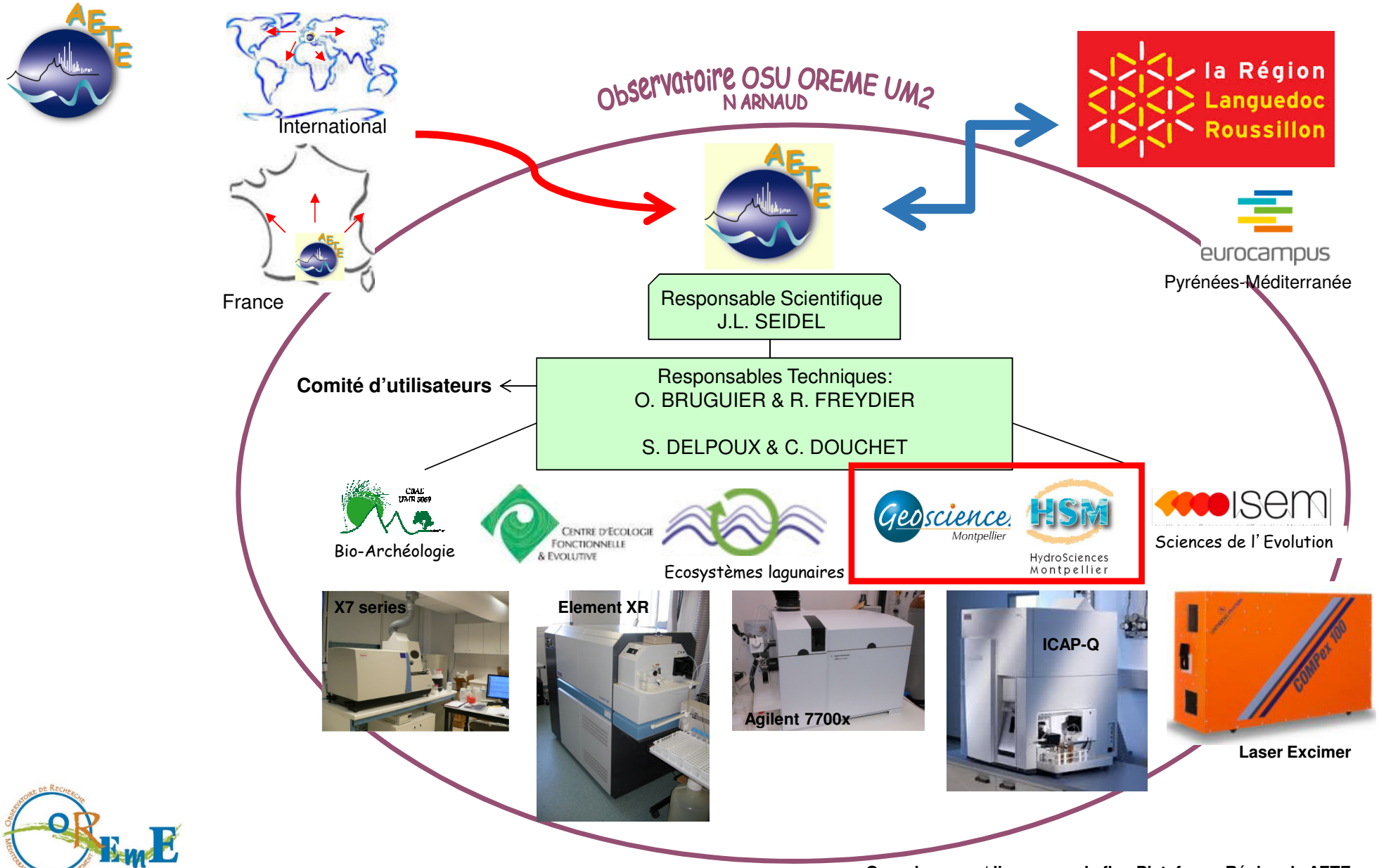
Analyse par spectrométrie de masse à source plasma (ICP-MS): Principes et Applications pour la Terre Solide, l'Eau et l'Environnement

Rémi FREYDIER, HydroSciences Montpellier -

Olivier BRUGUIER, Géosciences Montpellier -



Organigramme/diagramme de flux Plateforme Régionale AETE

La technique ICP-MS

Inductively coupled Plasma

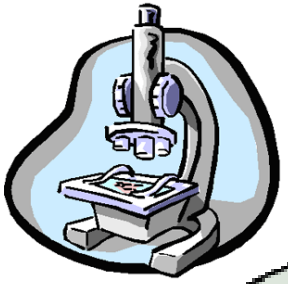
Plasma d'Argon à couplage inductif

Mass Spectrometer

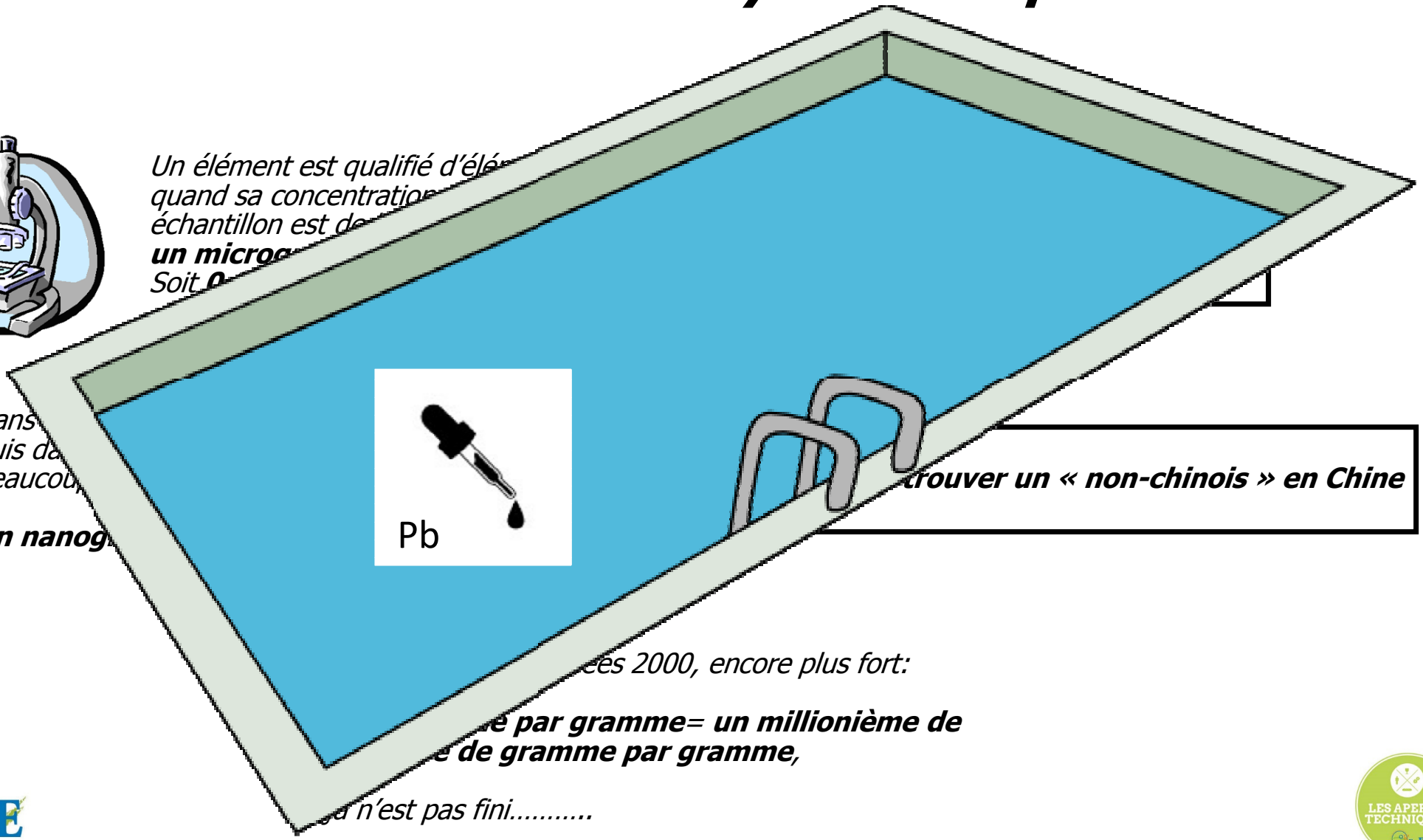
Spectromètre de masse

« La machine à mesurer les traces »

Les Traces en Analyse Chimique



Un élément est qualifié d'élé
quand sa concentration
échantillon est de
un microg
Soit ***0***



Dans
puis da
beaucou

trouver un « non-chinois » en Chine

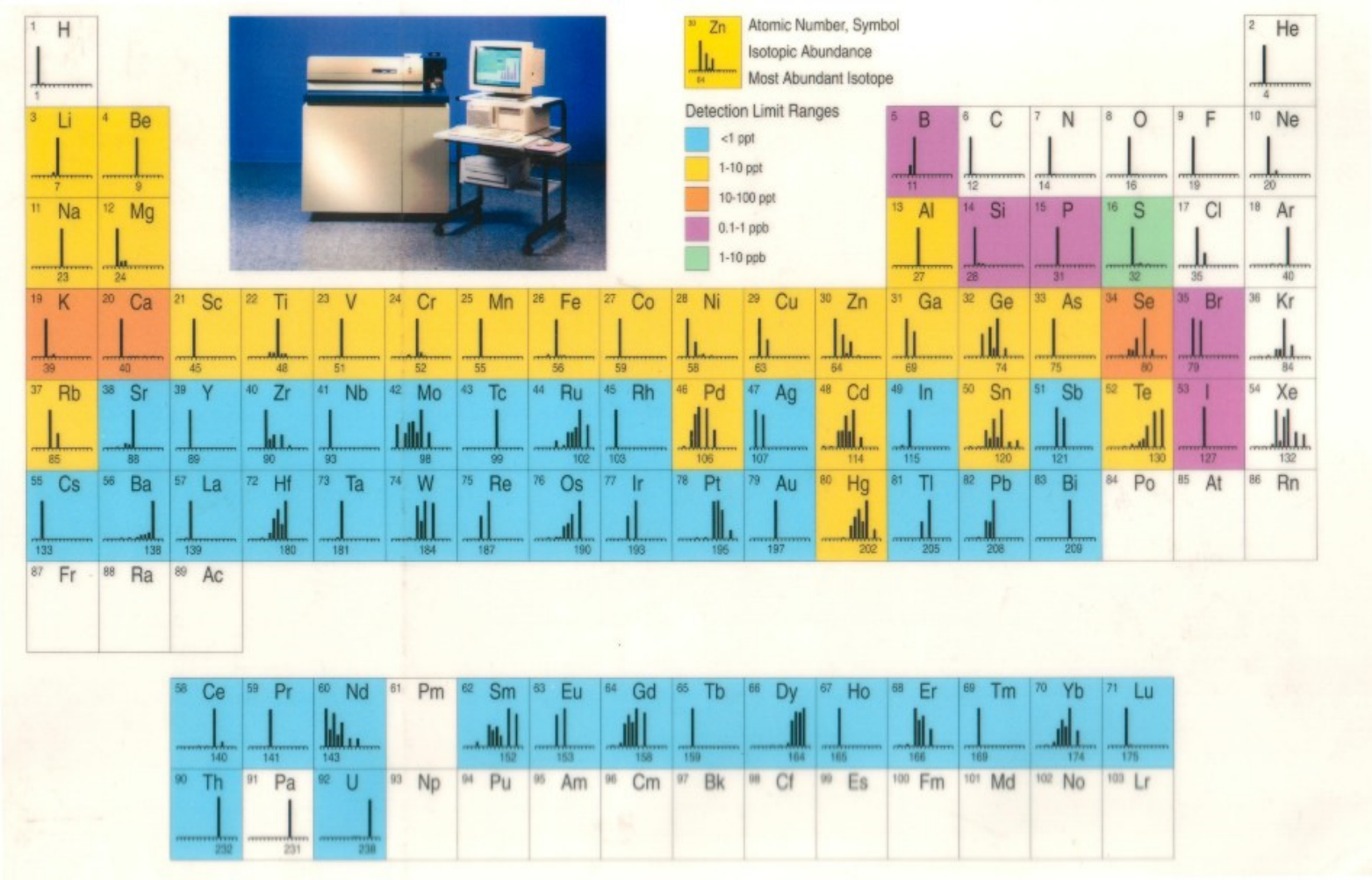
Un nanog

ées 2000, encore plus fort:

e par gramme= un millionième de
e de gramme par gramme,

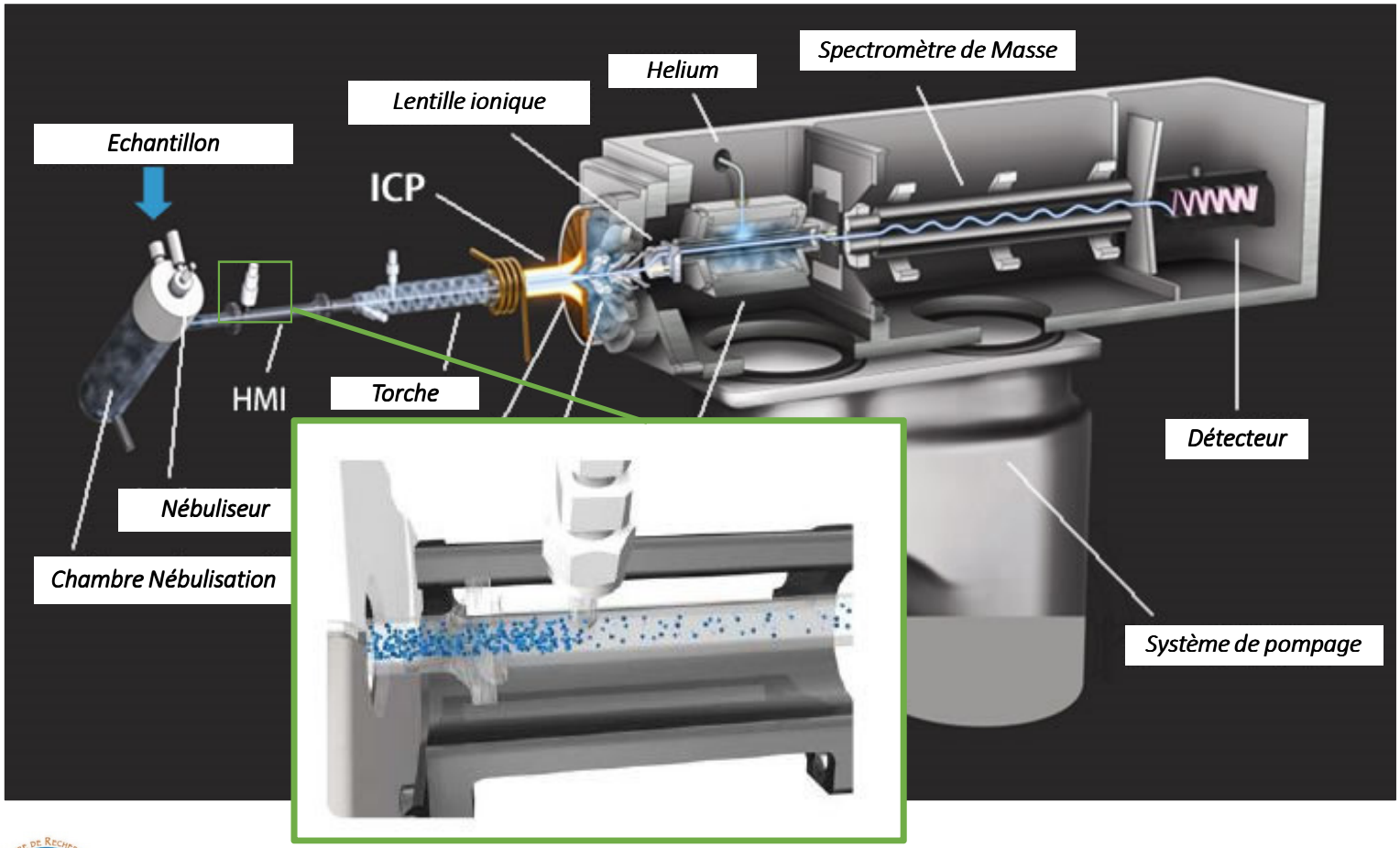
n'est pas fini…….

Quels éléments?



ICP-MS Agilent 7700

ICP-MS Agilent 7700



- 1 ion atteint le détecteur

→ **10^9 électrons comptés**

- Au premier ordre, le nombre d'électrons comptés est **proportionnel à la concentration de l'élément dans la solution**

- On mesure chaque élément **150 fois 20 ms**

- Une analyse de **40 éléments**

→5 minutes

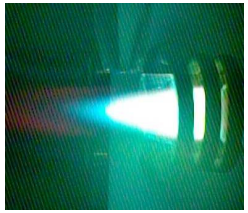
→ Concentrations jusqu'au **ppt = 10^{-12} g/g = ng/L**

- Concentration en solide dissous idéale en **Mode Normal**: **0,5 g/L**

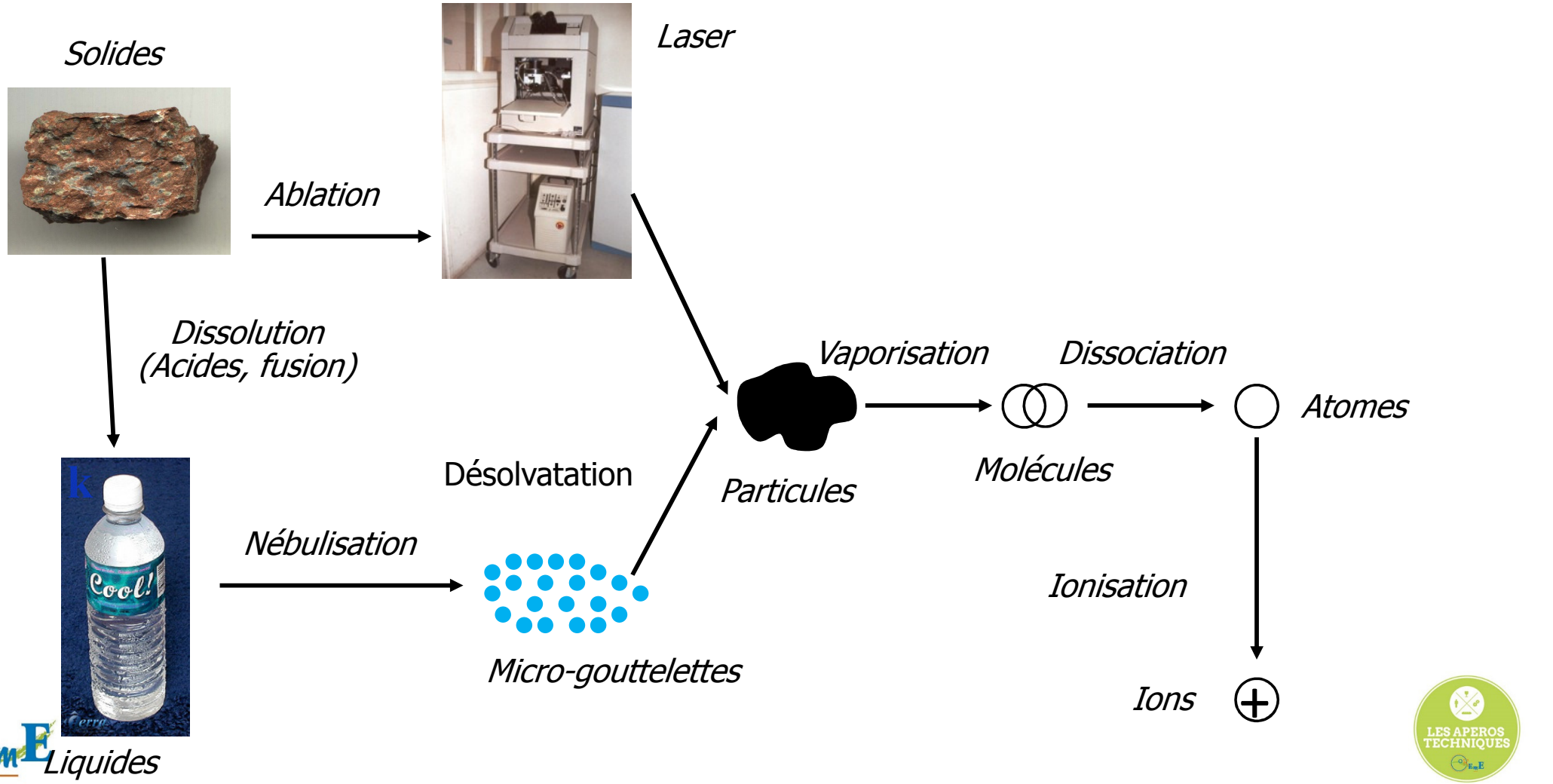
- Concentration en solide dissous en **Mode Dilution Gazeuse**= **40 g/L**

- **Matrice Analyse: 2% HNO3**

Actions du plasma



T°C= 6 000 – 10 000 °C



Le plomb: Contamination historique des sédiments de la Lagune de Pierre Blanche (

4 isotopes stables:

- **^{204}Pb: 1.48%**
- **^{206}Pb: 23.6%**
- **^{207}Pb: 22.6%**
- **^{208}Pb: 52.3%**

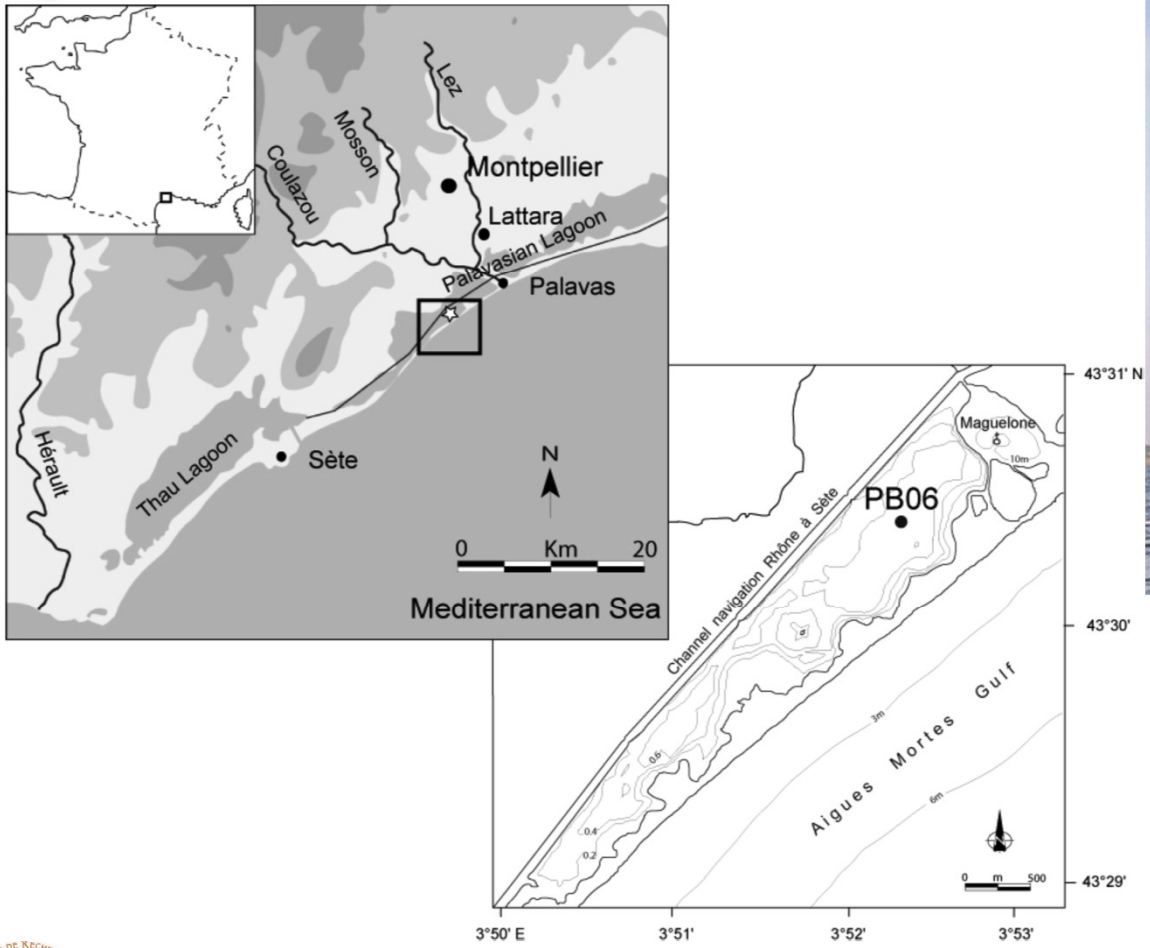
^{238}U ----------> $^{206}Pb + 8\ ^{4}He$ $\lambda = 1{,}55.10\ -10$
T = 4,47 Ga

^{235}U ----------> $^{207}Pb + 7\ ^{4}He$ $\lambda' = 9{,}85.10\ -10$
T = 0,704 Ga

^{232}Th ----------> $^{208}Pb + 6\ ^{4}He$ $\lambda'' = 4{,}95.10\ -10$
T = 14 Ga

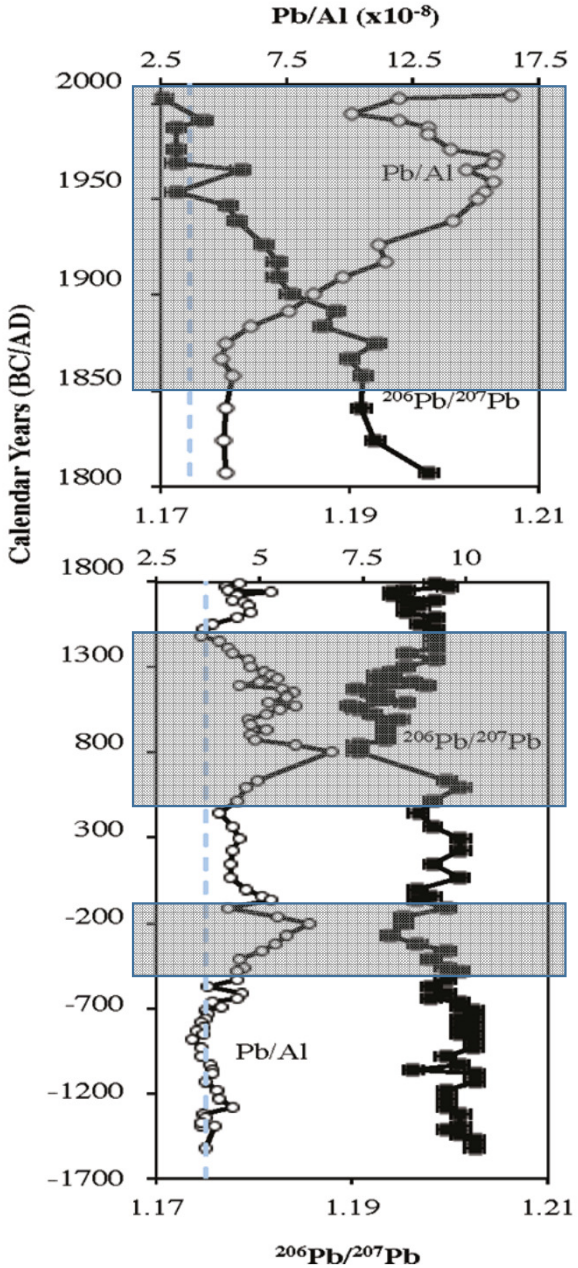
En fonction de l'origine du plomb présent dans un échantillon, la signature isotopique varie.

Le plomb: Contamination historique des sédiments de la Lagune de Pierre Blanche (Collaboration Laurent Dezileau, GM)



Carotte sédimentaire:

- **7.9 m de profondeur**
- **3500 ans**



Période: Période Moderne

Période: Moyen Age

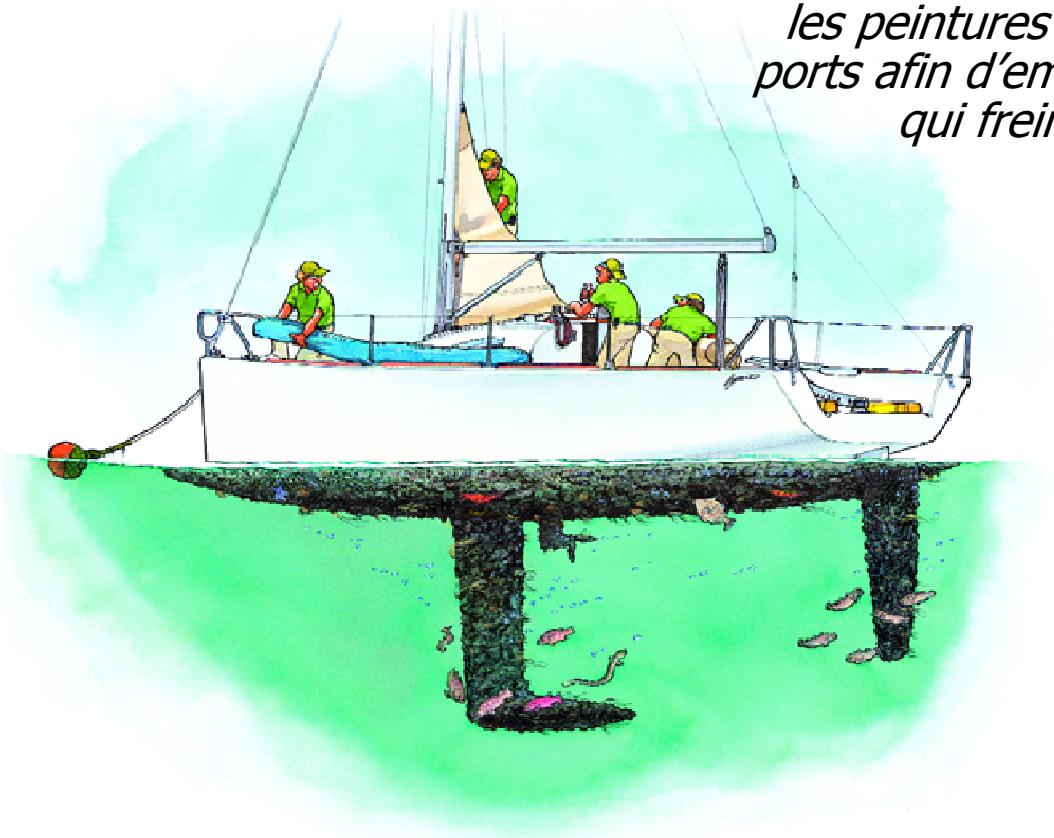
Période: Etruques,Grecs, Romains

Contamination en cuivre et étain (peintures bateaux): Port-Camargue

(Thèse Nicolas Briant)

Contamination en cuivre (peintures bateaux) Port-Camargue

*Le **cuivre** et les **organo-étains** sont/ont été utilisés dans les peintures qui recouvrent la coque des bateaux dans les ports afin d'empêcher le développement d'organismes vivants qui freine et endommage les coques de bateau.*



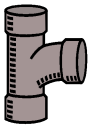
Exemple : Les composés organostanniques *(Chrystelle Bancon-Montigny)*

$R_pSnX_{(5-p)}$

Butylétains

Peintures antisalissures

Octylétains



Fongicide, Bactéricide

Désinfectant, Agents stabilisants

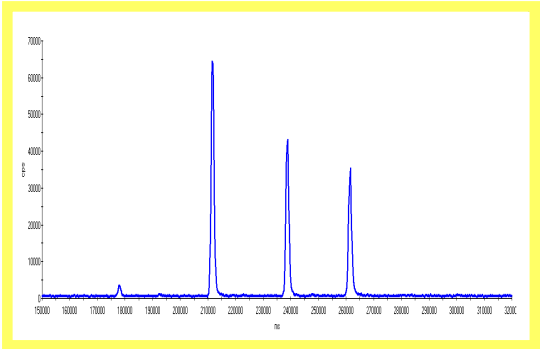
Traitements plastiques et verre (PVC, bouteilles, emballages alimentaires)

Préservation du bois, du papier & des textiles

Systèmes de recirculation de l 'eau

Phénylétains

Pesticides

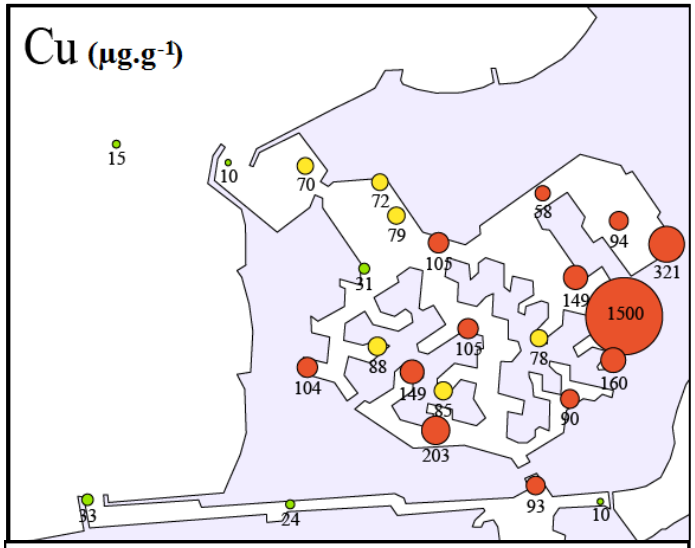


Toxicité

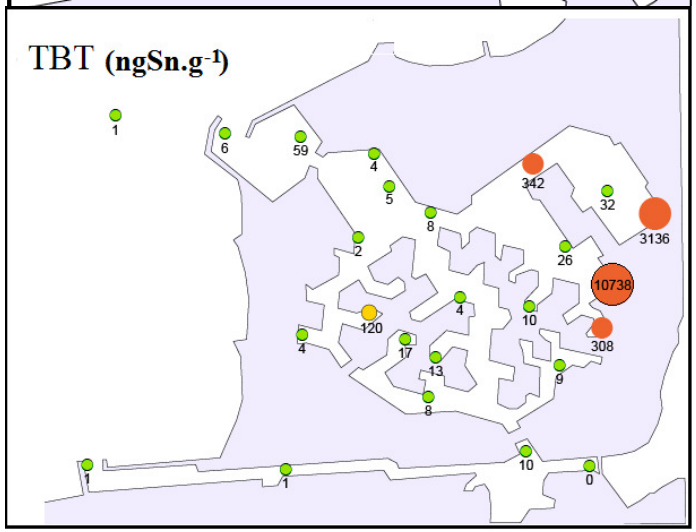
- Potentiel accumulateur
- Perturbateur endocrinien (mollusques (imposex), humains ?)
- neurotoxiques, immunotoxiques

Contamination sédimentaire de surface / Contamination des eaux

N1 = 45 µg.g^{-1}
N2 = 90 µg.g^{-1}



N1 = 41 ngSn.g^{-1}
N2 = 164 ngSn.g^{-1}



- < N1 : rejet en mer autorisé
- N1<x< N2 : rejet autorisé mais étude d'impact
- > N2 : rejet interdit

<u>Analyse Echantillons d'eau du port salée (35-40 g/L):</u>

1/ Prélèvement

2/ Filtration 0.22µm

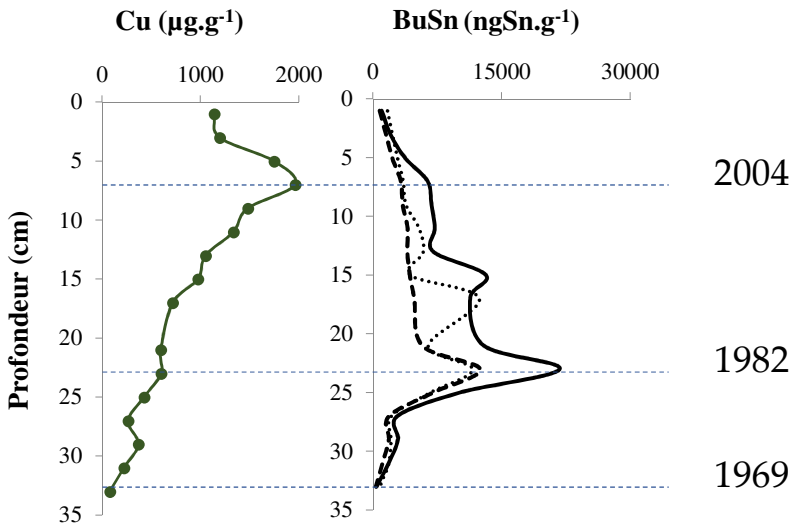
3/ Acidification HNO3 2%

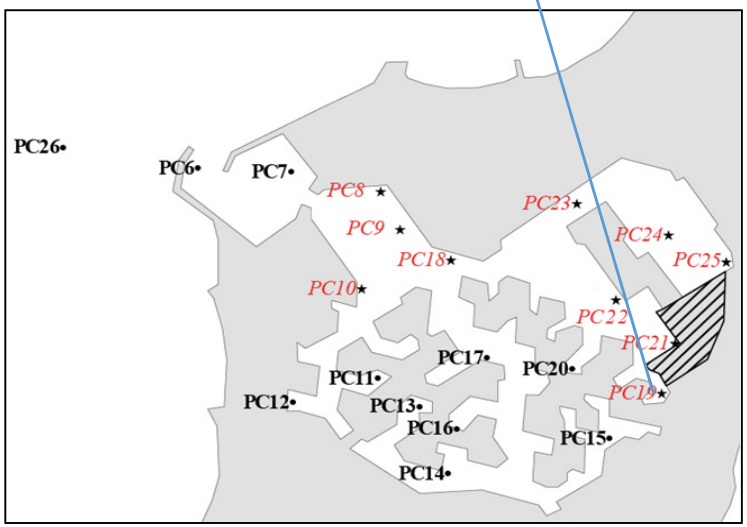
4/ Analyse directe à l'ICPMS en Dilution Gazeuse

et 5/ Résultats:

[Cu] = 10-30 µg/L jusqu'à **100 fois** plus concentré qu'une eau de mer prélevée au large.

Profils sédimentaires





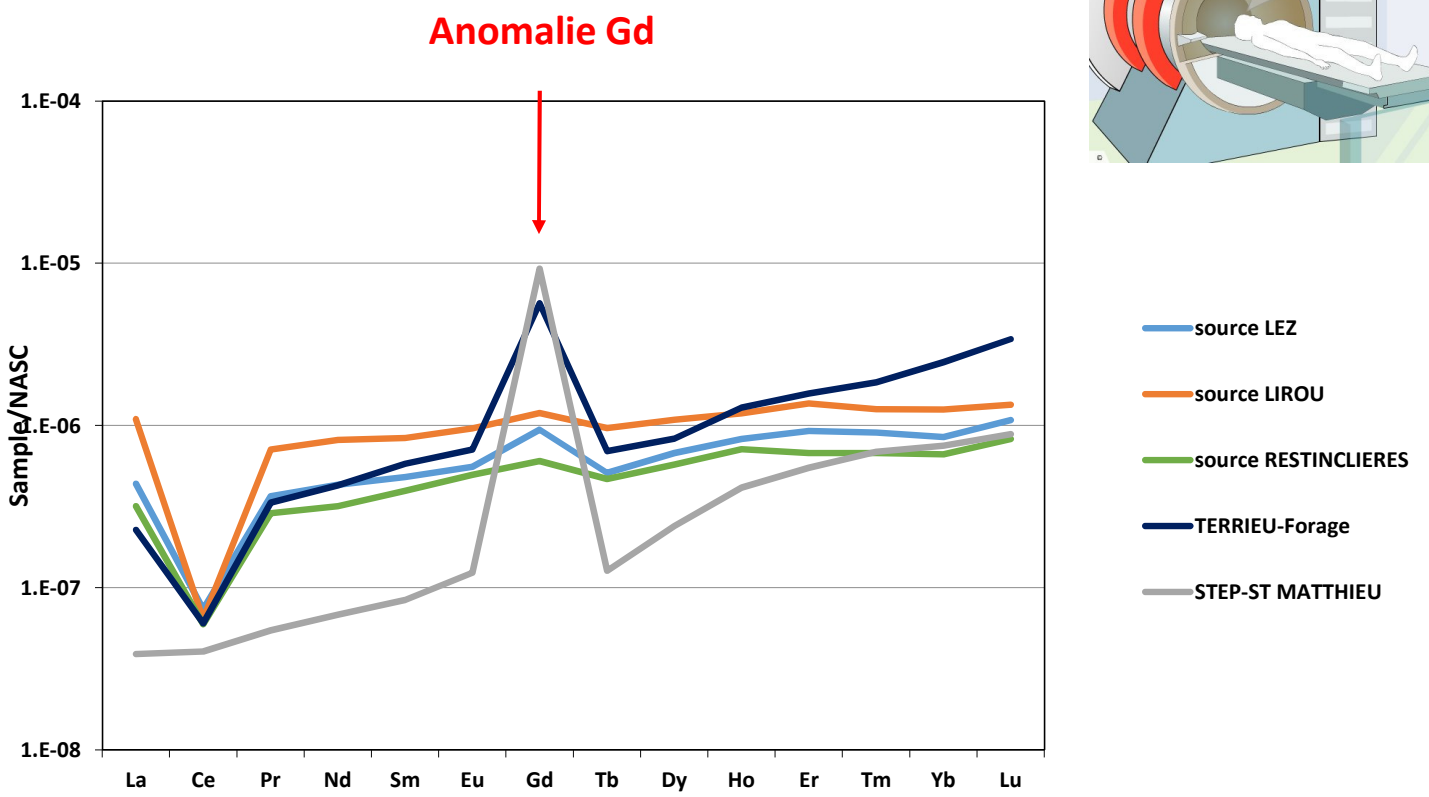
Forte contamination près des ZT

Profils sédimentaires = reflet des apports de contaminants

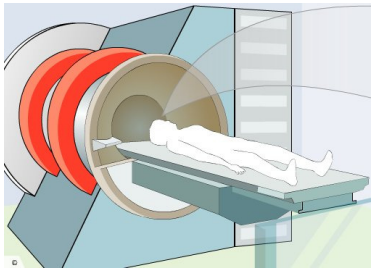
Faible dégradation du TBT près des ZT
→ Inhibition de la dégradation bactérienne
→ Stabilité des particules de peinture (Turner et al., 2008)

(Briant et al., 2013)

Contamination des eaux souterraines par les eaux usées *(J.L. Seidel)*



Profils des Terres rares dans les eaux souterraines



IRM: le Gadolinium **Gd** est utilisé comme
Produit de contraste

- Présence de Gadolinium dans les eaux usées (IRM)
- Anomalie positive dans les effluents de STEP: excès de Gd d'origine anthropique
- Sources du Lirou et Restinclières : profils non contaminés
- Source du Lez et Forage Terrieu : anomalies positives dues à la présence d'eaux usées

AETE
ANALYSE DES ELÉMENTS EN TRACE DANS L'ENVIRONNEMENT
ACCUEIL
PÔLE EAU, ENVIRONNEMENT
PÔLE TERRE
ACTUALITÉS
TARIFICATION
Pôle Eau, Environnement
Présentation du slide ?
Pôle Terre
Présentation du slide ?
QUI SOMMES NOUS ?
Le Grand Plateau Technique pour la Recherche AETE ("Analyse des Eléments en Trace dans l'Environnement "), créé en Juillet 2006, est un service du Département de Recherche Terre, Eau et Environnement de l'UM2. Il est financé par le MESR, l'INSU et la Région Languedoc-Roussillon.
Il vise à mutualiser et optimiser le potentiel analytique de la géochimie des éléments en trace des Unités Mixtes de Recherche Géosciences Montpellier (GM) et HydroSciences Montpellier (HSM). Les principales applications concernent l'analyse des éléments en trace dans les eaux, les roches, les minéraux et différents types de matériaux organiques et inorganiques.
L'un des principaux objectifs du GPTR a été la nécessité impérieuse d'améliorer nos performances analytiques dans des domaines tels que la quantification des ultra-traces (<10-9 g/g), l'analyse ponctuelle à forte résolution spatiale (< 10 µm) pour les éléments en trace (<10-6 g/g), la mesure de nouveaux éléments d'intérêt cosmochimique ou/et à fort impact environnemental, tels que les métalloïdes, et la spéciation des éléments en trace dans l'environnement. AETE est actuellement équipé de trois spectromètres de masse à source plasma : un quadripole X Series II (Thermo Scientific) avec Cellule de collision (CCT) (X Series II), un quadripole 7700 (Agilent Technologies) avec cellule de collision (ORS) et un haute résolution, couplé à un système d'ablation laser pour l'analyse ponctuelle (LA-HR-ICP-MS).
Nous disposons également des équipements nécessaires pour effectuer la spéciation des métaux et des métalloïdes (Chromatographe en Phase Gazeuse et Chromatographe Liquide Haute Performance en couplage avec les ICP-MS).
Le GPTR est actuellement utilisé par les UMR GM et HSM ainsi que par d'autres laboratoires de l'UM2 et par des équipes de géochimie nationales et internationales. Le GPTR AETE est également ouvert aux utilisateurs extérieurs tels que les partenaires institutionnels régionaux, nationaux et les entreprises privées.
Géosciences Montpellier
HSM HydroSciences Montpellier
cnrs
la Région Languedoc Roussillon
um2