Validation du temps d'exposition

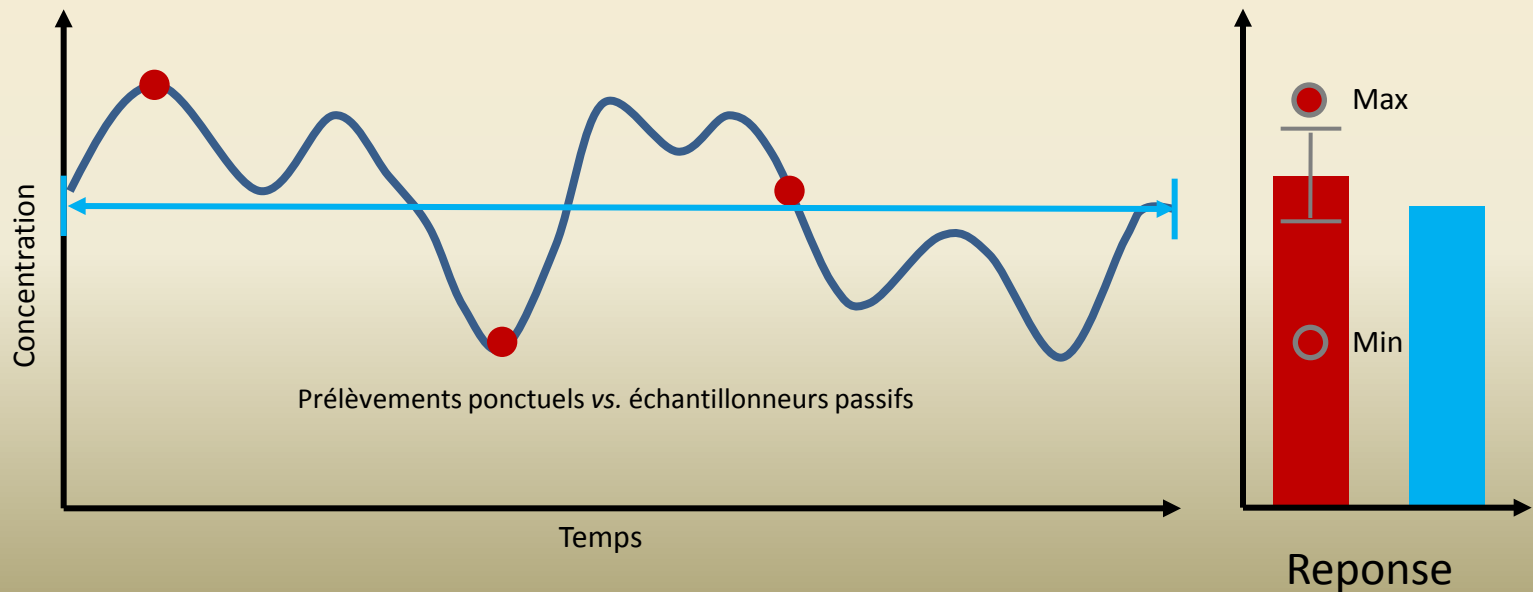
1. Echantillonner passif?
2. Objectifs
3. Méthodologie
4. Résultats
5. Conclusion

LES ECHANTILLONNEURS PASSIFS ?

Qu'est-ce qu'un "échantillonneur passif" ?

- ✓ Outil qui permet d'obtenir une concentration en contaminants (métaux, composés organiques) dans une solution, de manière intégrée dans le temps ;
- ✓ « L'échantillonneur passif » est exposé dans le milieu à « échantillonner » (eau de mer) pendant plusieurs jours pour la détermination de la concentration moyenne du contaminant.

Quelle est l'information recueillie ?



 Situation « réelle »

 Echantillonnage ponctuel

 Echantillonnage passif

LES ECHANTILLONNEURS PASSIFS "DGT"

Fonctionnement du DGT

- Le filtre bloque les particules (MES);
- Le gel assure la diffusion des cations métalliques;
- La résine capte ces cations métalliques de façon irréversible.

Paramètres physico-chimiques de calcul

Un certain nombre de facteurs intervient dans le calcul de la concentration:



Température (vitesse de transfert=coefficient de diffusion) (D)



Epaisseur du gel de diffusion (Δg)



Durée d'immersion (t)



Masse métallique concentrée sur la résine (M)



Surface exposée (A)

La concentration moyenne en cations métalliques dans le milieu aquatique (C_{DGT}) est estimée par l'équation suivante :

$$C_{DGT} = M \Delta g / (DtA)$$

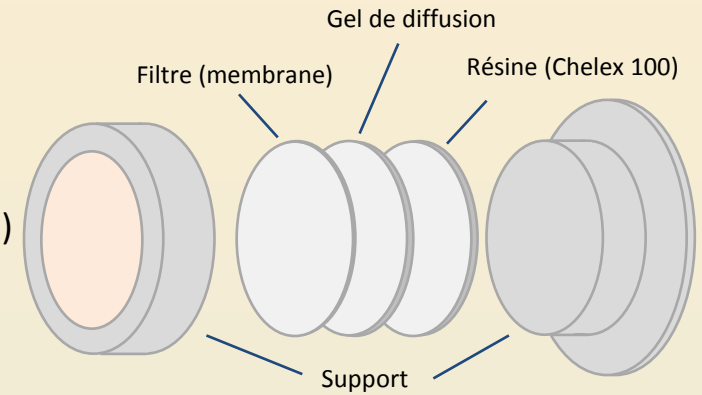
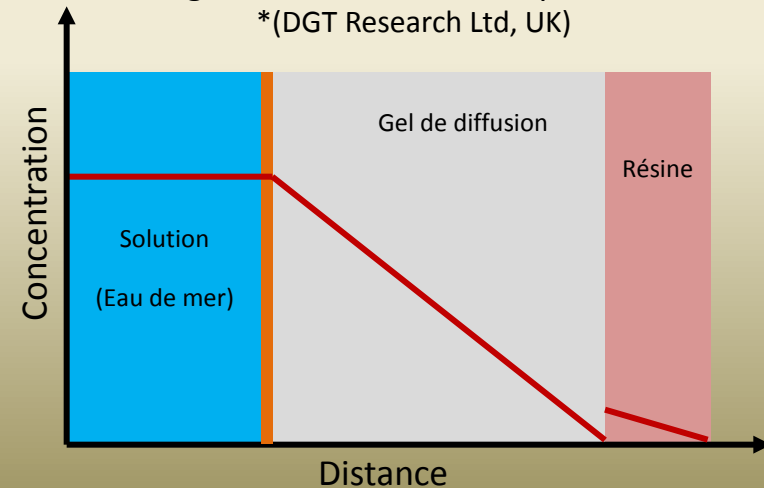


Diagramme éclaté d'un dispositif DGT*
*(DGT Research Ltd, UK)



— = Concentration en métaux

OBJECTIFS DU PROGRAMME « ADIIP »

Déterminer les performances des DGT pour le milieu lagunaire tropical de NC : influence du biofilm et des particules latéritiques (MES) sur les calculs de concentrations.

Qu'est-ce que les biofilms ?

Les biofilms (biofouling) sont le résultat du développement d'organismes indésirables à la surface de tout objet immergé dans de l'eau de mer.

Le DGT n'est pas exempt de ce problème et ses performances dépendent de la surface efficace de filtre.

→ Le développement d'un biofilm sur cette interface peut donc réduire la surface efficace et ainsi modifier le taux de transfert des métaux vers la résine



Mise en place du programme ADIIP



METHODOLOGIE

CADRE DE L'ETUDE

4 stations différentes

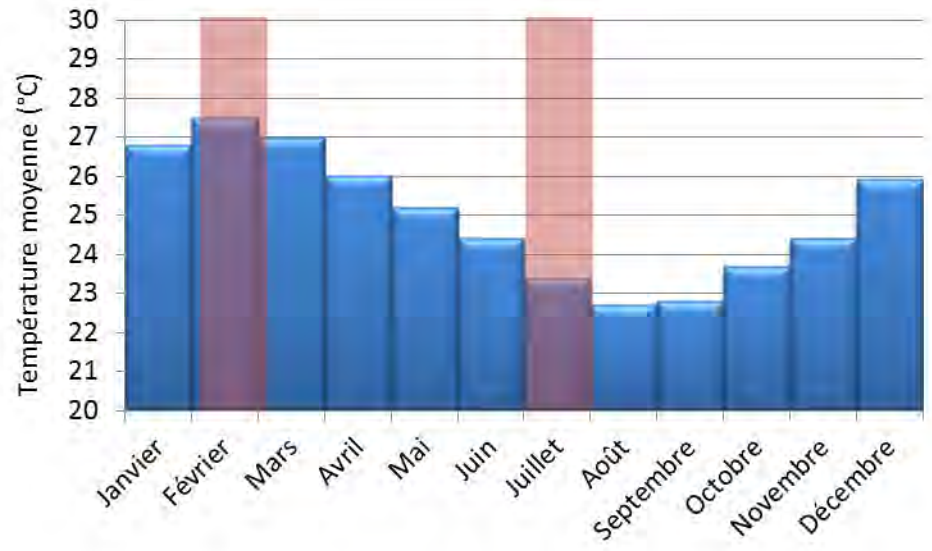
4 stations dans des zones contrastées en termes d'influences : Apports terrigènes/marins
→ développement de biofilms différents



2 saisons différentes

Deux périodes caractéristiques des variables saisonnières statistiquement rencontrées en NC avec de forts contrastes en termes de température, d'ensoleillement, pluviométrie
→ production primaire différente.

Temperature moyenne de l'eau de mer (Noumea)



METHODOLOGIE

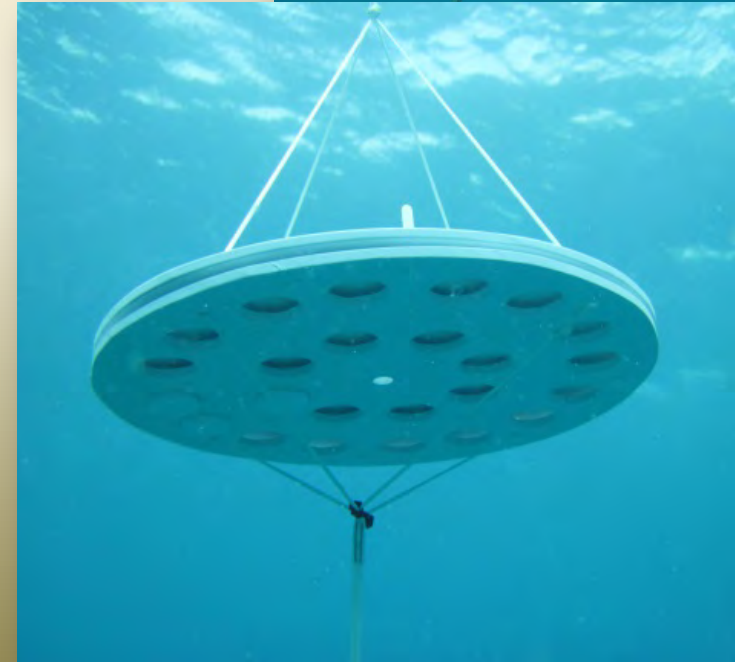
PROTOCOLE DE L'ETUDE DE L'INFLUENCE DU BIOFILM

Phase 1 : expérimentation *in-situ* : développement du biofilm

Phase 2 : expérimentation *in-vitro* : influence du biofilm












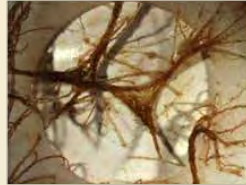





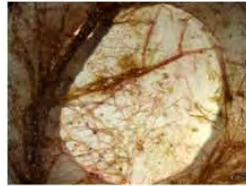






Phase 1

- Pour chacune des 4 stations : mouillage d'un plateau de 6 triplicats de DGT + capteur de température;
- Orientation des DGT vers le bas pour éviter la déposition verticale de particules (MES) ;
- Deux expositions : février 2011 « saison chaude » & juillet 2011 « saison fraîche »;
- Récupération des triplicats de DGT pour des temps d'exposition croissants (entre 1 et 28 j).



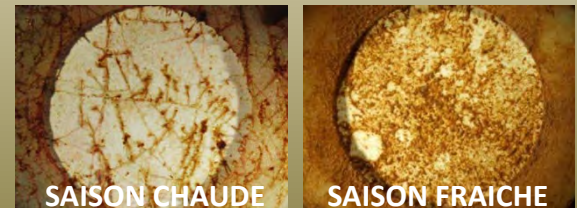
RESULTATS DE LA PHASE 1

OBSERVATIONS MACROSCOPIQUES DU DEVELOPPEMENT DU BIOFILM (SAISON CHAUDE)

	1 jour	2 jours	4 jours	7 jours	14 jours	28 jours
Boulari						
Saint Marie						
Sèche Croissant						
Grande Rade						

Développement du biofilm très contrasté entre les différentes zones (stations) et entre les différentes saisons

BAIE DE BOULARI 28 JOURS D'IMMERSION



METHODOLOGIE

PROTOCOLE DE L'ETUDE DE L'INFLUENCE DU BIOFILM

Phase 2

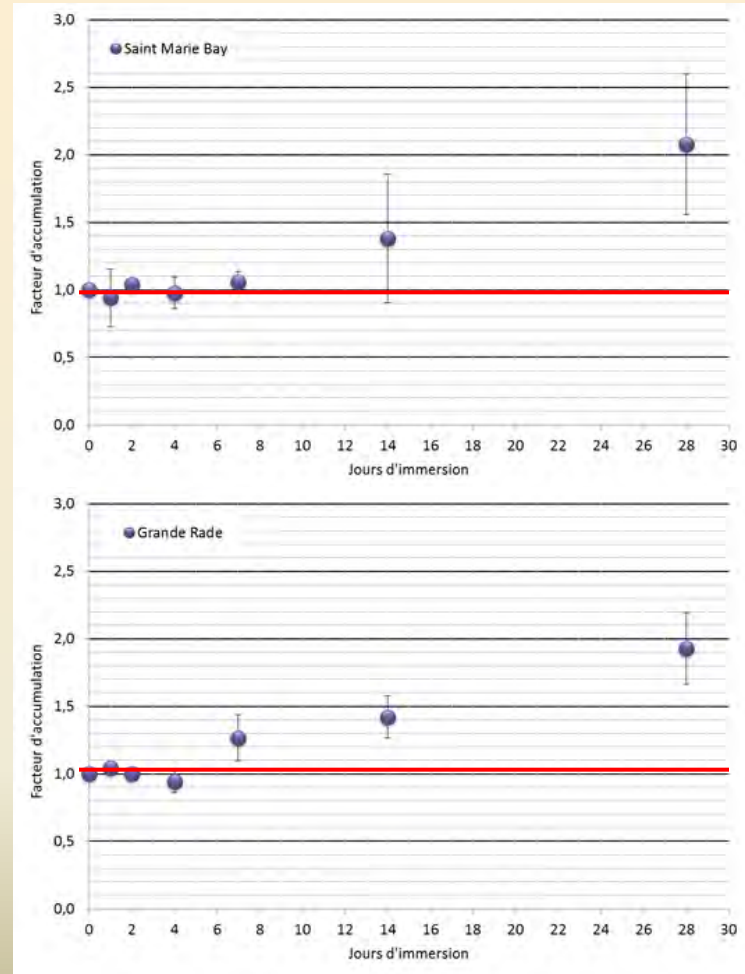
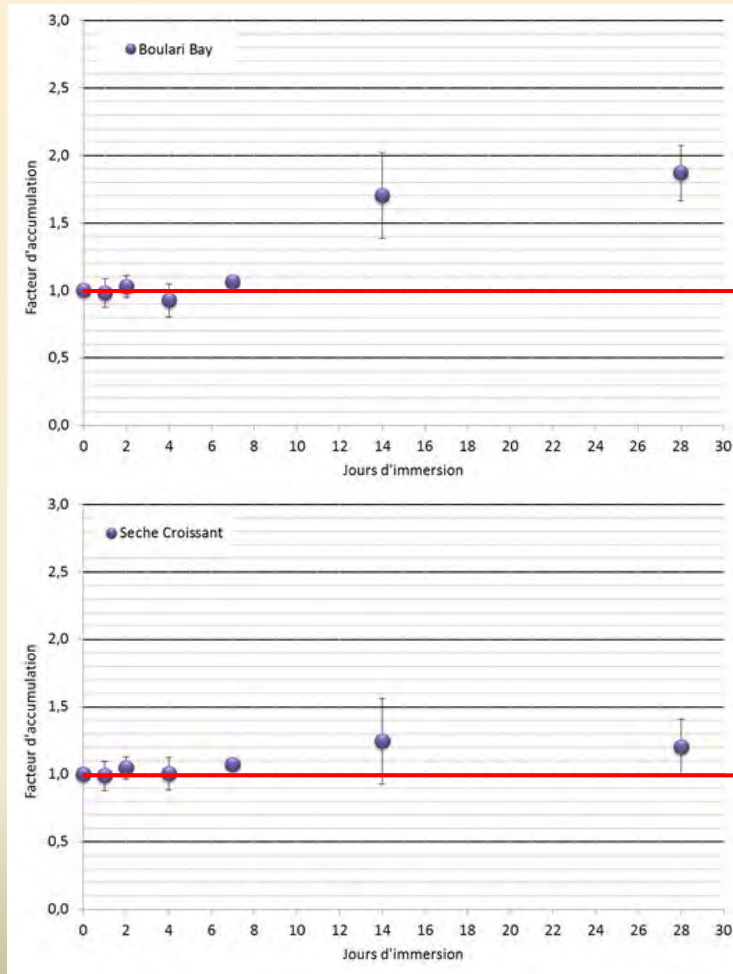
- Marquage par le *Nickel-63* (émetteur β , 0,067 keV, $T_{1/2}=120$ y)
 - Dopage d'un grand volume d'eau mer filtrée (100 L) avec 4 ng/L de Ni-63 ;
 - Exposition de 24 heures des 18 DGTs x 4 stations;
 - Mesure de la radioactivité dans les filtres et résines des DGTs.

AVANTAGES : Pas de contamination possible de l'échantillon, bilan de matière exhaustif, évaluation précise des transferts vers la résine.



RESULTATS

INFLUENCE DU BIOFILM SUR LE TRANSFERT DE Ni-63 (SAISON CHAUDE)



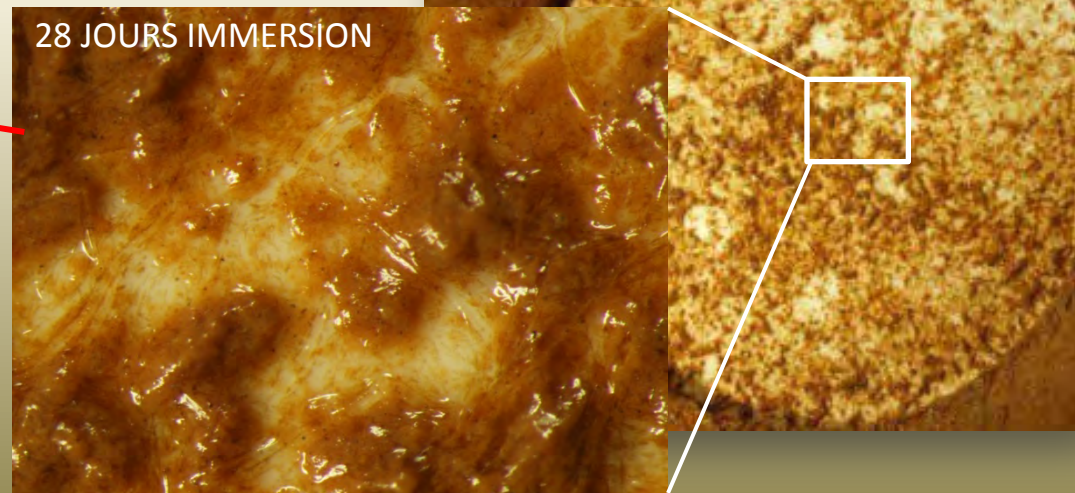
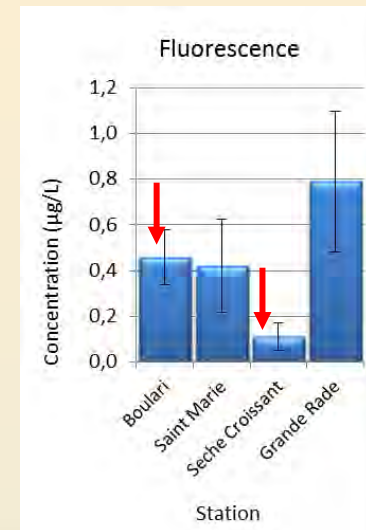
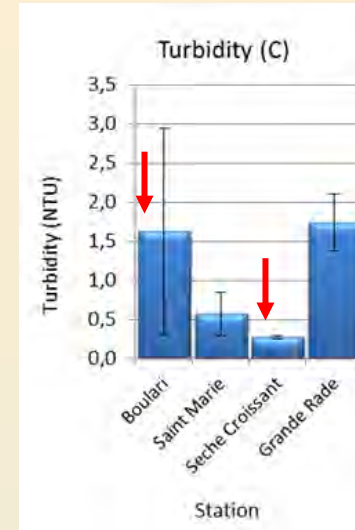
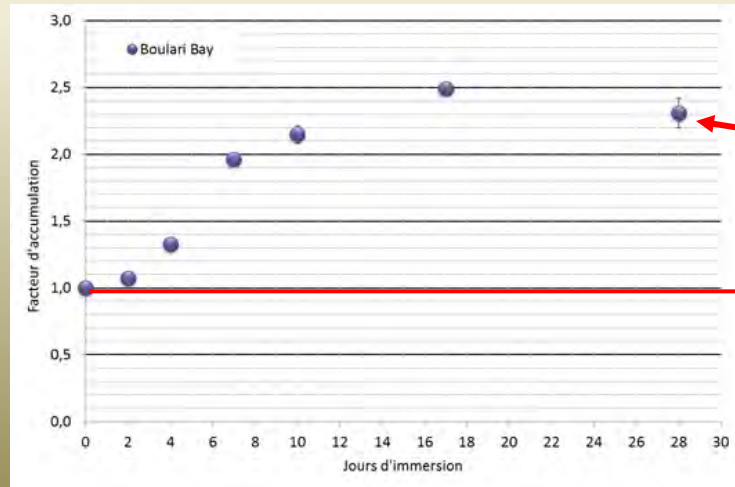
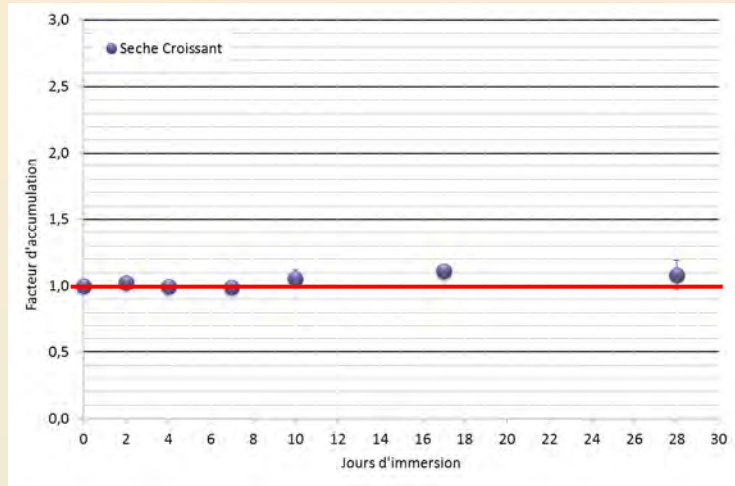
Jours d'immersion = Jours de développement biofilm

Surestimation croissante de la concentration de Ni-63 en fonction du degré de développement du biofilm sur les membranes des DGT après 24 heures d'exposition

RESULTATS

INFLUENCE DU BIOFILM SUR LE TRANSFERT DE Ni-63 (SAISON FRAICHE)

- Même phénomène observé en saison fraiche;
- Surestimation spécifique de chaque station;
- Influence des facteurs environnementaux, exemples: turbidité, concentrations en sels nutritifs...



RESULTATS

INFLUENCE DU
BIOFILM SUR LE
TRANSFERT DE Ni-63

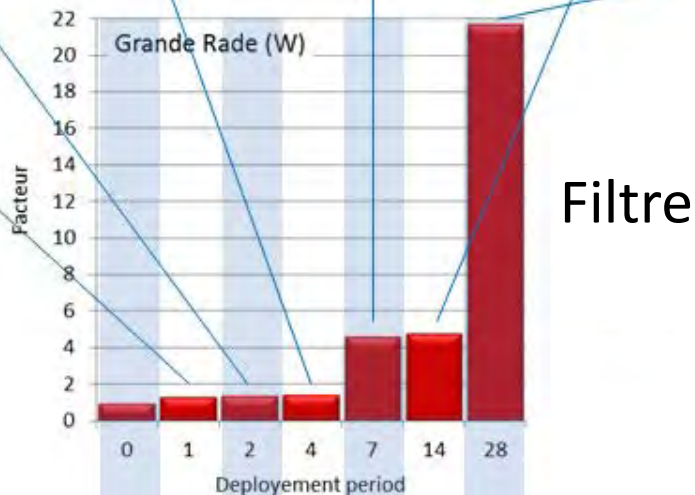
GRANDE RADE (SAISON CHAUDE)

Le biofilm T_{28j} du filtre a accumulé
22 fois plus de Ni-63 que le témoin

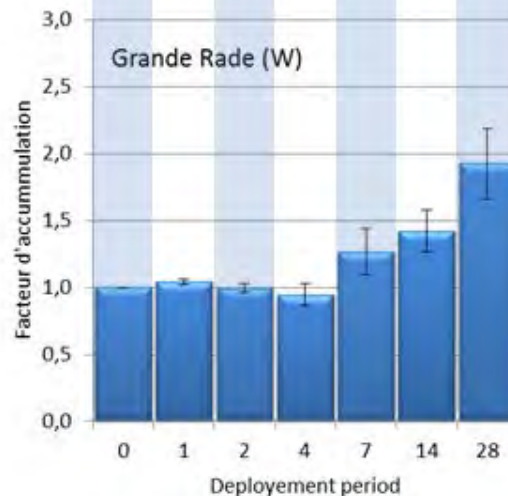
Conséquence

La résine T_{28j} a fixé 2 fois plus de
Ni-63 que le témoin.

La surestimation de Ni-63 est
observée en T_{7j} .



Filtre

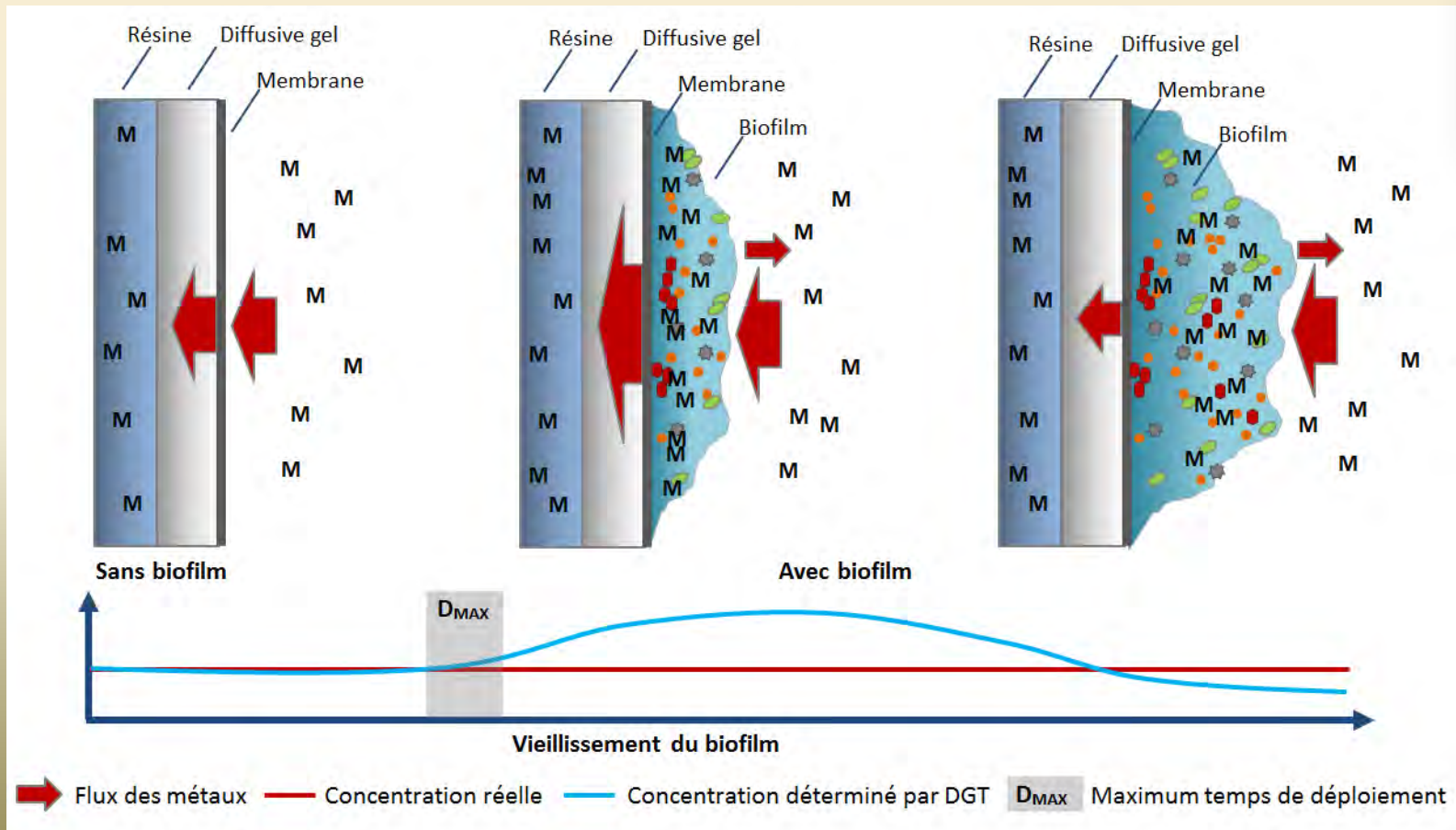


Résine

INTERPRETATION

Hypothèse de l'effet du biofilm

- Formation du biofilm = La présence des substances inorganiques et organiques, comme les EPS (polysaccharides exogènes) sécrétés par les micro-organismes;
- Ces substances ont un fort pouvoir à piéger les métaux = bio magnification des métaux dans le biofilm;
- Mécanismes de désorption des métaux (du biofilm) qui provoquent la surconcentration du Ni-63 à l'interface avec le filtre qui sont disponibles pour leur transfert vers la résine;
- Transfert de Ni-63 diminue avec le vieillissement du biofilm.

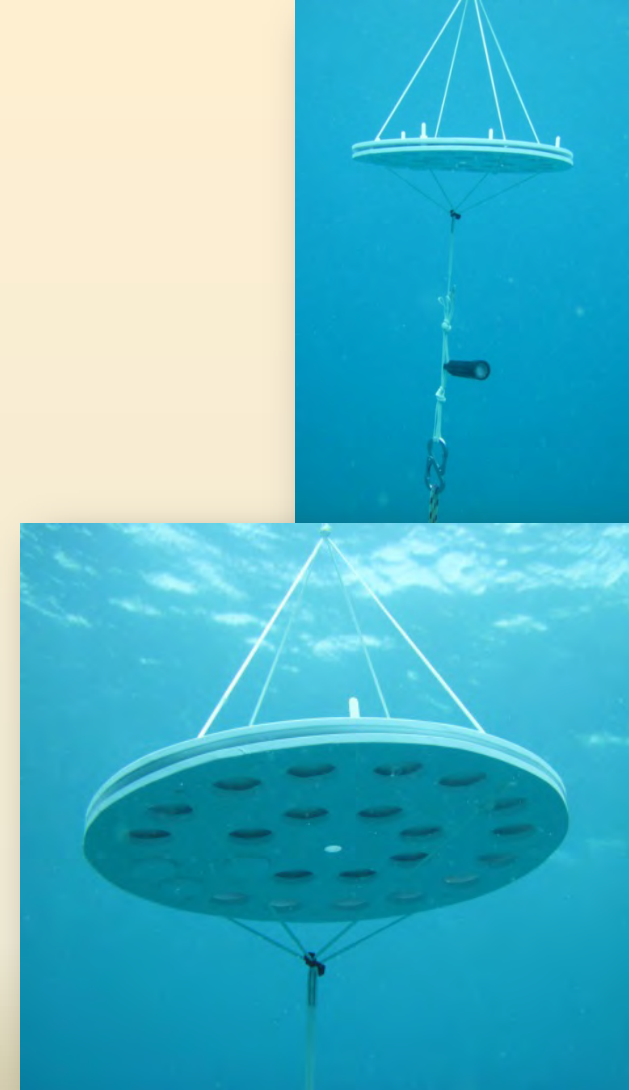


Représentation schématique de l'effet du biofilm sur les métaux dissous déterminés dans l'eau de mer par la technique des DGT.

METHODOLOGIE

PROTOCOLE DE L'ETUDE DE L'INFLUENCE DU BIOFILM : METAUX STABLES

- Exposition à deux stations (Grande Rade et Sèche Croissant en saison « fraîche » (juillet 2011));
- Mouillage d'un plateau de 6 triplicats de DGT + capteur de température, orientation des DGT vers le bas pour éviter le dépôt vertical de particules (MES);
- Récupération des résines des triplicats de DGT pour des temps d'exposition croissants (entre 1 et 28 j) pour analyse;
- A chaque temps de récupération, mise en place de résines neuves, exposées 4 jours puis récupérées pour analyse.



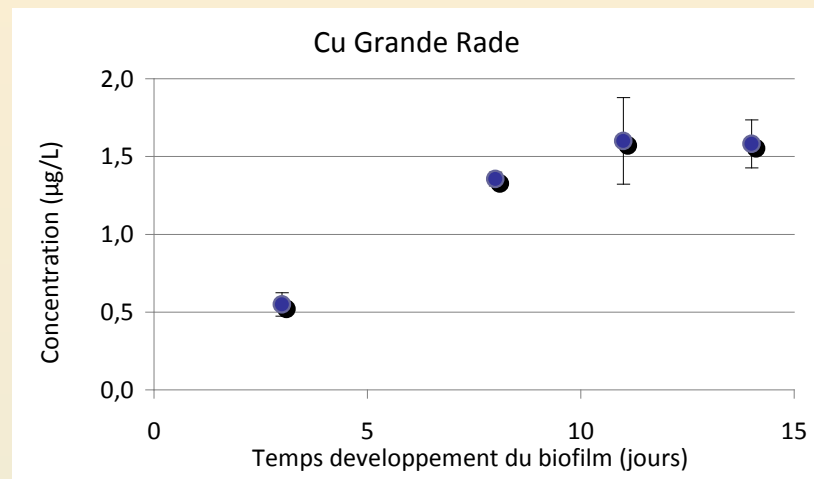
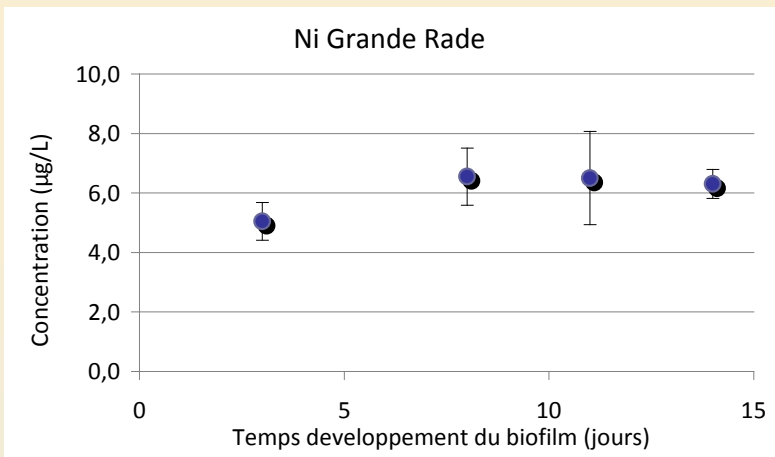
METAUX STABLES

Exposition de résine neuve (4 j) en fonction du temps d'immersion des capteurs

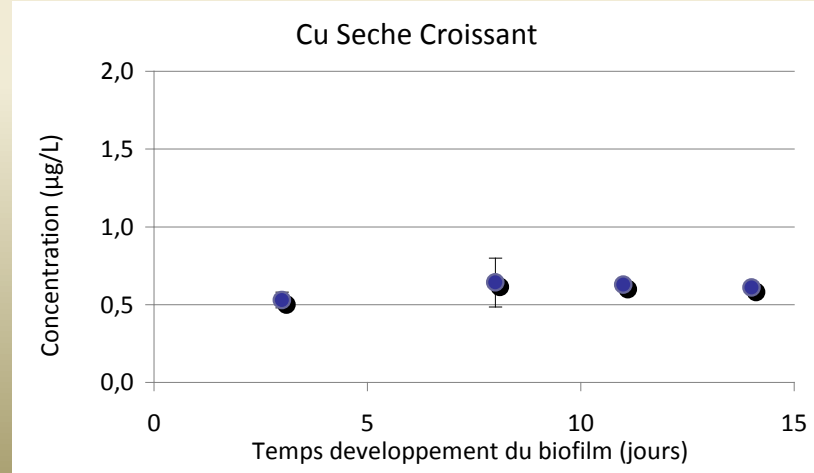
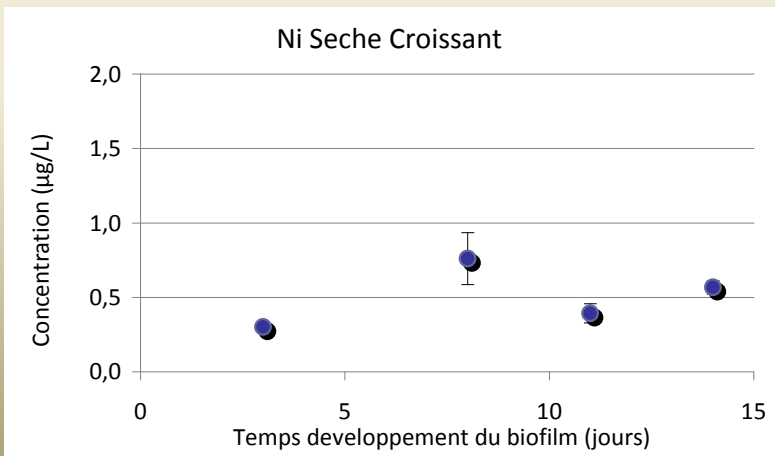
Grande Rade

Nickel

Cuivre



Sèche Croissant

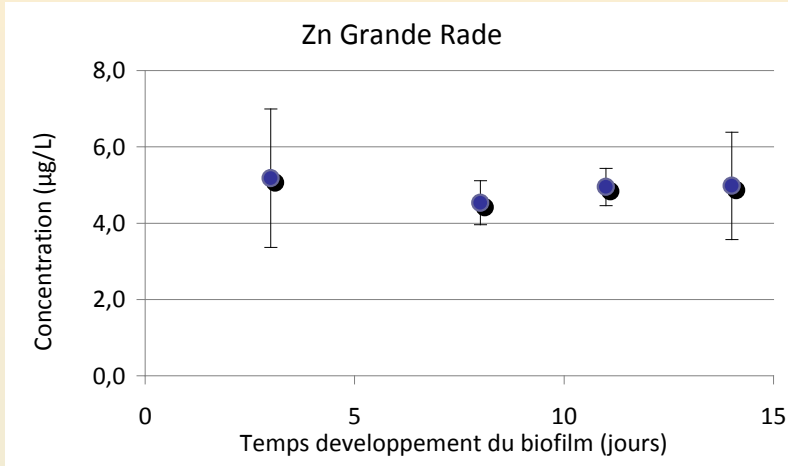


METAUX STABLES

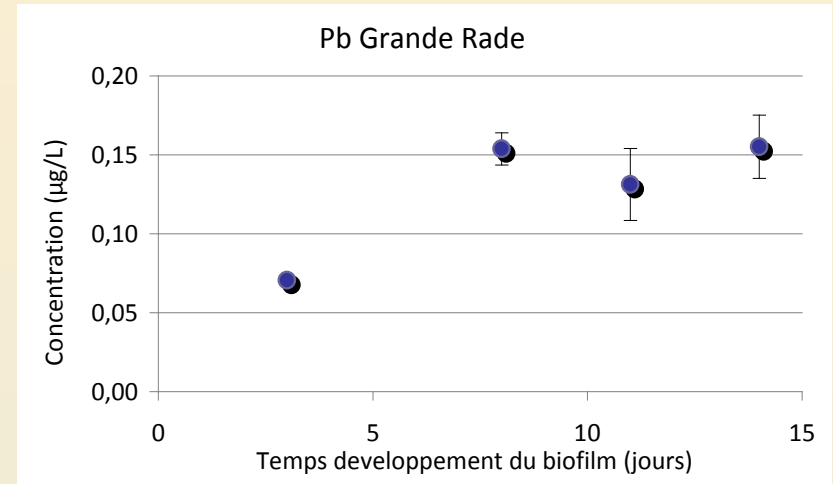
Exposition de résine neuve (4 j) en fonction du temps d'immersion des capteurs

Grande Rade

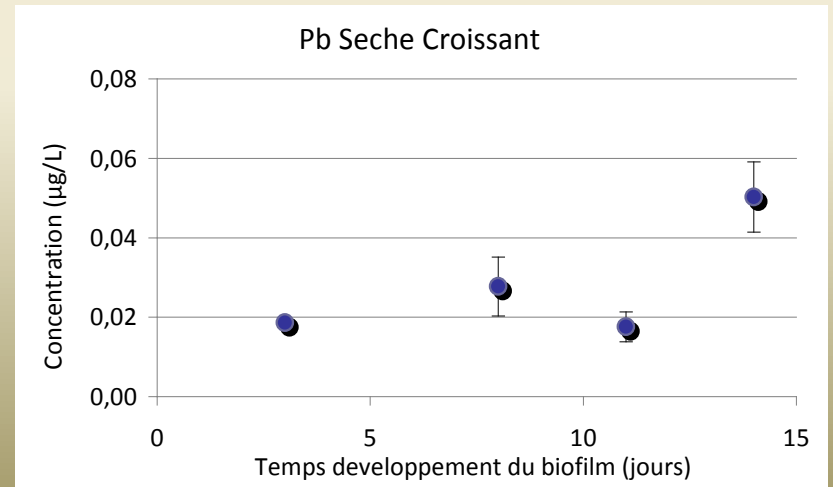
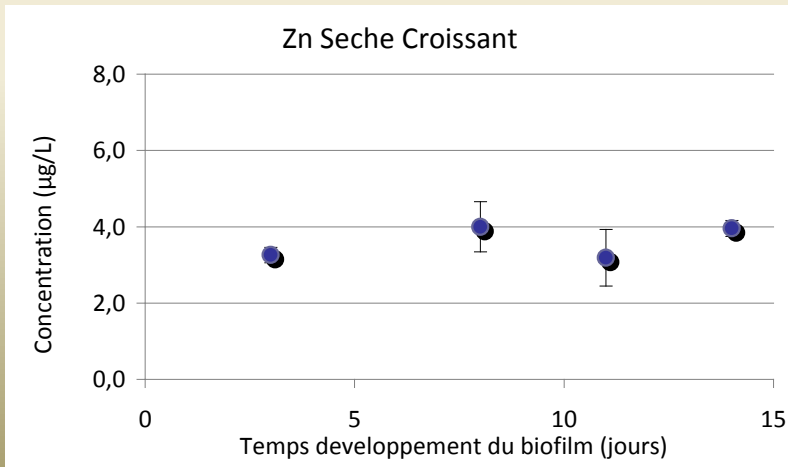
Zinc



Plomb



Sèche Croissant

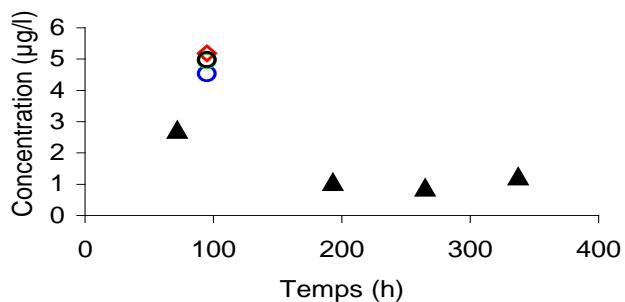


METAUX STABLES

Concentrations en fonction du temps d'exposition

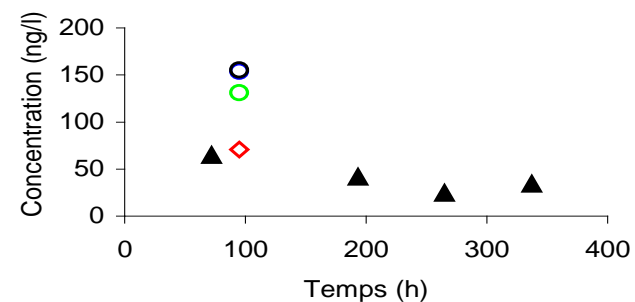
Zinc

Concentration mesurée dans l'eau après différents temps d'immersion



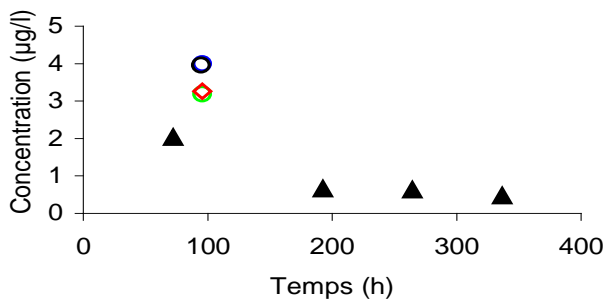
Plomb

Concentration mesurée dans l'eau après différents temps d'immersion

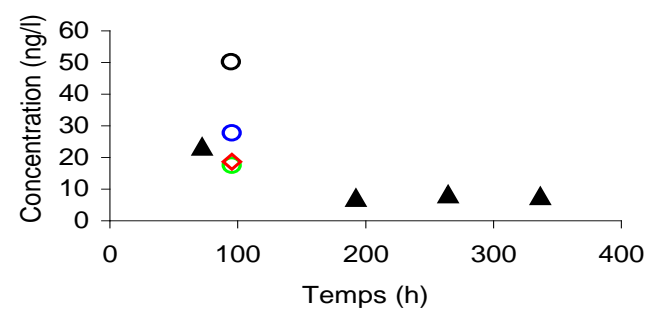


Grande
Rade

Concentration mesurée dans l'eau après différents temps d'immersion



Concentration mesurée dans l'eau après différents temps d'immersion



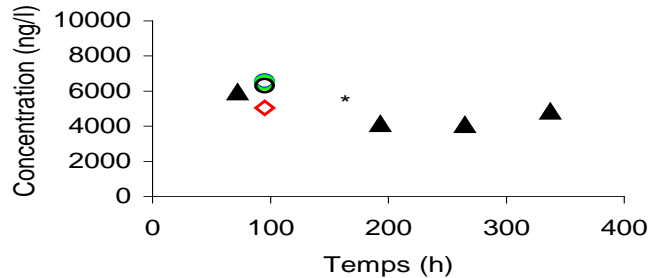
Sèche
Croissant

METAUX STABLES

Concentrations en fonction du temps d'immersion des capteurs

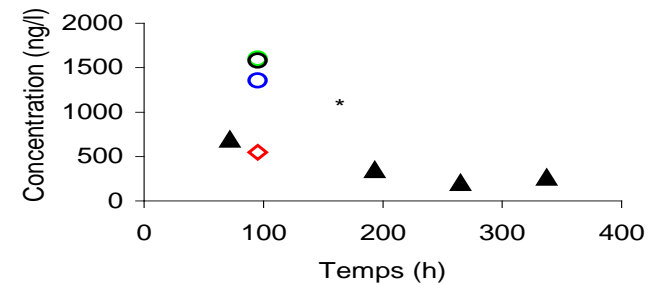
Nickel

Concentration mesurée dans l'eau après différents temps d'immersion



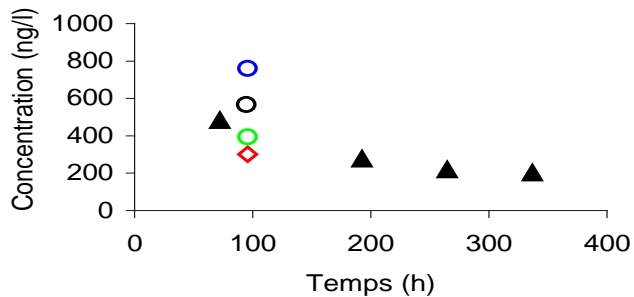
Cuivre

Concentration mesurée dans l'eau après différents temps d'immersion

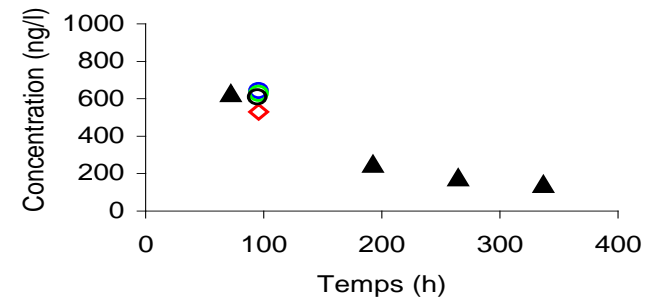


Grande
Rade

Concentration mesurée dans l'eau après différents temps d'immersion



Concentration mesurée dans l'eau après différents temps d'immersion



Sèche
Croissant

CONCLUSION

EFFET DU BIOFILM

- Est-ce que le biofilm a un effet sur les résultats obtenus avec les échantillonneurs passifs (DGT): **Oui, tendance à surestimer la concentration réelle au-delà d'un certain degré de développement du biofilm avant de limiter le transfert des métaux vers la résine (sous-estimation)**

Durée maximale d'immersion du DGT sans surestimation de la concentration, déterminée in-situ pour les **conditions observées en 2011**

Station	Saison chaude 2011	Saison fraîche 2011
Boulari	7	2
Grande Rade	4	10
Sèche Croissant	7	28
Saint Marie	7	7

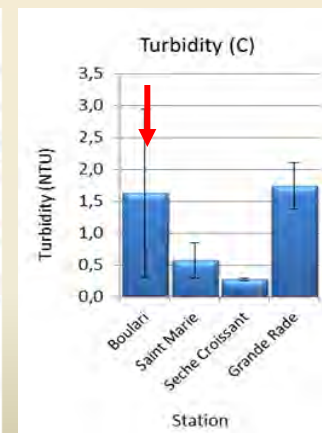
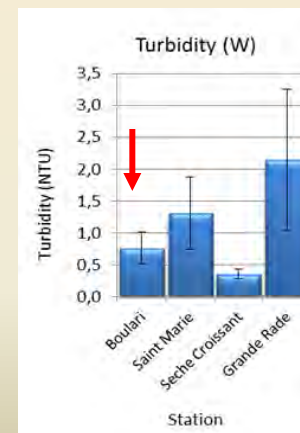
BAIE DE BOULARI 28 JOURS D'IMMERSION



SAISON CHAUDE



SAISON FRAICHE



- Comment limiter cet effet? **Avec une exposition adaptée**

Pré-étude du site à surveiller afin de s'assurer de la durée d'exposition maximale, pour suivre les concentrations des cations (Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) .

2013

RENDU

Titre : Flux particulaires et paramètres atmosphériques : utilisation des pièges à sédiment sur le site de la Baie de Boulari

De : Jean Michel FERNANDEZ, Ben MORETON, Hélène LE GRAND, Laurent HADDAD et Jocelyn SENIA

Septembre 2013



ADIIP

(AMÉLIORATION / DÉVELOPPEMENT D'INDICATEURS D'IMPACTS ET DE PRESSION)



8: con. environnement

SOMMAIRE DE LA PRÉSENTATION

Analyses et mesures *in-situ* (pièges séquentiels)

1. Problématique
2. Objectifs
3. Méthodologie
4. Résultats
5. Conclusions

Apport de la modélisation

1. *Principe de la modélisation*
2. *Fonctionnement du modèle*
3. *Illustration des capacités du modèle*
4. *Complémentarité entre la modélisation et l'expérimentation*
5. *Conclusions*

PROBLEMATIQUE

- Depuis 1874, plus de 160 Mt de minerai de Ni extraits = environ 300 Mm³ de stériles latéritiques remaniés;
- Déstabilisation des manteaux d'altération liée au mode d'exploitation à ciel ouvert (dévégétalisation);
- Fractions particulières les plus fines ($\varnothing < 20 \mu\text{m}$) des sols et des stériles non stabilisés irrémédiablement entraînées vers le lagon (précipitations atmosphériques).



Nécessité de surveiller au plus près l'expansion en mer des apports en particules terrigènes véhiculées par les creeks vers le lagon.

Conséquences

- Diminution de la pénétration de la lumière et réduction de la teneur en oxygène dissous;
- Risque inhérent à la pollution par les métaux dans les différents compartiments de l'environnement (effet retour sur l'homme).

OBJECTIFS

Conforter les connaissances méthodologiques pour :

- **discriminer** les termes sources;
- **quantifier** (flux) les apports terrigènes.

Utilisation, à bon escient, de pièges à sédiments de type séquentiel.



Où doit-on immerger les pièges séquentiels ?

Les pièges séquentiels en milieu marin sont utilisés depuis les années 80 (e.g. : Honjo, 1982, Honjo et al., 1987).

MÉTHODOLOGIE

Stratégie d'échantillonnage

- 3 campagnes de collecte des MES entre 2011 et 2013;
- Mouillage de 3 pièges selon une radiale « côte-large » au droit de l'embouchure de La Coulée;
- Immersion minimale à une profondeur de 12 m;
- Temps d'exposition par godet de 2 jours (12 godets), collecteur à 3 m au-dessus du fond.

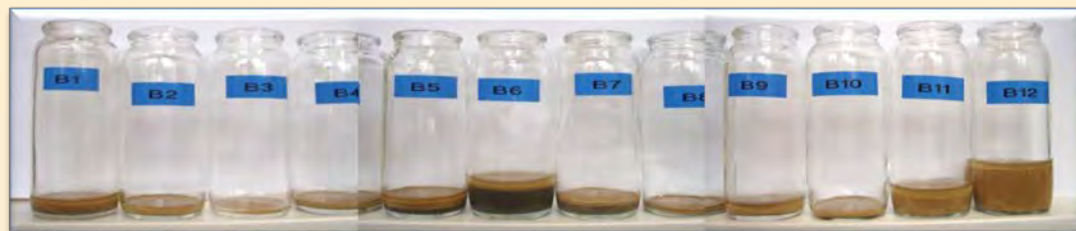


Acquisition de données nécessaires à l'étude

- Mesure toutes les 48-72 heures des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau (CTD);
- Granulométrie des particules collectées;
- Dosage de Ca (*influence marine*), Co, Cr, Fe, Mn et Ni (*influence terrigène*);
- Mesure de la direction (DD) et la force (FF) des vents moyens horaires ainsi que les taux de précipitations journaliers (RR).

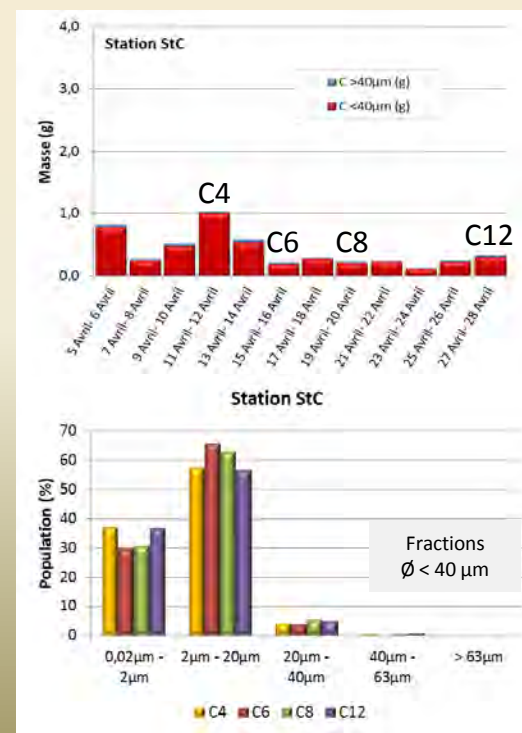
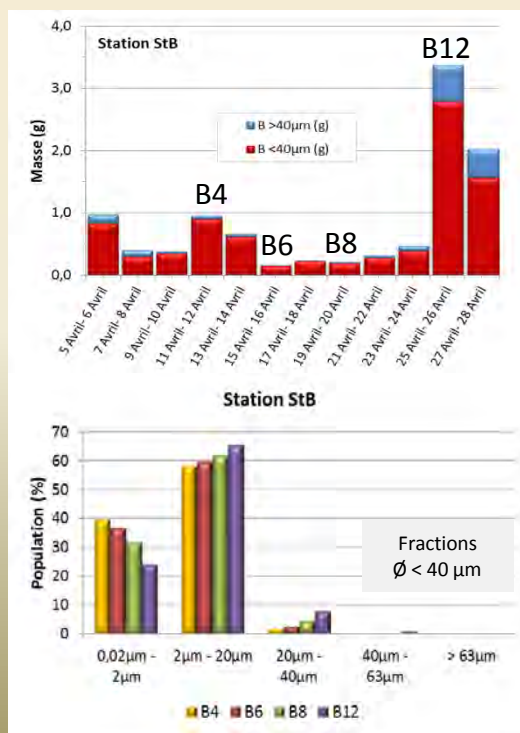
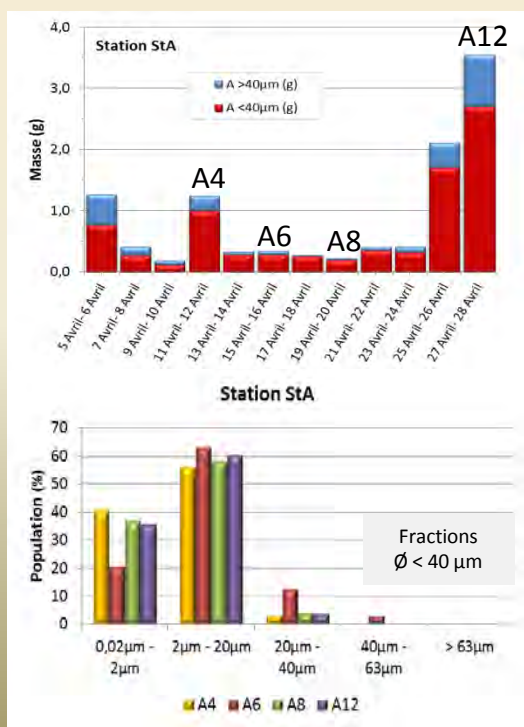
$$\text{Densité de flux (mg/m}^2\text{/j)} = \text{Masse (mg)} / (\text{Section efficace (m}^2\text{)} * \text{Temps collecte (j)})$$

RESULTATS



Pour une série de 12 godets (24 j) et par station:

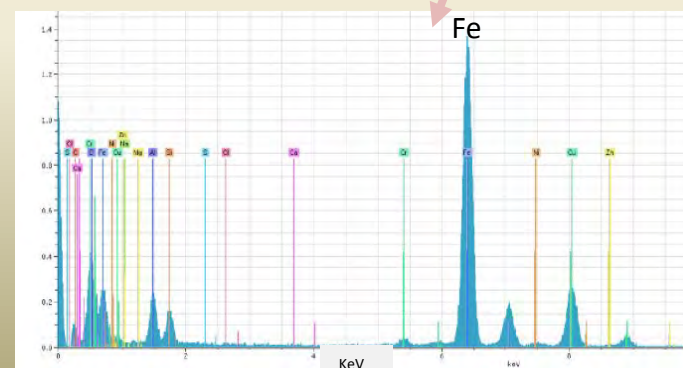
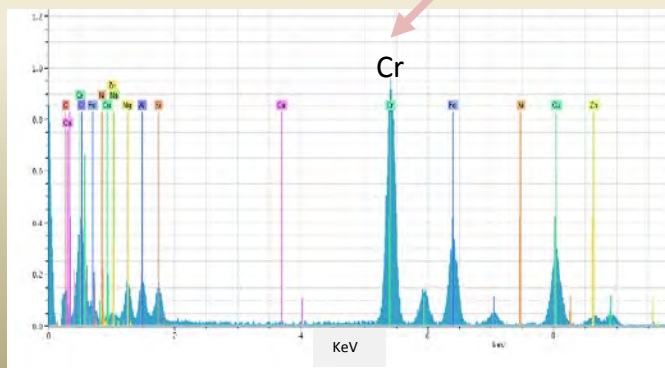
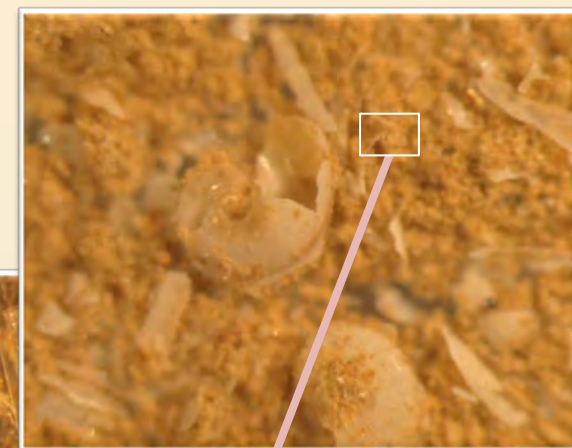
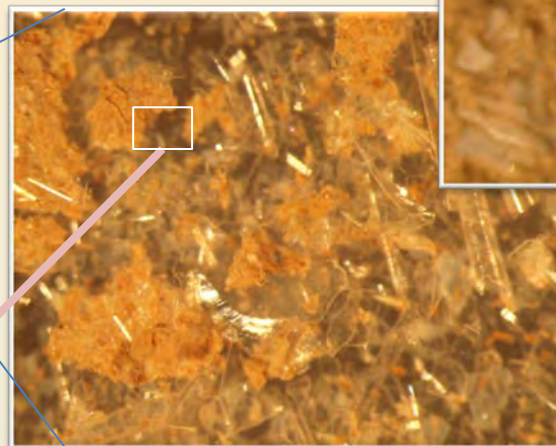
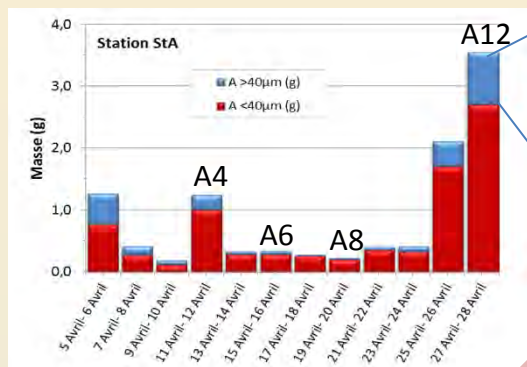
- Variabilité des masses collectées dans le temps;
- Composition granulométrique dominante des particules de $\varnothing < 40 \mu\text{m}$;
- Mode principal des fractions fines ($\varnothing < 40 \mu\text{m}$) se situe dans la classe 2-20 μm , quelle que soit la distance au terme source.



RESULTATS

Composition des fractions grossières ($\varnothing > 40 \mu\text{m}$) aux stations StA et StB :

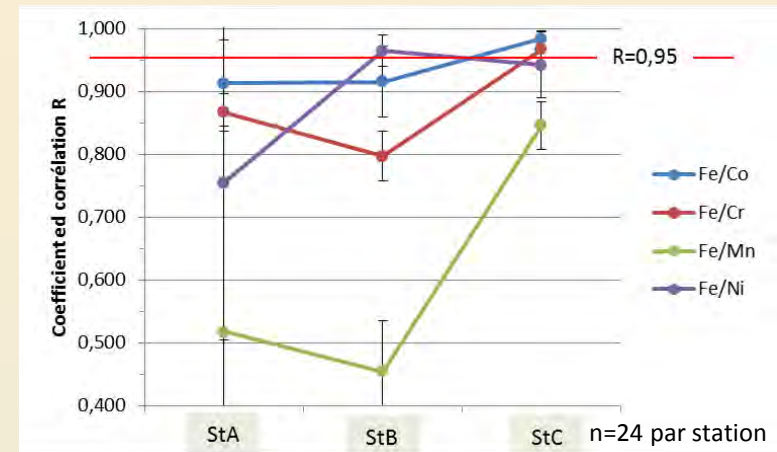
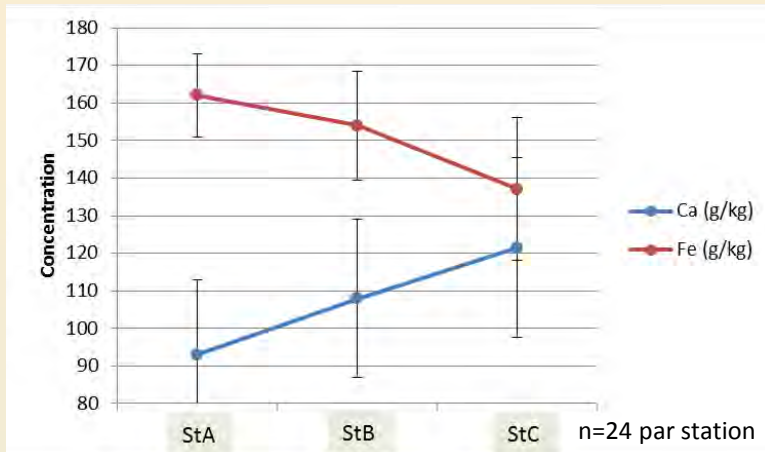
- débris des tests de micro-organismes (zooplancton);
- particules terrigènes bien individualisées abritant des minéraux.



Influence probable de différents termes sources

RESULTATS

Analyse géochimique (Ca, Co, Cr, Fe, Mn et Ni) des fractions de granulométrie $\phi < 40 \mu\text{m}$



En direction du large (StA \rightarrow StC) :

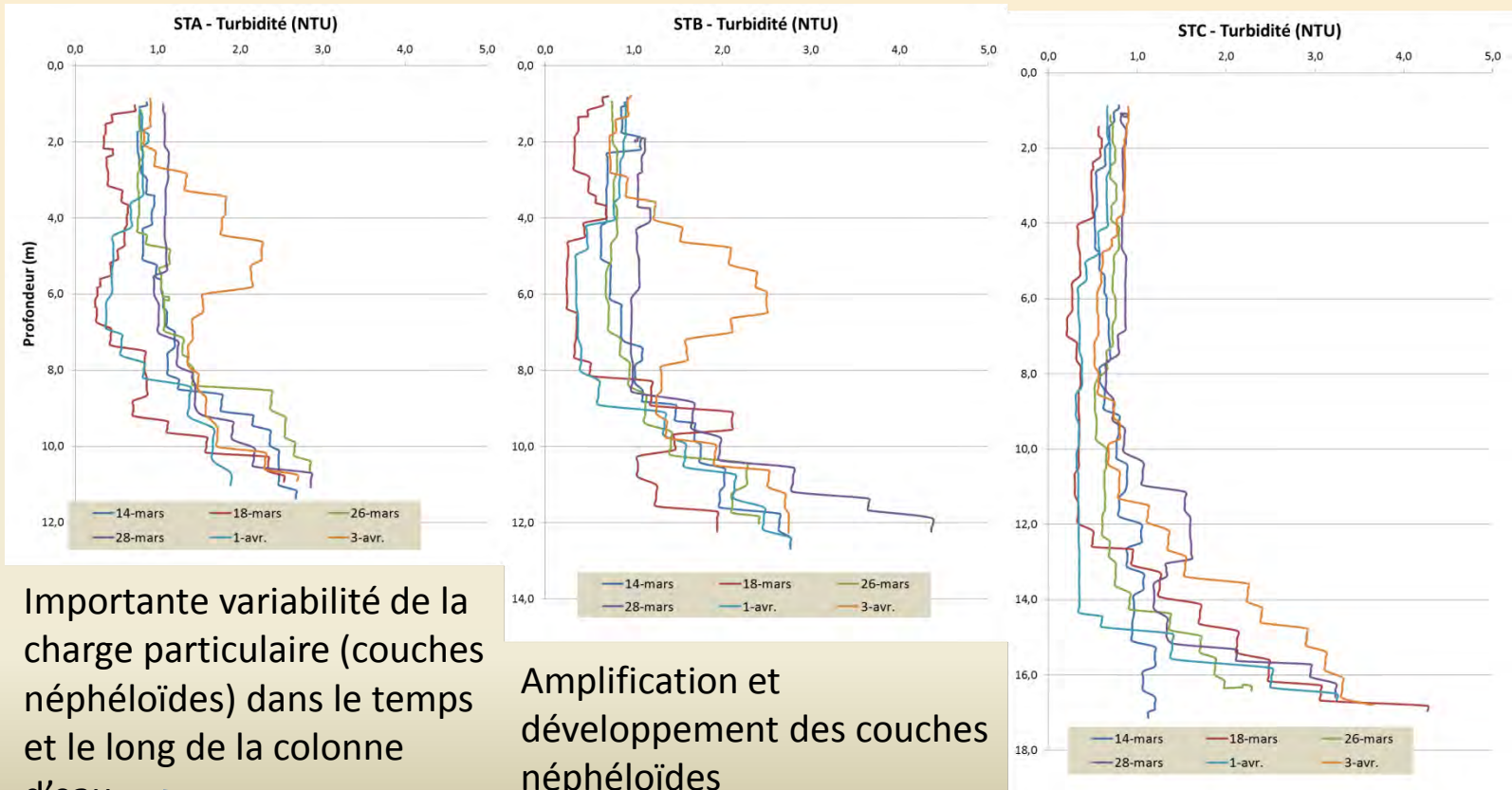
- Augmentation de l'influence marine (Ca);
- Diminution de l'influence terrigène (Fe).

Similarités d'évolution temporelle (12 godets) des concentrations au seuil de corrélation $R > 0,95$:

- Influence terrigène directe, mais très grande variabilité en StA ;
- Influences de divers termes sources en StB ;
- Influence terrigène bien identifiée en StC.

Pour la Baie de Boulari : la station StC est la plus judicieuse pour le suivi globaux des flux.

RESULTATS



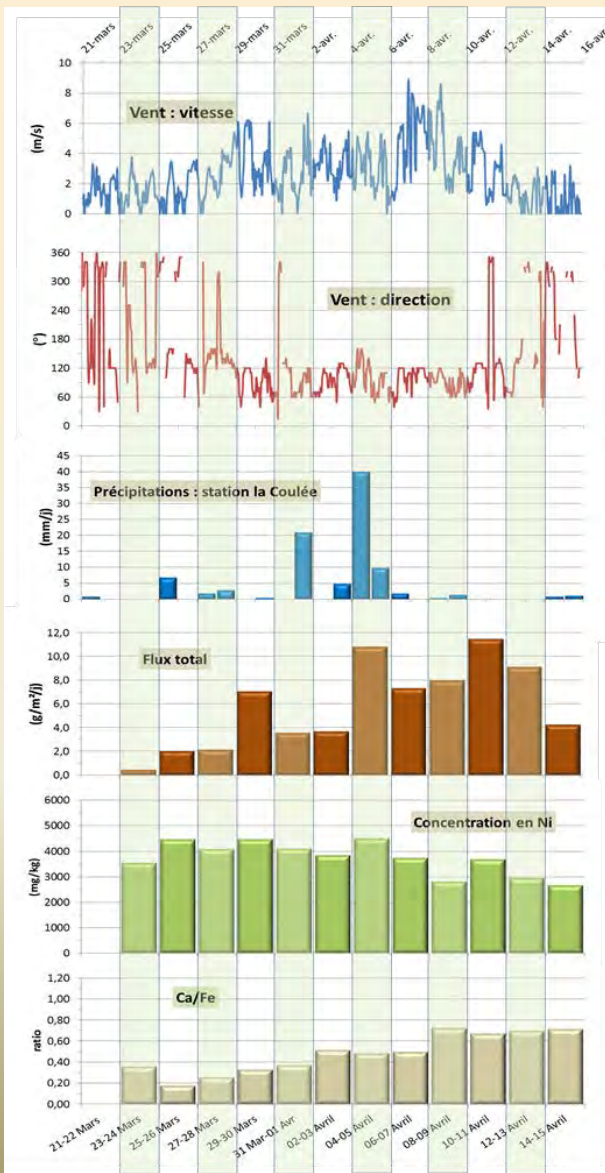
Importante variabilité de la charge particulaire (couches néphéloïdes) dans le temps et le long de la colonne d'eau

Amplification et développement des couches néphéloïdes

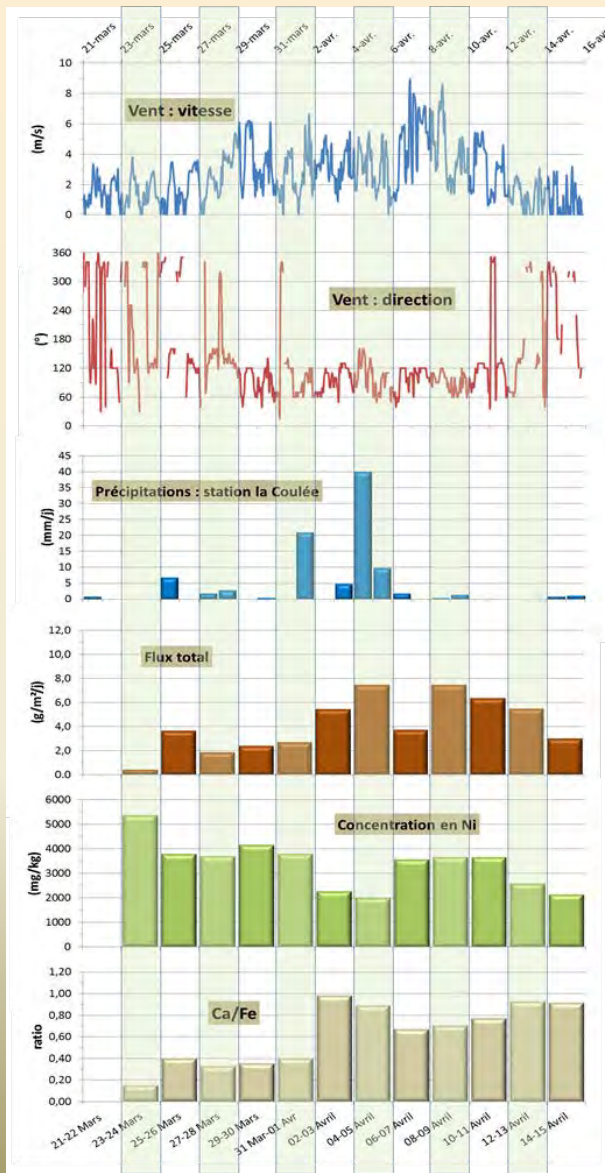
Variabilité atténuée de la charge particulaire et rémanence des couches néphéloïdes benthiques

Degré de détection des impacts sur la Baie de Boulari

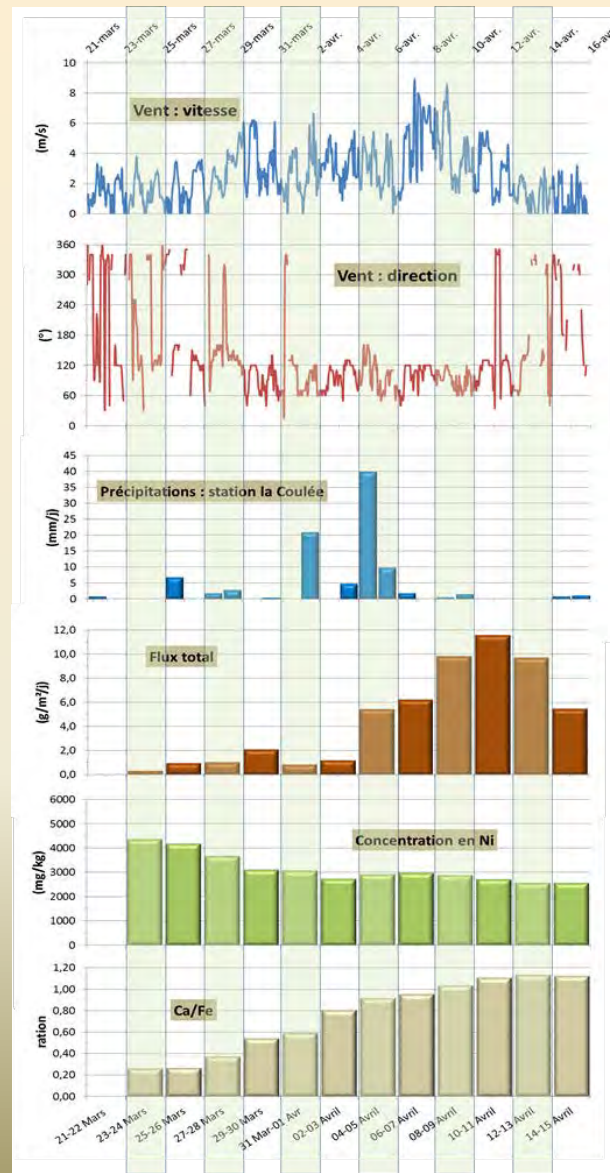
RESULTATS



Station StA



Station StB



Station StC

CONCLUSIONS

Les pièges à sédiment séquentiels

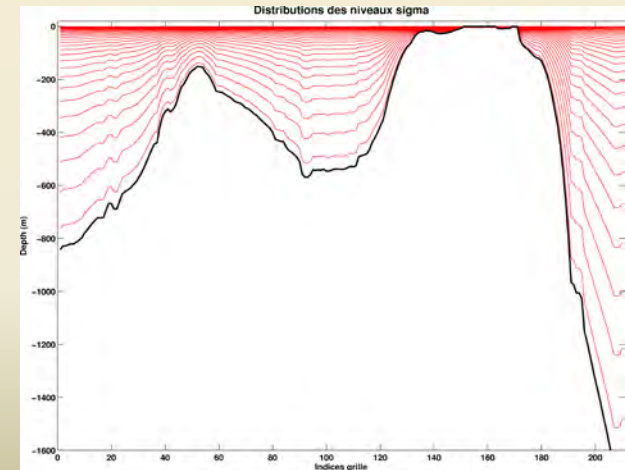
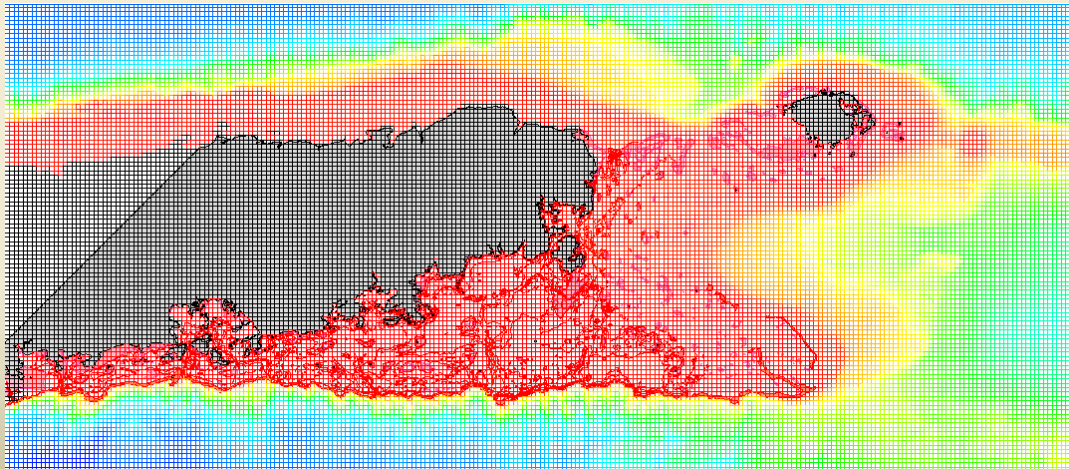
- ❑ Leur utilisation est subordonnée à une connaissance suffisante du site à surveiller par une étude des signatures géochimiques, une modélisation hydrodynamique préalable étant souhaitable ;
- ❑ Ils permettent de retracer un historique des flux (séries temporelles) et de distinguer:
 - une parenté immédiate (creek);
 - une origine plus complexe (resuspension, termes sources,...);
- ❑ La pertinence des interprétations est subordonnée au contexte hydro-climatique (taux de précipitation journalier, direction et vitesse du vent, si possible horaire).

APPORTS DE LA MODELISATION HYDRODYNAMIQUE DANS L'ETUDE DES PROCESSUS DE DEPOSITION

OUTIL: **MARS3D**, modèle hydrosédimentaire permettant la simulation de la dynamique d'une masse d'eau, ainsi que le suivi de particules en suspension: transport et déposition

Qu'est-ce qu'un modèle hydrodynamique 3D?

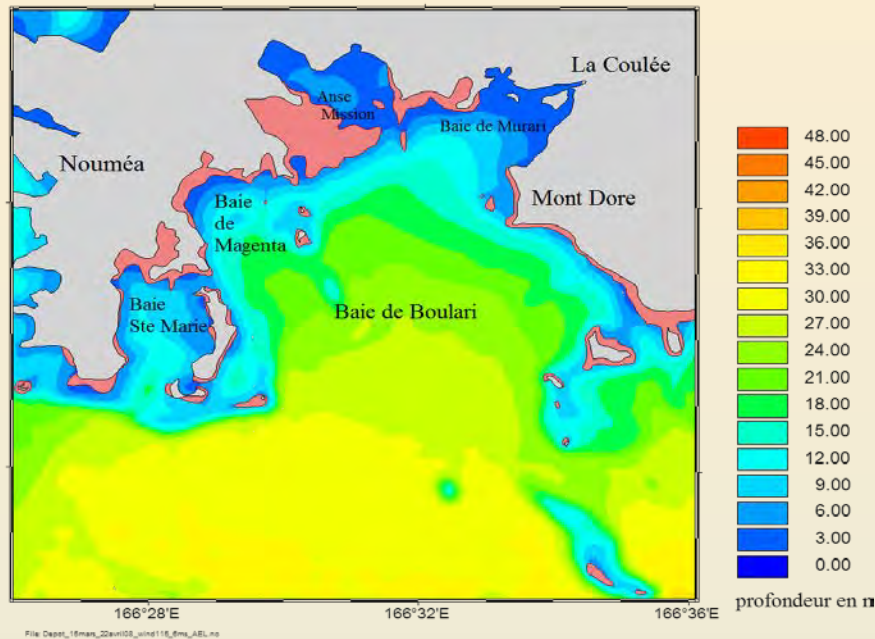
Il s'agit d'une grille de calcul, dans les 3D, constituée de mailles de taille constante ou variable. Elle représente le volume de la baie, du lagon, ou bien de l'océan dont on souhaite modéliser l'hydrodynamique.



À l'aide d'un certain nombre de variables connues, les équations du mouvement (Navier-Stokes) sont résolues en chacune de ces mailles en chaque pas de temps, permettant la simulation des masses d'eau dans la zone étudiée.

Pour tourner, le modèle nécessite des conditions initiales et frontières:

- Une bathymétrie et un trait de côte fiables:



- Les conditions météorologiques régnantes:

- *Vent*
(vitesse , direction)



- *Précipitations*
(apports par les rivières)



- *Flux de chaleur*



- *La marée*



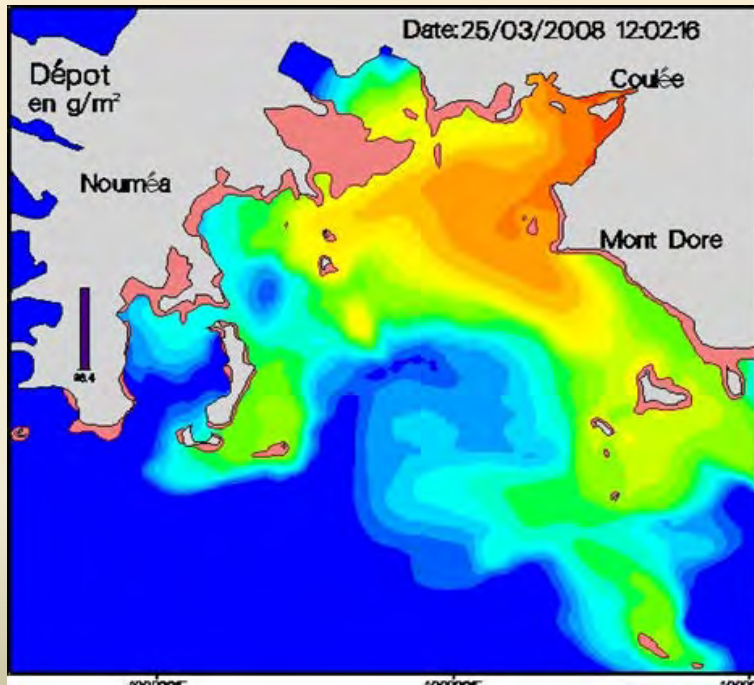
Une fois ces informations renseignées, le modèle est capable de reproduire: **la dynamique des masses d'eau** ainsi que le **transport des particules** depuis leur rejet par les rivières jusqu'à leur **déposition**.

L'INTERET DU MODELE:

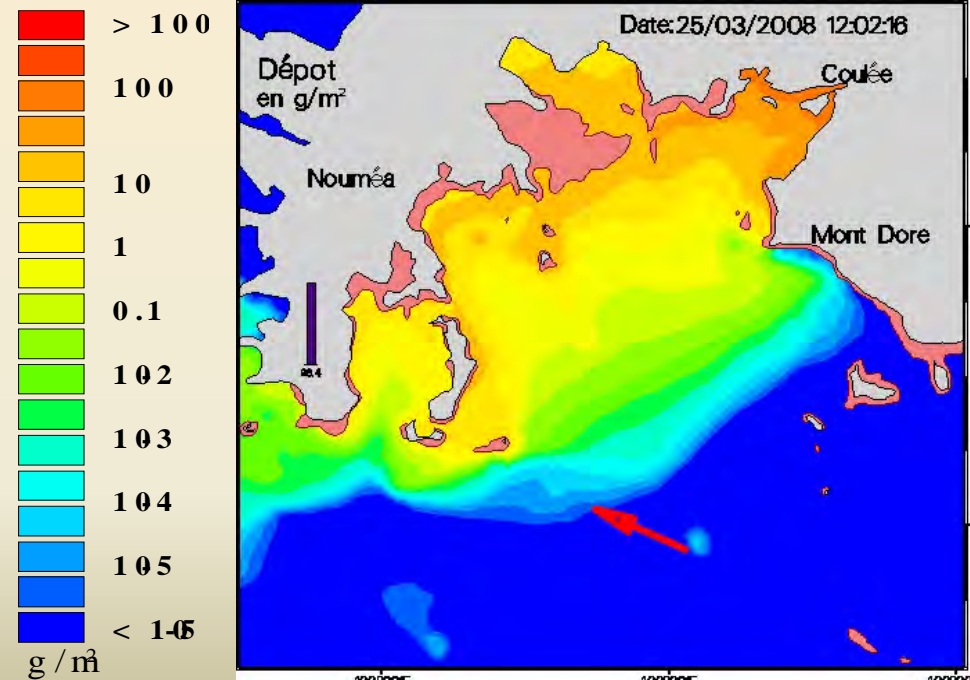
- Continu dans le temps et l'espace
- Simule des évènements fictifs ou réels
- Permet l'étude décomposée des différents forçages

Exemple d'une comparaison entre les dépôts obtenus dans différents scénarios de vent, une semaine après le début d'une crue:

SANS VENT

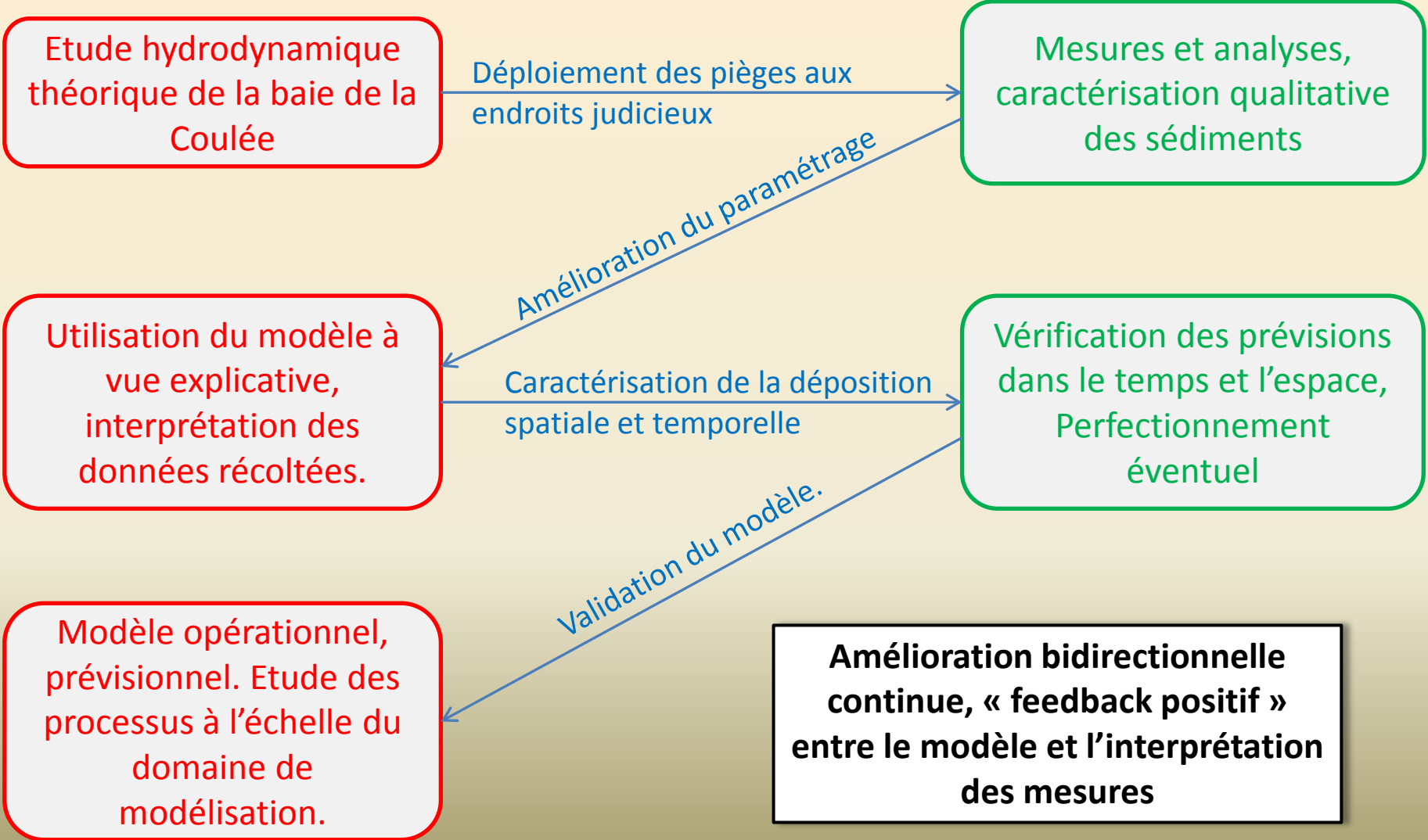


VENT ALIZE, 6 m/s



Visualisation du caractère non-linéaire du phénomène de déposition, qui avait été retranscrit par l'étude des pièges à sédiments.

Rétroaction du système complémentaire: « **Modèle** – **Mesures** »

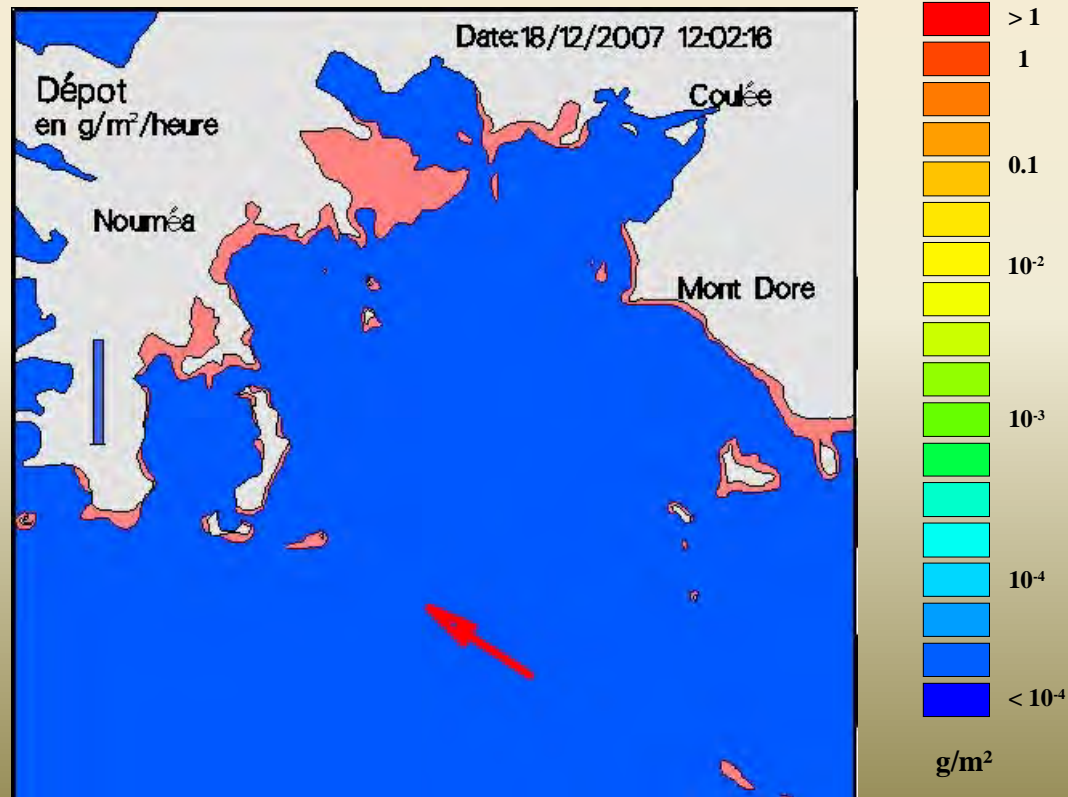


CONCLUSION

- L'acquisition des données *in situ* est **ponctuelle** et **locale**. Leur étude **qualitative** permet le **paramétrage** du modèle, leur étude **quantitative** permet sa **validation**.
- Le modèle fournit des **compléments d'informations** dans le **temps** et dans **l'espace**.
- Étudiés conjointement, **Modèle et mesures** poussent plus loin **l'interprétation des données** récoltées et l'explication des **processus associés**.

Exemple d'un dépôt journalier en conditions météo réelles:

Concentration initiale
arbitraire à l'embouchure de
la Coulée: **100mg/l**



2013

RENDU

*Titre : Caractérisation de la pression par transplantation in-situ de bivalves bioaccumulateurs **Bractechlamys vexillum** et **Pinctada maculata***

De : Stéphanie PLUCHINO, BRUNO ANDRAL, Shilpa KUMAR-ROINE ; Jean-Michel FERNANDEZ & Ludovic BREAU

Septembre 2013

ADIIP

(AMELIORATION / DEVELOPPEMENT D'INDICATEURS D'IMPACTS ET DE PRESSION)

**CNRT
NICKEL**
& son environnement



Ifremer

2014

RENDU

*Titre : Caractérisation de la pression par transplantation in-situ du bivalve bioaccumulateur **Modiolus auriculatus***

DE : STEPHANIE PLUCHINO, JEAN-MICHEL FERNANDEZ

Juin 2014

ADIIP

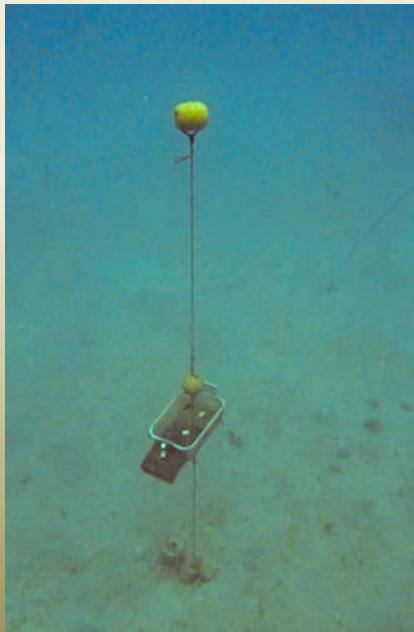
(AMELIORATION / DEVELOPPEMENT D'INDICATEURS D'IMPACTS ET DE PRESSION)

**CNRT
NICKEL**
& son environnement



Caractérisation de la pression par transplantation in-situ de bivalves bioaccumulateurs

Stéphanie Pluchino, Bruno Andral, Shilpa Kumar Roine,
Jean-Michel Fernandez, Ludovic Breau



Plan de la présentation

1. Définition et contexte
2. Méthodologie
3. Résultats et discussion
4. Conclusion

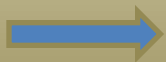
DÉFINITIONS

Caractéristiques **bio-accumulateurs** quantitatifs

- Accumulateurs des contaminants sans effet létal;
- $C_{\text{individu}} > C_{\text{milieu}}$ et $C_{\text{individu}} = f(C_{\text{milieu}})$;
- Organisme sédentaire, abondant et résistant;
- Durée de vie longue.

Bioaccumulation

- Processus par lequel un organisme vivant absorbe (voie directe ou trophique) une substance à une vitesse plus grande que celle avec laquelle il l'excrète ou la métabolise.
- Résultante de trois processus complexes:
 - A l'échelle de l'organisme (physiologie);
 - A l'échelle du contaminant (nature physico-chimique);
 - A l'échelle du milieu (variabilité spatio-temporelle).



Relation entre la concentration dans l'organisme et celle du milieu.

CONTEXTE

Bioaccumulateur universellement utilisé pour une surveillance environnementale : EX: réseau RINBIO (France) , Mussel Watch (USA) ...

En NC: travaux initiés depuis 1999 (UR 103) en collaboration avec l'université de la Rochelle et l'AIEA → identification bioaccumulateurs tropicaux (suivi minier)

→ Validation de deux espèces *Isognomon isognomon*, *Lobophora variegata* (Breau, 2003; Hédoïn, 2006)

Retour d'expérience met en évidence les points suivants:

- ✓ L. Variegata:
 - Mortalité importante et disparition quasi-totale (broutage, décomposition);
 - Manipulation en laboratoire délicate pour nettoyer la surface des frondes (risque de contamination résiduelle non maîtrisé)
- ✓ I. Isognomon:
 - Point de vigilance: diminution des populations récoltées pour les programmes de surveillance

OBJECTIFS

- ❖ Explorer de nouvelles espèces transplantables;
- ❖ Compléter et/ou remplacer les indicateurs utilisés (L. variegata).

Trois espèces pressenties

- Bractechlamys vexillum
- Pinctada maculata
- Modiolus auriculatus



B.vexillum: forte population mais mortalité à la manipulation en laboratoire

Conduite des premières études exploratoires sur les potentialités de
P.maculata et M.auriculatus

Suivre les cinétiques d'accumulation et d'élimination des métaux et HAP par la technique des transplants (caging) :

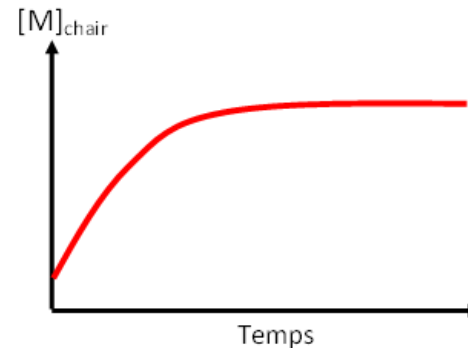
METHODOLOGIE

Principe de la technique

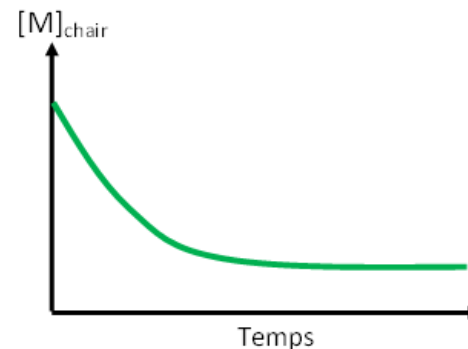
1. Récolte des organismes dans un site de référence ;
2. Immersion des organismes sur le site contaminé pour suivre l'évolution de la phase dite de contamination dans les chairs;
3. Nouvelle immersion sur un site « non contaminé » pour suivre l'évolution de la phase dite d'élimination dans l'organisme.



Transplantation d'un site peu contaminé à un site contaminé

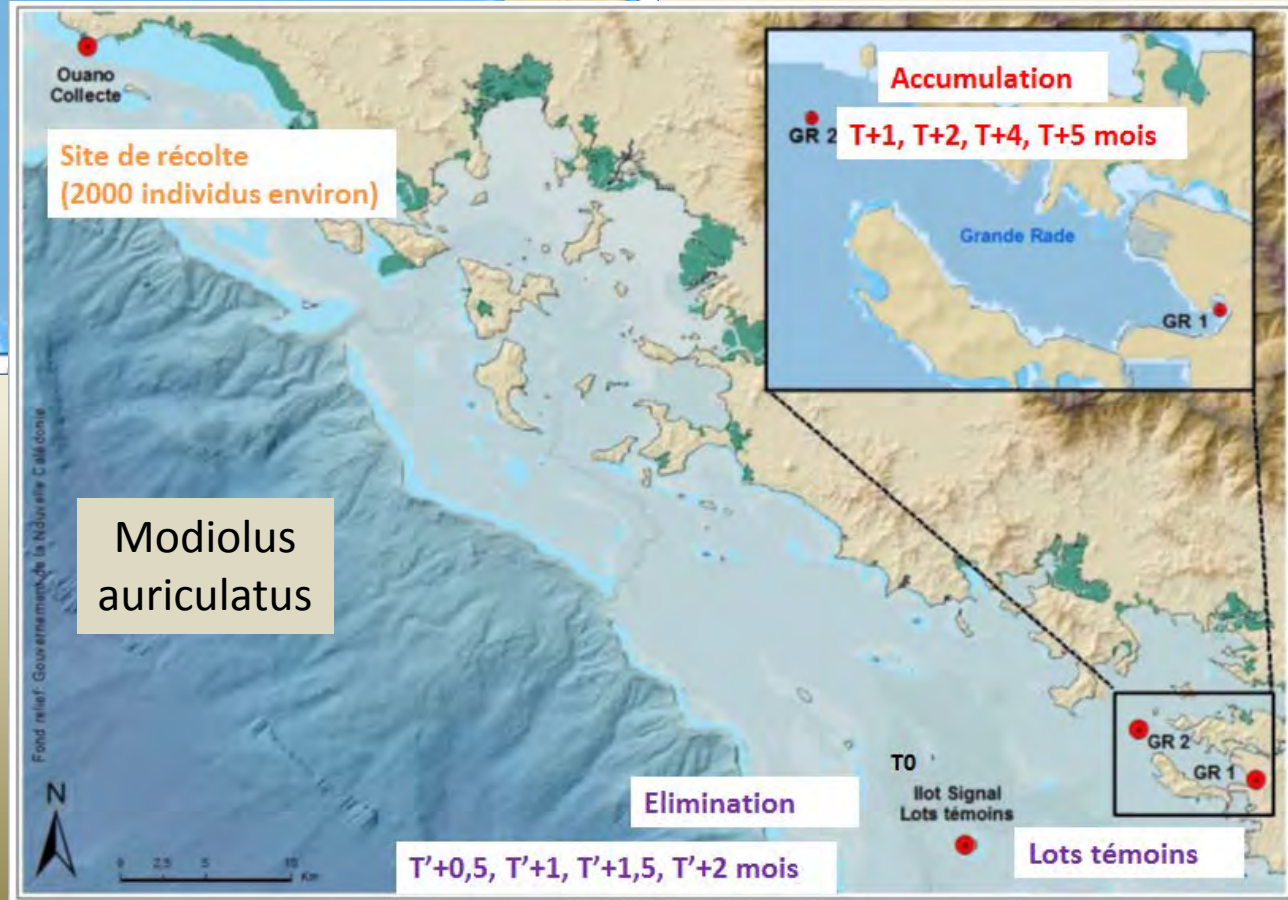
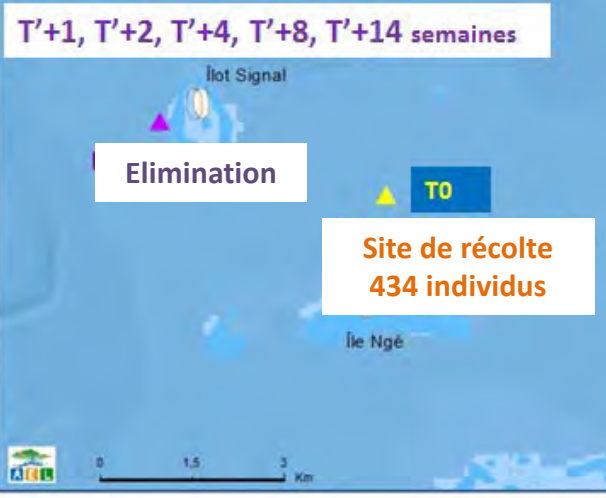


Transplantation d'un site contaminé à un site peu contaminé





Métaux dissous	Co (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/l)
Gde Rade	0,17±0,06	1,38±0,78	4,72±1,40
Îlot Signal	0,02±0,01	0,19±0,05	0,34±0,10



Sels nutritifs	Chl A µmol/L	COP mg/1 mg
Gde Rade	1,38 ±0,90	0,127 ±0,015
Îlot Signal	0,22 ±0,07	0,070 ±0,013

Modiolus auriculatus

Fond relief: Gouvernement de la Nouvelle Calédonie

Protocole analytique



Prélèvement lot

Brossage, rinçage, dépuraction 24 h sous bullage, grattage

Mesure de la longueur de coquille



Décoquillage et égouttage

Mesure du poids frais gonade, poids total chair humide et poids coquille sèche

Lyophilisation et broyage

Mesure du poids chair sèche et analyse concentration métaux et HAPs dans la chair

Pinctada: Analyses individuelles
Modiolus: Analyses par lot de 65 individus

RESULTATS

L'étude des cinétiques d'accumulation et d'élimination permet de dégager les points suivants:

Pinctada maculata

- ❑ **Distinction de trois groupes dans les réponses d'accumulation/élimination des métaux :**
 - As, Cd, Cr (et Fe): forçage de la physiologie de l'organisme;
 - Cu, Mn, Zn (et Ni): forçage environnemental;
 - Co et Pb: inférieur aux limites de quantification.

- ❑ **L'accumulation des HAP**
 - pas de cinétique distincte pour les HAP totaux (forçage environnemental ou physiologique);
 - des différences suivant les HAPs.

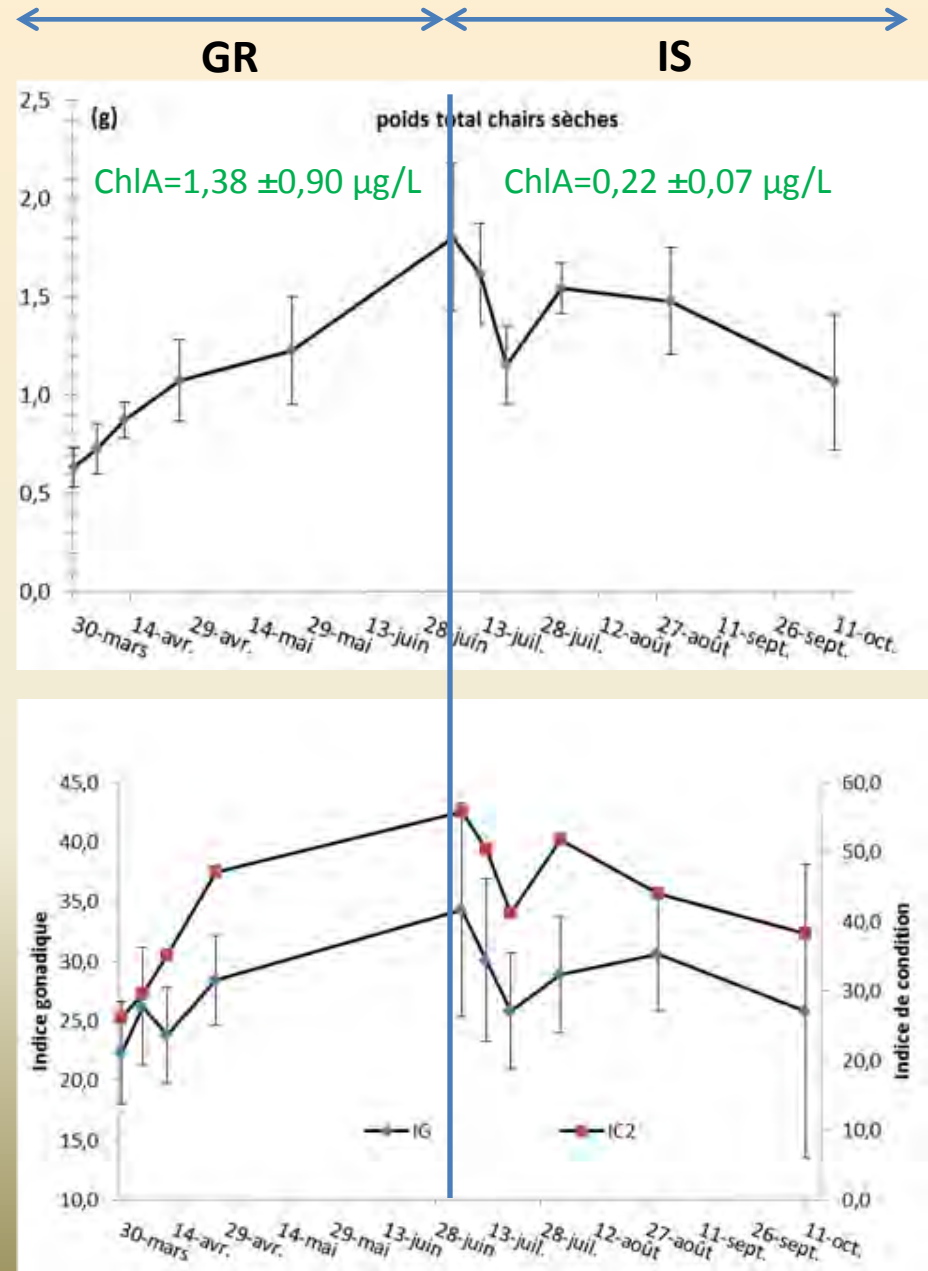
Modiolus auriculatus

- ❑ **Malgré l'interruption des expériences suite à la mortalité de la quasi-totalité des lots (4 mois d'immersion), les modioles montrent potentiellement des capacités intégratrices de la plupart des éléments étudiés suivant trois groupes :**
 - As, Cd;
 - Co, Ni, Cr, Pb et Zn;
 - Cu, Fe et Mn.

Pinctada maculata

Suivis de croissance

- Variations spatio-temporelles
- Forçages environnementaux
 - Qualité et quantité nutritive (chl a, COP, NOP)
 - Température, turbidité, salinité, métaux dissous ...
- Cycle biologique
 - Condition physiologique (IC)
 - Cycle reproducteur (IG)
- Croissance tissulaire/coquillière
- Croissance significative en poids et en taille sur la phase I et perte de poids pendant la phase II et ralentissement de la croissance
- Ponte suspectée entre le 5 et 19 juillet (stress, chute de T° -1,5°C)



Pinctada maculata

Forçage physiologique (As, Cd, Cr et Fe) - Exemple du Cadmium

- **Accumulation**

- ✓ Décroissance significative couplée à la croissance 1

- **Elimination**

- ✓ Influence de la ponte = **effet concentration** 2

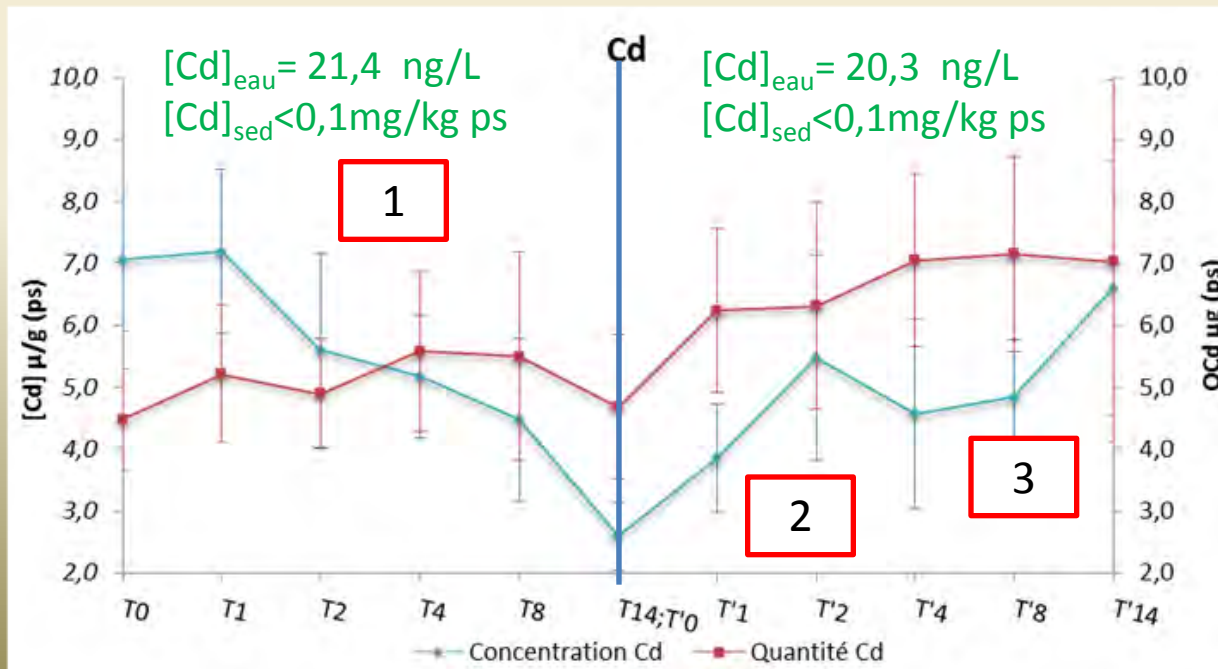
- ✓ Stabilisation 3

- **Interprétation**

- ✓ GR n'est pas un site de référence pour la contamination en Cd

- ✓ L'organisme n'est pas soumis au forçage de la contamination, l'hypothèse est donc un forçage physiologique prépondérant = état de pseudo équilibre

- ✓ Corrélation inverse avec poids de chair ($r^2=0,72$)
→ **phénomène de dilution /concentration**



Pinctada maculata - Forçage environnemental (Cu, Mn et Zn - Ni?)

Exemple du Cuivre

- **Accumulation**

- ✓ Accumulation asymptotique
= contamination (+39%)
- effet du milieu ($[Cu]_{\text{eau}}$)

1

- **Interprétation**

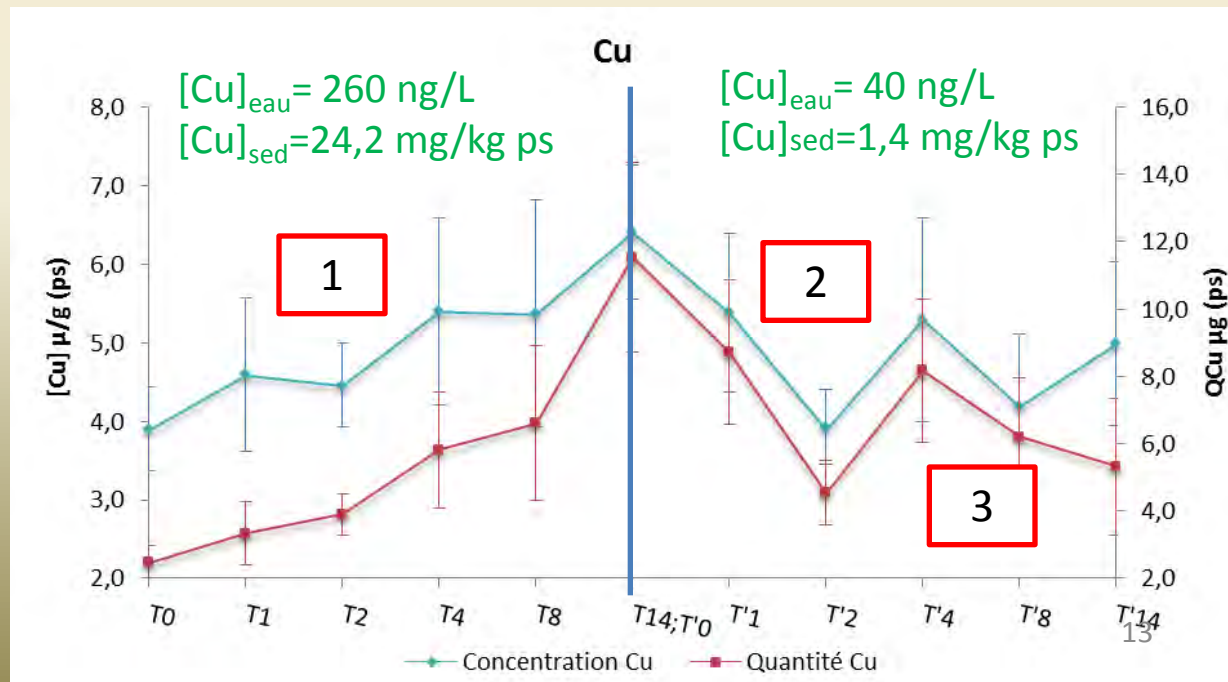
- ✓ Corrélation avec Cu dissous ($r^2=0,57$)
- ✓ Les gonades siège d'accumulation Cu
- ✓ **Pinctada** semble être accumulateur du Cu mais équilibre avec le milieu non atteint

- **Elimination**

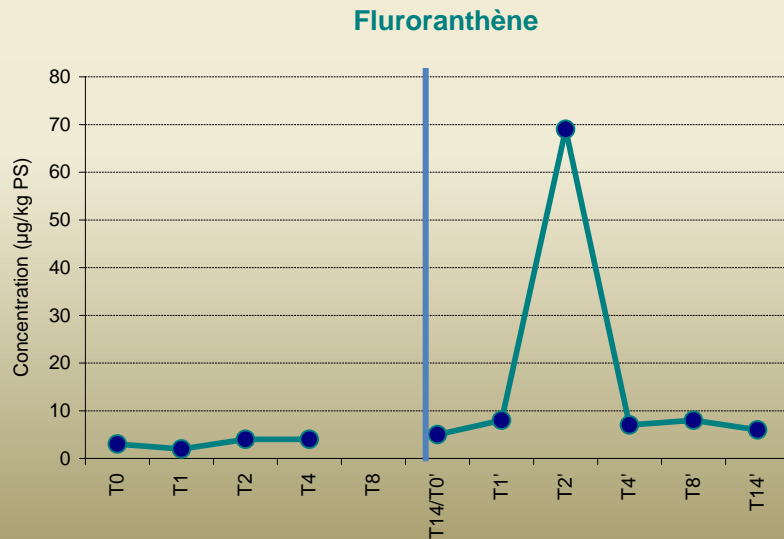
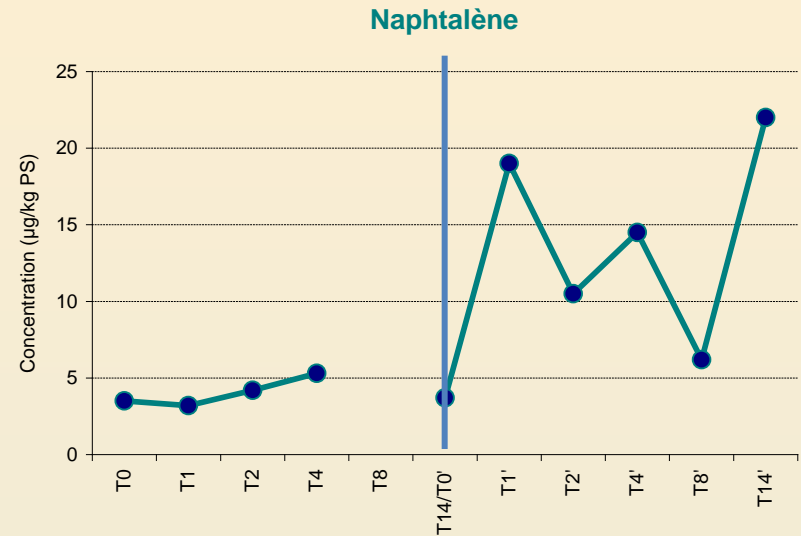
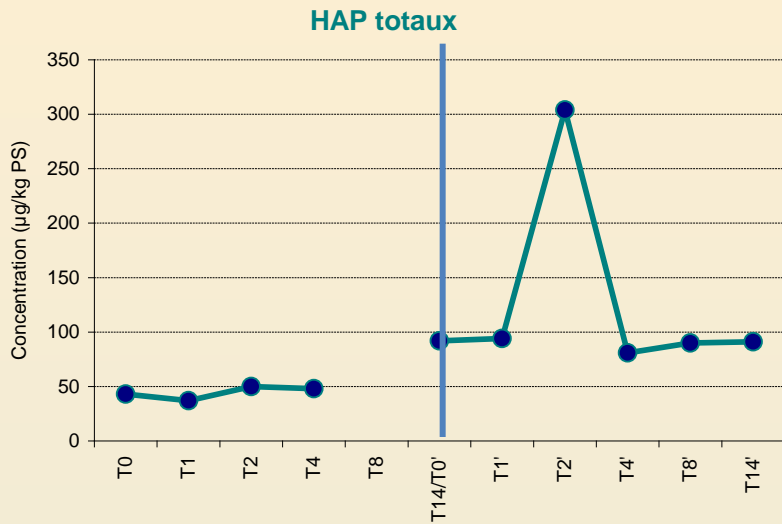
- ✓ Impact ponte
= perte $[Cu]$
- ✓ Stabilisation
= effet transplantation sur site propre

2

3



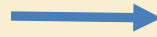
Pinctada maculata - HAPs



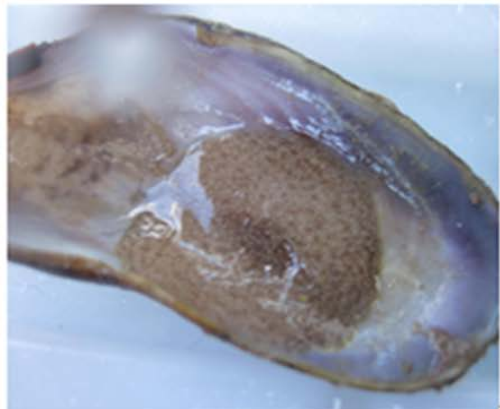
- Des niveaux élevés de HAPs dans les sédiments de la Grande Rade (177 mg/kg) par rapport à l'Îlot Signal (44 µg/kg);
- Pas de cinétiques de contamination décontamination claires;
- Une évolution HAP totaux très influencée par celle du fluoranthène et autres HAPs associés (i.e. pyrène, benzo(a) anthracène, etc.);
- Une évolution différente pour naphthalène et phénanthrène, avec une augmentation dans la zone de décontamination inexplicée.

Modiolus auriculatus

Mortalité/prédation importante

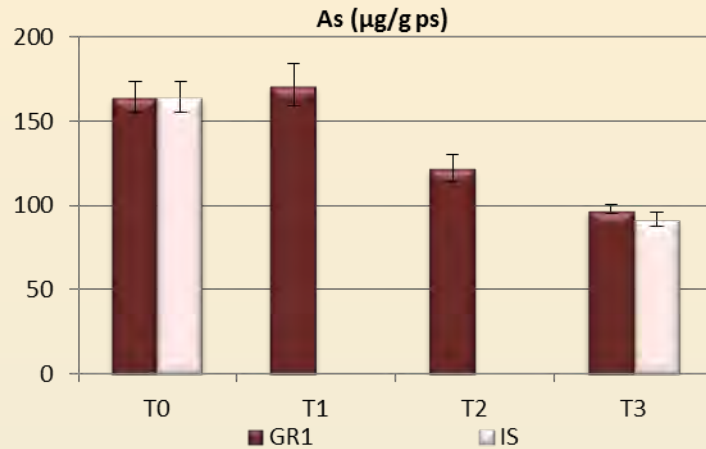


Arrêt de l'expérience 2 mois avant la fin de la phase d'accumulation



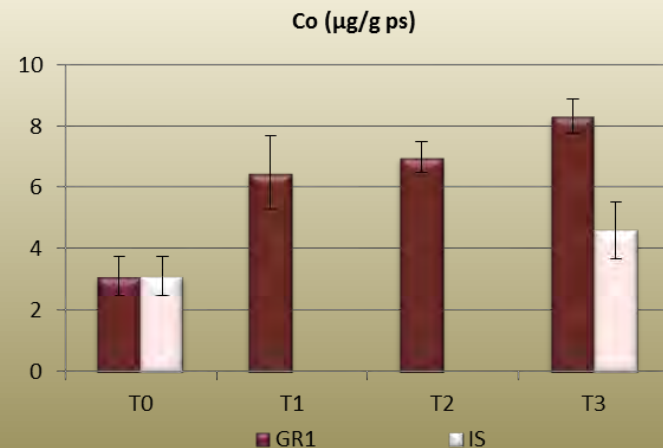
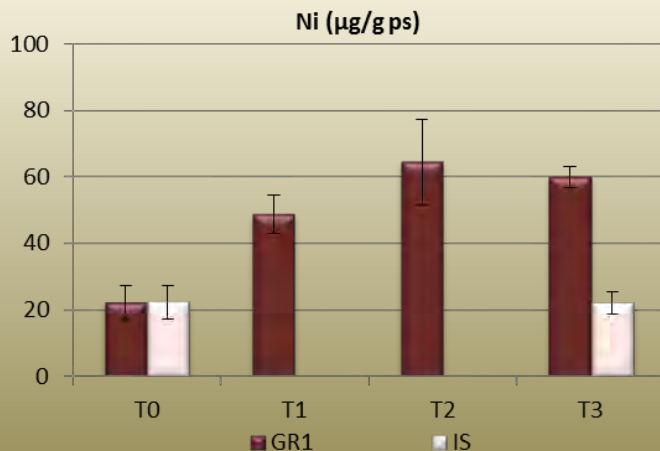
Modiolus auriculatus

Exemples de cinétiques d'accumulation



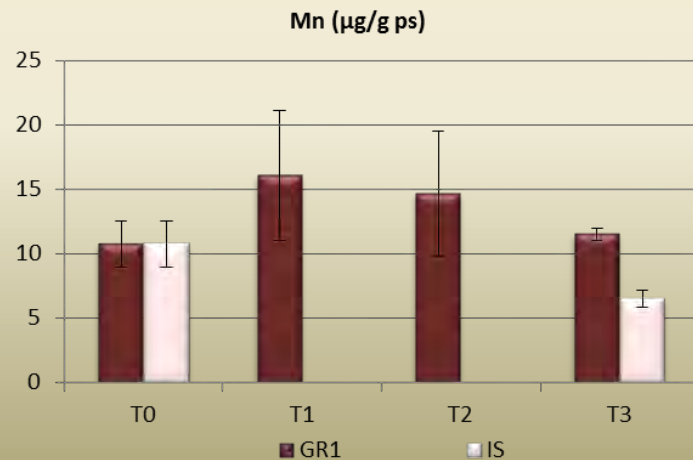
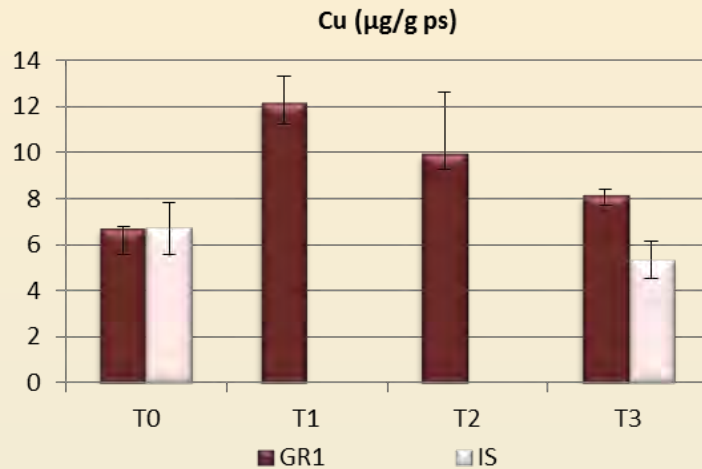
- Décroissance significative pour As (et Cd);
- As semble plus disponible sur le site de résidence (*Hédouin, 2010*);
- Le bivalve semble être un bon bioaccumulateur de As.

- Accumulation significative à GR (facteur 3 et 4 environ);
- Mise en évidence d'un pseudo-équilibre dès les deux premiers mois d'exposition;
- Le bivalve semble être un bon bioaccumulateur de Co, Cr, Ni, Pb et Zn.



Modiolus auriculatus

Exemples de cinétiques d'accumulation



- Augmentation significative entre T0 et T1 à GR1 pour Cu, Fe et Mn;
- Pas d'équilibre, mais une diminution des concentrations qui pourrait s'expliquer par les variations, de ces métaux, observées dans l'eau.



Hypothèses : Le bivalve est un bioaccumulateur sensible vis-à-vis des concentration de Cu, Mn et Fe dans l'eau ou bien il régule ces éléments.

CONCLUSION

P. maculata

- Faible mortalité;
- Gisement abondant ;
- Milieux écologiques variés;
- Facile à récolter et à manipuler;
- Capacités bioaccumulatrices de Cu, Mn, et Zn ;
- Non atteinte de l'équilibre au bout de trois mois. → Cinétique lente

M. auriculatus

- Mortalité massive par prédation;
 - Faible gisement supposé;
 - Zone intertidale;
 - Récolte laborieuse;
 - Capacités bioaccumulatrices révélées pour la plupart des métaux étudiés.
- Cinétique probablement rapide

	Abondance	Echantillonnage simple	Protocole analytique simple	Transplantation simple	Capacités de bioaccumulation
Pinctada maculata	****	****	****	****	**
Modiolus auriculatus	*	**	***	**	***
Bractechlamys vexillum	****	***	N/A	N/A	N/A
Isognomon isognomon	***	***	**	***	***
Gafrarium tumidum	****	**	**	***	****

2013

RENDU

Titre : Evolution a moyen terme (échelle 10-100 ans) des fractions dissoutes et particulaires de métaux (termes source ou puits des constructions sédimentaires

De : Jean-Dominique MEUNIER
Mariana de Oliveira Rasa
BONHSACK, Olivier GRAUBY, Jean-Michel FERNANDEZ

Septembre 2013



ADIIP

(AMELIORATION / DEVELOPPEMENT D'INDICATEURS D'IMPACTS ET DE PRESSION)



Projet « ADIIP »

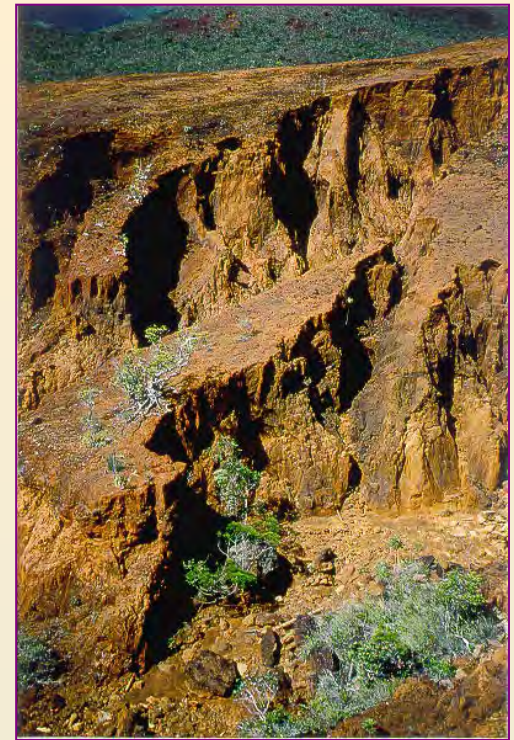
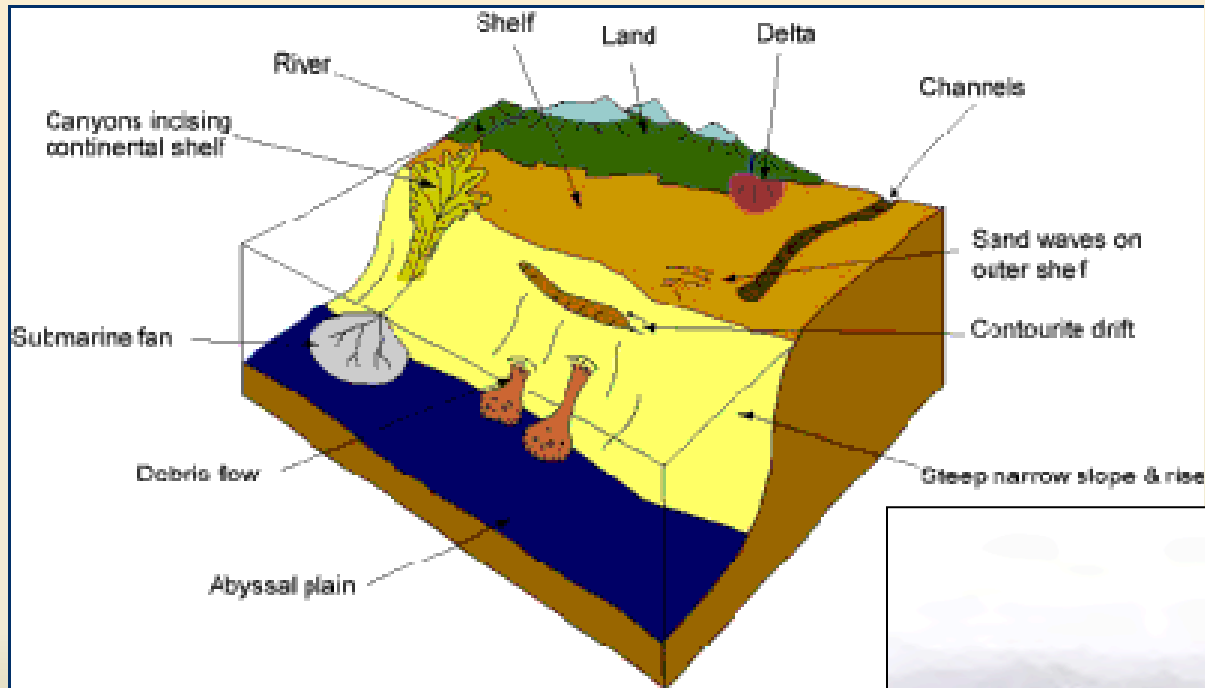
Renaud FICHEZ

Sommaire de la présentation

- Contexte
- Objectifs
- Méthodologie
- Résultats et interprétation
- Conclusion

CONTEXTE DE L'ETUDE

L'érosion : processus naturel → formation de structures prodeltaïques



- **Les sols** : lessivage des surfaces accentué par la dévégétalisation (déstabilisation)
- **Les métaux** : ils sont transportés par les argiles et les oxydes

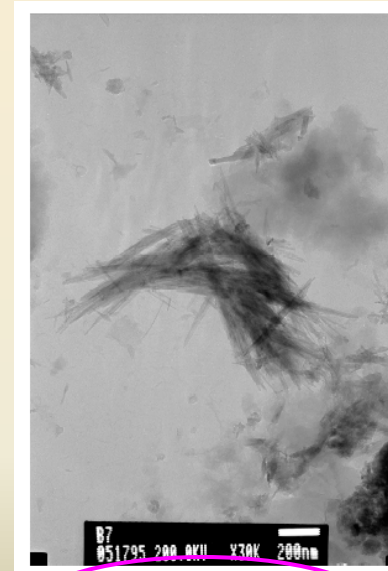
CONTEXTE DE L'ETUDE

Les sédiments déposés en mer conduisent à des recombinaisons géochimiques :
→ phénomènes de néoformation d'argiles (diagénèse)

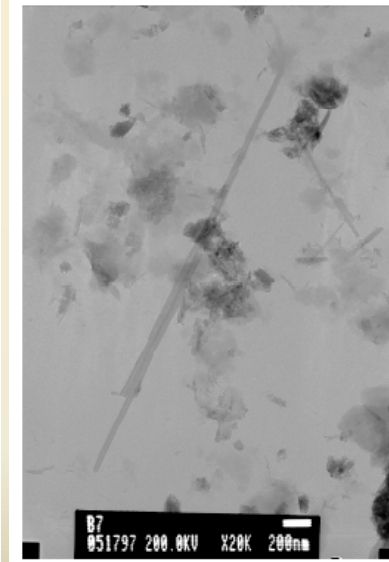
PNEC (2010) : identification des principales phases porteuses des métaux dans les sédiments de NC:

- Goethite;
- Serpentine.

n = 216	Fe	Co	Cr	Mn	Ni	Cu
Fe	1	0,992	0,985	0,985	0,986	0,021
Co	0,992	1	0,982	0,989	0,991	0,023
Cr	0,985	0,982	1	0,960	0,965	0,036
Mn	0,985	0,989	0,960	1	0,984	0,016
Ni	0,986	0,991	0,965	0,984	1	0,015
Cu	0,021	0,023	0,036	0,016	0,015	1



Goethite nickélique
- FeO-OH



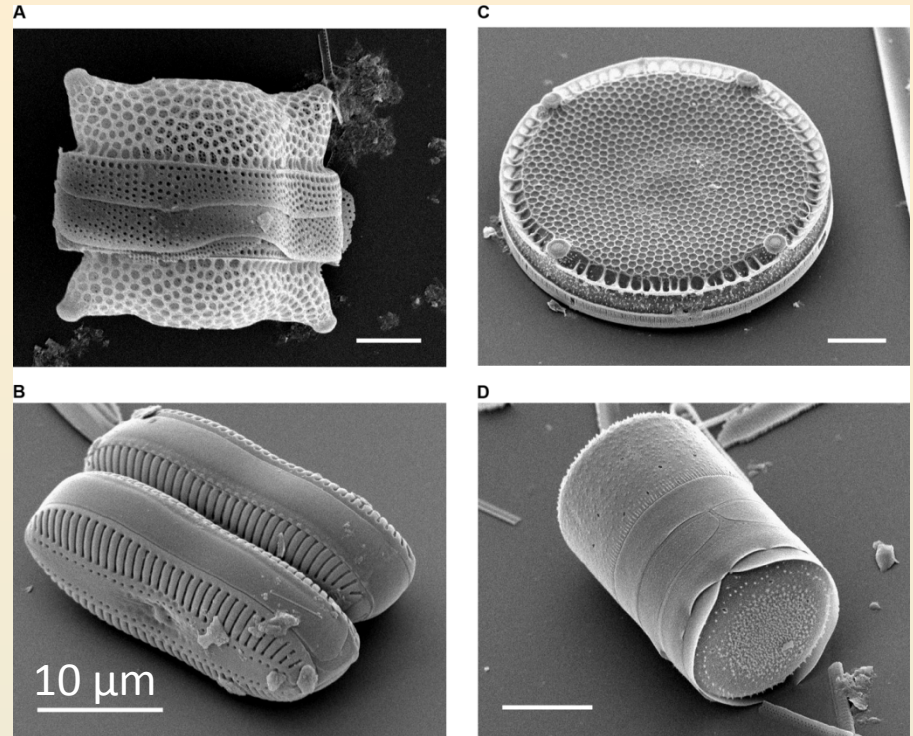
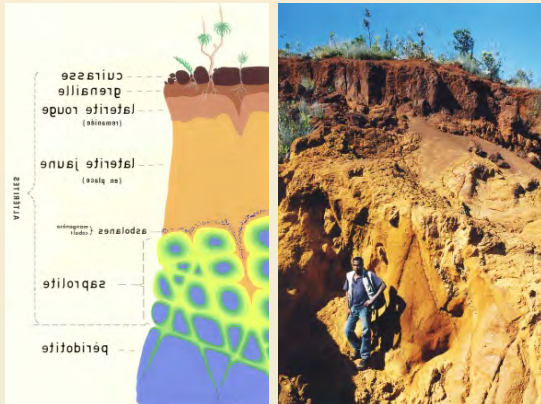
Serpentine (Lizardite ?)
 $Mg_6[Si_4O_{10}(OH)_2](OH)_6$

Principale phase porteuse de Co, Cr, Mn, Ni

OBJECTIF DE L'ETUDE

Enfouissement (vieillesissement)

→ « diagénèse précoce »



Oxydes :

dissolution en milieu réducteur
(sédiment) fournit Al et les métaux

Frustules de diatomées :

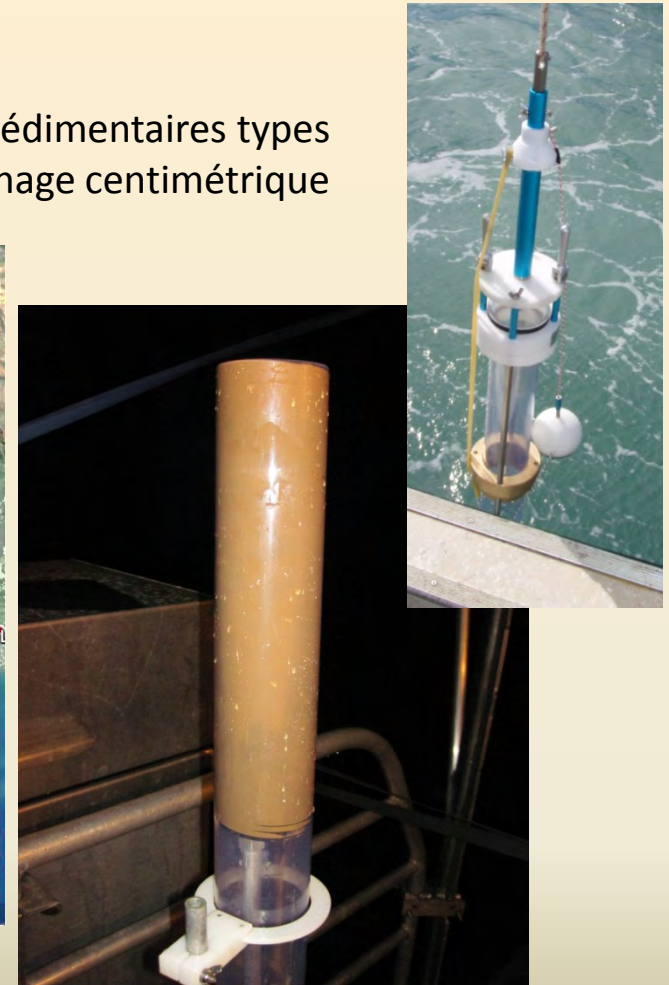
dissolution des tests fournit la silice des argiles

Argiles
authigènes

Piégeage des métaux sur le long terme ???

METHODOLOGIE

Echantillonnage : prélèvement de carottes de deux dépôts sédimentaires types (Baie de Boulari (34 cm) et Baie Maa (22 cm)) et échantillonnage centimétrique

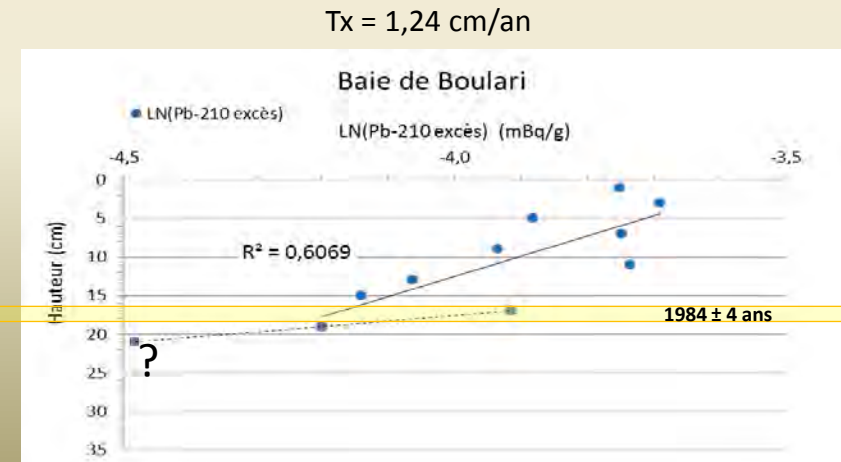
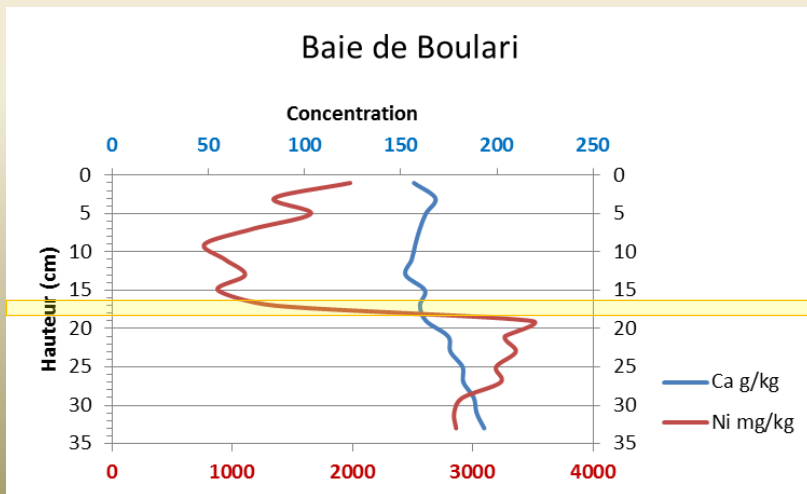
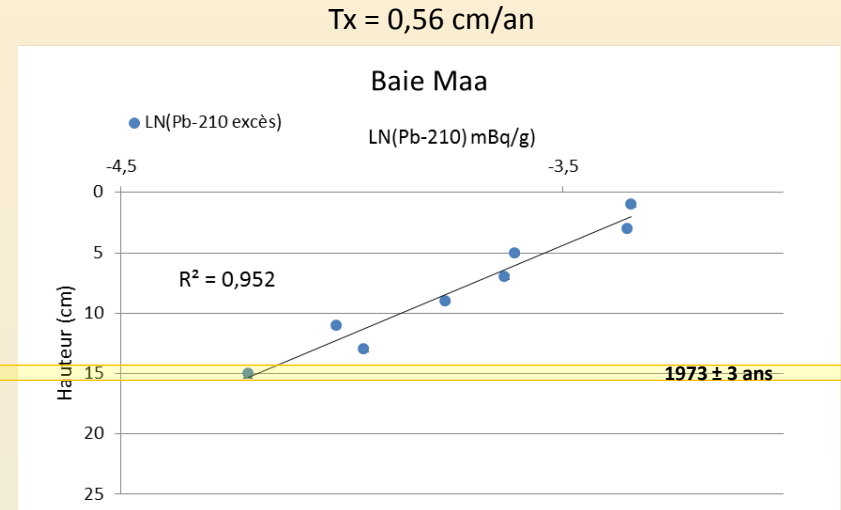
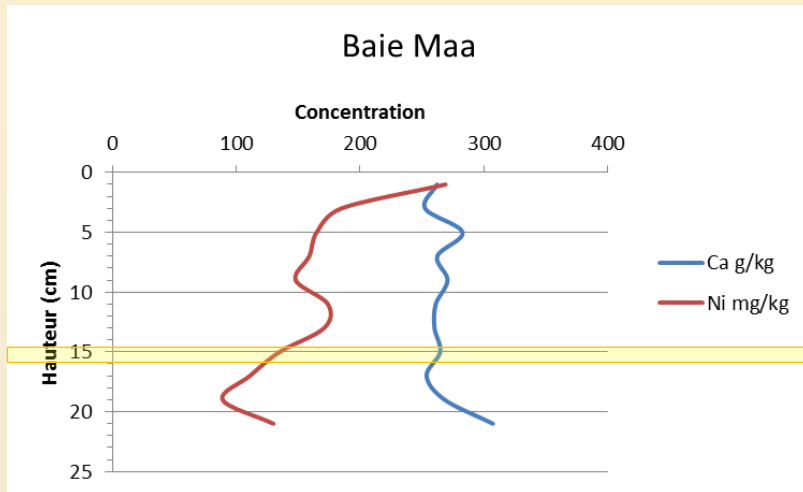


Analyses réalisées sur les échantillons:

- Métaux + Ca (ICP-OES) → évolution géochimique temporelle;
- Pb-210 (Spectro. γ) → évolution des taux de sédimentation;
- Minéralogie par DRX → évolution temporelle des phases argileuses;
- Microanalyse Mx (MET-EDX) → distribution des métaux dans les phases argileuses.

RESULTATS

Caractérisation des carottes



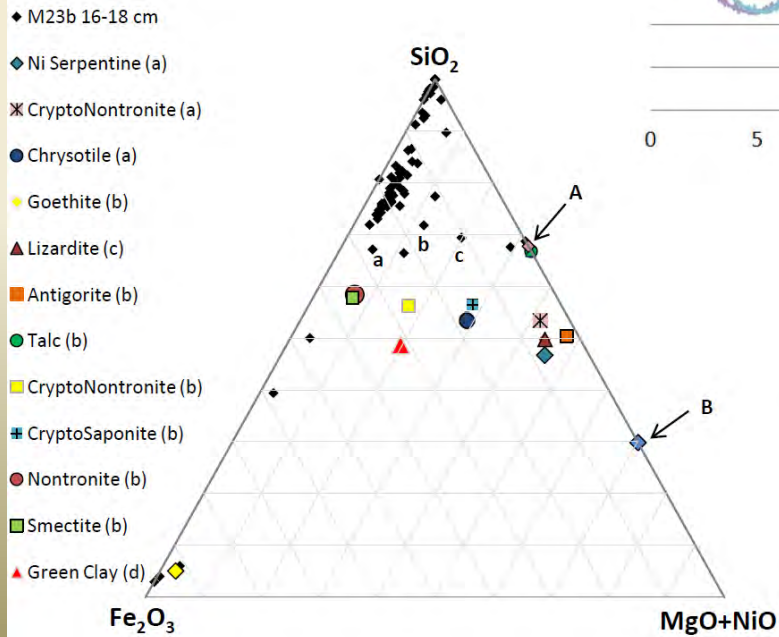
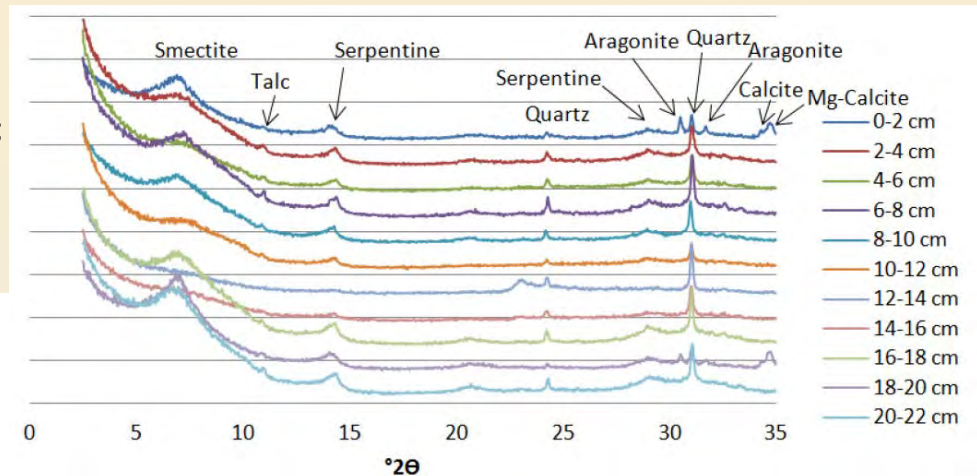
RESULTATS

Caractérisation des carottes

Baie Maa → peu de variations en composition dans les colonnes sédimentaires

Analyse DRX:

- présence de smectite;
- peu de talc et serpentine (Fe et Mg);
- traces de kaolinite.



Analyse MET-EDX (68 particules):

- peu d'argiles;
- Si : silice (quartz ou frustules diatomées);
- Fe : traces de goethite;
- Ni : talc (A) et traces d'oxydes (B).

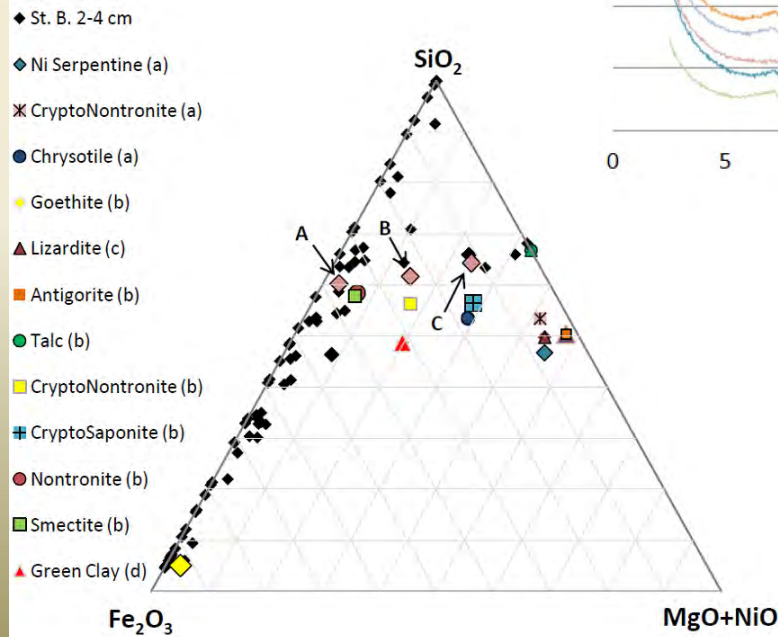
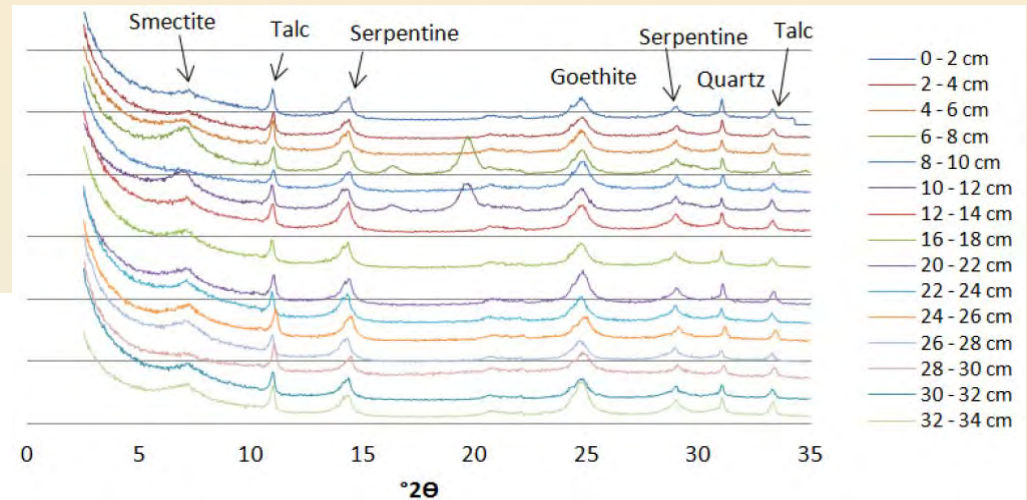
RESULTATS

Caractérisation des carottes

Baie de Boulari → peu de variation en composition dans les colonnes sédimentaires

Analyse DRX:

- peu de smectite;
- talc et serpentine;
- présence marquée de goethite.



Analyses MET-EDX (76 particules):

- Gradient SiO₂-FeO₃ et présence d'argiles;
- Si : quartz, frustules diatomées;
- Fe : présence de goethite;
- Ni : traces dans smectite et nontronite (A), cryptonontronite et cryptosaponite (B), talc.

CONCLUSIONS

Baie de Boulari (sédiments récents influencés par le bassin minier):

- Ni observé dans différentes phases minérales;
- Conditions de néoformation de minéraux argileux possibles (pour $t > 3$ ans);
- Rôle « puits » des sédiments par incorporation des métaux issus des exploitations minières.

Sédiments de surface

Eaux interstitielles des sédiments de surface : **[Ni] 5-30 µg/L**

Eau 0,5 < [Ni] < 1,5 µg/L (facteur enrichissement : 10 à 20)

Phase MO : [Ni] 1,1 ± 0,4 µg/g

Phase CARB : [Ni] 17,3 ± 11,4 µg/g

Phase OXY : [Ni] 14,9 ± 13,1 µg/g → Dissolution en milieu anoxique

CNRT Projet ADIIP

Amélioration / Développement d'Indicateur de Pressions **Volet Ecotoxicologie**

Batterie de tests de toxicité
précoces sur embryons
d'invertébrés marins tropicaux



1. Précédents à ADIIP Ecotoxicologie

- IFREMER France: (F. Galgani)

- Espèces tempérées: huître, moule, oursins
Compartiment sédimentaire: effluents urbains (STEP, lagunages...), industriels (métaux lourds, hydrocarbures...) et agricoles (pesticides,...)

-IRD Nouméa, effluent Goro Nickel

- Espèces tropicales: 1 bénitier, 2 pétoncles,
Métaux lourds élémentaires, cocktail simplifié effluent Goro Nickel et métaux élémentaires

2. L'étude ADIIP Ecotoxicologie

- Elargissement de la batterie de tests sur 7 invertébrés tropicaux

→ Evaluation de la sensibilité des espèces et caractérisation des milieux

Huître palétuvier



S. rizophora glomerata
Mangrove

Bénitiers



T. maxima
Récifs



H. hippopus
Platiers

Pétoncles



B. vexillum

Fond de baie et lagon



M. gloriosa

Oursins



D. setosum

Tous milieux



E. mathaei

Tous milieux intertidaux

- Compartiment eau de mer: 7 métaux lourds élémentaires

→ Cu, Mn, Co, CrVI, Ni, Zn, Hg

-Compartiment lithique: 5 roches et minerais bruts totaux

→ Latérites Ni et Mn, Garniérite, Chromite, Trémolite amiantifère

Compartiment sédimentaire: 3 sédiments marins

→ Baie de Boulari, Baie St Marie, Anse du Tyr

3. Méthode et avantages



- ➔ **Rapidité: résultats sous 48 h**
- ➔ **Grande sensibilité : espèces / stade de vie embryons sensibles**
- ➔ **Forte représentativité environnementale**
- ➔ **Simplicité traitement des échantillons : intégration des phénomènes complexes physicochimiques = effets réels**

4. Effets toxiques observés sur les embryons

- Effet global tous contaminants bio-disponibles
- Effet précoce sur embryons sensibles avant impact sur communauté adultes en place

→ Bivalves



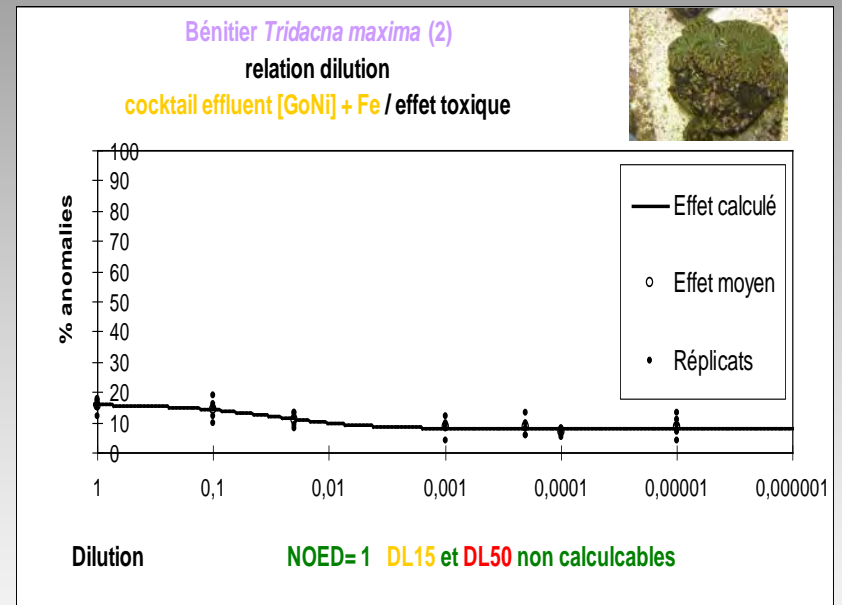
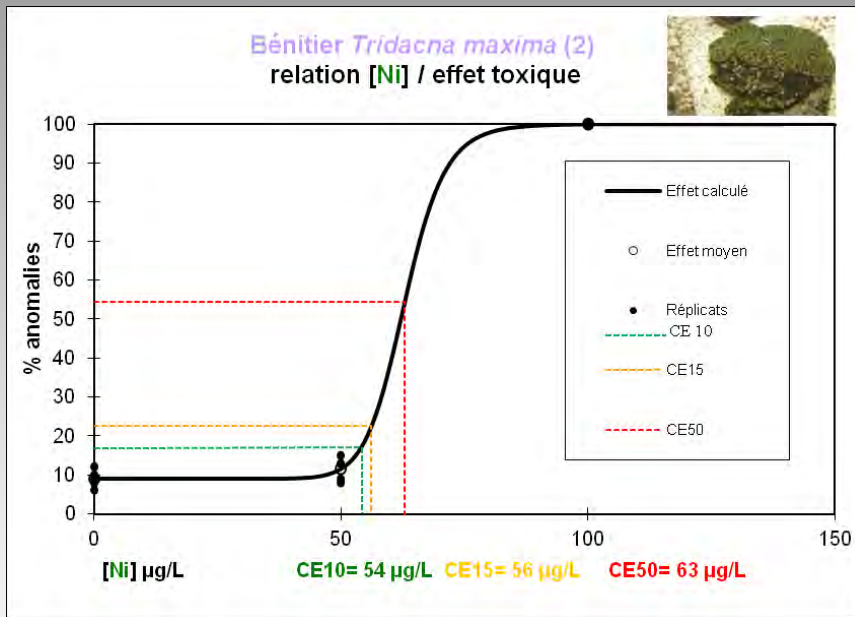
→ Oursins



5. Expression des résultats

→ Substance élémentaire (métaux, hydrocarbures, pesticides,...): EC10, EC50

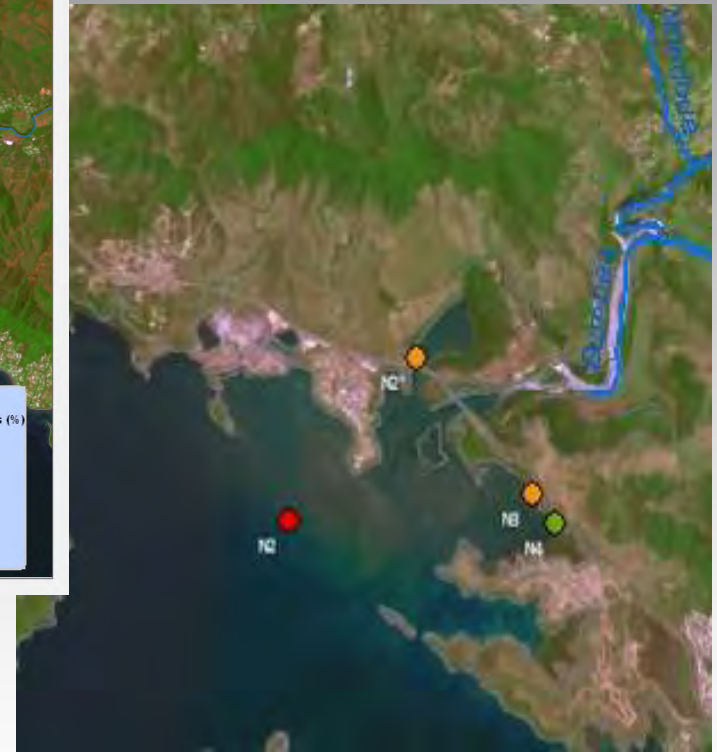
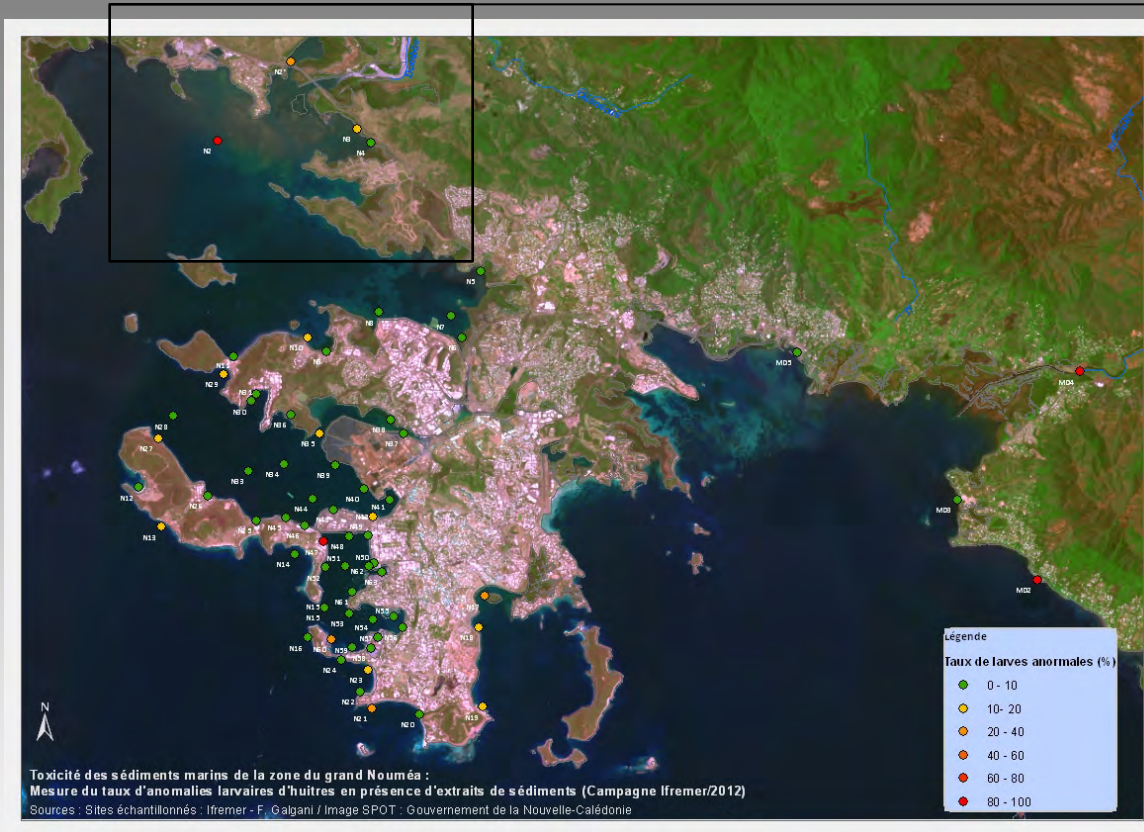
→ Echantillons environnementaux (eau de mer, lixiviat de sédiment -élutriat-)



6. Résultats et intercalibration batterie espèces tropicales / huître *C.gigas* normalisé AFNOR Métaux

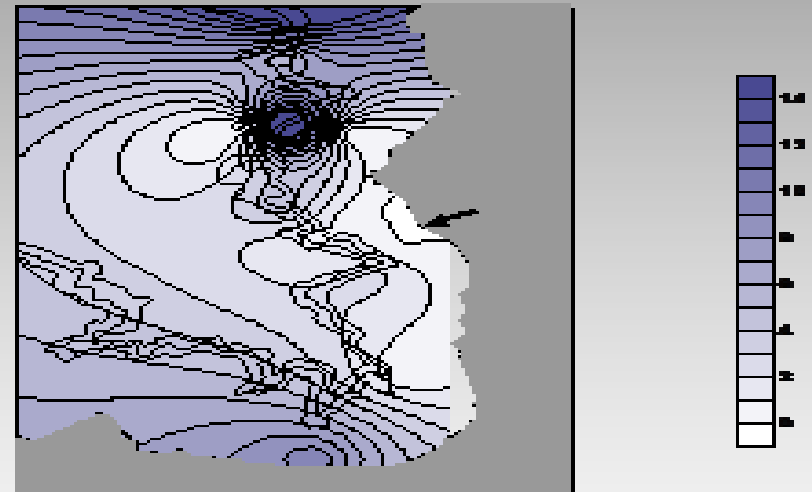
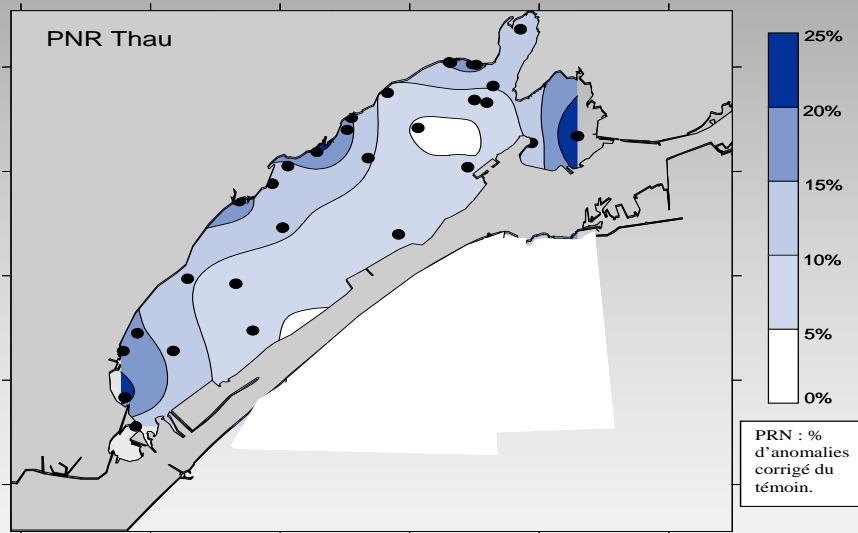
Seuils d'innocuité (CE10) de 7 métaux sur le développement embryolaire de 6 invertébrés marins de Nouvelle-Calédonie							
Contaminant	Espèces tropicales d'invertébrés marins indigènes du Lagon de Nouvelle-Calédonie						Evaluation des seuils
Métaux élémentaires dissous	Oursin <i>Diadema setosum</i>	Oursin <i>Echinometra mathaei</i>	Bénitier <i>Tridacna maxima</i>	Huître de palétuvier <i>Saccostrea cucullata rhizophora</i>	Pétoncle <i>Mimachlamys gloriosa</i>	Pétoncle <i>Bractechlamys vexillum</i>	Concentrations en contaminants biodisponibles sans effet toxique avéré
Classement Toxicités générales décroissantes	CE10 moy (n=2)	CE10 moy (n=2)	CE10 moy (n=3)	CE10 moy (n=2)	CE10 moy (n=2)	CE10 moy (n=1)	CE10 moy (6 espèces)
Hg (µg/L)	14	10	5,1	12	1,6	-	8,5 µg/L
Cu (µg/L)	3,1	13,2	16,0	11,6	12,1	4,3	10,1 µg/L
Zn (µg/L)	17,6	21,3	154	10,6	33,6	24,2	43,6 µg/L
Ni (µg/l)	49,9	39,5	99,5	123	11,8	11,8	55,9 µg/L
Co (µg/L)	232	723	170	1190	677	86	513 µg/L
CrVI (mg/L)	0,398	0,583	1,36	1,8	2,38	1,01	1,255 mg/L
Mn (mg/L)	10,7	8,6	3,6	10,7	7,75	0,812	7,027 mg/L
			CE10	Valeurs calculées par régression non linéaire REGTOX dans la gamme testée			
			CE10	Valeurs extrapolées par régression non linéaire RGTOX hors gamme testée			

7. Résultats toxicité sédiments grand Nouméa



7. Cartographie des zones d'effets: hiérarchisation des risques et limites

Étang de Thau : cartographie de la toxicité globale des sédiments.



7. Conclusions

- ➔ **Espèces : bonne faisabilité technique des reproductions : bécards, oursins, huîtres**
- ➔ **Sensibilités : bonnes , ordre de grandeur cohérents/ espèces /biotope**
- ➔ **Batterie de test de toxicité originale et applicable zone intertropicale**
- ➔ **Grande significativité environnementale , validité colonne d'eau, sédiments, métaux, pesticides, hydrocarbures**


7. Perspectives

- ➔ **Applications en suivis miniers : effluents liquides et sédiments**
- ➔ **Suivis urbains et agricoles : stations d'épurations, dépotoirs, rivières agricoles...**
- ➔ **Application aux pesticides et hydrocarbures : valeurs seuils non toxiques**

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

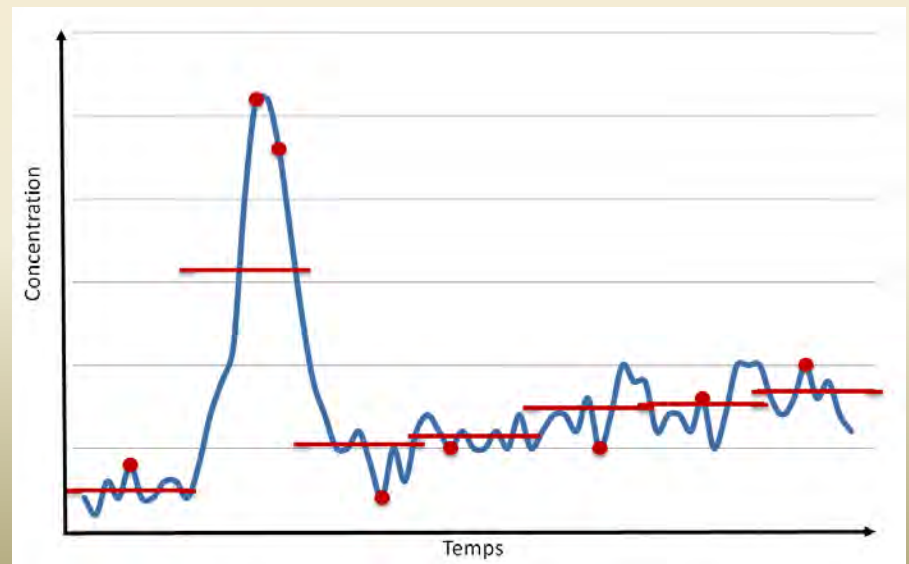
DGT

Utilisation subordonnée à une connaissance suffisante du site à surveiller et une modélisation hydrodynamique préalable est souhaitable;

Déploiement projeté pour l'acquisition de séries temporelles : **Développement d'un dispositif automatisé pour réaliser des suivis séquentiels des concentrations en métaux dissous sur des périodes de plusieurs semaines, voire mois** (Prototype  en cours de protection intellectuelle).

DGT et Pré-concentration : deux techniques comparables ?

- Evaluation de niveaux de concentrations équivalents (groupements fonctionnels identiques);
- Les prélèvements ponctuels (pré-concentration) conviennent davantage pour les zone d'expansion de panaches naturel (creeks) ou accidentel;
- Les mesures intégratives (DGT), bons substituts pour les milieux peu sujets aux variations hydro-climatiques (zones portuaires, émissaires sous-marins,...).



● Echantillonnage ponctuel — Echantillonnage passif
~~~~~ Situation « réelle »

## Pièges à sédiment séquentiels

Ces outils sont opérationnels et parfaitement adaptés pour mettre en évidence toute modification de la pression particulaire (ouverture d'un nouveau front de mine, défrichage ou bien mise en place d'un ouvrage de rétention) à des échelles de temps très souples (jours, semaines, voire mois) tout en ayant la capacité de différencier les termes sources.

## Bio-accumulation (transplantation)

**Proposition** : Moyennant un complément d'études, l'utilisation de plusieurs (2-3) bio-accumulateurs en fonction des objectifs de suivi :

- type de milieu (fond de baie, platier,...) ;
- affinité vis-à-vis du contaminant à suivre (Métaux, HAP, voire organochlorés, ...);
- Sensibilité au niveau de concentration (milieu à faible gradient, contaminant spécifique à suivre (ex. Cu dans une zone industrielle,...))

**Rappel** : *La modiole (moule) montre une cinétique d'accumulation rapide pour la plupart des métaux étudiés.*

## Ecotoxicologie

Outil opérationnel : Utilisation d'un bivalve (huitre) et d'un oursin au choix parmi ceux testés (gamme CNRT) pour l'évaluation des risques toxiques.

Amélioration par l'évaluation de la réponse de l'huître de roche *Saccostrea echinata* (par homologie avec les tests de toxicité pratiqués par le CSIRO en Australie) afin de pouvoir inter-comparer les résultats en région Pacifique.

Applications préconisées :

- Suivi annuel de rejets liquides et des sédiments des zones d'impact potentielles : industries minières, stations d'épurations et rejets urbains, suivi des toxicités des effluents à proximité des dépotoirs, effluents agricoles,
- Cartographie des zones d'impacts potentiel et hiérarchisation des risques,
- Evaluation des toxicités et des concentrations non toxiques pour les pesticides et hydrocarbures utilisés en Nouvelle-Calédonie.