

Projet ANR- 2011-CESA-012

CABRRES

Programme Contaminants et Environnement : Métrologie, Santé,
Adaptabilité, Comportements et Usages 2011

A	IDENTIFICATION	2
B	RESUME CONSOLIDE PUBLIC	2
B.1	Instructions pour les résumés consolidés publics	2
B.2	Résumé consolidé public en français.....	3
B.3	Résumé consolidé public en anglais.....	6
C	MEMOIRE SCIENTIFIQUE	9
C.1	Résumé du mémoire	10
C.2	Enjeux et problématique, état de l'art	10
C.3	Approche scientifique et technique.....	11
C.4	Résultats obtenus	12
C.5	Exploitation des résultats	18
C.6	Discussion	18
C.7	Conclusions.....	19
C.8	Références.....	20
D	LISTE DES LIVRABLES	21
E	IMPACT DU PROJET	24
E.1	Indicateurs d'impact	24
E.2	Liste des publications et communications.....	25
E.3	Liste des éléments de valorisation.....	28
E.4	Bilan et suivi des personnels recrutés en CDD (hors stagiaires)	30

Ce document est à remplir par le coordinateur en collaboration avec les partenaires du projet. L'ensemble des partenaires doit avoir une copie de la version transmise à l'ANR.

Ce modèle doit être utilisé uniquement pour le compte-rendu de fin de projet.

A IDENTIFICATION

Acronyme du projet	CABRRES
Titre du projet	Caractérisation chimique, microbiologique, écotoxicologique, spatio-temporelle des contaminants des Bassins de Retenue des eaux pluviales urbaines : évaluation et gestion des Risques Environnementaux et Sanitaires associés - 2012 – 2016
Coordinateur du projet (société/organisme)	Gislain LIPEME KOUYI - INSA Lyon DEEP
Période du projet (date de début – date de fin)	2012-2017
Site web du projet, le cas échéant	http://www.cabrres.org

Rédacteur de ce rapport	
Civilité, prénom, nom	Gislain Lipeme Kouyi
Téléphone	0472438277
Adresse électronique	Gislain.lipeme-kouyi@insa-lyon.fr
Date de rédaction	27 Mars 2017

Si différent du rédacteur, indiquer un contact pour le projet	
Civilité, prénom, nom	
Téléphone	
Adresse électronique	

Liste des partenaires présents à la fin du projet (société/organisme et responsable scientifique)	EVS (Jean-Yves Toussaint), LEM (Benoit Cournoyer), ISA (Cécile Cren-Olive, puis Laure Wiest), INSA-DEEP/ex-LGCIE (Gislain Lipeme Kouyi)
---	---

B RESUME CONSOLIDE PUBLIC

Ce résumé est destiné à être diffusé auprès d'un large public pour promouvoir les résultats du projet, il ne fera donc pas mention de résultats confidentiels et utilisera un vocabulaire adapté mais n'excluant pas les termes techniques. Il en sera fourni une version française et une version en anglais. Il est nécessaire de respecter les instructions ci-dessous.

B.1 INSTRUCTIONS POUR LES RESUMES CONSOLIDES PUBLICS

Les résumés publics en français et en anglais doivent être structurés de la façon suivante.

Titre d'accroche du projet (environ 80 caractères espaces compris)

Titre d'accroche, si possible percutant et concis, qui résume et explicite votre projet selon une logique grand public : il n'est pas nécessaire de présenter exhaustivement le projet mais il faut plutôt s'appuyer sur son aspect le plus marquant.

Les deux premiers paragraphes sont précédés d'un titre spécifique au projet rédigé par vos soins.

Titre 1 : situe l'objectif général du projet et sa problématique (150 caractères max espaces compris)

Paragraphe 1 : (environ 1200 caractères espaces compris)

Le paragraphe 1 précise les enjeux et objectifs du projet : indiquez le contexte, l'objectif général, les problèmes traités, les solutions recherchées, les perspectives et les retombées au niveau technique ou/et sociétal

Titre 2 : précisez les méthodes ou technologies utilisées (150 caractères max espaces compris)

Paragraphe 2 : (environ 1200 caractères espaces compris)

Le paragraphe 2 indique comment les résultats attendus sont obtenus grâce à certaines méthodes ou/et technologies. Les technologies utilisées ou/et les méthodes permettant de surmonter les verrous sont explicitées (il faut éviter le jargon scientifique, les acronymes ou les abréviations).

Résultats majeurs du projet (environ 600 caractères espaces compris)

Faits marquants diffusables en direction du grand public, expliciter les applications ou/et les usages rendus possibles, quelles sont les pistes de recherche ou/et de développement originales, éventuellement non prévues au départ.

Préciser aussi toute autre retombée= partenariats internationaux, nouveaux débouchés, nouveaux contrats, start-up, synergies de recherche, pôles de compétitivités, etc.

Production scientifique et brevets depuis le début du projet (environ 500 caractères espaces compris)

Ne pas mettre une simple liste mais faire quelques commentaires. Vous pouvez aussi indiquer les actions de normalisation

Illustration

Une illustration avec un schéma, graphique ou photo et une brève légende. L'illustration doit être clairement lisible à une taille d'environ 6cm de large et 5cm de hauteur. Prévoir une résolution suffisante pour l'impression. Envoyer seulement des illustrations dont vous détenez les droits.

Informations factuelles

Rédiger une phrase précisant le type de projet (recherche industrielle, recherche fondamentale, développement expérimental, exploratoire, innovation, etc.), le coordonnateur, les partenaires, la date de démarrage effectif, la durée du projet, l'aide ANR et le coût global du projet, par exemple « Le projet XXX est un projet de recherche fondamentale coordonné par xxx. Il associe aussi xxx, ainsi que des laboratoires xxx et xxx). Le projet a commencé en juin 2006 et a duré 36 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de xxx € pour un coût global de l'ordre de xxx € »

B.2 RESUME CONSOLIDE PUBLIC EN FRANÇAIS

Suivre impérativement les instructions ci-dessus.

Titre d'accroche :

Intérêt de la pluralité scientifique pour le suivi multi-paramètres de la qualité chimique, microbiologique et de l'écotoxicité des sédiments des bassins de retenue-décantation

Titre 1 : Sédiments des bassins de retenue-décantation : Connaissances et Risques associés

Les usages et activités socio-économiques mobilisent des objets et laissent des traces susceptibles d'engendrer la contamination des eaux de ruissellement en milieu urbain. Ces eaux de ruissellement se chargent par exemple en métaux, hydrocarbures aromatiques polycycliques - HAP, pesticides et bactéries pathogènes, véhiculés pour beaucoup sous forme particulaire. Une des techniques qui permet de gérer ces eaux pluviales contaminées consiste à la stocker pour laisser décanter les matières en suspension. Les dépôts ainsi constitués représentent des zones de contamination. L'objectif principal du projet est d'établir les relations et liens entre i) les différentes caractéristiques de ces dépôts d'une part, et ii) entre les objets et traces visibles et la contamination microbiologique des eaux de ruissellement pluvial, d'autre part. Il s'agissait également de cerner la variabilité de ces caractéristiques et d'identifier les facteurs clés pouvant expliquer cette variabilité. La connaissance de ces relations et de cette variabilité est un préalable indispensable pour une meilleure gestion de ces sédiments. Ces résultats seront utiles aux gestionnaires pour orienter le choix ou impulser le développement de filières de traitement et de valorisation de ces sédiments.

Titre 2 : Approche interdisciplinaire pour le suivi multi-paramètres de la qualité des sédiments

Une approche interdisciplinaire a été développée dans le but de i) suivre l'évolution de la qualité des sédiments dans un bassin de retenue-décantation et ii) d'appréhender les relations entre les objets et traces observés au niveau des surfaces urbaines et la contamination microbiologique des eaux de ruissellement qui alimentent le bassin étudié. Les disciplines et compétences mobilisées dans cette étude regroupent au sens large: les sciences de l'homme et de la société ou sciences humaines et sociales-SHS, la mécanique des fluides, l'hydrologie urbaine, la métrologie, la microbiologie, la chimie analytique, l'écotoxicologie et les statistiques. Le site d'étude est le bassin de retenue Django Reinhardt recueillant les eaux drainées sur un bassin versant industriel de 185 ha imperméabilisé à 75 %. Ce bassin de retenue a une superficie au sol de 1 ha environ et un volume maximal de 32000 m³. C'est un bassin à ciel ouvert et qui doit être sec entre deux événements pluvieux. 8 campagnes d'échantillonnage de sédiments ont été entreprises en 5 points au sein du bassin de retenue. La mise en commun des données récoltées a permis i) d'établir les corrélations entre leurs caractéristiques microbio-physicochimiques, ii) de décrire le bactériome du bassin de retenue, iii) de proposer et valider le test « ostracodes » pour évaluer leur écotoxicité. Parallèlement, des observations socio-urbanistiques ont été menées sur le bassin versant dans le but d'établir les relations entre activités socio-économiques (qui se manifestent par la présence d'objets et traces) et la contamination microbiologique des eaux de ruissellement pluvial.

Résultats majeurs du projet

Caractérisation physicochimique, microbiologique, écotoxicologique des sédiments: Le diamètre médian des sédiments accumulés dans le bassin de retenue-décantation étudié est compris entre 50 et 150 µm. C'est du même ordre de grandeur que celui des polluants particulaire véhiculés par les eaux pluviales. Les sédiments des bassins de retenue-décantation sont contaminés de façon importante en HAP, métaux, 4-NP nonylphénol et dans une moindre mesure, en BPDE –B209 et Bisphénol A. Des méthodes spécifiques et originales d'extraction et analyse, robustes et rapides, ont été mises au point et validées, et permettent d'extraire et d'analyser 26 pesticides de la DCE, 16 HAP de la liste US EPA, 9 PBDE et 5 Alkylphénols. Concernant la caractérisation microbiologique, les « cores » bactériomes observés dans les sédiments sont composés des genres bactériens pouvant contenir des formes pathogènes: Mycobactéries, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Nocardia*. Des isolats ont été obtenus et classés au sein de plusieurs espèces dont *Nocardia cyriacigeorgica*. Cette espèce n'avait pas été référencée à ce jour au sein d'échantillons environnementaux récoltés sur le territoire français. C'est aussi la première fois que l'espèce pathogène *P. aeruginosa* est détectée dans les sédiments d'un bassin de retenue-décantation des eaux pluviales urbaines. Enfin, l'analyse de l'écotoxicité de ces sédiments à l'aide du test « ostracodes » a montré que les sédiments frais (collectés lors d'un événement pluvial) étaient plus écotoxiques que les sédiments maturés (en place depuis plus de 6 mois).

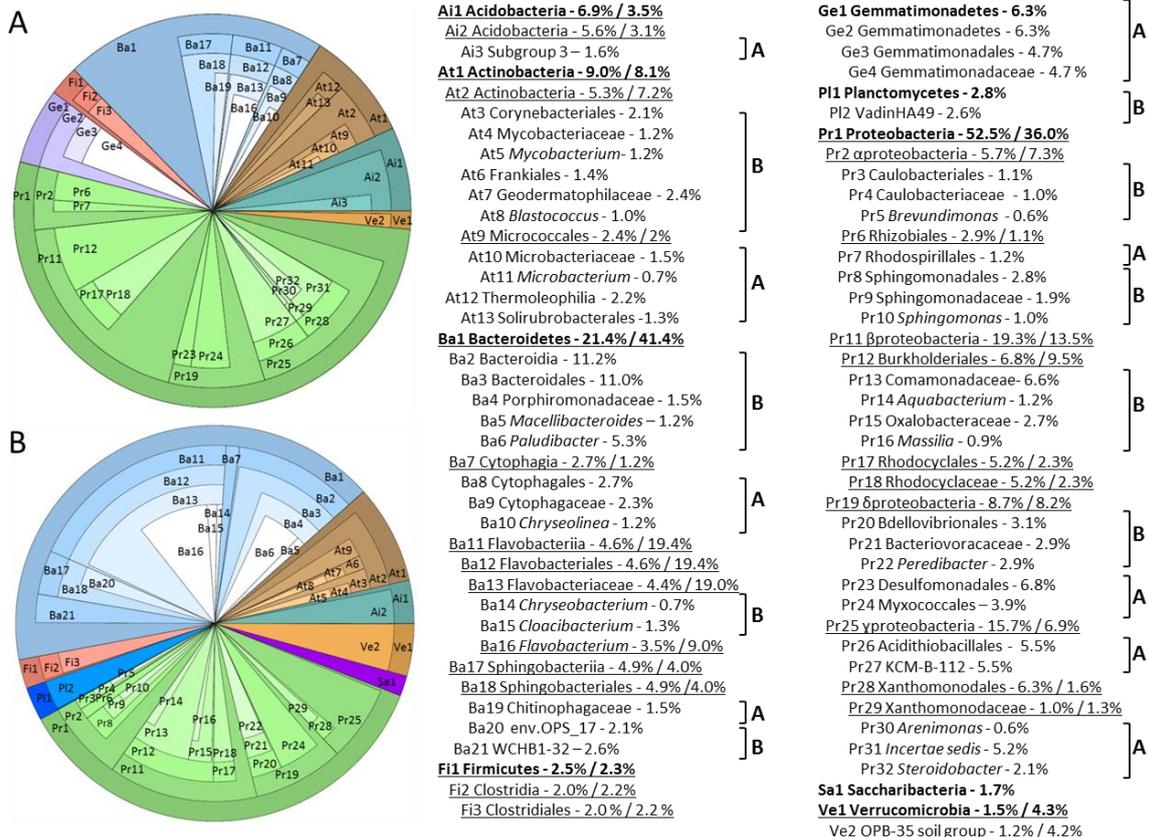
Variabilité et hétérogénéité des caractéristiques des sédiments: Les caractéristiques de ces sédiments sont très variables dans l'espace et dans le temps. Plusieurs facteurs, parmi lesquels le comportement hydrodynamique du bassin de retenue-décantation (champs de vitesse, turbulence, contraintes de cisaillement), peuvent expliquer cette variabilité. Pour ce faire, un modèle hydrodynamique 3D a été développé et permet de représenter la répartition spatiale des contaminants particuliers. Il est fondé sur la prise en compte de la décantation et de la remise en suspension à partir de la comparaison entre l'énergie cinétique turbulente et l'énergie cinétique transportée par les particules (calculée à partir de leurs vitesses de chute). L'accumulation de sédiments dans les zones tranquillisées n'induit pas des concentrations en contaminants plus élevées.

Corrélations et tendances : Les analyses d'OTU (operating taxonomic units ou unités taxonomiques opérationnelles) ont montré une ségrégation des données *rrs* en fonction des périodes d'échantillonnage ainsi que de la zone de prélèvement. Ces analyses ont été complétées par des suivis de formes cultivables : *P. aeruginosa*, *Aeromonas caviae*, *E. coli*, entérocoques intestinaux, coliformes totaux, et les *Nocardia*. Les tests de corrélation ont permis de mettre en évidence plusieurs relations entre ces formes cultivables et les caractéristiques physico-chimiques des sédiments. L'humidité des sédiments favorise le développement d'indicateurs fécaux. Les teneurs en *Nocardia* sont plus élevées au niveau des sédiments composés de particules fines et légères (taille comprise entre 1.1 et 3.3 μm). *P. aeruginosa* est plus abondant au niveau des points ayant une épaisseur importante de sédiments. Les *Nocardia* sont majoritairement présentes aux endroits du bassin riches en matières organiques. Un enrichissement de *P. aeruginosa* a été observé au niveau de la fosse à hydrocarbure. Une homogénéisation des caractéristiques microbio-physicochimiques et écotoxicologiques des sédiments a été constatée au bout de 5 ans de suivi. Concernant l'identification et la description des sources de contaminants microbiologiques présents dans le bassin de retenue-décantation, les observations socio-urbanistiques ont mis en exergue une relation directe entre la contamination microbiologique des eaux de ruissellement et la présence d'objets et de traces visibles associés aux activités socio-économiques entreprises sur le bassin versant.

Production scientifique et brevets depuis le début du projet

Ce programme a donné lieu à plusieurs publications (12 articles paru et soumis dans des journaux nationaux et internationaux à comité de lecture, 14 articles dans les actes de congrès nationaux et internationaux). Les résultats ayant servi de socle pour construire le programme de recherche et les premières données ont été publiés dans une revue spéciale du *Journal Environmental Sciences and Pollution Research*. Le texte éditorial fait clairement référence au projet (Lipeme Kouyi *et al.*, 2014). Les résultats et les conclusions obtenus ont été structurés et soumis pour publication probable par exemple dans *Scientific Reports*, *Environmental Research* ou *Chemosphere*. Les conclusions du projet ont conduit à proposer d'autres programmes de recherche pluridisciplinaires très ambitieux. A titre d'exemples on peut citer le projet Patho-Air financé par le Labex IMU (intelligence des mondes urbains) ou le projet Iouqmer financé par l'ANSES.

Illustration



Informations factuelles

CABRRES est un projet de recherche interdisciplinaire coordonné par Gislain Lipeme Kouyi, avec le soutien du GRAIE et du comité de pilotage. Il a permis de mobiliser des compétences portées par les laboratoires partenaires EVS (science de l'homme et de la société), DEEP (hydrologie urbaine), LEM (microbiologie) et ISA (chimie). L'implication du LENHA a été prépondérante en ce qui concerne la caractérisation écotoxicologique. La Métropole de Lyon a joué un rôle important grâce à sa participation au sein du comité de pilotage élargi, au soutien technique et à la mise à disposition du site d'étude dans le cadre de l'observatoire de terrain en hydrologie urbaine. Le projet a bénéficié du soutien d'IMU. Le projet a démarré le 8 Mars 2012 et une demi-journée de restitution a été organisée le 9 Mars 2017. Il a bénéficié d'une aide ANR de 500 000 € pour un coût global de l'ordre de 1 710 000 €.

B.3 RESUME CONSOLIDE PUBLIC EN ANGLAIS

Suivre impérativement les instructions ci-dessus.

Interest of multidisciplinary approach for multi-parameter monitoring of the chemical, microbiological and ecotoxicity quality of sediments in stormwater retention and settling basin

Title 1: Sediment of reservoir-settling basins: Knowledge and associated Risks
 Socio-economic uses and activities require items and leave marks that may lead to the contamination of runoff in urban areas. These stormwater runoffs are loaded with, e.g, metals, polycyclic aromatic hydrocarbons - PAHs, pesticides and pathogenic bacteria, conveyed for many in particulate form. One of the techniques used to manage this contaminated stormwater is to store it in order to allow settling of the suspended solids. The deposits thus set up represent zones of contamination. The main objective of the project is to establish the relationships and links between (i) the different characteristics of these deposits on the one hand, and (ii) between visible items and marks and microbiological contamination of

stormwater runoff, in the other hand. The variability of these characteristics is also investigated, focusing on the key factors that could explain this variability. Knowledge of these relationships and variability is a prerequisite to improve the management practices of these sediments. These results will be useful for managers and practitioners to better choose relevant management issues or to develop novel treatment and recovery procedures for these sediments.

Title 2: Interdisciplinary approach for multi-parameter monitoring of sediment quality

An interdisciplinary approach was developed that aimed at (i) monitoring the evolution of sediment quality in a retention-settling basin and (ii) understanding the relationship between items and marks observed in urban surfaces and microbiological contamination of the stormwater runoff through the studied urban areas. The scientific fields and skills pointed out in CABRRES program are basically: human and social sciences - SHS, fluid mechanics, urban hydrology, metrology, microbiology, analytical chemistry, ecotoxicology and statistics. The field site is the Django Reinhardt retention-settling basin (DR basin), which collects drained water on a 185-hectare industrial watershed with 75% of impervious rate. This retention and settling basin has a bottom area of about 1 ha and a maximum volume of 32,000 m³. It is an open basin that must remain dry between two rainfall events. 8 sediment sampling campaigns were carried out at 5 locations within the retention basin. The pooling of the collected data allowed (i) to establish correlations between their microbiological and chemical characteristics, (ii) to describe the bacteria components of sediments accumulated in the basin, (iii) to propose and validate the "ostracods" test to assess their ecotoxicity quality. In addition, socio-urban observations were carried out on the watershed in order to establish the relations between socio-economic activities (which are highlighted by the presence of items and marks) and the microbiological contamination of stormwater runoff.

Main CABRRES program outcomes

Physical, chemical, microbiological, ecotoxicological characterization of the sediments: The median diameter of the sediments accumulated in the retention and settling basin is between 50 and 150 µm. It is of the same order of magnitude as that of particulate pollutants conveyed by stormwater. The sediments of the DR basin are mainly contaminated with PAHs, metals, 4-NP nonylphenol and also with, BPDE-B209 and Bisphenol A. Specific and original methods of extraction and analysis that demonstrated robustness and reliability, have been developed and validated to analyze 26 Water Framework Directive - WFD pesticides, 16 PAHs from the US EPA list, 9 PBDE and 5 Alkylphenols. Concerning the microbiological characterization, the bacteria "cores" observed in the sediments are composed of the bacterial genus which may contain pathogenic forms: Mycobacteria, Pseudomonas, Aeromonas, Nocardia. Isolates were obtained and classified within several species including *Nocardia cyriacigeorgica*. This species has not been referenced to date in environmental samples harvested in France. This is also the first time that the pathogenic species *P. aeruginosa* is detected in the sediment of an urban stormwater retention basin. Finally, the ecotoxicity analysis of these sediments using the "ostracodes" test showed that fresh sediments (collected during a storm event) were more ecotoxic than mature sediments (in place for more than 6 month).

Variability and heterogeneity of sediment characteristics: The characteristics of these sediments vary greatly in space and time. Several factors, including the hydrodynamic behavior of the DR basin (velocity fields, turbulence, shear stresses), can explain this variability. To do this, a 3D hydrodynamic model has been developed to represent the spatial distribution of particulate contaminants. In order to well represent settling and resuspension

processes, a new boundary condition on the bottom have been applied, considering that settling and resuspension processes are related to the comparison between the turbulent kinetic energy (*TKE*) of the flow and the particle kinetic energy (*PKE*) transported by the particles (computed using their settling velocities). If $TKE > PKE$ then resuspension occurs else particles remain settled or the sedimentation occurs. The accumulation of sediment in recirculation locations does not lead to higher contaminant concentrations.

Correlations and trends: OTU analysis (operational taxonomic units) showed segregation of *rrs* data according to the period of sampling and the sampling location. Additional analysis using the cultivable approach have been performed and were based on the following species: *P. aeruginosa*, *Aeromonas caviae*, *E. coli*, intestinal enterococci, total coliforms, and *Nocardia*. The correlation tests pointed out several relationships between the presence and the amount of these species and the physical and chemical characteristics of the sediments. Sediment moisture enables the development of fecal indicators. *Nocardia* counts are higher in sediments composed of fine and light particles (size between 1.1 and 3.3 μm). *P. aeruginosa* is more abundant at locations with significant sediment thickness. The *Nocardia* are predominantly present in the basin areas where organic matters are abundant. An increasing counts of *P. aeruginosa* was observed in the hydrocarbon pit. A homogenization of the microbiological, physical, chemical and ecotoxicological characteristics of the sediments was observed after 5 years of monitoring. Concerning the identification and description of the sources of microbiological contaminants present in the DR basin, socio-urban observations revealed a direct relationship between the microbiological contamination of runoff and the presence of items and marks leave by socio-economic activities undertaken in the watershed.

Scientific publications and patents since the beginning of the project

This program has resulted in several publications (12 articles published and submitted in national and international peer reviewed journals, 14 articles in proceedings of national and international conferences, etc.). The results that served as a basis for the elaboration of CABRRES proposal and the first collected data were published in a special issue of *Environmental Science and Pollution Research*. The editorial text clearly refers to the project (Lipeme Kouyi *et al.*, 2014). The results and conclusions obtained were structured and submitted for probable publication, e.g. in *Scientific Reports*, *Environmental Research* or *Chemosphere*. The conclusions of the project led to the proposal of other very ambitious multidisciplinary research programs. Examples include the Patho-Air project funded by the Labex IMU (smart urban world laboratory) or the Iouqmer project granted by ANSES (French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety).

Illustration

C.1 RESUME DU MEMOIRE

Ce résumé peut être repris du résumé consolidé public.

Le projet Cabrres avait trois objectifs majeurs : i) caractériser finement les sédiments des bassins des retenue-décantation, ii) cerner la variabilité et l'hétérogénéité des caractéristiques microbio-physico-chimiques et écotoxicologiques de ces sédiments et faire ressortir les facteurs expliquant cette variabilité, iii) établir les corrélations entre caractéristiques et dégager des tendances d'évolution de la qualité des sédiments. Les résultats marquants sont synthétisés ci-après :

Caractérisation microbiologique, physico-chimique, écotoxicologique des sédiments : les sédiments sont surtout contaminés en métaux, HAP et 4-NP nonylphénol. Leur diamètre médian est compris entre 50 et 150 μm . C'est du même ordre de grandeur que les tailles des polluants particuliers transportés par les eaux pluviales. Les espèces pathogènes, telles que *P. Aeruginosa*, *A. Cavie* ont été retrouvées dans les sédiments. L'espèce *Nocardia Cyriacigeorgica* a été isolée pour la première fois en France en milieu urbain et est surtout associée à des particules fines. Le test « ostracodes » s'est révélé adapté et a permis de montrer que les sédiments frais étaient plus écotoxiques que les sédiments maturés.

Variabilité et hétérogénéité des caractéristiques micro-biophysico-chimiques et écotoxicologiques des sédiments : un des facteurs prépondérant qui permet d'expliquer la variabilité des caractéristiques des sédiments est l'hydrodynamique au sein du bassin de retenue-décantation. Un modèle 3D a été développé et permet de simuler le comportement hydrodynamique des bassins de retenue-décantation et de reproduire les zones préférentielles de dépôt. Comme attendu, le modèle montre que le bassin étudié n'est pas efficace vis-à-vis de la pollution dissoute.

Corrélations et tendances : les tests de corrélation ont permis de mettre en évidence plusieurs relations entre les formes cultivables des microorganismes présents dans le bassin de retenue-décantation étudié et les caractéristiques physico-chimiques des sédiments. L'humidité des sédiments favorise le développement d'indicateurs fécaux. Les teneurs en *Nocardia* sont plus élevées au niveau des sédiments composés de particules fines et légères (taille comprise entre 1.1 et 3.3 μm). *P. aeruginosa* est plus abondant au niveau des points ayant une épaisseur importante de sédiments. Les *Nocardia* sont majoritairement présentes aux endroits du bassin riches en matières organiques. Un enrichissement de *P. aeruginosa* a été observé au niveau de la fosse à hydrocarbure. Une homogénéisation des caractéristiques microbio-physicochimiques et écotoxicologiques des sédiments a été constatée au bout de 5 ans de suivi. Concernant l'identification et la description des sources de contaminants microbiologiques présents dans le bassin de retenue-décantation, les observations socio-urbanistiques ont mis en exergue une relation directe entre la contamination microbiologique des eaux de ruissellement et la présence d'objets et de traces visibles associés aux activités socio-économiques entreprises sur le bassin versant.

C.2 ENJEUX ET PROBLEMATIQUE, ETAT DE L'ART

Présenter les enjeux initiaux du projet, la problématique formulée par le projet, et l'état de l'art sur lequel il s'appuie. Présenter leurs éventuelles évolutions pendant la durée du projet (les apports propres au projet sont présentés en C.4).

Les usages et activités socio-économiques mobilisent des objets et laissent des traces susceptibles d'engendrer la contamination des eaux de ruissellement en milieu urbain. Ces eaux de ruissellement se chargent par exemple en métaux, hydrocarbures aromatiques

polycycliques - HAP, pesticides et bactéries pathogènes, véhiculés pour beaucoup sous forme particulaire (Sebastian *et al.*, 2015). La perception des risques écotoxicologiques et sanitaires poussent plusieurs collectivités à mettre en place des techniques spécifiques dont les bassins de retenue-décantation des eaux pluviales. Lorsqu'ils sont bien conçus (Persson, 2000), ils permettent de dépolluer ces eaux grâce à la décantation. L'examen de la qualité des dépôts ou sédiments ainsi constitués permet d'évaluer les risques de contamination des milieux aquatiques superficiels ou souterrains environnants. En outre, pour être performants, ces ouvrages nécessitent un entretien et une gestion particulière, ce qui expose les techniciens au risque de contamination lors d'opérations de curage. Il est donc indispensable de caractériser finement les contaminants chimiques et microbiologiques présents dans ces sédiments. Dans ce contexte, nous avons suivi le bassin de retenue-décantation Django Reinhardt (BDR) situé à Chassieu (Est Lyon, un des sites de l'observatoire de terrain en hydrologie urbaine - OTHU). Trois enjeux étaient au cœur du projet CABRRES : 1) caractérisation spatio-temporelle, microbiologique, physico-chimique, écotoxicologique des mêmes échantillons de sédiments, 2) établissement des corrélations (entre différentes caractéristiques, entre les objets et traces observés sur le bassin versant et la contamination microbiologique, entre les paramètres physico-chimiques et enrichissement/dépérissement des bactéries pathogènes opportunistes), 3) appréhension de la variabilité et l'hétérogénéité de ces caractéristiques au sein du BDR et identification des facteurs explicatifs de cette variabilité.

C.3 APPROCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Pour aborder les trois enjeux, une **approche interdisciplinaire** a été structurée autour de 6 tâches comme indiqué sur la figure 1. Le site d'étude est le bassin de retenue Django Reinhardt recueillant les eaux drainées sur un bassin versant industriel de 185 ha imperméabilisé à 75 %. Ce bassin a une superficie au sol d'environ 1 ha et un volume maximal de 32000 m³. C'est un bassin à ciel ouvert et qui doit être sec entre deux événements pluvieux. 8 campagnes d'échantillonnage de sédiments (1 campagne avant curage et 7 après curage du bassin de retenue) ont été entreprises en 5 points au sein du bassin (voir le Jalon M4.1, les livrables L4.1 et L4.2). Des contaminants chimiques présents dans les eaux de pluie (en particulier HAP, métaux, pesticides, PBDE, Bisphénol A, Alkylphénols) dont certains sont listés dans la DCE ont été recherchés. Des méthodes spécifiques ont été mises au point pour les détecter dans les matrices sédimentaires du bassin (voir livrables L4.2, L5.2, L5.3). Il en a été de même pour l'identification et la classification (fondée sur l'analyse d'empreintes d'ADN) des bactéries présentes en milieu urbain, avec un effort particulier pour rechercher les bactéries pathogènes de l'homme (voir livrable L3). En parallèle, des observations socio-urbanistiques ont été menées sur le bassin versant. Plusieurs objets et traces visibles ont été décrits et cartographiés, dans le but de montrer que la qualité microbiologique des eaux de ruissellement de surface pouvait être altérée par ces objets et traces dans des environnements où il pouvait être peu évident de les trouver (voir les livrables L1.1 et L1.2).

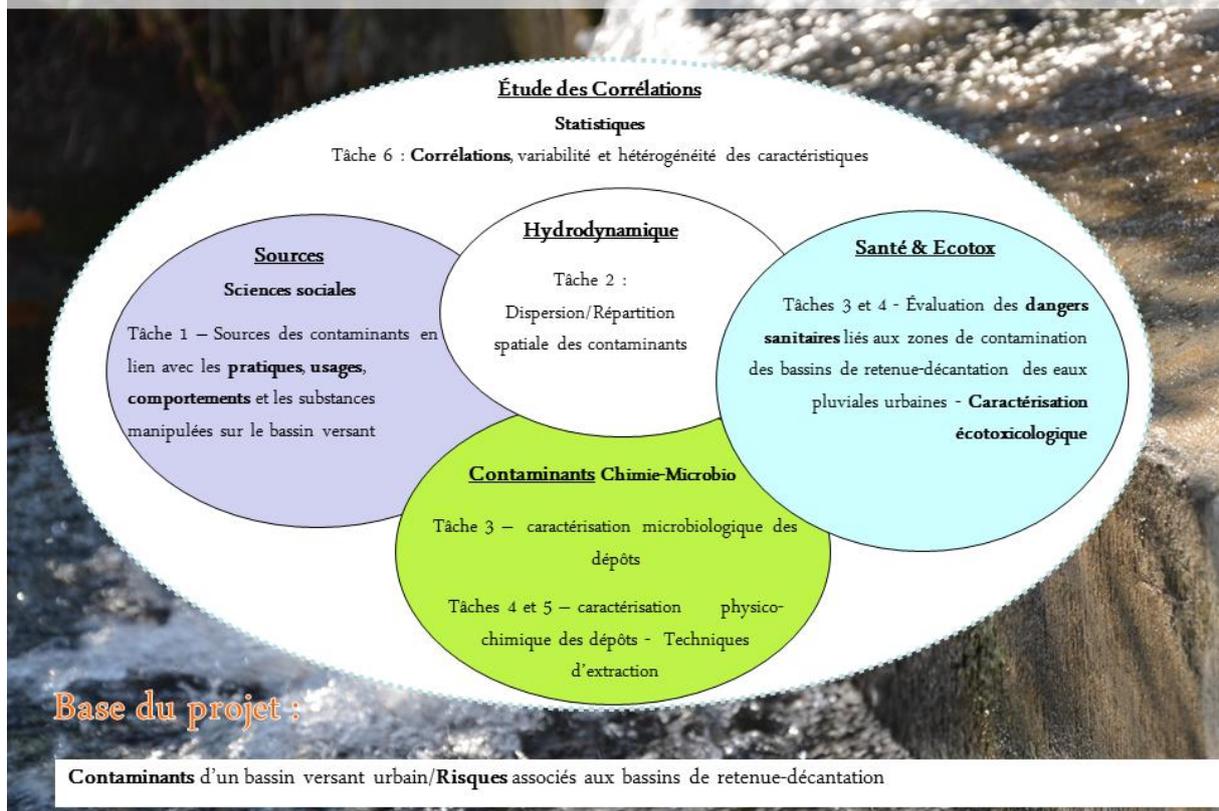


Figure 1 : Articulation entre les tâches et disciplines associées

C.4 RESULTATS OBTENUS

Positionner les résultats par rapports aux livrables du projet et aux publications, brevets etc. Revisiter l'état de l'art et les enjeux à la fin du projet.

Les résultats sont structurés ci-après par enjeu.

Enjeu 1 : Caractérisation microbio-physicochimique et écotoxicologique des sédiments

Globalement, les sédiments du bassin de retenue-décantation étaient composés de particules plutôt fines (diamètre médian compris entre 50 et 150 μm). C'est donc du même ordre de grandeur que les tailles des polluants particuliers transportés par les eaux pluviales. Les sédiments des bassins de retenue-décantation sont contaminés de façon importante en HAP, métaux, 4-NP Nonylphénol (perturbateur endocrinien et polluant persistant surtout dans les sédiments – voir par exemple Soares *et al.*, 2008, voir aussi Ying *et al.*, 2002 concernant plus généralement le devenir et la persistance des alkylphénols). Les pesticides ne sont pas interceptés par le bassin du fait de leur transfert sous forme majoritairement dissoute (Sébastien *et al.*, 2015). Ces sédiments contiennent dans une moindre mesure les BPDE –B209 et le Bisphénol A. L'utilisation de l'approche méta-taxogénomique *rrs* (16S rRNA) a permis de retrouver plusieurs groupes bactériens. La figure 2 présente les « cores » bactériomes observés dans les sédiments récents (<2 ans) et anciens (>4 ans) (Marti *et al.*, soumis Sc. Report). Ces analyses ont permis d'observer un nombre significatif de reads *rrs* pour des genres bactériens pouvant contenir des formes pathogènes : Mycobactéries (2189 reads) > *Pseudomonas* (810 reads) > *Acinetobacter* (711) > *Aeromonas* (133) > *Nocardia* (122) > *Enterococcus* (103) > *Escherichia* (9) > *Staphylococcus* (5) > *Streptococcus* (4).

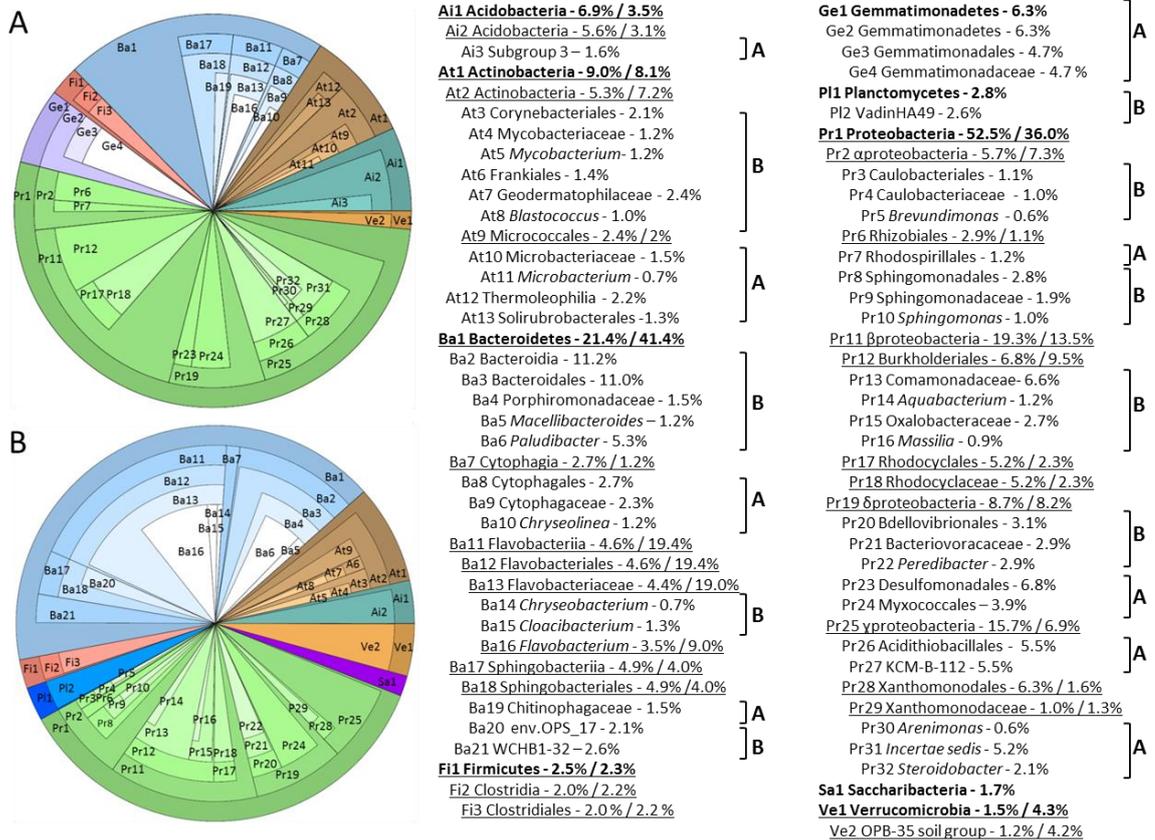


Figure 2. Cores bactériomes des sédiments ayant été inférés pour les périodes (a) 2010/2012 (sédiments >4 ans), et (b) 2013/2014 (sédiments de <2 ans). Seuls les taxa représentant > 1% des OTU au niveau famille, et > 0.5% au niveau genre sont présentés. Les phyla sont indiqués en gras. Les groupes soulignés sont communs aux deux groupes. Les pourcentages indiquent l'abondance relative des taxons.

Les *Pseudomonas* et *Aeromonas* peuvent contenir des espèces pathogènes comme *P. aeruginosa*, *A. caviae* et *A. hydrophila*. Ces espèces sont associées à des infections d'origine hydrique. Les actinobactéries représentent également une préoccupation sanitaire en fonction des espèces présentes. L'observation de concentrations significatives en *Nocardia* nous a conduits à réaliser une analyse de leur diversité pour préciser les dangers associés. Des isolats ont été obtenus et classés au sein de plusieurs espèces dont *N. cyriacigeorgica*. Cette espèce n'avait pas été référencée à ce jour au sein d'échantillons environnementaux récoltés sur le territoire français. Les données *rrs* ont également montré une abondance significative d'*Entérocooccus* et *Escherichia*. Ces genres peuvent contenir des formes pathogènes comme les *E. coli* et *E. faecalis*. Ces groupes ont donc fait l'objet de suivis (Bernardin *et al.*, soumis Environmental Research). Des outils innovants et précurseurs ont été développés pour approfondir l'étude de l'écologie de ces taxa bactériens : i) outil moléculaire *qPCR* pour le suivi de l'espèce pathogène *N. cyriacigeorgica*, ii) outil de métataxonomique puissant – *tpm* – pour, entre autres, les espèces de *Pseudomonas* et *Aeromonas*. Des outils ont également été utilisés pour inférer la dangerosité des espèces et génotypes inventoriés : tests de virulence sur modèle nématode, profilage des génotypes et comparaison avec des souches cliniques (voir l'ensemble des jalons M3 et le livrable L3).

Les analyses d'écotoxicité ont montré que ces sédiments peuvent être écotoxiques, surtout lorsqu'ils sont frais (apportés par les eaux de ruissellement). Le test « Ostracodes » est adapté pour le suivi de l'écotoxicité des sédiments des bassins de retenue-décantation. Trois méthodes d'extraction et analyse, robustes et rapides, ont été mises au point et validées (voir le jalon M5.1 et les livrables L5.1, L5.2, L5.3) :

- Une méthode d'extraction simple et rapide, de type QuEChERS (Gonzalez-Curbelo *et al.*, 2015) a été mise au point pour l'analyse de 26 pesticides de la Directive Cadre Eau et 16 HAP de la liste US EPA. Grâce à des limites de quantification entre 2 et 200 ng/g, 3 pesticides et 15 HAP ont été détectés et quantifiés à des concentrations allant de 4 à 1766 ng/g.
- Une méthode d'extraction liquide, suivie d'une analyse par chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse par temps de vol, a été mise au point pour l'analyse de neuf PBDE (les PBDE 28, 47, 99, 100, 153, 154, 183, 205 et 209). Les limites de quantification obtenues sont conformes à la littérature actuelle, à savoir entre 10 et 150 ng/g.
- Enfin, Une méthode d'extraction assistée par ultrasons, suivie d'une analyse par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem, a été mise au point pour l'analyse de cinq alkylphénols (para-ter-octylphénol (P-OP), 4-n-nonylphénol (NP), bisphénol A (BPA), tétrachlorobisphénol A, tétraméthylbisphénol A et quatre alkylphénols ethoxylés (nonylphénol di- (NP2EO) et monoéthoxylé (NP1EO), octylphénol di- et monoéthoxylé). Grâce à des limites de quantification entre 6 et 90 ng/g, cinq ont été détectés et quantifiés : P-OP, BPA, NP, NP1EO et NP2EO à des concentrations allant de 7 à 4642 ng/g.

Enjeu 2 : Variabilité et hétérogénéité des caractéristiques des sédiments

Les caractéristiques de ces sédiments sont très variables dans l'espace et dans le temps. Plusieurs facteurs, parmi lesquels le comportement hydrodynamique, peuvent expliquer cette variabilité. Pour ce faire, un modèle hydrodynamique 3D a été développé (Yan *et al.*, 2014) et permet de représenter la répartition spatiale des contaminants particulaires (voir livrables L2.1, L2.2, L2.3 sur la modélisation 3D). Il est fondé sur la prise en compte de la décantation et de la remise en suspension à partir de la comparaison entre l'énergie cinétique turbulente et l'énergie cinétique transportée par les particules (calculée à partir de leurs vitesses de chute). L'accumulation de sédiments dans les zones tranquillisées (avec des vitesses près du fond de l'ordre de 2 cm/s et une énergie cinétique turbulente autour de 10^{-5} m²/s²) n'induit pas des concentrations en contaminants plus élevées. Des simulations 3D du transport de polluants dissous ont également été réalisées. Les résultats montrent que les concentrations en entrée et en sortie du bassin de retenue sont similaires (voir Livrable L2.2). C'est probablement la raison pour laquelle les pesticides, majoritairement véhiculés sous forme dissoute, n'ont été que très rarement retrouvés dans les sédiments.

Enjeu 3 : Corrélations et tendances

Les analyses d'OTU (unités taxonomiques opérationnelles avec moins de 3% de divergence) ont montré une ségrégation des données *rrs* en fonction des périodes d'échantillonnage ainsi que la zone de prélèvement (Figure 3). Ces résultats ont été confirmés par l'approche métataxogénomique *tpm*. L'évènement de curage du bassin qui a eu lieu début 2013 a marqué une ligne de fracture dans les organisations *rrs* (Fig. 3). Parallèlement à cette ligne de séparation temporelle, la localisation des sites de prélèvement au sein du BDR a permis de mettre en évidence 3 types d'organisation: (1) une organisation regroupant les échantillons provenant des sédiments de la fosse de décantation, (2) une organisation regroupant les points de prélèvement de surface du BDR, et (3) celle du point extérieur (P0) au BDR.

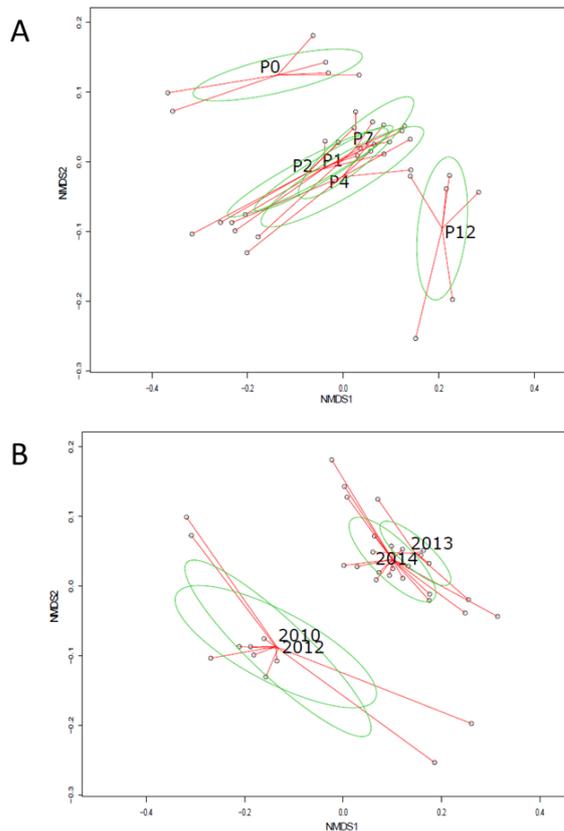


Figure 3. Ordination NMDS des dissimilarités Bray-Curtis déduites du tableau de contingence des OTU par point d'échantillonnage (P0, P1, P2, P4, P7 and P12) et en fonction du temps pour les OTU *rrs*. Valeur du stress test = 0.08. Les traits rouges relient les points en fonction (a) du site, et (b) de l'année. L'ellipse verte illustre la variance et une AMOVA a confirmé la significativité du regroupement ($p < 0.01$) s'il n'y avait pas de superposition.

Des comparaisons de la similarité des classifications en OTU des séquences *tpm* ont été réalisées et permis d'approfondir les biais de répartition au niveau des espèces de *Pseudomonas* et *Aeromonas*. Ces analyses ont permis d'observer des associations significatives entre nombre de séquences des cinq espèces d'*Aeromonas* détectées (*A. caviae*, *A. hydrophila*, *A. salmonicida*, *A. media* et *A. bestiarum*) et l'origine des prélèvements (Figure 4). Il est à noter que le genre *Aeromonas* contient plus 35 espèces. Les espèces détectées dans ce travail semblent principalement d'origine allochtone à l'exception d'*A. hydrophila* et *A. salmonicida* ayant un tropisme élevé pour les milieux hydriques. Un enrichissement de ces espèces semble avoir été favorisé par la zone P12, c'est-à-dire la fosse de décantation. Une ségrégation similaire a été observée pour les *Pseudomonas*. Peu d'espèces de ce genre (composé de plus de 225 espèces) ont été détectées et principalement *P. syringae*, *P. aeruginosa*, *P. fluorescens*, *P. stutzeri* et *P. putida* (Fig. 4). Ces espèces sont endogènes des sols à l'exception de *P. aeruginosa*. Cette dernière espèce n'a pas présenté de biais de répartition sur la base des séquences *tpm* (Fig. 4). Elle était répartie de façon homogène. *P. syringae* est un agent pathogène de nombreuses espèces de plantes, et ce travail a permis d'observer des formes pouvant infecter les tomates et érables. Cette espèce semble favorisée par la croissance des végétaux dans le BDR, avec des concentrations élevées dans les sédiments les plus anciens (2010/2012 et 2015). Une confrontation de ces données avec les inventaires d'espèces végétales serait à réaliser. Il est à noter que les espèces autres que *P. aeruginosa* et *P. syringae* avaient des concentrations élevées plutôt dans les sédiments frais que maturés suggérant un dépérissement en fonction de la maturation de la communauté microbienne.

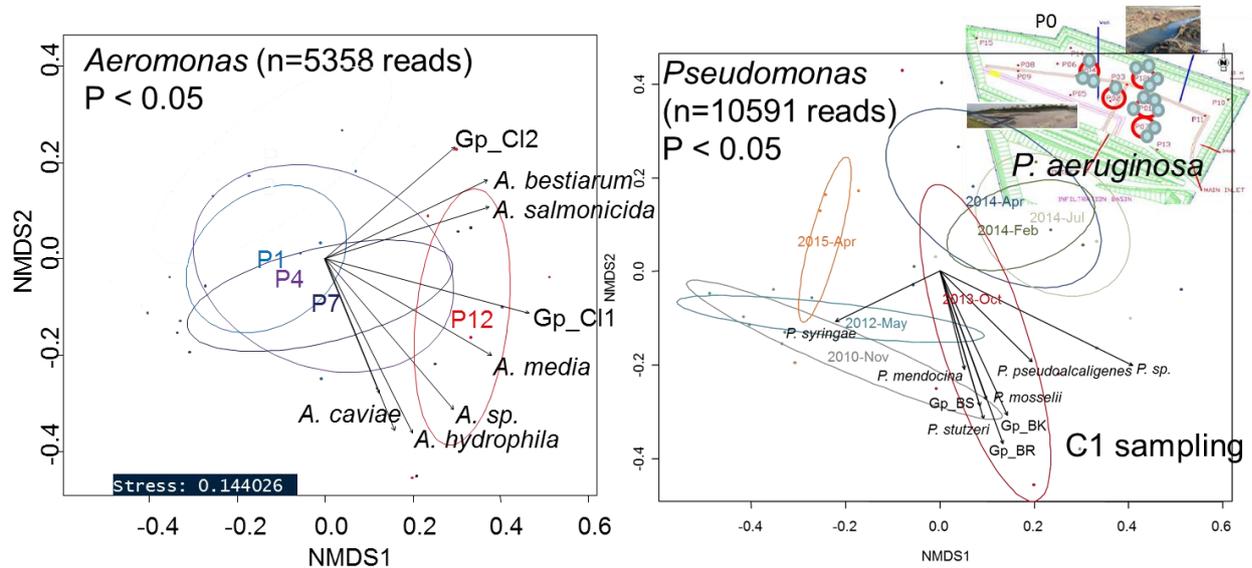


Figure 4. Ordination NMDS des dissimilarités Bray-Curtis déduites du tableau de contingence des OTU d'*Aeromonas* et de *Pseudomonas* par point d'échantillonnage (P0, P1, P2, P4, P7 et P12) et en fonction du temps. Valeur du stress test = 0.14. Les flèches noires indiquent des relations significatives entre les ordinations observées et les points d'échantillonnage ou année. Les ellipses illustrent la variance et une AMOVA a confirmé la significativité des regroupements ($p < 0.01$) s'il n'y avait pas de superposition. L'image dans le coin droit du BDR présente la répartition des *P. aeruginosa*. Les nombres de cercles bleus sont corrélés aux nombres de prélèvements ayant présenté des concentrations significatives.

Le tableau 1 présente les relations significatives observées entre le tableau de contingence des OTU *rrs* et les autres variables mesurées durant le projet. Ces analyses suggèrent une incidence importante des contaminants chimiques dont les ETM et certains HAP sur la structure *rrs* des communautés bactériennes. Ce tableau montre également une relation étroite entre la présence de contaminations fécales humaines et la structure des OTU *rrs* du point P12, c'est-à-dire la fosse de décantation.

Tableau 1. Relations significatives observées entre jeux de données NGS *rrs* et chimie, fonctionnement du BDR, et marqueurs moléculaires. Des tests de permutation ont été réalisés sur les ordinations NMDS et RDA des données OTU *rrs* confrontées aux autres variables *.

Type	NMDS	RDA	Variable strength in RDA
MTE[§]			
Cd	+ ***	NA [#]	
Cr	+ *	NA	
Ni	+ *	NA	
Pb	+ *	NA	
Physical-chemical parameters			
N	+*		
PAH			
Fluorene	+ *		
Chrysene	+ *	+ **	2
Dibenzo(a,h)anthracene	+ *		
Molecular			
<i>int3</i>	+ *	+***	1
HF183	+ **		
Time and location			
Year	+ ***	+ **	3
Site	+ *	+ **	4

+ : correlated variables and ordinations. * p < 0.05, ** p < 0.01 and *** p < 0.001. § February and April were missing for MTE, # NA: Not Applicable (missing values)

Ces analyses ont été complétées par des suivis de formes cultivables : *P. aeruginosa*, *Aeromonas caviae*, *E. coli*, entérocoques intestinaux, coliformes totaux, et les *Nocardia*. Les tests de corrélation ont permis de mettre en évidence plusieurs relations entre ces formes cultivables et les polluants ou caractéristiques physico-chimiques et facteurs hydrologiques associés aux performances du bassin de retenue-décantation. L'humidité des sédiments favorise le développement d'indicateurs fécaux (*E. coli*, coliformes et Entérocoques). Les teneurs en *Nocardia* sont plus élevées au niveau des sédiments composés de particules fines et légères. Gorny *et al.* (1999) ont montré que cette bactérie était fixée sur des particules de taille comprise entre 1.1 et 3.3 µm. Le risque d'aérosolisation de cette bactérie est donc réel en période sèche. *P. aeruginosa* est plus abondant au niveau des sédiments épais. Les *Nocardia* sont majoritairement présentes aux endroits du bassin riches en matières organiques (résultats déjà observé par Wilson *et al.*, 2011). Un enrichissement de *P. aeruginosa* a été observé au niveau de la fosse à hydrocarbure. En effet, Xu *et al.* (2015) ont montré que cette bactérie pouvait dégrader le pétrole. Une homogénéisation des caractéristiques microbio-physicochimiques et écotoxicologiques des sédiments a été constatée au bout de 5 ans de suivi. Concernant l'identification et la description des sources de contaminants microbiologiques présents dans le bassin de retenue-décantation, l'exploitation des résultats liés aux observations socio-urbanistiques a mis en exergue une relation directe entre la contamination microbiologique des eaux de ruissellement et la présence d'objets et de traces visibles associés aux activités socio-économiques entreprises sur le bassin versant (livrables L1.1, L1.2 et L3).

C.5 EXPLOITATION DES RESULTATS

Le modèle 3D développé pose les bases d'un outil de conception et de localisation des zones de contamination d'un bassin de retenue-décantation des eaux pluviales urbaines. L'utilisation de ce modèle a permis d'estimer l'efficacité d'interception des contaminants particulaires, de connaître la distribution des temps de séjours des contaminants et de valider la bonne conception du bassin étudié. *A. caviae* et *P. aeruginosa* peuvent servir de marqueurs des activités anthropiques et de la contamination d'origine humaine, et être utilisés comme indicateur de la bonne performance du BDR. L'analyse des résultats a également montré que les fosses à hydrocarbure jouaient un rôle néfaste par rapport à l'évolution de la qualité des sédiments (pas d'effet majeur sur la décantation, eau stagnante, « bouillon » de culture). Il est conseillé de curer ce type de bassin au bout de 5 ans, de le faire en hiver pour éviter tout risque d'aérosolisation des particules fines porteuses de bactéries pathogènes. Les agents en charge de l'entretien du bassin et des opérations de curage doivent porter des gants et des masques, surtout en période sèche. Le test « ostracodes » pourrait permettre une priorisation rapide de l'écotoxicité des sédiments et constitué un critère d'orientation vers une technique de curage ou de traitement. Des pratiques plus vertueuses au niveau des surfaces urbaines, au moyen d'objets et instruments de la vie quotidienne constitués de matériaux et substances moins nuisibles pour l'environnement, peuvent contribuer à réduire la contamination des eaux de ruissellement.

C.6 DISCUSSION

Discussion sur le degré de réalisation des objectifs initiaux, les verrous restant à franchir, les ruptures, les élargissements possibles, les perspectives ouvertes par le projet, l'impact scientifique, industriel ou sociétal des résultats.

Les nouvelles méthodes d'analyse développées dans le cadre du projet ont permis d'acquérir des données sur la présence de composés perturbateurs endocriniens (4-n-nonylphénol, bisphénol A et PBDE) dans le bassin de retenue-décantation étudié. Les concentrations retrouvées restent dans l'ordre de grandeur des traces sauf pour le 4-n-nonylphénol avec des concentrations allant jusqu'au mg/kg. D'autre part, cette étude a permis de révéler différents points du bassin où les concentrations de micropolluants dans les sédiments sont plus élevées. En revanche, ces analyses ciblées ne donnent des informations que sur un faible nombre de substances. Grâce à l'utilisation de la spectrométrie de masse par temps de vol, des données ont également été acquises sur d'autres polluants que les composés ciblés. L'interprétation des données d'analyse non-ciblée étant beaucoup plus longue et complexe que l'analyse ciblée, elle n'a pu être finalisée pendant le projet. L'analyse des relations entre caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques s'est faite à partir des coefficients de corrélation. Ils étaient majoritairement supérieurs à 0.51 et pouvaient atteindre 0.9. Certaines corrélations étaient négatives, surtout entre les concentrations en HAP et l'enrichissement ou le dépérissement de certains micro-organismes (e.g. genre *Nocardia* et l'espèce *P. Aeruginosa*). Ces dernières pourraient être interprétées soit comme un indicateur de la dégradation des HAP par *Nocardia*, soit par un impact négatif des HAP sur cette dernière. Il serait intéressant de faire des analyses statistiques sur les différentes espèces de *Nocardia* trouvées dans un tel contexte et vérifier la corrélation avec les HAP. Enfin, l'étude sur les sources des contaminants microbiologiques présents dans les sédiments des bassins de retenue-décantation met en évidence l'importance du rôle des objets et des traces visibles. Ces traces permettent de formuler des hypothèses sur les types de comportements individuels et collectifs qui peuvent être qualifiés de non vertueux car générateurs de contaminants microbiologiques. La relation entre les activités à la source et la contamination chimique des sédiments n'a pas été explorée.

C.7 CONCLUSIONS

Le projet Cabrres avait trois objectifs majeurs : i) caractériser finement les sédiments des bassins des retenue-décantation, ii) cerner la variabilité et l'hétérogénéité des caractéristiques microbio-physico-chimiques et écotoxicologiques de ces sédiments et faire ressortir les facteurs expliquant cette variabilité, iii) établir les corrélations entre caractéristiques et dégager des tendances d'évolution de la qualité des sédiments. Les conclusions et recommandations sont les suivantes :

Caractérisation microbiologique, physico-chimique, écotoxicologique des sédiments : les sédiments sont surtout contaminés en métaux, HAP et 4-NP nonylphénol (perturbateur endocrinien et polluant persistant surtout dans les sédiments). Leur diamètre médian est compris entre 50 et 150 μm . C'est du même ordre de grandeur que les tailles des polluants particulaires transportés par les eaux pluviales. Les espèces pathogènes, telles que *P. Aeruginosa*, *A. Cavie* ont été retrouvées dans les sédiments. L'espèce *Nocardia Cyriacigeorgica* a été isolée pour la première fois en France en milieu urbain et est surtout associée à des particules fines. Le test « ostracodes » s'est révélé adapté et a permis de montrer que les sédiments frais étaient plus écotoxiques que les sédiments matures.

Variabilité et hétérogénéité des caractéristiques micro-biophysico-chimiques et écotoxicologiques des sédiments : un des facteurs prépondérant qui permet d'expliquer la variabilité des caractéristiques des sédiments est l'hydrodynamique au sein du bassin de retenue-décantation. Un modèle 3D a été développé et permet de simuler le comportement hydrodynamique du bassin et de reproduire les zones préférentielles de dépôt. Comme attendu, le modèle montre que le bassin n'est pas efficace vis-à-vis de la pollution dissoute.

Corrélations et tendances : les tests de corrélation ont permis de mettre en évidence plusieurs relations entre les formes cultivables des microorganismes présents dans le bassin de retenue-décantation étudié et les caractéristiques physico-chimiques des sédiments. L'humidité des sédiments favorise le développement d'indicateurs fécaux. Les teneurs en *Nocardia* sont plus élevées au niveau des sédiments composés de particules fines et légères (taille comprise entre 1.1 et 3.3 μm). *P. aeruginosa* est plus abondant au niveau des points ayant une épaisseur importante de sédiments. Les *Nocardia* sont majoritairement présentes aux endroits du bassin riches en matières organiques. Un enrichissement de *P. aeruginosa* a été observé au niveau de la fosse à hydrocarbure. Une homogénéisation des caractéristiques micro-biophysicochimiques et écotoxicologiques des sédiments a été constatée au bout de 5 ans de suivi. Concernant l'identification et la description des sources de contaminants microbiologiques présents dans le bassin de retenue-décantation, les observations socio-urbanistiques ont mis en exergue une relation directe entre la contamination microbiologique des eaux de ruissellement et la présence d'objets et de traces visibles associés aux activités socio-économiques entreprises sur le bassin versant.

Outils et méthodes développés ou validés dans le cadre du projet : des outils innovants et précurseurs ont été développés pour approfondir l'étude de l'écologie des taxa bactériens : i) outil moléculaire *qPCR* pour le suivi de l'espèce pathogène *N. cyriacigeorgica*, ii) outil de métataxonomique puissant – *tpm* – pour, entre autres, les espèces de *Pseudomonas* et *Aeromonas*. Des outils ont également été utilisés pour inférer la dangerosité des espèces et génotypes inventoriés : tests de virulence sur modèle nématode, profilage des génotypes et comparaison avec des souches cliniques. Le test « ostracodes » s'est révélé pertinent pour analyser l'écotoxicité des sédiments des eaux pluviales. Le modèle 3D développé pose les bases d'un outil opérationnel et fiable permettant une meilleure conception des bassins dans un objectif de dépollution par décantation. Enfin, des outils statistiques robustes (ACP, matrice de corrélation, test de Wilcoxon) sont aujourd'hui disponibles pour l'établissement de

corrélations et la comparaison entre les différentes caractéristiques et échantillons de sédiments des bassins de retenue-décantation.

Quelques recommandations : il est déconseillé d'installer les fosses à hydrocarbure au sein des bassins de retenue-décantation. Dans le cadre de notre projet, les résultats obtenus montrent que ce type de fosse favorise l'enrichissement de *P. aeruginosa* (espèce pathogène), sans améliorer de façon significative les capacités d'interception des polluants particuliers. Nous conseillons de curer les bassins de retenue-décantation et de le faire après 5 ans minimum d'accumulation, et plutôt en hivers pour éviter tout risque d'aérosolisation des bactéries pathogènes. Au-delà de 5 ans, il y a un risque important de remobilisation des polluants (bassin moins efficace) et une réduction des capacités de stockage (volume occupé par les sédiments non disponible pour le stockage). Le test « ostracodes » pourrait être utilisé en routine pour qualifier les sédiments des bassins de retenue-décantation et constituer un outil d'aide au choix de filières de traitement et de valorisation des sédiments.

C.8 REFERENCES

- Gonzalez-Curbelo MA, Socas-Rodriguez B, Herrera-Herrera AV, Gonzalez-Salamo J, Hernandez-Borges J, Rodriguez-Delgado MA (2015): Evolution and applications of the QuEChERS method. *Trac-Trends in Analytical Chemistry* 71, 169-185
- Gorny, R. L., Dutkiewicz, J. & Krysinska-Traczyk, E. 1999 Size distribution of bacterial and fungal bioaerosols in indoor air. *Ann. Agric. Environ. Med.* 6, 105–113
- Guang-Guo Ying, Brian Williams, Rai Kookana (2002). Environmental fate of alkylphenols and alkylphenol ethoxylates – a review. *Environment International*, 28, 215– 226.
- Lipeme Kouyi G., Cren-Olive C., Cournoyer B. (2014). Chemical, microbiological, spatial characteristics and impacts of contaminants from urban catchments: CABRES project. *Environmental Science and Pollution Research*, Editorial text, special issue, 21(8), 5347-5356.
- Persson, J. (2000). The Hydraulic Performance of Ponds of Various Layouts. *Urban Water*. Volume: 2 Number: 3, pp 243-250. [http://dx.doi.org/10.1016/S1462-0758\(00\)00059-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1462-0758(00)00059-5)
- Sébastien C., Becouze-Lareure C., Lipeme Kouyi G., Barraud S. (2015). Event-based quantification of emerging pollutant removal for an open stormwater retention basin - loads, efficiency and importance of uncertainties, *Water Research*. 72(1), 239-250. doi: 10.1016/j.watres.2014.11.014.
- Soares A., Guieysse B., Jefferson B., Cartmell E., Lester J.N. (2008). Nonylphenol in the environment: A critical review on occurrence, fate, toxicity and treatment in wastewaters. *Environment International*, 34, 1033–1049.
- Wilson J.W. (2012). Nocardiosis: Updates and Clinical Overview. *Mayo Clinic Proceedings*, 87(4):403-7.
- Xu J., Liu H., Liu J., Liang R. (2015). Isolation and characterization of *Pseudomonas aeruginosa* strain SJTD-2 for degrading long-chain n-alkanes and crude oil. *Acta Microbiologica Sinica*, 55(6):755-63.
- Yan H., Lipeme Kouyi G., Gonzalez-Merchan C., Becouze-Lareure C., Sebastian C., Barraud S., Bertrand-Krajewski J.-L. (2014). Computational fluid dynamics modelling of flow and particulate contaminants sedimentation in an urban stormwater detention and settling basin. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(8), 5347-5356.

D LISTE DES LIVRABLES

Quand le projet en comporte, reproduire ici le tableau des livrables fourni au début du projet. Mentionner l'ensemble des livrables, y compris les éventuels livrables abandonnés, et ceux non prévus dans la liste initiale.

Tableau 2. Liste initiale des livrables et jalons (Li.j: Livrable n°j de la tâche i; Mi.j: Jalon n°j en lien avec la tâche i)

Delivrables Milestones	Description of deliverables and milestones	Deadline at (month)	Partners involved	Lead Partner
Task 0				
L0.1	Creation of project website	3	1	1
L0.2	Consortium Agreement	12	All	1
L0.3	Task progress report		All	1
L0.4	Report on IT tool specifications related to CABRRES results	24	All	1
L0.5	Interactive, educational tool containing all project results + the detention-settling basin monitoring protocol	48	All	1
Task 1				
L1.1	Analysis of the results of survey 1: Comparison between hypotheses regarding the a priori presence of certain contaminants and the effective extraction of these contaminants in the basin	36	All	3
L1.2	Analysis of the results of survey 2 – Report on the analysis of pollution risks: Summary of the methods for identifying contaminants and their diffusion using social activity.	48	All	3
Task 2				
L2.1	Specifications for the CFD approach to follow in order to model the hydrodynamics and particulate contaminant dispersion in the detention-settling basin	12	1	1
L2.2	Specifications for the CFD approach to follow to model the hydrodynamics and nanocontaminant (transport in dissolved phase) dispersion in the detention-settling basin	24	1	1
L2.4	Quantification of the impact of changes in particle characteristics (changes in practices on the drainage basin) on their spatial distribution	42	1, 3	1
L2.4	Quantification of the impact of geometric modifications on the spatial distribution of contaminants in the detention basin	48	1, 2	1
L2.5	Definition of basin design models which reduce public health and ecotoxicological risks	48	All	1
Task 3				
L3.1	30 « rrs » metagenomes (global bacterial profiling)	12	1, 2, 4	2
L3.2	30 « tpm » metagenomes (bacterial pathogen profiling)	15	1, 2, 4	2
L3.3	Analysis of concentrations (plate counts) of six bacterial species according to the presented sampling scheme and matching other analyses(size of particles, physico-chemical composition)	24	1, 2, 4	2
L3.4	List of sources of six allochthonous bacterial species found in the detention basin	33	All	2
L3.5	List of bacterial clones transferred from sources to the groundwater	42	All	2
L3.6	Final report on spatio-temporal dynamics, sources and transfer to the underground waters	48	All	2
Task 4				
L4.1	Results of the comparison between granulometric classes at the basin inlet and for 5 sediment traps	12	All	1
L4.2	Results of the comparison between settling velocity and density classes at the basin inlet and for 5 sediment traps	24	All	1

Delivrables Milestones	Description of deliverables and milestones	Deadline at (month)	Partners involved	Lead Partner
L4.3	Priority chemical contaminants at the sampling points, particle sizes, settling velocities	24	All	1
L4.4	List of detected chemical substances	30	All	1
L4.5	Hypotheses regarding the sources of the emerging substances alkylphenols and PBDE	36	All	1
L4.6	Hypotheses regarding chemical substances embedding and migration processes through the sediment; results of ecotoxicological tests	40	All	1
M4.2	List of chemical species matching the distribution of selected microorganisms	42	All	1
M4.3	Drawing up a coefficient of variation matrix to interpret the spatio-temporal dynamic	45	All	1
M4.4	Identification of sources	46	All	1
Task 5				
M5.1	Development of an analysis of PBDE and alkylphenols in solid matrices	12	1, 4	4
L5.1	Multi-residue analysis of pesticides in the sediment using LC-MS/MS	45	1, 4	4
L5.2	Multi-residue analysis of PBDE, HAP, alkylphenols in the sediment using GC-TOF	45	1, 4	4
Task 6				
L6.1	Correlation matrices	24	All	1
L6.2	List of regression models	36	All	1
L6.3	Results of the goodness-of-fit tests between the models found and the data	48	All	1

Tableau 3. Liste des livrables produits à l'issue du projet

Date de livraison	N°	Titre	Nature (rapport, logiciel, prototype, données, ...)	Partenaires (souligner le responsable)	Commentaires
01/06/2012	L0.1	Création du site internet du projet	Site web	INSA DEEP avec le GRAIE	Site internet conçu par le GRAIE
17/06/2012	L0.3	Règlement intérieur	Règlement	INSA DEEP avec le GRAIE	
31/03/2017	L0.5	Outil pédagogique synthétisant les résultats	Présentation animée	tous	Conception de l'outil coordonnée par le GRAIE, contribution de la Métropole de Lyon
11/07/2016	L1.1	Observation socio-urbanistiques : élaboration du protocole et résultats enquête 1	Rapport	EVS	1 Publication à soumettre dans Scientific Reports (exploitation d'une partie des résultats)
31/03/2017	L1.2	Observations socio-urbanistiques : Résultats enquête 2	Rapport	EVS	
21/07/2014	L2.1	Démarche CFD pour modéliser les zones de dépôt	Rapport et modèles 3D	DEEP	Une partie des résultats a été publiée dans la

					revue spéciale ESPR Cabbres
20/12/2016	L2.2	Modélisation du transport dissous	Rapport et modèles 3D	DEEP	
10/07/2013	L2.3	Conception d'un bassin de retenue à partir de la modélisation CFD	Rapport et modèles 3D	DEEP	Rapport de Master, en partenariat avec Pr. Jes Vollertsen (Université Aalborg, Danemark)
15/12/2015	M3	Caractérisation microbiologique des sédiments	Rapport et tableaux	LEM	
20/04/2017	L3	Caractérisation microbiologique des sédiments	Rapports et tableaux	LEM	1 Publication soumise dans Scientific Reports (exploitation d'une partie des résultats)
21/07/2014	L4.1	Comparaison sédiments anciens vs. sédiments frais	Rapport	DEEP	
29/03/2017	L4.2	Bilan suivis paramètres physico-chimiques des sédiments	Rapport	DEEP et ISA	
20/11/2016	L4.3	Caractérisation écotoxicologique des sédiments	Rapport	LENHA et DEEP	1 Publication soumise dans Chemosphere (exploitation d'une partie des résultats)
20/01/2017	L4.4	Comparaison sédiments entrée du bassin vs. sédiments pièges	Rapport	DEEP	
20/08/2016	M5.1	Mise au point du protocole d'analyse des PBDE et Alkylphénols	Rapport	ISA	
20/08/2016	L5.1	Analyse des pesticides et hydrocarbures aromatiques polycycliques de la Directive Cadre Eau	Rapport	ISA	
20/08/2016	L5.2	Analyse par GC-ToF des PBDE	Rapport	ISA	
20/08/2016	L5.3	Analyse par LC-MS/MS des alkylphénols et alkylphénols éthoxylés	Rapport	ISA	
29/03/2017	L6	Corrélations entre	Rapport	DEEP, ISA, LEM	1 Publication soumise dans

		caractéristiques microbiophysico-chimiques des sédiments			Environmental Research (exploitation d'une partie des résultats)
--	--	--	--	--	--

E IMPACT DU PROJET

Ce rapport rassemble des éléments nécessaires au bilan du projet et plus globalement permettant d'apprécier l'impact du programme à différents niveaux.

E.1 INDICATEURS D'IMPACT

Nombre de publications et de communications (à détailler en E.2)

Comptabiliser séparément les actions monopartenaire, impliquant un seul partenaire, et les actions multipartenaires résultant d'un travail en commun.

Attention : éviter une inflation artificielle des publications, mentionner uniquement celles qui résultent directement du projet (postérieures à son démarrage, et qui citent le soutien de l'ANR et la référence du projet).

		Publications multipartenaires	Publications monopartenaire
International	Revue à comité de lecture	8	2
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage	0	0
	Communications (conférence)	5	4
France	Revue à comité de lecture	1	1
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage	0	0
	Communications (conférence)	2	3
Actions de diffusion	Articles vulgarisation	1 (par une journaliste suite à la journée de restitution)	
	Conférences vulgarisation	11	
	Autres		5

Autres valorisations scientifiques (à détailler en E.3)

Ce tableau dénombre et liste les brevets nationaux et internationaux, licences, et autres éléments de propriété intellectuelle consécutifs au projet, du savoir-faire, des retombées diverses en précisant les partenariats éventuels. Voir en particulier celles annoncées dans l'annexe technique).

	Nombre, années et commentaires (valorisations avérées ou probables)
Brevets internationaux obtenus	
Brevet internationaux en cours d'obtention	
Brevets nationaux obtenus	
Brevet nationaux en cours d'obtention	
Licences d'exploitation (obtention / cession)	
Créations d'entreprises ou essaimage	
Nouveaux projets collaboratifs	1. Iouqmer financé par Anses (incidence des activités socio-économiques sur la qualité microbiologique et chimique des eaux de ruissellement étude sur 3 bassins versants urbains),

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Patho-air financé par Labex IMU (Dispersion atmosphérique des micro-organismes pathogènes et dangers sanitaires liés à l'aérosolisation des sédiments), 3. Iouqmer financé par labex IMU (incidence des activités socio-économiques sur la qualité microbiologique des eaux de ruissellement - étude sur 1 bassin versant industriel), 4. Sujet de Master DEEP-CNRS LIRIS sur l'extraction des vitesses de surface dans un bassin de retenue à partir de l'analyse et du traitement d'images, 5. Thèse China Scholarship Council - CSC sur la modélisation CFD pour prédire les teneurs en métaux dans les sédiments des bassins de retenue-décantation
Colloques scientifiques	<ol style="list-style-type: none"> 1. Journée de restitution, Mars 2017, 60 personnes ; 2. Présentation des résultats CABRRES lors de la journée technique OTHU de 2015, 162 personnes
Autres (préciser)	Construction à venir des formations GRAIE sur : i) test « ostracodes », ii) conception des bassins de retenue dans un objectif de dépollution, iii) échantillonnage et caractérisation physique des sédiments.

E.2 LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

Répertorier les publications résultant des travaux effectués dans le cadre du projet. On suivra les catégories du premier tableau de la section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** en suivant les normes éditoriales habituelles. En ce qui concerne les conférences, on spécifiera les conférences invitées.

Articles parus et soumis dans les revues internationales à comité de lecture

1. Yan H., Lipeme Kouyi G., Gonzalez-Merchan C., Becouze-Lareure C., Sebastian C., Barraud S., Bertrand-Krajewski J.-L. (2014). Computational fluid dynamics modelling of flow and particulate contaminants sedimentation in an urban stormwater detention and settling basin. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(8), 5347-5356.
2. Lipeme Kouyi G., Cren-Olivé C., Cournoyer B. (2014). Chemical, microbiological, spatial characteristics and impacts of contaminants from urban catchments: CABRRES project. *Environmental Science and Pollution Research*, Editorial text, special issue, 21(8), 5347-5356.
3. Becouze-Lareure C., Perrodin Y., Gonzalez-Merchan C., Bazin C., Sebastian C., Barraud S. and Lipeme Kouyi G. (2017). Spatio-temporal dynamics of sediment ecotoxicity in urban stormwater retention basins: methodological approach and application to a pilot site. *Chemosphere* (under review).
4. Gonzalez-Merchan C., Perrodin Y., Barraud S., Sébastien C., Becouze-Lareure C., Bazin C., & Lipeme Kouyi G. (2014). Spatial variability of sediment ecotoxicity into a large stormwater detention basin. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(8), 5357-5366.
5. Bernardin-Souibgui C., Barraud S., Wiest L., Colinon C., Marjolet L., Becouze C., Cournoyer B., Lipeme Kouyi G., Aubin J.-B., Blaha D. (2017). Incidence of hydrological, chemical and physical constraints on pathogens trapped in an urban stormwater detention basin. Submitted to *Environmental Research* (under review).
6. Marti Romain, Bécouze-Lareure Céline, Ribun Sébastien, Marjolet Laurence, Bernardin-Souibgui Claire, Aubin Jean-Baptiste, Lipeme Kouyi Gislain, Wiest Laure, Blaha Didier, Cournoyer Benoit (2017). Bacteriome genetic structures of urban deposits mobilized by runoffs are impacted by chemical pollutants and indicative of their origin. Submitted to *Scientific Reports*.
7. Sebastian, C., S. Barraud, S. Ribun, A. Zoropogui, D. Blaha, C. Becouze-Lareure, G. Lipeme Kouyi, B. Cournoyer (2014). Accumulated sediments in a detention basin: chemical and microbial hazards assessment linked to hydrological processes. *Env. Sc. Poll. Res.* 21:5367-5378
8. Voisin, J., B. Cournoyer, and F. Mermillod-Blondin (2015). Utilisation de billes de verre comme substrats artificiels pour la caractérisation des communautés microbiennes

dans les nappes phréatiques : mise au point méthodologique. *La Houille Blanche*, 4 : 52-5

9. Voisin Jérémy, Cournoyer Benoit, Mermillod-Blondin Florian (2016). Assessment of artificial substrates for evaluating groundwater microbial quality. *Ecological Indicators*, 71, 577–586.
10. Sebastian C, Becouze-Lareure C, Lipeme Kouyi G, Barraud S (2015): Event-based quantification of emerging pollutant removal for an open stormwater retention basin - Loads, efficiency and importance of uncertainties. *Water Research*, 72, 239-250

Articles dans les actes de congrès internationaux

1. Wiest L., Baudot R., Lafay F., Becouze-Lareure C., Aubin J.-B., Barraud S., Lipeme Kouyi G., Vulliet E. (2017). Fate of emerging contaminants in retention basin sediments: four years monitoring results. 14th International Conference on sustainable use and management of soil, sediment and water resources - AquaConSoil, Lyon, France , 26–30 June.
2. Bernardin C., Blaha D., Barraud S., Cournoyer B. (2016). Distribution spatio-temporelle des pathogènes d'un bassin de rétention en fonction de la composition chimique des sédiments. 9^e conférence internationale Novatech, Lyon, France, 28 juin – 1^{er} juillet.
3. Zhu Xiaoxiao, Lipeme Kouyi Gislain, Becouze-Lareure Céline, Barraud Sylvie, Bertrand-Krajewski Jean-Luc (2017). 3D numerical modelling of resuspension and remobilization of sediments in a stormwater detention basin. 14th International Conference on sustainable use and management of soil, sediment and water resources - AquaConSoil, Lyon, France , 26–30 June.
4. Zhu Xiaoxiao, Claro Barreto Alejandro, Gislain Lipeme Kouyi (2016). Design and performance evaluation of Hydrocyclone and Lamella Settler for Urban Stormwater Sediments. 8th international conference on Sewer Processes and Networks – SPN8, Rotterdam, Netherlands, 31 Aug.-2 Sept.
5. Zhu X., Miguet S., Lipeme Kouyi G. (2017). Application of LSPIV to measure surface velocity field in a stormwater detention basin and to validate CFD model. 14th IWA/IAHR International Conference on Urban Drainage, 10-15 September, Prague, Czech Republic, 4 p.
6. Zhu X., Lipeme Kouyi G. (2017). Use of free surface velocity measurements in a stormwater detention basin to validate CFD model. 23rd EJSW – Monitoring urban drainage systems, Chichilianne, France, 15-20 May, 4p.
7. Lipeme Kouyi G., Marti R., Toussaint J.-Y., Perrodin Y., Aubin J.-B., Becouze-Lareure C., Wiest L., Barraud S., Vareilles S., Gleizal A., Gonzalez-Merchan C., Cournoyer. B. (2016). Intérêt de la pluralité scientifique pour identifier les sources et mieux caractériser les sédiments des bassins de retenue- Exemple du projet ANR Cabrres. 9^{ième} Conférence Internationale - Novatech, Lyon, France, 28 juin – 1^{er} juillet.
8. Becouze-Lareure Céline, Gonzalez-Merchan Carolina, Sébastien Christel, Perrodin Yves, Barraud Sylvie, Lipeme Kouyi Gislain (2014). Physical and chemical evolution of sediments in stormwater detention basin. Proceedings of the 13th International Conference on Urban Drainage, 7-12 September 2014, Kuching, Malaysian Borneo, 8 p.
9. Becouze-Lareure C., Wiest L., Barraud S., Gislain Lipeme Kouyi G. (2016). Accumulated sediments in a retention/detention basin: What about the contamination in terms of emerging pollutants? 9th international conference NOVATECH, Lyon, France, 28 June-1st, 5p.

Articles parus et soumis dans les revues nationales à comité de lecture

1. Becouze-Lareure C., Gonzalez-Merchan C., Sébastien C., Perrodin Y., Barraud S. et Lipeme Kouyi G. (2016). Évolution des caractéristiques physico-chimiques et écotoxicologiques des sédiments accumulés dans un bassin de retenue-décantation : premiers résultats du projet ANR CABRRES. *Techniques Sciences & Méthodes*, 4, 43 – 55.
2. Boukerb, A., et B. Cournoyer. 2013. *Pseudomonas aeruginosa*, une espèce pathogène à forte fréquence de recombinaisons génétiques, abritant des lignées spécialisées et largement disséminées. *Bull. Veille Sci. Anses* 20 : 20-24

Articles dans les actes de congrès nationaux

1. Bernardin C., Bécouze C., Gonzalez-Merchan C. Barraud S., Blaha D., Cournoyer B. (2014). Caractérisation microbiologique et risques sanitaires associés aux dépôts sédimentaires dans le Bassin de rétention de Django-Reinhardt (Chassieu, Rhône). Journées doctorales en hydrologie urbaine – JDHU, INSA Lyon, Lyon, 1-3 juillet.
2. Becouze-Lareure C., Gonzalez-Merchan C., Sébastien C., Perrodin Y., Barraud S. et Lipeme Kouyi G. (2014). Évolution des caractéristiques physico-chimiques et écotoxicologiques des sédiments accumulés dans un bassin de retenue-décantation : premiers résultats du projet ANR CABRRES. 6^{èmes} Journées doctorales en hydrologie urbaine – JDHU, INSA Lyon, Lyon, 1-3 juillet.
3. Claro Barreto, A., Vacherie, S., Lipeme Kouyi, G. (2015). Utilisation du Leaping-Weir comme dispositif de piégeage de sédiments en temps de pluie et de mesure de faibles débits. 33^{èmes} Rencontres Universitaires de Génie Civil – AUGC, 27-29 Mai, Bayonne, 7 p.
4. Lipeme Kouyi Gislain, Østertoft Kristian, Yan Hexiang (2014). CABRRES project: the influence of two large stormwater detention basins design on hydrodynamic and sediment distribution. 32^{èmes} Rencontres Universitaires de Génie Civil – AUGC, 4-6 Juin, Orléans, 10 p.
5. Zhu X., Lipeme Kouyi G. (2016). Expérimentations et modélisation de l'hydrodynamique et de transport de sédiments dans un bassin de retenue-décantation des eaux pluviales. 7^{èmes} Journées doctorales en hydrologie urbaine – JDHU, IFSTTAR, Nantes, 11-12 octobre, 4 p.

Article de vulgarisation

1. Dorothee Laperche (2017). Comment bien gérer ses bassins de rétention des eaux pluviales. Article de vulgarisation dans « Actu-Environnement », parution du 16 mars 2017, 15h02, suite à la journée scientifique de restitution, article rédigée par Dorothee Laperche, journaliste spécialisée, <https://www.actu-environnement.com/ae/news/bassins-retention-eaux-pluviales-graie-28645.php4>

Conférences de vulgarisation

1. Journée de restitution : <http://graie.org/cabrres/spip.php?article12>
2. 3 présentations (Becouze-Lareure C., Sebastian C., Barraud S. et al.; Perrodin et al. ; Cournoyer et al.) suivies de discussion en plénière avec les responsables de la Métropole de Lyon lors de la Journée technique Othu, Septembre 2015.
3. Cournoyer, B., Bernardin, C., Marti, R., Becouze-Lareure, C., Barraud, S., Lipeme Kouyi, G., Perrodin, Y., Michallon, J., Ribun, S., Marjolet, L., Gleizal, A., Toussaint, J-Y., Vareilles, S., Blaha D. (2015). Intelligences des mondes urbains et risques sanitaires : Cas des expositions aux agents infectieux véhiculés par l'eau de pluie. Journées Labex IMU, Lyon, 26 & 27 novembre 2015.
4. Marti, R., J. Michallon, S. Ribun, L. Marjolet, A. Gleizal, J-Y Toussaint, S. Vareilles B. Cournoyer. Évaluation de la diversité des espèces du genre *Pseudomonas* par meta-

taxogénomique : Contexte d'un bassin versant industriel. Journée du groupe de recherche sur *Pseudomonas* (GDR *Pseudomonas*), Dijon, 14-16 octobre 2015.

5. Lipeme Kouyi G., R. Marti, B. Misery, C. Bernardin, J.-Y. Toussaint, Y. Perrodin, J.-B. Aubin, C. Becouze-Lareure, L. Wiest, S. Barraud, D. Blaha, S. Vareilles, A. Gleizal, C. Gonzales-Merchan, C. Bazin, B. Cournoyer (2016). Sources, évolution et gestion des contaminants urbains véhiculés par les eaux de ruissellement – une approche interdisciplinaire. Conférence « l'eau dans tous ses états », Faculté des sciences et technologies de l'Université Lyon 1, Lyon, 21 juin.

Autres (rapports, presse écrite)

2. Blaha D. (2017). Impact du milieu urbain sur la diversité et la dangerosité de bactéries pathogènes opportunistes. Rapport HDR - Habilitation à diriger des recherches, Université Lyon 1, 213 p.
3. Bernardin, Claire. 2017. Origine, diversité et dangerosité d'organismes pathogènes présents dans les bassins de rétention des eaux pluviales en milieu urbain. Doctorat de l'Université Lyon 1.
4. Misery, Boris. 2016. Développement d'une approche métataxogénomique permettant d'inférer l'incidence de polluants urbains sur les *Pseudomonas aeruginosa* et *Aeromonas caviae*. Master 2 recherche – parcours Ecologie Microbienne, Université Lyon 1, France
5. Claro Barreto Alejandro (2014). Modélisation 3D d'un nouveau dispositif de piégeage de sédiments à l'entrée d'un bassin de retenue-décantation. Rapport de Master MEGA (mécanique, génie civil et acoustique), INSA de Lyon, 60p.
6. Østertoft Kristian (2012). Solids Transport and Retention in Stormwater Detention Basins - Physical Sediment Characterisation and CFD Modelling Using Particle Tracking. Rapport Master, MSc.-Programme in Environmental Engineering Department of Biotechnology, Chemistry and Environmental Engineering, Aalborg University, 55 p.

E.3 LISTE DES ELEMENTS DE VALORISATION

*La liste des éléments de valorisation inventorie les retombées (autres que les publications) décomptées dans le deuxième tableau de la section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** On détaillera notamment :*

- brevets nationaux et internationaux, licences, et autres éléments de propriété intellectuelle consécutifs au projet.
- logiciels et tout autre prototype
- actions de normalisation
- lancement de produit ou service, nouveau projet, contrat,...
- le développement d'un nouveau partenariat,
- la création d'une plate-forme à la disposition d'une communauté
- création d'entreprise, essaimage, levées de fonds
- autres (ouverture internationale,..)

Elle en précise les partenariats éventuels. Dans le cas où des livrables ont été spécifiés dans l'annexe technique, on présentera ici un bilan de leur fourniture.

1. Revue spéciale CABRRES : Journal of Env. Sci. Poll. Res. Volume 21, Issue 8.
2. Outil pédagogique de valorisation des résultats : présentation power point animée
3. Prototype Leaping-weir couplé à un hydrocyclone pour le prélèvement de sédiments en temps de pluie à l'entrée du bassin
4. Cartographie SIG des activités socio-économiques et liens avec la présence de l'espèce *P. aeruginosa*

5. Dispositif de mesure de vitesse de surface dans un bassin de rétention *in situ* à l'aide d'une caméra
6. Formations GRAIE envisagées : test « ostracodes » ; échantillonnage sédiments : méthode de quartage et mesures physico-chimiques de base ; conception des bassins dans un objectif de dépollution (formes appropriée des bassins, rappel des règles de dimensionnement, démonstration simulations 3D et visualisation des trajectoires des contaminants particuliers)
7. Modèle 3D comme base d'un outil de conception des bassins de retenue dans un objectif de dépollution
8. i) outil moléculaire *qPCR* pour le suivi de l'espèce pathogène *N. cyriacigeorgica*, ii) outil de métataxonomique puissant – *tpm* – pour, entre autres, les espèces de *Pseudomonas* et *Aeromonas*, iii) tests de virulence sur modèle nématode, iv) test « ostracodes »
9. outils statistiques : ACP, matrice de corrélation, test de Wilcoxon

E.4 BILAN ET SUIVI DES PERSONNELS RECRUTES EN CDD (HORS STAGIAIRES)

Ce tableau dresse le bilan du projet en termes de recrutement de personnels non permanents sur CDD ou assimilé. Renseigner une ligne par personne embauchée sur le projet quand l'embauche a été financée partiellement ou en totalité par l'aide de l'ANR et quand la contribution au projet a été d'une durée au moins égale à 3 mois, tous contrats confondus, l'aide de l'ANR pouvant ne représenter qu'une partie de la rémunération de la personne sur la durée de sa participation au projet.

Les stagiaires bénéficiant d'une convention de stage avec un établissement d'enseignement ne doivent pas être mentionnés.

Les données recueillies pourront faire l'objet d'une demande de mise à jour par l'ANR jusqu'à 5 ans après la fin du projet.

Identification				Avant le recrutement sur le projet			Recrutement sur le projet				Après le projet				
Nom et prénom	Sexe H/F	Adresse email (1)	Date des dernières nouvelles	Dernier diplôme obtenu au moment du recrutement	Lieu d'études (France, UE, hors UE)	Expérience prof. Antérieure, y compris post-docs (ans)	Partenaire ayant embauché la personne	Poste dans le projet (2)	Durée missions (mois) (3)	Date de fin de mission sur le projet	Devenir professionnel (4)	Type d'employeur (5)	Type d'emploi (6)	Lien au projet ANR (7)	Valorisation expérience (8)
Fratta Cédric	H	cedricfratta@orange.fr	09/2013	Licence Pro	France	2,5 ans	4	Assistant Ingénieur	16	30/06/2013	CDI				
Becouze-Lareure Céline	F			Doctorat	France	2	1	Post-doct	18	1/09/2015	CDD 12 mois				
Gonzales Merchan Carolina	F			Doctorat	France	1	1	Post-doc	3	1/03/2015	Post-doc Canada				

Aide pour le remplissage

- (1) **Adresse email** : indiquer une adresse email la plus pérenne possible
- (2) **Poste dans le projet** : post-doc, doctorant, ingénieur ou niveau ingénieur, technicien, vacataire, autre (préciser)
- (3) **Durée missions** : indiquer en mois la durée totale des missions (y compris celles non financées par l'ANR) effectuées sur le projet
- (4) **Devenir professionnel** : CDI, CDD, chef d'entreprise, encore sur le projet, post-doc France, post-doc étranger, étudiant, recherche d'emploi, sans nouvelles
- (5) **Type d'employeur** : enseignement et recherche publique, EPIC de recherche, grande entreprise, PME/TPE, création d'entreprise, autre public, autre privé, libéral, autre (préciser)
- (6) **Type d'emploi** : ingénieur, chercheur, enseignant-chercheur, cadre, technicien, autre (préciser)
- (7) **Lien au projet ANR** : préciser si l'employeur est ou non un partenaire du projet
- (8) **Valorisation expérience** : préciser si le poste occupé valorise l'expérience acquise pendant le projet.

Les informations personnelles recueillies feront l'objet d'un traitement de données informatisées pour les seuls besoins de l'étude anonymisée sur le devenir professionnel des personnes recrutées sur les projets ANR. Elles ne feront l'objet d'aucune cession et seront conservées par l'ANR pendant une durée maximale de 5 ans après la fin du projet concerné. Conformément à la loi n° 78-17 du 6 janvier

1978 modifiée, relative à l'Informatique, aux Fichiers et aux Libertés, les personnes concernées disposent d'un droit d'accès, de rectification et de suppression des données personnelles les concernant. Les personnes concernées seront informées directement de ce droit lorsque leurs coordonnées sont renseignées. Elles peuvent exercer ce droit en s'adressant l'ANR (<http://www.agence-nationale-recherche.fr/Contact>).

