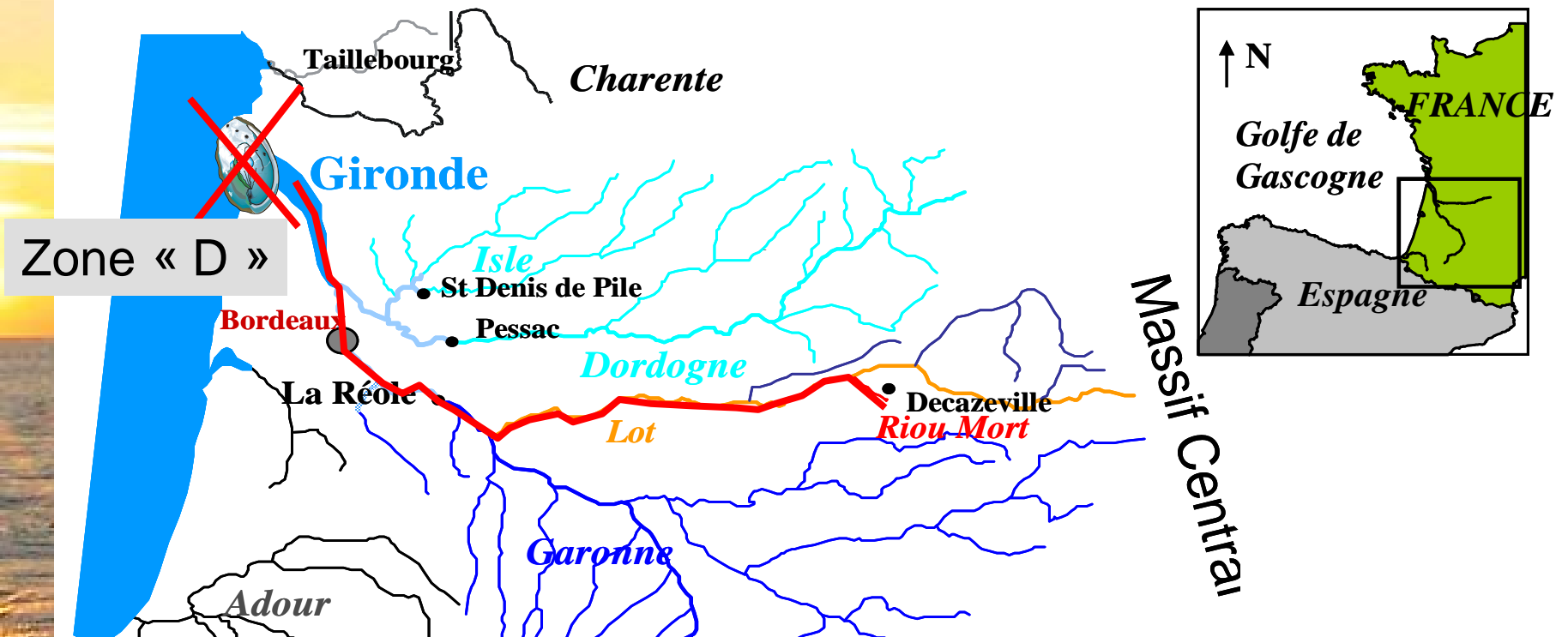


Pollution du système fluvio-estuarien par le cadmium (Cd)

La production (ramassage, grossissement, etc...) de coquillages pour la consommation humaine est interdite dans l'estuaire de la Gironde



Concentrations en mg de cadmium par kg de corps mou (poids sec):

1979: $> 100 \text{ mg kg}^{-1}$ (contrairement à $1-2 \text{ mg kg}^{-1}$ dans les huîtres d'Arcachon)

2004: $40-60 \text{ mg kg}^{-1}$

RNO: Réseau National d'Observation, IFREMER

Réseau de Biosurveillance sur ~100 sites de la côte française

Pollution polymétallique du système fluvio-estuarien

Cd	cadmium
Zn	zinc
Pb	plomb
Cu	cuivre
Hg	mercure
As	arsenic
Ni	nickel
Cr	chrome

Éléments chalcophiles

= qui « aiment le soufre »

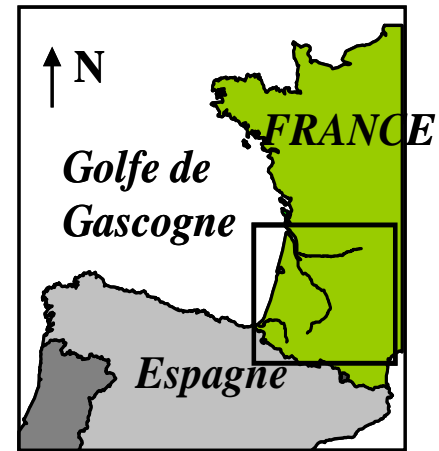
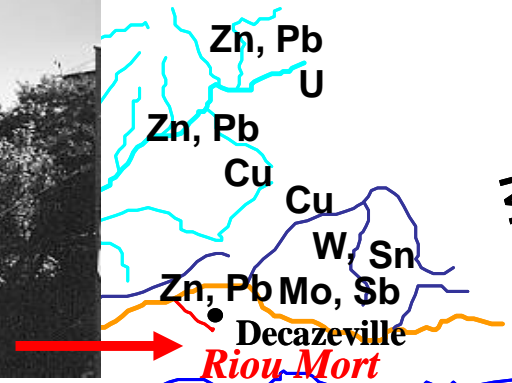
																			He
								B	C	N	O	F							Ne
								Al	Si	P	S	Cl							Ar
Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br								Kr
Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I								Xe
W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At								Rn

Le système fluvio-estuarien de la Gironde

montre des anomalies géochimiques (signes de contamination?)

pour **6 des 8 métaux prioritaires.**

Métaux: gisements dans le sud-ouest de la France exploitation depuis l'ère romaine au 20^{ème} siècle



L'exploitation des gisements de minerais sulfurés est typiquement suivie par des procédés métallurgiques pour l'extraction du métal « pure ».

Cette extraction passe par l'oxydation des sulfures dans des fourneaux alimentés en charbon.

La proximité de la mine de charbon à Decazeville a déterminé le choix du site.

Les éléments accessoires (« impuretés »), plus ou moins concentrés dans les minerais sulfurés de zinc (Sphalérite), ne sont pas extraits.

Ainsi l'extraction de zinc produit de grandes quantités de déchets miniers/industriels riches en cadmium, plomb, arsenic, cuivre etc.



Ces résidus industriels stockés à ciel ouvert sont soumis à une intense altération chimique et à l'érosion.




Cd, Zn, As, Hg, Pb, e

Malgré l'arrêt de l'extraction de Zn à Decazeville suite à une pollution accidentelle en 1986,

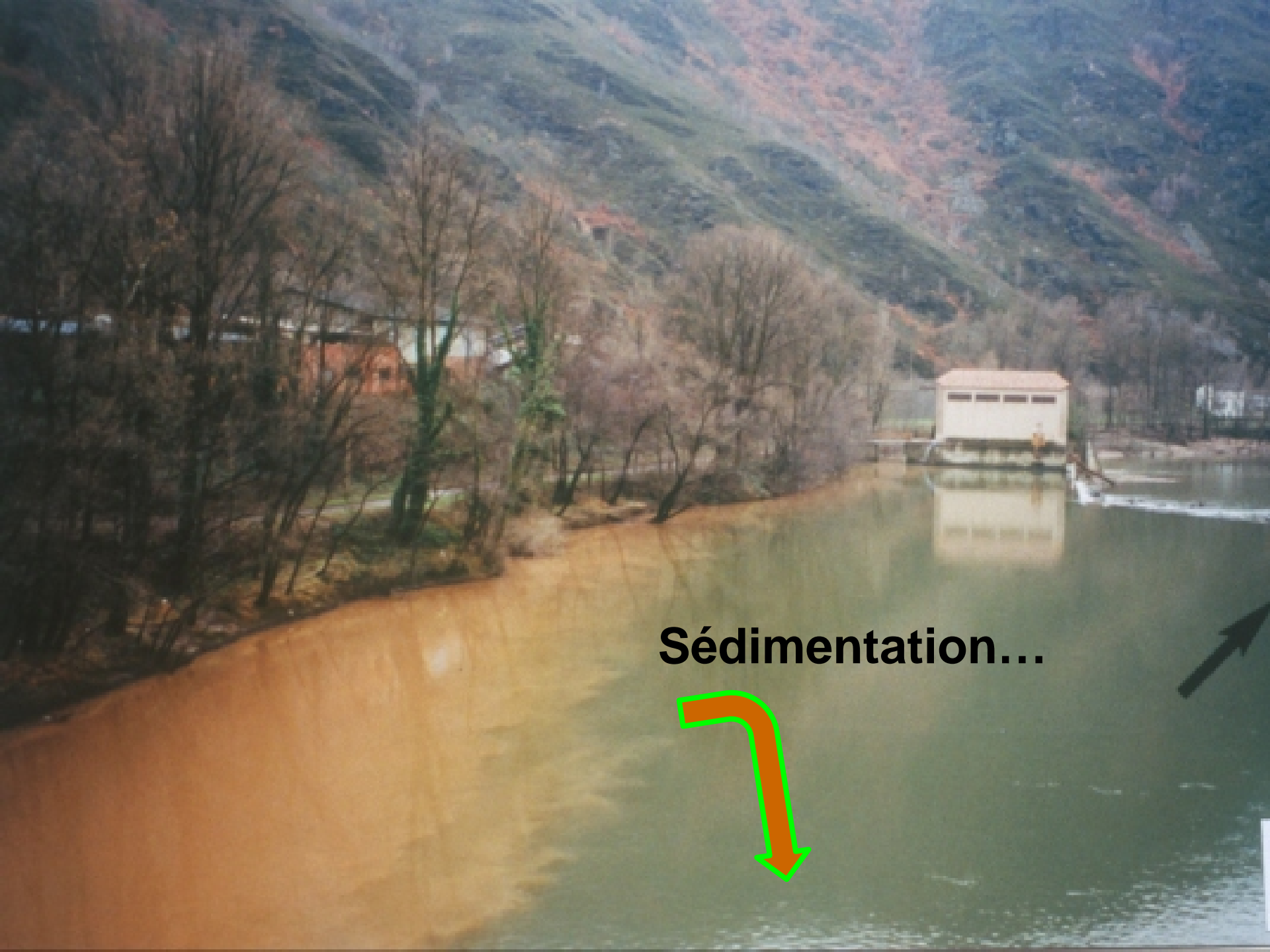
la pollution persiste dû aux stocks de déchets miniers sur le site industriel.

Riou Mort

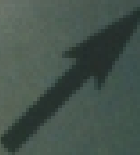


Cd, Zn, As, Hg, Pb, etc..

Exportation de polluants dissous et particulaires dans les systèmes aquatiques en aval de la source ponctuelle de pollution.

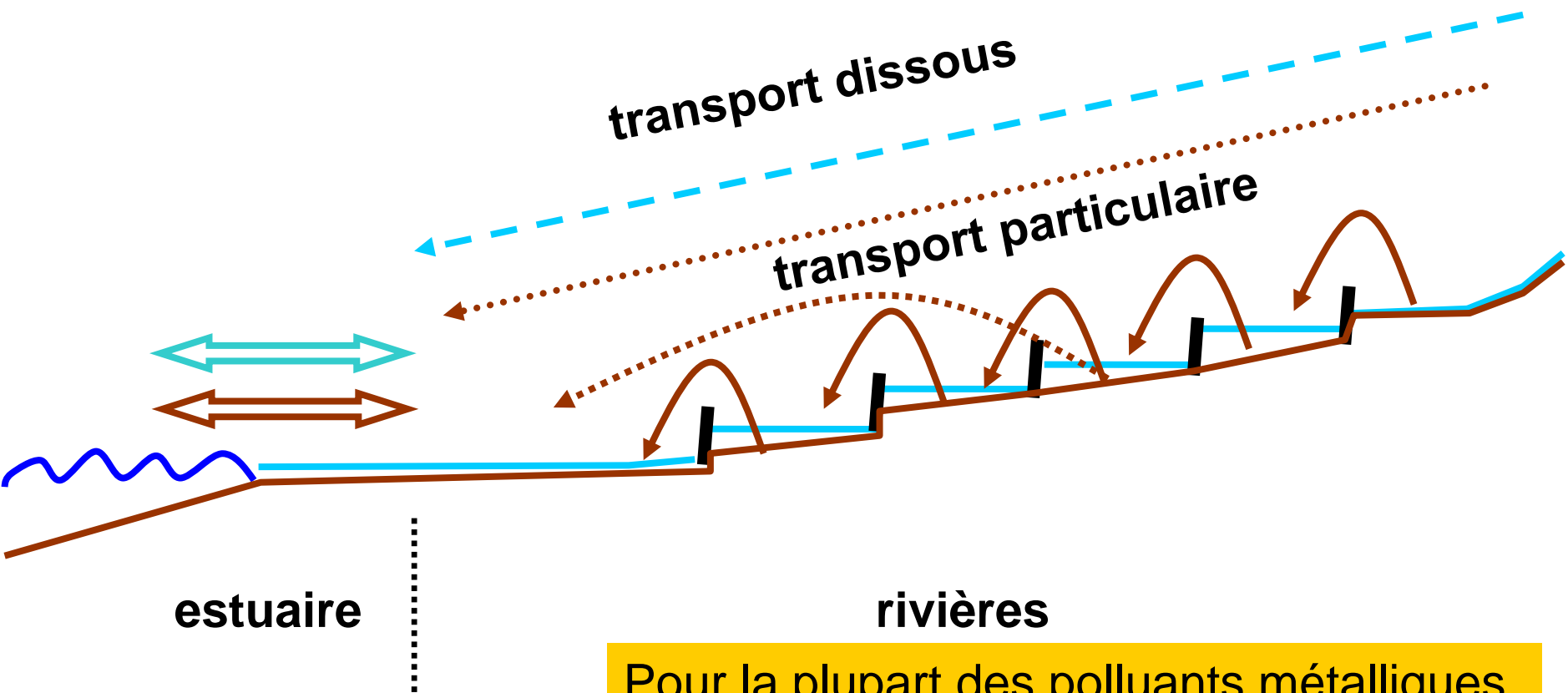


Sédimentation...





Transport de matières dissoutes et particulaires du continent vers l'océan



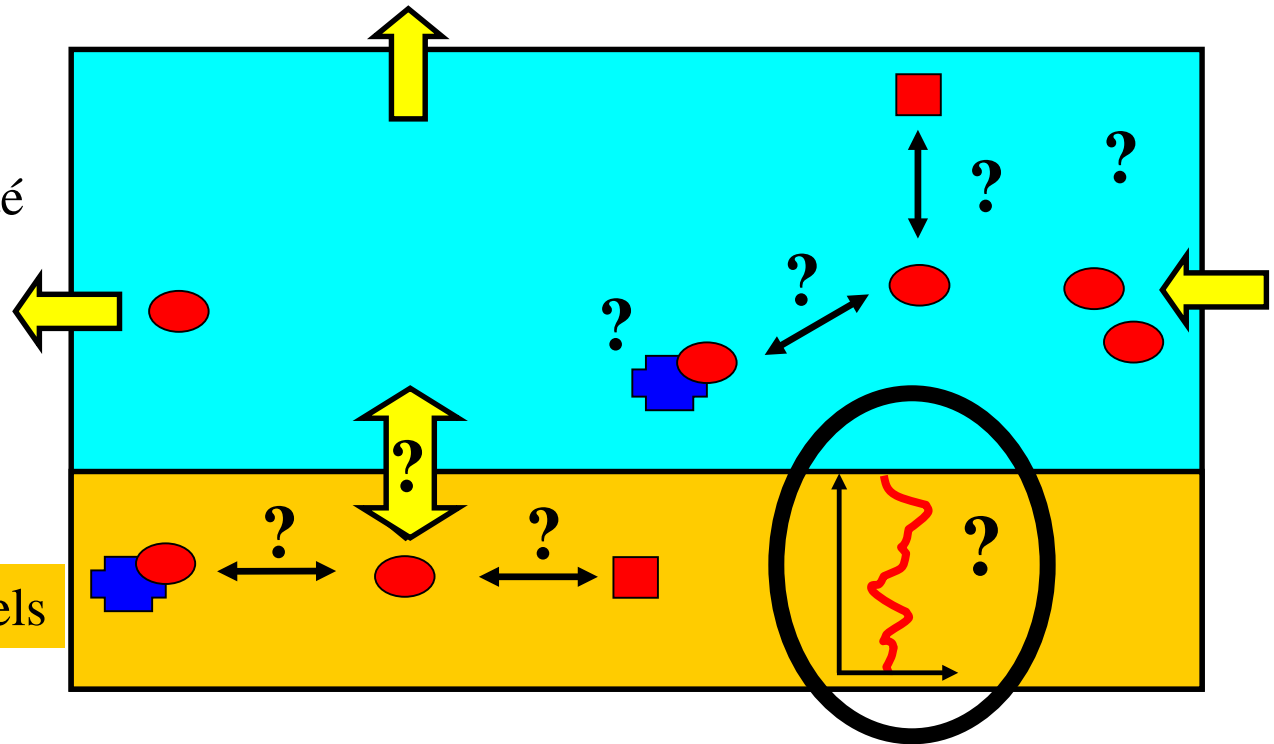
Pour la plupart des polluants métalliques le transport en phase particulaire domine dans les rivières:
Cadmium, mercure, plomb, chrome etc.

sédiments = puits temporaires et sources secondaires potentielles

Comprendre le comportement des éléments traces dans l'environnement

Compartiments de **transfert** et d'**accumulation**

- concentrations et flux
- spéciation* et mobilité
- phases porteuses
- voies de distribution
- sources et puits
- aspects spatio-temporels



Dans les **compartiments d'accumulation** on peut accéder à l'enregistrement historique des signaux géochimiques.

*spéciation = formes chimiques dans lesquelles un élément est présent

Dans les **compartiments d'accumulation** on peut accéder à l'enregistrement historique des signaux géochimiques...

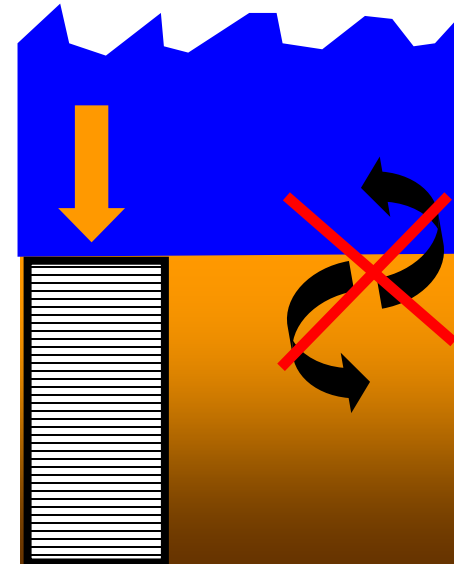
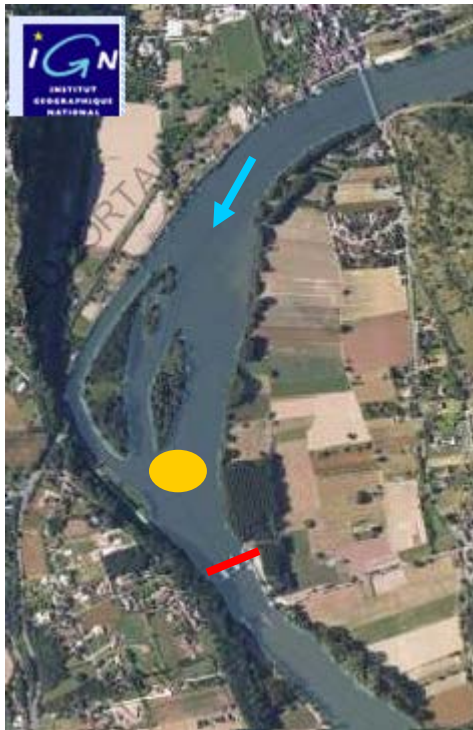
...sous certaines conditions:



Environnements propices à la sédimentation.

Par exemple les lacs de barrages présentent des zones de ralentissement du courant.

Ceci entraîne une baisse de la turbulence (cf séance estuaire) et permet la sédimentation.



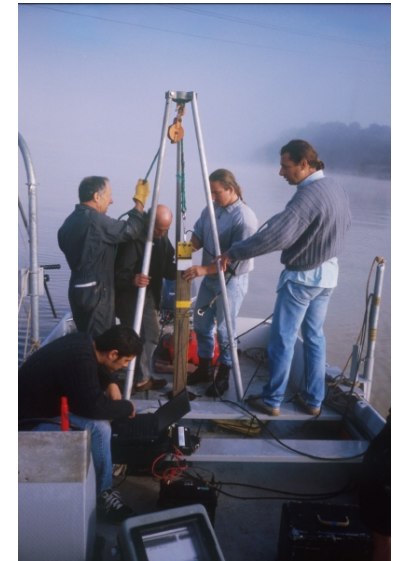
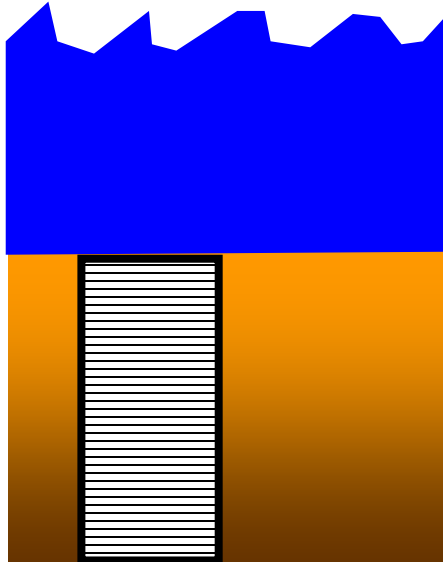
Principe de Superposition

→ Absence de perturbations (travaux, dragages, piétinement, bioturbation...)

Echantillonnage

Un échantillonnage de sédiment pour accéder (entre autres) à un enregistrement historique, s'appelle « carotte ».

L'outil de prélèvement de sédiment (« carottier ») permet d'enfoncer un tube dans le sédiment et de récupérer la carotte sans déstructurer le sédiment (échantillon représentatif).



On choisit les embarcations pour le carottages en fonction du site...

Bennes vs carottiers



Découpage de la carotte

**On découpe la carotte en tranches représentant différents âges de sédiment.
(Principe de Superposition)**

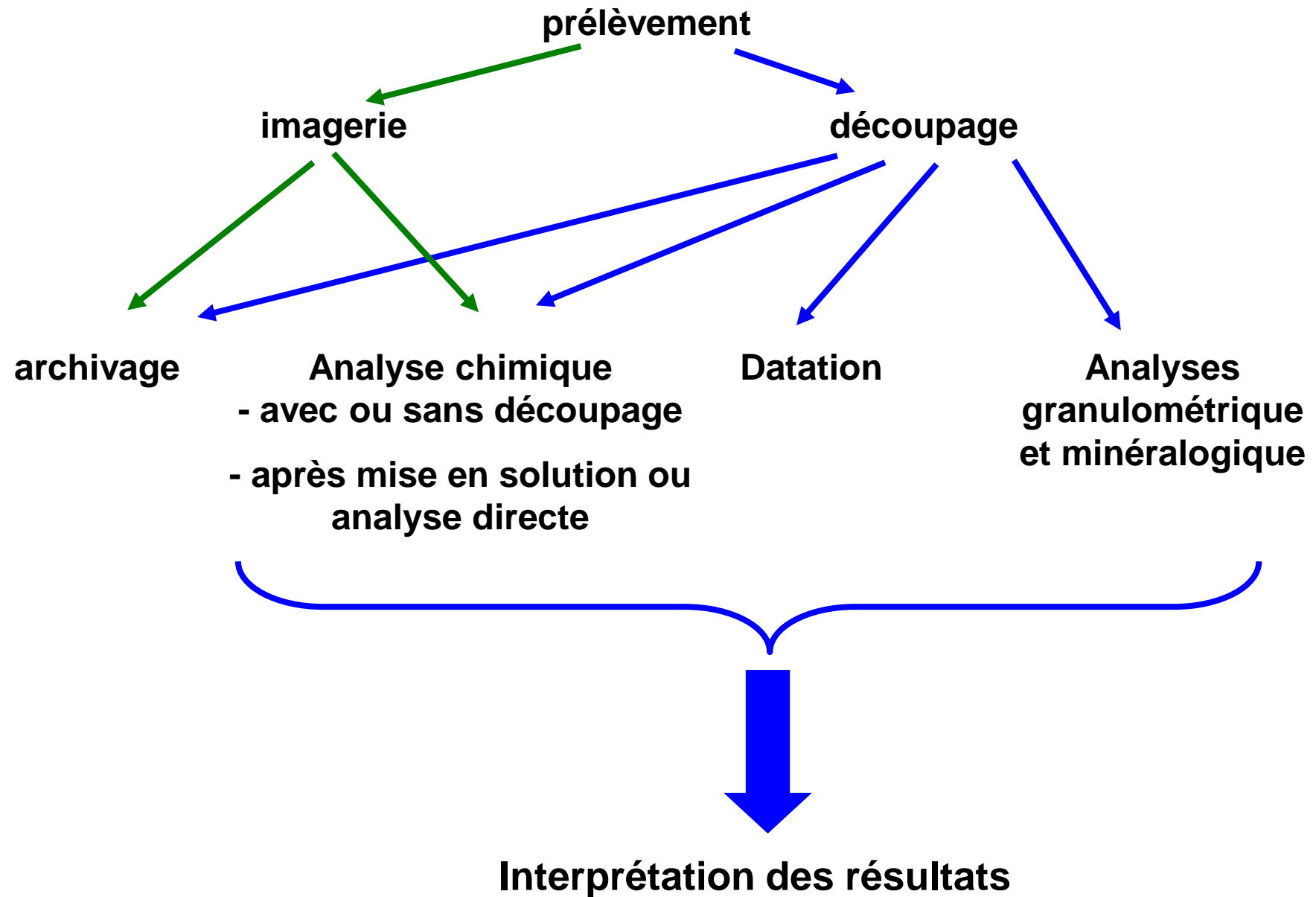
Il existe également des méthodes d'analyses sur carottes non-découpées.



Une carotte destinée à l'analyse des métaux traces se découpe idéalement:

- rapidement après le prélèvement**
- en appliquant un maximum de précautions pour éviter des contaminations.**

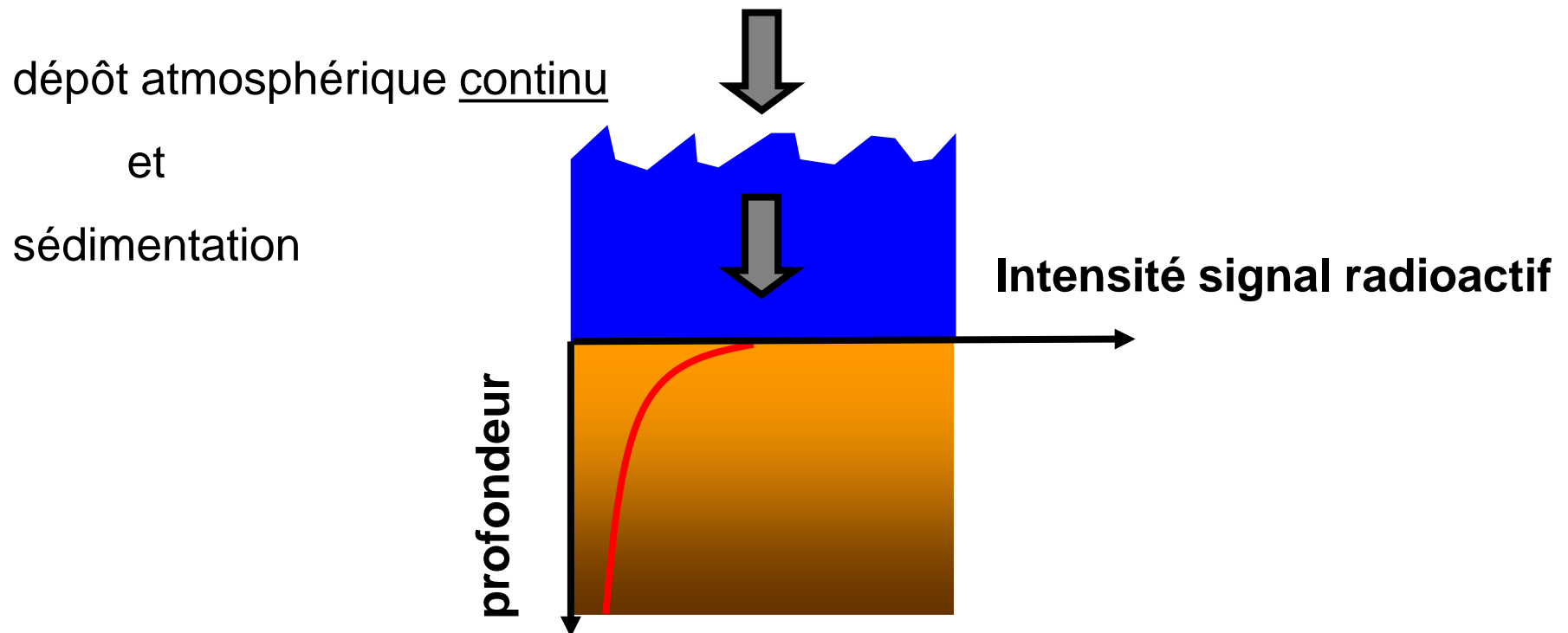
Parcours potentiel d'une carotte sédimentaire



Datation par activité de radioéléments

En milieu marin, les datations des sédiments utilisent souvent la mesure de radioactivité de certains éléments (isotopes radioactifs, e.g. ^{210}Pb) d'origine atmosphérique.

Après l'enfouissement de ces éléments dans les sédiments (isolé du flux atmosphérique), leur radioactivité décroît avec le temps (désintégration).

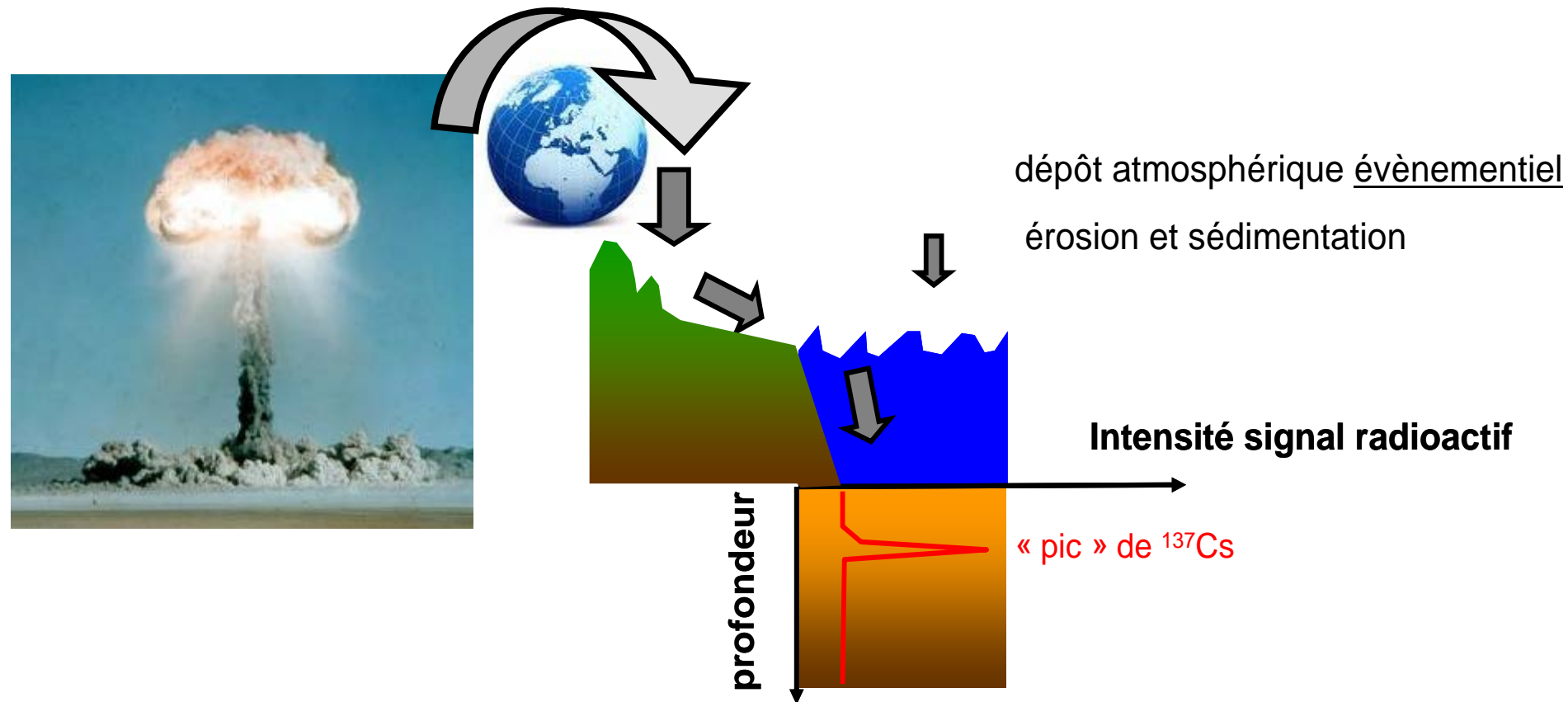


La décroissance exponentielle de la radioactivité dépend du temps de demi-vie (connu et caractéristique de l'élément) et permet d'estimer le temps passé depuis l'enfouissement = âge du sédiment.

Datation par mesure d'activité de radio-césium

Le césium (Cs) est un métal alcalin de masse atomique 133.

Il existe un **radionucléide artificiel (^{137}Cs)**, qui est formé lors d'explosions nucléaires.



^{137}Cs est transporté par voie atmosphérique et déposé à l'échelle globale (hémisphère).

Après érosion et dépôt dans les sédiments, cet apport évènementiel laisse une « marque » de ^{137}Cs . Le signal radioactif de cette « marque » est mesurable pendant des décennies (temps de demi-vie 30,2 ans).

Taux de sédimentation

Si l'on connaît la date (année) de l'explosion,
on peut dater le niveau de sédiment montrant le pic.

dépôt atmosphérique évènementiel
érosion et sédimentation

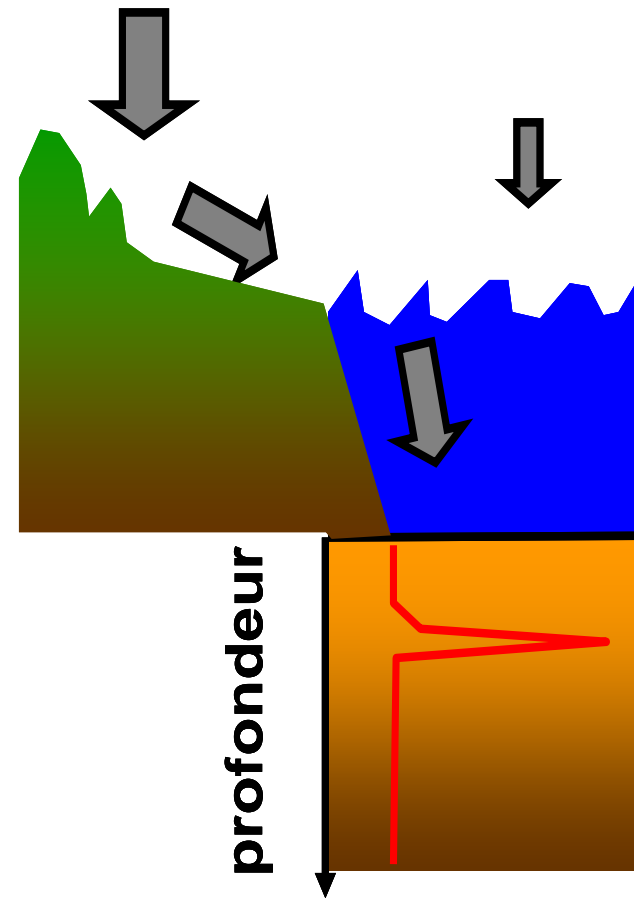
Intensité signal radioactif

profondeur

« pic » de ^{137}Cs

Épaisseur du sédiment accumulé
depuis l'enfouissement de ^{137}Cs

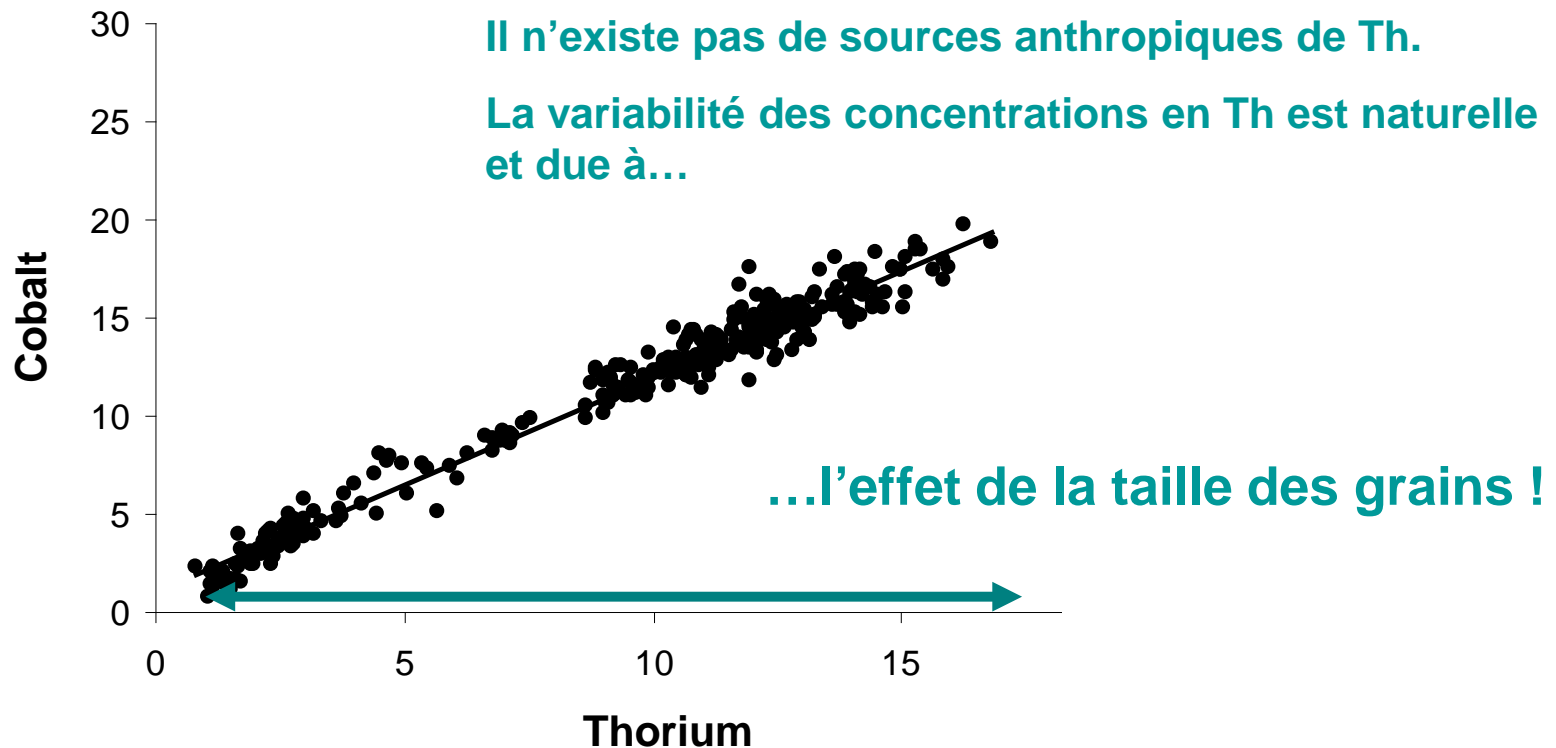
Vitesse moyenne de sédimentation (cm/an)



Relation concentration métallique - granulométrie

Dans un milieu aquatique où l'énergie de transport est fortement variable dans l'espace (chenal principal - zones protégées du courant) et dans le temps (crue - étiage), les matières transportées peuvent avoir des densités et/ou des tailles de grains très variables.

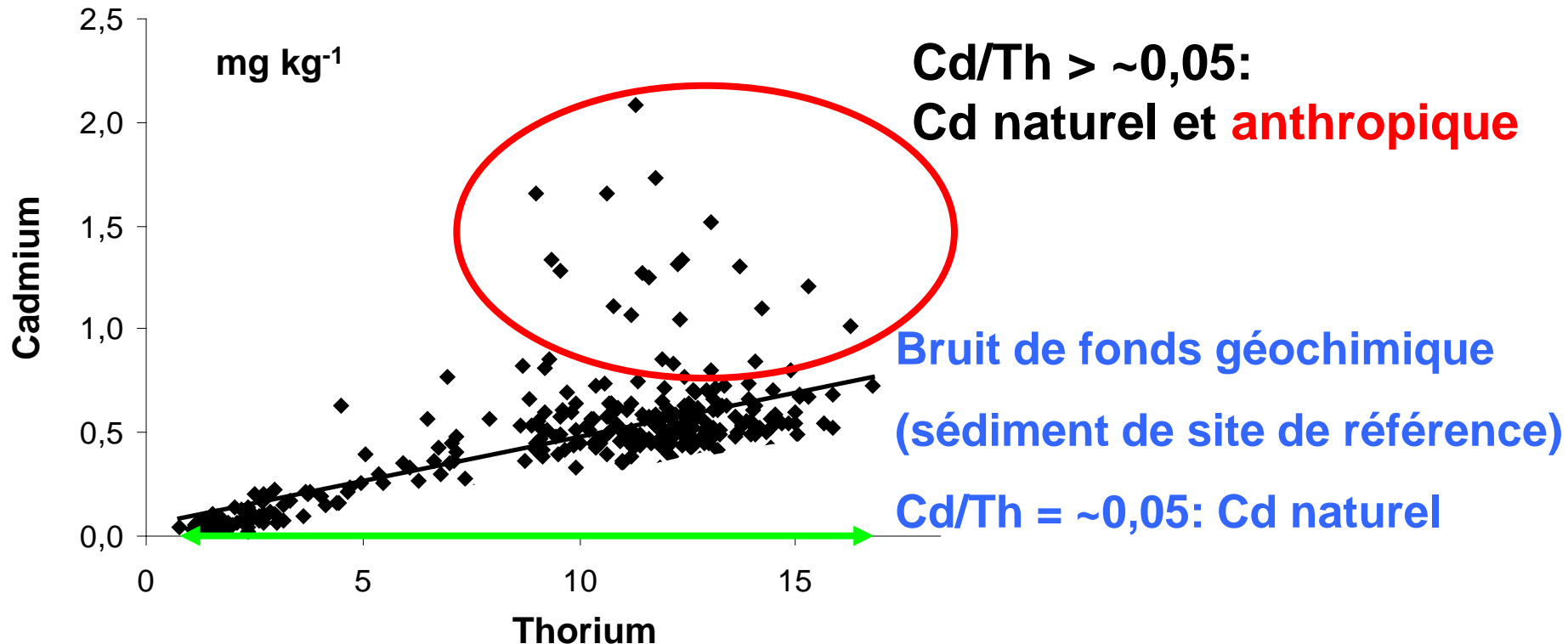
Généralement, les particules plus fines (argiles, silts) ont des concentrations en éléments traces plus fortes que les particules grosses (e.g. sables).



La variation en [Co] est aussi due à l'effet de taille des grains

Normalisation par un élément lithogène

Afin de pouvoir comparer les concentrations métalliques de particules ayant des tailles différentes (composition granulométrique différente) on doit les normaliser.



Pour cela, on divise les concentrations métalliques des échantillons par leurs concentrations en un élément naturellement présent, représentatif de la composition lithologique et ayant lui-même une forte dépendance de la composition granulométrique des échantillons. Aluminium (Al) et Thorium (Th) sont de très bons normalisateurs.

Facteurs d'enrichissement

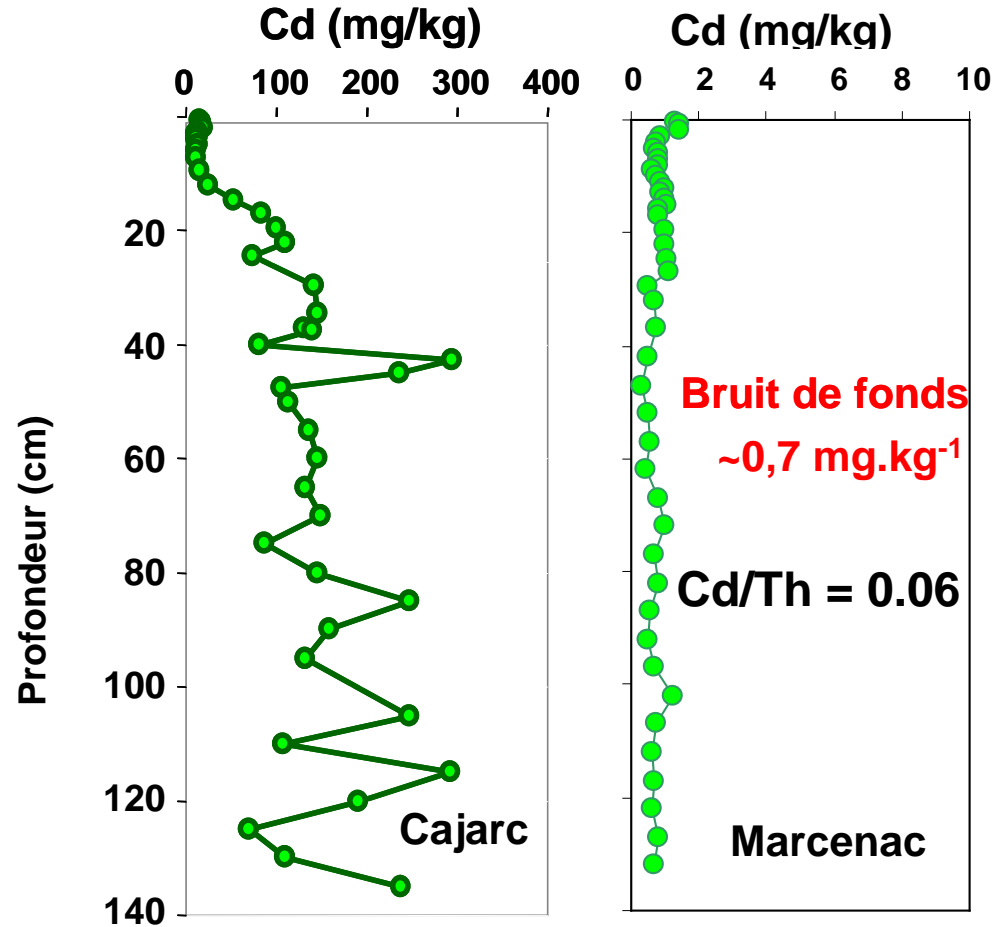
Afin d'évaluer le degré de contamination d'un sédiment A on le compare a un sédiment de référence (R) qui représente un état proche du naturel.

Pour cela, on calcule le facteur d'enrichissement (EF) qui met en relation les concentrations normalisées d'un élément X dans les deux sédiments:

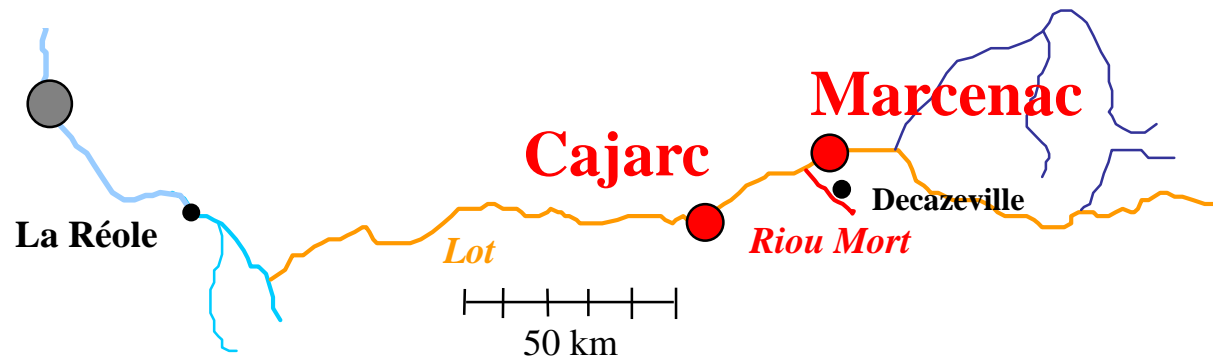
$$EF = \frac{[X]_A/[Th]_A}{[X]_R/[Th]_R}$$

Comme dans les exemples précédents, la normalisation par le thorium permet de comparer des sédiments ayant des compositions granulométriques différentes

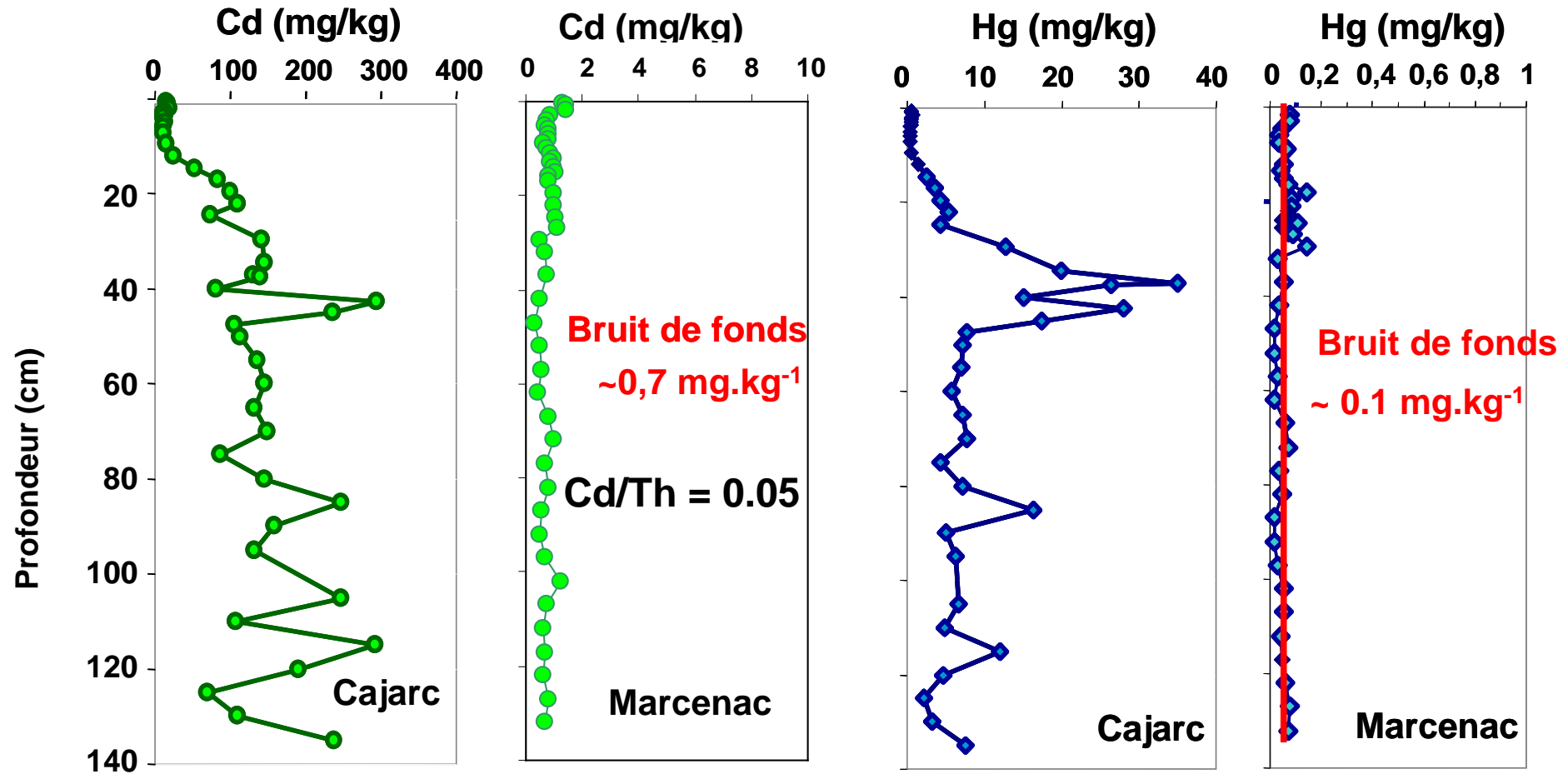
Enregistrement historique d'éléments traces métalliques



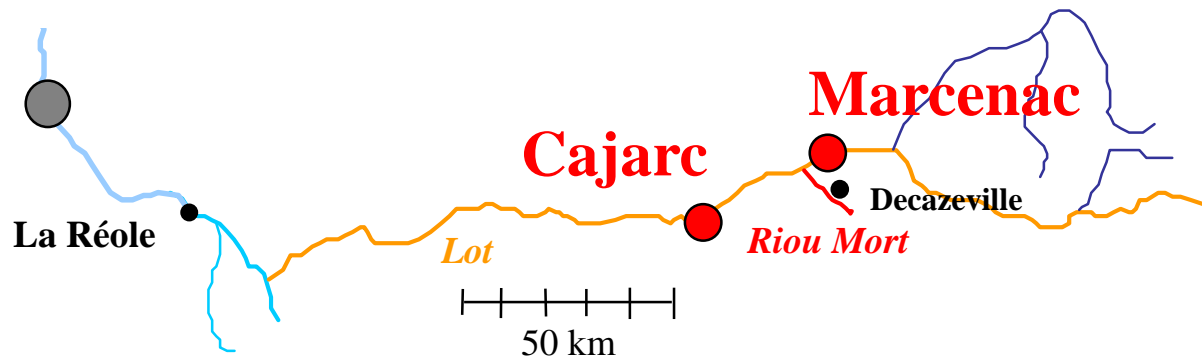
Carottage: mai 2001



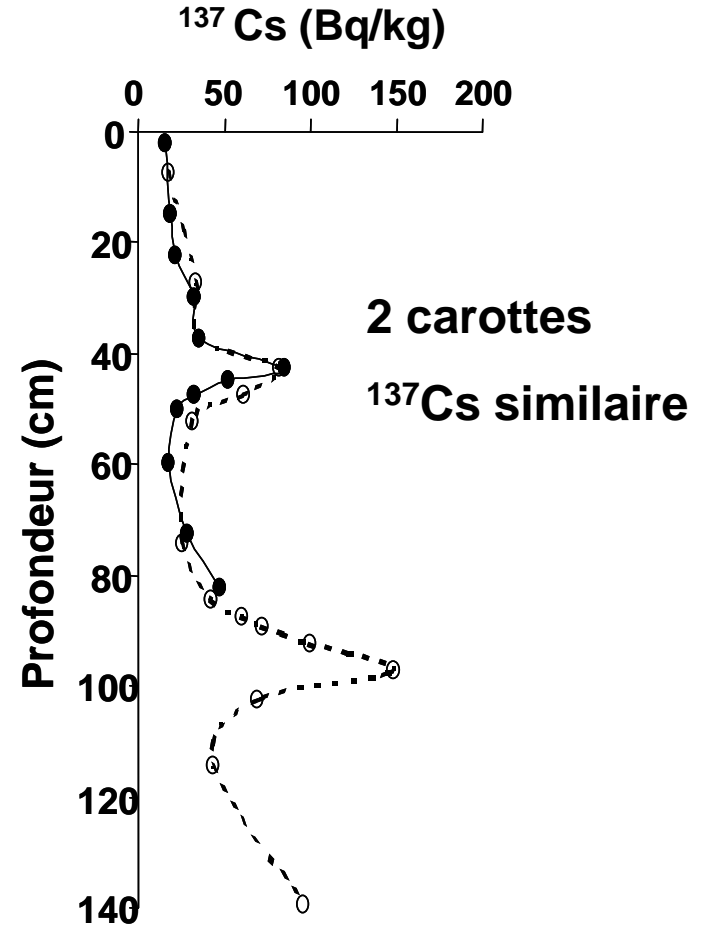
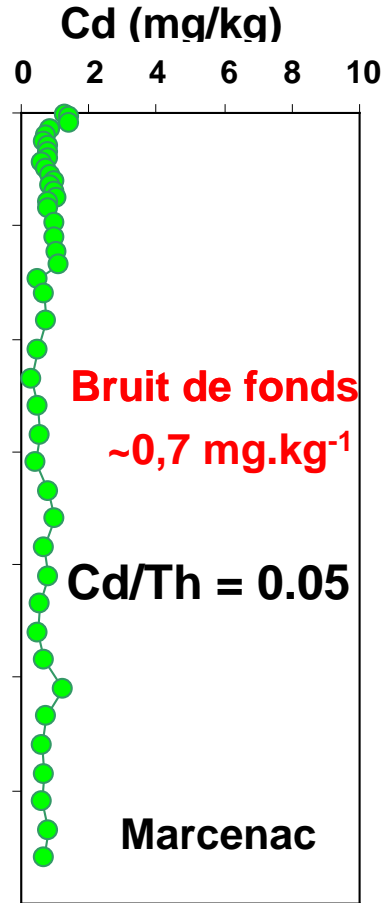
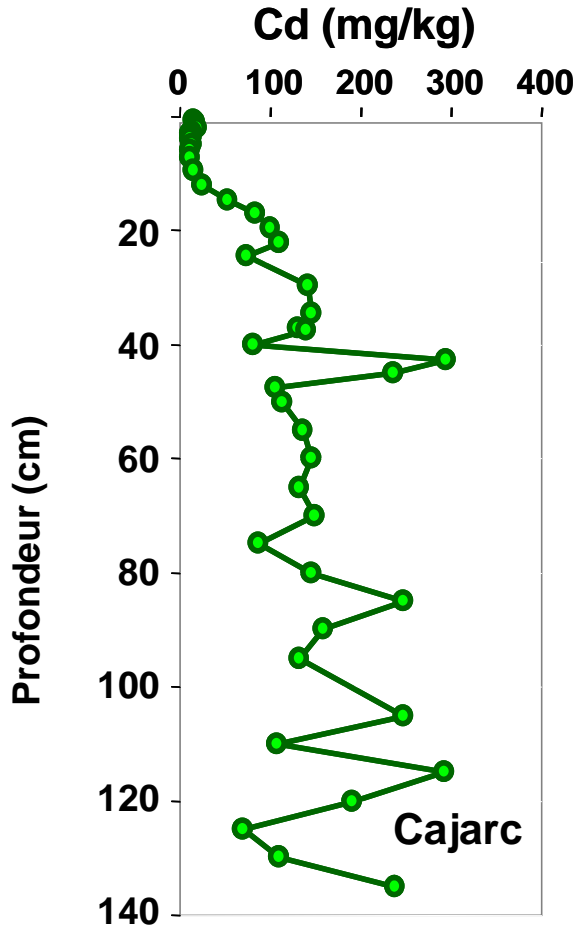
Enregistrement historique d'éléments traces métalliques



Carottage: mai 2001



Enregistrement historique d'éléments traces métalliques



Carottage: mai 2001

