

Journée scientifique OPUR – 8 juin 2011 Substances prioritaires et autres contaminants dans les eaux pluviales



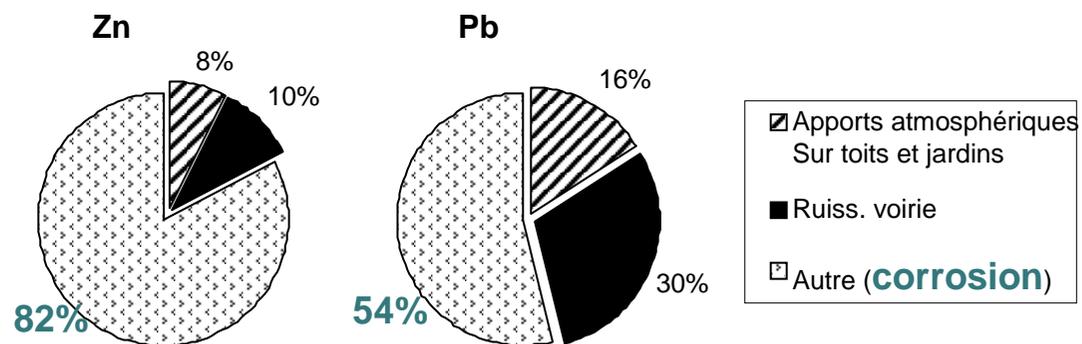
Observatoire des Polluants Urbains

Quantification et modélisation des émissions de métaux par les matériaux de couverture des bâtiments

Robert-Sainte P., Gromaire MC, De Gouvello B., Saad M., Chebbo G.

État des lieux

- Contribution des eaux de toitures à la contamination métallique des eaux de ruissellement
 - Paris – Le Marais (Gromaire, 1998): **Zn : 93% - Pb : 88% - Cu : 64%**
 - Ilot2 – Noisy le Grand (Gromaire et al., 2010)

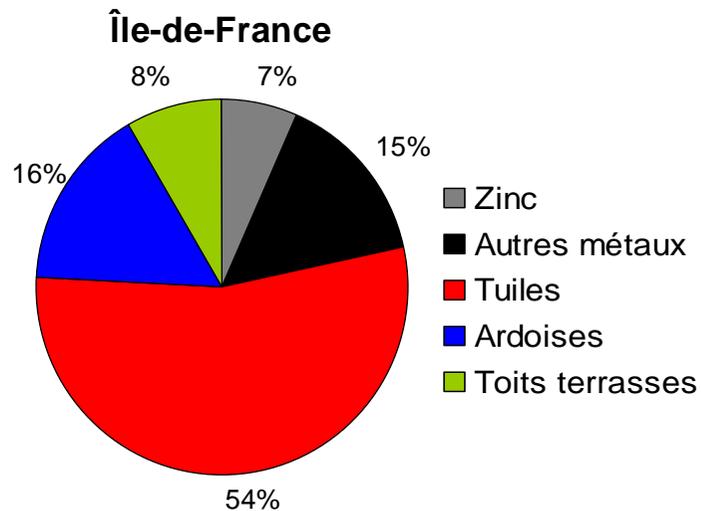


Toitures = Source de métaux pour les milieux récepteurs

État des lieux

- Des métaux très employés en couverture

→ Rampants



MSI, Marketing research for Industry, 2006

→ Éléments singuliers

Rive, noue, gouttières et descentes



- DCE 2000/60 : « Bon état écologique des milieux en 2015 »

Quantification de la pression « toiture » nécessaire



Objectifs du projet TOITEAU

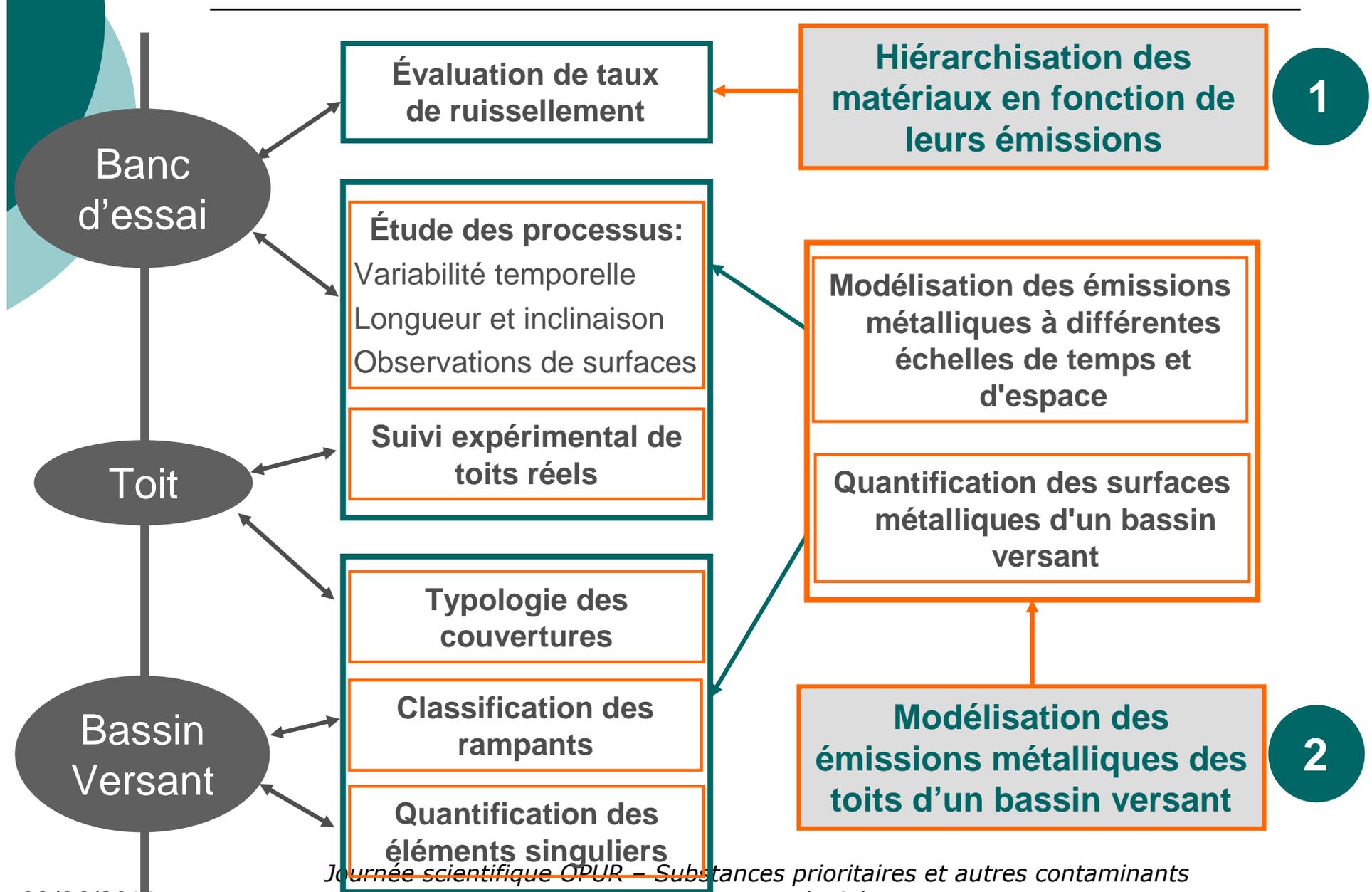
1

Évaluer et Hiérarchiser les émissions annuelles des métaux par différents matériaux métalliques de couverture

2

Établir un cadre méthodologique pour la modélisation des émissions métalliques des toitures d'un bassin versant

Méthodologie mise en place



Évaluation et hiérarchisation des émissions

Dispositif expérimental

Bancs d'essais (0.5 m²)

- ❑ 2 sites d'exposition (Créteil, Champs)
- ❑ 12 matériaux
(aciers, zincs, plombs, cuivres, alus)
- ❑ 4 modes d'exposition
(rampant, gouttière, étanchéité, crochets)
- ❑ Matériaux neufs et anciens
- ❑ 14 espèces métalliques quantifiées



14 mois d'exposition

Divisés en 13 périodes continues de
collecte du ruissellement

Flux moyen annuel

Base de données/Hiérarchisation

**Modélisation dans le temps des
émissions**

Évaluation et hiérarchisation des émissions

○ Indice de Contamination Métallique

$$ICM = \frac{[Cd]}{[Cd]_{ref}} + \frac{[Pb]}{[Pb]_{ref}} + \frac{[Ni]}{[Ni]_{ref}} + \frac{[Cu]}{[Cu]_{ref}} + \frac{[Zn]}{[Zn]_{ref}}$$

→ Ciblés par la DCE
→ Émis en grandes quantités par certains matériaux

Valeur seuil de référence : → SEQ-Eau, classe verte, indice 60 du 21 mars 2003

○ Hiérarchisation

ICM croissants

<10	700 à 850	1400 à 1750	2000 à 3500	> 4500
Alu Peint Alu Inox Galva Peint	Galva Anthra Zinc	Zinc neuf Zinc ancien	Plomb neuf Cuivre neuf	Cuivre ancien Plomb ancien

Journée scientifique OPUR – Substances prioritaires et autres contaminants dans les eaux pluviales

Modélisation des émissions à l'échelle du bassin versant

Taux de ruissellement applicables à l'échelle du BV

Base de données des
émissions annuelles

+

Modèle temporel

+

Modèle de transposition
spatiale

Surfaces métalliques des toits du BV

Rampant

Image aérienne
Outil de classification

+

Éléments singuliers
DTU

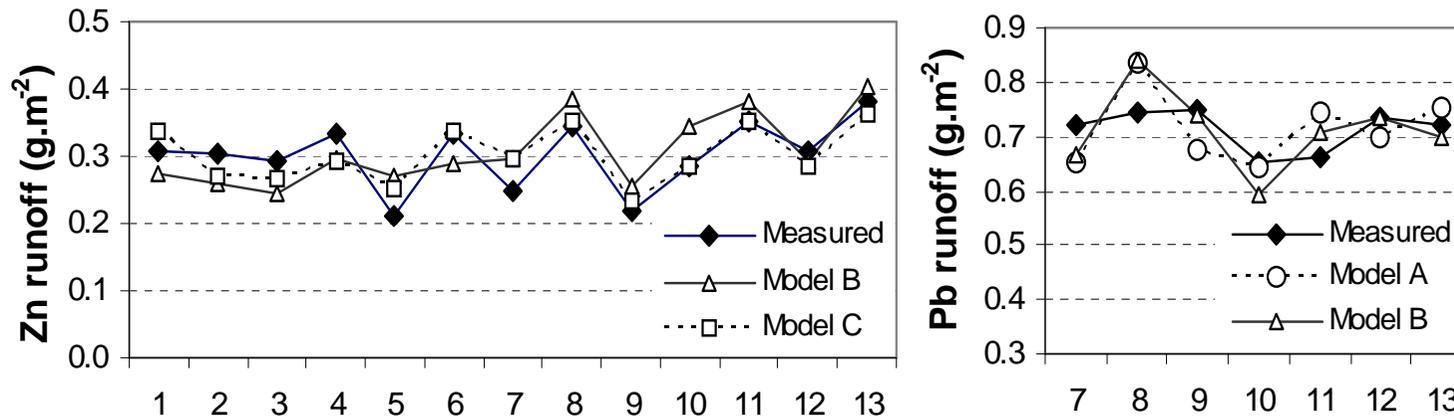
Émissions métalliques des toits d'un BV

Modélisation des émissions à l'échelle du bassin versant

Modèles temporels d'émission

- Modèle A: concentration constante $M_i = K_1 H_i$
- Modèle B: $M_i = \left(K_2 + K_3 \frac{T_i}{H_i} \right) H_i$
- Modèle C: accumulation linéaire
lessivage exponentiel $M_{stock_i} = K_5 T_i + (M_{stock_{i-1}} - M_{i-1})$
 $M_i = M_{stock_i} \left(1 - \exp^{-K_4 H_i^\alpha} \right)$

○ Calage sur les 13 périodes de collecte des bancs d'essai



Modélisation des émissions à l'échelle du bassin versant

Modèle de transposition spatiale

Effet de la longueur?

Effet de l'inclinaison?

Changement d'échelle spatiale :

Bancs d'essais:

flûte de pan (0.5m à 4 m)

pyramides (5°, 45°, 75°)

Toits réels

➤ règles de transposition spatiale

➤ validation en grandeur réelle



- Pas d'effet de longueur
- Inclinaison classique ($< 50^\circ$) : effet négligeable



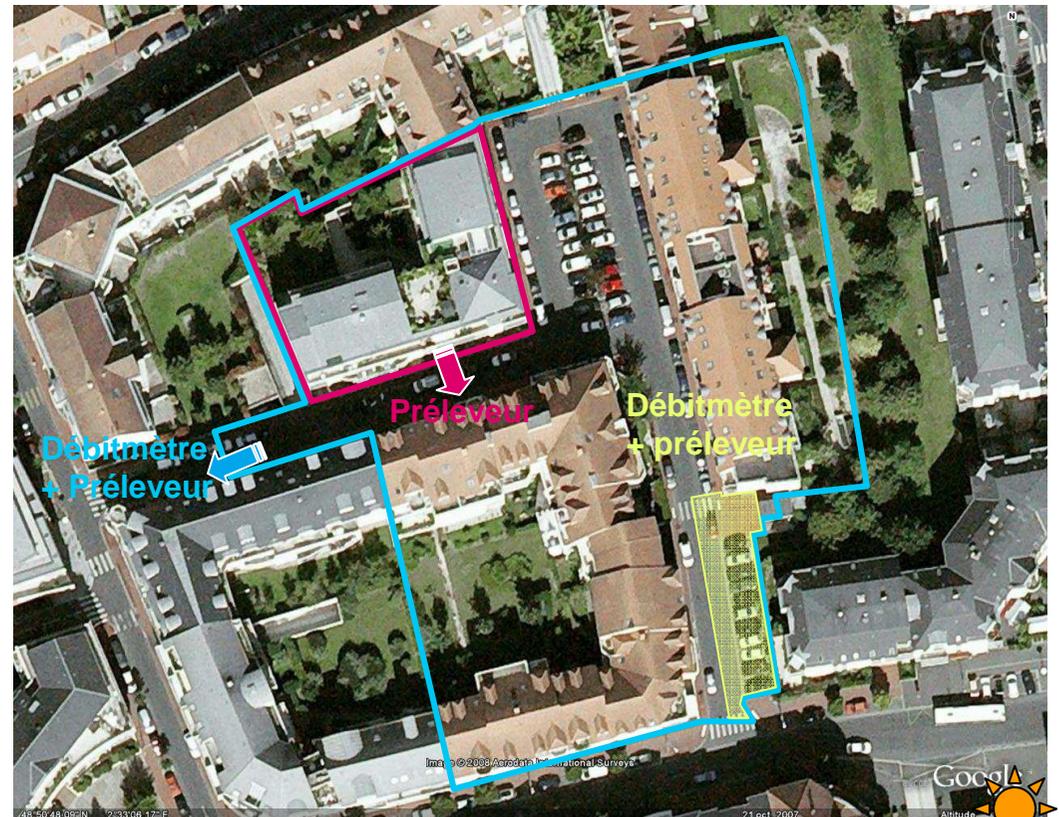
Masse de métal ruisselé ~

$K_{ruiss} \times \text{Surface projetée de métal} \times \text{Hauteur de pluie}$

Modélisation des émissions à l'échelle du bassin versant

- Validation du modèle d'émission de Zn sur un petit BV

	Parcelle bâtie	BV résidentiel
Superficie	1288 m ²	8210 m ²
% Toits	68%	42%
% Voirie	-	28%
% Jardins	32%	30%
Surface Zn (toit+étanchéités)	555 m ²	603 + 52 m ²
Surface Pb (étanchéités)	0? m ²	0 to 36 m ²



- Échantillonnage du ruissellement

Retombées atmosphériques, chaussée, parcelle bâtie, exutoire

- Bilan de masse

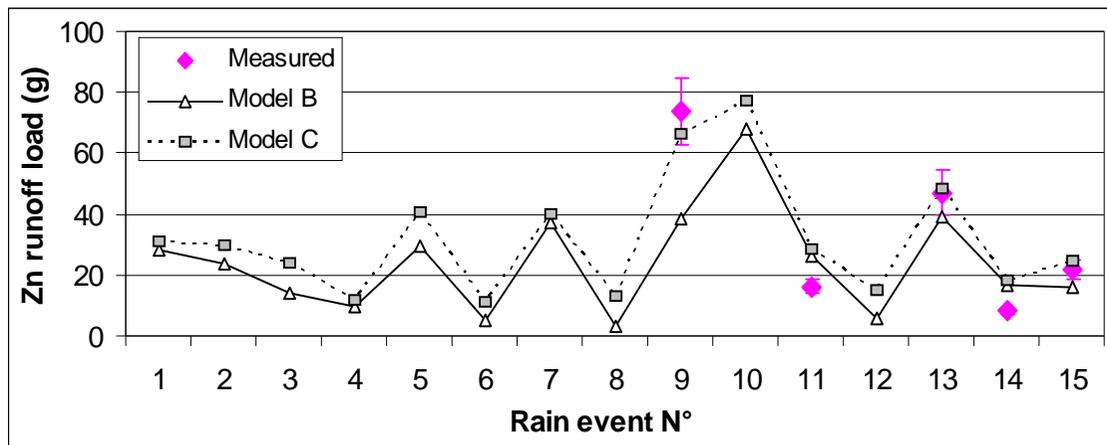
Mtoit = Mexutoire – Matm - Mvoirie

Retombées atmosphériques



Modélisation des émissions à l'échelle du bassin versant

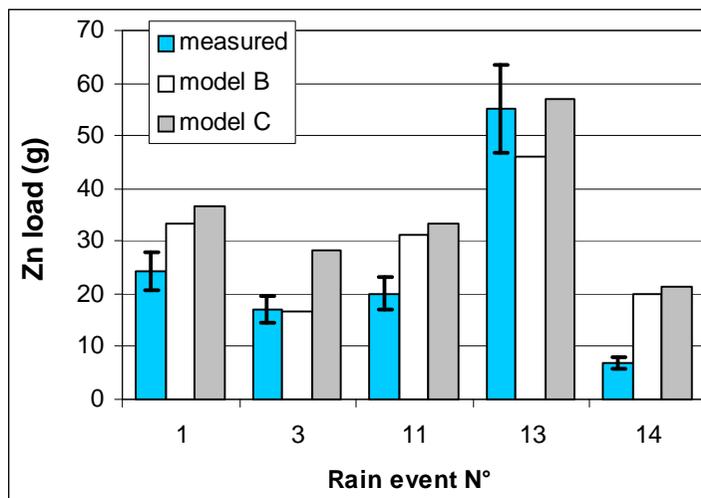
- Validation du modèle d'émission de zinc pour la parcelle bâtie



Modèle B = -17%

Modèle C = +13%

- Évaluation du modèle d'émission de zinc pour le BV résidentiel



Model B = +17%

Model C = +40%

Évaluation des surfaces de toiture métalliques

Surfaces de rampants: quantification semi-automatique possible par analyse d'image

- Test d'un outil de classification développé par le MATIS/IGN (AVET – A. Le Bris)



■	Ardoise
■	Zinc
■	Tuile rouge
■	Tuile brune
■	Terrasse
■	Ombre
■	Zones masquées

- 75% à 80% des pixels de bien classés
- bonne qualité de l'orthophoto déterminante (résolution, contraste, lumière zénithale)



Évaluation des surfaces de toiture métalliques

Surfaces d'éléments singuliers:

- Quantification nécessaire
 - Jusqu'à 8 à 10% de la surface projetée
- Délicate à mettre en œuvre à grande échelle
 - Approche statistique à développer
 - Utilisation de nouveaux outils: reconstruction 3D ?

Conclusions / perspectives

- Premières clés pour une évaluation systématique des émissions métalliques issues des toitures
 - Profils d'émissions de 12 matériaux
 - Base de donnée de taux de ruissellement annuels (IdF)
 - Modélisation des émissions de Zn à l'échelle du BV
- Travail à reproduire sur les autres sources de métaux en ville pour un modèle global
- Quid des micropolluants organiques?

