

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



Observatoire des Polluants Urbains

Évaluation de la qualité microbiologique des eaux de pluie après collecte et stockage

Thi Le Nhung NGUYEN-DEROICHE, M.-C. GROMAIRE, L. MOULIN, M.
SAAD, A. SEGOR et F. LUCAS



Tendances

International → Législation et incitations

- **Obligations:** bâtiments neufs

USA (AR, NM), Caraïbes, Belgique, Australie (sud) et Brésil

- **Remises, Installations aidées:**

Australie, Brésil, France

- **Exemption ou réduction d'impôts:**

France, Australie, Allemagne, USA (Texas)

■ **En France:** Arrêté du 21 août 2008



Utilisation réelle

Exemples:

- **Australie**: moyenne nationale 11% EPR pour l'eau potable
 - 3,2% - capitale
 - 24,3% - les autres régions
- **Les îles Pacifique** : 69% (Marshall); 67%(Palau), 49% (Micronésie)

Quelle est la qualité microbiologique des eaux de pluie ?

- **qualité microbiologique aléatoire**

- Des conclusions **contradictoires**: consommation humaine

- ⇒ **conformes** (Heyworth *et al.*, 2006; Abdulla et Al-Shareef, 2009; Amin and Han, 2009; Spinks *et al.* 2006; guides)

- ⇒ **non conformes** (Fewtrell *et al.*, 1997; Simmons *et al.*, 2001; Lye, 2002a; Fewtrell et Kay, 2007; Sazakli *et al.*, 2007; Abbott *et al.*, 2007b; Simmons *et al.*, 2008)

- **Aucun consensus clair** pour la consommation humaine

- ⇒ risques sur la santé de l'EPR?

→ Et pour les autres usages?

Arrosage, lavage, toilettes...etc

Quels sont les risques potentiels en fonction des usages?

Pour la chasse d'eau:

- ❑ Ingestions accidentelles et inhalation (aérosols, contact mains-bouche)

~ **11 mL/an/personne** (*National Guidelines for Water Recycling, EPHC/NRMMC, 2005*)

- ❑ Connexion croisée système de l'EPR/distribution eau potable

=> probable **1/1000 maisons** (*National Guidelines for Water Recycling, EPHC/NRMMC, 2005*)

Pour l'usage externe:

- ❑ Ingestions accidentelles et inhalation (robinet du jardin, fruits et légumes, système d'arrosage et appareils haute-pression)

~ **1mL/jour/personne** (*National Guidelines for Water Recycling, EPHC/NRMMC, 2005*)

~ **1,9 µL/événement** (Ahmed et al., 2010)

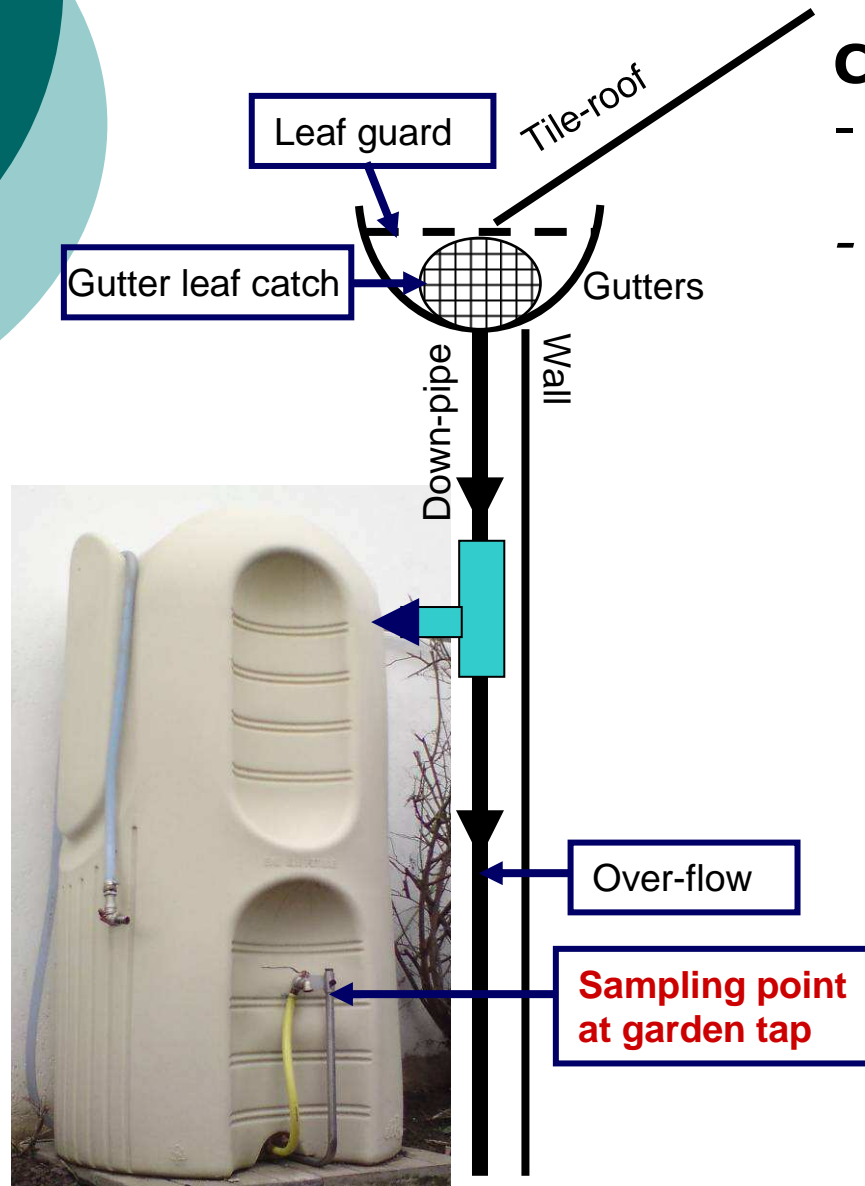
- ❑ Contact avec les yeux, blessures

Sites d'études



- Chaumontel : site de prélèvement pour les cuves enterrées
- Champigny sur Marne : site de prélèvement pour les cuves extérieures

Installation de cuves extérieures



Cuves extérieures:

- 5 maisons (Champigny-sur-Marne, 77)
- *Usages* : arrosage, nettoyage de sols et véhicules et rétention

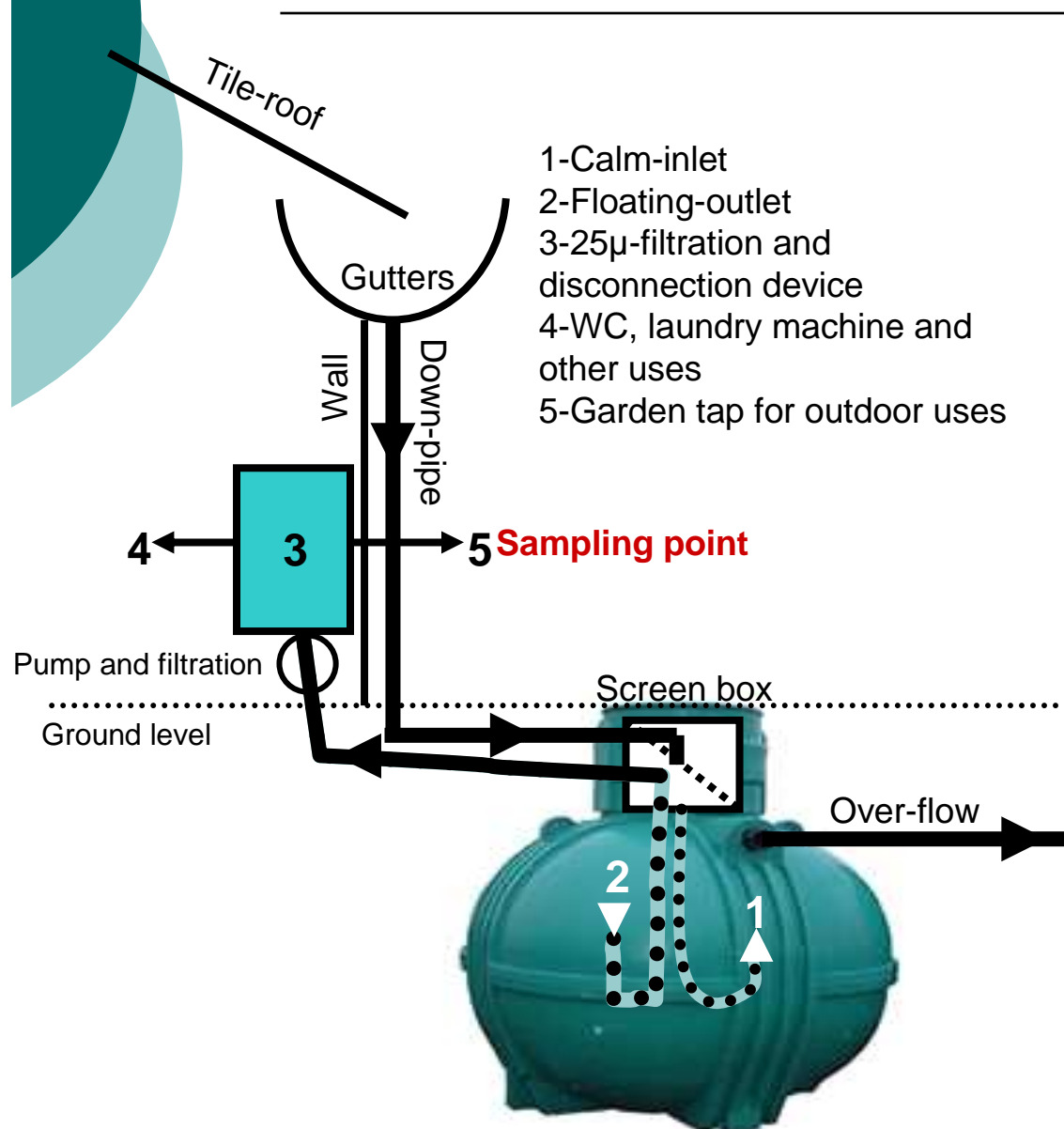
→ Toitures anciennes, tuile terre cuite, mousses et poussières

→ Végétation arborée

→ Exposition Sud, S-Est

→ Peu d'entretien

Installation de cuves enterrées



Cuves enterrées:

- 5 maisons (Chaumontel et Luzaches, 95)

- *Usages* : arrosage, nettoyage de sols et véhicules, toilettes, lave-linge, piscine (1) et douche (1)

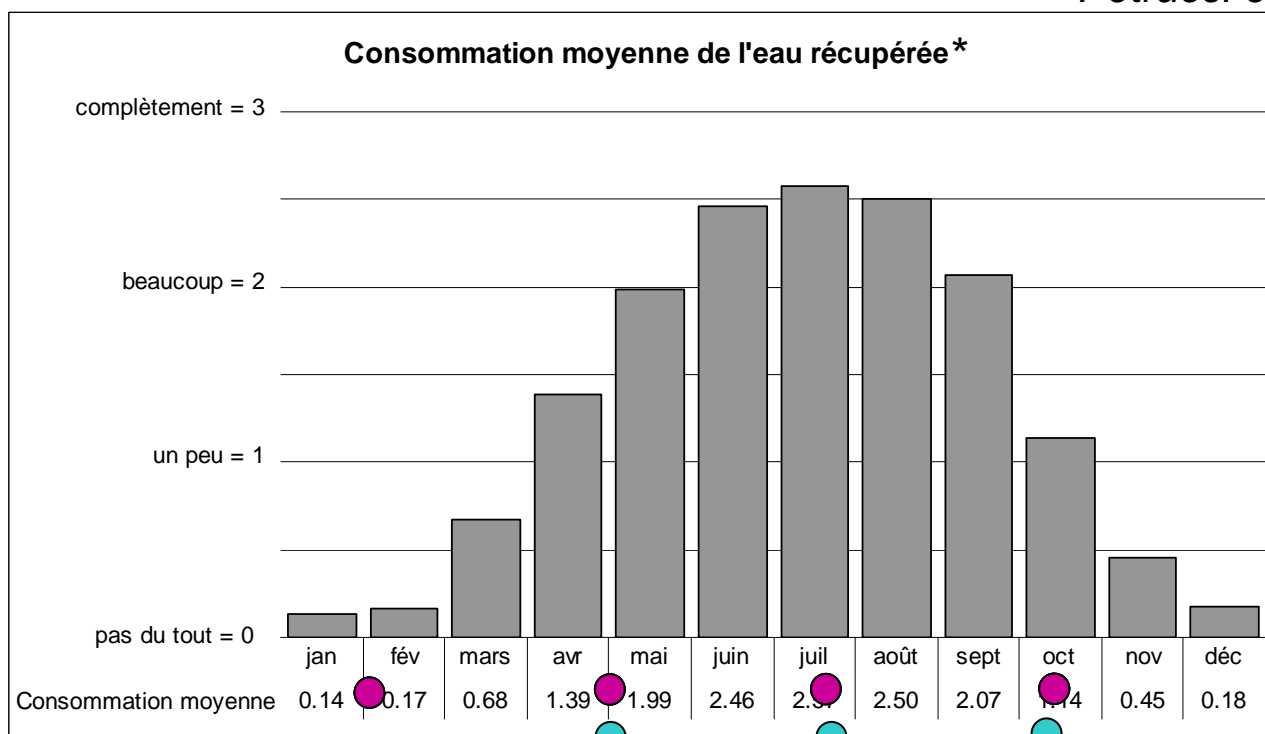
→ Toitures neuves, tuile terre cuite

→ Entretien régulier

Plan d'échantillonnage

1. Cuves extérieures: usage intensif pendant l'été
2. Cuves enterrées: usage réparti en toute l'année

Petrucci et al. 2010



- Campagne de prélèvement pour les cuves **extérieures**
- Campagne de prélèvement pour les cuves **enterrées**



Paramètres de suivi

- **Physico-chimiques:**

- pH, Conductivité, Turbidité, COD, NO₃, PO₄
- Chlorophylle

- **Microbiologiques:**

- **Composition d'algues pour cuves extérieures**
- Indicateurs fécaux: Coliformes, *E. Coli*, Enterocoques, Flore Totale 22°C, Flore Totale 36°C.
- Nouvel indicateur: *Bacteroides* sp.
- Pathogènes: Mycobactéries non-tuberculeuses, *Pseudomonas*, *Campylobacter jejunii*, *Campylobacter coli*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Legionella pneumophila*, *Salmonella* sp., *Aeromonas hydrophila*

Résultats

Cuves	EXTERIEURES	ENTERREES	
	Printemps	Printemps	Hiver
Cellules totales (cellules/mL) x10 ⁶	1,52 (1,15-1,85)	1,37 (0,51-2,60)	1,55 (1,19-2,14)
Coliformes (ufc/100mL)	733 (100-1190)	316 (67-933)	373 (75-875)
<i>E. coli</i> (ufc/100mL)	5 (0-13)	3 (0-12)	31 (3-127)
Enterocoques (ufc/100mL)	56 (0-108)	31 (0-72)	109 (0-282)
Flore Totale 22 (ufc/1mL)	3242 (1267-7076)	13857 (133-40300)	374 (21-1291)
Flore Totale 36 (ufc/1mL)	3199 (2250-5031)	10210 (81-34900)	201 (41-468)
<i>Pseudomonas</i> (ufc/100mL)	4493 (3333-6166)	11769 (2473-31875)	1618 (11-7567)

-**Densité faible pour les trois indicateurs fécaux** => contamination d'origine fécale improbable

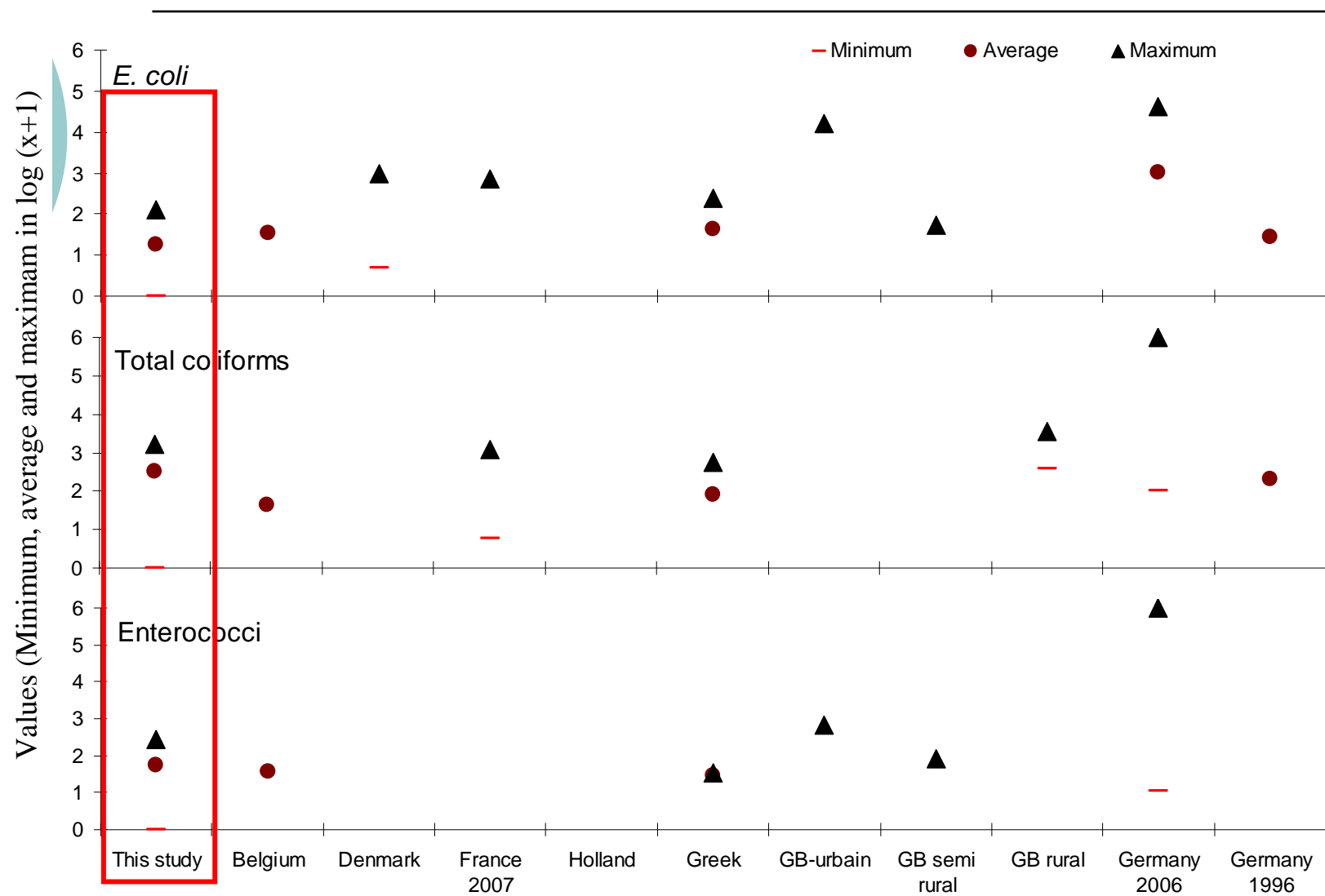
-**Flores totales très élevées** => Contamination par les germes banaux (cadavres d'animaux, déchets végétaux)

Mais plus faibles dans les cuves enterrées pendant hiver.

-**Densité de *Pseudomonas* élevée et systématique**

-**Cellules totales similaires dans trois cas**

Comparaison:



Les résultats obtenus se trouvent dans les niveaux reportés précédemment

Présence de pathogènes

Pathogens	<i>Pseudomonas</i>		<i>Aeromonas</i>		Salmonella		Legionella		<i>Giardia</i>		<i>Cryptosporidium</i>	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Cette étude	11	31875					???????					
Denmark	1	20	10	30							0	50
France 2007		26			0	1	25	50				
Holland								200				
Greece												
GB-urbain									0,2			
GB semi rural												
GB rural												
Germany 2006	10	1000										
Germany 1996												

□ Peu de données sur les pathogènes

→ Quels sont les pathogènes pertinents à analyser en fonction des usages?

□ Faible corrélation entre ces indicateurs et les pathogènes

(Ahmed et al. 2008, 2010; Mons et al. 2009)

→ Besoin de nouveaux indicateurs fécaux?

Sédiment: réservoir de re-contamination?

Cuves	EXTERIEURES	ENTERREES	
	Printemps	Printemps	Hiver
Cellules totales (cellules/g) $\times 10^{10}$	4,69 (3,86-5,78)	11,18 (1,7-18,6)	0,63 (0,173-1,15)
Coliformes (ufc/g) $\times 10^3$	285,27 (0-803,57)	890 (0,24-4390,24)	23,70 (4,75-69,41)
<i>E. Coli</i> (ufc/g)	695 (0-1770)	1446 (0-4792)	947 (0-1494)
Enterocoques (ufc/g)	21 (0-64)	295 (0-846)	207 (0-809)
Flore Totale 22 (ufc/g) $\times 10^6$	7,71 (1,98-11,76)	25,13 (3,8-73)	8,76 (2,0-28)
Flore Totale 36 (ufc/g) $\times 10^6$	9,72 (1,38-20,19)	29,08 (4,2-99)	14,51 (1,7-5,5)
<i>Pseudomonas</i> (ufc/g) $\times 10^3$	22,54 (1,93-61,90)	609,10 (20,70-2700)	67,57 (6,35-207)

- Le sédiment est aussi chargé en microorganismes que le sol (10^6 à 10^{10} cellules/g sol sec)
- Le sédiment peut être une source de contamination permanente.
- La variation de ces paramètres est très marquée entre les prélèvements.

Paramètres physico-chimiques

Cuves	EXTERIEURES	ENTERREES	
	Printemps	Printemps	Hiver
Température (°C)	15,20 (13,40-17,60)	10,76 (9,10-13,20)	8,04 (6,60-9,50)
pH	6,83 (5,15-8,92)	6,23 (5,00-6,46)	6,21 (5,49-6,80)
Conductivité (µS/cm)	38,80 (17-50)	48,00 (28-99)	50,20 (22-88)
Turbidité (NTU)	4,00 (1,08-9,97)	2,50 (1,75-2,81)	1,31 (1,06-1,69)
COD (mg/L)	2,74 (1,32-4,21)	1,30 (1,00-1,59)	1,09 (0,73-1,61)
MES (mg/L)	7,50 (1,55-20,85)	2,20 (1,23-3,38)	0,81 (0,11-1,70)
NO ₃ (mg/L)	7,51 (1,40-14,40)	6,80 (2,60-11,60)	2,67 (1,26-4,00)
N-NO3 (mg/L)	1,68 (0,32-3,40)	1,52 (0,60-2,40)	0,61 (0,29-0,90)
PO ₄ (mg/L)	0,19 (0,07-0,26)	0,10 (0,04-0,15)	0,07 (0,03-0,12)

- Valeurs comparables aux données de la littérature
- COD corrélé avec turbidité et MES
→ due aux matières organiques dissoutes et aussi aux matières en suspension.
- Nitrates et phosphates => faibles mais supportent la croissance microbienne
- hiver < printemps
- Exposition de cuve: différence de qualité (développement d'algues)

Quelles normes pour la qualité de l'eau de pluie de ruissellement de toiture?

Indicateurs	Cette étude			Eau potable	Eau baignade	Eau usée traitée	Exemple de qualité microbiologique recommandée de l'eau pour la chasse d'eau
	CUVES EXTERIEURES	CUVES ENTERREES		Arrêté ministériel (Jan/11/2007)	Directive européenne (CE/Jul/2006)	Arrêté ministériel (Aug/02/2010)	
<i>E. coli</i>	Printemps	Printemps	Hiver	0	900*	<250 ^d	O ^{a*} (US) O ^{b*} (UK) 10 ^b (Japan) 100 ^b (Germany) 200 ^c (Canada)
	5 (0-13)	3 (0-12)	31 (3-127)				
Entérocoques intestinales	56 (0-108)	31 (0-72)	109 (0-282)	0	330*		
Coliformes totaux	733 (100-1190)	316 (67-933)	373 (75-875)	0			240 ^{a*} (US) 500 ^b (Germany) 10 ^b (Japan)

* 90th percentile evaluation; ^a U-S Environmental Protection Agency, 2004; ^b Birks et al., 2004;

^c Canadian guidelines, 2007; ^d good quality level of reuse water for irrigation

- Indicateurs > seuils de qualité de l'eau potable mais < seuils qualité de l'eau usée traitée pour l'irrigation et des eaux de baignade
- Correspond ou non aux recommandations pour la chasse d'eau
- Difficile d'appliquer strictement les normes car la fréquence de mesure et la procédure d'analyse ne sont pas comparables.

Quelques conclusions et perspectives

- Modifications de protocoles standard pour obtenir des résultats lisibles
- Grande variabilité de qualité de l'eau de pluie (eau et sédiment).
- Résultats obtenus: comparables avec la littérature
- Sédiment: source de contamination permanente.
- Quels agents pathogènes environnementaux?
- **Manque de valeurs guides ou normes pour l'eau de pluie de toiture pour différents usages:** Difficile de prouver sa qualité

=>Quels paramètres appropriés? Quelles valeurs indicatives? Quels protocoles d'analyses ?

—

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



Observatoire des Polluants Urbains

Merci beaucoup de votre attention!

Choix de sites d'étude

1. Cuves extérieures:

- 5 maisons du Village Parisien sur la commune de Champigny-sur-Marne, 77420, Seine-et-Marne
- Usages : arrosage, nettoyage de sols et véhicules et rétention

Maison	1	2	3	4	5
Caractéristiques de la toiture (Tuile, ancienne, poussiéreuse)	Oui	+ métal + mousse	oui	+ mousse	oui
Capacité de récupération	2X800L				
Végétation autour	Arbustive, arborée	Arbustive, arborée	Herbacée, arborée	Herbacée	Herbacée, arbustive
Caractéristiques de la cuve et installation	En plastique PEHD, gouttière en métal, tuyaux en plastique, pas de dispositif d'écartement du premier flux, filtration grossière (grillage à l'entrée tuyau sauf maison 3)				
Exposition de cuve	Sud , à l'ombre	Sud	Sud	Est	Sud-est
Entretien:-Vidange et déconnexion en hiver	Non	Oui	Non	Non	Oui
Nettoyage cuve et toiture	Non (depuis l'installation en 2007)				

2. Cuves enterrées:

- 4 maisons d'un nouveau lotissement à Chaumontel et 1 à Luzarches (95270, Val d'Oise)
- Usages: arrosage, nettoyage de sols et véhicules, chasse d'eau, lave-linge, remplissage de piscine (1) et douche (1)

Maison	1	2	3	4	5
Caractéristiques de la toiture	Tuiles en terre cuite, neuves, environ 100m ² de surface de captage				
Age de toiture et cuves	2007	2007	2009	2007	2007
Capacité de récupération	3m ³	4m ³	4m ³	5m ³	2X4m ³
Végétation autour	Herbacée, arbustive				
Caractéristiques de la cuve et installation	En plastique PEHD, gouttière en métal ou en aluminium, tuyaux en plastique ou aluminium, pas de dispositif d'écartement du premier flux, filtration grossière (grillage à l'entrée de cuve), système de trop-plein				
Vidange, nettoyage cuve	1/an	1/an	1 fois	non	non