



Année de programmation 2015 – Domaine Risques liés aux contaminants aquatiques - Action 224

Les techniques alternatives pour la gestion des eaux pluviales : Etude de cas du bassin versant au milieu récepteur - synthèse

Livrable 3.4.b du projet LUMIEAU-Stra

Miléna WALASZEK (Enges, Icube)
Carine HEITZ (laboratoire Geste)
Marjorie PIERRETTE (laboratoire Geste)
Laurent PAULIC (Tronico Vigicell)
Adrien WANKO (Enges, Icube)

Juin 2019

Document élaboré dans le cadre de l'appel à projets « Innovations et changements de pratiques: lutte contre les micropolluants
des eaux urbaines »



En partenariat avec :



Avec le soutien de :



**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

**Les techniques alternatives
pour la gestion des eaux
pluviales : Etude de cas du
bassin versant au milieu**

récepteur - synthèse

Livrable 3.4.b du projet

LUMIEAU-Stra

M. Walaszec, C. Heitz, M.
Pierrette, L. Paulic, A. Wanko

LUMIEAU-STRA

Lutte contre les micropolluants
dans les eaux urbaines
à Strasbourg



- **AUTEURS**

Miléna WALASZEC, Doctorante (ICUBE, ENGEES)

Carine HEITZ, ingénieure de recherche (laboratoire GESTE), carine.heitz@engees.unistra.fr

Marjorie PIERRETTE, chargée de recherche (laboratoire GESTE), marjorie.pierrette@gmail.com

Laurent PAULIC, Directeur études (Tronico-vigicell), laurent.paulic@vigicell.fr

Adrien WANKO, Maître de conférences (ICUBE, ENGEES), wanko@unistra.fr

- **CORRESPONDANTS**

Agence française pour la biodiversité : Pierre-François STAUB, Interlocuteur projet, pierre-francois.staub@afbiodiversité.fr

Agence de l'Eau Rhin Meuse : Claire RIOU, Interlocuteur projet, claire.riou@eau-rhin-meuse.fr et **Roger FLUTSCH**, interlocuteur projet, roger.flutsch@eau-rhin-meuse.fr

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : communal

Couverture géographique : Eurométropole de Strasbourg ; nappe phréatique d'Alsace, Rhin, Ill, Bruche

Niveau de lecture : professionnels, experts

<p>AGENCE FRANÇAISE POUR LA BIODIVERSITÉ MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT</p>	<p>Les techniques alternatives pour la gestion des eaux pluviales : Etude de cas du bassin versant au milieu récepteur - synthèse <i>Livrable 3.4.b du projet LUMIEAU-Stra</i> M. Walaszec, C. Heitz, M. Pierrette, L. Paulic, A. Wanko</p>	<p>LUMIEAU-STRA Lutte contre les micropolluants dans les eaux urbaines à Strasbourg</p> 
--	--	---

- **RESUME**

A l'échelle d'une grande collectivité urbaine, la problématique des micropolluants est rendue complexe par la multiplicité des sources de pollution (industriels, artisanat et commerçants, particuliers, hôpitaux, université, eaux pluviales...) et le besoin de hiérarchiser les problèmes car il est techniquement difficile et économiquement impossible de tout traiter en même temps (Lumieau-Stra, 2013). Une démarche progressive et pragmatique s'impose. Le projet LUMIEAU-Stra propose une approche de gestion intégrée des micropolluants à l'échelle de la collectivité. Il s'agit de concevoir et de mettre en application un plan hiérarchisé de réduction des émissions de micropolluants, puis de le valider par des démonstrateurs. Au terme du projet, l'objectif est d'avoir une boîte à outils de solutions pouvant répondre à différentes situations avec des rapports coûts/efficacités adaptés, qui seront transposables à d'autres collectivités. Les outils à l'étude dans les projets concernent aussi bien le traitement à la source que le changement de pratiques, la prévention et la substitution. Ce rapport s'intéresse de manière spécifique à la gestion des eaux pluviales. Des éléments de réponses aux questions techniques, opérationnelles sont apportés par le truchement d'une étude de cas in-situ.

- **MOTS CLES (THEMATIQUE ET GEOGRAPHIQUE)**

Micropolluants, eaux pluviales, techniques alternatives, élimination, analyse multi-critères

<p>AGENCE FRANÇAISE POUR LA BIODIVERSITÉ MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT</p>	<p>Les techniques alternatives pour la gestion des eaux pluviales : Etude de cas du bassin versant au milieu récepteur – synthèse <i>Livrable 3.4.b du projet LUMIEAU-Stra</i> M. Walaszec, C. Heitz, M. Pierrette, L. Paulic, A. Wanko</p>	<p>LUMIEAU-STRA Lutte contre les micropolluants dans les eaux urbaines à Strasbourg</p> 
--	--	---

- **ALTERNATIVE TECNICS FOR STORMWATER MANAGEMENT : A CASE STUDY FROM WATERSHED TO RECEIVING WATER**

- **ABSTRACT**

At the scale of a large urban community, the problem of micropollutants is complicated by the multiplicity of sources of pollution (industrial, craft and traders, private individuals, hospitals, universities, stormwater ...) and the need to prioritize problems. Because it is technically difficult and economically impossible to treat everything at the same time (Lumieau-Stra, 2013). A gradual and pragmatic approach is needed. The LUMIEAU-Stra project proposes an integrated micropollutant management approach at the community level. It will be modified and implemented by a hierarchical plan to reduce emissions of micropollutants, then it is valued by demonstrators. At the end of the project, the objective is to have a toolbox of solutions that can respond to different situations with appropriate cost / efficiency ratios, which will be transferable to other communities. The tools under study in the projects concern both treatment at source and change of practices, prevention and substitution. This report focuses specifically on stormwater management. Elements of answers to technical and operational questions are provided through an in-situ case study.

- **KEY WORDS (THEMATIC AND GEOGRAPHICAL AREA)**

Micropollutants, stormwater, wetland, removal, multicriteria analysis

<p>AGENCE FRANÇAISE POUR LA BIODIVERSITÉ MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT</p>	<p>Les techniques alternatives pour la gestion des eaux pluviales : Etude de cas du bassin versant au milieu récepteur - synthèse <i>Livrable 3.4.b du projet LUMIEAU-Stra</i> M. Walaszec, C. Heitz, M. Pierrette, L. Paulic, A. Wanko</p>	<p>LUMIEAU-STRA Lutte contre les micropolluants dans les eaux urbaines à Strasbourg</p> 
--	--	---

- **SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE**

Problématiques de la gestion des eaux pluviales

En 2014, 3,9 milliards de personnes, i.e. 54% de la population mondiale, vivaient en zone urbaine. A l'horizon 2050, les deux tiers de la population mondiale habiteront en ville d'après les prévisions de l'UNESCO (2015). La croissance de la population urbaine a pour conséquence l'extension de ces zones et une augmentation de leur impact sur l'environnement. En effet les villes modifient le cycle hydrologique en prélevant de grandes quantités d'eau dans les eaux de surfaces et les réserves souterraines, en augmentant les surfaces imperméables, limitant ainsi la recharge des eaux souterraines et augmentant les risques d'inondation et enfin en polluant les eaux de surfaces via les rejets d'eaux non traitées. Les rejets pluviaux stricts contiennent de nombreux micropolluants d'origines naturelle ou anthropique (métaux lourds, hydrocarbures aromatiques polycycliques, pesticides, substances médicamenteuses, alkylphénols, etc.) qui sont directement rejetés dans les eaux de surface. Afin de limiter ces rejets directs de micropolluants dans le milieu naturel, un ensemble des techniques existent. Parmi ces techniques, les techniques alternatives gèrent les volumes d'eaux pluviales au niveau de la parcelle, du sous bassin versant ou du petit bassin versant. Du fait de leur grande diversité ainsi que de leur rusticité, leur fonctionnement demeure non standardisé, voir mal connu.

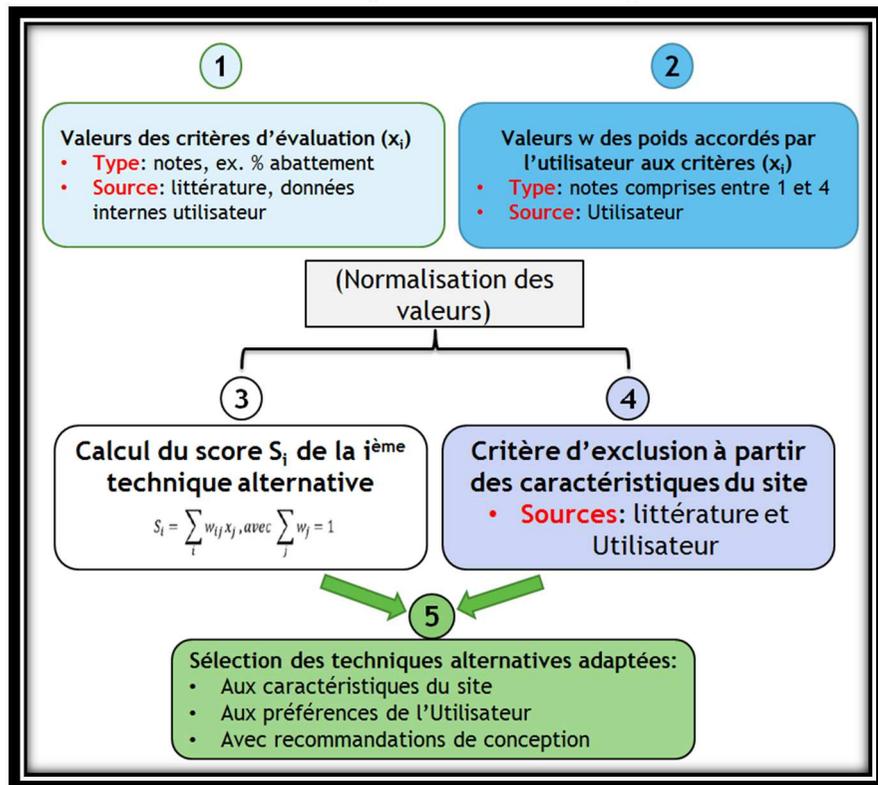
Questions techniques et opérationnelles en matière de dépollution des eaux pluviales

De leur conception jusqu'à leur entretien, les techniques alternatives construites pour la gestion des eaux pluviales requièrent une approche multi-acteurs. Ci-dessous un panel non exhaustif de questions que se posent les acteurs en charge de mettre en place des solutions pertinentes.

1. Peut-on utiliser une analyse multicritères pour le choix d'une technique alternative ?
2. Quelle est l'exploitation effective des techniques alternatives pour le BV étudié ?
3. Quelle est dans cette étude l'efficacité de dépollution des techniques alternatives ?
4. Quel est l'impact sur le vivant des eaux pluviales ?
5. Quelle est la dynamique d'appropriation des techniques alternatives en milieu urbain

Les éléments de réponses apportées dans cette synthèse sont issus des travaux scientifiques et techniques pilotés par le groupe « Procédés environnementaux, transferts réactifs et rhéologie » du Laboratoire Icube en collaboration avec d'autres partenaires du Projet Lumieau-Stra. Leur extrapolation à d'autres environnements nécessitera nécessairement des ajustements, mais la démarche exploitée servira de guide méthodologique.

Peut-on utiliser une analyse multicritères pour le choix d'une technique alternative ?



Méthodologie générale pour le choix d'une technique alternative de dépollution des eaux pluviales strictes

Techniques alternatives	Scores	Recommandation
	Calcul à partir des données bibliographiques et préférences de l'utilisateur	Calcul à partir des données du site
Bassin de rétention à sec	2.4	recommandé sous conditions
Mare de rétention en eau	3.6	recommandé sous conditions
Bassin d'infiltration	3.0	non recommandé
Noeue d'infiltration	2.8	non recommandé
Filtre planté de roseaux	4.4	recommandé sous conditions
Chaussée poreuse	3.5	non recommandé

La solution recommandée dans ce cas est donc un filtre planté de roseaux précédé d'une mare de sédimentation ayant pour rôle principal le stockage des boues.

Exemple de scores et recommandations d'installation des techniques alternatives (Site de l'Ostwaldergraben, Strasbourg)

Quelle est l'exploitation effective des techniques alternatives pour le BV étudié ?

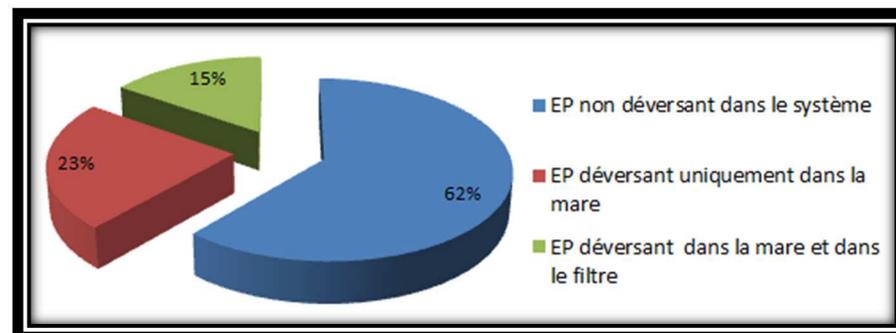
Un évènement pluvieux est défini par les trois critères suivants :

- Intensité moyenne $\geq 0,1\text{mm/h}$
- Durée de la pluie $\geq 4\text{min}$
- Durée de temps sec précédente $> 4\text{h}$.

Pendant les 28 mois d'instrumentation du site (janvier 2015-avril 2017), il y a eu 313 évènements pluvieux sur le bassin versant.

Statistiques des 313 pluies

	Durée de temps sec antécédent (jours)	Temps de pluie (h)	Intensité moyenne ($\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$)	Intensité maximum ($\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$)	Hauteur de pluie (mm)	Volume ruisselé (m^3)
Moyenne	2,2	4	0,84	2,14	2,8	75,5
Minimum	0	0,25	0,09	0,80	0,2	5,4
Maximum	22	30	6,40	37,60	40,4	1090,8

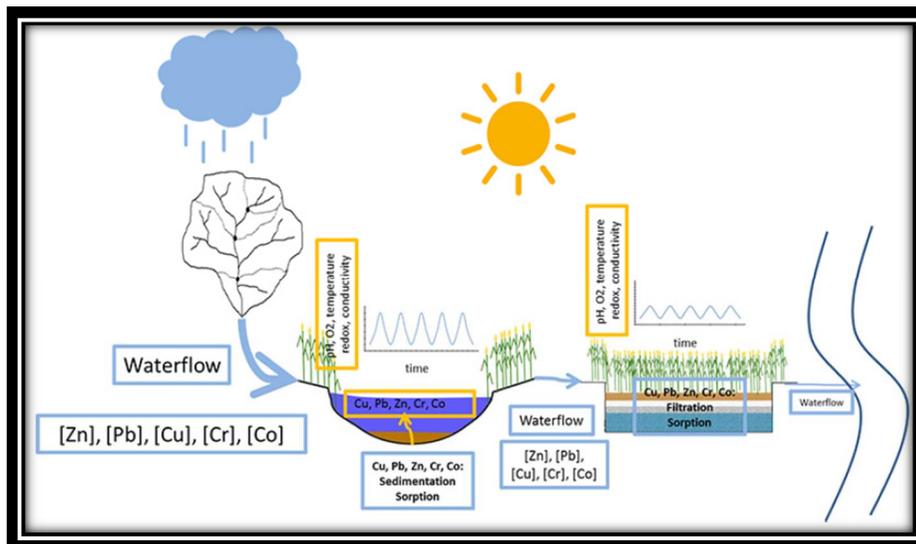


Répartition des évènements pluvieux (EP) en fonction de leur impact sur le système de traitement

Quelle est dans cette étude l'efficacité de dépollution des techniques alternatives ?

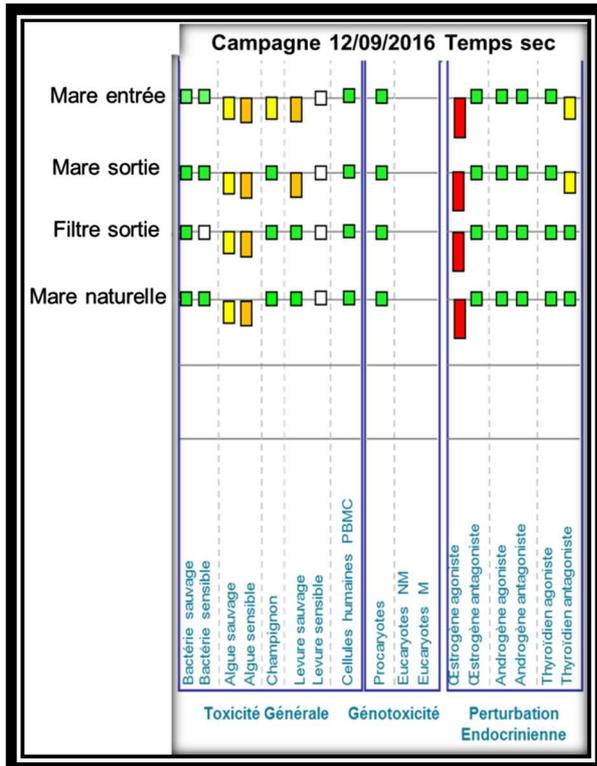
Rendement massique	Mare (%)	Filtre (%)	Système (%)	ND
Cr-D	87	100	100	1
Cr-P	-67-100 [44]	97	94-100 [97]	3
Co-D	100	*	100	2
Co-P	58-100 [86]	93	97-100 [98]	3
Co-D	59	99	100	1
Co-P	48-100[83]	99	100	3
Pb-D	75-100 [90]	94-100 [99]	100	11
Pb-P	63-100 [88]	91-100 [98]	100	12
Zn-D	100	*	100	12
Zn-P	100	*	100	12
Acenaphtene	84-100 [97]	88-100 [94]	98-100 [99]	5
Benzo(a) pyrene	59-100 [86]	30-100[44]	93-100 [99]	11
Fluorene	100	*	100	1
Phenanthrene	38-100 [82]	97-100 [98]	98-100 [100]	9
Anthracene	59-100 [84]	94-100 [97]	98-100 [99]	6
Fluoranthene	100	*	100	1
Pyrene	100	*	100	1
Benzo(a) anthracene	100	*	98-100 [100]	2
Chrysene	100	*	100	1
Benzo(b) fluoranthene	-25-100 [80]	16-100 [76]	66-100 [94]	10

1. Les eaux pluviales sont caractérisées par une quantité élevée de [Zn] et une large gamme d'HAP à faibles concentrations,
2. L'efficacité des zones humides artificielles varie de 50% (naphthalene) à 100% (zinc),
3. Les filtres participent à l'abattement presque complet des micropolluants dissous et particulaires



1. La physico-chimie des eaux pluviales dans la mare est étroitement liée aux conditions météorologiques,
2. La période de temps sec, le potentiel redox et les variations de PH impactent les concentrations de métaux en sortie de BV et le stockage des métaux dans la mare.
3. Dans les boues : [Zn] >> [Pb] > [Cu] > [Cr] > [Ni] > [Co]
4. [2017] >> [2016] → accumulation de métaux
5. [Mare] >> [zone alimentée] > [zone peu alimentée] (sauf pour Cr, Ni et Co)
6. Toutes les teneurs en métaux diminuent avec la profondeur du filtre (sauf Zn)

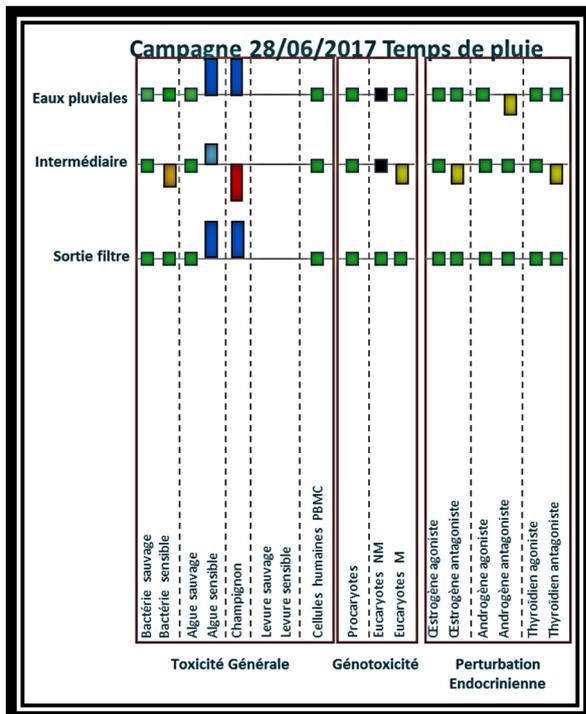
Quel est l'impact sur le vivant des eaux pluviales ?



Les eaux le long de la filière de dépollution ont un impact négatif sur les organismes modèles en **période de temps sec** :

1. Les eaux de la filière ont un effet toxique sur les algues sauvages, et cet effet est stable le long de la filière.
2. Les eaux de la mare ont un effet toxique sur les levures, mais cet effet disparaît dans le filtre et dans la mare naturelle, atténuation aussi observée pour les champignons.
3. Les eaux de la filière de dépollution n'ont pas d'effet génotoxique.

Le système de traitement n'est pas efficace pour limiter certains impacts toxiques (toxicité sur les algues, perturbateur endocrinien oestrogénique)



En **période de temps de pluie**, l'impact des eaux le long de la filière est globalement moindre qu'en temps sec.

1. Les eaux pluviales à l'exutoire du BV présentent seulement un effet androgène antagoniste et provoquent même une multiplication des champignons et des algues.
2. Les eaux au point intermédiaire (entre la mare et le filtre) présentent :
 - un impact toxique modéré sur les bactéries et très fort sur les champignons,
 - un effet génotoxique sur les cellules eucaryotes.
3. En sortie du filtre, les eaux ne présentent aucun effet toxique.

Quelle est la dynamique d'appropriation des techniques alternatives en milieu urbain

La distance des riverains aux techniques alternatives influence-t-elle la représentation qu'ils en ont?

La distance au site influence partiellement la représentation qu'en ont les riverains. Un effet de distance indéniable entre les habitants du site et le milieu est mis en évidence. Plus les riverains sont proches de cet espace, moins ils ont le sentiment que ce dernier est pollué. Paradoxalement, la distance au site n'influence pas la compréhension de la fonction épuratrice de celui-ci. Il apparaît que l'hypothèse selon laquelle plus l'individu est proche et a conscience du milieu plus il parviendra à transformer ses pratiques ne se vérifie pas, puisque la plupart des riverains ne connaissent pas la fonction épuratrice du site.

Existe-t-il un profil d'individu qui a plus conscience que les autres du lien entre leurs rejets en tout genre dans le caniveau et la pollution du cours d'eau ?

IL n'existe pas de profil particulier d'individu qui aurait plus conscience que les autres du lien entre les rejets dans le caniveau et la pollution du cours d'eau (même s'il apparaît que les catégories socio-professionnelles supérieures en ont davantage conscience). La représentation de la pollution n'est donc pas liée à une typologie particulière d'individu. Ce ne sont pas les déterminants sociaux qui jouent sur la représentation de la pollution et de l'Ostwaldergraben, mais probablement la sensibilité ou la conscience environnementale des habitants.

La connaissance de la fonction épuratoire du site engendre-t-elle des changements de pratiques en lien avec des rejets dans le réseau d'eaux pluviales ?

L'hypothèse selon laquelle la connaissance de la fonction épuratoire du site engendre des changements de pratiques domestiques n'a pas été vérifiée, puisqu'il apparaît que la plupart des enquêtés n'ont pas conscience de cette fonction. On constate une déconnexion entre l'individu, ses pratiques polluantes et le rejet éventuel dans le réseau d'eaux pluviales.

Sommaire

1.Problématiques de la gestion des eaux pluviales	14
2.Question techniques et opérationnelles en matière de dépollution des eaux pluviales	15
3.Que disent les réglementations européennes et françaises en termes de protection des milieux récepteurs ?	17
4.Que sait-on de manière générale de l'impact des rejets urbains par temps de pluie ?	19
5.Quels micropolluants retrouvent-t-on majoritairement dans les rejets urbains par temps de pluie ?	20
6.Peut-on prédire les flux de micropolluants en sortie d'un bassin versant résidentiel ?	22
7.Peut-on utiliser une analyse multicritères pour le choix d'une technique alternative ?	24
8.Quelles instrumentations des techniques alternatives pour quels suivis ?	25
Présentation du site d'étude et des bassins versants associés	25
Présentation du BV1 et la filière de dépollution associée	27
La filière de dépollution	28
Synthèse sur les caractéristiques de la filière de traitement	29
Suivis hydrologique, hydraulique et physico-chimique	36
Le suivi des sédiments et des supports granulaires	40
Le suivi de l'impact toxicologique des eaux pluviales au fil de l'eau	41
9.Quels sont les liens entre l'hydrologie du BV étudié et l'hydraulique des techniques alternatives ?	43
10.Quels liens y-a-t-il entre l'hydrologie du BV étudié et la qualité des RUTP ?	46
11.Quelle est dans cette étude l'efficacité de dépollution des techniques alternatives ?	47
12.Quel est l'impact sur le vivant des eaux pluviales ?	48
13.Que retenir de la qualité des eaux pluviales, l'efficacité et l'impact sur le vivant de la filière de traitement ?	49

14. Que retenir du comportement de sorption des métaux par le filtre planté de roseaux ?	51
15. Quelle est la dynamique d'appropriation des techniques alternatives en milieu urbain	52
Le Protocole d'enquête.....	52
La distance des riverains aux techniques alternatives influence-t-elle la représentation qu'ils en ont?.....	53
Existe-t-il un profil d'individu qui a plus conscience que les autres du lien entre leurs rejets en tout genre dans le caniveau et la pollution du cours d'eau ?	53

- **LES TECHNIQUES ALTERNATIVES POUR LA GESTION DES EAUX PLUVIALES : ÉTUDE DE CAS DU BASSIN VERSANT AU MILIEU RECEPTEUR - SYNTHÈSE**
- **LIVRABLE 3.4.B DU PROJET LUMIEAU-STRA**

1. Problématiques de la gestion des eaux pluviales

En 2014, 3,9 milliards de personnes, i.e. 54% de la population mondiale, vivaient en zone urbaine. A l'horizon 2050, les deux tiers de la population mondiale habiteront en ville d'après les prévisions de l'UNESCO (2015). La croissance de la population urbaine a pour conséquence l'extension de ces zones et une augmentation de leur impact sur l'environnement. En effet les villes modifient le cycle hydrologique en prélevant de grandes quantités d'eau dans les eaux de surfaces et les réserves souterraines, en augmentant les surfaces imperméables, limitant ainsi la recharge des eaux souterraines et augmentant les risques d'inondation et enfin en polluant les eaux de surfaces via les rejets d'eaux non traitées.

Les rejets pluviaux stricts contiennent de nombreux micropolluants d'origines naturelle ou anthropique (métaux lourds, hydrocarbures aromatiques polycycliques, pesticides, substances médicamenteuses, alkylphénols, etc.) qui sont directement rejetés dans les eaux de surface. Les micropolluants des milieux aquatiques sont des agents chimiques issus des produits commerciaux ou industriels, composés organiques ou minéraux, susceptibles d'avoir une action toxique pour l'homme et/ou les organismes aquatiques, même à des concentrations très faibles dans l'eau (ONEMA, 2015). Afin de limiter ces rejets directs de micropolluants dans le milieu naturel, un ensemble des techniques ont été mises en place pour gérer les eaux pluviales avant leur entrée dans le réseau d'assainissement (gestion à l'amont) ou après (gestion à l'aval). Parmi ces techniques, les techniques alternatives gèrent les volumes d'eaux pluviales au niveau de la parcelle, du sous bassin versant ou du petit bassin versant. Du fait de leur grande diversité ainsi que de leur rusticité, leur fonctionnement demeure non standardisé, voir mal connu.

2. Questions techniques et opérationnelles en matière de dépollution des eaux pluviales

De leur conception jusqu'à leur entretien, les techniques alternatives construites pour la gestion des eaux pluviales requièrent une approche multi-acteurs. Ci-dessous un panel non exhaustif de questions que se posent les acteurs en charge de mettre en place des solutions contextuellement pertinentes.

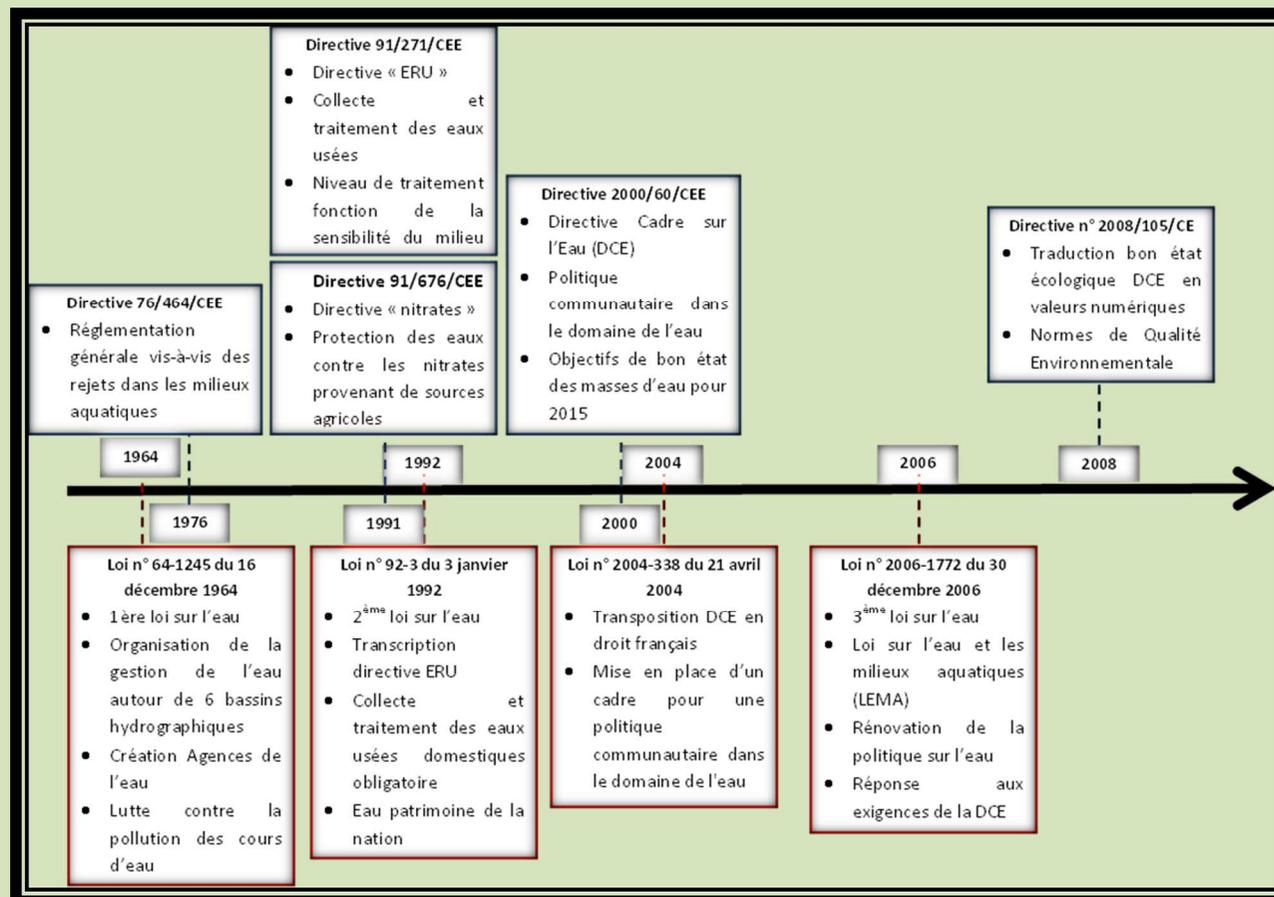
6. Que disent les réglementations européennes et françaises en termes de protection des milieux récepteurs ?
7. Que sait-on de manière générale de l'impact des rejets urbains par temps de pluie ?
8. Peut-on prédire les flux de micropolluants en sortie d'un bassin versant résidentiel ?
9. Peut-on utiliser une analyse multicritères pour le choix d'une technique alternative ?
10. Quelles instrumentations des techniques alternatives pour quels suivis ?
11. Quels sont les liens entre l'hydrologie du BV étudié et l'hydraulique des techniques alternatives ?
12. Quels liens y-a-t-il entre l'hydrologie du BV étudié et la qualité des RUTP ?
13. Quelle est dans cette étude l'efficacité de dépollution des techniques alternatives ?
14. Quel est l'impact sur le vivant des eaux pluviales ?
15. Que retenir de la qualité des eaux pluviales, l'efficacité et l'impact sur le vivant de la filière de traitement ?
16. Que retenir de la qualité des eaux pluviales, l'efficacité et l'impact sur le vivant de la filière de traitement ?
17. Que retenir du comportement de sorption des métaux par le filtre planté de roseaux ?
18. Quelle est la dynamique d'appropriation des techniques alternatives en milieu urbain
19. La distance des riverains aux techniques alternatives influence-t-elle la représentation qu'ils en ont ?
20. Existe-t-il un profil d'individu qui a plus conscience que les autres du lien entre leurs rejets en tout genre dans le caniveau et la pollution du cours d'eau ?

Les éléments de réponses apportées dans cette synthèse sont issus des travaux scientifiques et techniques pilotés par le groupe « Procédés environnementaux, transferts réactifs et rhéologie » du Laboratoire Icube en collaboration avec d'autres partenaires du Projet Lumieau-Stra. En dehors du cadre réglementaire, les solutions proposées seront tout d'abord contextuelles. Leur extrapolation à d'autres environnements nécessitera nécessairement des ajustements, mais la démarche exploitée servira de guide méthodologique.

3. Que disent les réglementations européennes et françaises en termes de protection des milieux récepteurs ?

Principaux textes réglementaires européens et français concernant la protection des milieux naturels.

Lancée en 2009, la deuxième campagne de l'action RSDE (Recherche et Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans l'Eau) a répondu aux ambitions de la Directive Cadre européenne pour plus de 4800 installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), par la mise en place généralisée d'action de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses des installations classées (RSDE).



Les textes réglementaires européens et français présentés ci-dessus concernent des masses d'eau très diverses (cours d'eau, eaux souterraines, plans d'eau artificiels, eaux marines côtières...etc.) mais les eaux pluviales n'y sont pas mentionnées spécifiquement. Il n'existe donc pas, dans la réglementation actuelle, des concentrations limites en polluants dans les eaux pluviales à surveiller et/ou respecter.

Cependant, en imposant le bon état des masses d'eau à l'échelle européenne, la DCE oblige les collectivités à prendre en compte toutes les sources de pollution potentiellement dégradantes pour la qualité des milieux récepteurs. Les rejets d'eaux pluviales font parties de ces sources potentielles, et il convient de diminuer leurs impacts sur les milieux naturels afin de les protéger et d'atteindre les objectifs de qualité.

De plus, les eaux pluviales ne sont pas totalement oubliées par la réglementation française. En effet, l'imperméabilisation des surfaces entraîne la nécessité de collecte et de gestion des débits d'eaux pluviales, qui peuvent avoir un impact sur la qualité et l'hydraulique des milieux aquatiques récepteurs. Les rejets importants d'eaux pluviales sont soumis à une procédure d'autorisation d'après les articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement et leur collecte et traitement est une compétence des collectivités d'après les articles L. 640 et L. 641 du code civil.

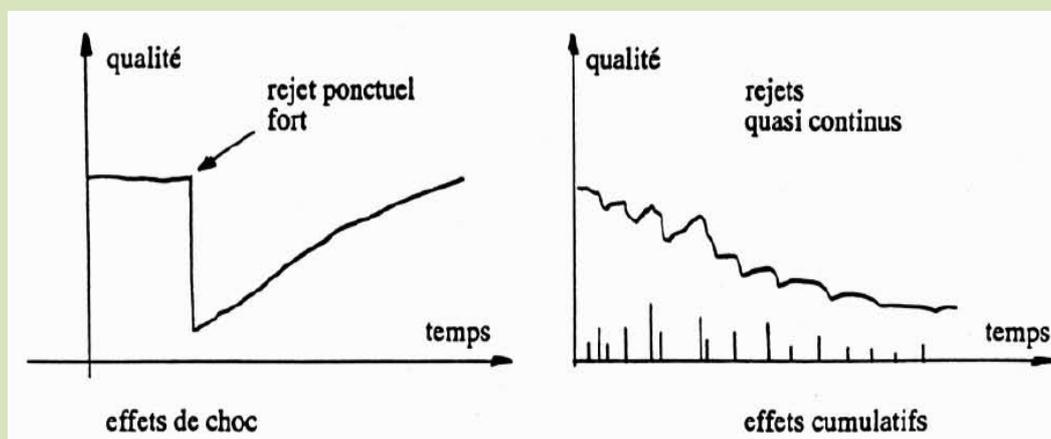
Concernant les eaux pluviales, il faudra prendre en compte ce contexte réglementaire bien qu'il ne concerne pas directement ce type de masse d'eau. Les NQE permettront d'évaluer l'impact potentiel des eaux pluviales et des systèmes de traitement sur le milieu naturel.

4. Que sait-on de manière générale de l'impact des rejets urbains par temps de pluie ?

Les impacts des RUTP sur les milieux aquatiques sont cumulatifs. A l'échelle d'un seul évènement pluvieux, les impacts causés par la masse de polluants déversée, l'augmentation du débit ou encore l'apport en flottant sont négligeables et ne modifient pas immédiatement la qualité générale du cours d'eau. C'est la répétition des RUTP qui aura un effet négatif sur les milieux aquatiques.

De plus, ces impacts ont un effet différé. Par exemple, les micropolluants (HAP, métaux, pesticides) sont principalement fixés sur les matières en suspension (MES) des RUTP. Les MES vont se déposer au fond du cours d'eau et s'accumuler au fil des évènements pluvieux. Ces dépôts constituent alors un stockage à long terme de micropolluants dans le milieu aquatique. Ces différents types d'effets sont présentés dans la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Il est donc important d'étudier l'impact des RUTP sur des échelles de temps longues (saison, années), comme par exemple les masses annuelles de polluant.



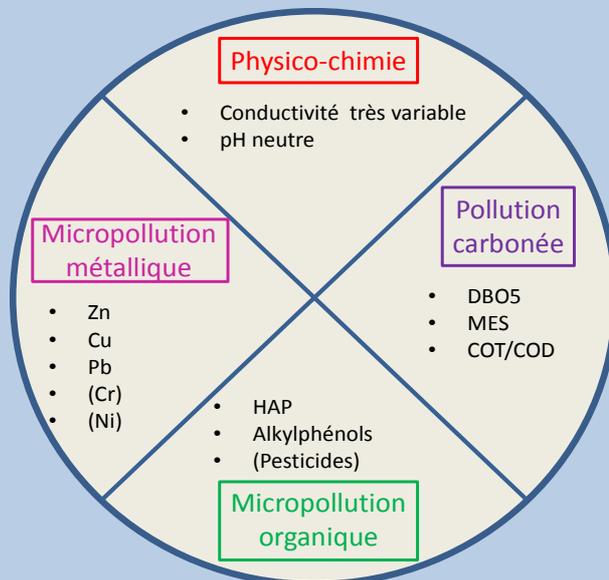
Différents types d'effets des rejets urbains de temps de pluie sur les milieux aquatiques (Wolff, 1991)

5. Quels micropolluants retrouvent-t-on majoritairement dans les rejets urbains par temps de pluie ?



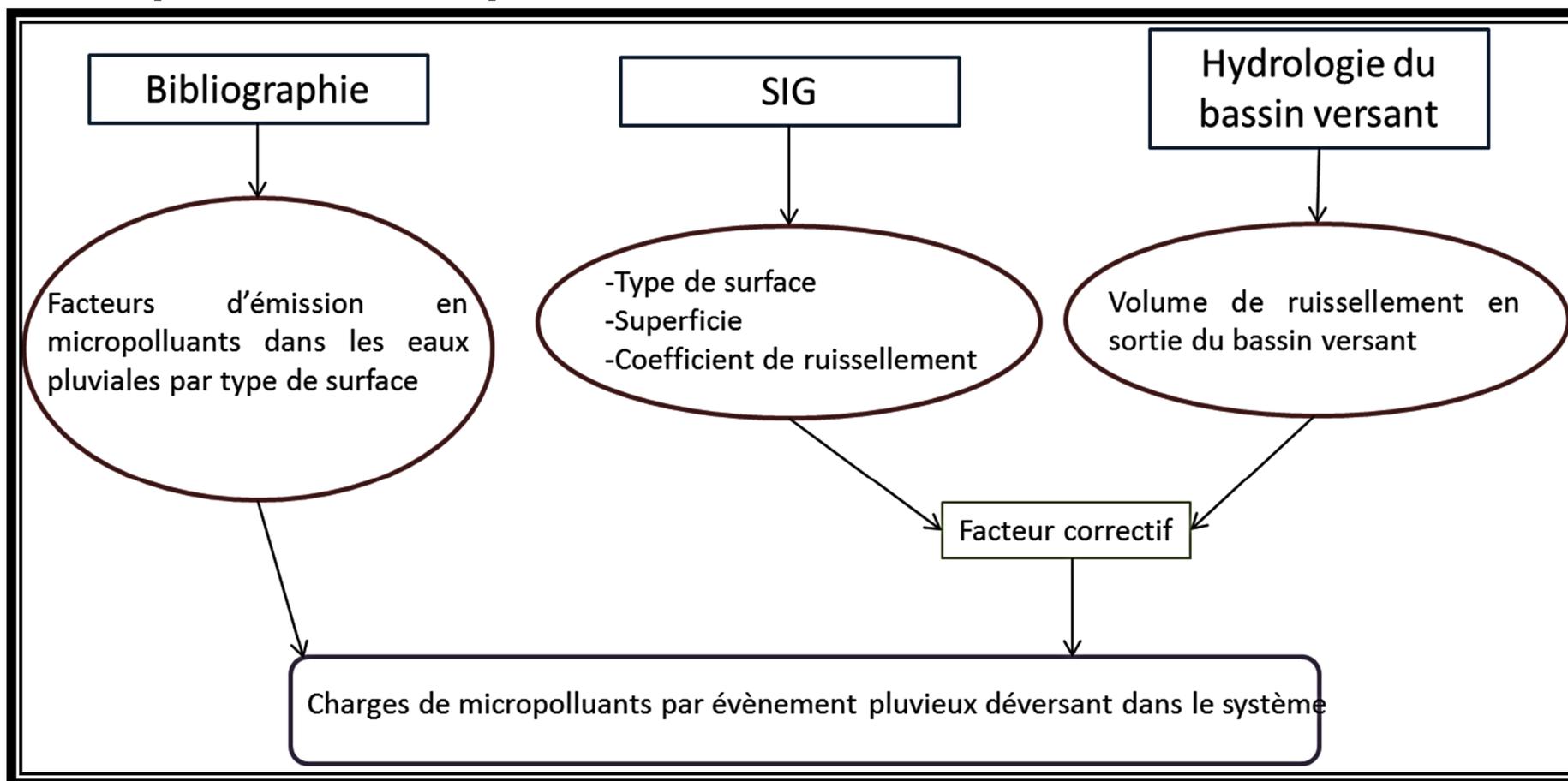
En France, les travaux de recherche concernant la qualité des RUTP sont nombreux. Le projet en cours le plus ancien date de 1994, ce qui permet une bonne compréhension générale des mécanismes intervenant dans la pollution des eaux pluviales.

L'évaluation de la qualité des RUTP repose sur la mesure de paramètres physico-chimiques et de l'analyse de concentrations en polluants et micropolluants. Les études évoquées ont balayé un large spectre de type de bassin versant (d'un à une centaine d'hectare, en zone urbaine, résidentielle, industrielle, etc.). Les eaux pluviales contiennent une pollution organique (MES, DBO5, COT, COD), une pollution azotée, des micropolluants organiques (11 HAP, alkylphénols, diuron) et métalliques (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les éléments traces métalliques sont retrouvés à des concentrations très variables (Zn>>Cu,Pb>Cr,Ni). Certains pesticides retrouvés dans les eaux pluviales sont interdits d'utilisation depuis de nombreuses années. La pollution des eaux pluviales est majoritairement sur la fraction particulaire. Cependant, il est possible de trouver des résultats inverses selon l'occupation du bassin versant amont (résidentiel/routier).

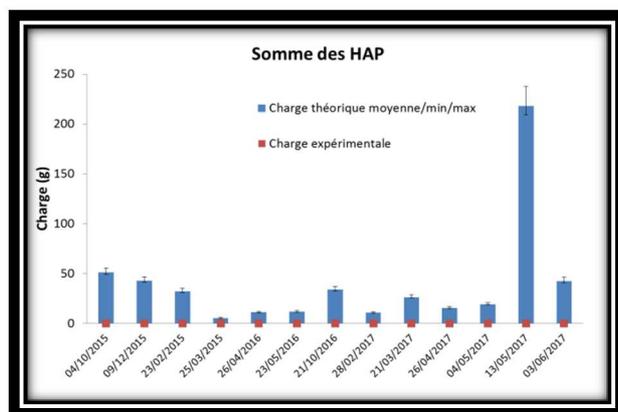
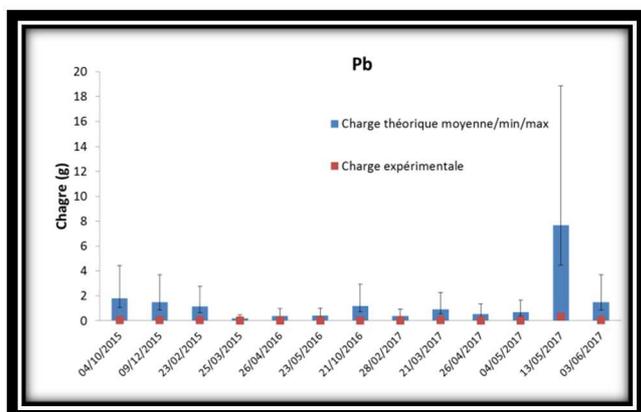
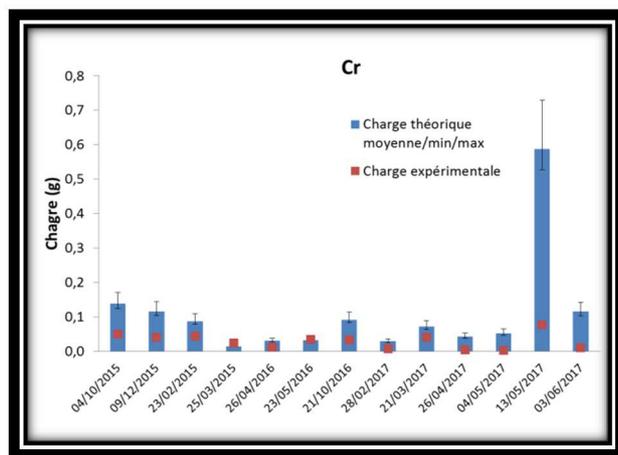
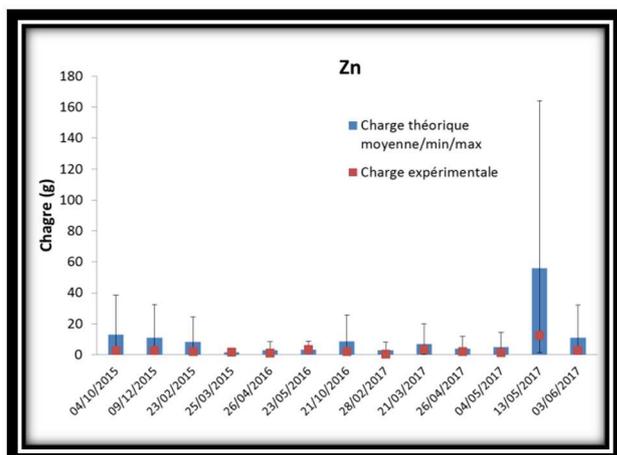


PARAMETRES DES EAUX PLUVIALES URBAINES A SURVEILLER EN MILIEUX

6. Peut-on prédire les flux de micropolluants en sortie d'un bassin versant résidentiel ?



METHODE SIMPLIFIEE POUR LA DETERMINATION DES CHARGES DE MICROPOLLUANTS EN SORTIE DU BASSIN VERSANT

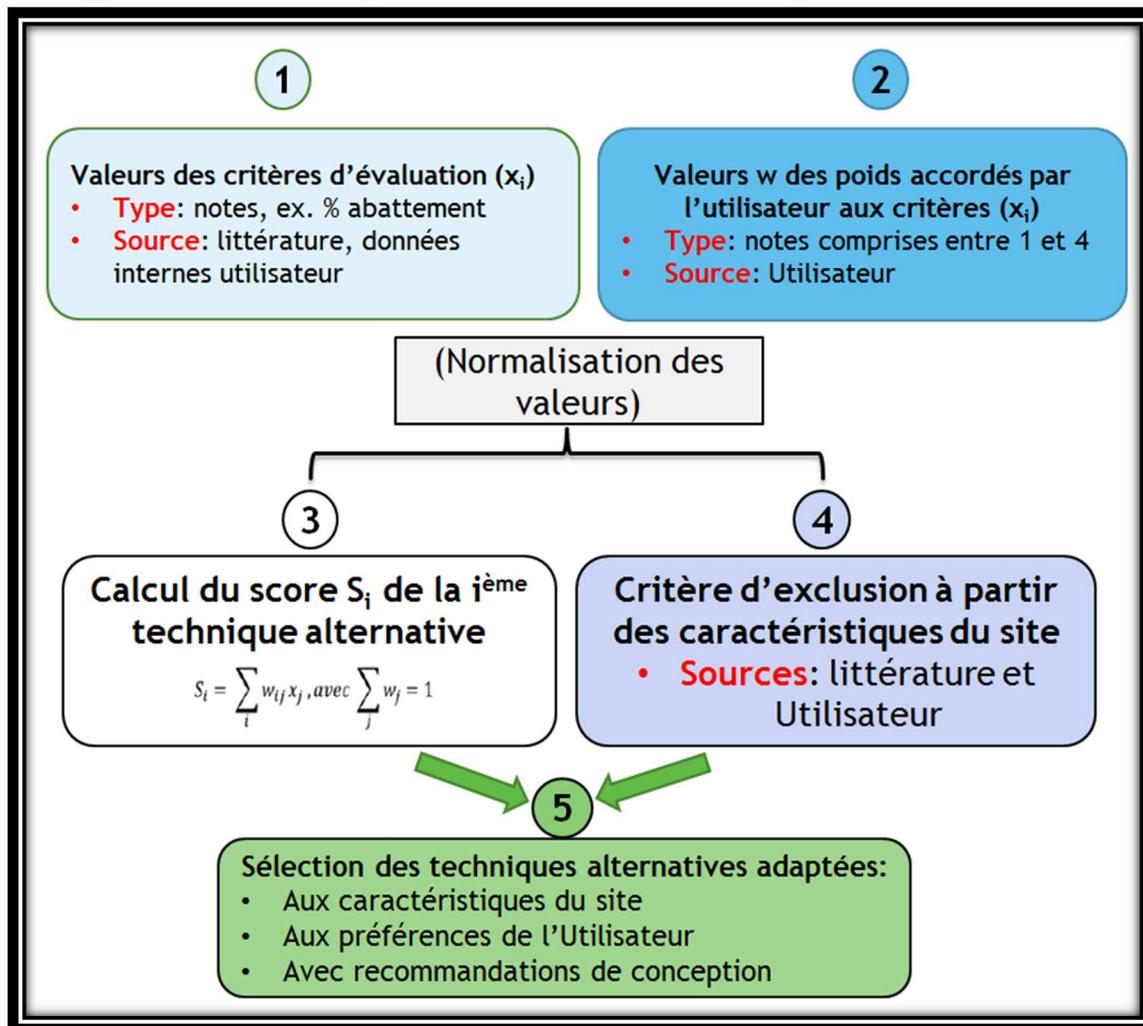


Comparaison entre des charges prédites et mesurées pour 9 évènements pluvieux prélevés (Site de l'ostwallergraben, Strasbourg)

Un modèle d'évaluation des charges en métaux et en HAP en sortie du bassin versant a été développé. Les prédictions de la charge de micropolluant en Zn (micropolluant majoritaire à l'exutoire du BV) est conforme aux analyses issues de 13 campagnes de prélèvement. En revanche, une phase de calage est encore nécessaire pour ajuster les facteurs d'émission en Cr, Pb et Cu et en HAP, qui sont pour l'instant trop élevés par rapport aux données expérimentales. A terme, ce modèle permettrait d'évaluer les charges annuelles à l'exutoire d'un bassin versant, et permettre ainsi un dimensionnement pertinent des techniques alternatives.

7. Peut-on utiliser une analyse multicritères pour le choix d'une technique alternative ?

La démarche



Techniques alternatives	Scores	Recommandation
	Calcul à partir des données bibliographiques et préférences de l'utilisateur	Calcul à partir des données du site
Bassin de rétention à sec	2.4	recommandé sous conditions
Mare de rétention en eau	3.6	recommandé sous conditions
Bassin d'infiltration	3.0	non recommandé
Noüe d'infiltration	2.8	non recommandé
Filtre planté de roseaux	4.4	recommandé sous conditions
Chausée poreuse	3.5	non recommandé

Exemple de scores et recommandations d'installation des techniques alternatives

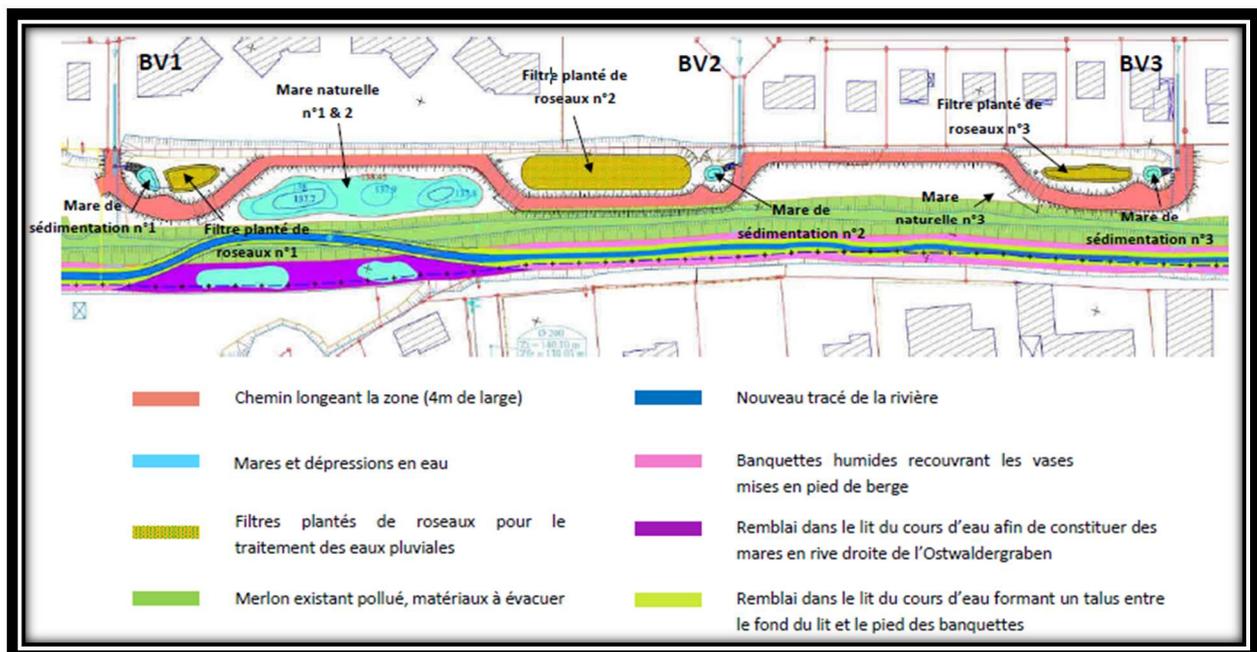
(Site de l'Ostwaldergraben, Strasbourg)

La méthode d'analyse multicritères présentée est une première approche pour le choix d'une TA. A ce stade, l'analyse multicritère permet à une collectivité de choisir entre plusieurs ouvrages celui qui est le mieux adapté au futur site d'implémentation et aux exigences de l'utilisateur. Cette méthode peut être améliorée en augmentant le panel de TA analysée (attention, pour beaucoup de TA comme les puits d'infiltration, peu d'informations sur les performances hydrauliques et de traitement sont disponibles à notre connaissance). De plus, les coûts utilisés dans cette méthode sont des coûts issus de la bibliographie et non des données d'une collectivité. Or les coûts varient très fortement d'une collectivité à une autre. Si l'utilisateur veut un outil qui lui est parfaitement adapté, il peut modifier les coûts dans le fichier. Il faudra néanmoins déterminer ce qui est pris en compte dans ce calcul (coût terrain, coût manœuvre, coût machine, fréquence entretien, etc.). Une première méthode a été réalisée pour l'Eurométropole et le Grand Lyon dans Bahy (2017).

8. Quelles instrumentations des techniques alternatives pour quels suivis ?

Présentation du site d'étude et des bassins versants associés

Les techniques alternatives étudiées sont intégrées dans un programme de restauration global de l'Ostwaldergraben, cours d'eau affluent de l'Ill s'écoulant au sud de Strasbourg (67) et fortement urbanisé depuis une trentaine d'années. L'Eurométropole de Strasbourg a entrepris son réaménagement sur un tronçon de 600m : le lit mineur du lit a été réduit pour redynamiser les écoulements, des méandres et banquettes ont été aménagés pour favoriser la mise en place de niches écologiques, ses berges ont été restaurées avec création de mares et de zones humides pour augmenter la biodiversité. Les ouvrages de traitement font partie d'un site pilote composé de trois systèmes de traitement des rejets pluviaux stricts urbains, chacun étant à l'exutoire d'un bassin versant (BV) différent (voir figures ci-dessous).



Aménagements réalisés dans la première phase du projet de restauration/renaturation de l'Ostwaldergraben (Sinbio, 2010)
Site expérimental de dépollution des eaux pluviales



Localisation des trois bassins versants concernés par le projet de restauration de l'Ostwaldergraben

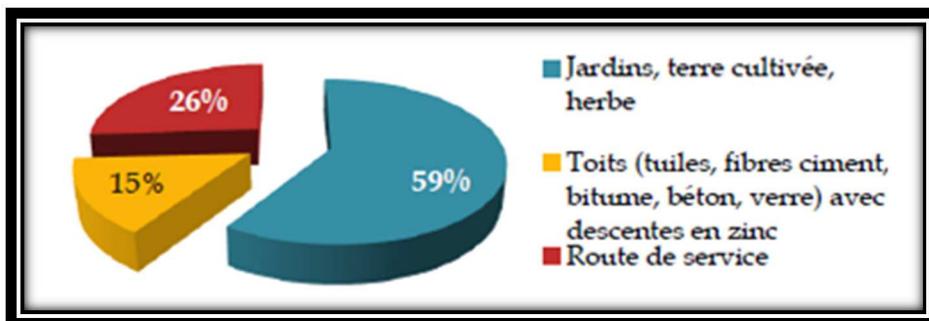
Présentation du BV1 et la filière de dépollution associée



Occupation résidentielle de la partie Ouest

Habitats collectifs de la partie Est

Photographies aériennes du BV1 représentant les types d'occupation du sol

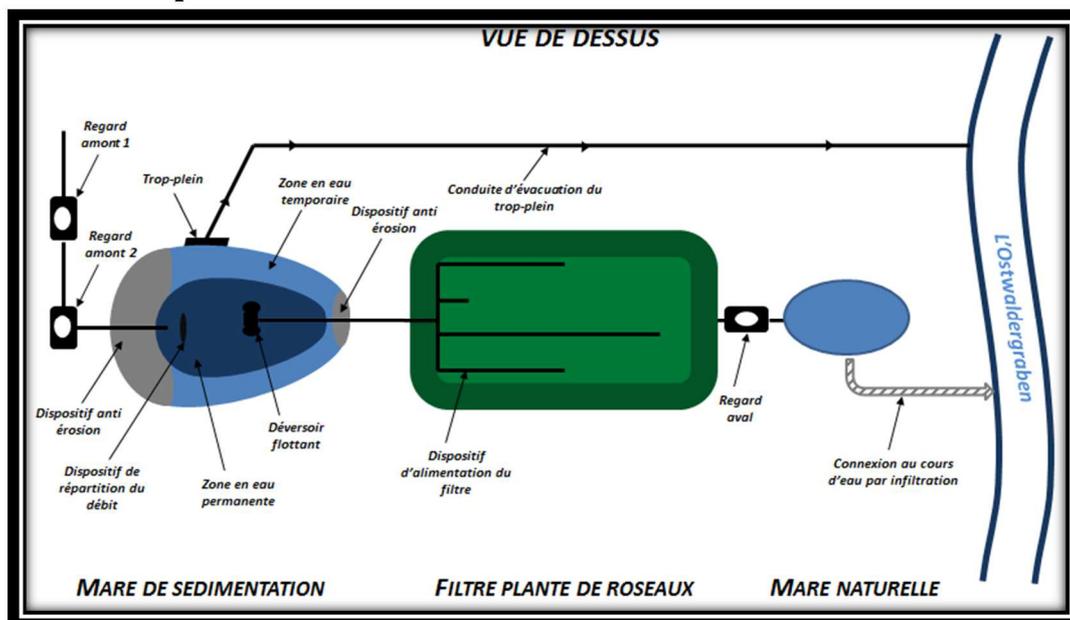


Répartition des types d'occupation du sol du BV1

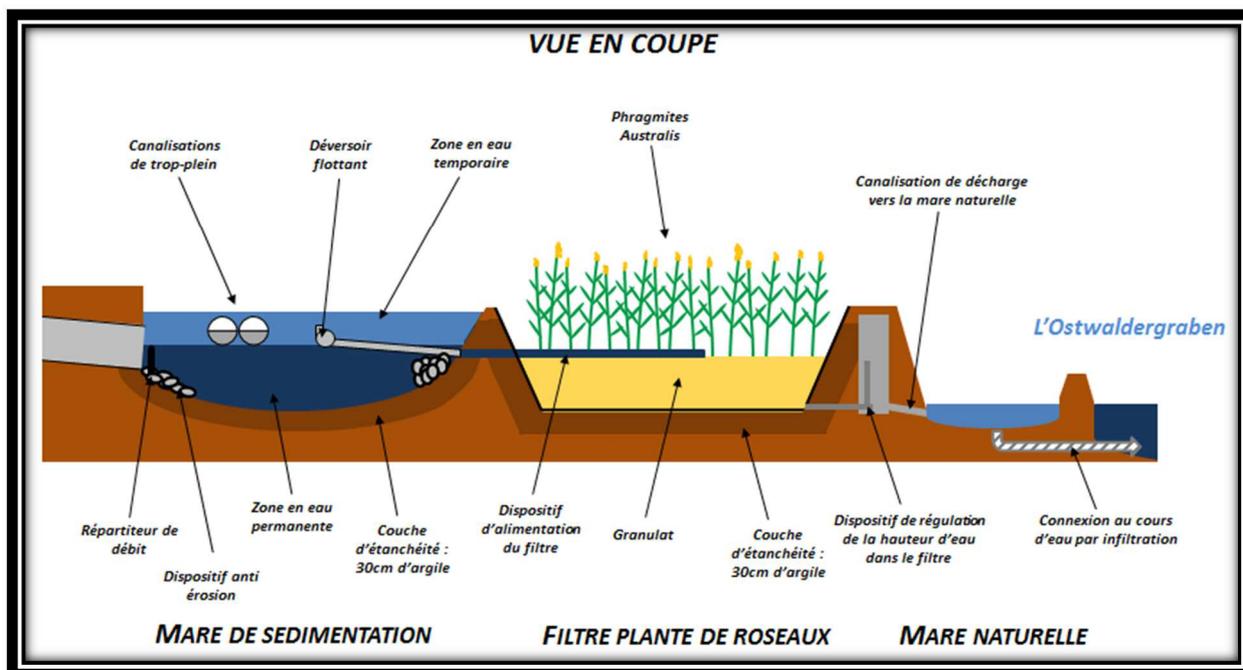
TABLEAU : CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT 1

Type	Résidentiel urbain
Surface totale (ha)	2,70
Surface toiture (ha)	0,42
Surface voirie (ha)	0,48
Surface active (ha)	0,9
Coefficient d'imperméabilisation	0,33

La filière de dépollution



Vue de dessus de la filière de traitement des eaux pluviales strictes (Schmitt, 2014)



Vue en coupe de la filière de traitement des eaux pluviales strictes (Schmitt, 2014)

Synthèse sur les caractéristiques de la filière de traitement

BASSIN VERSANT N°1

Type	Résidentiel urbain
Réseau pluvial	Séparatif strict
Surface totale (m ²)	27 000
Surface active (m ²)	9 000
Coefficient d'imperméabilisation	33%

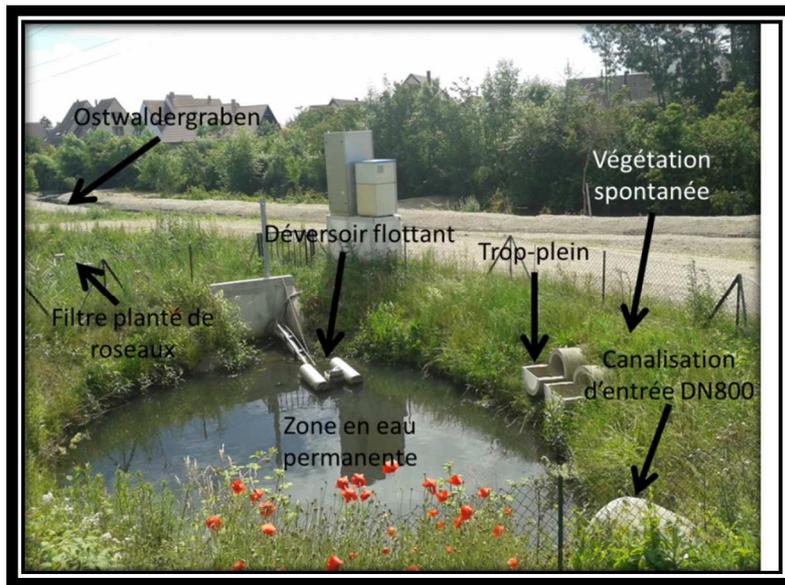
MARE DE SEDIMENTATION

Etanchéité	30cm d'argile
Vidange	Déversoir flottant ; Hauteur seuil=0,28 cm
Φ canalisation d'entrée (mm)	800
Temps de séjour théorique (min)	10
Dimensions (m x m)	11 x 9
Volume d'eau permanent (m ³)	28
Volume maximal temporaire (m ³)	56

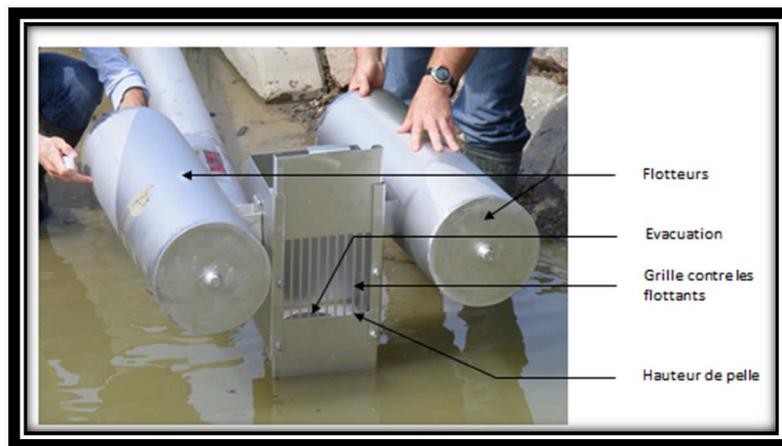
FILTRE PLANTE DE ROSEAUX

Type	Vertical
------	----------

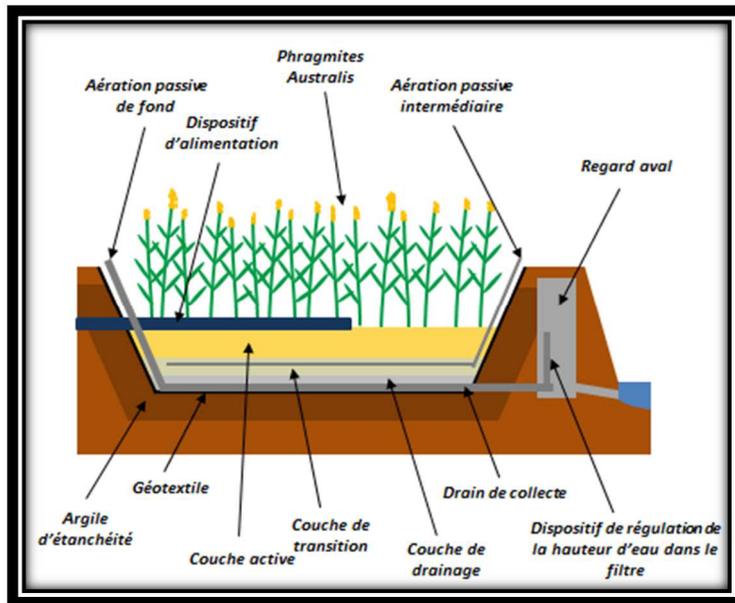
Dimensions (m x m)	15 x 7,5
Surface (m ²)	90
Pourcentage de la surface active (%)	1
Charge hydraulique (m ³ /m ² /an)	60
Etanchéité	30cm d'argile
Végétaux	<i>Phragmites Australis</i>
Alimentation	4 canalisations de surface (φ140) pour une équi-répartition des flux
Aération passive	aération au fond du filtre (connectée au drain de collecte) + aération intermédiaire entre la couche active et la couche de transition (φ100)
Drain de collecte	1 branche principale + 3 branches latérales en fond de filtre (drain routier φ160 repercé : 1 fente/25cm ; φfente=1cm)
Conductivité hydraulique de la zone/couche active (m/s)	2,61.10 ⁻⁴
Zone/couche active	Sable 0/4 (0,2m)
Zone/couche de transition	Gravier fin 4/8 (0,25m)
Zone/couche de drainage	Gravier grossier 16/22,4 (0,2 à 0,3m)
Epaisseur globale des matériaux (m)	0,7
Hauteur de rehausse à l'aval (m)	0,325



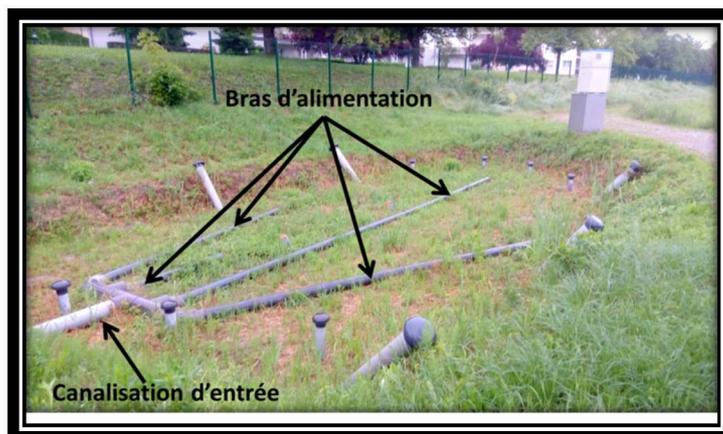
Mare de sédimentation et elements principaux de fonctionnement (juin 2015)



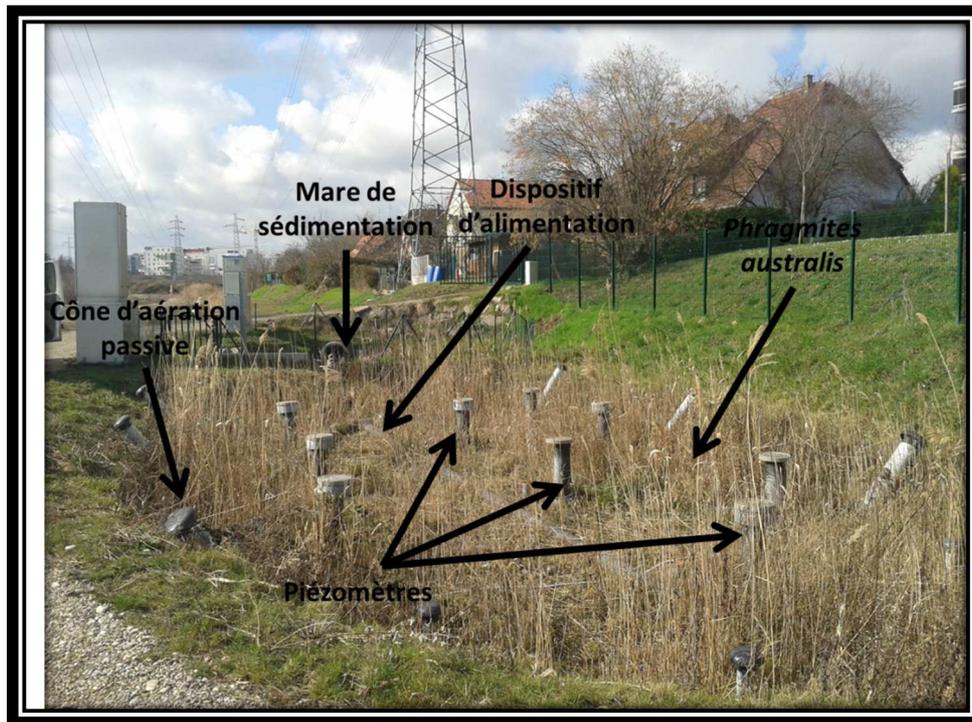
Déversoir flottant permettant la connection hydraulique entre la mare de sédimentation et le filtre planté de roseaux (Schmitt, 2014)



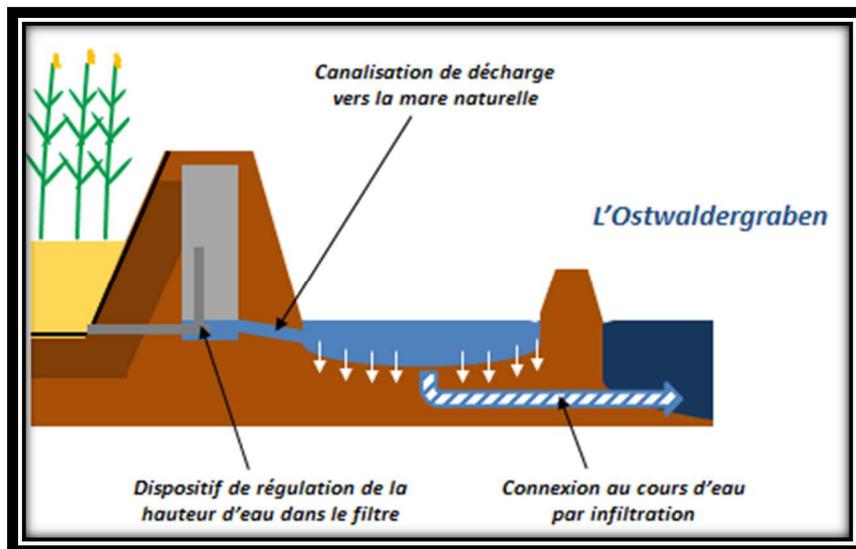
Vue en coupe du filtre planté de roseaux à écoulement vertical (Schmitt, 2014)



Dispositif de répartition du débit dans le filtre planté de roseaux (mai 2017)



Filterre planté de roseaux à écoulement vertical et éléments principaux de fonctionnement (février 2016)



Réhausse en sortie du filtre planté de roseaux (Schmitt, 2014)

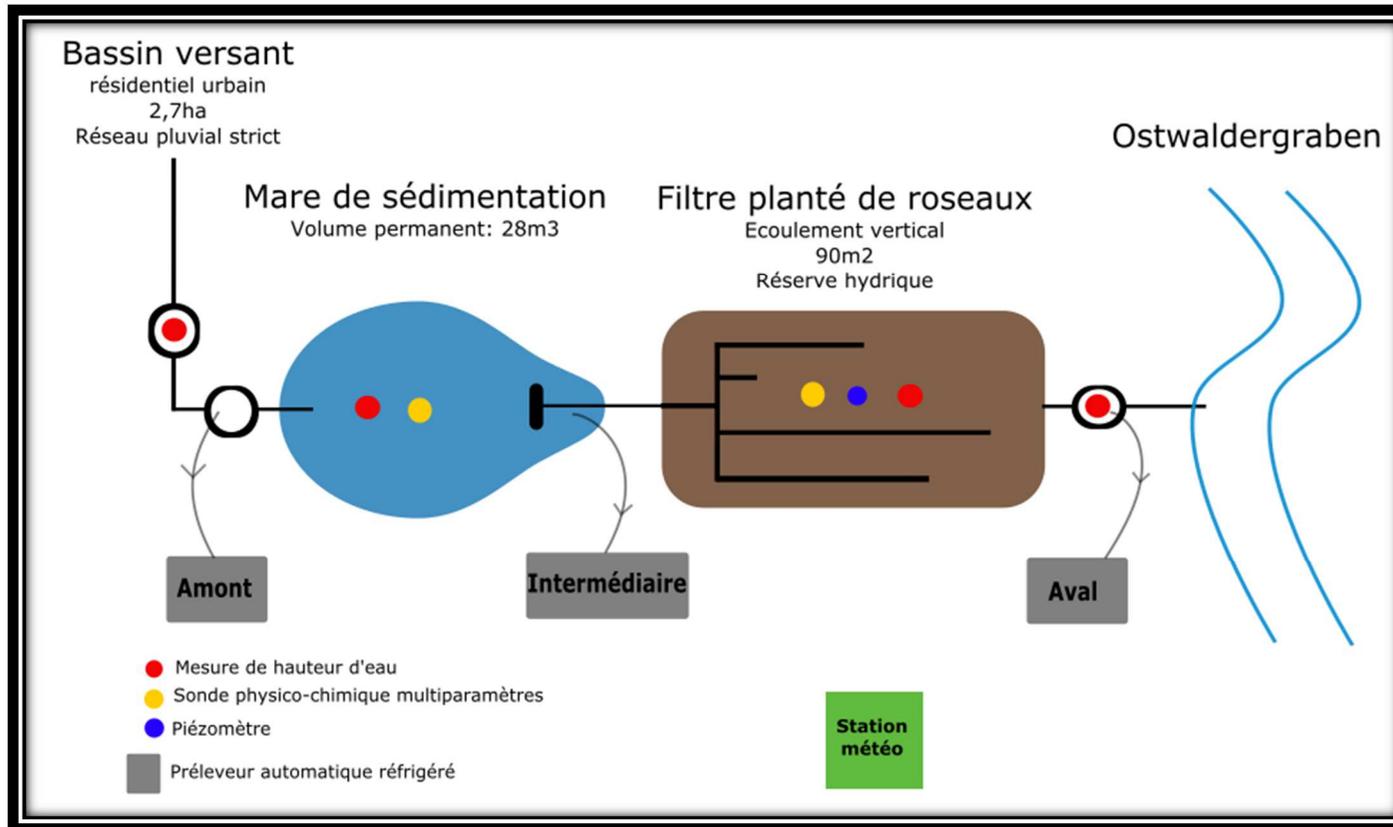


Végétation de la mare de sédimentation en hiver 2015 et 2016 et au printemps 2015 et 2017

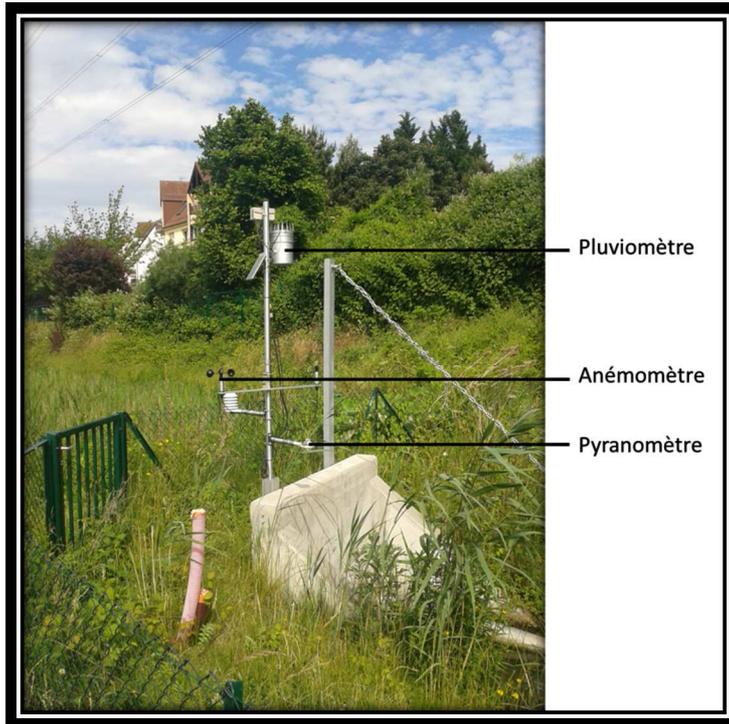


Végétation du filtre planté de roseaux en hiver 2014 et 2016 et au printemps 2015 et 2017

Présentation de l'instrumentation de la filière de dépollution



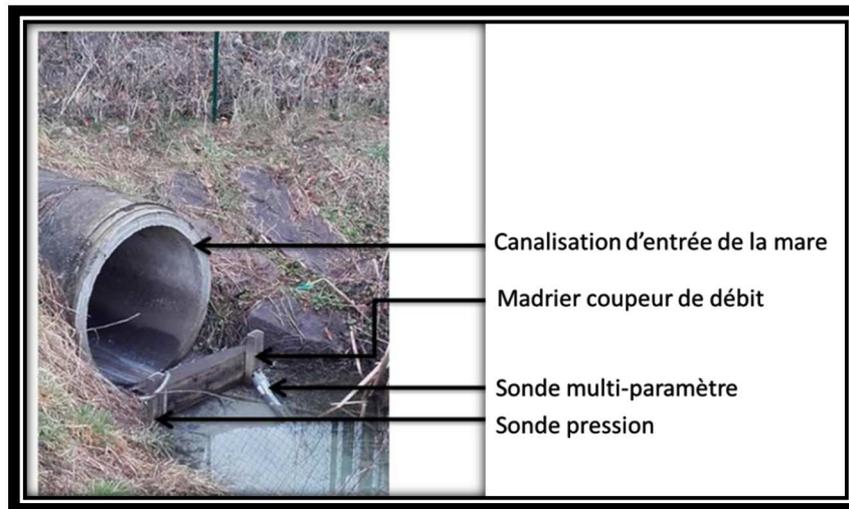
Suivis hydrologique, hydraulique et physico-chimique



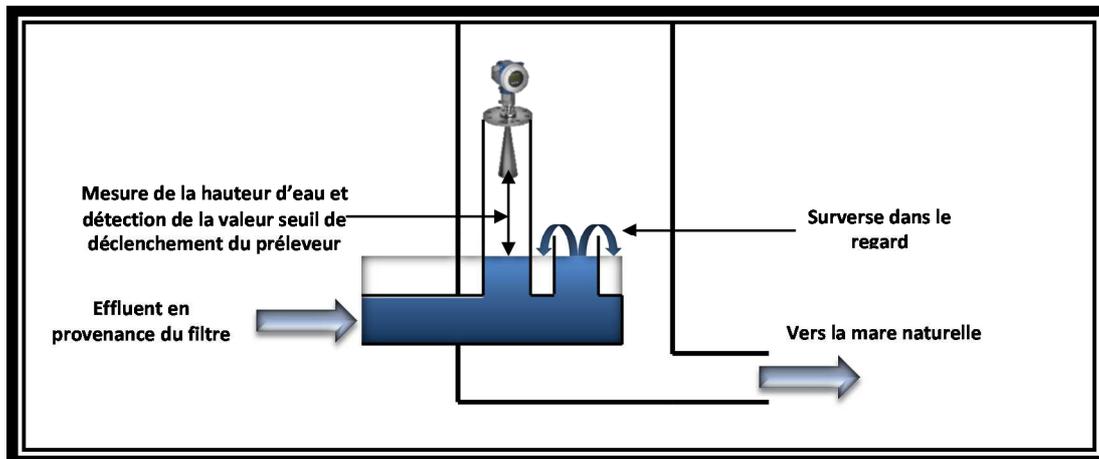
Station météorologique (ADCON, Klosterneuburg, Autriche)



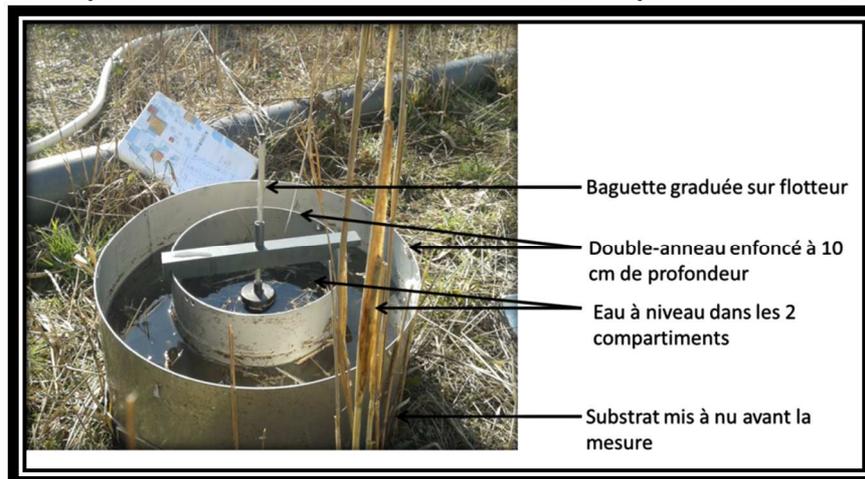
Sonde à ultrason à l'amont de la mare de sédimentation



Instrumentation a l'entree dans la mare de sédimentation



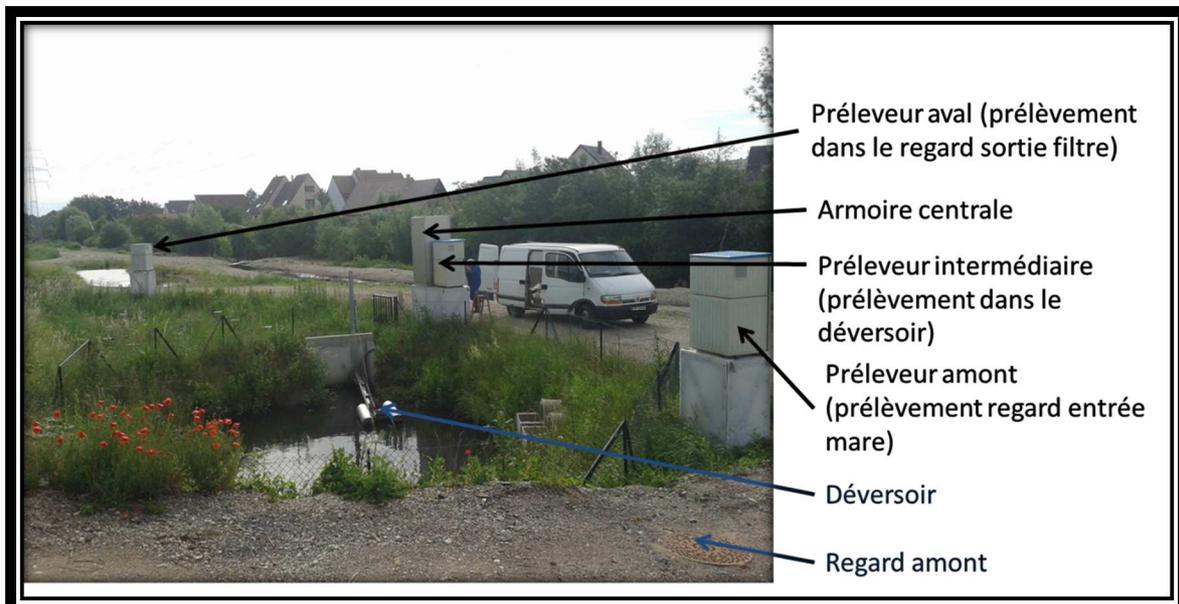
Principe de mesure du radar en sortie du filtre planté de roseaux



Mesure de vitesse d'infiltration avec un infiltromètre à double anneau



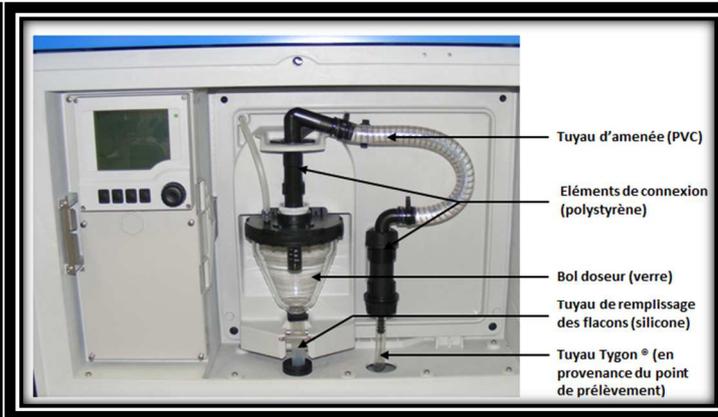
Sonde multi-paramètres



Localisation des préleveurs automatiques et des points de prélèvements



Préleveur automatique



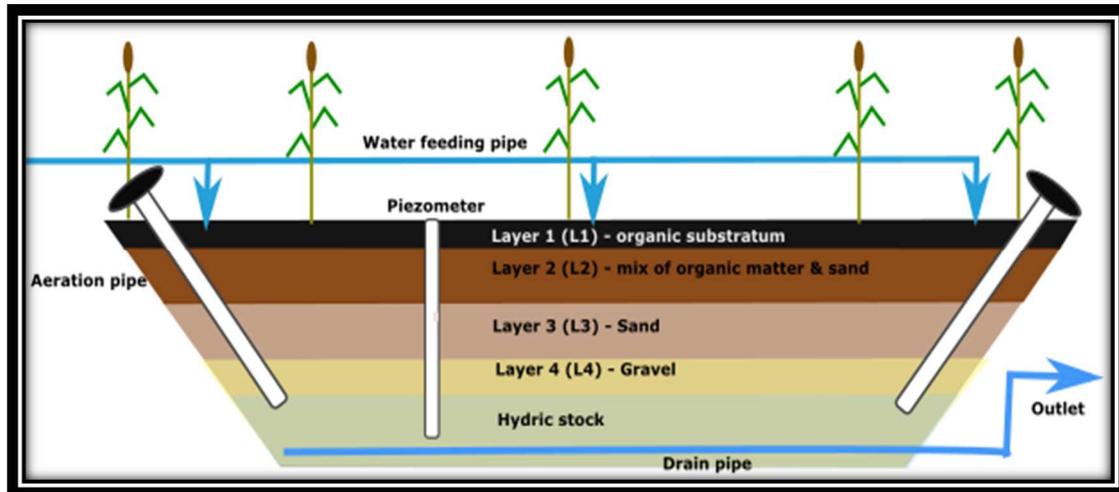
Système d'aspiration de l'eau et matériaux



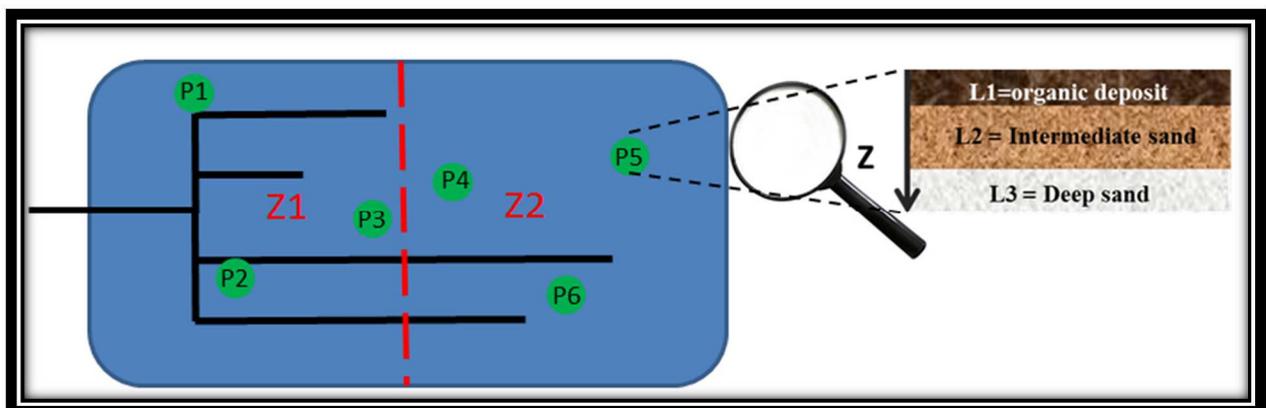
Système de répartition de l'eau prélevée et matériaux

Elements constitutifs d'un préleveur automatique

Le suivi des sédiments et des supports granulaires

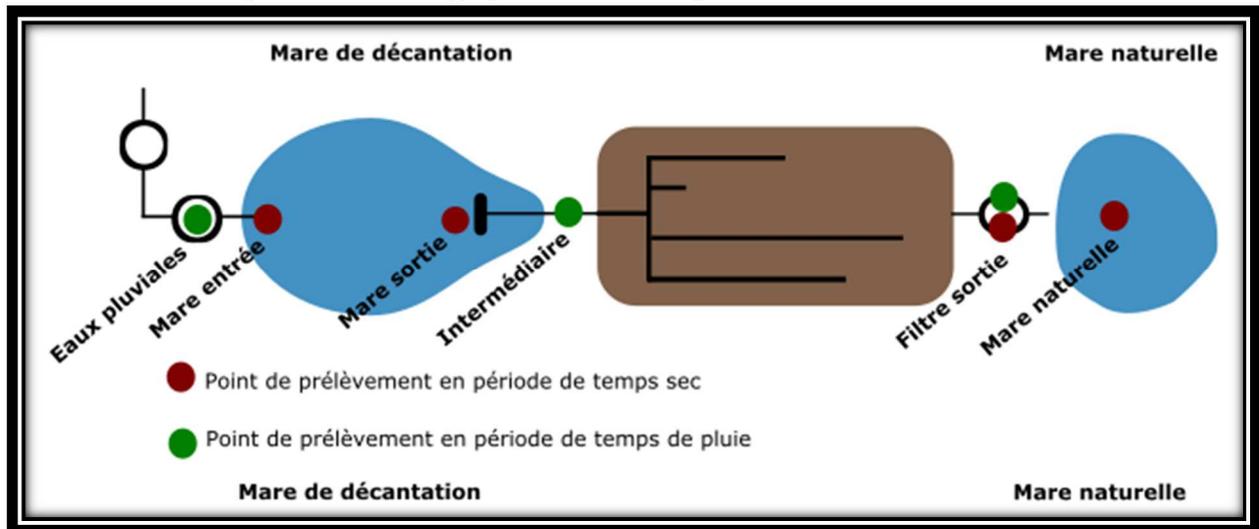


Couches prélevées dans le filtre planté de roseaux (l1, L2 et L3)



Localisation des points aléatoires de prélèvements (P1 à P6) à 3 profondeurs (L1 à L3) dans la zone alimentée en eau (Z1) et la zone peu alimentée en eau (Z2) du filtre planté de roseaux

Le suivi de l'impact toxicologique des eaux pluviales au fil de l'eau



Localisation des points de prélèvement dans la filière de traitement pour la réalisation des bio-essais en temps sec et en temps de pluie

Caractéristiques des bio-essais utilisés pour l'évaluation de la toxicité générale des eaux de la filière de traitement

Organisme modèle	Type d'exposition	Critère d'effet	Durée d'exposition	Matrice
Bactéries (<i>E. coli</i>) : Un modèle sauvage et un modèle déplété en pompes d'efflux	Toxicité aigüe et chronique	Cinétique de croissance	8 h	Eau : Filtration 0.22µm, ajustement du pH si nécessaire
Algues (<i>C. reinhardtii</i>) : Un modèle sauvage et un modèle déplété en parois	Toxicité aigüe et chronique	Cinétique de croissance	3 j	Eau : Filtration 0.22µm, ajustement du pH si nécessaire
Levures (<i>S. cerevisiae</i>) : Un modèle sauvage et un modèle déplété en pompes d'efflux	Toxicité aigüe et chronique	Cinétique de croissance	24 h	Eau : Filtration 0.22µm ajustement du pH si nécessaire
Champignon (<i>S. tritici</i>) : Un modèle sauvage	Toxicité chronique	Cinétique de croissance	7 j	Eau : Filtration 0.22µm ajustement du pH si nécessaire
Cellules humaines (PBMC)	Toxicité aigüe	Viabilité	24 h	Eau : Filtration 0.22µm ajustement du pH si nécessaire

Caractéristiques des bio-essais utilisés pour l'évaluation de la génotoxicité des eaux de la filière de traitement

Organisme modèle	Type d'exposition	Critère d'effet	Durée d'exposition	Matrice
Bactérie (E. coli) : Modifié	Activation système SOS	Luminescence	3h	Eau : Filtration 0.22µm, ajustement du pH si nécessaire
Cellules humaines: LST174 et AchN lignées cancer rénal et épithélium intestinal (colon)	Phosphorylation histone H2ax sur cellules avec forte et ou faible capacité de métabolisation	Immunocytochimie	24h	Eau : Filtration 0.22µm, ajustement du pH si nécessaire

Caractéristiques des bio-essais utilisés pour l'évaluation du potentiel perturbateur endocrinien des eaux de la filière de traitement

Organisme modèle	Type d'exposition	Critère d'effet	Durée d'exposition	Matrice
Cellule humaine : PALM lignée cancéreuse prostate modifiée	Agoniste Antagoniste interaction récepteur androgène	- Luminescence	19 h	Eau : Filtration 0.22 µm, ajustement du pH si nécessaire
Cellule humaine : HG5LN lignée carcinome utérus modifiée	Agoniste Antagoniste interaction récepteur thyroïdien	- Luminescence	19 h	Eau : Filtration 0.22, ajustement du pH si nécessaire µm
Cellule humaine : MELN lignée cancéreuse mammaire modifiée	Agoniste Antagoniste interaction récepteur oestrogénien	- Luminescence	19 h	Eau : Filtration 0.22, ajustement du pH si nécessaire µm

9. Quels sont les liens entre l'hydrologie du BV étudié et l'hydraulique des techniques alternatives ?

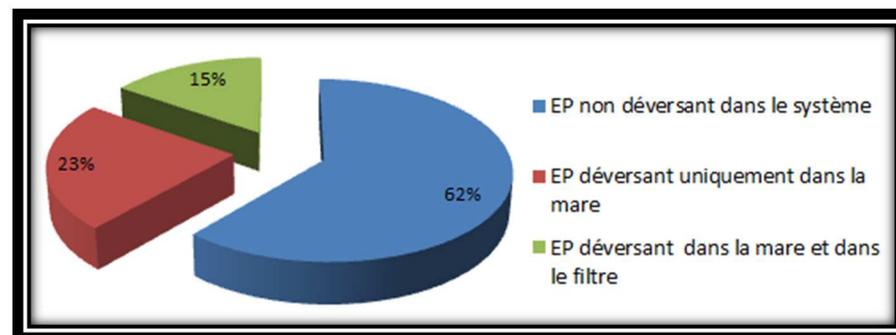
Un évènement pluvieux est défini par les trois critères suivants :

- Intensité moyenne $\geq 0,1\text{mm/h}$
- Durée de la pluie $\geq 4\text{min}$
- Durée de temps sec précédente $> 4\text{h}$.

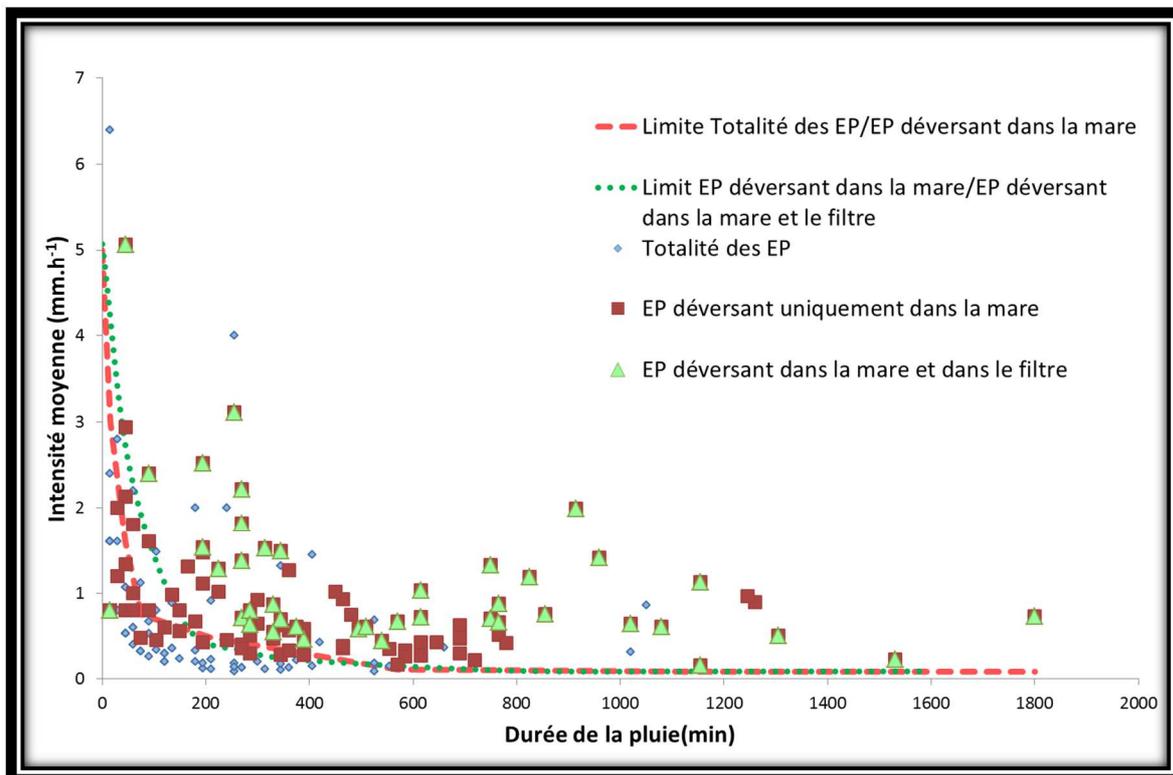
Pendant les 28 mois d'instrumentation du site (janvier 2015-avril 2017), il y a eu 313 évènements pluvieux sur le bassin versant.

Statistiques des 313 pluies

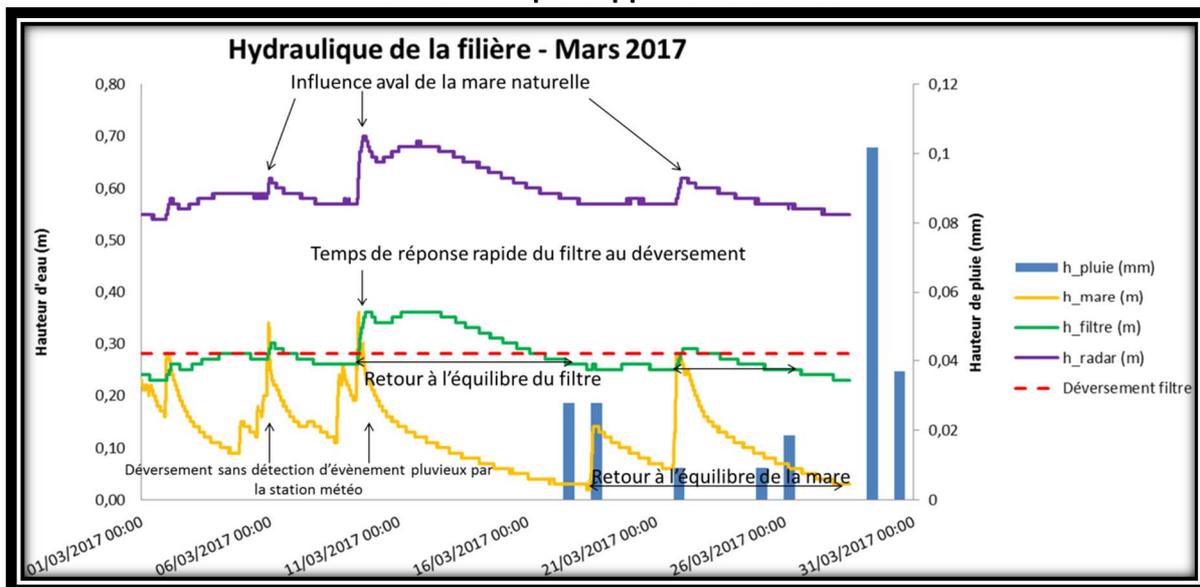
	Durée de temps sec antécédent (jours)	Temps de pluie (h)	Intensité moyenne (mm.h^{-1})	Intensité maximum (mm.h^{-1})	Hauteur de pluie (mm)	Volume ruisselé (m^3)
Moyenne	2,2	4	0,84	2,14	2,8	75,5
Minimum	0	0,25	0,09	0,80	0,2	5,4
Maximum	22	30	6,40	37,60	40,4	1090,8



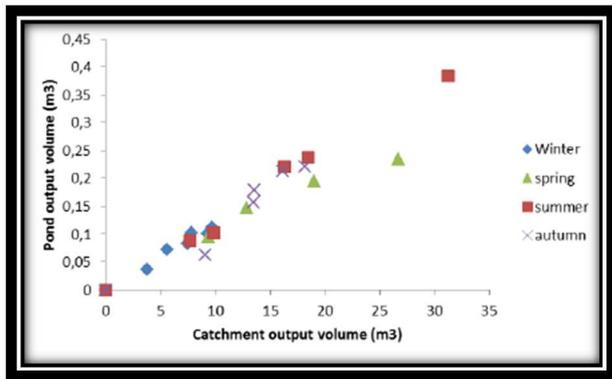
Répartition des évènements pluvieux (EP) en fonction de leur impact sur le système de traitement



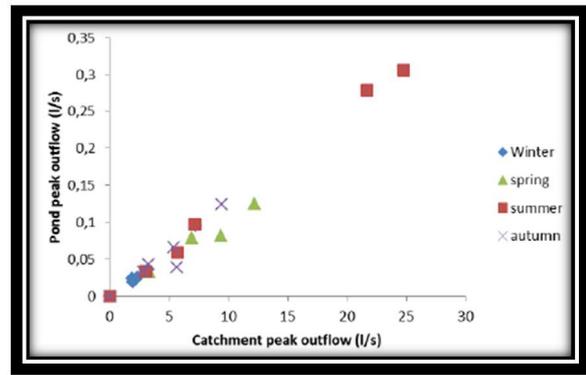
Répartition des évènements pluvieux (EP) en fonction de leur impact sur le système de traitement par rapport à la courbe



Réaction du système de traitement à un évènement pluvieux déversant dans la mare et dans le filtre planté de roseaux. h_{pluie} est la hauteur d'eau pluie sur le bassin versant, h_{mare} la hauteur d'eau dans la mare de sédimentation, h_{filtre} la hauteur d'eau au fond du filtre et h_{radar} la hauteur d'eau dans le regard en sortie du filtre



Efficacité de réduction des volumes ruisselés selon les saisons

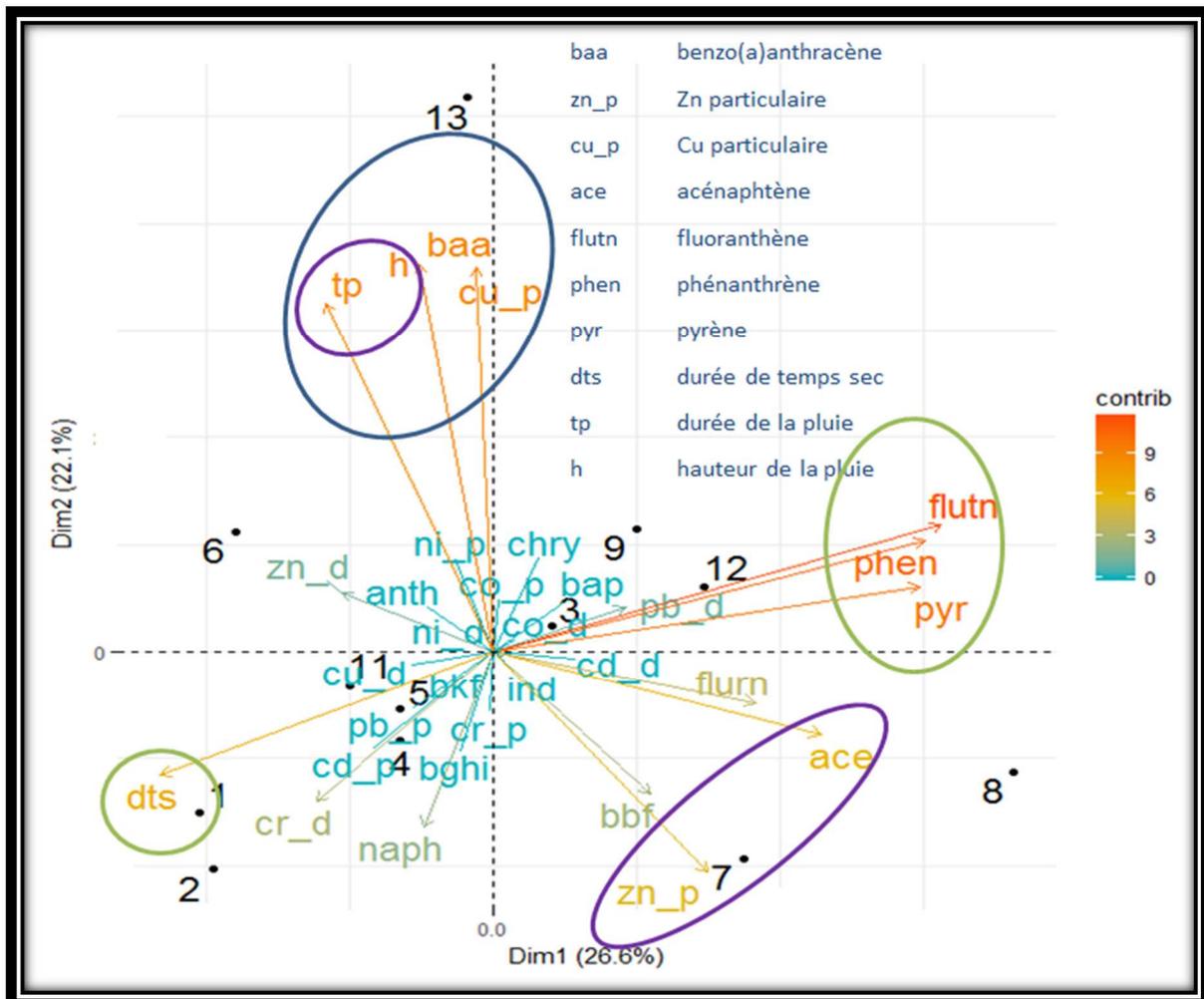


Efficacité de réduction des pics de débit ruisselés selon les saisons

Efficacité hydraulique de la filière de dépollution des eaux pluviales (Site de l'ostwaldergraben, Strasbourg)

Les 28 mois d'instrumentation hydrologique et hydraulique ont permis de démontrer que le système de traitement est très partiellement alimenté en eau, surtout le filtre planté. En effet, seulement 23% des EP alimentent la mare de sédimentation et 15% alimentent le filtre planté. L'utilité de la réserve d'eau au fond du filtre est donc démontrée, afin de limiter le stress hydrique des roseaux. Les évènements pluvieux alimentant l'ensemble du système sont caractérisés par des fortes durées, intensités, hauteurs et périodes de retour et surviennent principalement au printemps, pendant le développement végétatif des roseaux. En période de temps sec, l'évaporation dans la mare et l'évapotranspiration dans le filtre diminue les réserves d'eau dans le système, surtout pendant les saisons chaudes. En temps de pluie, la mare stocke la majorité du volume d'eau pluvial et permet ainsi de limiter leur impact sur le milieu naturel. Enfin, le niveau d'eau de la mare naturelle connectée hydrauliquement à l'Ostwaldergraben influence le niveau en sortie du filtre planté de roseaux en cas d'évènement pluvieux important.

10. Quels liens y-a-t-il entre l'hydrologie du BV étudié et la qualité des RUTP ?



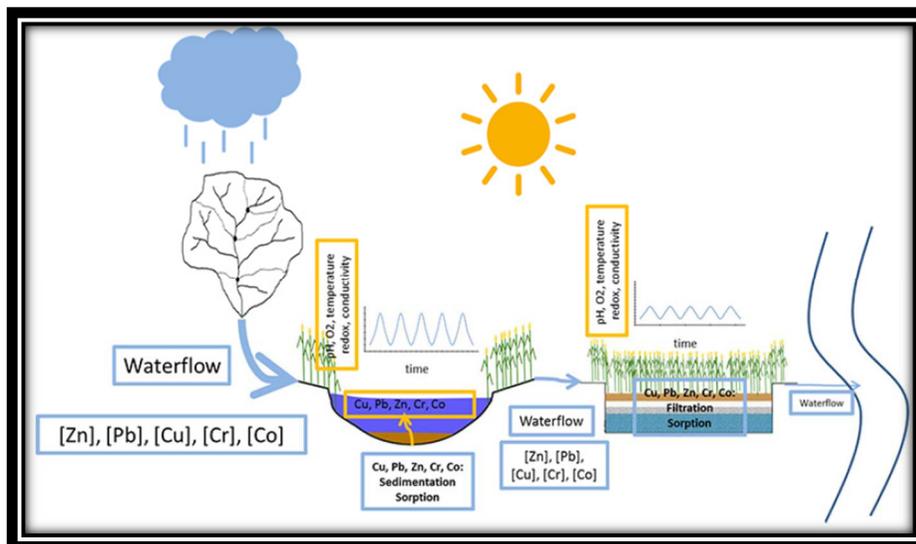
Biplot de corrélation de l'hydrologie du BV et de la qualité des RUTP

- Cu-P et benzo(a)anthracène
→ Corrélés positivement avec la durée (tp) et la hauteur de pluie (h)
- Zn-P, acénaphène
→ Corrélés négativement avec la durée (tp) et la hauteur de pluie (h)
- 3 HAP
→ Corrélés négativement avec la période de temps sec

11. Quelle est dans cette étude l'efficacité de dépollution des techniques alternatives ?

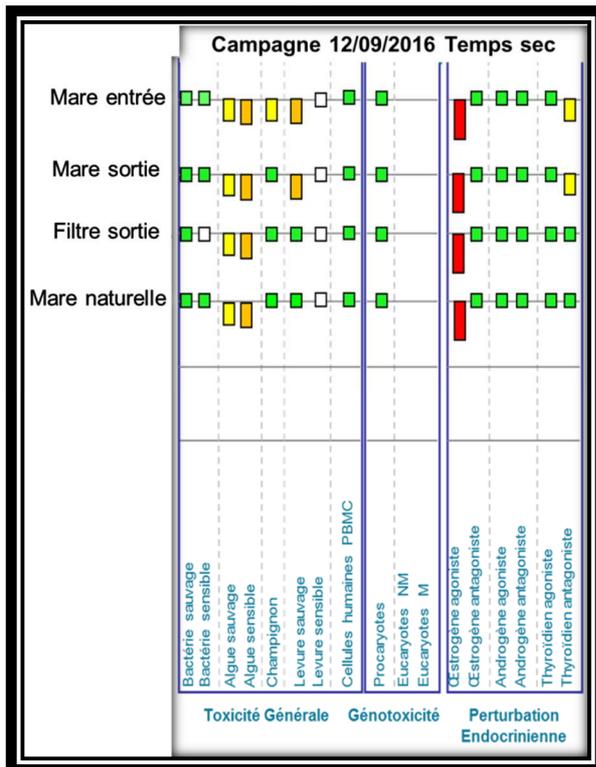
Rendement massique	Mare (%)	Filtre (%)	Système (%)	ND
Cr-D	87	100	100	1
Cr-P	-67-100 [44]	97	94-100 [97]	3
Co-D	100	*	100	2
Co-P	58-100 [86]	93	97-100 [98]	3
Co-D	59	99	100	1
Co-P	48-100[83]	99	100	3
Pb-D	75-100 [90]	94-100 [99]	100	11
Pb-P	63-100 [88]	91-100 [98]	100	12
Zn-D	100	*	100	12
Zn-P	100	*	100	12
Acenaphtene	84-100 [97]	88-100 [94]	98-100 [99]	5
Benzo(a) pyrene	59-100 [86]	30-100[44]	93-100 [99]	11
Fluorene	100	*	100	1
Phenanthrene	38-100 [82]	97-100 [98]	98-100 [100]	9
Anthracene	59-100 [84]	94-100 [97]	98-100 [99]	6
Fluoranthene	100	*	100	1
Pyrene	100	*	100	1
Benzo(a) anthracene	100	*	98-100 [100]	2
Chrysene	100	*	100	1
Benzo(b) fluoranthene	-25-100 [80]	16-100 [76]	66-100 [94]	10

- Les eaux pluviales sont caractérisées par une quantité élevée de [Zn] et une large gamme d'HAP à faibles concentrations,
- L'efficacité des zones humides artificielles varie de 50% (naphthalene) à 100% (zinc),
- Les filtres participent à l'abattement presque complet des micropolluants dissous et particulaires



- La physico-chimie des eaux pluviales dans la mare est étroitement liée aux conditions météorologiques,
- La période de temps sec, le potentiel redox et les variations de PH impactent les concentrations de métaux en sortie de BV et le stockage des métaux dans la mare.
- Dans les boues : $[Zn] \gg [Pb] > [Cu] > [Cr] > [Ni] > [Co]$
- $[2017] \gg [2016] \rightarrow$ accumulation de métaux
- $[Mare] \gg [zone\ alimentée] > [zone\ peu\ alimentée]$ (sauf pour Cr, Ni et Co)
- Toutes les teneurs en métaux diminuent avec la profondeur du filtre (sauf Zn)

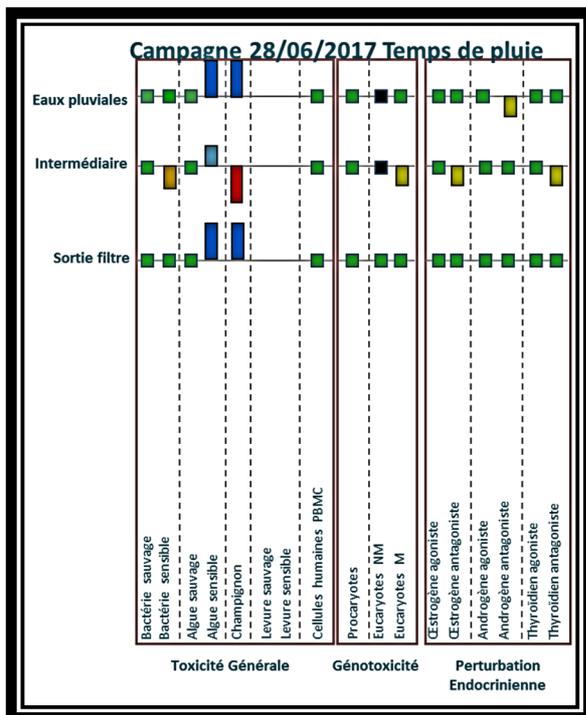
12. Quel est l'impact sur le vivant des eaux pluviales ?



Les eaux le long de la filière de dépollution ont un impact négatif sur les organismes modèles en **période de temps sec** :

4. Les eaux de la filière ont un effet toxique sur les algues sauvages, et cet effet est stable le long de la filière.
5. Les eaux de la mare ont un effet toxique sur les levures, mais cet effet disparaît dans le filtre et dans la mare naturelle, atténuation aussi observée pour les champignons.
6. Les eaux de la filière de dépollution n'ont pas d'effet génotoxique.

Le système de traitement n'est pas efficace pour limiter certains impacts toxiques (toxicité sur les algues, perturbateur endocrinien oestrogénique)



En **période de temps de pluie**, l'impact des eaux le long de la filière est globalement moindre qu'en temps sec.

4. Les eaux pluviales à l'exutoire du BV présentent seulement un effet androgène antagoniste et provoquent même une multiplication des champignons et des algues.
5. Les eaux au point intermédiaire (entre la mare et le filtre) présentent :
 - un impact toxique modéré sur les bactéries et très fort sur les champignons,
 - un effet génotoxique sur les cellules eucaryotes.
6. En sortie du filtre, les eaux ne présentent aucun effet toxique.

13. Que retenir de la qualité des eaux pluviales, l'efficacité et l'impact sur le vivant de la filière de traitement ?

18 campagnes de prélèvement ont permis de déterminer la **qualité des eaux pluviales** issues d'un petit bassin versant urbain. Les eaux pluviales sont caractérisées par des faibles concentrations en MES et en pollution carbonée par rapport à la littérature. Leur pollution en nutriments est aussi faible mais en accord avec les données de la littérature. En termes de micropollution, les eaux pluviales sont caractérisées par de fortes concentrations en Zn et par la présence d'une grande variété de HAP à faibles concentrations.

A l'échelle de l'évènement pluvieux et **d'après les rendements massiques**, c'est le filtre qui retient la majorité de la pollution particulaire et dissoute. En temps sec, les concentrations en métaux dans l'eau du filtre sont largement supérieures aux concentrations en temps de pluie. Ceci suggère des mécanismes de relargage des métaux stockés dans le substrat du filtre vers l'eau résiduelle.

L'étude des sédiments de la mare et du substrat du filtre révèle que c'est la mare qui stocke la majorité des micropolluants. Dans le filtre, les micropolluants sont majoritairement retenus dans la couche superficielle de dépôts organiques et dans les premiers centimètres du sable. Ceci démontre l'importance de conserver la couche de dépôts organiques sur le filtre et de ne pas la curer. Les teneurs actuelles de micropolluants dans les sédiments de la mare permettent leur valorisation après curage en épandage agricole d'après la réglementation française.

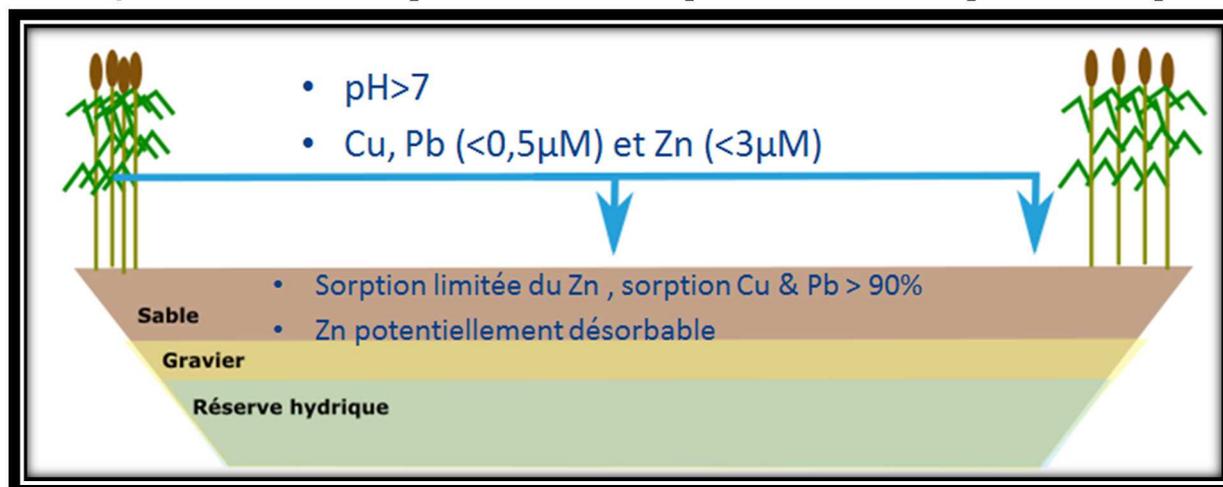
Les **bio-essais** réalisés sur les eaux du système de traitement pendant trois périodes de temps sec montrent que l'eau peut présenter un impact négatif sur le vivant et cet impact est constant le long du système. Or la filière constitue un écosystème colonisé par une grande variété de végétaux et d'espèces animales (le crapaud vert par exemple).

Les **variations saisonnières** ont un impact sur fonctionnement hydrologique, hydraulique, physico-chimique de la filière de traitement et sur l'occurrence des métaux dans les eaux pluviales. Le système est alimenté en eau majoritairement en été et au printemps, quand se produisent les EP les plus importants. Dans le filtre, les vitesses d'infiltration et évapotranspiration sont plus importantes pendant les saisons chaudes. Par contre, les performances hydrauliques du système ne sont pas variables au cours des saisons : la réduction des pics de débit est toujours supérieure à 97%.

Les conditions physico-chimiques dans l'eau de la mare varient en fonction des saisons, ce qui n'est pas le cas pour le filtre dont le substrat joue le rôle de tampon contre les variations climatiques. Les conditions physico-chimiques dans l'eau de la mare sont acides à très basiques et oxydantes à fortement réductrices alors que l'eau interstitielle du filtre est majoritairement neutre à basique et oxydante. Les conditions acides et réductrices, observées pendant les périodes froides dans la mare, peuvent favoriser le déstockage des métaux des sédiments vers l'eau de la mare. Enfin, les charges en Pb, Cu et Co dans les eaux pluviales sont plus importantes pendant les saisons chaudes (printemps/été) à cause des plus fortes hauteurs de pluie.

Les concentrations élevées en métaux en **temps sec** dans la **réserve hydrique** du filtre indiquent la présence de processus de relargage des métaux stockés dans le substrat vers l'eau résiduelle.

14. Que retenir du comportement de sorption des métaux par le filtre planté de roseaux ?



Concentrations des métaux
préférentiellement retenus
dans la première couche du
filtre

Les **mécanismes de sorption du plomb**, du zinc et du cuivre sur le sable sont similaires et mettent en jeu les oxyhydroxydes de Fe et de Mn du sable en place à faibles concentrations et à pH inférieurs à 7,5 : à plus fortes concentrations, ces métaux précipitent sous forme de complexes solides. Le Zn présente quant à lui un comportement de sorption différent : il est impliqué dans des échanges ioniques ou de compensation de charge à la surface du sable à pH très acides. A pH plus élevé (>5), le Zn forme des complexes de surface, mais en nombre limité. Ainsi, l'affinité du sable pour les métaux suit l'ordre suivant : Cu-Pb>Zn. **Dans les conditions physico-chimiques** du filtre (faibles concentrations et pH neutre à basique), l'efficacité de sorption du sable est supérieure à 90% pour le Cu et le Pb. L'augmentation des concentrations en métaux, causée par le vieillissement du filtre, provoquera une diminution des capacités de sorption du sable. Les concentrations actuelles de Zn dans le filtre suggèrent un début de saturation du sable. Mais l'altération modérée du sable n'influence pas ses capacités à retenir les métaux. Enfin, la matière organique du sable ne joue pas un rôle significatif dans la sorption des métaux.

15. Quelle est la dynamique d'appropriation des techniques alternatives en milieu urbain

Extrait de « Etude de la dynamique d'appropriation d'une infrastructure verte en milieu urbain : le site de l'Ostwaldergraben »

Etude effectuée par Léa Katinka (Stagiaire)
 Carine Heitz (Ingénieure de Recherche Irstea/GESTE)
 Marjorie Pierrette (Chargée de Recherche GESTE)
 Laboratoire Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement
 (UMR Irstea/Enges)

Le Protocole d'enquête

1. Des entretiens exploratoires auprès des riverains du site,

Cadre de vie en général	<ul style="list-style-type: none"> - Riverain depuis quand ? - Quels sont les points positifs et les points négatifs du quartier ? (Si pas abordé, demander s'il y a des nuisances et lesquelles) 	
Le site de l'Ostwaldergraben	<ul style="list-style-type: none"> - Est-ce que vous savez à quoi sert ce site ? - Sentiment d'avoir été impliqué dans le projet ? - Participation à l'enquête publique et/ou à des visites du site ? Pourquoi ? - Avis sur le site ? Les aspects positifs et/ou négatifs ? 	<ul style="list-style-type: none"> - « Pollution » (rebondir) - Si <u>oui</u> cf Prise de conscience ? Changement de pratiques ? - Si pas impliqué : pas assez informé ?
Appropriation de l'espace	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation du site avant les travaux ? - Souhait d'utilisation maintenant ? (ouvert / fermé) 	

2. Des questionnaires pour toucher l'ensemble des riverains du quartier

Le questionnaire d'enquête a été élaboré à partir des données issues des entretiens exploratoires puis testé avant distribution.



Zonage défini pour l'échantillonnage (Auteur : L. Katinka. Fond de carte : Google Maps, 2017)

La distance des riverains aux techniques alternatives influence-t-elle la représentation qu'ils en ont?

La distance au site influence partiellement la représentation qu'en ont les riverains. Nous remarquons un effet de distance indéniable entre les habitants du site et le milieu. Plus les riverains sont proches de cet espace, moins ils ont le sentiment que ce dernier est pollué. Paradoxalement, la distance au site n'influence pas la compréhension de la fonction épuratrice de celui-ci. Les riverains ayant vu directement sur l'Ostwaldergraben n'ont pas plus conscience que les autres de cette fonction. Il apparaît que l'hypothèse selon laquelle plus l'individu est proche et a conscience du milieu plus il parviendra à transformer ses pratiques ne se vérifie pas, puisque la plupart des riverains ne connaissent pas la fonction épuratrice du site. De plus, nous avons souligné que les habitants proches du site sont davantage favorables à la fermeture de celui-ci que ceux habitant à l'arrière. Par ailleurs, les riverains particulièrement dérangés par les nuisances sonores dues aux batraciens donnent directement sur l'Ostwaldergraben, mais sont essentiellement localisés dans une zone précise du quartier.

Existe-t-il un profil d'individu qui a plus conscience que les autres du lien entre leurs rejets en tout genre dans le caniveau et la pollution du cours d'eau ?

IL n'existe pas de profil particulier d'individu qui aurait plus conscience que les autres du lien entre les rejets dans le caniveau et la pollution du cours d'eau (même s'il apparaît que les catégories socio-professionnelles supérieures en ont davantage conscience). La représentation de la pollution n'est donc pas liée à une typologie particulière d'individu. Ce ne sont pas les déterminants sociaux qui jouent sur la représentation de la pollution et de l'Ostwaldergraben, mais probablement la sensibilité ou la conscience environnementale des habitants (qui peut être mesurable dans une autre étude). Cependant, on a pu remarquer que plus le riverain habite le quartier plus il a le sentiment que le site valorise son habitation.

La connaissance de la fonction épuratoire du site engendre-t-elle des changements de pratiques en lien avec des rejets dans le réseau d'eaux pluviales ?

Nous n'avons pas pu vérifier si la connaissance de la fonction épuratoire du site engendre des changements de pratiques domestiques, puisqu'il apparaît que la plupart des enquêtés n'ont pas conscience de cette fonction. En effet, nous remarquons chez les riverains qu'ils ne font pas de lien entre leurs rejets domestiques au caniveau et le cours d'eau de l'Ostwaldergraben. Pour la plupart des habitants, la pollution ne provient pas de leur foyer, ni de leurs rejets, mais de l'extérieur. Ils évoquent les Anciennes Tanneries, l'eau de pluie, les hydrocarbures des voitures ... mais très peu évoque les rejets de produits toxiques au caniveau. On constate une déconnexion entre l'individu, ses pratiques polluantes et le rejet dans le milieu. Il est même probable, après l'analyse des questionnaires, que la grande majorité des riverains n'a même pas conscience que l'eau rejetée au réseau arrive directement dans les systèmes mares-filtres plantés de roseaux, puis éventuellement dans le cours d'eau de l'Ostwaldergraben, donc dans le milieu naturel. Il est fort probable qu'un bon nombre de résidents confond les réseaux d'eaux pluviales avec les arrivées d'égout consacrées aux rejets des maisons (toilettes ou évier).

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

AFB
Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar
94300 Vincennes
01 45 14 36 00
<http://www.afbiodiversite.fr>

Laboratoire ICUBE

2 Rue Boussingault
67000 Strasbourg
03 68 85 45 54
<https://icube.unistra.fr/>