



Les eaux pluviales maîtrisées

Pollution des eaux pluviales en milieu urbain : où en sommes-nous ?



Mot d'accueil

Anne-Laure MAKINSKY, déléguée générale de l'UIE



- ❖ Matinée consacrée aux eaux pluviales en milieu urbain
- ❖ Intervenants de premier plan : Graie, Ecole des Ponts, CSTB, AFNOR, Azellus...
- ❖ Semaine Acteurs pour la planète de la FNTP
- ❖ Déroulement de la matinée :
 - ❖ Etat des lieux de la pollution des eaux pluviales
 - ❖ Qu'est-ce que ce fascicule
 - ❖ Les familles d'eaux pluviales (présentation)
 - ❖ La performance des ouvrages

Introduction

Christian Vignoles,
Président de la commission
assainissement d'Afnor



EAU

DE LA PARFAITE INSOUCIANCE

Depuis 2 siècles, l'EAU coulait tranquille sans gros dérangement.....Les villes croissaient, les tuyaux s'allongeaient, les surfaces de traitement s'agrandissaient.

On pompait gaiement dans les sources, les puits, les fleuves, les robinets glougloutaient étalant cette ressource inépuisable, les canalisations fuyaient rafraichissant les sous-sols.

Les inondations restaient le résultat d'erreurs, fautes de bosses de terrain suffisantes on avait appris à construire dans des trous, les m³/s se bouscuaient dans les lits de cours d'eau, l'EDEN de l'EAU présent sur la planète!! Une vraie perte collective de bon sens pour l'EAU.

Les meilleures choses ont une fin....

Voici venu le **Réchauffement Climatique** et ses effets directs sur l'intensité des pluies

Voici venu le **vieillissement des tuyaux, l'insuffisance des traitements** vis-à-vis des milieux récepteurs, arrive la **panique du manque d'EAU** sans oublier l'entrée dans l'arène du **COVID**.

EAU:À LA DÉMARCHE CRÉATIVE

Envisager l'EAU autrement, imaginer un Assainissement différent pouvant convenir à chacun sur la planète, associer chaque humain à aider l'EAU pour vivre avec elle, s'éloigner des incantations politiques pour mettre de la créativité dans les actions, constituent notre nouveau Cahier des Charges.

=> Et cela marche!!!!

Les machines à laver les EAUX usées se dirigent vers l'industrialisation pour entrer dans l'ensemble des habitats, les circuits courts d'usages de l'EAU se mettent en place, 200 ans de traditions sur l'approche de l'EAU sont bousculés.

=> Et cela marche!!!

Les villes comprennent l'intérêt de ralentir et de conserver les eaux météoriques, d'intégrer des volumes dans l'environnement urbain pour les accueillir. Mais l'EAU nettoie aussi la Ville et ces salissures collectées doivent être traitées.

=> Et cela marche!!!

MESSAGE POUR L'EAU: GARDER LES PIEDS SUR TERRE

On ne marche pas sur l'EAU, mais bien sur les cailloux qui eux ont les pieds sur terre.....

Ce lien original avec la normalisation et son environnement introduit le fait qu'une norme se construit à partir à la fois de connaissances et d'expériences. Comme en cuisine il faut utiliser les ingrédients indispensables pour faire une bonne norme.

- ✓ Une norme nécessite de s'assurer que son sujet est prêt à être décrit par des caractéristiques et des critères qui font consensus sur des éléments objectifs.
- ✓ Il s'agit de faire en sorte que pour un même produit ou service les fabricants et/ou les applicateurs vont bien respecter les mêmes règles.
- ✓ La norme est le résultat d'une réflexion commune pour un objectif défini entre les concepteurs, les fabricants et les utilisateurs d'un produit ou d'un service donné.

AFNOR a prévu qu'un sujet pour lequel une norme était souhaitée pouvait manquer de la maturité nécessaire. C'est le Fascicule de Documentation, document normatif qui fait le point sur l'avancement d'un sujet pour lequel les expériences restent à consolider, empêchant de fait l'établissement d'un solide consensus. Le GE7 a su utiliser cette possibilité pour la gestion décentralisée de la pollution des eaux pluviales.

GE7 : NORMER EN SACHANT ÊTRE HORS NORME

Deux exemples récents pour illustrer ce titre « interrogant »:

L'ISO 30500 sur les systèmes d'assainissement décentralisés:

Sortie en 2018, cette norme a anticipé l'arrivée de produits d'assainissement pouvant y répondre en en fixant les objectifs généraux, les caractéristiques majeures des produits et les méthodes d'essais pour en vérifier les performances.

La révision 2023-2024 alors que les premiers produits émergent tout juste de la période de gestation porte sur le domaine d'application et la faisabilité des essais, deux rectifications essentielles pour une norme. C'est possible et c'est en cours de réalisation. On notera toutefois que l'effort financier pour les experts est non négligeable.

L'AFNOR P16009 sur la gestion décentralisée des eaux pluviales:

Sorti en fin 2021, ce document normatif n'a pu arriver à l'état de norme après 4 ans de travaux de qualité. Afin de garder un maximum des efforts cumulés des participants, la décision de sortir de la procédure pour produire un document consensuel en groupe restreint a été couronnée de succès. Ce fut hors norme comme démarche mais aujourd'hui chacun reconnaît l'excellente base que constitue de FD 16009;

UN GISEMENT DE NORMES EAU DEVANT NOUS.....

Ayant totalement changé ses habitudes du fait du Changement Climatique l'EAU nécessite de repenser complètement nos solutions pour l'utiliser en sachant la conserver plus à proximité.

Nous sommes en plein changement de paradigme et la disruption est entière.

Le point central reste que sans EAU, la vie n'est simplement pas possible. Le BON SENS doit être remis au centre des décisions. Les solutions collectives de distribution, de qualité doivent être ramenées à du pragmatisme pour conserver, respecter et ne pas gaspiller l'eau. Réutiliser l'eau est la démarche de la nature, combien de fois ai-je exprimé que des Pyrénées à Bordeaux, l'eau était bue et pissée sept fois.

La gestion décentralisée des eaux pluviales est une obligation en 2024 dans l'approche globale de l'EAU. Par la normalisation soyons des acteurs raisonnables de l'assistance bienveillante que nous devons à l'EAU. Evitons de légiférer à outrance dans la fièvre de l'immédiateté. Sachons raison garder et Normalisons appuyés sur les expériences et les connaissances reconnues de tous. Laissons travailler les chercheurs, les praticiens de l'eau et le bon sens de terrain qui a su guider, seul, si longtemps une eau parfois lointaine vers nos maisons.

L'EAU est un bien ENORME

Etat des lieux de la pollution des eaux pluviales

Marie-Christine Gromaire,
Directrice de recherche,
École des Ponts ParisTech, Leesu



La pollution des eaux pluviales urbaines

- Un phénomène mis en évidence dès les années 80-90
 - À l'aval de réseaux séparatifs plus ou moins étendus
 - Pour les polluants classiques de l'époque : MES, DCO, DBO5, métaux, hydrocarbures
- Un enjeu (plus) important autour des micropolluants
 - Polluants ciblés par la réglementation → travaux dans les années 2000 / 2010 en lien avec Directive Cadre sur l'Eau
 - Polluants non encore régulés, polluants émergents, « entités nouvelles »
→ un sujet toujours d'actualité

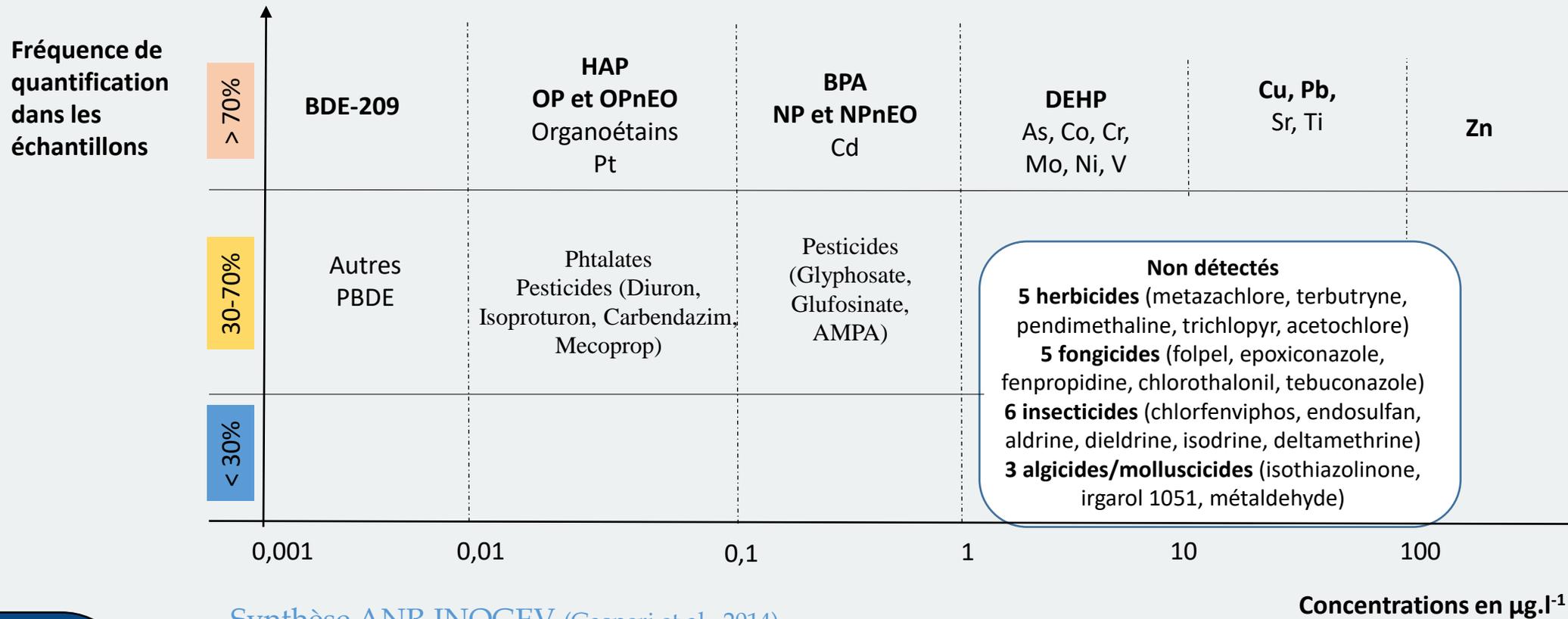
! Et un constat : le séparatif strict n'existe pas

Mauvais branchements, sédimentations/remises en suspension aggravent fortement le problème

→ Gérer à l'amont, limiter le transfert en réseau

Des micropolluants dans les eaux pluviales?

Aval de réseaux séparatifs étendus



**Présence avérée
et récurrente :**

Métaux / métalloïdes, hydrocarbures (HAP)
Alkylphénols (NP, OP), PBDE, BPA, phtalates (DEHP)
Quelques pesticides/biocides

Des impacts potentiels sur les milieux aquatiques ?

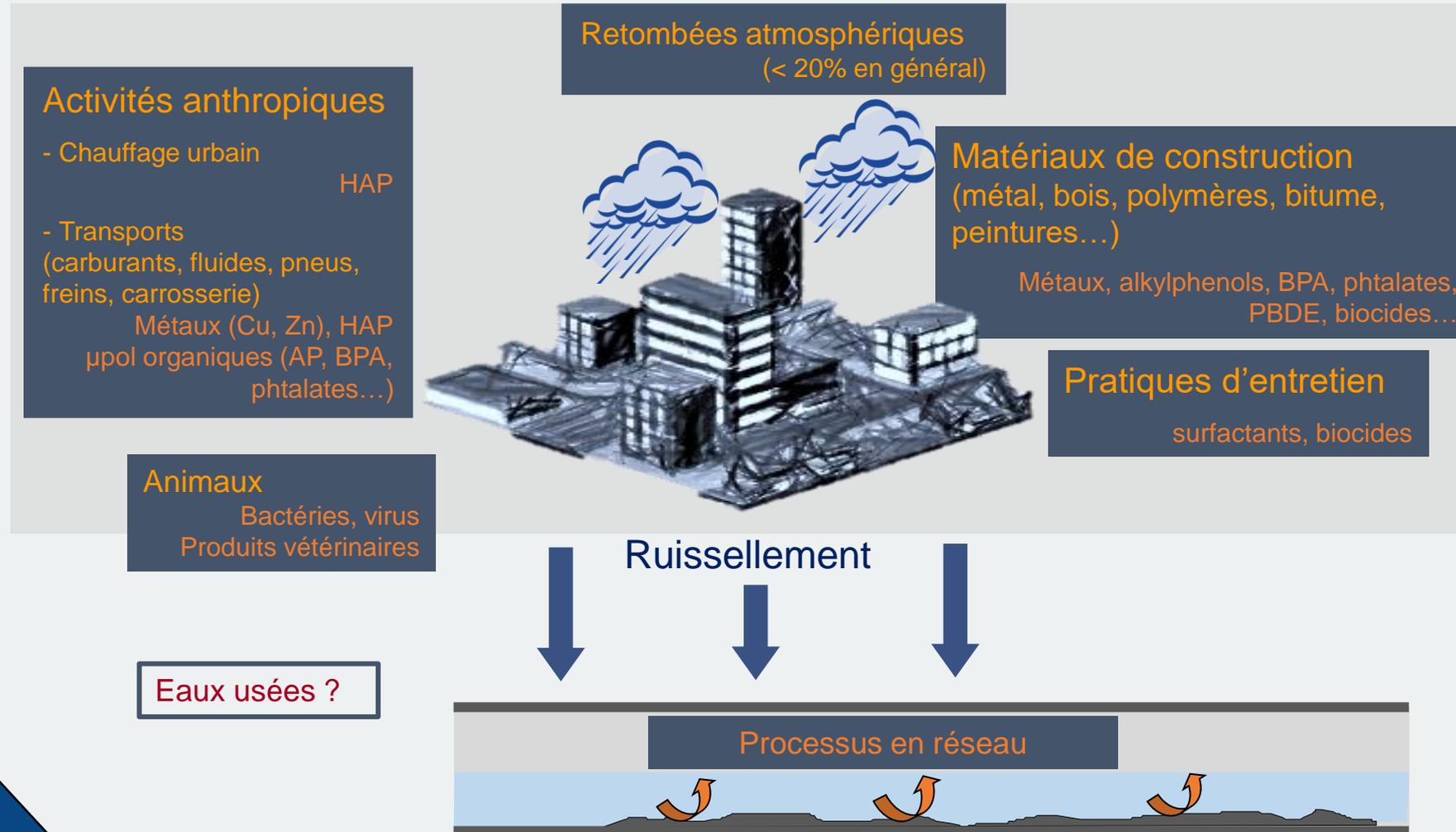
Comparaison aux normes de qualité environnementales (NQE)

Aval de réseaux séparatifs étendus

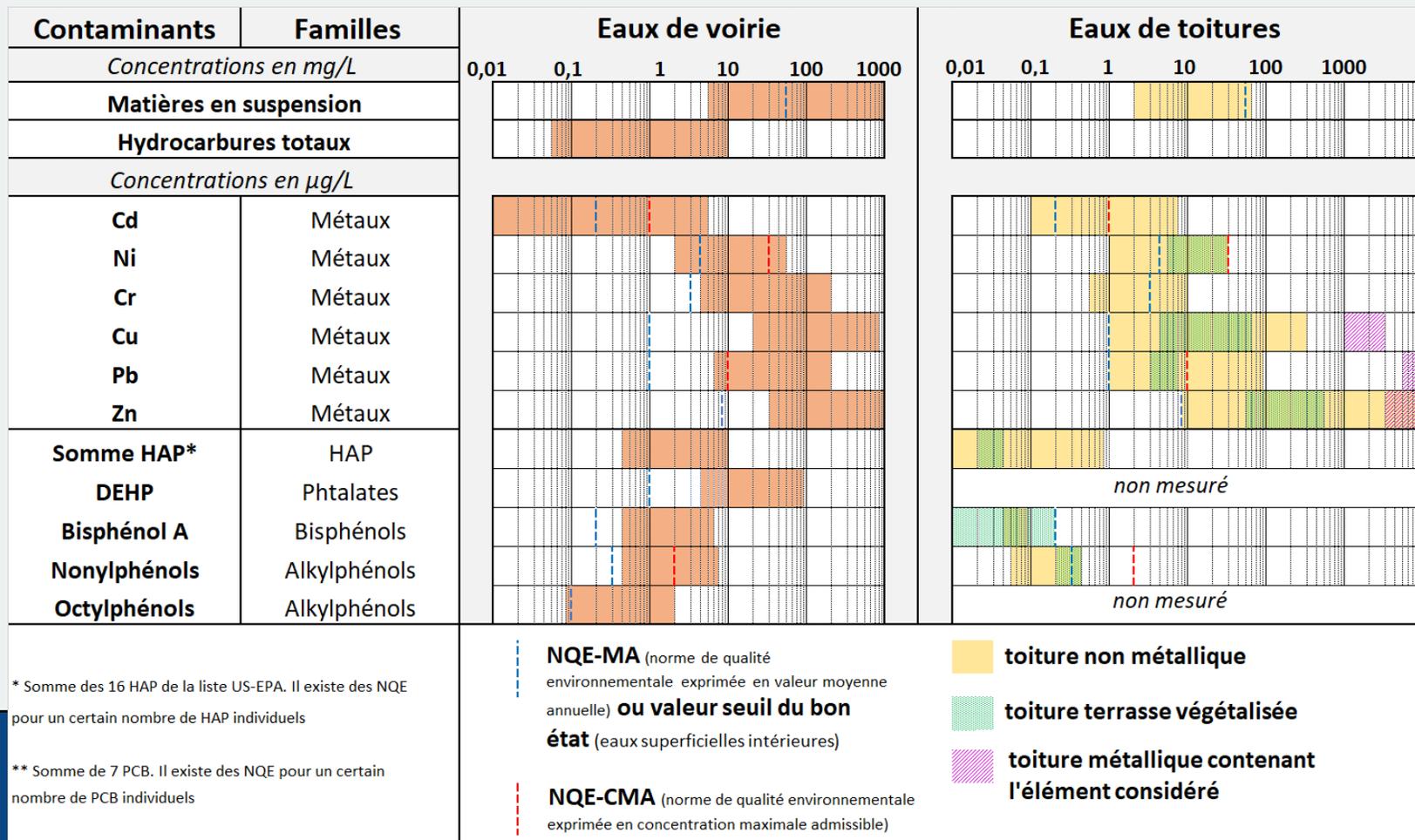
	Site	Sucy-en-Brie	Noisy-le-Grand	ZAC Paris Rive Gauche	
Rapport CME / NQE-MA CME: concentration moyenne événementielle	< ou = 1	Pentachlorophénol, Ace, Acyl, Cd, simazine, N, F, Ni, Isoproturon	Ace, N, Pentachlorophénol, 4-n-octylphénol, Acyl, F, Chlorure de méthylène, Isoproturon, A	Toluène, Ace, Ethylbenzène, Xylènes, Acyl, N, Chlorure de méthylène, Tétrachloroéthylène, F, Isoproturon, A	
	]1-10]	A, B(k)F, Chlorfenvinphos, Fluo, Cr, Diuron, Aldrine, Pb, B(a)P, P	Diuron, B(a)P, P, B(k)F, Fluo	Diuron, Nonylphénols, Pb, B(a)P, P, B(k)F, Fluo	HAP Quelques pesticides/biocides DEHP (plastifiant) NP (alkylphenol, tensioactif)
	]10-100]	B(b)F, Dieldrine, Nonylphénols, DEHP, B(a)A, Chry, Cu	Cr, Pb, B(b)F, Nonylphénols, DEHP, Pyr, B(a)A, Chry, Zn, 7 PCBs	B(a)A, Chry, Dieldrine, B(b)F, Pyr, Cu, DEHP, Endrine	
	]100-200]	7PCBs, IP, Zn, BP, Pyr, TBT	Cu, IP	7 PCBs, Zn	Organoétains HAP PCB Zn, Cu
	> 200	DBT, MBT, D(a,h)A	BP, TBT, DBT, MBT, D(a,h)A	BP, MBT, DBT, D(a,h)A	

Thèse Zgheib 2009

D'où viennent les contaminants ?



Et dans le ruissellement amont ?



- ✓ Concentrations très variables d'une surface urbaine à l'autre et d'une pluie à une autre
- ✓ Une matrice complexe
- ✓ Un « bruit de fond » contribuant à la pollution diffuse des milieux
=> faibles concentrations, mais gros volumes = flux importants
- ✓ Des « points chauds » ponctuels
=> fortes concentrations sur certaines surfaces particulières
ou
=> concentrations fortes à un moment donné

Briand et al. 2018 « Que sait-on des micropolluants dans les eaux urbaines »
Gasperi et al 2022 « Micropolluants in urban runoff from traffic areas »

Ruissellement amont

Exemples de « points chauds »

Emissions par les matériaux de construction



□ Matériaux de construction métalliques

Masse émise proportionnelle à la surface projetée de matériaux

Composants majeurs:

- rampant zinc naturel Zn : 3.3 – 3.8 g.m⁻².an⁻¹
- bavette plomb Pb : 7.2 – 7.6 g.m⁻².an⁻¹
- gouttière cuivre Cu : 1.7 – 3.3 g.m⁻².an⁻¹

Thèse Robert 2009

Emissions suite à pratique d'entretien

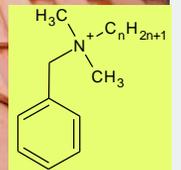
□ Traitement biocide des toitures en tuiles

Dose appliquée : 4 à 7 g/m² de chlorure de benzalkonium

Ruissellement:

- 1^{er} mois: 5 à 30 mg/L
- Après 12 mois: 3 à 10 µg/L
- EC50 Invertébrés = 5,9 µg/L

Thèse Van de Voorde 2012



Ruissellement amont

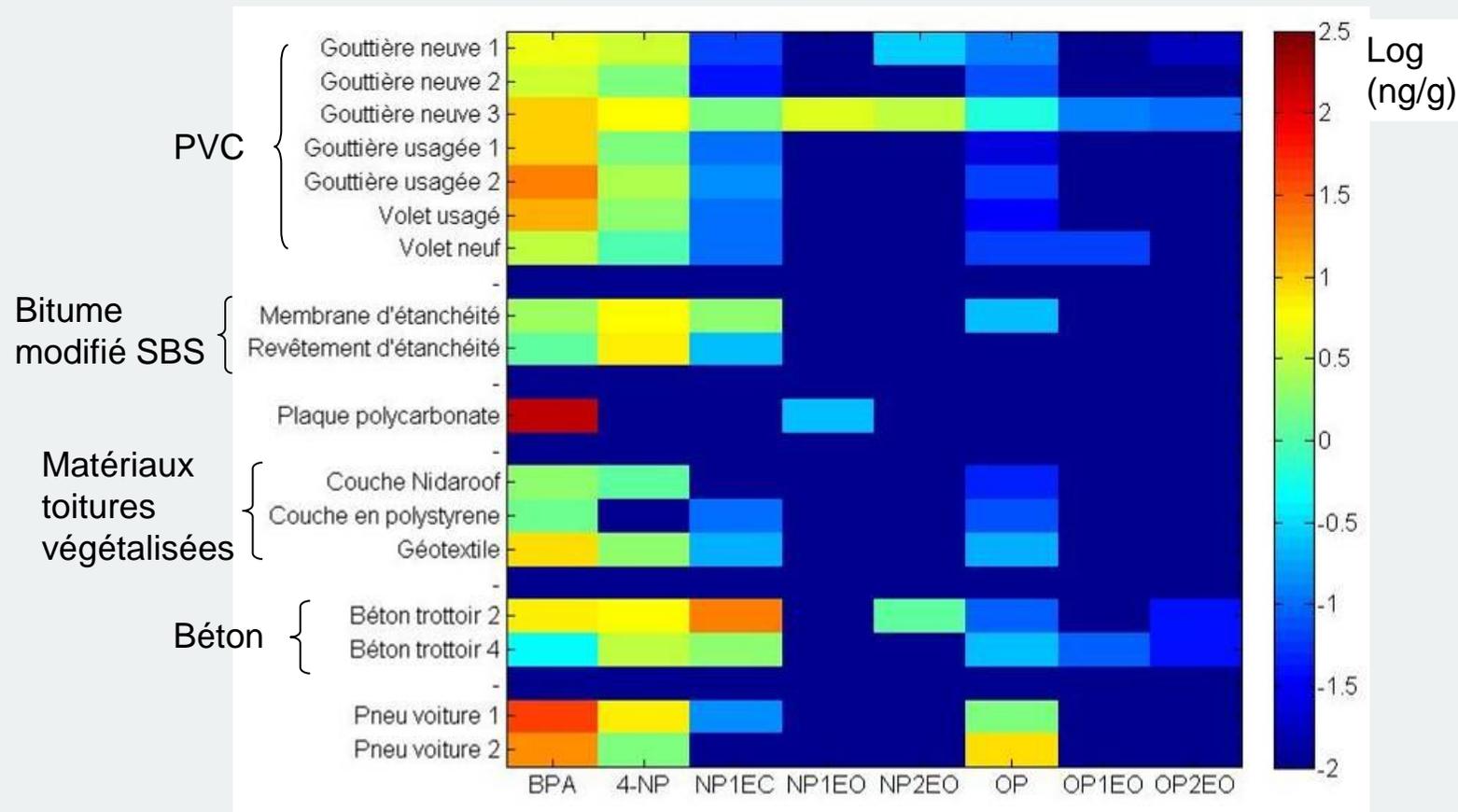
Exemples de « bruit de fond »

Potentiel d'émission d'alkylphénols et bisphénolA par les matériaux de construction (essais de lixiviation)

Emissions en traces de micropolluants organiques par les matériaux urbains

Présence ubiquiste

Additifs intentionnels ou non



ANR INOGEV (Lamprea et al., 2018)

Ruissellement amont - Le cas des eaux de voirie

Roulépur – screening sur 4 sites de circulation en Ile de France, avec des contextes et usages contrastés

Paris (75)	Compans (77)	Rosny-sous-Bois (93)	Villeneuve-le-Roi (94)
Voie sur berge George Pompidou	RD 212, 2x2 voies	Voirie en centre-ville (+ rejets d'une parcelle)	Parking résidentiel
Fort trafic (40 000 veh/j)	Fort trafic (2x11000 veh/j) Poids lourds Proximité aéroport	Trafic modéré	Faible trafic
1 045 m ²	945 m ²	3 410 m ²	730 m ²
			

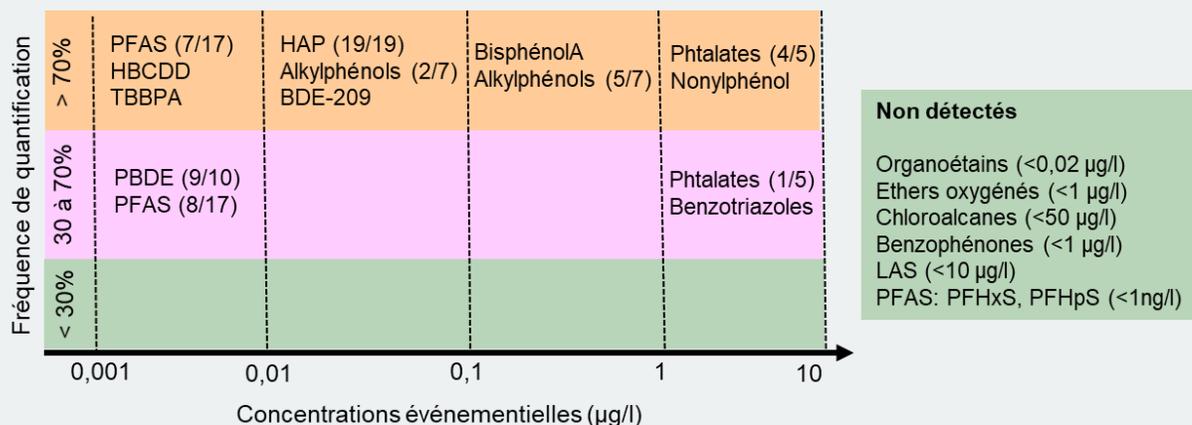


Synthèse projet Roulépur (Gromaire et al., 2020)
<https://www.leesu.fr/opur/IMG/pdf/roulepur-l6-synthese-f.pdf>



Ruissellement amont - Le cas des eaux de voirie

Profil de contamination en micropolluants organiques



Profils de contamination comparables entre les différents sites

mais

Niveaux de contamination très variables en fonction de l'usage et du contexte urbain

Polluants en présence et effets du trafic

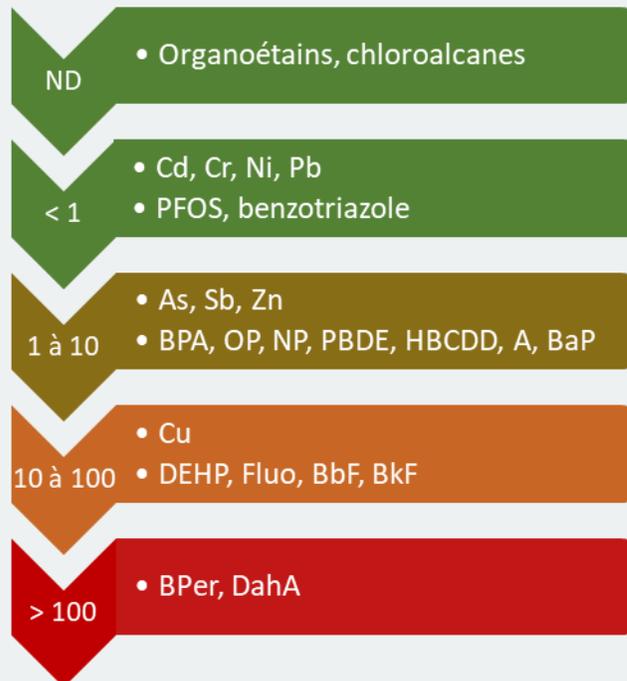
	Paris voirie	Compans voirie	Rosny voirie	Villeneuve parking
Traffic	+++++	++++	++	+
Cd, Ni	+	+	+/-	+/-
Cr, Pb	++	++	+	+
Zn	+++	++++	++	+
Cu	++++	++++	++	++
HAP, Alkylphenols, PBDE	+++	+++	++	+
Phtalates	+++	++	++	+
Benzotriazole, HBCDD, TBBPA	+	+	+	+/-
PFAS	+	+	++	+/-

Synthèse projet Roulépur (Gromaire et al., 2020)
<https://www.leesu.fr/opur/IMG/pdf/roulepur-l6-synthese-f.pdf>

Ruissellement amont - Le cas des eaux de voirie

Identification des micropolluants les plus impactants

Comparaison aux NQE
CME / NQE



Facteur d'enrichissement des MES par rapport au bruit de fond géologique



HAP

DEHP (phtalate)

Métaux (Cu, Sb)

Préoccupations émergentes : additifs des pneus et leur produits de dégradation

Distribution dissous / particulaire des polluants

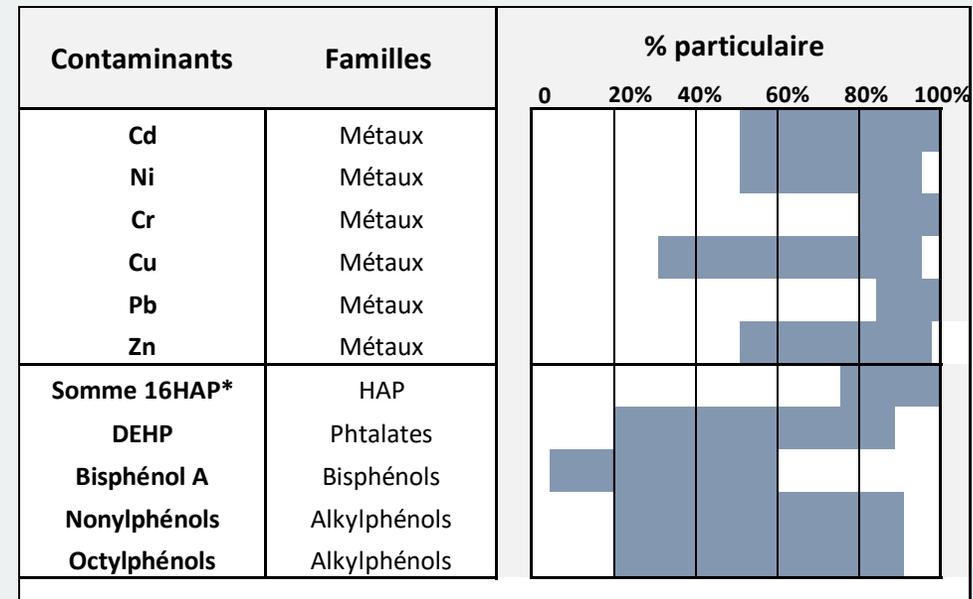
Aval de réseaux séparatifs étendus

Une contamination connue pour être particulaire
(proportion du polluant associée aux MES > 70%)

- Vrai à l'aval de réseaux séparatifs ou unitaires étendus
- Vrai pour les polluants hydrophobes « classiques »

! Mais la phase dissoute peut être significative :
- pour des micropolluants moins hydrophobes
- pour les eaux de ruissellement amont

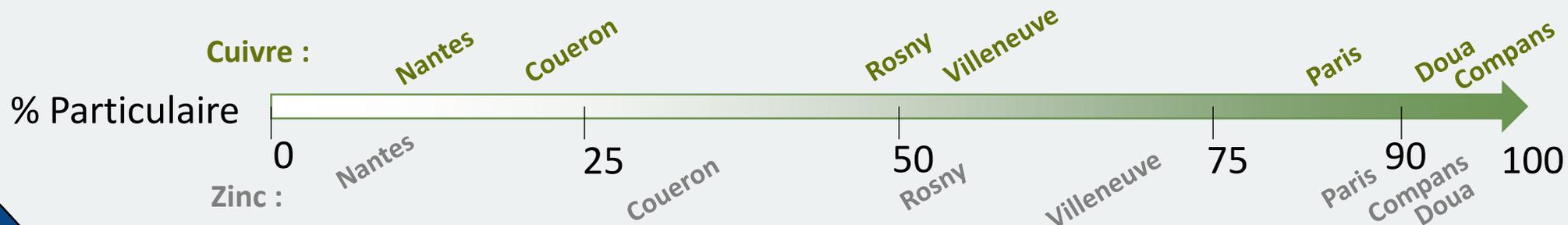
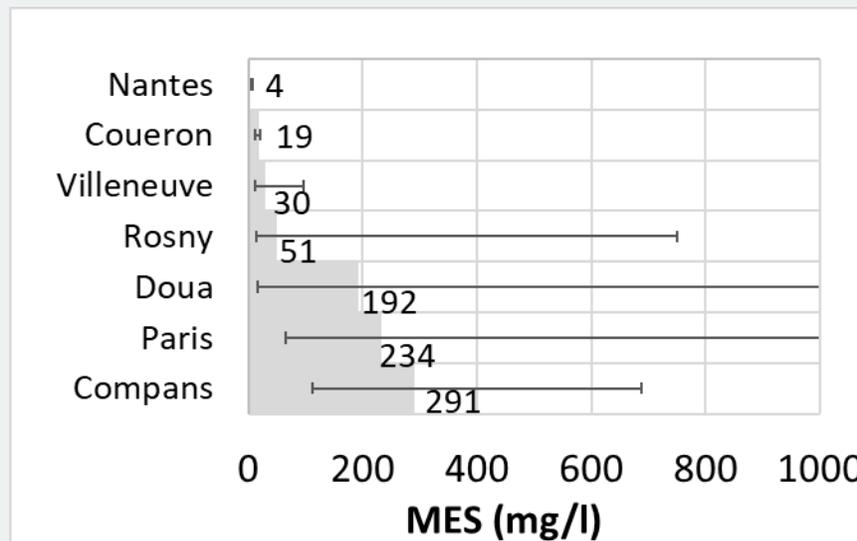
Cas des eaux de ruissellement de voirie et parking



Distribution dissous / particulaire des polluants

Ruissellement amont

Influence de la concentration en MES sur la proportion de polluants particulaires



% particulaire d'autant plus faible que la concentration en MES est faible



Distribution dissous / particulaire des polluants

Ruissellement amont

Ruissellement à forte concentration en MES, cas d'une voirie à fort trafic (RD212 Compans)
→ Comportement de micropolluants organiques +/- hydrophobes



Certains micropolluants organiques sont peu particulaires

Importance de la phase dissoute

Ruissellement amont

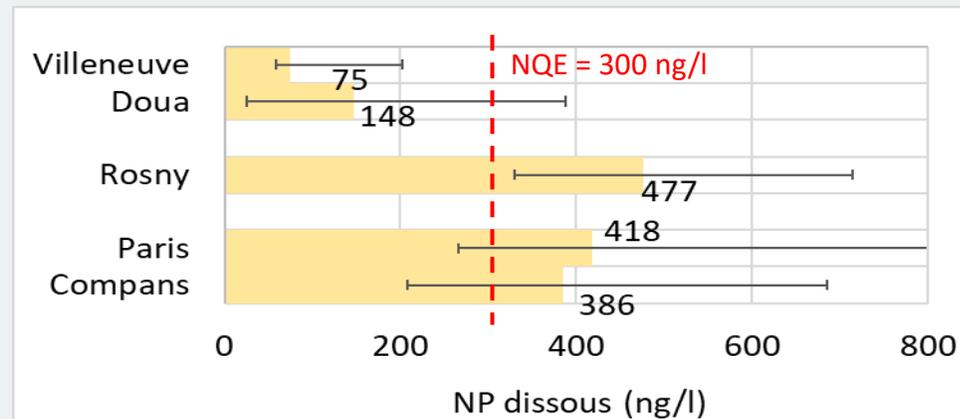
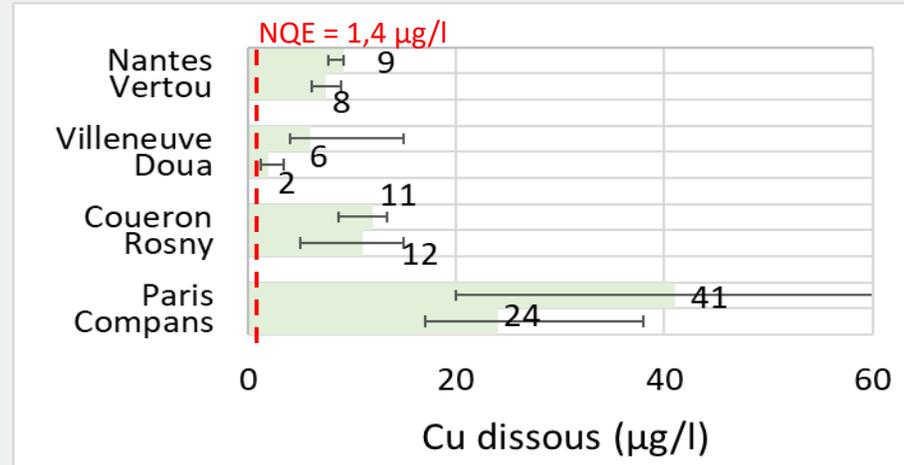
Faut-il traiter cette phase dissoute ?

- Des concentrations souvent très faibles
→ Difficile de les réduire !
- Mais qui restent supérieures aux NQE
→ Limiter les flux vers les milieux !

Favoriser la sorption

Mais...

...Pour réduire les flux, épurer n'est pas toujours la meilleure option
→ il faut limiter le volume de ruissellement



Nature de la phase particulaire

Aval de réseaux séparatifs étendus

Des particules fines ($D50 = 30$ à $40 \mu\text{m}$) mais assez décantables

Vitesse de décantation en eau calme (V_c):

30 à 40 % de MES avec $V_c > 1 \text{ m/h}$,

15 % à 35 % de MES avec $V_c < 0,1 \text{ m/h}$

Réseau pluvial

Aires et al., 2003; La Rochelle, 2007; Arambourou 2008

V50 (m/h)	0,22 - 1,5
V20(m/h)	0,02 - 0,29

Ruissellement amont

! Des particules souvent très fines,

Vitesses de sédimentations très variables et assez limitées

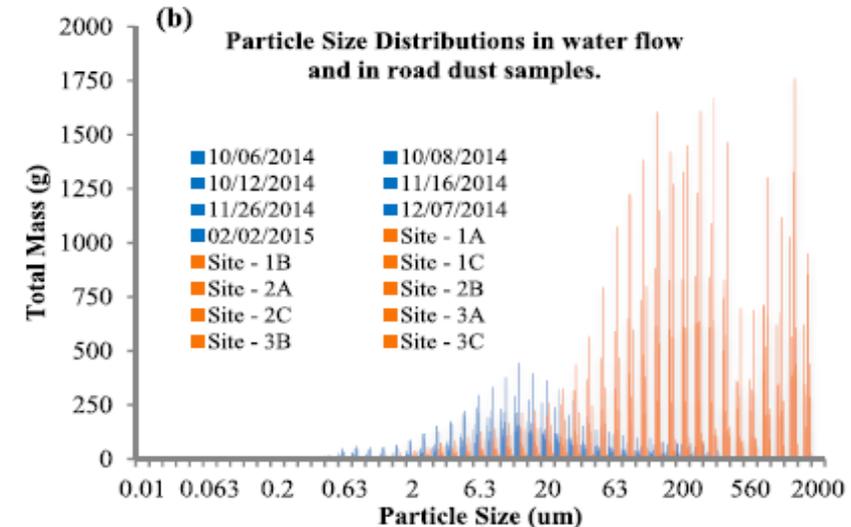
Très peu de données

→ Décantation généralement insuffisante, filtration + efficace

exemple: ruissellement de voirie, $D50$ de 10 à $30 \mu\text{m}$

! Les micropolluants sont associés préférentiellement aux particules fines (6 à $60 \mu\text{m}$)

Distribution granulométrique des MES et poussières de voirie (Hong et al., 2016) – voie urbaine à fort trafic



Conclusion(s)

- ✓ Les eaux pluviales urbaines :
 - ✓ Une pollution non négligeable
 - ✓ Aggravée par les systèmes de transport centralisés (contaminations croisées)
- ✓ Des spécificités liées aux ruissellements amont :
 - ✓ Grande variabilité d'une surface à une autre
 - ✓ Beaucoup de volumes avec des concentrations modérées (pollution diffuse)
 - ✓ Des sources localisées de micropolluants
 - ✓ Fraction dissoute significative
 - ✓ Fraction particulaire souvent peu décantable

Gestion décentralisée:

- Eviter les surcontaminations en réseau
- Gérer séparément les surfaces à fort et faible potentiel polluant

Conclusion(s)

- ✓ Les eaux pluviales urbaines :
 - ✓ Une pollution non négligeable
 - ✓ Aggravée par les systèmes de transport centralisés (contaminations croisées)
- ✓ Des spécificités liées aux ruissellements amont :
 - ✓ Grande variabilité d'une surface à une autre
 - ✓ Beaucoup de volumes avec des concentrations modérées (pollution diffuse)
 - ✓ Des sources localisées de micropolluants
 - ✓ Fraction dissoute significative
 - ✓ Fraction particulaire souvent peu décantable

Pour dépolluer les eaux pluviales de façon décentralisée:

- Réduire les volumes de ruissellement pour réduire les flux
- Favoriser
décantation/filtration/sorption/biodégradation dans des solutions fondées sur la nature
- Cas des surfaces + polluées:
 - mieux diagnostiquer la pollution en présence
 - choisir le dispositif épuratoire adapté:
 - Séparation dégrillage, par décantation ou par flottation
 - Filtration physique, en gâteau ou dans la masse
 - Sorption, absorption physique, adsorption physico-chimique
 - Biodégradation aérobie (dans une moindre mesure)

NB : 2 processus peu adaptés aux eaux de ruissellement :

Coalescence (séparateurs / hydrocarbures libres)

Précipitation (métaux dissous, instable)

Etat des lieux de la pollution des eaux pluviales



Historique et éléments de cadrage sur les eaux pluviales

- ✓ **Qu'est-ce que le fascicule documentaire FD P16 009 ?**
- ✓ **Dans quel cadre s'inscrit-il ?**
- ✓ **Quelles sont les familles de solutions ?**



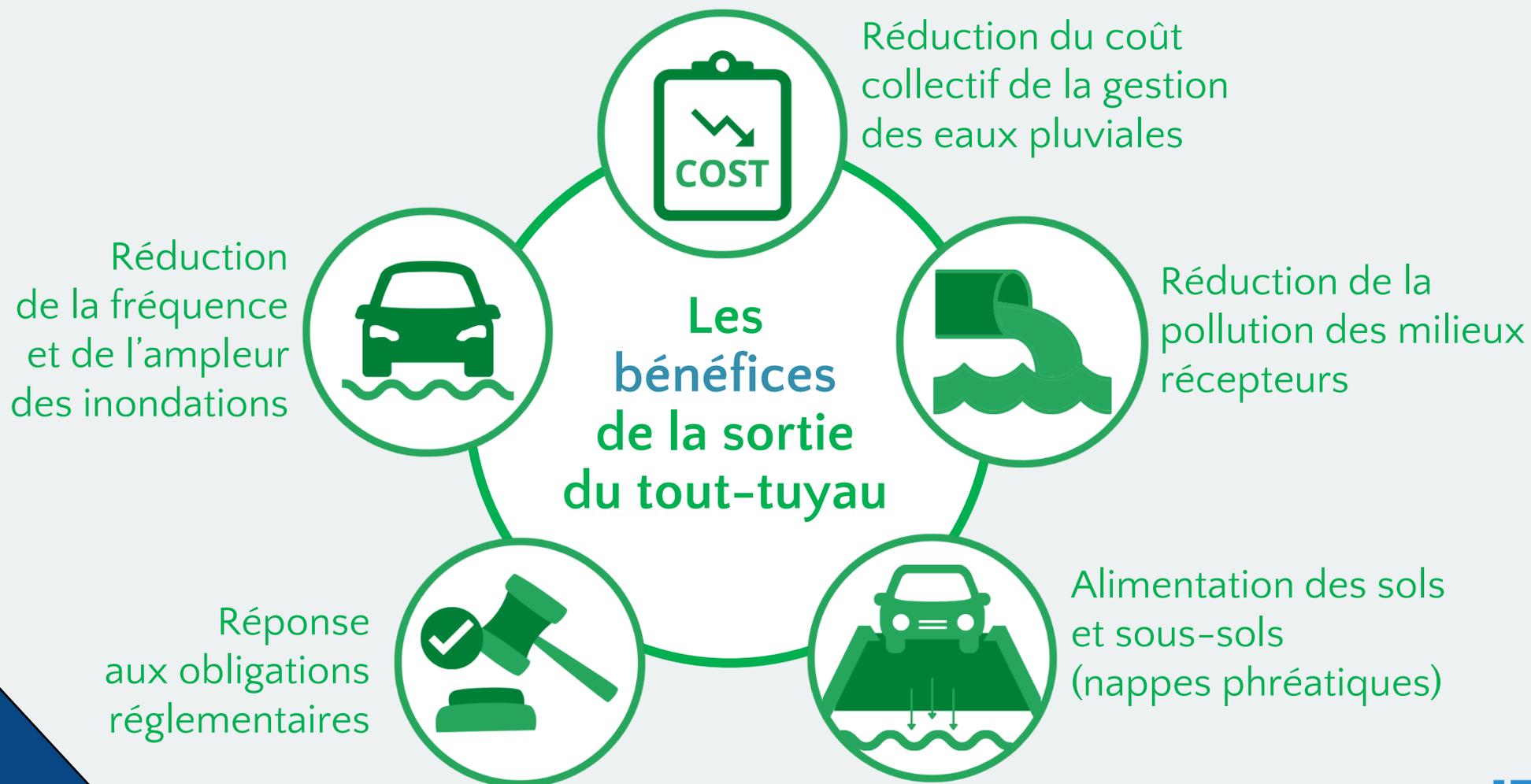
Cédric Fagot,
Expert technique Eau et Environnement, Azellus

Fondements de la stratégie de gestion décentralisée des eaux pluviales



La gestion décentralisée des eaux pluviales

POURQUOI ?



Les niveaux de service

<p>Objectifs de gestion des eaux pluviales et incidences</p>	<p>Maintien voire restauration de la qualité des milieux récepteurs. Maîtrise de la pollution et du bilan hydrologique local</p>	<p>Impacts limités et contrôlés sur la qualité des milieux récepteurs. Maîtrise du ruissellement et pas d'inondations</p>	<p>Impact sur la qualité des milieux récepteurs acceptée. Priorité à la maîtrise des inondations submersions localisées possibles</p>	<p>Gestion des risques d'inondation majeurs. Priorité à la sécurité des personnes</p>
<p>Niveau de service et conditions pluviométriques correspondantes</p>	<p>Niveau de service N1 <i>Pluies faibles</i></p> 	<p>Niveau de service N2 <i>Pluies moyennes</i></p> 	<p>Niveau de service N3 <i>Pluies fortes</i></p> 	<p>Niveau de service N4 <i>Pluies exceptionnelles</i></p> 
<p>Réponses techniques</p>	<p>Maîtrise totale des flux à la parcelle, gestion à la source et infiltration autant que possible, sans influence aval</p>	<p>Stockage avec une gestion contrôlée des flux d'eau et de polluants</p>	<p>Priorité à la gestion des inondations, stockage et rejet à débit limité</p>	<p>Organiser l'inondation temporaire et l'évacuation de l'eau</p>

- ❖ 2014 - Absence de guide technique et de codification sur le sujet.
- ❖ Proposition d'inscription d'un nouveau sujet, enquête et validation du sujet (AFNOR) P16E.
- ❖ Création du Groupe d'Experts GE7 dans la commission P16E- Assainissement.

Les différentes parties prenantes représentées :

Fabricants, Exploitants (FNSA, ATANC; FNCCR,...), Bureaux d'étude, Chercheurs/Laboratoires, MTE et Agences de l'Eau, CSTB, CEREMA, ...

De nombreux contributeurs à remercier :

Elodie BRELOT, GRAIE - Abdel LAKEL, CSTB - Luc MANRY et Christophe CHASTEL, ITSEP - Vincent NALIN, AELB - Alexandre DECOUT, ATANC - Christian VIGNOLLES, Assainissement Vignoles Consulting - Jean-Pierre DAUTAIS - Marie-Christine GROMAIRE, LEESU - Philippe BRANCHU, CEREMA - Benoît DAVAL, TECHNEAU - Matthieu DUFRESNES, ENGEES/3DEau - Simon CAMILLERI, SYNTEA ...

► Un fascicule documentaire n'est pas une norme

- ❖ Caractère informatif (pas de prescription)
- ❖ Données sur l'état de l'art
- ❖ Elaboré par consensus au sein d'une commission de normalisation



► Introduction du fascicule

- ❖ Inscription dans une stratégie générale de gestion intégrée des eaux pluviales
- ❖ Réduction de leurs impacts sur les milieux récepteurs
- ❖ Avant tout maîtriser les eaux pluviales et leur ruissellement, avant de penser strictement traitement de la pollution
- ❖ Exclusion des eaux de sites industriels

► 2 familles de solutions

Solutions préventives	Solutions curatives
Ouvrages de gestion à la source des eaux pluviales	Ouvrages décentralisés de dépollution des eaux de ruissellement

2 grandes familles de solutions pour la gestion décentralisée de la pollution des eaux de ruissellement

De nombreux critères distinguent les 2 familles de solutions :

- ❖ **Les dispositifs eux-mêmes**

- ❖ **Les principes fondateurs de gestion des eaux pluviales :**

- ❖ Objectif principal de mise en œuvre
- ❖ Positionnement dans le cycle de l'eau
- ❖ Modalités de gestion

- ❖ **Les processus mobilisés et les fonctions**

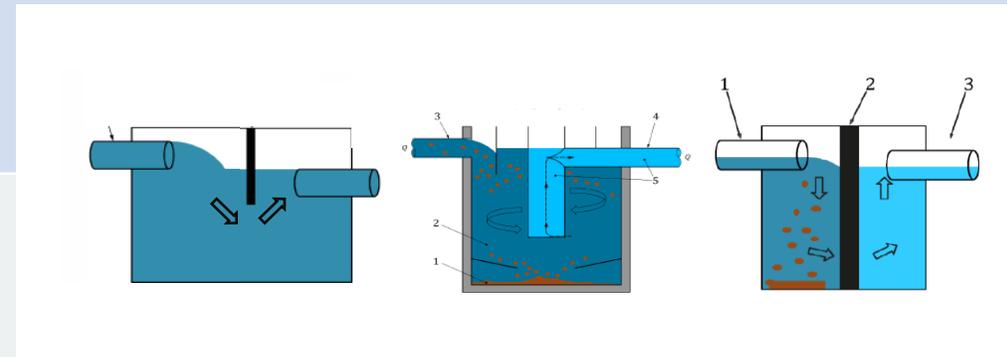
- ❖ Principes et processus mobilisés pour la réduction des flux de polluants
- ❖ Fonctions principales
- ❖ Fonctions connexes

- ❖ **Les règles de dimensionnement**

- ❖ Paramètres de dimensionnement
- ❖ Caractérisation de la performance et les engagements

Les critères qui distinguent les 2 grandes familles de solutions : les dispositifs eux-mêmes

Critères	Ouvrages de gestion des eaux pluviales à la source	Ouvrages décentralisés de dépollution des eaux de ruissellement
Dispositifs	<ul style="list-style-type: none">- Toitures stockantes et/ou végétalisées- Cuves ou citernes- Revêtements perméables- Chaussées à structure réservoir- Jardins de pluie, microstockages et dépressions- Puits d'infiltration- Fossés et noues- Tranchées- Bassins d'infiltration	<ul style="list-style-type: none">- Dégrilleur- Bassins de décantation- Décanteur lamellaire- Décanteur hydrodynamique- Décanteur linéaire compact à effet siphonoïde- Filtre- Filtre planté



► Les critères qui distinguent les 2 grandes familles de solutions : les principes fondateurs

Critères	Ouvrages de gestion des eaux pluviales à la source	Ouvrages décentralisés de dépollution des eaux de ruissellement
Objectif principal de mise en œuvre	Gérer l'eau de pluie, afin d'en limiter le ruissellement.	Répondre à un objectif ciblé de dépollution des eaux de ruissellement
Positionnement dans le cycle de l'eau	Au plus près du point de contact avec le sol, En limitant le ruissellement et généralement sans collecteurs. Avec un facteur de charge faible.	A l'aval du bassin versant d'un projet d'aménagement, Après ruissellement Souvent après collecte-transport jusqu'à l'ouvrage.
Modalité de gestion de la pollution	Préventif	Curatif

Les critères qui distinguent les 2 grandes familles de solutions : les fonctions et processus mobilisés

Critères	Ouvrages de gestion des eaux pluviales à la source	Ouvrages décentralisés de dépollution des eaux de ruissellement
Processus mobilisés pour la réduction des flux polluants	<ul style="list-style-type: none"> - Éviter la mobilisation des polluants - Réduire les volumes et les masses - Piéger la pollution particulaire - Utiliser les processus naturels pour abattre les concentrations de certains polluants 	<ul style="list-style-type: none"> - Concentrer les flux vers un ouvrage - Piéger la pollution particulaire - Sélectionner et mettre en œuvre les processus adaptés pour abattre la pollution ciblée
Fonctions principales	collecte, transport, régulation, abattement de la pollution et/ou évacuation de l'eau pluviale	régulation des débits et de dépollution ciblée, composant potentiel de la chaîne de traitement
Fonctions connexes	Ces espaces ont souvent des fonctions connexes à la gestion de l'eau	Ils ont exclusivement des fonctions techniques de régulation et de dépollution des eaux de ruissellement

Les critères qui distinguent les 2 grandes familles de solutions : les règles de dimensionnement

Critères	Ouvrages de gestion des eaux pluviales à la source	Ouvrages décentralisés de dépollution des eaux de ruissellement
Règles de dimensionnement	Dimensionnement hydraulique au regard du niveau de service recherché Optimisation possible de la conception au regard de l'abattement des flux polluants	Dimensionnement au regard d'objectifs de dépollution
Performances	Obligation de performance hydraulique , pas d'engagement sur des performances de dépollution	Obligation de performances de dépollution , en précisant les domaines de validité et les conditions d'exploitation

Présentation des deux familles : à la source – décentralisés



Elodie BreLOT, directrice
du Graie

Luc Manry,
Président ITSEP



Quelques spécificités des ouvrages de gestion des eaux pluviales à la source vis-à-vis de la dépollution

Elodie Brelot, Graie



Les solutions à la source

→ Principales spécificités

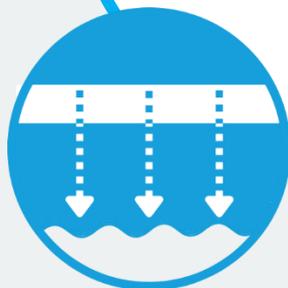


La diversité
des formes
des terminologies
des solutions à venir

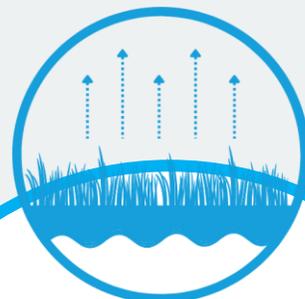


Principales
spécificités des
solutions à la
sources

L'infiltration :
solution première
préconisée



De plus en plus
Solutions fondées sur la
nature



Très souvent
Revêtements
drainants



Des fonctions de
stockage et
restitution



► Les revêtements perméables



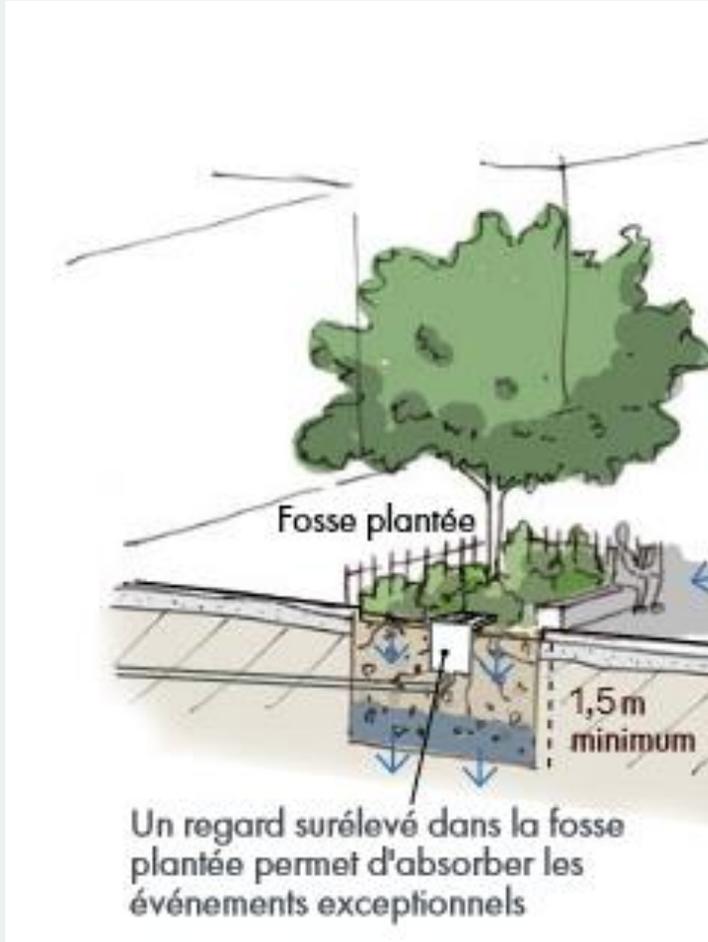
CAUE

RHÔNE MÉTROPOLE

CONSEIL
D'ARCHITECTURE
D'URBANISME
ET DE L'ENVIRONNEMENT

► Les fosses d'arbres isolés

Ou les arbres de pluie



► Les fosses plantées continues revêtues *Ou les tranchées de Stockholm*

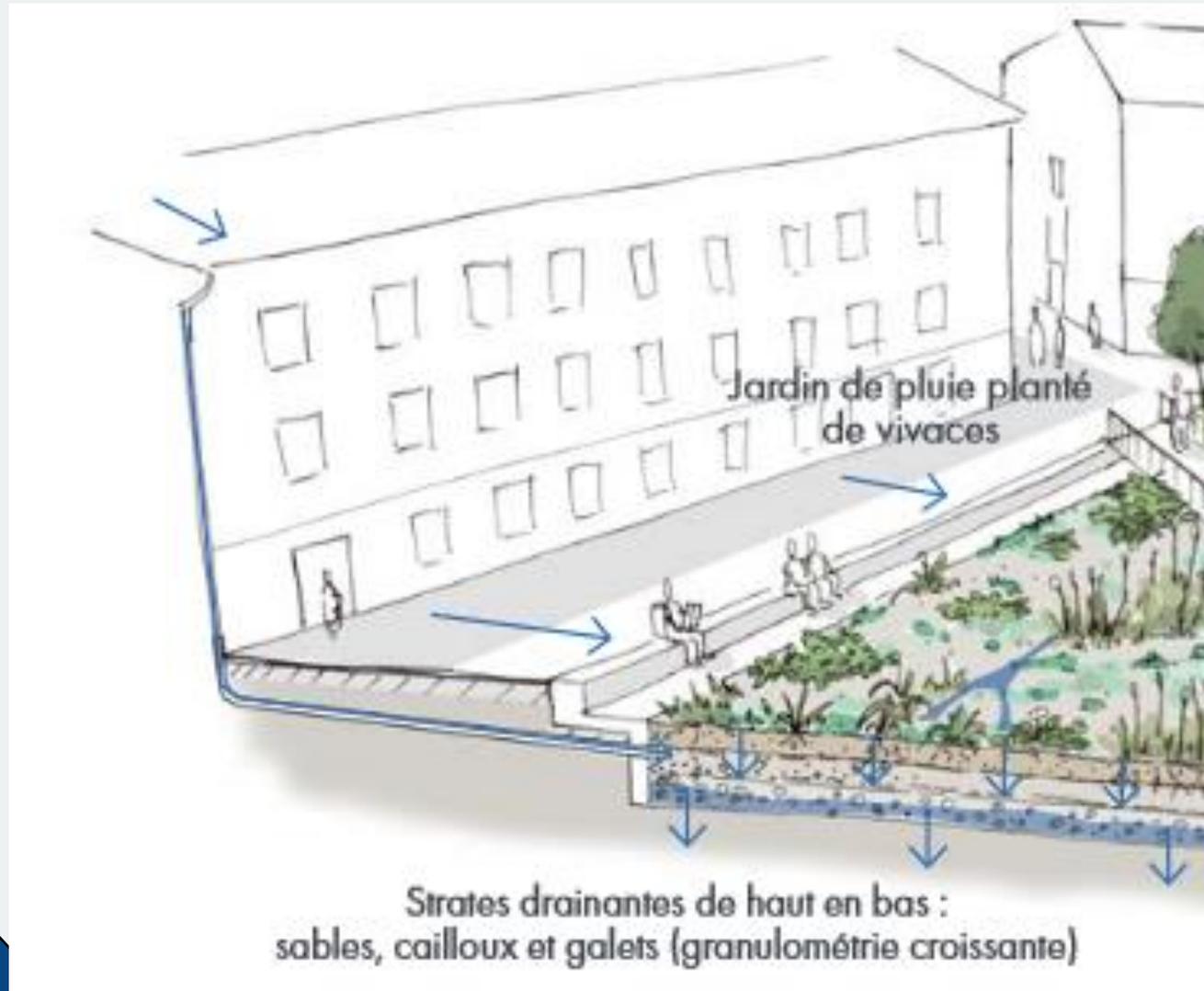


CAUE

RHÔNE MÉTROPOLE

CONSEIL
D'ARCHITECTURE
D'URBANISME
ET DE L'ENVIRONNEMENT

► Les jardins de pluie



CAUE

RHÔNE MÉTROPOLE

CONSEIL
D'ARCHITECTURE
D'URBANISME
ET DE L'ENVIRONNEMENT

► Les bassins paysagers *Ou bassins secs*



► Les noues



CAUE

RHÔNE MÉTROPOLE

CONSEIL
D'ARCHITECTURE
D'URBANISME
ET DE L'ENVIRONNEMENT

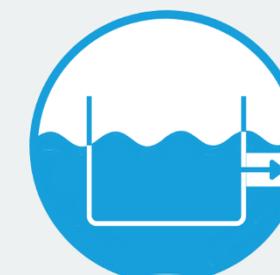
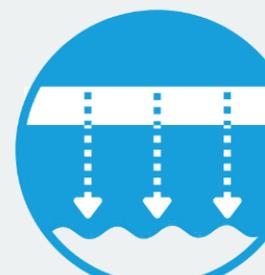
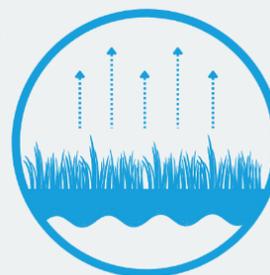
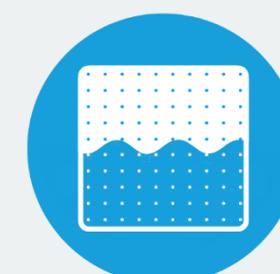
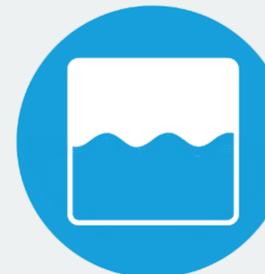
Les solutions à la source

Caractérisation du point de vue de la dépollution



Les compartiments et fonctionnalités

- Forme et position
- Les modes d'alimentation
 - Sols : naturels ou reconstitués
 - Revêtements drainants
 - Maintien des fonctions d'infiltration
- Les modes de stockage
 - À l'air libre
 - Dans un volume vide structuré
 - Dans un média poreux
- Les modes de restitution et régulation
 - Évaporation évapotranspiration
 - Infiltration
 - Rejet vers un exutoire



Les solutions à la source

→ caractérisation du point de vue de la dépollution

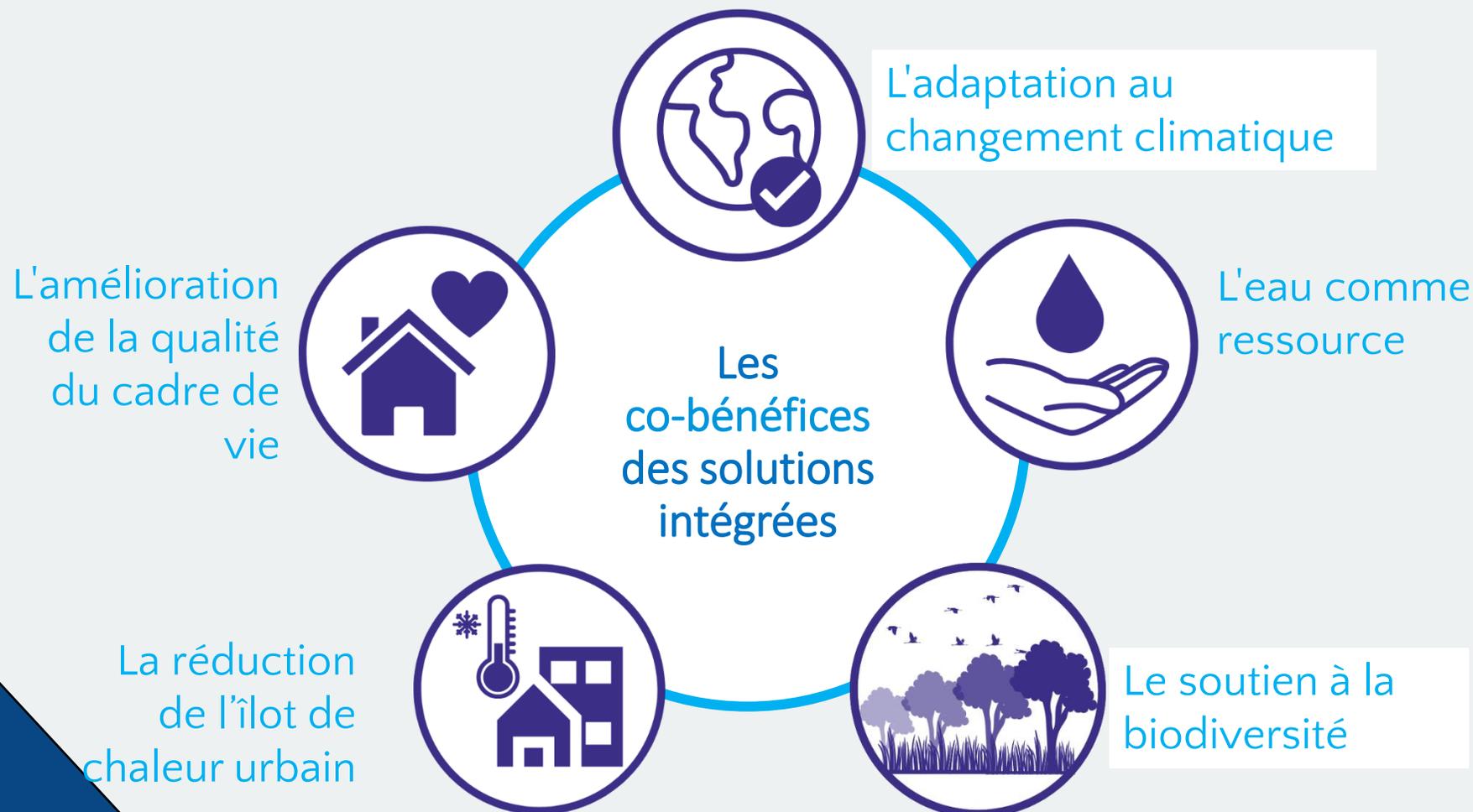


Le couplage des modes de restitution et de régulation

	Sans débit régulé	Couplant débit régulé aux autres modes de restitution	Avec débit régulé
Avec infiltration	<p>→ Evacuation du volume par Infiltration Evacuation potentielle par évaporation-évapotranspiration</p>	<p>→ Evacuation d'un volume V1 par Infiltration → Evacuation d'un volume V2 à débit régulé vers un exutoire extérieur → Evacuation potentielle par évaporation-évapotranspiration</p>	<p>→ Evacuation du volume à débit régulé vers un exutoire extérieur → Evacuation potentielle par infiltration, évaporation et évapotranspiration</p>
Sans infiltration (étanché ou sol très peu perméable)	<p>→ Evacuation de la totalité du volume par Evaporation - Evapotranspiration</p>	<p>→ Evacuation d'un volume V1 par Evaporation – Evapotranspiration → Evacuation d'un volume V2 à débit régulé vers un exutoire extérieur</p>	<p>→ Evacuation du volume à débit régulé vers un exutoire extérieur → Evacuation potentielle par évaporation-évapotranspiration</p>

Les solutions à la source

Les fonctions et co-bénéfices



Les solutions à la source

Les co-bénéfices



Les solutions à la source

Fonctionnalités vis-à-vis de la dépollution



1

limiter la
mobilisation
des
pollutions

2

Réduire les
volumes et
masses
d'eau et de
polluants
rejetés

3

Contribuer à
limiter les
rejets à
l'aval

4

Piéger
efficacement
la pollution
particulaire

5

Réduire les
concentrations
de certains
polluants

Les solutions à la source

Critères influençant la performance des ouvrages



1

Le rapport de surfaces

2

Le niveau d'abattement volumique (réduction des volumes ruisselés)

3

Le niveau de contamination du ruissellement

4

Le choix des techniques et leur conception

5

Les pollutions considérées : particulaires/dissoutes

Les ouvrages décentralisés de dépollution des eaux de ruissellement

**Luc Manry,
Président ITSEP**



► Les ouvrages de dépollution

La définition d'un ouvrage :

- ❖ En génie civil un ouvrage est une construction autre qu'un bâtiment
- ❖ Un ensemble de matériaux bruts et/ou matériaux manufacturés (produits de construction)

► Les ouvrages de dépollution

Deux grandes familles d'ouvrages :

❖ Ouvrages « Traditionnels »

conception, dimensionnement et mise en œuvre sont codifiés

→ *ex DTU, règles de l'art*

❖ Ouvrages « non traditionnels »

Conception ou dimensionnement ou mise en œuvre ne sont pas codifiés

→ Notion d'innovation, qui est cadrée dans les fascicules CCTG en terme de réception d'ouvrage

→ L'innovation est souvent supportée par des Avis techniques – DTA selon une procédure régie par la CCFAT

► Les ouvrages de dépollution : un raisonnement par fonction

❖ Un ouvrage de dépollution doit toujours être appréhendé par rapport à ses fonctions :

- ❖ Structurelle
- ❖ Collecte
- ❖ Stockage
- ❖ Dépollution
- ❖ Restitution
- ❖ Autres usages

► Les ouvrages de dépollution :

Ouvrage de dépollution :
Ce sont des ouvrages non traditionnels
Qui doivent être appréhendés par un raisonnement par fonction

L'entretien
doit être considéré comme une nécessité transverse
qui permet la pérennité de toutes les fonctions et
donc de l'ouvrage

► Les ouvrages de dépollution Point d'attention sur les macrodéchets

- ❖ Les macrodéchets ne doivent pas rentrer dans un ouvrage de dépollution
(sauf si conçu pour)

► Les ouvrages de dépollution : Processus mobilisés

❖ Principaux processus mobilisés

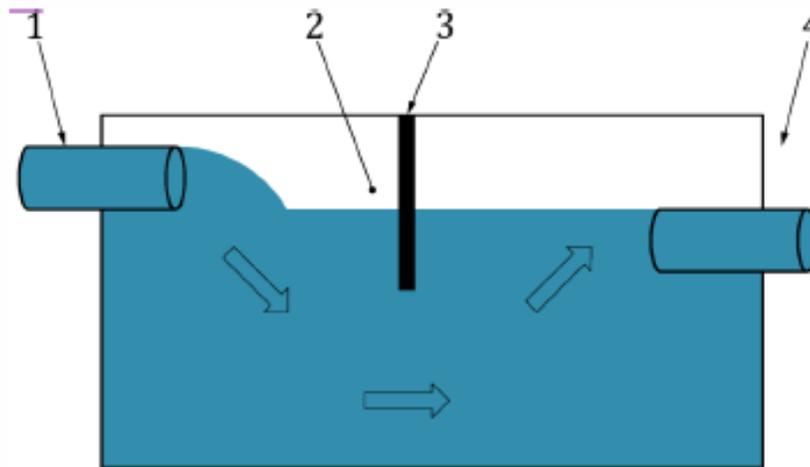
- ❖ flottation
- ❖ filtration
- ❖ L'adsorption
- ❖ La décantation (exemple de la filtration associée à de la filtration, hydrodynamique)

Les techniques actuelles de dépollution combinent des processus différents et complémentaires (exemple décantation associée à de la filtration)

Les ouvrages de dépollution :

1 - Dispositifs à base de flottation

Dans le cas des eaux de ruissellement, n'a de sens que pour le piégeage des macro-déchets



Légende

1 entrée

2 zone de piégeage des macro-déchets

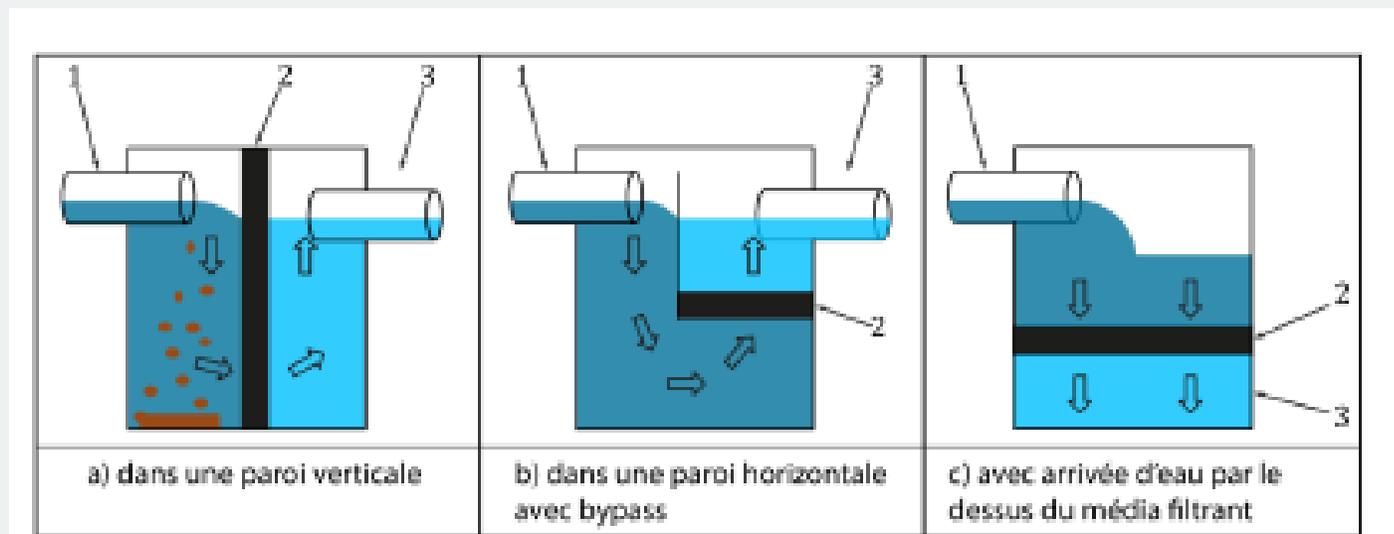
3 média cloison siphoniale, sens de circulation

4 sortie

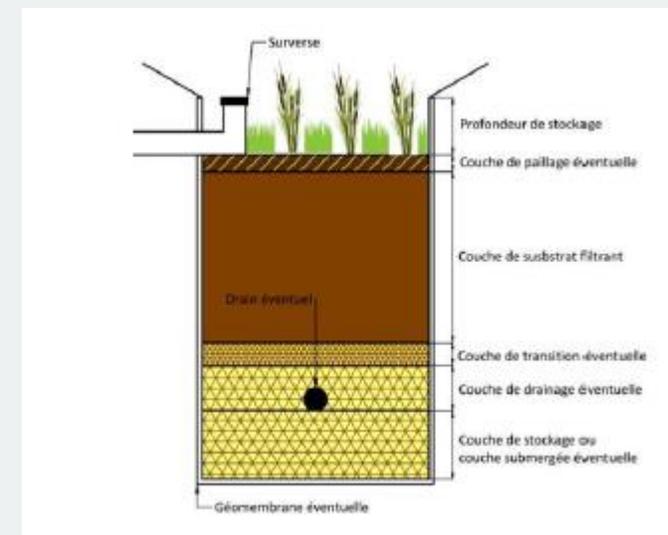
Les ouvrages de dépollution :

2 - Dispositifs avec média ou massif filtrant

Facteur clé : nature et porosité du média, durée de vie face au colmatage



Dispositifs préfabriqués



Filtre planté à écoulement vertical

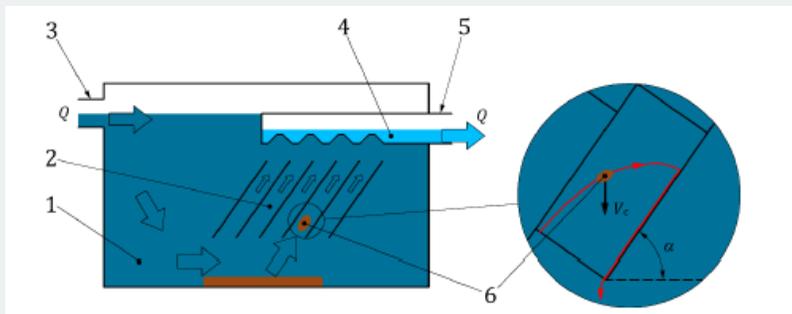
Les ouvrages de dépollution :

3 - Dispositifs de décantation

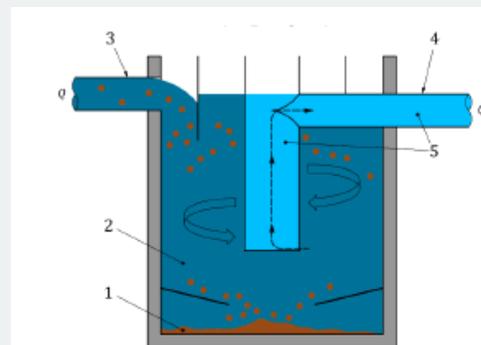
L'intérêt est de piéger la pollution particulaire (MES) par décantation
La décantation peut être améliorée par :

→ Décanteurs Lamellaires

- 1 eau brute
- 2 faisceau de décantation
- 3 entrée
- 4 eau traitée
- 5 sortie
- 6 particule boue



→ Décanteurs hydrodynamiques



Légende

- 1 boue
- 2 eau brute
- 3 entrée
- 4 sortie
- 5 eau traitée

→ Ou tout autre procédé qui force la sédimentation
solutions tubulaires par exemple qui réduisent la vitesse

► Les ouvrages de dépollution : Conclusions

Quel que soit le procédé :

- ❖ Des performances différentes selon le(s) type(s) de pollution à abattre
- ❖ Des principes différents de dimensionnement
- ❖ Des limites d'emplois spécifiques
- ❖ Des précautions particulières éventuelles

**Deux grandes familles
d'ouvrages pour la gestion
décentralisée
de la pollution des
eaux de ruissellement**



Performance des ouvrages poursuite des travaux sur la dépollution

CSTB
le futur en construction

**Abdel Lakel,
Chef du Pôle Recherche/Innovation
“Adduction/assainissement”, CSTB**



Rappel sur missions du CSTB

- ❖ Garantir la qualité et la sécurité des bâtiments
- ❖ Missions du CSTB définies par le Code de la Construction :
 - ❖ recherches S&T => préparation/mise en œuvre des politiques publiques en matière de construction et d'habitat
 - ❖ Concours aux services du ministère chargé de CCH et autres ministères dans leurs activités de définition, mise en œuvre et évaluation des politiques publiques en matière de construction et d'habitat ».
- ❖ **CSTB : membre du RST** constitué d'organismes d'expertise et de recherche opérationnelle, intervenant dans les champs de compétences de l'aménagement et du développement durable.



Ne pas confondre avec les centre techniques industriels : CTI (CETIM, CETIAT, CERIB, ...) dont l'objet est l'aide technique de certaines filières industrielles (notamment les PME) via un principe de redevance

FdR recherche à l'horizon 2030

Domaines d'Action Stratégiques



Bâtiments/Quartiers pour bien vivre ensemble

Rénovation, Fiabilisation de l'acte de construire



Bâtiments/villes face au changement climatique

Economie circulaire et ressources pour le bâtiment



Approche systémique aux diverses échelles, méthodes expérimentales, mesures et simulations



Appui aux politiques publiques

Accompagnement des différents acteurs de la construction et de l'urbain

Comitologie pour la sécurisation des ouvrages (bâtiment, réseaux d'assainissement & adduction)

Techniques non traditionnelles

ATEX

Comités d'ATEX

(secrétariat & publication CSTB)

*Gestion de l'Innovation par
expériences sur le chantier et le suivi
in situ*

ATEC/DTA

CCFAT

(publication CCFAT)

Secrétariat CSTB

*Evaluation collégiale au cas par cas
Constat de traditionnalité*

Gestion de l'innovation

Techniques traditionnelles

DTU*

GC-NORBAT

(secrétariat & publication AFNOR)

Codification des expériences de terrain réussies

& Fascicules de marchés de travaux

Règles de l'art écrites (construction)

❖ AQC/C2P : Prévention des risques dans la construction

❖ (Examen ATEC/DTA (liste verte, règles Pro)), si ATEX favorable automatiquement en technique maîtrisée

- ❖ AQC : secrétariat
- ❖ ASSUREURS
- ❖ COPREC
- ❖ CSTB
- ❖ ...

(publication AQC)

Performance des ouvrages

Que nous dit le Fascicule Documentaire ?

Rappels

Ouvrages de gestion à la source

- ❖ Obligations de moyens
- ❖ Gestion hydraulique avec dépollution induite + bénéfiques écosystémiques possibles
- ❖ Extensifs et exploitation « rustique »
- ❖ Ouvrages traditionnels :
 - ❖ Etat de l'art **partiellement** écrit (Fascicule travaux 70-T2) (hors fonction dépollution)
 - ❖ Existences de pratiques et savoir-faire pour la construction

Ouvrages de dépollution

- ❖ Obligations de résultats
- ❖ Dispositifs intensifs préfabriqués et ou assemblés sur site
- ❖ Dispositifs non traditionnels : pas de norme « construction »
- ❖ Codification au cas par cas (conception, dimensionnement, mise en œuvre et exploitation)
- ❖ Pas de norme sur la performance des produits

Quel que soit le type d'ouvrage: l'entretien est un élément clé

Caractérisation des performances à l'échelle du produit de construction (à l'échelle de l'usine)

<i>Approches</i>	<i>Objectifs de la caractérisation du produit</i>	<i>Limites</i>
Simulation numérique	Représentation hydrodynamique ou mécanique	Pas d'extrapolation à l'ouvrage
Norme harmonisée ou non	Mise sur le marché des PDC (norme harmonisée ou ETE)	Pas de prédiction de la performance de l'ouvrage
ETE (évaluation technique européenne)		
Essai expérimental via ETV	Vérification d'allégation industrielle (à caractère <i>environnemental</i>)	Pas de définition des conditions de conception, dimensionnement, mise en œuvre de l'ouvrage <i>si les exigences de l'essai ne sont pas mentionnées dans les documents de construction (DTU, Fascicule de travaux, ATec, DTA)</i>
Essai de laboratoire	Performance dans des conditions données	

Outils de caractérisation des bureaux des méthodes :

- ✓ R&D interne et/ou externe
- ✓ Essais et calculs interne, et/ou tierce partie,
- ✓

Caractérisation des performances à l'échelle de l'ouvrage (destination aux constructeurs et MOA)

<i>Approches</i>	<i>Objectifs de la caractérisation de l'ouvrage</i>	<i>Limites</i>
Règle de dimens._règles de l'art	Dimensionnement (validé par l'expérience)	Ne s'applique pas aux innovations techniques
Simulation numérique	Représentation hydrodynamique/ mécanique	Dépendante des données du site
Expérimentation in situ	Performance de l'ouvrage étudié	Généralisation difficile (autres ouvrages ou autres fonctionnements)
ATEX avec expérimentation in situ	Evaluation préalable par comité (<i>conception, dimensionnement, mise en œuvre et exploitation d'un produit dans un ouvrage</i>) puis suivi <i>in situ</i> des performances	Ne vise que les chantiers étudiés (<i>préalablement à une généralisation</i>)
ATEC/DTA (CCFAT) _ <i>construction d'ouvrages non traditionnels</i>	Evaluation S&T collégiale (<i>conception, dimensionnement, mise en œuvre et exploitation d'un produit dans on ouvrage</i>)	Ne concerne pas les techniques traditionnelles
DTU/fascicule Travaux (<i>construction d'ouvrages traditionnels</i>)	Description de l'ouvrage (<i>conception, mise en œuvre, exploitation, et des caractéristiques des produits possibles</i>)	Ne concerne pas les techniques non traditionnelles (innovantes)

Rappel CSTB : à ce jour, pas de reconnaissance mutuelle ce thème entre la CCFAT (ATec/DTA) et les autres organismes européens (ex. Zulassungs du DIBT)

Problématique de l'exploitation des ouvrages

- ❖ **Bonne conception de l'ouvrage à l'échelle de chaque projet, déterminante pour s'assurer :**
 - ❖ de la durabilité de l'ouvrage
 - ❖ du maintien des fonctionnalités et des performances notamment épuratoires dans le temps.

- ❖ **Etude conception :**
 - ❖ description dans le détail des opérations d'exploitation, afin de s'assurer que le maître d'ouvrage en tienne compte dans le choix de la solution retenue et qu'il soit en mesure de les réaliser
 - ❖ rappel de ces règles au moment de la réception de l'ouvrage

Problématique de l'exploitation des ouvrages

❖ Description des opérations d'exploitation :

- ❖ Accès pour l'entretien,
- ❖ Description réaliste de l'ensemble des modalités d'entretien (remplacement, décolmatage, lavage, ...) ;
- ❖ Procédures de sécurité et obligations clairement établies et individualisées pour chaque ouvrage (milieu confiné, stabilité de l'ouvrage, ...),
- ❖ Procédures techniques d'exploitation (outils utilisés, règles d'utilisation associées et précautions particulières nécessaires pour éviter les risques d'endommagement,
- ❖ Destination adaptée des sous-produits récupérés et des matériaux à évacuer.

❖ *Pour mémoire* : les DTA/ATec évaluent ces conditions pour chaque système constructif concerné (technique non traditionnelle).

❖ Recommandations :

- ❖ Evaluation du coût total de possession dès la conception (investissement et exploitation tout au long de la durée de vie de l'ouvrage).
- ❖ Prise en compte dans le dimensionnement économique des scénarii réalistes des conditions et fréquences d'exploitation dont le renouvellement des pièces, équipements, matériaux, et végétation (si existante).
- ❖ Rappels par le maître d'ouvrage des durées de vie attendues (pour les structures, les éléments structuraux démontables et équipements et médias support)
- ❖ Quid devenir de la couche superficielle d'un sol contaminée (par filtration)

Exigences à respecter par les constructeurs *(BE, entreprises de travaux) et exploitants*

- ❖ NF P03-001 Cahiers types - Cahier des clauses administratives générales applicable aux travaux de bâtiment
- ❖ NF P03-002 Cahier types - Cahier des Clauses Administratives Générales applicable aux travaux de génie civil
- ❖ Recommandation N° T1-99 (marchés publics)
- ❖ CCTG et fascicules de marchés publics de travaux (Fascicule 70 Titre 2 et le Fascicule 65)

❖ Techniques de gestion à la source :

- ❖ Existence de règles de l'art et de savoirs et pratiques traditionnelles : **obligations de moyen**
- ❖ **sans approche performancielle**
- ❖ Performance hydraulique avec dépollution induite + bénéfices écosystémiques possibles.

❖ Ouvrages de dépollution : FD => inventaire des méthodes de caractérisation

- ❖ Pas de règle de l'art sur la construction (conception, dimensionnement, mise en œuvre et fonctionnement)
- ❖ Respect des normes de travaux (marchés privés et publics, éléments du fascicule 70-II) et la recommandation T1-99 pour les marchés publics)
- ❖ Approche par obligations de résultats avec mise en garde et précautions pour les conditions d'exploitation

Poursuite des travaux de normalisation ?

Poursuite possible des travaux de normalisation ?

Fascicule Documentaire :

- ✓ Caractérisation des événements pluviométriques et des pollutions
- ✓ Contextualisation les techniques possibles

Ouvrage de gestion à la source	Ouvrages de dépollution
<p>Recueillir les pratiques de terrain réussies pour rédiger une véritable norme de construction :</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Dimensionnement✓ Mise en œuvre✓ Choix de composants✓ Entretien et outils adaptés✓ ...	<p>Distinguer :</p> <ul style="list-style-type: none">✓ les techniques pouvant faire l'objet de description (systèmes de décantation « classiques »)✓ des techniques « confidentielles » propres à chaque industriel <p>Note : pour les techniques de décantation classique : établir les règles de dimensionnement mécanique, hydraulique, le choix des produits, les conditions d'exploitation (avec les outils adaptés)</p>

Quid méthode normalisée des suivi in situ la performance des ouvrages de dépollution ?

Poursuite possible des travaux de codification

Difficultés posées par les techniques « confidentielles »

Codification : approche descriptive	Commentaire
<input type="checkbox"/> Conception <input type="checkbox"/> Dimensionnement <input type="checkbox"/> Mise en œuvre <input type="checkbox"/> Exploitation (fréquence de vidange,...) Quid des niveaux de dépollution à atteindre ?	A ce stade, pas possible : dépend de chaque innovation industrielle
Codification : approche boite noire ?	Commentaire
Essais de performance (pour quel objectif ?) Quid du ou des niveau(x) de dépollution à atteindre Quid véracité des conditions d'exploitations et des performances à long terme	Référentiel commun à tous les bureaux des méthodes industriels mais ne permet pas de trancher quant à l'intégration du produit dans l'ouvrage qui relève idéalement de l'approche collégiale en prise avec le terrain.

Enjeux vus sous l'angle « procédé de traitement » dans le cas des eaux pluviales

Grande variabilité hydraulique
(épisodes pluvieux) et de
pollutions



**Système déterministe
(fonctionnement en régime transitoire)**



débit max admissible ?
Quid quantification du
bénéfice épuratoire versus
modalités d'entretien
Performance à long terme

Quels domaines d'emploi ?, quels recouvrements possibles ? :

- ✓ Eaux de ruissellement de toiture
- ✓ Eaux de ruissellement de parcelle
- ✓ Eaux de ruissellement de voiries (influence du type de trafic)
- ✓ Eaux de ruissellement sur voiries industrielles,
- ✓ ...

Problématique posée par les protocoles d'essais existants de caractérisation des produits

Pollutions d'entrée non représentatives des conditions réelles (particules : **densités trop fortes, concentrations 10 fois supérieures,...**)



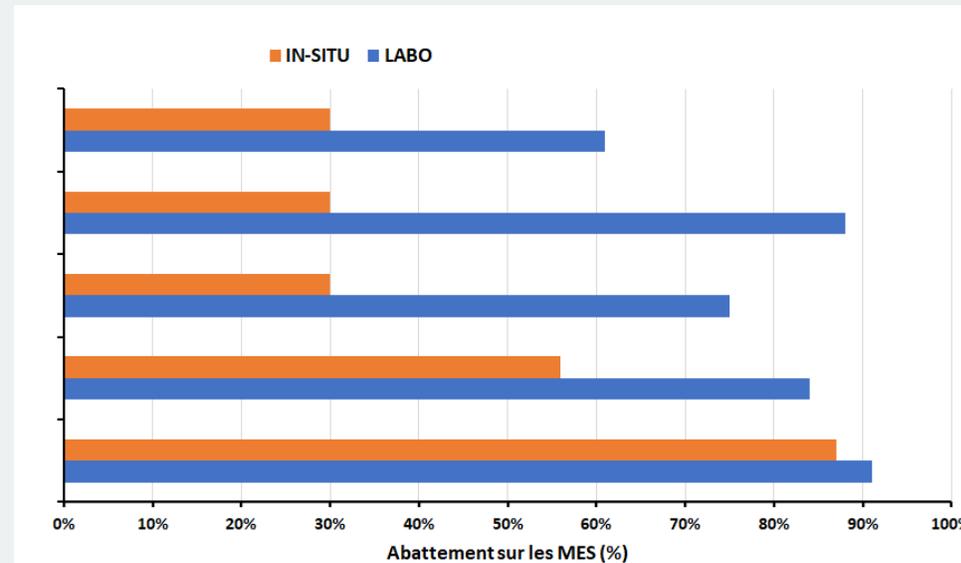
**Système déterministe
(fonctionnement en régime transitoire)**



Rendements largement surestimés
Prise en compte insuffisante, des matières à faible densité (matière organique,...)

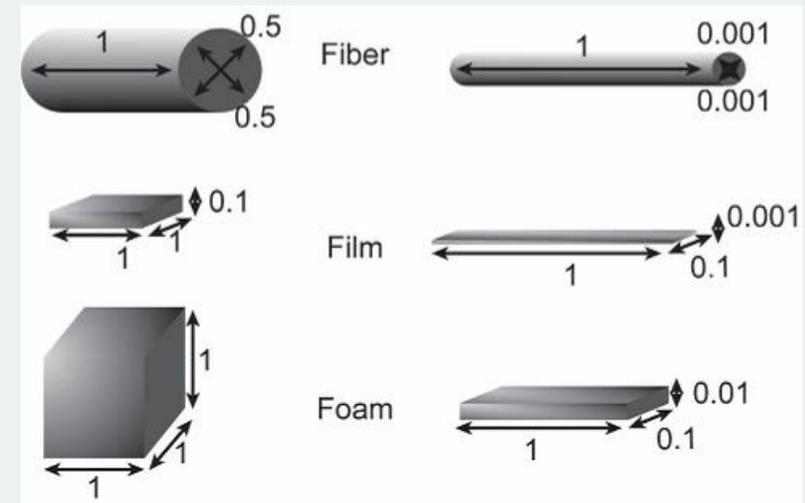
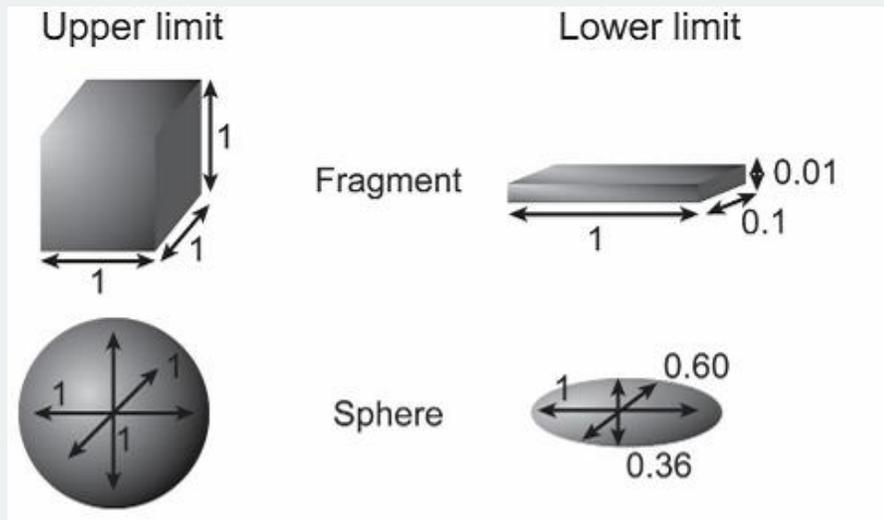
...

Quelques comparaisons entre essais labo et mesures in situ



Problématique posée par les protocoles d'essais existants de caractérisation des produits

Quid forme des particules dans les vitesses de chute: formes hétérogènes, pas systématiquement sphérique



Développement R/D au CSTB

AQUASIM => maquette échelle 1 en conditions réelles maîtrisées (=> 100 L/s)

- ❖ **Outil** : Génération d'eaux de toitures, d'eau de ruissellement (contaminées en hydrocarbures le cas échéant),
- ❖ **Travaux de R&D actuels** :
 - ❖ calibration de ces eaux avec ajouts de polluants **représentatifs** des eaux de ruissellement
 - ❖ méthodes de mesures à l'échelle d'AQUASIM mais également in situ
 - ❖ protocole d'évaluation expérimentale pour
 - ❖ les noues de filtration / d'infiltration
 - ❖ La décantation et la flottation
 - ❖ les revêtements infiltrants



Note : équipe nantaise => forte culture du traitement des pollutions d'origine organique (cœur de métier) et la reconstitution de sols

Pollution des eaux pluviales en milieu urbain :

Conclusions



Premier plan national d'actions pour la gestion des eaux pluviales



4 enjeux identifiés :

- ❖ **la prévention et la gestion des inondations**, *risque naturel le plus important en matière de dégâts matériels*
 - ❖ **la préservation et la protection de la ressource en eau et des milieux aquatiques**
 - ❖ **la performance des systèmes d'assainissement des eaux usées**
 - ❖ **l'adaptation des villes au changement climatique** : *nature et végétalisation en ville, lutte contre les îlots de chaleur urbains, etc.*
-



4 axes pour accompagner toutes les parties prenantes:

- ❖ **Intégrer la gestion des eaux pluviales dans les politiques d'aménagement du territoire**
 - ❖ **Mieux faire connaître les eaux pluviales et les services qu'elles rendent**
 - ❖ **Faciliter l'exercice de police de l'eau et l'exercice de la compétence GEPU (gestion des eaux pluviales urbaines)**
 - ❖ **Améliorer les connaissances scientifiques, pour mieux gérer les eaux pluviales**
-



Conclusion UIE

- ❖ **Importance des Eaux Pluviales - Villes résilientes**
- ❖ **Apport des eaux pluviales dans les eaux non conventionnelles ?**