

L'antimoine, un polluant émergent dans les sols et rivières urbaines : les bassins de rétention autoroutiers comme modèles de milieux récepteurs réactifs

Maëva Philippe^{1,2} (doctorante LSCE-IMPMC), Pierre Le Pape², Louise Bordier¹, Gautier Landrot³, Ludovic Delbes², Sophie Ayrault^{1,*}

¹ *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE)*

² *Institut de Minéralogie, de Physique des Matériaux et de Cosmochimie (IMPMC)*

³ *Synchrotron SOLEIL*



* sophie.ayrault@lsce.ipsl.fr

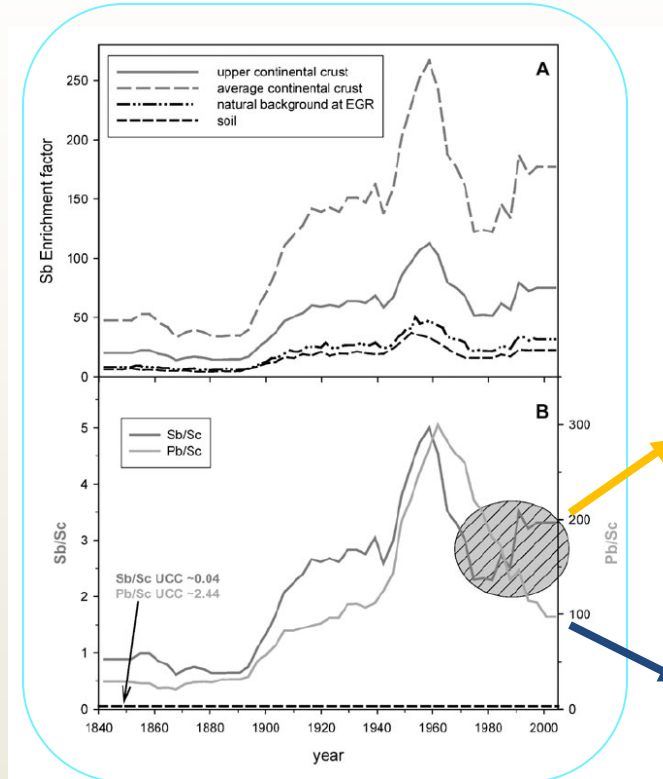
L'antimoine, des préoccupations nouvelles pour un métal connu depuis l'Antiquité



Buste de Nefertiti, khôl à base d'antimoine



Turner et al, 2017 « une sélection de produits de consommation courante contenant de l'antimoine »



Sb (antimoine)

Pb (plomb)

Krachler et al, 2005 « Augmentation de la contamination des glaces et des neiges du Pôle Nord »

Antimoine dans l'environnement

Classé comme polluant prioritaire et cancérigène par UE et US-EPA

Sb est impliqué dans de nombreuses activités :

- mines et fonderies, combustibles fossiles, tir de chasse, trafic routier (plaquettes de frein, batteries), retardateur de flamme (plastiques, tissus), pigments (peintures, céramique ...)

Conduisant à deux sources principales d'émissions en milieu urbain :

- incinération des déchets (plastiques, céramiques, tissus ...)
- ruissellement sur les infrastructures urbaines (trafic routier, toitures)



Ruissellement sur les infrastructures urbaines



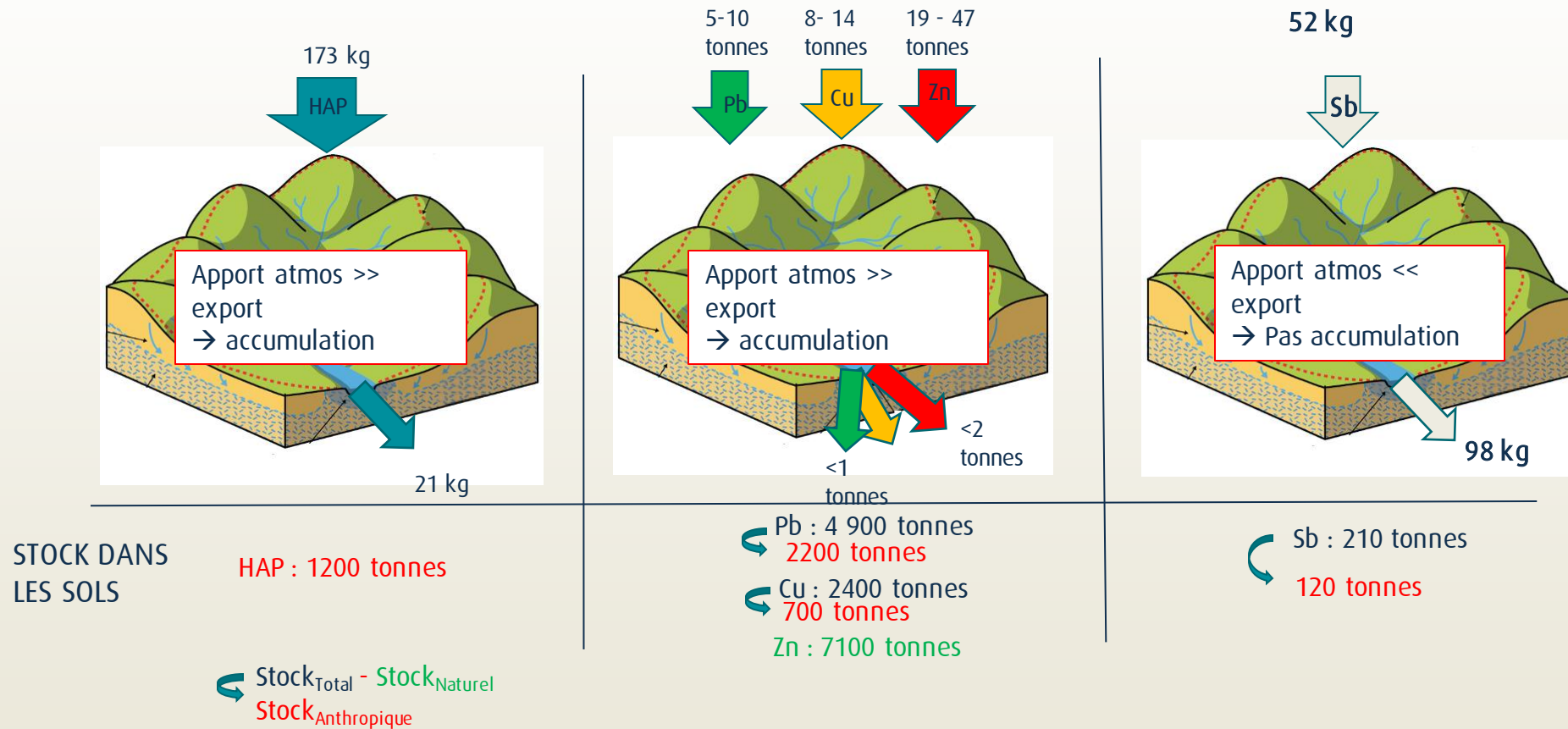
Emissions atmosphériques

Antimoine dans la Seine et l'Orge

Doctorant.e	Encadrants	Titre thèse	Année de soutenance
Laure Tessier	P. Bonté et J.-M. Mouchel	Traçabilité des particules en suspension dans les rivières de la Seine	1999
Cindy Rianti Priadi	P. Bonté et S. Ayrault	Caractérisation des phases porteuses de métaux en Seine	2010
Pierre Le Pape	C. Quantin et S. Ayrault	Mobilité et Spéciation des métaux issus du ruissellement urbain	2012
Claire Froger	S. Ayrault et C. Quantin	Dynamique spatio-temporelle d'une pollution mixte (HAP et métaux) dans un bassin versant anthropisé : cas du bassin de l'Orge	2015



Une accumulation annuelle prédominante ... sauf pour Sb

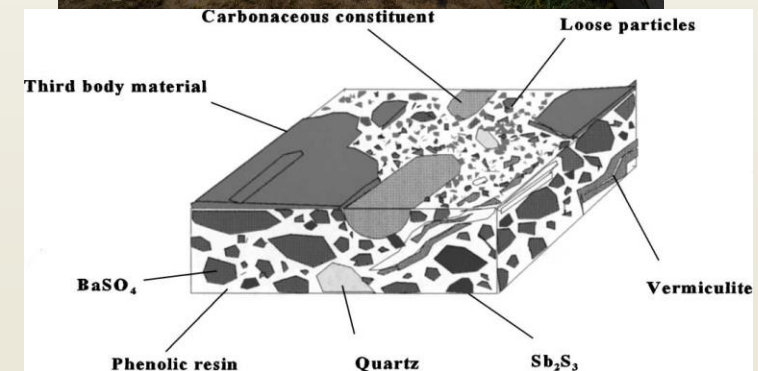


Le projet Antimoine : les objectifs

- Sources historiques et contemporaines de Sb en Seine ?
 - Caractériser la source d'antimoine urbain
 - Ces caractéristiques sont-elles modifiées par le transport / la mobilisation du rejet primaire ?
- Mobilité de la contamination d'origine routière entre les compartiments de la zone critique ?
 - Spéciation de Sb urbain depuis la source jusqu'aux sols et sédiments où il s'accumule
- Ecotoxicité de l'antimoine ?
 - Ces contaminations présentent-elles un risque pour les microorganismes des sols et de rivière ?
 - Comment les microorganismes façonnent la mobilité de Sb ?



Remplacer l'amiante par des composés contenant de l'antimoine (Sb) dans les freins de véhicules à moteur



Osterle et al. 2001

Le projet Antimoine : méthodes



Géochimie
élémentaire

Géochimie
isotopique



Archives
doc.

Microbiologie

Minéralogie



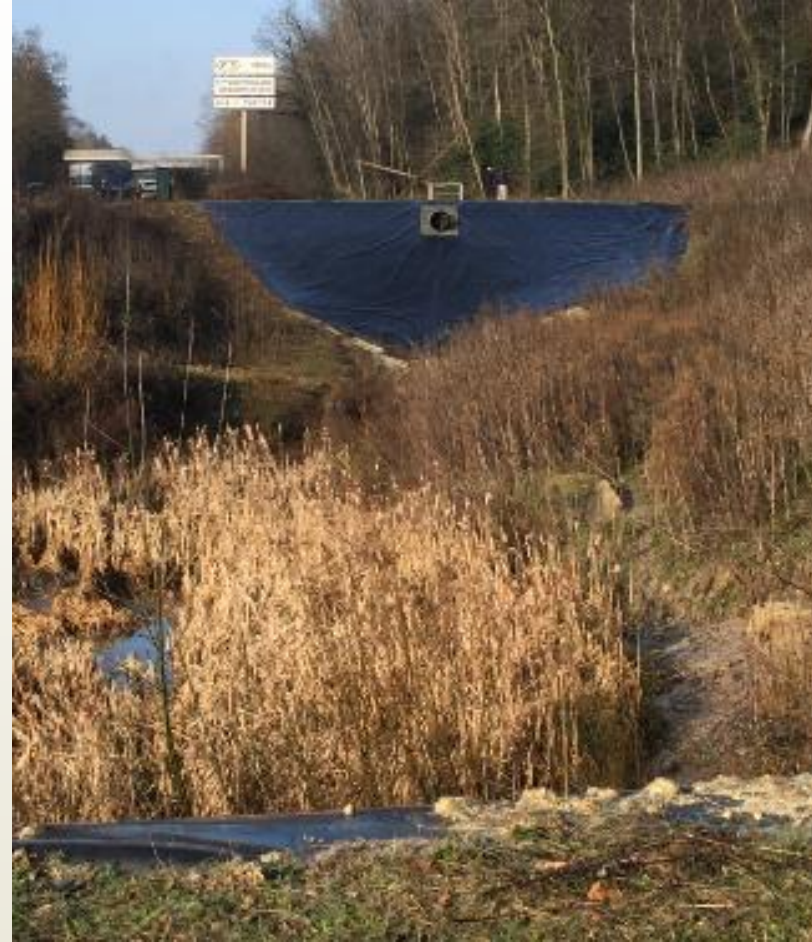
Le projet Antimoine : 1^{ère} année

Géochimie
élémentaire :
~30 éléments

Sb routier

Minéralogie :
- Phases minérales
- Spéciation solide

Les bassins autoroutiers : des concentrateurs

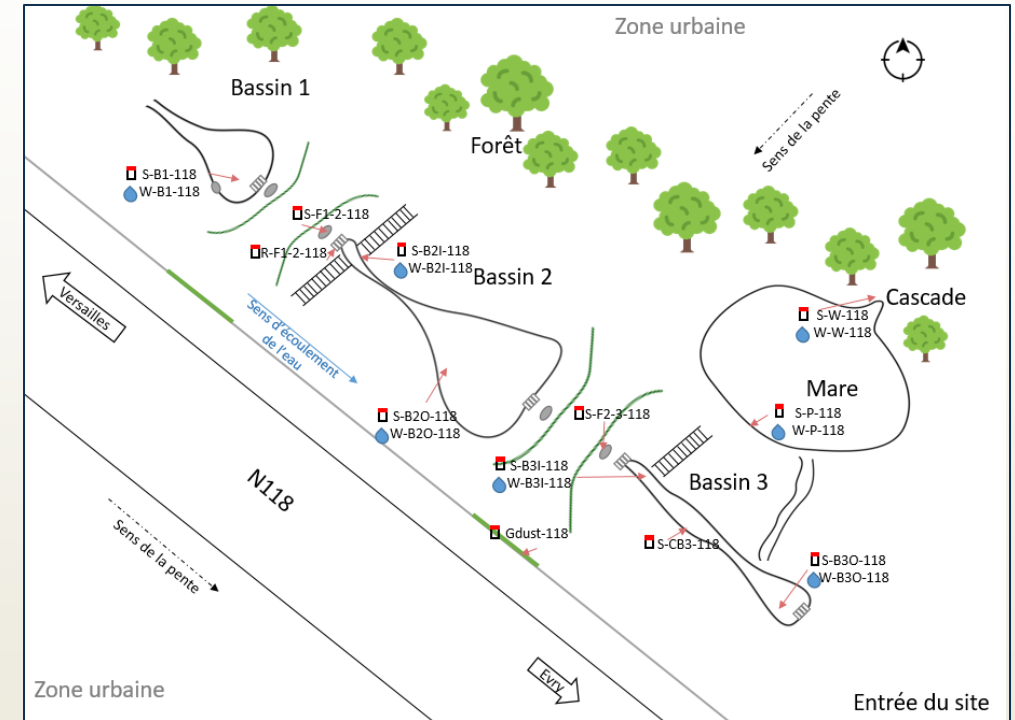




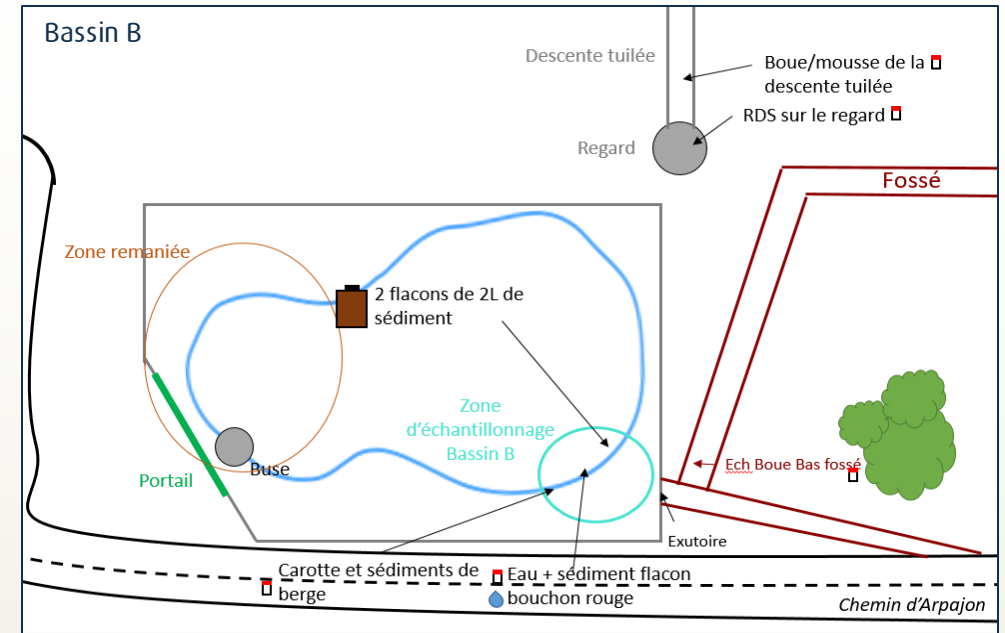
Orsay (N118) : 3 vieux bassins, rénovés partiellement



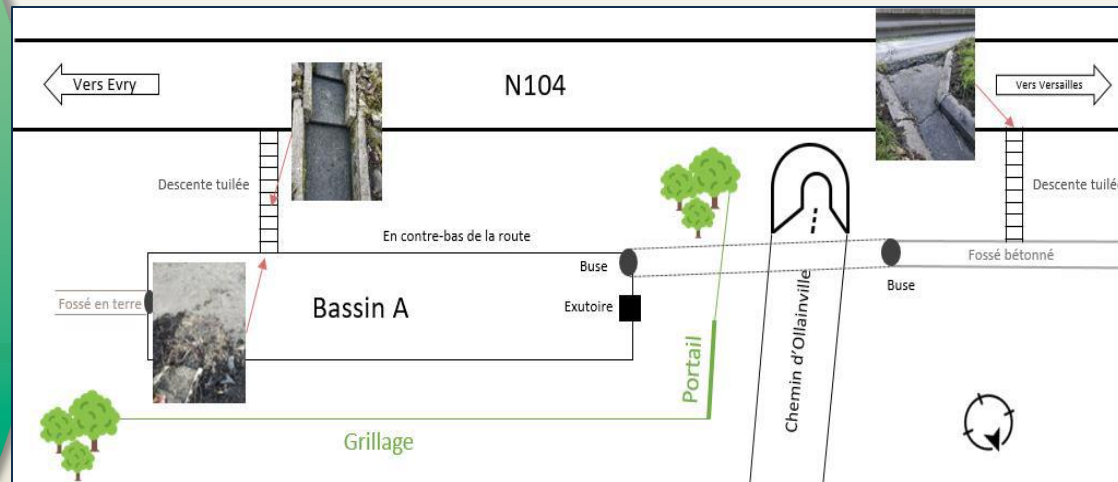
Janvier 2020



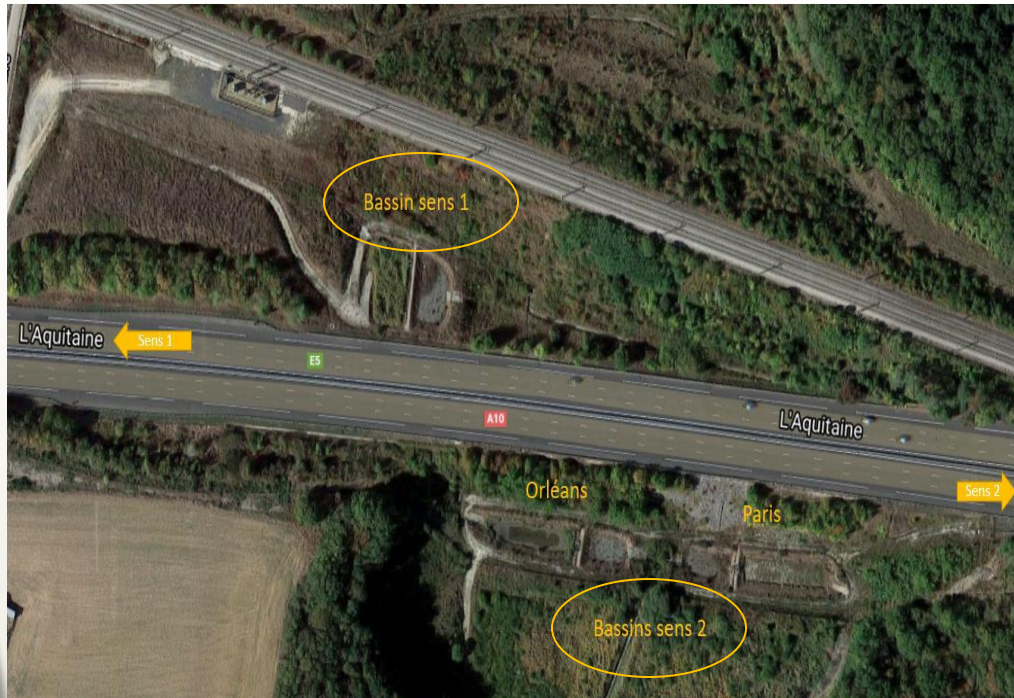
Marcoussis (N104) : 30 ans d'accumulation, mais curage !



Février 2020

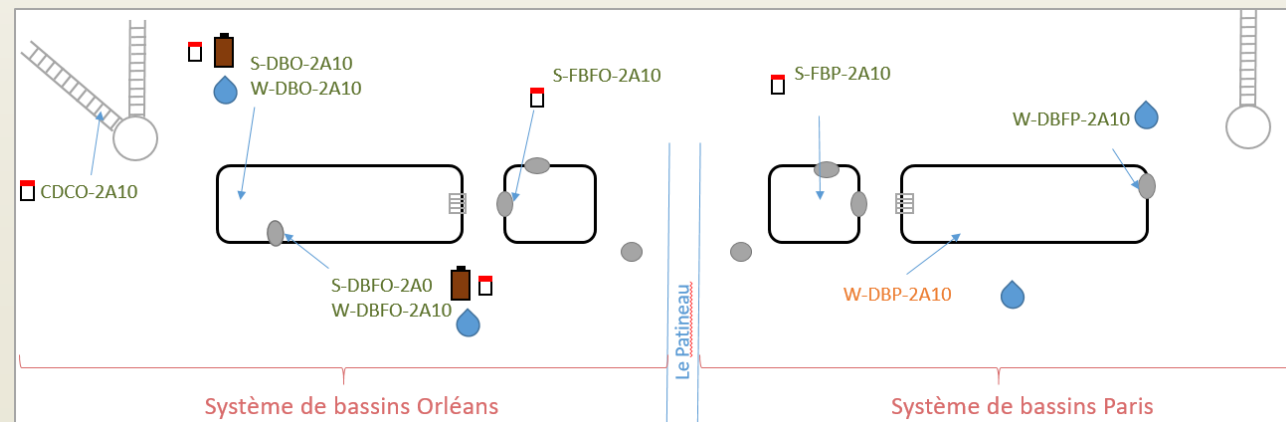


Bréthencourt (A10) : des bassins récents



Septembre 2020

Mars 2020





Sample handling performed under inert atmosphere to preclude oxidation of O_2 sensitive species (Sb and other Fe(II)/Fe(III) reactive species potentially reacting with Sb)

Description de la géochimie élémentaire

Facteurs d'enrichissement en Cd, Cu, Pb, Zn et Sb dans 4 systèmes de bassins

$$FE = \frac{X_{ech}/Al_{ech}}{X_{FG}/Al_{FG}}$$

avec X_{ech} et X_{FG} concentration de l'élément considéré dans l'échantillon et dans le fond géochimique local (FG) (Froger et al, 2018)

Al_{ech} et Al_{FG} la concentration en aluminium dans l'échantillon et dans le bruit de fond (Froger et al, 2018)

FE < 2 pas indicatif de contamination

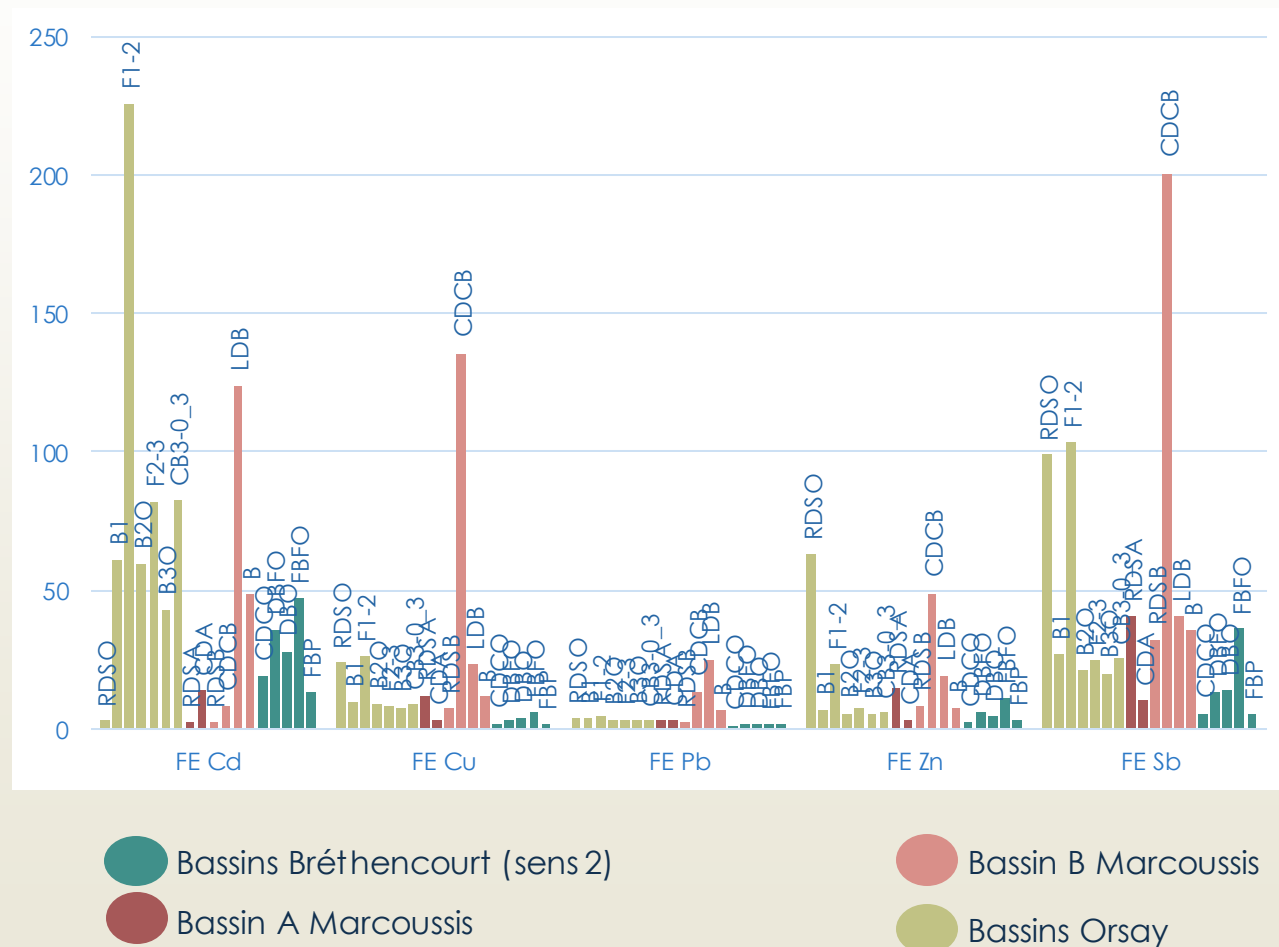
FE de 2 à 5 : enrichissement modéré

FE de 5 à 20 : enrichissement significatif

FE de 20 à 40 : enrichissement très fort

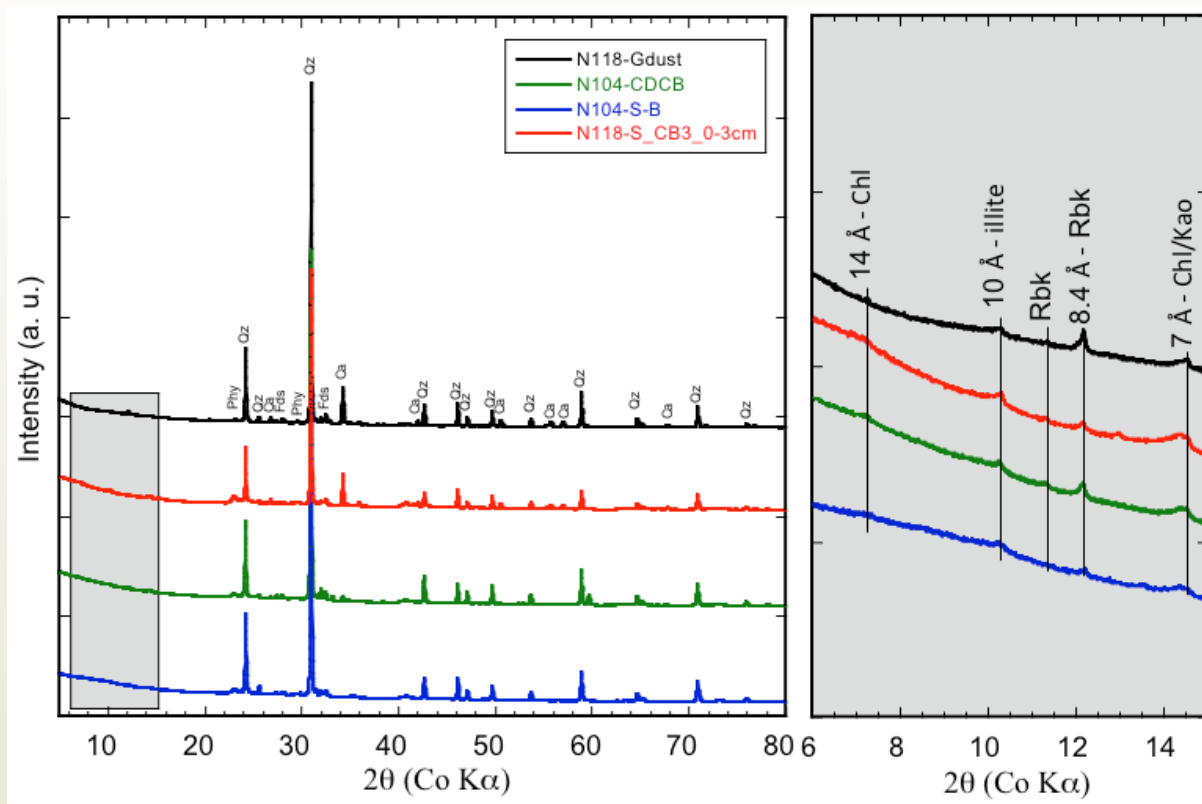
FE > 40 : contamination extrêmement élevée

(Szuszkiewicz et al. 2016)

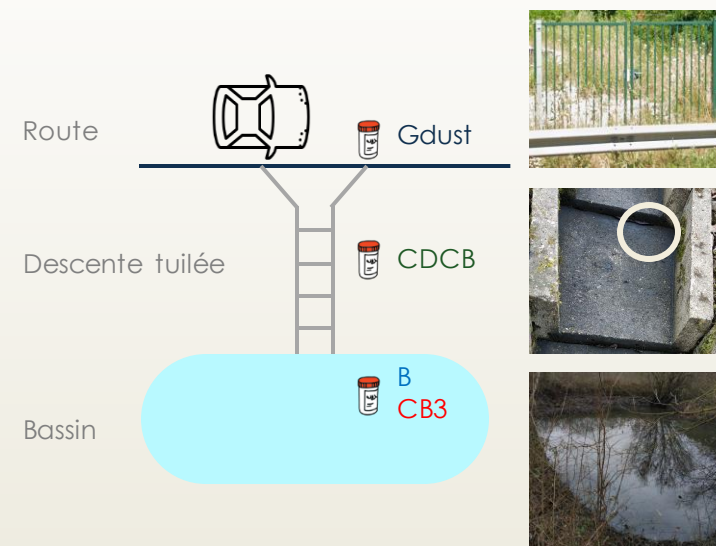


Minéralogie par diffraction des rayons X (DRX)

Diffractogrammes poudres de quatre échantillons représentatifs du continuum route-bassin autoroutier



Continuum route-bassin



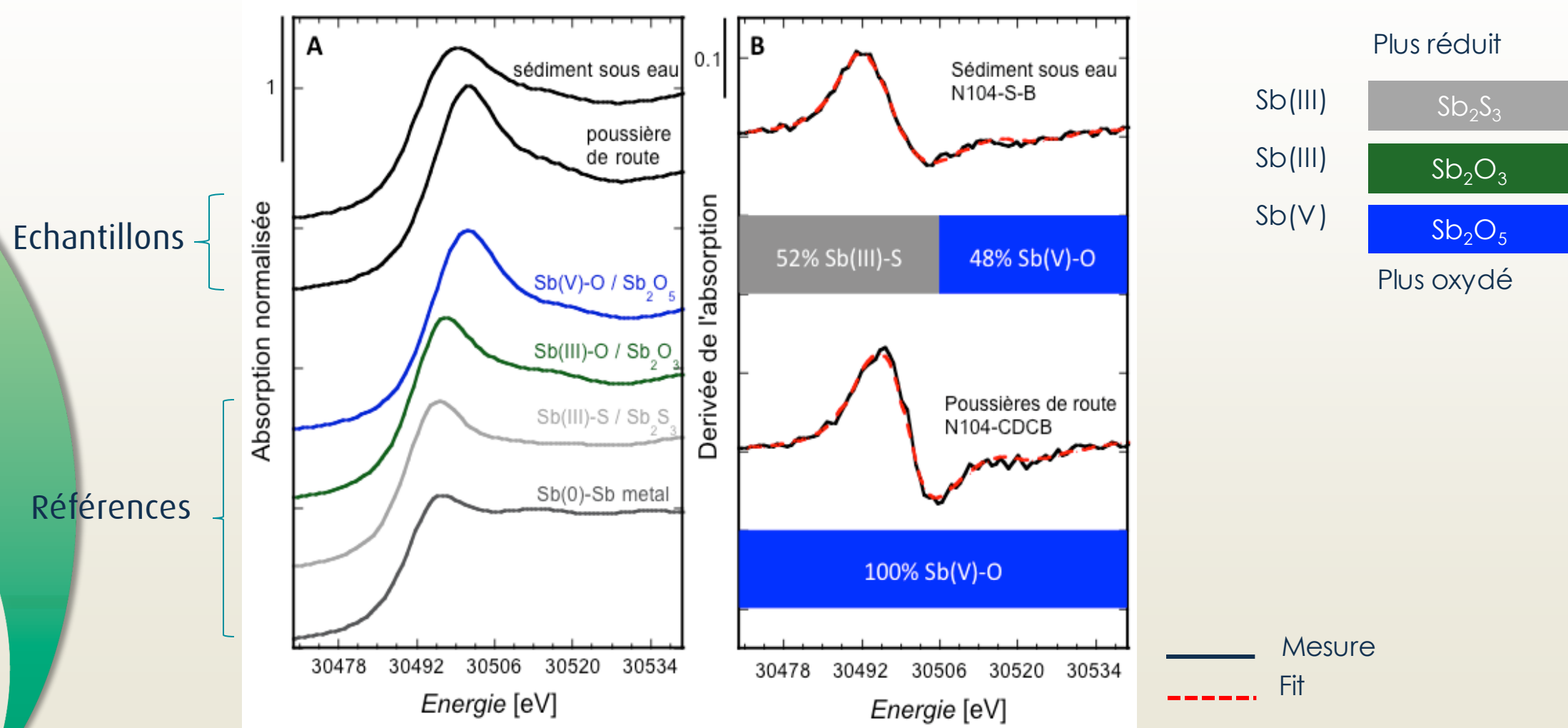
Phases minérales :

- Quartz
- Phyllosilicates
- Feldspaths
- Calcite
- Riebeckite

} Géologie
environnementale
/ Amiante

Spéciation par spectroscopie d'absorption des rayons X

Résultats préliminaires de spectroscopie XANES (X-Ray Absorption Near Edge Structure) sur la ligne de lumière SAMBA (synchrotron SOLEIL).



Conclusions :

- les bassins de rétention des eaux routières sont des sites pertinents
- les concentrations en Sb au niveau de ces sites atteignent des valeurs très élevées
- les facteurs d'enrichissement sont également très élevés pour Sb, comme pour Cu, Cd et Zn => contaminants routiers.
- la situation de Pb, réputé être également un polluant routier, est plus ambiguë.
- Les analyses minéralogiques des échantillons des bassins et de bord de route ont révélé la présence d'amiante => nouveau traceur routier ?
- la spéciation solide de Sb varie lors de son parcours depuis les bords de route jusqu'aux bassins récepteurs
- => forte influence des conditions rédox du milieu, et donc potentiellement de la microbiologie, sur la spéciation donc la mobilité de Sb.

Perspectives :

- ⇒ Faire émerger une typologie systématique des polluants métalliques routiers
 - ⇒ Géochimie élémentaire et isotopique (Sb et Pb)
 - ⇒ Recherche des phases porteuses de Sb par microscopie électronique associée à la microanalyse (MEB-EDXS)
- ⇒ Accroître notre connaissance de la spéciation solide par spectrométrie d'absorption X (XAS)
 - ⇒ Elaborer des matériaux de référence très spécifiques des environnements routiers
 - ⇒ Temps de faisceau synchrotron !
- ⇒ Intégrer la microbiologie dans l'étude du cycle biogéochimique de Sb
- ⇒ Terrain et expériences en conditions contrôlées



Maëva Philippe



Claire da Costa

Merci !

