Programmation scientifique innEAUvation

coordonnée par la Direction Innovation

SIAAP
Service public de l'assainissement francilien

inneauvation
l'innovation au service de l'eau

Programmation scientifique innEAUvation

coordonnée par la Direction Innovation

Édition 2022

L'innovation au cœur de la stratégie du SIAAP

En traitant près de 2,5 millions de mètres cubes d'eaux usées par jour avant de les rendre à la Marne et à la Seine, le SIAAP démontre au quotidien un savoir-faire industriel dont l'impact environnemental positif est essentiel pour l'agglomération parisienne. Depuis 50 ans, ce savoir-faire est celui du service public de l'assainissement francilien, incarné par plus de 1 800 agents qui agissent pour la protection de nos fleuves et de leur équilibre écologique. Grâce à son action, qui s'est développée au fur et à mesure de la croissance démographique et urbaine et de la prise de conscience individuelle et collective que protéger l'environnement est le gage de notre avenir, le SIAAP œuvre pour l'intérêt général dans une logique de performance industrielle.

Dans la construction de son histoire et dans la conception de ses stratégies industrielles, le SIAAP a fait de l'innovation un précieux affluent. L'innovation irrigue nos réflexions techniques et nos choix technologiques ; elle alimente nos schémas directeurs et guide nos échanges avec nos partenaires ; elle éclaire l'avenir de nos métiers qui tendent vers de nouveaux horizons, que ce soit de connaissance, d'analyse ou de pratique ; elle ouvre le champ des possibles vers des solutions, par exemple dans le domaine énergétique, qui donnent à notre mission un supplément de performance au cœur des logiques de développement durable et d'économie circulaire ; elle trace enfin le chemin que nous empruntons pour faire vivre nos valeurs, nos choix humains et nos politiques sociales car l'innovation ne peut avoir d'autre objectif que d'être partagée et de servir l'humain. Pour toutes ces raisons, l'innovation est une dynamique qui a toute sa place au cœur de notre action.

L'innovation est un atout pour répondre aux enjeux industriels et environnementaux qui se dessinent devant nous. L'innovation doit nous accompagner sur le chemin de la réduction de l'empreinte énergétique et environnementale de l'activité d'assainissement, dans un objectif d'atténuation du changement climatique et de recherche de sobriété. L'innovation doit nous ouvrir la voie de la récupération et de la valorisation des ressources présentes dans nos matières et nos effluents et nous permettre de dessiner les modes de gestion du système d'assainissement de demain, adaptés au contexte de changement climatique. L'innovation doit simplement rester au service de l'eau.

Portée par le Conseil d'administration du SIAAP depuis l'origine, conçue, activée et pilotée par les directions générales qui se sont succédé, nous avons souhaité aujourd'hui renforcer cette dynamique. La création de la démarche innEAUvation, imaginée pour faire le pont entre le monde de la recherche, le monde opérationnel et le monde de l'enseignement supérieur, et ainsi réussir à faire de l'innovation une réalité industrielle, en est l'illustration. L'engagement dans cette démarche constitue un pas de plus sur le chemin à emprunter pour être collectivement au rendez-vous d'un monde plus durable.

François-Marie Didier, Président
Jacques Olivier, Directeur Général

Parlons d'innEAUvation...

Ensemble, mettons l'innovation au service de l'eau. Regardons l'innovation, non pas comme une fin en soi, mais bien comme un moyen de nous accompagner vers un assainissement performant, intégré dans la ville résiliente et durable. Construisons cette innovation publique à vocation industrielle, capable d'accompagner le monde de l'assainissement dans ses évolutions futures mais également de faire émerger des solutions innovantes pour répondre aux problématiques du présent.

Au cours du XXe siècle, l'évolution des techniques d'assainissement s'est faite au rythme de la progression de la connaissance scientifique. Ce lien étroit entre développement industriel et progrès scientifique a permis de bâtir le système d'assainissement francilien que nous connaissons aujourd'hui ; un outil industriel performant restituant à la rivière une eau propre propice au maintien de la biodiversité. Hier au service de la construction de l'assainissement francilien, l'innovation doit aujourd'hui ouvrir la voie vers de nouvelles pratiques d'exploitation de nos systèmes industriels tout en réinventant la place de l'assainissement au sein du territoire.

Mais ne cherchons pas, dans l'avenir, à retrouver le passé. Ces mots empruntés à André Gide nous rappellent qu'il nous appartient aujourd'hui de dessiner ensemble les contours de l'innovation de demain. Avec humilité et conviction, inspirés du passé, nourris du présent et attentifs à l'avenir, nous avons tracé trois lignes qui nous disent qu'innover c'est être capable de regarder autrement nos matrices, d'imaginer de nouvelles manières de conduire nos usines et de réinventer leur place et leur rôle au sein de la ville.

Regardons autrement l'eau transitant dans les réseaux, traversant les usines et s'écoulant dans les rivières. Que l'effort à consentir est grand. Plus d'un siècle d'histoire a conduit à l'ancrage d'une culture technique ; culture fondée sur des outils nés de la créativité des techniciens et transmis de génération en génération, tel un héritage familial. Recevons cet héritage. Et, à l'instar des hygiénistes du début du siècle dernier, osons le changement. Osons observer nos matrices à travers d'autres prismes. La promotion de méthodes innovantes pour le suivi des matrices de l'assainissement, qu'il s'agisse de méthodes physiques, chimiques ou biologiques, en ligne ou en laboratoire, constitue, sans nul doute, un levier d'optimisation de l'exploitation de nos installations industrielles et de limitation de leur empreinte environnementale.

Proposons des outils de pilotage innovants de nos procédés, nos filières et notre système d'assainissement. Filières épuratoires performantes mais complexes, cadre réglementaire exigeant, nécessaire limitation des coûts d'exploitation et de maintenance, légitime ambition de réduire l'empreinte environnementale, contraintes hydrauliques fortes avec des conditions météorologiques de plus en plus contrastées et des évènements atypiques de plus en plus fréquents ; tel est dorénavant le paysage offert aux exploitants des systèmes d'assainissement. Face à ces défis du quotidien, le développement d'outils au service de l'exploitation des installations industrielles devient une priorité. Les modèles mathématiques et autres jumeaux numériques, capables d'indiquer le nord dans ce paysage méandreux où se mêlent objectifs et contraintes, mais également les approches innovantes, capables d'accroître la durabilité de nos installations, doivent grandir, gagner en maturité et robustesse, puis quitter les tiroirs de l'innovation pour s'installer durablement au plus près du terrain.

innEAUvation
l'innovation au service de l'eau

Repensons le rôle et la place de la station d'épuration dans la ville de demain. Plus encore qu'aujourd'hui, l'usine de demain devra contribuer à réduire le niveau d'imprégnation de l'environnement par les micropolluants. L'usine, exutoire de la ville, se doit de s'ériger comme la dernière digue avant la rivière ; une digue capable de contenir les vagues de contaminants biologiques, de micropolluants chimiques ou de polluants émergents, tels par exemple les micro-plastiques. Au-delà de l'accroissement des exigences en termes d'efficacité, c'est la place même de l'usine au sein de la ville qui se redessine. L'engagement dans la transition énergétique pour la croissance verte et, de manière plus large, la promotion de l'économie circulaire place l'assainissement au cœur des enjeux actuels. Aujourd'hui pôle de dépollution, nos usines seront demain des pôles de transformation et de valorisation de matière, au service de nos territoires. La recherche se doit d'accompagner cette mue industrielle qui ouvre le monde de l'assainissement à un champ de questionnements scientifiques inédits. Ainsi, on se questionne aujourd'hui sur la valorisation énergétique des matières issues de l'assainissement et du territoire, sur la récupération des nutriments dans les eaux et boues, sur les technologies de rupture combinant traitement électrochimique et production d'électricité et sur bien d'autres voies prospectives à explorer à la lumière de l'innovation.

Gardons cependant à l'esprit que le dynamisme de l'innovation dépend de sa dimension collective et partagée et de son ancrage dans le paysage opérationnel. Le terreau propice à l'installation pérenne de cette dynamique du changement, nous l'avons imaginé sous la forme d'un label **innEAUvation**. Couvrant l'ensemble de la programmation scientifique portée par le SIAAP et ses collaborateurs, ce label se veut être une plateforme d'échange et de partage, conçue pour maintenir la synergie entre les initiatives de recherche, assurer leur lien avec les enjeux opérationnels et favoriser les interactions entre chercheurs et opérateurs. L'effacement voulu des frontières entre sphères scientifique et opérationnelle constitue, sans aucun doute, un atout indéniable pour assurer la nécessaire percolation de l'innovation dans notre métier.

À travers la rédaction de ce programme, j'ai souhaité partager les grandes lignes de l'innovation mais également présenter les projets structurants actuellement engagés. Inscrit sur le temps long, intégrant nombre d'équipes de chercheurs et d'opérateurs, et bénéficiant de l'implication des équipes opérationnelles du SIAAP, ce programme innEAUvation vivra, évoluera et grandira au rythme de nos échanges à venir.

Vincent Rocher
Directeur Innovation au SIAAP

sommaire

Chapitre 1

Mettre l'innovation au service de l'eau **8**

Partie 1 • Une innovation publique à vocation industrielle 9
Partie 2 • La Direction Innovation, son organisation et ses moyens 11
Partie 3 • Un processus Innovation-Expertise pour une innovation partagée 17
Partie 4 • La programmation scientifique innEAUvation 23

Chapitre 2

Programmes pluriannuels, pour tracer les lignes de l'innovation industrielle **30**

Partie 1 • Mocopée, pour la l'usine d'épuration 31
Axe 1 Métrologie et traitement du signal 33
Axe 2 Modélisation des procédés et contrôle-commande 35
Axe 3 Intégrité des systèmes de transport et de traitement 37
Axe 4 Concepts innovants (recherche amont et valorisation ressources) 39

Partie 2 • MeSeine Innovation, pour le milieu récepteur 41
Axe 1 Mieux connaître nos rivières franciliennes 43
Axe 2 Regarder autrement les eaux de surface 45
Axe 3 Faire évoluer les outils numériques 47

Chapitre 3

Partenariats académiques, pour approfondir la compréhension des mécanismes impliqués dans le cycle de l'eau **50**

Partie 1 • PIREN-Seine, cerner le fonctionnement de la Seine et de ses territoires 51
Partie 2 • OPUR, observer et comprendre le transfert de polluants dans la ville 55

Chapitre 4

Partenariats opérateurs Eau et Déchets, pour progresser en synergie avec les acteurs des territoires **60**

Partie 1 • Partenariats opérateurs publics, avancer sur les problématiques techniques et environnementales communes 61
Partie 2 • Partenariats opérateurs privés, anticiper l'évolution des filières de traitement 65

Chapitre 5

Synopsis des activités et productions scientifiques **70**

L'innovation en quelques chiffres clés 71
Productions scientifiques et techniques 2020-2022 73

Chapitre 6

Équipes impliquées dans innEAUvation **78**

Partenaires scientifiques 79
Partenaires industriels 83
Partenaires associatifs 84

Chapitre 1

Mettre l'innovation au service de l'eau

Partie 1

Une innovation publique à vocation industrielle

L'innovation au cœur du SIAAP depuis 1970

Le SIAAP exploite le premier outil industriel de France pour l'assainissement. Cet outil industriel performant est le résultat de vagues de constructions menées depuis plus de 50 ans. Aujourd'hui, le système d'assainissement du SIAAP restitue au milieu naturel une eau propre compatible avec l'atteinte des objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau et propice à la biodiversité ; le recensement de plus de 30 espèces de poissons dans la Seine et la Marne témoigne de la biodiversité retrouvée des rivières franciliennes.

La mutation de l'outil industriel a été accompagnée par une activité scientifique foisonnante, notamment avec la création dès 1980 du Centre de Recherche Interdépartemental pour le Traitement des Eaux Résiduaires qui expérimentait à l'échelle industrielle les procédés de traitement sur le site de Colombes. Renommée par la suite Direction de la Recherche et du Développement, Direction du Développement et de la Prospective, Direction de l'Innovation et de l'Environnement, puis Direction Innovation, cette entité a accompagné l'évolution des installations du SIAAP.

Le site de Colombes, berceau de l'innovation publique à vocation industrielle

1916
Essais d'épuration biologique par filtres biologiques

1921
Essais d'épuration biologique par boues activées

1980
Pilote pour le traitement de l'azote

2020
Pilote pour le traitement des polluants émergents

Vers une innovation au service de l'exploitation et la maintenance

Née en 2020, la Direction Innovation s'est construite autour d'un principe simple, celui que l'innovation n'est pas une fin en soi mais bien un moyen d'accompagner le SIAAP vers un assainissement performant et durable. Par la coordination de la programmation scientifique, la Direction Innovation porte ainsi l'ambition d'être capable de :

- Regarder autrement l'eau et les sous-produits dans les réseaux, les usines et les rivières. Promouvoir des outils et méthodes innovantes pour mesurer autrement les paramètres classiques, aller plus loin dans la caractérisation de la composition et, au-delà de la composition, appréhender le comportement et les effets.

- Progresser encore sur le pilotage de nos usines et leur préservation. Proposer des « GPS » de l'assainissement pour aider l'exploitation à choisir les meilleures pratiques pour limiter l'empreinte environnementale et économique ; limiter l'usure de nos usines (bétons et matériaux) mises à rude épreuve lors du traitement de l'eau.

- Repenser le rôle et la place de la STEP dans la ville de demain. Construire l'usine sobre et performante vis-à-vis d'un large spectre de composés ; transformer la STEP (STation d'EPuration) en STARRE (STAtion de Récupération des Ressources de l'Eau).

À PROPOS DU SIAAP

440 KILOMÈTRES DE CANALISATIONS

6 USINES DE DÉPOLLUTION

900 000 M³ DE CAPACITÉ DE STOCKAGE DES EAUX PLUVIALES

2,5 MILLIONS M³ D'EAUX USÉES TRAITÉES CHAQUE JOUR

1 800 KM² DE TERRITOIRE DE COLLECTE

9 MILLIONS D'USAGERS FRANCILIENS CONCERNÉS

1 800 AGENTS DE LA FONCTION PUBLIQUE TERRITORIALE AGISSANT POUR LA PROTECTION DE LA SEINE ET LA MARNE

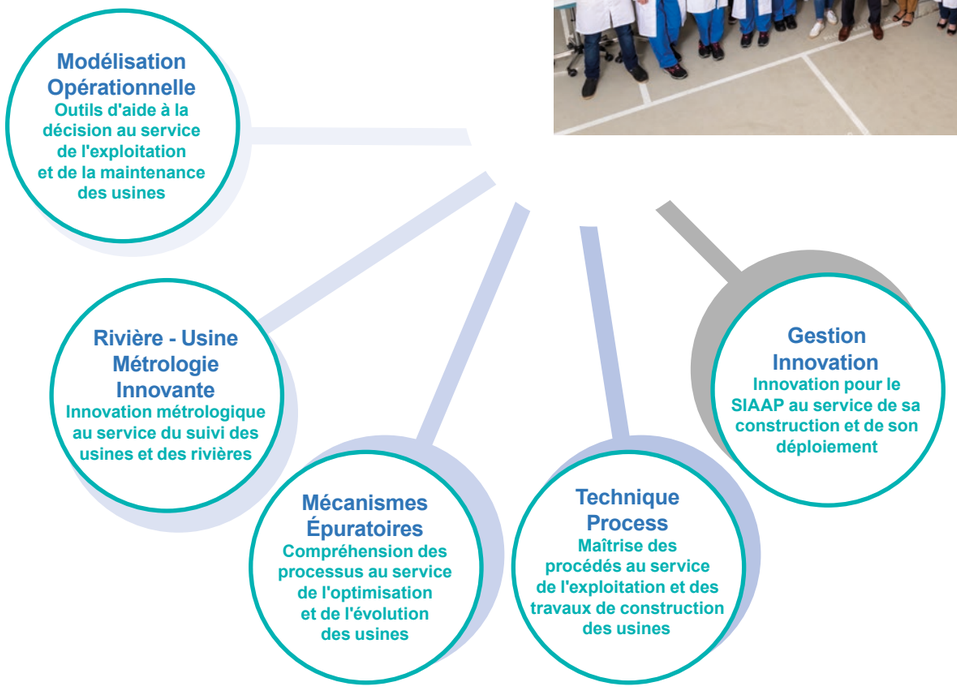
Partie 2

La Direction Innovation, son organisation et ses moyens

Une organisation pour produire et apporter l'expertise

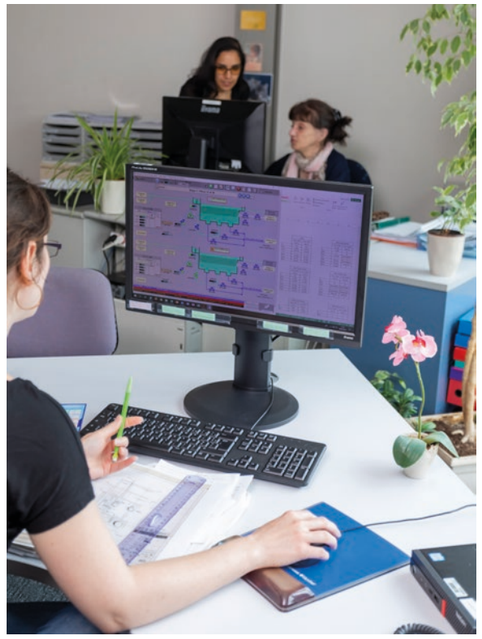
Une Direction appuyée sur cinq services
Quatre services techniques aux périmètres complémentaires et un service chargé des activités d'innovation, *via* le processus Innovation-Expertise.

Une équipe dynamique pluridisciplinaire
Synergie entre l'équipe permanente de 28 membres et les étudiants-chercheurs impliqués dans les projets de recherche.



Cinq champs d'expertise

Technique process. Dimensionnement des ouvrages et connaissances du fonctionnement des procédés de traitement des eaux usées et des boues, actuels et à venir.



Mécanismes épuratoires. Études à différentes échelles, du pilote expérimental au prototype industriel, pour la compréhension des mécanismes impliqués dans le fonctionnement des ouvrages, vers une performance industrielle accrue et durable.

Métrologie innovante usine. Appliquée aux effluents et sous-produits de l'assainissement et aux matériaux intégrés dans nos infrastructures, pour aider à l'optimisation de l'exploitation et à la maintenance du système d'assainissement.

Métrologie experte rivière. Appliquée au suivi des eaux de surface (observatoire MeSeine), pour évaluer l'impact du système d'assainissement sur le milieu naturel.

Modélisation mathématique. Appliquée aux systèmes de transport et de traitement des effluents et aux eaux de surface réceptrices de nos rejets, pour aider à l'exploitation du système d'assainissement.

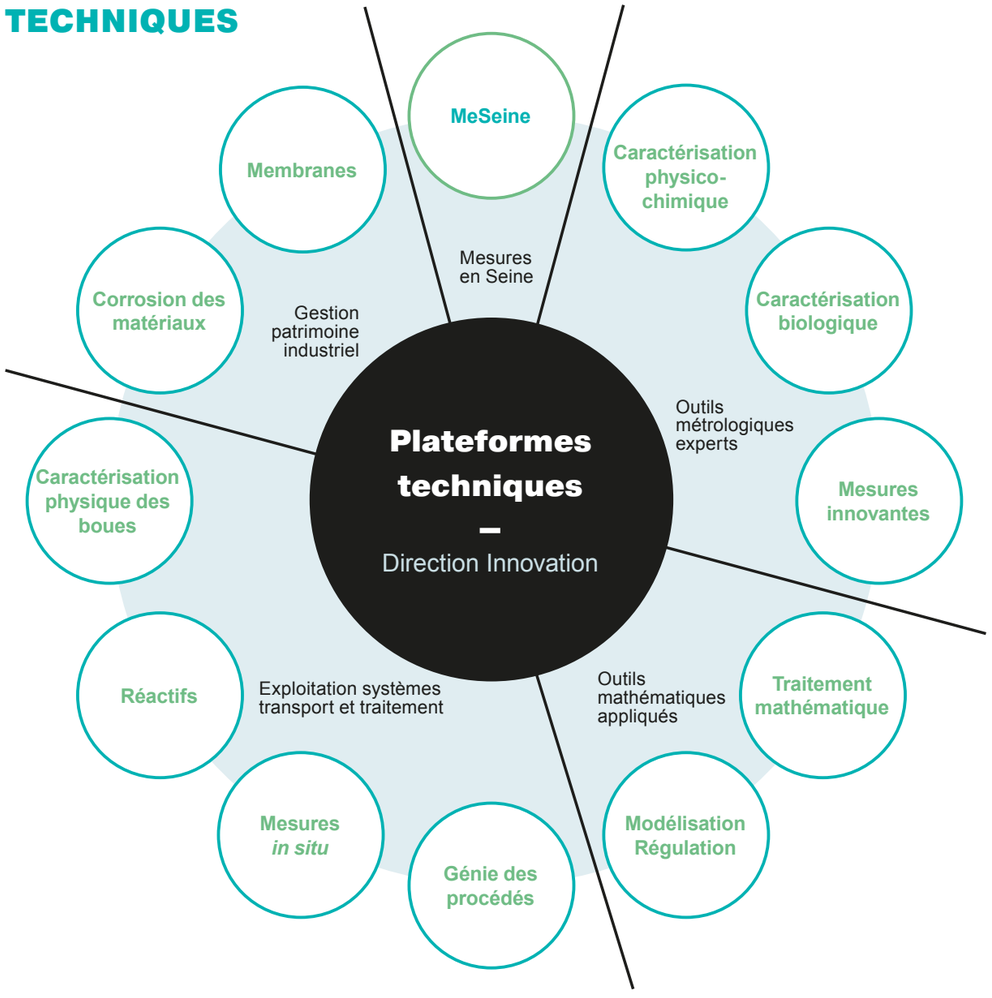
Des moyens pour expérimenter et modéliser

12 PLATEFORMES TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES ET NUMÉRIQUES

La Direction Innovation a développé 12 plateformes dans l'objectif de capitaliser les dispositifs, outils et savoir-faire, fruits de la programmation scientifique.

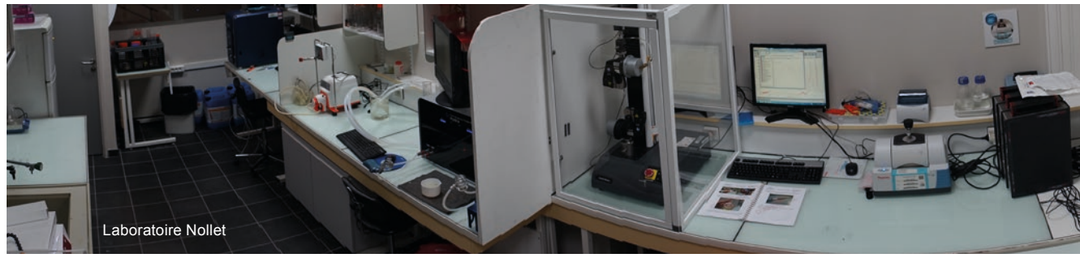
Ces plateformes couvrent de larges champs d'expertise :
- Mesures en Seine
- Outils métrologiques experts
- Outils mathématiques appliqués
- Exploitation systèmes transport et traitement
- Gestion patrimoine industriel

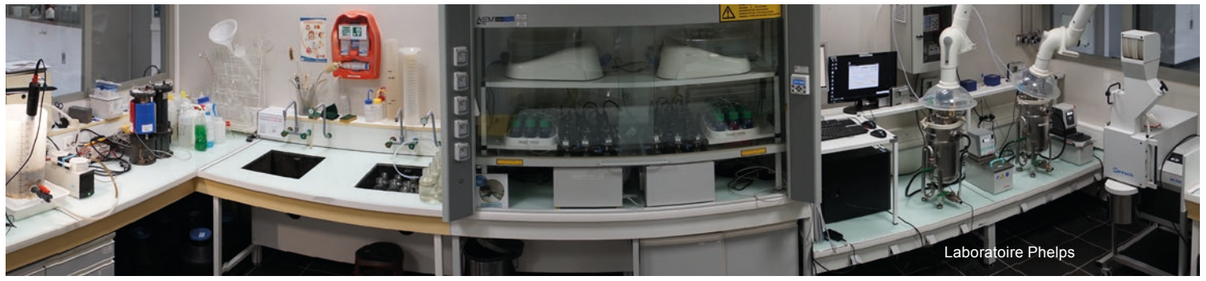
12
PLATEFORMES TECHNIQUES



SUR LE SITE DE COLOMBES : 4 LABORATOIRES, 1 HALL D'ESSAIS AU SERVICE DE LA PROGRAMMATION SCIENTIFIQUE

Laboratoire Hazen


Laboratoire Nollet


Laboratoire Phelps

Laboratoire Raulin

Hall d'essais

SUR LES USINES : DES ZONES INNEAUVATION POUR ACCUEILLIR DES PILOTES EXPÉRIMENTAUX

Zone innEAUvation - Usine Seine aval

Des moyens pour observer et comprendre

DEUX OBSERVATOIRES ENVIRONNEMENTAUX À VOCATION OPÉRATIONNELLE ET SCIENTIFIQUE

Ces observatoires visent à accompagner la prise de décision des acteurs opérationnels en charge de la gestion du système d'assainissement. Ils sont au cœur de la programmation innEAUvation en générant des données nouvelles indispensables à la compréhension du cycle de l'eau. Ils bénéficient également des avancées scientifiques de la programmation à travers le déploiement de méthodes et d'observation innovantes.

Observatoire de la ville

Les eaux usées, miroir de la ville

L'observatoire de la ville a pour mission le suivi sur le temps long des effluents d'assainissement, véritable miroir de la ville.
Les eaux usées et les boues constituent un prisme idéal pour observer l'évolution des activités anthropiques, les habitudes de consommation alimentaire et l'état de santé des populations à travers notamment le suivi des épidémies.

Stockage des échantillons - Observatoire de la ville

L'agglomération francilienne observée

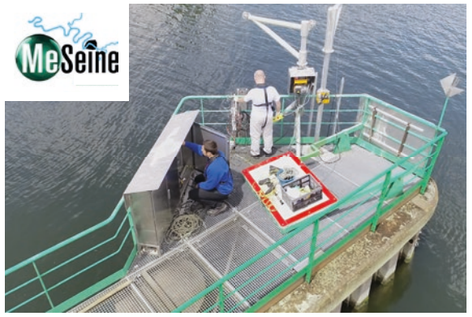
L'observatoire s'appuie sur deux sites : l'usine de prétraitement de Clichy pour les eaux usées et l'usine Seine aval pour les boues. La zone d'étude de l'observatoire couvre ainsi une population de plus de 6,5 millions d'habitants d'Île-de-France. À ce jour, 60 molécules chimiques et 20 cibles virales (enterovirus, rotavirus, etc.) sont suivies mensuellement.

Prélèvement des échantillons - Usine de prétraitement de Clichy

Observatoire de la rivière

Les eaux de surface, prolongement de la ville

En 50 ans, la modernisation du système d'assainissement francilien et l'évolution du contexte réglementaire ont conduit à placer les rivières au cœur du domaine de l'assainissement. La surveillance de leur qualité est donc un enjeu majeur auquel répond l'observatoire de la rivière.



Station de mesures multi-paramètres en Seine à Andrésy - Observatoire de la rivière (MeSeine)

La Seine francilienne observée

L'observatoire MeSeine s'appuie sur 8 stations de mesure en continu et 14 sites de prélèvements sur 138 km de linéaire de rivière répartis sur la Seine, la Marne et l'Oise. Les capteurs installés *in situ* permettent notamment de suivre l'évolution de la qualité de la Seine et d'évaluer en temps réel l'impact de l'assainissement francilien. Les campagnes de prélèvement et d'analyse permettent de photographier régulièrement la qualité de la Seine, notamment par le prisme des paramètres de la Directive Cadre sur l'Eau.

Station de mesures multi-paramètres en Seine à Bougival - Observatoire de la rivière (MeSeine)

Partie 3

Un processus Innovation-Expertise pour une innovation partagée

Un processus en 4 volets, de la construction à la diffusion de l'innovation

Fruit d'une réflexion collective menée dans le cadre de SIAAP 2030, le processus Innovation-Expertise vise :

- **à assurer la construction d'une programmation scientifique** en phase avec les enjeux du SIAAP
- **à fluidifier l'utilisation des connaissances** scientifiques et des outils innovants dans le cadre des expertises
- **à favoriser la transformation du résultat scientifique** en solution industrielle
- **à accroître la percolation de l'information et des connaissances** en lien avec l'innovation.

Zone innEAUvation (pilote Biofiltration) - Usine Seine aval

VOLET 1

Construction de la programmation scientifique. Placer les sujets industriels au cœur de la programmation scientifique et mener les actions de recherche avec et sur les sites opérationnels (zones innEAUvation).

VOLET 2

Utilisation des connaissances scientifiques et des outils innovants pour l'expertise. Permettre l'accès aux avancées scientifiques par leur déclinaison en outils experts mobilisables dans le cadre des études, grâce au guide des plateformes techniques.

Test de prototype *in situ* (sonde Fluocopée) - Usine Seine aval

VOLET 3

Déploiement des solutions vers les acteurs opérationnels. Permettre l'accès aux avancées scientifiques par leur déclinaison en outils opérationnels, transférables sur les sites industriels.

Atelier innEAUvation sur le déploiement des pratiques et solutions innovantes (21 juin 2022) - Usine Seine aval

VOLET 4

Percolation de la connaissance innovation. Permettre l'accès à la connaissance scientifique par la diffusion de documents à visée opérationnelle et l'organisation de journées ou d'ateliers innEAUvation, dédiés au partage et à la discussion autour de la programmation scientifique et de son opérationnalité.

Un processus pour ancrer l'innovation au sein du SIAAP

Par l'implication des exploitants des usines et du réseau d'assainissement, et de son laboratoire central (Direction des Laboratoires et de l'Environnement), le SIAAP sera en mesure de :

Mettre son expertise et sa capacité à innover au service de l'exploitation. Eclairage technique sur les sujets structurants d'exploitation et la coordination des réponses techniques aux autorités. Contribution à l'atteinte des objectifs d'optimisation de l'exploitation et de la maintenance. Déploiement sur le terrain des solutions innovantes en termes d'exploitation et de maintenance.

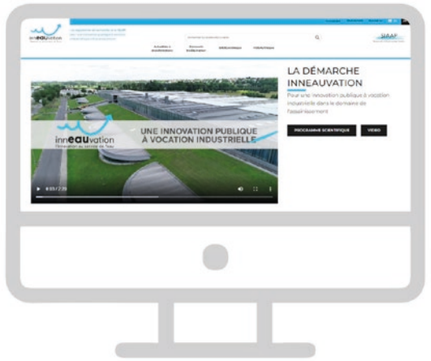
Assurer l'élaboration et la mise en œuvre d'une programmation scientifique en cohérence avec le Plan d'Évolution des Infrastructures (PEI). Construction d'une programmation scientifique intégrant les besoins du PEI. Implication des acteurs du PEI dans le suivi de la programmation scientifique. Prise en compte des résultats R&D dans les orientations du PEI.

Intégrer les questions relatives à la sécurité et à la sûreté industrielle au sein de la programmation scientifique. Intégration de la dimension sécurité industrielle dans les projets R&D sur les technologies et les pratiques d'exploitation à venir. Ouverture de la programmation scientifique aux méthodes innovantes dédiées à l'anticipation et à la gestion des risques industriels.

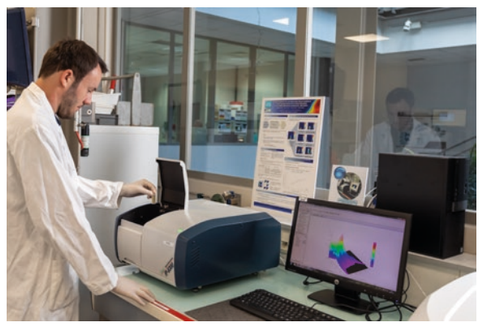
Assurer le partage de la connaissance et du savoir en lien avec l'innovation vers les agents du SIAAP. Production de formats de diffusion de la connaissance et des savoirs « innovation » adaptés au public visé et de supports numériques pour favoriser leur diffusion. Élaboration d'une plateforme web de partage et de percolation de ces connaissances.

Une plateforme web pour favoriser la percolation et l'appropriation des connaissances

- Des formats adaptés : de la synthèse écrite au support vidéo d'accompagnement
- Des manifestations innEAUvation : des journées et ateliers thématiques aux webconférences.



inneauvation.fr



Les outils de percolation accessibles depuis inneauvation.fr

Formats écrits

Fiche innEAUvation
pour une vue synthétique sur une thématique

Fascicule
pour approfondir une thématique

Ouvrage
pour capitaliser les connaissances

Support de conférence
pour partager les avancées scientifiques

Formats numériques

2 mn. pour découvrir
une publication scientifique

5 mn. pour une vision d'ensemble
sur une thématique

Conférence audio
pour accéder aux présentations en différé

Manifestations

Journée et atelier
pour échanger sur la programmation

innEAUv'TV

Plongée dans innEAUvation
pour suivre l'actualité scientifique et technique

Webconférences et émissions
pour approfondir une thématique innEAUvation

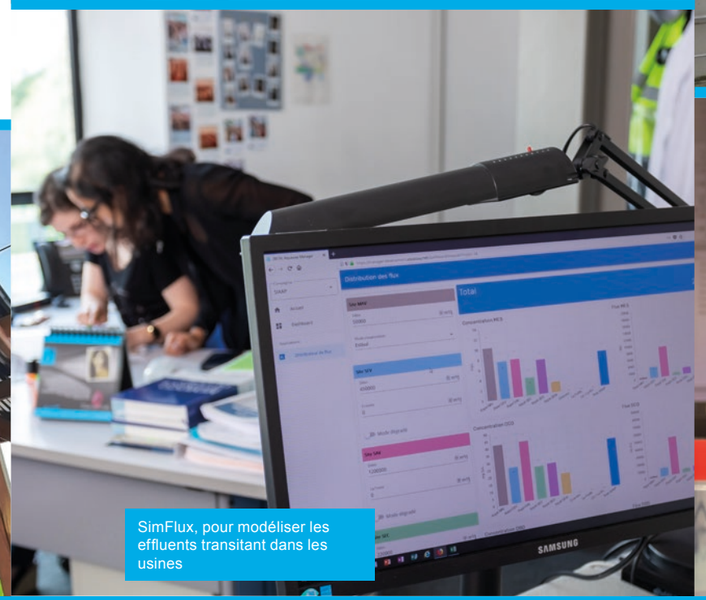
Le processus Innovation-Expertise en images

Interface MeSeine pour suivre en temps réel la qualité de la Seine

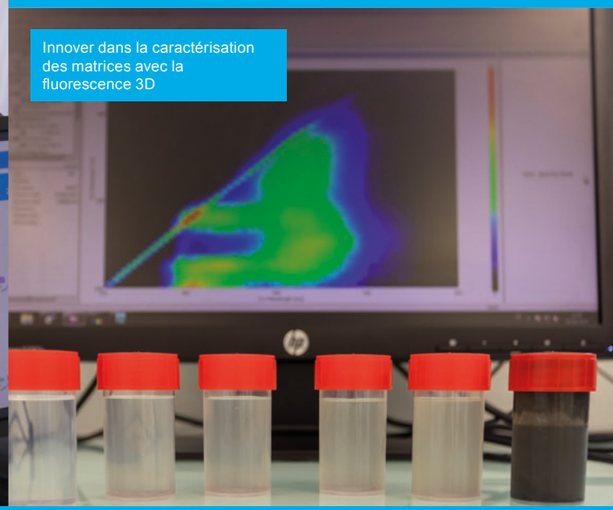
Traiter les jus de digestion *via* le shunt des nitrates – Procédé SHARON®- Seine Grésillons

Pilote Biofiltration (SIAAP - INRAE) pour tester des stratégies de réduction des émissions de protoxyde d'azote en ajustant les pratiques d'exploitation

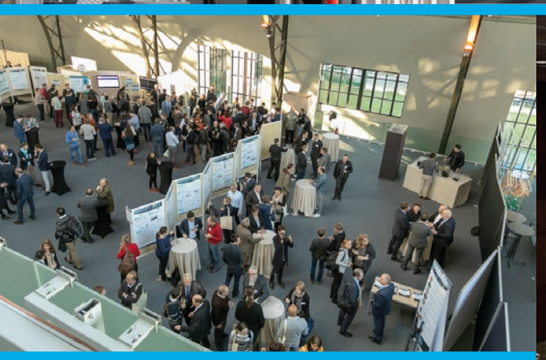
Pilote membranaire (SIAAP-INRAE) pour optimiser les conditions d'exploitation par filtration membranaire - Seine aval



SimFlux, pour modéliser les effluents transitant dans les usines



Innover dans la caractérisation des matrices avec la fluorescence 3D



Des moments d'échanges pour partager les attendus opérationnels de la programmation scientifique

Des moments d'échanges pour partager les avancées et les résultats des actions engagées

Construire des outils numériques d'aide à l'exploitation

Journée innEAUvation - Mocopée - 2019 - La Cité de l'Eau et de l'Assainissement du SIAAP

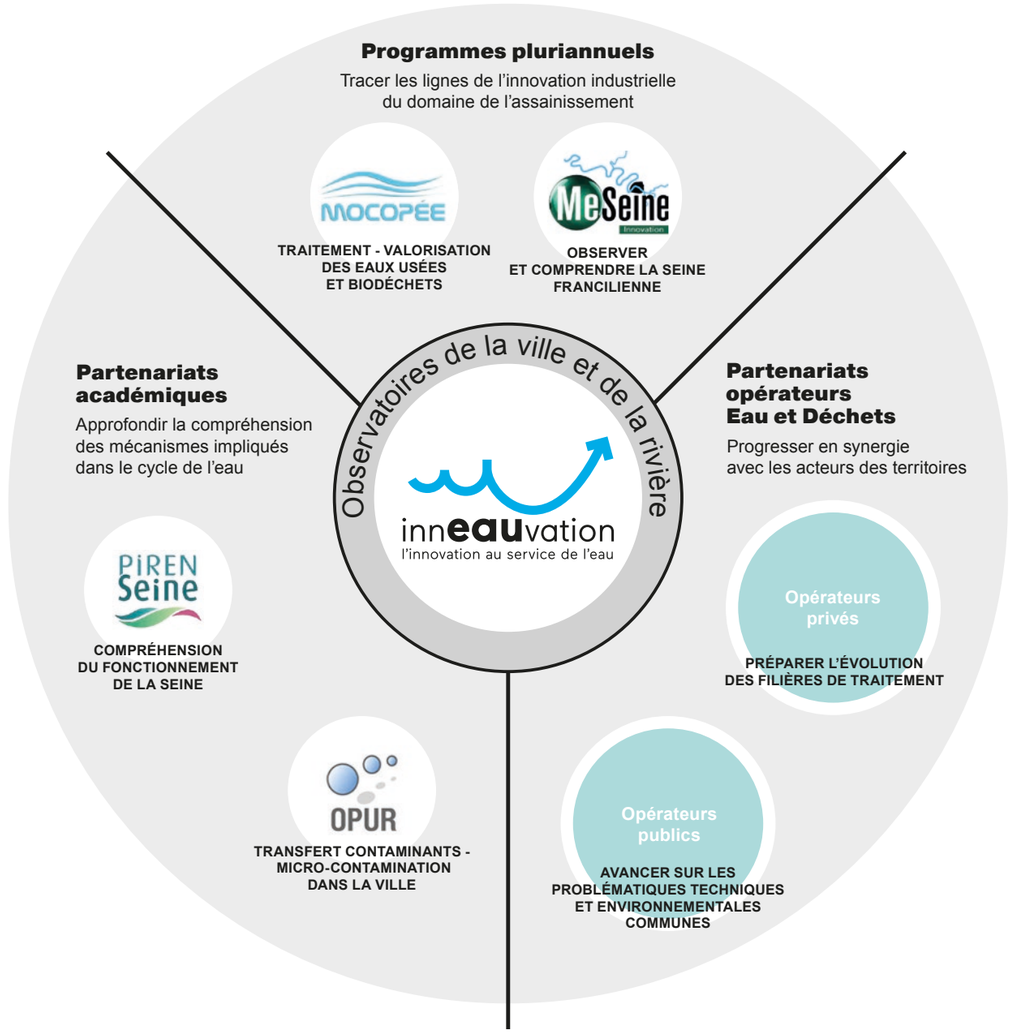
Partie 4

La programmation scientifique innEAUvation

Pour mener la programmation scientifique innEAUvation, la Direction Innovation interagit avec des organismes de recherche, nationaux ou internationaux, et avec des opérateurs en charge de l'eau et de l'assainissement, qu'ils soient publics ou privés. Ces collaborations durables avec les acteurs scientifiques et opérationnels constituent un élément clé, indispensable à la construction et à la mise œuvre de la programmation scientifique pluridisciplinaire répondant aux enjeux environnementaux et industriels du domaine de l'assainissement.

La programmation scientifique innEAUvation s'appuie sur la coordination de deux programmes de recherche pluriannuels, qui s'intéressent respectivement à l'usine et aux rivières franciliennes (Mocopée et MeSeine Innovation), sur des partenariats avec deux programmes académiques franciliens, qui s'intéressent respectivement au fonctionnement écologique du bassin versant de la Seine et au cycle de l'eau dans la ville (PIREN-Seine et OPUR) et sur des partenariats avec des opérateurs publics et privés en charge de l'eau et des déchets.

Usine Seine centre intégrée au paysage urbain



Le Conseil scientifique, acteur clé de la programmation scientifique innEAUvation

Le Conseil scientifique du SIAAP participe à la politique d'innovation en contribuant à l'orientation de la programmation innEAUvation. Il s'exprime pour transmettre les connaissances nouvelles et sensibiliser les citoyens, l'enseignement supérieur et les pouvoirs publics aux enjeux de demain.

Partageant une même culture de la recherche appliquée, les 14 personnalités nationales et internationales qui le composent, exercent dans des disciplines scientifiques complémentaires. Les sept membres permanents du Conseil scientifique cohabitent avec cinq membres associés impliqués dans les programmes de recherche appliquée Mocopée et MeSeine Innovation et les partenariats académiques PIREN-Seine et OPUR. Le Conseil scientifique est placé sous la présidence de Monsieur Brice Lalonde, ancien ministre, et la vice-présidence de Monsieur Pierre-Alain Roche, membre du CGEDD*.

Séance du Conseil scientifique du SIAAP (16 février 2022)

* Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable

Conseil scientifique du SIAAP
2e édition - 16 février 2022

14h - 14h15
OUVERTURE DE LA SÉANCE
Mot d'accueil - François-Marie Didier, Président du SIAAP et Jacques Olivier, Directeur général du SIAAP
Une séance pour engager le travail du Conseil scientifique
Prise de parole de Brice Lalonde, Président du Conseil scientifique

14h15 - 14h55
TEMPS 1. innEAUvation, une programmation scientifique et une démarche d'ouverture
La programmation scientifique innEAUvation, tour d'horizon et avancées marquantes - Vincent Rocher, Directeur Innovation au SIAAP. 14h15 - 14h45
La démarche innEAUvation, pour faire percoler l'innovation au-delà de la sphère scientifique - Laurent Doyen, Directeur de la Communication et des Relations Internationales au SIAAP et Géraldine Isambart, secrétaire technique du Conseil scientifique. 14h45 - 14h55

14h55 - 16h05
TEMPS 2. La place de l'assainissement dans le contexte du changement climatique : Quels leviers activer pour participer à son atténuation ? Comment évaluer et anticiper son impact sur le fonctionnement du système d'assainissement de demain ?
Le bassin Seine-Normandie dans un contexte de changement climatique - Julien Boe, Directeur de recherche au CNRS, Directeur d'Unité Adjoint UMR CECI CNRS / CERFACS. 14h55 - 15h15
Quel prisme pour appréhender le sujet du changement climatique ? Réflexion collective animée par Brice Lalonde et Pierre-Alain Roche, Vice-président du Conseil scientifique. 15h15 - 16h05

16h05 - 16h35
TEMPS 3. Les étapes pour avancer en 2022... Animé par Brice Lalonde et Pierre-Alain Roche
... vers une note prospective à partager en novembre 2022
Partager la vision du Conseil scientifique avec les scientifiques et les administrateurs du SIAAP
... vers une valorisation du travail du Conseil scientifique
De la valorisation scientifique à la conférence du Conseil scientifique
... vers la construction de la prochaine séance en 2023
Échanges autour des sujets et questionnements émanant des membres du Conseil scientifique

16h35 - 16h45
CLÔTURE DE LA SÉANCE
Prises de parole de Brice Lalonde et Pierre-Alain Roche
Prises de parole de François-Marie Didier et Jacques Olivier

innEAUvation
SIAAP

Ordre du jour de la séance du 16 février 2022

Le Conseil scientifique est présidé par Monsieur Brice Lalonde, ancien ministre et Monsieur Pierre-Alain Roche, membre du CGEDD, en présence du Président du SIAAP, Monsieur François-Marie Didier et du Directeur Innovation, Monsieur Vincent Rocher.

Le Conseil scientifique

Présidence
Brice Lalonde
Ancien Ministre et Président de l'Académie de l'eau

« L'eau pure est un trésor inestimable. Les villes qui la prélèvent pour leurs besoins ont le devoir de la rendre propre et vivante à la nature. Le Conseil scientifique assiste le SIAAP dans cette mission. »

Vice-présidence
Pierre-Alain Roche
Membre du CGEDD et Président d'honneur de l'Astee*

* Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement

« Nous avons ensemble une belle responsabilité pour l'avenir : innover pour faire de l'eau en ville un bienfait. »

Damia Barcelo Culleres
Catalan Institute for Water Research (Espagne)

Catherine Carré
Université Panthéon-Sorbonne (France)

Yannick Fayolle
INRAE (France)

Nicolas Flipo
Mines ParisTech (France)

Regina Gnirss
Berliner Wasserbetriebe (Allemagne)

Lucien Hoffmann
Luxembourg Institute of Science and Technology (Luxembourg)

Juan M. Lema
Santiago de Compostela universidad (Espagne)

Régis Moilleron
UPEC - LEESU (France)

Jean-Marie Mouchel
Sorbonne Université – METIS (France)

André Pauss
UTC (France)

Patricia Ragazzo
Veritas S.P.A. (Italie)

Peter Vanrolleghem
Université Laval (Canada)

Deux programmes de recherche appliquée, pour tracer les lignes de l'innovation industrielle du domaine de l'assainissement

Le programme Mocopée*, tourné vers les questions de modélisation et d'optimisation des procédés d'épuration des eaux, et le **programme MeSeine Innovation****, tourné vers l'observation et la compréhension de la Seine francilienne, sont deux initiatives structurantes de la programmation scientifique innEAUvation. À forte **dimension appliquée**, ces deux programmes scientifiques quinquennaux sont construits pour répondre à la fois aux enjeux scientifiques et aux problématiques industrielles émergentes.

* Mocopée : MOdélisation, Contrôle et Optimisation des Procédés d'Épuration des Eaux
** MeSeine : Mesures en Seine

Mocopée, pour accroître la maîtrise et le niveau d'optimisation des filières de traitement, progresser sur les questions relatives au vieillissement des ouvrages et accompagner le changement de rôle de de l'usine d'épuration, aujourd'hui pôle de dépollution, demain pôle de transformation de matière.

MeSeine Innovation, pour produire des connaissances sur les problématiques environnementales émergentes et porter l'innovation dans les pratiques de suivi et de gestion des cours d'eau traversant les agglomérations urbaines.

Deux partenariats académiques, pour approfondir la compréhension des mécanismes impliqués dans le cycle de l'eau

Le programme PIREN-Seine*, construit pour améliorer la connaissance du fonctionnement du bassin de la Seine et de ses territoires, et le programme OPUR****, tourné vers l'observation et la compréhension des transferts de polluants dans la ville, sont deux initiatives complémentaires aux programmes Mocopée et MeSeine Innovation, en termes d'approches et de périmètres.

*** PIREN-Seine : Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'ENvironnement de la Seine
**** OPUR : Observatoire sur les Polluants URbains

PIREN-Seine, pour mieux appréhender le fonctionnement biogéochimique de l'anthropo-hydro-écosystème Seine dans son ensemble et développer des outils numériques de quantification du métabolisme de ce territoire.

OPUR, pour améliorer les connaissances sur la production et le transfert des polluants dans les eaux urbaines et ainsi contribuer à maîtriser à la source la contamination des eaux pluviales, favoriser l'utilisation des ressources alternatives à l'eau potable et promouvoir le développement de nouvelles méthodes pour le suivi des contaminants et d'outils de modélisation intégrée des flux polluants.

Chercheurs et opérateurs échangent sur la filtration membranaire - Atelier innEAUvation - 2019 - La Cité de l'Eau et de l'Assainissement

Des partenariats avec les opérateurs Eau et Déchets, pour progresser en synergie avec les acteurs des territoires

Les partenariats avec des **structures publiques** en charge de l'eau et des déchets urbains permettent d'avancer sur les problématiques techniques et environnementales communes, et contribuent au développement de synergies industrielles transsectorielles. Les partenariats avec des **opérateurs privés** permettent de préparer et d'anticiper l'évolution des filières de traitement des eaux et des boues.

Opérateurs publics

Opérateurs publics Eau et Déchets
Collaborer avec les opérateurs en charge de l'eau usée et de l'eau potable, pour progresser collectivement sur la caractérisation des effluents, la surveillance des eaux de surface et les procédés de traitement avancé. Collaborer avec le monde du déchet, pour avancer sur les questions de valorisation matière et préparer l'évolution et la mutualisation partielle des filières de traitement.

Opérateurs privés

Opérateurs privés Eau et Déchets
Collaborer avec les opérateurs privés en charge du développement, de la construction et de l'exploitation des filières de traitement, pour progresser sur l'optimisation et la maîtrise des procédés industriels en développement ou à faible maturité industrielle.

Chapitre 2

Programmes pluriannuels, pour tracer les lignes de l'innovation industrielle

Partie 1

Mocopée, pour l'usine d'épuration

Contexte technique et réglementaire

La réglementation encadrant le traitement des eaux usées a évolué ces deux dernières décennies. L'application de la ***Directive Cadre sur l'Eau (2000)*** a notamment conduit à un accroissement des exigences sur la qualité des eaux rendues au milieu récepteur. Pour répondre à cette évolution, les agglomérations françaises et européennes ont conduit une politique de modernisation des ouvrages d'assainissement. Des technologies compactes et performantes pour le traitement des eaux résiduaires urbaines et des sous-produits ont été intégrées dans la plupart des usines d'épuration, notamment celles implantées dans les agglomérations urbaines.

Aujourd'hui, le défi est d'être capable d'exprimer tout le potentiel de ces pôles de traitement. D'une part, il s'agit de **définir les modes d'exploitation permettant de maîtriser en toutes circonstances les performances épuratoires des systèmes de traitement.** Ces performances concernent les paramètres de qualité actuellement assujettis à la réglementation mais également les espèces impactantes d'un point de vue environnemental, non intégrées à ce jour dans la réglementation opposable aux exploitants (gaz à effet de serre notamment).

D'autre part, il s'agit **de proposer des modes d'exploitation des pôles de traitement permettant d'en limiter les coûts** ; les technologies compactes déployées dans la plupart des agglomérations urbaines étant intrinsèquement consommatrices en énergie et en réactifs chimiques.

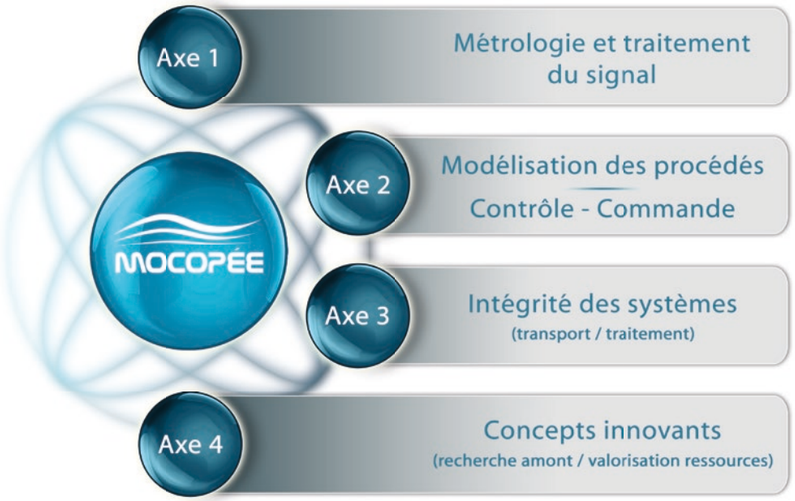
Enfin, il s'agit **de proposer des pratiques de maintenance équilibrées,** c'est-à-dire des pratiques permettant d'assurer le maintien de la performance industrielle tout en limitant les coûts de maintenance et de renouvellement au sein des installations.

Le référentiel réglementaire du secteur de l'assainissement a également évolué récemment avec la promulgation en 2015 de la **loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte.** Cette loi réaffirme la nécessité de réduire la consommation énergétique des installations industrielles mais souligne également la nécessité de favoriser l'économie circulaire et de promouvoir une meilleure gestion des déchets. Cette loi pose notamment l'utilisation des énergies renouvelables et la valorisation de la « matière » présente dans les eaux usées comme les grands enjeux de demain. Ainsi, aux objectifs d'optimisation de l'exploitation et de la maintenance des ouvrages de traitement s'ajoute celui de l'accompagnement du changement de rôle des usines d'épuration, aujourd'hui pôle de dépollution, demain pôle de transformation et de valorisation de matière.

Objectifs du programme

Ces trente dernières années, la recherche prolifique menée en génie des procédés a permis d'accompagner l'évolution des outils industriels de transport et de traitement des eaux de la plupart des grandes agglomérations. L'effort d'innovation doit aujourd'hui être porté sur les pratiques d'exploitation et de maintenance des systèmes industriels. Les fruits de la R&D doivent permettre :

- d'accroître la maîtrise et le niveau d'optimisation des filières de traitement en construisant l'usine dite « intelligente » ;
- de progresser sur les questions relatives au vieillissement des ouvrages ;
- d'accompagner le changement de rôle de l'usine d'épuration.



Créé pour répondre à trois grands objectifs, le programme Mocopée est construit autour de quatre axes de recherche.

Équipes impliquées

Reposant sur une dizaine d'équipes de scientifiques et cinq entreprises innovantes dans le cadre de sa phase I (2014-2017), le programme Mocopée s'appuie pour mener sa deuxième phase (2018-2022) sur un consortium composé d'une trentaine d'équipes de recherche, des entreprises innovantes et interagit avec des associations du domaine de l'environnement.

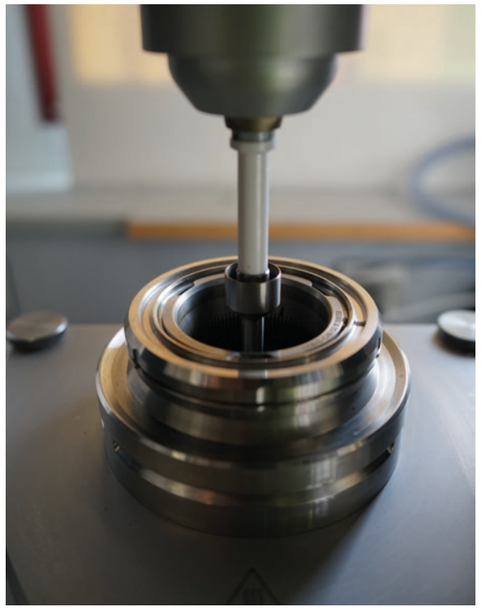
Partenaires scientifiques

Entreprises innovantes

Associations partenaires

Mocopée – Phase II (2018-2022)

AXE 1
Métrologie et traitement du signal



GRAND OBJECTIF

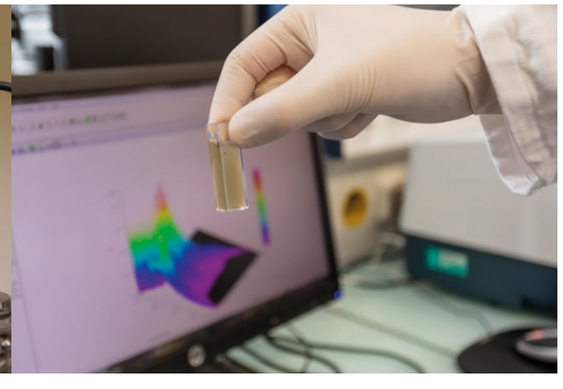
Caractérisation physique, physico-chimique ou biologique des matrices
Proposer des méthodes de caractérisation ou de suivi des matrices (eau et boue) innovantes par rapport aux pratiques industrielles actuelles.

OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

- Faire émerger des systèmes innovants de mesures ou de caractérisation des matrices transportées et traitées dans les systèmes d'assainissement.
- Faire évoluer les pratiques en termes de traitement des signaux en vue d'obtenir des informations à haute valeur opérationnelle.

OBJECTIF OPÉRATIONNEL

Déployer les méthodes développées comme outils d'expertise et/ou systèmes de mesures *in situ* (mesures en continu).



ACTIONS ENGAGÉES

DÉVELOPPER DES OUTILS INNOVANTS ET RAPIDES POUR MESURER LES PARAMÈTRES CLASSIQUES DES ERU*

- Développer et déployer *in situ* un prototype d'analyse en ligne de la signature de la matière organique des effluents d'usine par fluorescence 3D.
- Évaluer le potentiel d'utilisation de biocapteurs microbiens pour mesurer la charge organique dans les effluents d'usine et estimer le potentiel toxique des effluents industriels.

* ERU : eaux résiduaires urbaines

PROPOSER DE NOUVELLES APPROCHES POUR CARACTÉRISER LES MATRICES LIQUIDES ET SOLIDES EN USINE

- Développer des méthodes de couplage de la fluorescence 3D et d'autres méthodes spectroscopiques (PIR, IR, UV) adaptées aux boues urbaines et aux bio-déchets, pour anticiper leur comportement au sein des filières de traitement.
- Développer des méthodes d'évaluation de l'aptitude au moussage des effluents transitant le long des filières (eaux ou jus de digestion) combinant mesures interfaciales et analyses physico-chimiques.
- Définir les propriétés physiques et rhéologiques des boues, biodéchets et systèmes floculés pour anticiper leur comportement lors du transport et traitement des filières de digestion et déshydratation : rhéologie appliquée aux biodéchets et boues d'usine d'épuration.
- Définir les propriétés physiques et rhéologiques des boues, biodéchets et systèmes floculés pour anticiper leur comportement lors du transport et traitement des filières de digestion et déshydratation : floculation des boues - Projet Flocopée.
- Accroître l'opérationnalité des bio-essais focalisés sur l'évaluation de la perturbation endocrinienne par la construction d'une base de données de référence « assainissement ».
- Étudier les relations entre la diversité microbienne observée dans les biomasses et le fonctionnement des systèmes industriels, pour une application opérationnelle des outils de biologie moléculaire dans la conduite des procédés de traitement anaérobie.
- Définir les facteurs d'influence de la production de protoxyde d'azote lors des étapes de traitement biologique par biofiltration par la mise en œuvre de suivis *in situ*.
- Intégrer des modèles mathématiques dans les systèmes AMPTS.

Mocopée – Phase II (2018-2022)

AXE 2

Modélisation des procédés et contrôle-commande

GRANDS OBJECTIFS

Modélisation du fonctionnement des systèmes réseau d'assainissement - usine d'épuration - rivière
Simuler le fonctionnement des procédés de traitement des eaux et des boues et combiner les modèles (modèles filières, couplage).

Développement de boucles de contrôle-commande
Revisiter les modes de régulation des fluides (air et réactifs) au sein des systèmes de transport et de traitement des eaux usées.

OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

- Améliorer les modèles phénoménologiques ou statistiques proposés dans la communauté scientifique pour simuler le fonctionnement des procédés industriels.

- Faire évoluer les outils mathématiques intégrés dans les boucles de commande des fluides (air-réactifs).

OBJECTIFS OPÉRATIONNELS

- Déployer les modèles comme outils d'expertise et/ou d'aide à la décision et proposer les bases des systèmes d'exploitation intelligents de demain (jumeau numérique).

- Proposer des améliorations des pratiques actuelles en termes de régulation et contrôle des procédés de traitement.

ACTIONS ENGAGÉES

MODÉLISATION PHÉNOMÉNOLOGIQUE DES USINES D'ÉPURATION ET DES PROCÉDÉS ASSOCIÉS

- Construire un modèle phénoménologique simulant le fonctionnement de la filière de traitement de l'usine Seine aval (SimSTEP-SAV), en vue de proposer des modes d'exploitation optimisés.

- Construire un modèle phénoménologique simulant le fonctionnement d'un bioréacteur à membranes immergées (SimMem), en vue de proposer des modes d'exploitation optimisés.

- Améliorer le modèle SimDec qui simule la décantation physico-chimique lamellaire.

- Construire un modèle phénoménologique simulant le fonctionnement des digesteurs anaérobies (SimDig) alimentés en boues et en co-substrats organiques agricoles et urbains

- Améliorer le modèle SimBio qui simule le fonctionnement de la biofiltration par l'intégration des émissions de protoxyde d'azote.

- Concevoir les architectures informatiques adaptées au déploiement des modèles filières et des modèles procédés, en vue de leur utilisation en temps réel par les opérateurs.

CONTRÔLE ET OPTIMISATION DES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT

- Proposer des méthodes globales de contrôle et d'optimisation du fonctionnement des installations industrielles (*whole control system*).

- Définir les meilleures stratégies de contrôle des procédés biologiques utilisés en usine d'épuration.

TRAITEMENT DES DONNÉES ET MODÉLISATION STATISTIQUE DES USINES D'ÉPURATION ET DES PROCÉDÉS ASSOCIÉS

- Développer et appliquer les méthodes de qualification automatique des données haute fréquence - Cas des données qualités acquises en réseau d'assainissement et en rivière.

- Construire des modèles statistiques fondés sur des séries de données environnementales, en vue de prédire la dynamique de la qualité des intrants des systèmes de traitement.

Mocopée – Phase II (2018-2022)

AXE 3
Intégrité des systèmes de transport et de traitement

GRAND OBJECTIF

Vieillissement des ouvrages de transport et de traitement en assainissement
Comprendre et quantifier les processus biologiques et physico-chimiques impliqués dans le vieillissement des ouvrages de transport, de stockage et de traitement des eaux usées et des boues urbaines.

OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

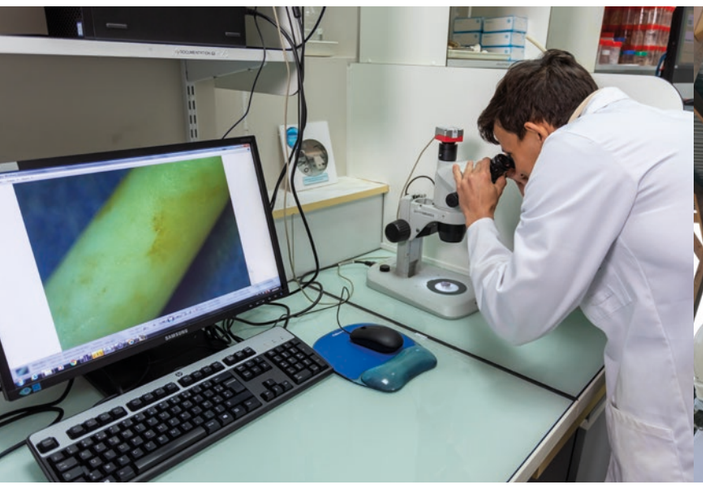
- Améliorer la connaissance scientifique sur les processus de dégradation des matériaux membranaires, des structures bétonnées, des pièces métalliques et des divers matériaux supports, intégrés dans les ouvrages d'assainissement.

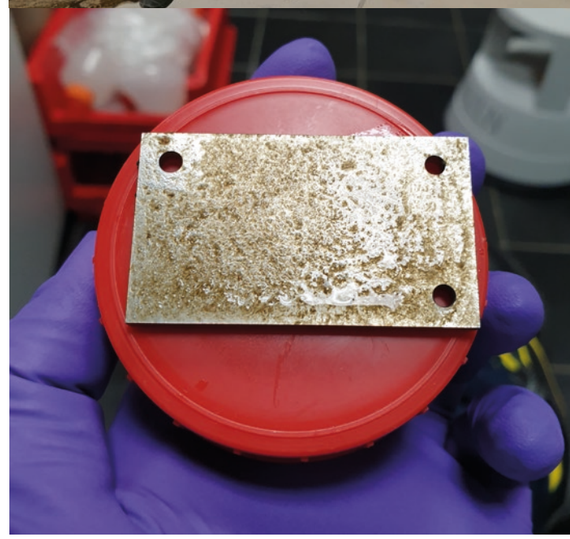
- Comprendre les liens entre le processus de dégradation et les conditions d'exploitation appliquées.

OBJECTIFS OPÉRATIONNELS

- Déployer les outils experts innovants pour diagnostiquer et anticiper le vieillissement des structures et matériaux.

- Améliorer les pratiques opérationnelles en termes de construction et réhabilitation d'ouvrages et de définition des conditions d'exploitation.





ACTIONS ENGAGÉES

COMPRENDRE LES PROCESSUS IMPLIQUÉS DANS LE VIEILLISSEMENT DES MATÉRIAUX UTILISÉS DANS LES OUVRAGES DE TRANSPORT ET TRAITEMENT EN ASSAINISSEMENT

- Caractériser les processus de vieillissement des membranes intégrées dans les bioréacteurs à membranes immergées, en vue de proposer des outils de diagnostic et de prédiction de leur évolution.

- Étudier les processus de vieillissement des bétons en réseau d'assainissement et en usine, en vue de disposer d'outils d'évaluation des matériaux et de prédiction de leur évolution - Projet ANR WWT Concrete.

- Étudier les mécanismes abiotiques de corrosion des pièces métalliques en assainissement en vue de définir les bonnes pratiques et les stratégies de limitation leur usure.

- Étudier les mécanismes biotiques de corrosion des pièces métalliques à l'interface biofilm/matériau en assainissement, en vue de définir les bonnes pratiques et les stratégies de limitation de leur usure.

- Renforcer l'évaluation du risque chimique au sein des usines de traitement des eaux usées à l'aide de matrices de compatibilité.

Mocopée – Phase II (2018-2022)

AXE 4
Concepts innovants (recherche amont et valorisation ressources)

GRANDS OBJECTIFS

Récupération et valorisation de la « matière » au sein des usines
Évaluer les modes de gestion et les procédés innovants permettant la valorisation des ressources contenues dans les eaux usées et les déchets issus du territoire.

Exploration de voies innovantes de traitement et de valorisation pour les usines du futur
Prospecter les voies de traitement et de valorisation émergentes et en rupture par rapport aux pratiques industrielles actuelles.

OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

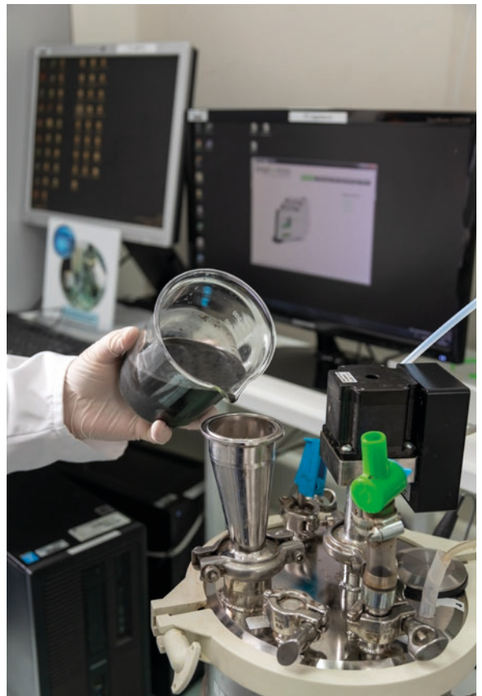
- Améliorer la connaissance scientifique sur les processus impliqués dans les solutions innovantes visant à récupérer et valoriser les ressources (matière et énergie) transitant dans les usines.

- Apporter un éclairage scientifique sur les solutions ou technologies innovantes scientifiquement, à faible maturité (TRL* <4).

*TRL : niveau de maturité technologique (*Technology Readiness Level*)

OBJECTIF OPÉRATIONNEL

Apporter les éléments scientifiques nécessaires pour orienter les évolutions de l'outil industriel, notamment dans le cadre de l'évolution de l'activité assainissement vers l'activité de transformation de matière.



ACTIONS ENGAGÉES

RÉCUPÉRATION ET VALORISATION DES RESSOURCES DU CYCLE DES EAUX USÉES

- Étudier la spéciation du phosphore dans les sous-produits de l'assainissement, en vue de définir les voies de récupération adaptées.

- Optimiser des paramètres opératoires de la méthanisation en voie solide par un couplage expérimentations et plan d'expériences.

- Étudier la faisabilité de la gazéification hydrothermale des digestats, en vue d'accroître leur valorisation énergétique - Projet Méthacopée.

- Étudier les performances et les limites de la méthanation des gaz issus du traitement thermique des boues - Projet Méthacopée.

ÉTUDIER DE NOUVELLES VOIES DE TRAITEMENT DES ERU*

- Prospecter la désinfection des rejets d'usine par l'acide performique - Efficacité vis-à-vis des bactéries fécales et impact environnemental.

- Prospecter les voies de réduction des charges organiques en entrée d'usine d'épuration par la mise en œuvre de traitement électrochimique - Projet ANR Biotuba.

* eaux résiduaires urbaines

- Étudier les propriétés thermo-rhéologiques des boues pour anticiper leur comportement dans les procédés de méthanisation - Projet Rhéométhalic.

- Prospecter les voies d'oxydation de l'urée en hydrogène par traitement électrochimique - Projet ANR Hyurea.

- Évaluer l'empreinte environnementale des procédés de traitement des eaux usées et des boues par approche ACV*.

*ACV : Analyse de Cycle de Vie

Partie 2

MeSeine Innovation, pour le milieu récepteur

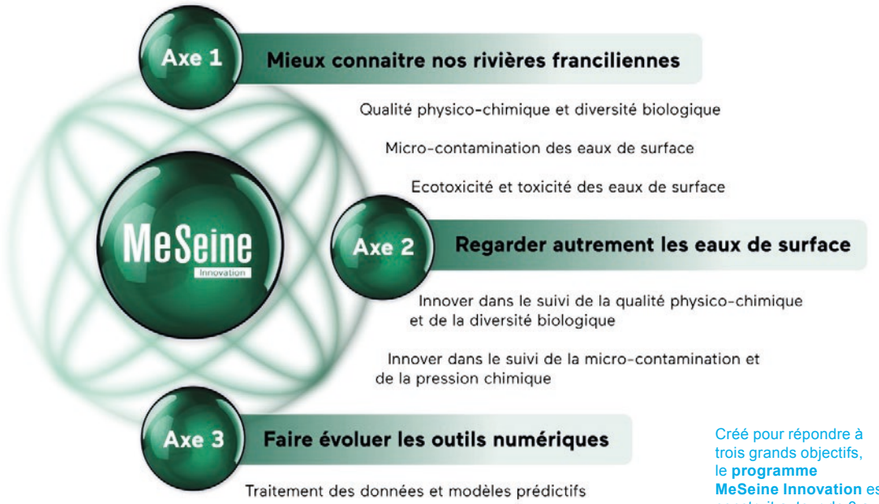
Contexte technique et réglementaire

En 50 ans, le système d'assainissement francilien s'est transformé au rythme des constructions d'ouvrages de transport, de stockage et de traitement des eaux usées et son exploitation a été optimisée grâce au déploiement d'outils de gestion performants, tel que le Modèle d'Aide à la Gestion des Effluents du SIAAP (MAGES). Ces progrès ont conduit à une réduction significative de la pollution rejetée dans les rivières. Très impactées en 1970, les rivières franciliennes sont aujourd'hui préservées. Les eaux sont oxygénées, présentent des concentrations en éléments eutrophisants minimes et accueillent une grande biodiversité ; le recensement de plus de 30 espèces de poissons en Seine et en Marne en est la plus belle illustration.

Dans le même mouvement, l'obligation de restaurer la qualité des eaux de surface s'est imposée aux États membres de l'Union Européenne avec l'adoption de la Directive Cadre sur l'Eau. Le passage de l'ère de la Directive sur les Eaux Résiduaires Urbaines, dite DERU (1991), à l'ère de la Directive Cadre sur l'Eau, dite DCE (2000), a marqué un changement profond qui donne à la rivière une position centrale. Hier exclusivement fondée sur son rendement épuratoire, **la performance du système d'assainissement s'apprécie aujourd'hui à l'aune de sa capacité à préserver la qualité des eaux de surface** et ainsi participer à l'atteinte du bon état écologique et chimique des eaux de surface.

Ce contexte évolutif et exigeant place **l'acquisition de connaissances nouvelles sur l'état des rivières franciliennes et le développement d'outils ou d'approches innovants pour assurer le suivi et l'anticipation de leur qualité au cœur des enjeux de demain.** Ces outils innovants, qu'ils soient métrologiques ou mathématiques, adaptés à la surveillance et à la protection des rivières urbaines, prendront également une dimension opérationnelle en se positionnant comme de précieux outils d'exploitation. L'émergence des outils numériques et les progrès technologiques permettent en effet d'imaginer la prise en compte en temps réel de l'état de la Seine dans les choix d'exploitation. Par la gestion intégrée du continuum « RA* / USINE / RIVIÈRE », l'exploitation du système d'assainissement s'adaptera demain à la rivière. À la clé : l'atteinte des objectifs réglementaires, et notamment ceux de la Directive Cadre sur l'Eau, et la réduction de l'empreinte environnementale de l'activité d'assainissement.

* Réseau d'assainissement



Créé pour répondre à trois grands objectifs, le **programme MeSeine Innovation** est construit autour de 3 axes de recherche.

Objectifs du programme

MeSeine Innovation vise :

- à améliorer la connaissance de l'état des rivières franciliennes, appréhendé par le prisme de leur qualité physico-chimique, de leur imprégnation par les micropolluants et de la diversité du biote ;
- à promouvoir l'innovation dans les outils de suivi de la qualité des eaux de surface ;
- à faire évoluer les outils numériques capables notamment de prédire l'évolution de la qualité des eaux de surface.

Équipes impliquées

Né en 2020, le programme MeSeine Innovation regroupe pour sa première phase quinquennale (2020- 2024) une dizaine d'équipes scientifiques, des entreprises innovantes et des associations du domaine de l'environnement. Les équipes impliquées dans le programme MeSeine Innovation interagissent avec les scientifiques du Groupement d'Intérêt Public Seine-Aval (GIP Seine-Aval) qui travaillent à la compréhension du fonctionnement de la Seine dans sa partie estuarienne, en s'appuyant notamment sur le réseau de mesure Synapses géographiquement complémentaire à l'observatoire MeSeine.

Partenaires scientifiques

Entreprises innovantes

Association partenaire

MeSeine Innovation Phase I (2020-2024)

AXE 1
Mieux connaître nos rivières franciliennes

L'objectif est d'acquérir des connaissances nouvelles sur la qualité des rivières franciliennes et de cerner les transferts de polluants à l'échelle du bassin versant urbain, avec une attention particulière portée à la contribution du système d'assainissement. Cette approche s'applique à différentes formes de polluants : les macropolluants, les micropolluants chimiques ou biologiques, voire certains polluants émergents tels que les microplastiques.

L'état de la rivière est également appréhendé en étudiant son écologie, notamment par l'analyse de la diversité faunistique, et en évaluant l'écotoxicité des eaux par l'utilisation d'organismes biologiques, autochtones ou implantés.

ACTIONS ENGAGÉES

QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE ET DIVERSITÉ BIOLOGIQUE

- Évaluer l'impact environnemental du fonctionnement du système d'assainissement francilien, à court, moyen et long termes, suite à l'incendie de l'usine Seine aval dans les Yvelines (2019).

- Étudier l'évolution de l'écologie de la Seine par le suivi des indicateurs hydro-biologiques, en lien avec la modernisation du système d'assainissement francilien ces vingt dernières années.

- Appréhender le fonctionnement thermique de la Seine à la traversée de Paris et de la petite couronne.

MICROCONTAMINATION DES EAUX DE SURFACE

- Étudier les transferts des plastiques, sous leurs formes macros et micros, dans les filières de traitement des eaux usées et dans les milieux récepteurs soumis à forte pression anthropique - Projet Européen Limnoplast.

- Définir les relations entre les Bactéries Indicatrices de contamination Fécale (BIF) et les pathogènes hydriques dans les eaux urbaines et les eaux de surface.

- Étudier la dynamique des cibles virales à l'échelle du bassin-versant francilien en lien avec la problématique baignade.

- Utiliser la dreissène pour la surveillance de la qualité sanitaire des masses d'eau : lien entre les capacités de bioaccumulation et les réponses physiologiques des dreissènes.

ÉCOTOXICITÉ ET TOXICITÉ DES EAUX DE SURFACE

- Évaluer les niveaux de contamination en micropolluants émergents de deux espèces sentinelles : le chevesne et la dreissène.

- Étudier le devenir et l'impact du mercure méthylé et inorganique dans une chaîne alimentaire phyto-planctonique bivalve.

MeSeine Innovation – Phase I (2020-2024)

AXE 2
Regarder autrement les eaux de surface

L'objectif est de proposer des approches innovantes pour suivre l'état des rivières urbaines.

D'une part, il s'agit de développer et déployer *in situ* des capteurs et sondes adaptés au suivi des nutriments ou polluants, et d'évaluer le potentiel opérationnel de méthodes innovantes telles que, par exemple, l'estimation de la diversité piscicole par la recherche de l'ADN environnemental (ADNe) ou l'utilisation de la signature spectrofluorescente des eaux comme traceur de la matière organique.

D'autre part, il s'agit d'appréhender la question de la micro-contamination non plus en termes de composition mais en termes d'effet sur le biote ; l'évaluation de la perturbation endocrinienne par l'utilisation de modèles biologiques étant au cœur de cette voie de recherche.

Enfin, le sujet de l'éco-conception de produits domestiques, et plus précisément la prise en compte de leur devenir dans le cycle de l'eau dès les étapes de formulation industrielle, est traité à travers le cas des produits cosmétiques rincés à l'origine de l'introduction de flux importants de matière organique dans le système d'assainissement.

ACTIONS ENGAGÉES

INNOVER DANS LE SUIVI DE LA QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE ET DE LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE

- Évaluer le potentiel de l'ADN environnemental pour le suivi de la diversité faunistique à l'échelle du bassin versant francilien.

- Développer et déployer *in situ* des systèmes immergés pour l'analyse des nutriments azotés et phosphorés.

- Évaluer la dégradabilité de la matière organique dans les milieux aquatiques sous forte pression urbaine par spectrofluorescence 3D.

- Promouvoir l'éco-conception des produits cosmétiques rincés, par la prise en compte de leur devenir dans le cycle de l'eau dès la formulation industrielle.

- Mettre en place des indicateurs métaboliques de la Seine à partir de la mesure haute fréquence des paramètres physico-chimiques *in situ* avec une application opérationnelle en assainissement.

- Homogénéiser les méthodes de traitement et d'interprétation des données haute fréquences à l'échelle des réseaux de mesures MeSeine et Synapses, de Paris à l'estuaire - Projet Phresques.

INNOVER DANS LE SUIVI DE LA MICRO-CONTAMINATION ET DE LA PRESSION CHIMIQUE

- Étudier la variation spatio-temporelle de l'écotoxicité et de la diversité microbienne des eaux de surface à l'échelle de l'Île-de-France.

- Caractériser la contamination des eaux de surface par le couplage d'analyses non-ciblées en spectrométrie de masse avec des analyses d'écotoxicologie.

MeSeine Innovation – Phase I (2020-2024)

AXE 3
Faire évoluer les outils numériques

L'objectif est de développer des outils numériques au service du suivi et de l'anticipation de la qualité des eaux de surface.

D'une part, il s'agit de proposer des approches innovantes pour traiter et interpréter les séries de données environnementales acquises par les réseaux de mesures, tels que l'observatoire MeSeine ou le réseau Synapses déployés sur la Seine ; la qualification et la traduction des mesures environnementales en données élaborées et/ou indicateurs opérationnels constituant des voies de progrès pour accroître l'opérationnalité des observatoires environnementaux.

D'autre part, il s'agit de faire évoluer les modèles phénoménologiques et stochastiques qui permettent de simuler et d'anticiper l'évolution de l'état des rivières soumises à la pression du système d'assainissement. L'évolution de ces outils numériques s'appuie sur l'acquisition de données environnementales nouvelles et sur la mise en œuvre d'expérimentations dédiées à la compréhension des mécanismes régissant le fonctionnement biogéochimique des systèmes mais également sur l'intégration de concepts novateurs, tel que par exemple l'ajustement en temps réel des paramètres cinétiques des modèles par l'utilisation des mesures en continu acquises *via* les réseaux de mesures.

ACTIONS ENGAGÉES

TRAITEMENT DES DONNÉES ET MODÈLES PRÉDICTIFS

- Faire évoluer le modèle ProSe Bactériologie, en vue de la construction d'un outil d'anticipation de la qualité bactériologique des eaux de Seine lors de sa traversée de l'agglomération parisienne - Projet DWC (*Digital Water City*).

- Ajuster en temps réel les paramètres cinétiques de ProSe par l'assimilation de données.

- Améliorer la qualité des données d'entrée du modèle ProSe en raffinant les données de sortie du système d'assainissement.

- Étudier la mortalité des Bactéries Indicatrices de contamination Fécale (BIF) dans les sédiments de rivière du bassin de la Seine pour l'amélioration des modèles prédictifs.

- Modéliser le transfert des micropolluants dans l'axe Seine - Prose - RIVE.

- Développer un modèle auto-adaptatif et en temps réel de modélisation de la qualité de la Seine (SimSeine RT) connecté au système d'assainissement (réseau et usines de traitement) pour s'intégrer dans un système de commande prédictif (jumeau numérique) permettant l'émergence d'une optimisation globale du système d'assainissement.

Chapitre 3

Partenariats académiques, pour approfondir la compréhension des mécanismes impliqués dans le cycle de l’eau

Partie 1

PIREN-Seine, cerner le fonctionnement de la Seine et de ses territoires

Vue d'ensemble du programme

Le PIREN-Seine est engagé dans sa 8e phase (2020-2023) qui s'inscrit dans un processus à l'œuvre depuis 30 ans visant à améliorer la connaissance du fonctionnement du bassin de la Seine et de ses territoires, par la mise en œuvre d'une stratégie d'échantillonnage structurée autour de sites ateliers. Le suivi de ces sites, qui couvrent notamment des territoires ruraux à forte dimension agricole (plaine de la Bassée et bassin de l'Orgeval), s'inscrit en complémentarité avec les initiatives engagées dans le cadre du programme MeSeine Innovation, dédiées à l'observation de la Seine francilienne.

Au cœur des travaux du PIREN-Seine réside également le développement d'outils numériques de quantification du métabolisme territorial. Ces développements d'outils de modélisation, qui concernent notamment le fonctionnement biogéochimique des aquifères et des interfaces nappe-rivière ou le transfert de polluants tels que les pesticides, s'inscrivent également en complémentarité avec les initiatives engagées dans le cadre du programme MeSeine Innovation, dédiées à la modélisation de la qualité de la Seine francilienne.

Focus

Focus sur les quatre sites ateliers de la 8e phase du PIREN-Seine

Les quatre sites ateliers de la 8e phase du PIREN-Seine

La plaine alluviale de la Bassée, à l'amont du bassin

Le bassin-versant agricole de l'Orgeval

Le bassin de l'Orge, gradient rural-urbain sur un périmètre géographique moindre

L'aval de la Seine, de l'amont de Paris à l'entrée de l'estuaire qui intègre l'ensemble des flux du bassin

PIREN-Seine – Phase 8, les axes thématiques

Une phase quadriennale (2020-2023) structurée en cinq axes thématiques

Trois axes en complémentarité avec le programme MeSeine Innovation

① TRAJECTOIRE DU BASSIN, DE SES TISSUS URBAINS ET DE SES TERRITOIRES

Le bassin de la Seine est constitué d'une mosaïque de systèmes urbains, agricoles, semi-naturels et hydrologiques, tous en interaction. Le métabolisme territorial qui en résulte ne peut se comprendre sans analyser dans la durée tant les héritages biogéochimiques que les structures sociotechniques.

Appréhender le devenir de la ressource en eau en réponse aux évolutions de ses usages, de la morphologie des territoires et de la variabilité du climat, en s'appuyant sur des approches multiples : analyse des scénarios via *la modélisation, réalisation de bilans de matière à l'échelle du bassin, analyse de débats prospectifs sur l'environnement, l'urbanisme et les points de controverses…*

② FONCTIONNEMENT DU BASSIN SOUMIS À DES EXTRÊMES HYDRO-CLIMATIQUES

Les modèles de climat s'accordent sur une augmentation de la fréquence et/ou de l'intensité des extrêmes climatiques, dont les impacts sur la disponibilité des ressources en eaux et leurs usages, la qualité des milieux aquatiques et leurs peuplements piscicoles et les risques encourus par les activités humaines doivent être quantifiés.

Appréhender les impacts directs sur le cycle de l'eau (fonctionnement thermique, stock et flux d'eau et d'énergie, etc.), les effets induits sur les écosystèmes aquatiques (qualité et réactivité du milieu, diversité piscicole, etc.), et les conséquences en termes de gestion et d'exploitation de la ressource.

③ CONSTRUCTION DE LA QUALITÉ DES MILIEUX AQUATIQUES CONCILIANT RISQUES HYDROLOGIQUES ET BIODIVERSITÉ

La qualité des milieux se construit avec l'évolution de la société et des usages dans les territoires (agricoles et industriels, protection contre les inondations, biodiversité, etc.) et de la manière avec laquelle les différents groupes d'acteurs se l'approprient.

Appréhender la trajectoire des cours d'eau péri-urbains à la périphérie des grandes métropoles, par le prisme de leurs aménagements et de leur renaturation, et de la plaine alluviale de la Bassée, territoire au centre d'enjeux politico-économiques et environnementaux importants.

Deux axes en synergie avec le programme MeSeine Innovation

① AMBITIONS ET ENJEUX POUR LA MÉTROPOLE EN 2024 ET APRÈS…

La pression exercée par l'agglomération parisienne sur la Seine a conduit à une mutation du système d'assainissement ces dernières décennies. Face aux nouveaux enjeux, la question de la performance du système d'assainissement et de son influence sur la qualité des milieux reste au cœur des préoccupations.

Appréhender les mécanismes régissant le fonctionnement du fleuve sous influence urbaine en se focalisant sur l'enjeu « baignade », sur l'évolution des outils de gestion du système d'assainissement, sur la réactivité hydro-thermique et géochimique du fleuve et des aquifères et sur le devenir des micro-contaminants.

② DYNAMIQUES DES CONTAMINANTS : DE LA COMPRÉHENSION DES PROCESSUS AU MÉTABOLISME TERRITORIAL

Les enjeux liés aux micropolluants sont abordés dans un cadre cognitif, allant de la caractérisation de l'état de la contamination du système et des effets associés sur les micro-organismes, à une conceptualisation en termes de métabolisme territorial, qui permet notamment de relier des pratiques à un état.

Appréhender le transfert des contaminants à l'échelle du bassin-versant tout en cernant à l'échelle locale les processus bio-physico-chimiques qui régissent leur devenir dans le système et en s'intéressant aux interactions entre les contaminants et le biote.

Partie 2

OPUR, observer et comprendre le transfert de polluants dans la ville

Vue d'ensemble du programme

Le programme OPUR est engagé dans sa 5e phase (2019 - 2023) qui s'inscrit dans un processus à l'œuvre depuis 25 ans visant à améliorer la connaissance sur la production et le transfert des polluants dans les eaux urbaines. Le transfert des polluants, qu'il s'agisse de macro ou de micropolluants, intègre leur émission dans l'environnement urbain, leur introduction et leur devenir dans les ouvrages d'assainissement, jusqu'à leur rejet dans le milieu naturel.

Les enseignements tirés du programme OPUR aident les acteurs opérationnels à la définition des stratégies d'aménagement ou d'exploitation des ouvrages de gestion des eaux de la ville, depuis les techniques alternatives, pour une maîtrise à la source de la contamination des eaux pluviales, jusqu'au traitement centralisé, pour une optimisation du traitement de la micro-contamination.

Le programme OPUR vise également à proposer des outils d'aide à la gestion des flux d'eau et de contaminants dans les eaux urbaines. Il s'agit de méthodes analytiques pour l'analyse des micropolluants dans les matrices de l'assainissement, de méthodes innovantes pour le suivi de la qualité des eaux usées, telles que par exemple l'analyse large spectre, dite « screening qualitatif » et de modèles de calcul de flux polluants transitant dans la ville ou le système d'assainissement.

Focus

sur les expérimentations OPUR déployées sur le territoire francilien

Fondé sur un partenariat durable avec les acteurs opérationnels de l'eau et de l'assainissement en Île-de-France, le programme OPUR dispose d'une capacité à déployer ses recherches sur le territoire francilien, et en particulier à mener des expérimentations à l'échelle des ouvrages de stockage, de transport et de traitement des eaux usées.

Expérimentations pour le suivi de l'efficacité des ouvrages amont - Compans

Prélèvement des eaux de ruissellement

Campagne de prélèvements sur l'usine SEV - Valenton

Campagne de prélèvements dans les réseaux d'assainissement – Créteil

Suivi du prototype de traitement CarboPlus® sur l'usine SEC - Colombes

Campagne de prélèvements – Déversoir d'orage de Clichy

OPUR (phase V), les axes thématiques

Une phase quinquennale (2019 - 2023) structurée en 4 axes thématiques

Deux axes en complémentarité avec le programme MeSeine Innovation

① GESTION À LA SOURCE DES EAUX PLUVIALES

Rendre la ville « transparente » à la pluie, et ainsi maintenir un bilan hydrologique et une qualité de l'eau proches de ce qu'ils seraient en l'absence d'urbanisation, par la promotion d'une gestion des eaux de ruissellement dans des ouvrages amont, se dessine aujourd'hui comme une voie prometteuse, notamment pour s'adapter au changement climatique, atténuer la perte de biodiversité et améliorer le confort thermique urbain.

Appréhender le bilan hydrique des ouvrages de gestion amont, via *les approches de modélisation et l'acquisition de mesures, en se focalisant particulièrement sur la composante évapotranspiration, et aborder la question du devenir des polluants interceptés dans les ouvrages, avec une attention particulière aux micropolluants organiques potentiellement soumis au processus de biodégradation.*

② SCÉNARISATION DE LA GESTION DES EAUX PLUVIALES URBAINES DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS GLOBAUX

Face au changement climatique et à l'ensemble des changements induits par l'anthropisation sur des écosystèmes naturels et construits, la ville s'engage aujourd'hui dans une démarche de transition visant à atténuer ses impacts négatifs, tels que l'accroissement des inondations, la baisse du niveau des nappes phréatiques, la contamination des compartiments environnementaux, la formation d'îlot de chaleur ou encore la déperdition de la biodiversité en ville.

Appréhender les effets combinés d'une diffusion des modes de gestion des eaux pluviales en ville, et notamment leur capacité à compenser les effets négatifs de l'évolution urbaine, du changement climatique et des modifications des pratiques de construction, de trafic et d'usages, par la modélisation et l'analyse de scénarios réalistes de déploiement.

Deux axes en synergie avec le programme MeSeine Innovation

① QUALITÉ MICROBIOLOGIQUE DES EAUX PLUVIALES

Les rivières franciliennes, qui ont vu leur qualité microbiologique s'améliorer grâce à l'évolution du système d'assainissement, restent sensibles aux apports de temps de pluie. Dans un contexte « baignade » où les attentes vis-à-vis de ces rivières sont importantes, la question des apports en bactéries fécales et autres organismes pathogènes à l'origine de maladies hydriques reste au cœur des préoccupations actuelles.

Appréhender, d'un point de vue microbiologique, les sources et les flux de contamination des eaux des rivières et canaux franciliens, en complétant le suivi des bactéries fécales par la recherche de bactéries pathogènes, de parasites et de virus entériques, et développer un système de surveillance et d'alerte de la zone de baignade du bassin de la Villette.

② DIAGNOSTIC ET OPTIMISATION DES SYSTÈMES D'ASSAINISSEMENT VIS-À-VIS DES POLLUANTS ET MICROPOLLUANTS

Le système d'assainissement constitue une voie de transfert des macropolluants et d'un large panel de micropolluants, des composés prioritaires de la DCE aux polluants émergents, non encadrés par la réglementation. La maîtrise et la réduction des flux de polluants supposent que leur dynamique dans le continuum « ville - RA – usine », liée à leur voie d'émission et leurs propriétés physico-chimiques, soit cernée.

Appréhender la variabilité et le devenir dans les eaux usées des macropolluants, par l'établissement de relations débit-qualité et la construction de modèles statiques, et cerner le devenir des micropolluants, biocides et microplastiques notamment, dans le réseau d'assainissement et le long des filières de traitement, conventionnelles ou tertiaires.

Chapitre 4

Partenariats opérateurs Eau et Déchets, pour progresser en synergie avec les acteurs des territoires

Partie 1

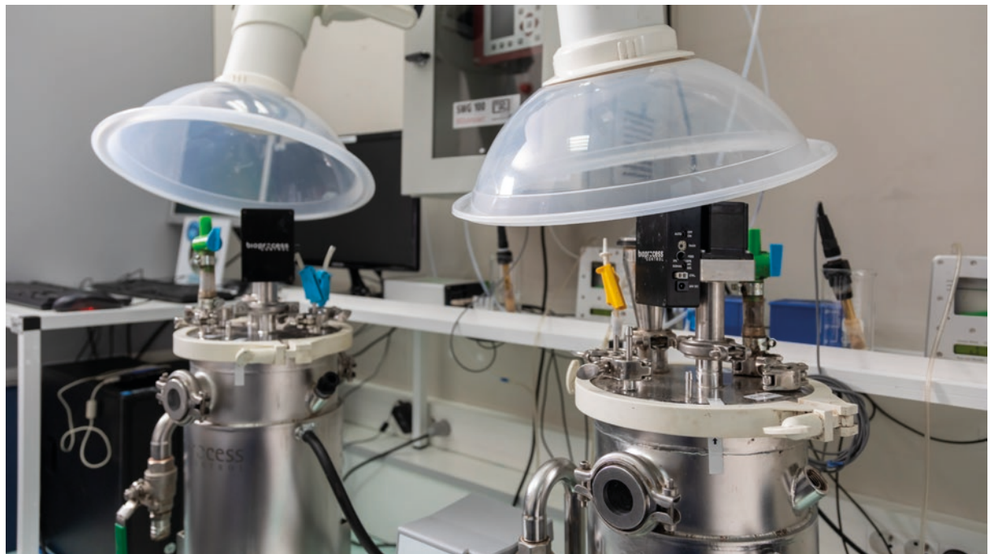
Partenariats opérateurs publics, avancer sur les problématiques techniques et environnementales communes

Vue d'ensemble des partenariats

L'engagement de partenariats durables entre les structures publiques en charge de l'assainissement, de l'eau potable et du traitement des déchets urbains permet d'avancer et de progresser collectivement sur les problématiques techniques et environnementales communes, et contribue à maintenir des synergies industrielles transsectorielles à l'échelle des territoires.

La collaboration entre le monde de l'assainissement et de la potabilisation est au cœur de la démarche. L'intérêt de ce rapprochement s'apprécie à l'aune de la convergence technique de ces deux domaines ; l'accroissement des performances attendues vis-à-vis des filières de traitement des eaux usées ayant progressivement conduit à accroître les similitudes entre les filières « eau usée » et « eau potable ». Maillons essentiels du cycle de l'eau, ces deux domaines sont connectés ensemble par la rivière, réceptacle de l'eau traitée pour l'un et ressource d'eau brute pour l'autre ; la préservation et la surveillance de sa qualité constituant dans ce cadre un objectif commun.

La collaboration entre le monde de l'assainissement et celui du déchet urbain s'inscrit dans le contexte général de la promotion de l'économie circulaire privilégiant les circuits courts. Ces domaines industriels, confrontés à des enjeux similaires sur le traitement et la valorisation des matières, développent des savoir-faire et des expertises dont la mise en commun permettra d'imaginer la gestion des eaux usées et des déchets de demain, innovante et cohérente à l'échelle des territoires.



ASSAINISSEMENT, EAU POTABLE ET TRAITEMENT DU DÉCHET : CONVERGENCE DES PROBLÉMATIQUES ET COMPLÉMENTARITÉ DES MOYENS ET EXPERTISES

Installations industrielles au service du cycle de l'eau

Traitement membranaire en assainissement - Seine aval

Traitement membranaire en eau potable - Usine de Lutry

Surveillance et analyse des eaux de surface, un enjeu partagé

Installations industrielles au service de la valorisation des gisements organiques

Centre d'incinération avec valorisation énergétique Isséane du Syctom - Issy-les-Moulineaux

Digesteurs – Seine Grésillons

Partenariats opérateurs publics, 3 axes thématiques

① LES TRAITEMENTS AVANCÉS, APPLIQUÉS AUX FILIÈRES « EAU USÉE » ET « EAU POTABLE »

Les filières « eau usée » et « eau potable » tendent à converger techniquement, avec l'intégration dans les usines d'épuration de procédés membranaires et le déploiement progressif des traitements tertiaires assurant un traitement poussé des effluents, notamment une élimination de la micro-contamination chimique et biologique.

Croiser les retours d'expérience sur les performances, l'exploitation et la maintenance des procédés membranaires et des traitements avancés basés sur les mécanismes d'oxydation chimique (ozone, réactifs oxydants), d'irradiation par ultra-violet ou de sorption sur phases solides activées thermiquement (charbon actif).

② LA QUALITÉ DES EAUX DE SURFACE, RESSOURCE POUR LA PRODUCTION D'EAU POTABLE ET RÉCEPTACLE DES EAUX TRAITÉES PAR LE SYSTÈME D'ASSAINISSEMENT

La surveillance des eaux de surface constitue une mission commune aux acteurs de l'eau usée et de l'eau potable, respectivement concernés par l'évaluation de l'impact du fonctionnement du système d'assainissement sur la qualité des rivières et par le suivi de la qualité de la ressource utilisée pour la production de l'eau potable.

Acquérir des connaissances sur la qualité des eaux de surface, en termes de macro et micropollution, qu'il s'agisse de micropolluants chimiques ou biologiques, et accompagner le développement de systèmes de mesures ou de méthodes d'analyses adaptés à un suivi opérationnel et poussé des eaux de surface.

③ LE TRAITEMENT ET LA VALORISATION DES BIO-DÉCHETS ISSUS DES TERRITOIRES, DE L'EAU USÉE À LA FRACTION ORGANIQUE DES ORDURES MÉNAGÈRES

CoMétha, un partenariat d'innovation engagé en 2016 par le SIAAP et le Syctom* pour une durée de 9 ans en vue de faire émerger des solutions innovantes de valorisation de la matière organique, créatrice d'énergie et de produits valorisables, par la mise en œuvre à l'échelle industrielle de pilotes expérimentaux.

Appréhender les filières innovantes permettant de valoriser les boues urbaines et la fraction organique résiduelle des ordures ménagères par la mise en œuvre à l'échelle industrielle de solutions de traitement porteuses d'innovation, telles que l'hydrolyse thermique, la carbonisation hydrothermale, la pyrolyse ou la méthanation par voie biologique.

*Agence métropolitaine des déchets ménagers en charge du traitement des déchets ménagers en agglomération parisienne, soit les déchets de 6 millions d'habitants. Le Syctom est propriétaire de 10 unités de traitement (3 unités de valorisation énergétique, 6 centres de tri et un centre de transfert) et couvre un territoire de 85 communes réparties sur 5 départements (75, 78, 92, 93, 94) de la zone dense de l'Île-de-France. Pour en savoir plus : www.syctom-paris.fr

Focus

sur quelques actions collaboratives engagées avec les acteurs publics

TRAITEMENTS AVANCÉS APPLIQUÉS EN EAU USÉE ET PRODUCTION D'EAU POTABLE

Collaborations engagées avec des villes françaises et européennes (2020)

Pilote nanofiltration - Ville de Lausanne

Usine d'épuration équipée de traitements avancés (acide performique) - Venise

RECHERCHE DES RÉSIDUS MÉDICAMENTEUX DANS LA SEINE FRANCILIENNE

Collaboration engagée avec Eau de Paris (2010)

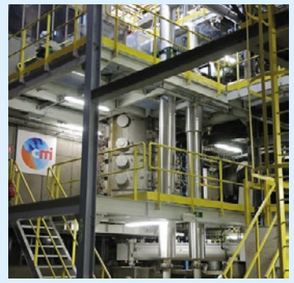
Préparation d'échantillons

Prélèvements en Seine

EXPÉRIMENTATIONS DE SOLUTIONS INNOVANTES POUR LE TRAITEMENT ET LA VALORISATION DES BIO-DÉCHETS ISSUS DU TERRITOIRE FRANCILIEN

Partenariat d'innovation SIAAP - Syctom (2016)

Unité de méthanation biologique GICON®



Pilote du four à soles multiples (M.H.F.), Liège

Partie 2

Partenariats opérateurs privés, anticiper l'évolution des filières de traitement

Vue d'ensemble des partenariats

L'engagement de partenariats durables entre les structures publiques en charge de l'exploitation des systèmes d'assainissement et les opérateurs privés du secteur de l'eau, spécialisés dans le développement et la construction des filières de traitement des eaux usées et des sous-produits, constitue une voie privilégiée pour accompagner l'évolution du système d'assainissement sur le temps long.

L'évolution des infrastructures industrielles sur lesquelles repose l'assainissement des agglomérations urbaines constitue une réponse nécessaire face aux évolutions environnementales et sociétales, en particulier dans un contexte de changement climatique. Les exigences vis-à-vis des usines en termes de performance, notamment vis-à-vis de la micropollution, et en termes de sobriété environnementale deviennent de plus en plus fortes. Dans ce cadre, la collaboration scientifique et technique avec les opérateurs privés doit permettre de préparer, pour les exploitants de demain, les filières de traitement capables de combiner haute qualité de traitement et exploitation efficiente.

Le partenariat avec les opérateurs privés constitue également un moyen efficace pour accompagner la nécessaire mutation des usines d'épuration en pôle de valorisation de matière. Hier STEP (STation d'EPuration), les usines seront demain STARRE (STAtion de Récupération de Ressources de l'Eau), intégrant des procédés capables de récupérer et de valoriser les matières présentes dans les eaux et les sous-produits de traitement.

ÉVOLUTION DES INFRASTRUCTURES INDUSTRIELLES : PRÉPARER POUR L'EXPLOITANT L'USINE DE DEMAIN

Traitement des micropolluants dans les rejets d'usine d'épuration

Unités pilotes installées sur les sites Seine aval et Seine centre (2013 - 2018)

Ozonation catalytique (SUEZ)

Lit fluidisé - Charbon actif (SAUR)

Couplage décantation physico-chimique - charbon actif (Veolia)

Optimisation des performances des unités de traitement biologique par biofiltration

Équipement d'une cellule Biostyr® avec la technologie BiostyrDuo® - Seine aval (2017- 2019)

Cellule Biostyr® (Veolia)

Traitement biologique par biofiltration - Seine aval

Récupération et valorisation matière - Focus sur le CH_4 et le CO_2

Liquéfaction du CH_4 issu du biogaz - Seine Valenton (2014 - 2017)

Unités pilotes (SUEZ) - Seine Valenton

Partenariats opérateurs privés, 4 axes thématiques

OUTILS NUMÉRIQUES (MODÉLISATION / COMMANDE)

- Étudier la régulation avancée des procédés biologiques.
- Suivre le fonctionnement des digesteurs par outil numérique.
- Élaborer un outil d'aide à la décision pour l'exploitation de l'usine d'épuration Seine Valenton au travers d'un jumeau numérique.

NOUVEAUX PROCÉDÉS / OPTIMISATION

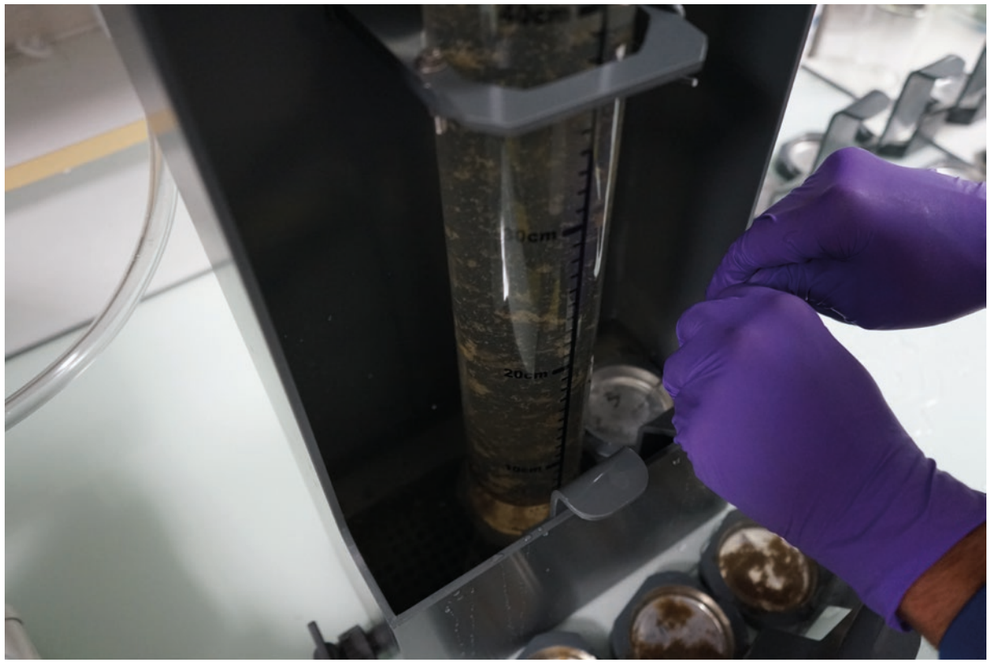
- Mener une étude technico - économique pour la désinfection des eaux épurées.
- Étudier le traitement des centrats de digestion par microalgues.

RÉCUPÉRATION MATIÈRE

- Étudier à l'échelle pilote la valorisation du CO_2 issu du biogaz pour produire du bicarbonate - Projet Valecarb.
- Mettre au point un dispositif de conversion électrocatalytique en méthane de synthèse.

OUTILS MÉTROLOGIQUES ET SUIVI DES EFFLUENTS (RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT - USINE - RIVIÈRE)

- Mettre en place un suivi à haute fréquence de la qualité de la Seine dans la zone amont de l'agglomération parisienne - Projet Swarm.
- Suivre les traces de l'ARN du SARS-CoV-2 au sein des filières de traitement des eaux et des boues.
- Évaluer l'empreinte chimique des filières d'assainissement : de l'état des lieux aux changements de pratiques.
- Mettre en œuvre l'évaluation de l'impact perturbateur endocrinien de l'usine.



Focus

sur quelques actions collaboratives engagées avec les opérateurs privés

RÉCUPÉRATION ET VALORISATION DU CO_2 PRÉSENT DANS LES FUMÉES D'INCINÉRATION

Étude de la fixation du CO_2 présent dans les fumées d'incinération par les suspensions algales – Collaboration SUEZ

Puits de carbone - Seine centre

Expérimentation en laboratoire - Colombes

QUANTIFICATION DES BACTÉRIES FÉCALES DANS LES EAUX DE SURFACE

Inter-comparaison des méthodes de quantification des bactéries fécales dans les eaux de surface – Collaboration SAUR

Mesures bactériologiques

SUIVI DE L'ARN DU VIRUS AU SEIN DES FILIÈRES DE TRAITEMENT DES EAUX

Suivi de l'ARN du virus au sein des filières de traitement des eaux – Collaboration Veolia

Expérimentations sur l'usine Seine Valenton

CONVERSION ÉLECTROCATALYTIQUE EN MÉTHANE DE SYNTHÈSE

Partenariat de recherche pour la mise au point d'un dispositif de conversion électrocatalytique en méthane de synthèse – Collaboration Commissariat à l'Énergie Atomique, Collège de France et Veolia

Chapitre 5

Synopsis des activités et productions scientifiques

L’innovation en quelques chiffres clés

Productions scientifiques et techniques de l’innovation au sein du SIAAP

articles nationaux

articles internationaux

ouvrages collectifs

70 actions de recherche engagées

6 expérimentations menées *in situ*

20 thèses engagées

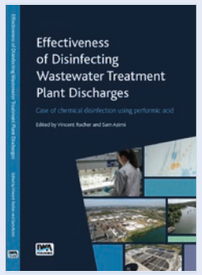
Plus de 45 centres de recherche, 22 entreprises innovantes et 5 associations partenaires

7 ouvrages collectifs et 165 articles S&T dont 27 articles internationaux en 2020 - 2022 dont 7 articles nationaux entre 2020 - 2021 dont 1 ouvrage paru en 2021

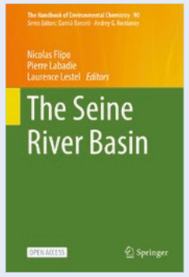
8 projets financés par des guichets nationaux, européens ou internationaux

Focus

Deux ouvrages collectifs de capitalisation des connaissances



ROCHER V, AZIMI S (2021), Effectiveness of disinfecting Wastewater treatment plant discharges: case of chemical disinfection using performing acid, IWA Publishing, 260 p.



FLIPO N, LABADIE P, LESTEL L (2021), The Seine River Basin, The Handbook of Environmental Chemistry (HEC, volume 90), Springer, 430 p.

Productions scientifiques et techniques 2020-2022

ARTICLES NATIONAUX

Année	Auteurs	Éditeur	Titre
2021	Montier et al	**Techniques Sciences et Méthodes, 2022, spécial COVID 19**	Comportement de l'ARN du SARS-Cov-2 au sein des filières de traitement eaux et boues du site Seine Valenton – SIAAP-Sival
2020	Gueguen et al	**Techniques Sciences Méthodes, 2020, n°10**	Devenir des structures en béton en présence d'H_2S - Vers une évolution des classes d'exposition
	Mailler et al	**Techniques Sciences et Méthodes, 2020, n°12**	Évaluation du comportement des organismes pathogènes au sein des filières de traitement des eaux usées – cas de l'agglomération parisienne dans le contexte de la réutilisation des eaux traitées
	Lewi et al	**Matériaux et Techniques**	«Détérioration des matériaux cimentaires dans les ouvrages de nitrification des stations d'épuration»
	Coutu et al	**Techniques Sciences et Méthodes, 2020, n°9**	Conception de réacteurs et compteurs de gaz innovants pour la méthanisation en voie sèche à l'échelle laboratoire
	Suard et al	**Techniques Sciences et Méthodes, 2020, n°5**	Limitation du colmatage dans un bioréacteurs à membranes à l'échelle semi-industrielle : modélisation et caractérisation de l'hydrodynamique
	Mottelet et al	**Techniques Sciences et Méthodes, 2020, n°6**	Mesure en ligne des concentrations d'ions nitrites et nitrates pour l'optimisation de la dénitrification et la réduction de la production en protoxyde d'azote

OUVRAGES COLLECTIFS

Année	Éditeur	Titre
2021	**IWA Publishing**	Effectiveness of Disinfecting Wastewater Treatment Plant Discharges - Case of chemical disinfection using performic acid
2020	**Springer**	The Handbook of Environmental Chemistry -Changes in Fish Communities of the Seine Basin over a Long-Term Perspective

MÉMOIRES DE DOCTORAT

Année	Auteurs	Programme de recherche	Structure	Titre
2022	NADEEM Kashif	**Mocopée**	**Université Toulouse - INP Toulouse - Laboratoire Génie Chimique (LGC)**	Extended knowledge-based model for a super large submerged membrane bioreactor (MBR)
	OLIVEIRA FILHO Marcos Antônio	**Mocopée**	**Université Toulouse - INP Toulouse - Laboratoire Génie Chimique (LGC)**	Mechanisms of degradation under operating conditions of polymeric filtration membranes used in membrane bioreactor
2021	COUTU Arnaud	**Mocopée**	**Université de Technologie de Compiègne (UTC)**	Conception de réacteurs de laboratoire et développement d'approches numériques pour l'optimisation du procédé de méthanisation en voie solide et discontinue : plans d'expérience mixtes et bootstrapping, modélisation couplée hydrodynamique et biochimique
	HOAREAU Morgane	**Mocopée**	**Université Toulouse - INP Toulouse - Laboratoire Génie Chimique (LGC)**	Procédé électro-microbien pour le traitement des eaux usées domestiques
2020	ZHU Jialu	**Mocopée**	**Université de Technologie de Compiègne (UTC)**	Modélisation détaillée du fonctionnement de la future filière complète de biofiltration de la station de traitement des eaux usées Seine aval

ARTICLES INTERNATIONAUX

Année	Auteurs	Éditeur	Titre
2022	Paijens et al	**Environmental Science : Water Research & Technology**	Biocidal substances in the Seine River: contribution from urban sources in the Paris megacity
	Lopez-Viveros et al	**Environmental Science and Pollution Research**	Wild type and variants of SARS-COV-2 in Parisian sewage: presence in raw water and through processes in wastewater treatment plants
	Guerin Rechdaoui et al	**Environmental Research**	Fate of SARS-CoV-2 coronavirus in wastewater treatment sludge, during storage and thermophilic anaerobic digestion
	Matar et al	**Water Science and Technology**	Modelling the benefits of urine source separation scenarios on wastewater treatment plants within an urban water basin
	Wurtzer et al	**Science of the Total Environment**	From Alpha to Omicron BA.2: New digital RT-PCR approach and challenges for SARS-CoV-2 VOC monitoring and normalization of variant dynamics in wastewater
	Nihemaiti et al	**ACS EST Water**	High-Resolution Mass Spectrometry Screening of Wastewater Effluent for Micropollutants and Their Transformation Products during Disinfection with Performic Acid
	Coutu et al	**Bioresource Technology Reports**	Transport and retention modeling of the liquid phase through a stratified porous leach-bed. Application for solid-state anaerobic co-digestion of cattle manure and roadside grass
	Marcops et al	**Environmental Pollution**	Bioaccumulation of per- and polyfluoroalkyl substance in fish from an urban river: Occurrence, atterns and investigation of potential ecological drivers
	Coutu et al	**Bioresource Technology Reports**	A coupling model for solid-state anaerobic digestion in leach-bed reactors: Mobile-Immobile water and anaerobic digestion model
	Coutu et al	**Bioresource Technology Reports**	Methane yield optimization using mix response design and bootstrapping: application to solid-state anaerobic co-digestion process of cattle manure and damp grass
	Nadeem et al	**Science of the Total Environment**	Modeling, simulation and control of biological and chemical P-removal processes for membrane bioreactors (MBRs) from lab to full-scale applications: State of the art
	Le Guernic et al	**Journal of Environmental Chemical Engineering**	First evidence of SARS-CoV-2 genome detection in zebra mussel (*Dreissena polymorpha*)
	Mailler et al	**Environmental Technology**	Long-term performances and membrane lifespan of full-scale MBR treating filtrate from sludge ultra-dewatering
	Oliveira et al	**Separation and Purification Technology**	Comprehensive study of supported PVDF membrane ageing in MBR: A direct comparison between changes at bench scale and full scale
	Mailler et al	**Journal of Environmental Chemical Engineering**	Application of a laboratory screw decanter to evaluate sludge behaviour in mechanical thickening and dewatering: Preliminary results
	Ginisty et al	**Journal of Environmental Management**	Sludge conditioning, thickening and dewatering optimization in a screw centrifuge decanter: Which means for which result?
2021	Patureau et al	**Waste Management**	Fate of emerging and priority micropollutants during the sewage sludge treatment - part 2: mass balances of organic contaminants on sludge treatments are challenging
	Mailler et al	**Water Science and Technology**	What removals of pathogen indicators can be expected within large-scale wastewater treatment facilities in the context of wastewater reuse in Paris conurbation?
	Guillossou et al	**Water Research**	Fluorescence excitation/emission matrices as a tool to monitor the removal of organic micropollutants from wastewater effluents by adsorption onto activated carbon
	Igos et al	**Journal of Cleaner Production**	Life cycle assessment of powder and micro-grain activated carbon in a fluidized bed to remove micropollutants from wastewater and their comparison with ozonation
2020	Paijens et al	**Journal of Hazardous Materials**	Urban pathways of biocides towards surface waters during dry and wet weathers: assessment at the Paris conurbation scale
	Goffin et al	**Environmental Science and Pollution Research**	Temperature, turbidity, and the inner filter effect correction methodology for analyzing fluorescent dissolved organic matter
	Goutte et al	**Journal of fish biology**	Monitoring freshwater fish communities in large rivers using environmental DNA metabarcoding and a long-term electrofishing survey
	Mailler et al	**Environmental Technology**	Normalization of wastewater coagulation-flocculation trials and implications in terms of variability in treatment performance and comparison of commercial coagulants
	Guillossou et al	**Chemosphere**	Influence of the properties of 7 micro-grain activated carbons on organic micropollutants removal from wastewater effluent
	Guillossou et al	**Water Research**	Influence of dissolved organic matter on the removal of 12 organic micropollutants from wastewater effluent by powdered activated carbon adsorption
	Guillossou et al	**Chemosphere**	Benefits of ozonation before activated carbon adsorption for the removal of organic micropollutants from wastewater effluents

Chapitre 6

Équipes impliquées dans innEAUvation

Partenaires scientifiques

ACTALIA	310 rue Popielujko 50000 Saint-Lô	**www.actalia.eu**	
AALTO	Aalto University P.O. Box 11000 (Otakaari 1B) FI-00076 AALTO	**www.aalto.fi/**	
AESN	51 rue Salvador Allende 92000 Nanterre	**www.eau-seine-normandie.fr**	
CEA	Siege social Bâtiment Le ponant D 25 rue Leblanc 75015 Paris	**www.cea.fr**	
CHRONO ENVIRONNEMENT	16 route de GRAY 25030 Besançon Cedex	**chrono-environnement.univ-fcomte.fr**	
DEEP	Laboratoire Déchets Eaux Environnement Pollution 11 rue de la Physique Bâtiment Carnot 69621 Villeurbanne	**deep.insa-lyon.fr/**	
EAU DE PARIS	19 rue de Neuve-Tolbiac CS 61373 75 Paris Cedex 13	**www.eaudeparis.fr**	
EAWAG-AQUATIC RESEARCH - Department Process Engineering	Überlandstrasse 133 - CH 8600 Dübendorf	**www.eawag.ch/fr/**	
ÉCOBIO	Université de Rennes 1 UMR 6553 ÉCOBIO Campus de Beaulieu 263 avenue du Général Leclerc Bâtiment 14A - Pièce 37 35042 Rennes Cedex	**ecobio.univ-rennes1.fr/**	
EPOC	Environnements et Paléoenvironnement Océaniques Université Bordeaux 351 Cours de la Libération 33400 Talence	**www.epoc.u-bordeaux.fr/**	
Fachhochschule Nordwestschweiz	Bahnhofstrasse 6 5210 Windisch	**www.fhnw.ch/de/**	
GIP Seine aval	Espace des marégraphes Hangar C Quai de Boisguilbert CS 41174 76176 Rouen	**www.seine-aval.fr/**	

ICMPE	Université Paris Est-Créteil Institut de Chimie et des Matériaux Paris Est Équipe Chimie Métallurgique des Terres Rares UMR CNRS - UPEC 7182 2 rue Henri Dunant 94320 Thiais	**www.icmpe.cnrs.fr/**	
IFTS	Institut de la Filtration et des Techniques Séparatives Rue Marcel Pagnol 47510 Foulayronnes	**www.ifts-sls.com/**	
IMTLD	École Mine Télécom Lille Cité scientifique Rue Guglielmo Marconi, 59650 Villeneuve-d'Ascq	**imt-lille-douai.fr/**	
INRAE	147 rue de l'Université 75338 Paris Cedex 07	**www.inrae.fr/**	
IPREM	Technopôle Helioparc 2 avenue du Président Pierre Angot 64053 Pau Cedex 9	**iprem.univ-pau.fr**	
Laboratoire CPDM	Département Matériaux et Structures (MAST) – CPDM Laboratoire Comportement Physico-chimique et Durabilité des matériaux 14-20 Boulevard Newton Cité Descartes Champs sur Marne F-77447 Marne la Vallée Cedex 2	**www.univ-gustave-eiffel.fr/**	
LAMA	Université Paris-Est Créteil UMR CNRS 8050 UFR des Sciences et Technologie Bâtiment P3 - 4e étage 61 avenue du Général de Gaulle 94010 Créteil Cedex	**lama.u-pem.fr/**	
LBE	102 Avenue des étangs 11100 Narbonne	**www6.montpellier.inrae.fr/narbonne/**	
LEESU	Laboratoire Eau Environnement et Systèmes Urbains 6-8 avenue Blaise Pascal Cité Descartes Champs sur Marne 77 455 Marne-La-Vallée Cedex 2	**www.leesu.fr/**	
LGC	Laboratoire de Génie Chimique UMR CNRS 5503 4 allée Emile Monso CS 84234 31432 Toulouse Cedex 4	**lgc.cnrs.fr/**	
LIAS	Laboratoire d'Informatique et d'Automatique pour les Systèmes Université de Poitiers Bâtiment B25 2 rue Pierre Brousse TSA 41105 86073 Poitiers Cedex 9	**www.lias-lab.fr/**	
LISE	LISE - CNRS UMR8235 Université Sorbonne Campus Pierre et Marie Curie Tour 13-14 4 place Jussieu 75252 Paris Cedex 05	**www.lise.upmc.fr/**	

LIST	Luxembourg Institute of Science and Technology Environmental Research and innovation Department Maison de l'Innovation 5 avenue des Hauts-Fourneaux L-4362 Esch-Sur-Alzette	**www.list.lu/fr/**	
LMDC	Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions INSA-UPS Génie Civil 135 avenue de Rangueil 31077Toulouse Cedex 4	**www-lmdc.insa-toulouse.fr/**	
LRP	Université Grenoble Alpes Laboratoire Rhéologie et Procédés Domaine Universitaire BP53 38041Grenoble Cedex 9	**www.laboratoire-rheologie-et-procedes.fr/**	
METIS	Laboratoire Milieux Environnementaux, transferts et interactions dans les hydrosystèmes et les sols UPMC Sorbonne Université UMR 7619 METIS Case courrier 105 4 place Jussieu 75252 Paris Cedex 5	**www.metis.upmc.fr/ secretariat-metis@upmc.fr**	
Mines - ParisTech	60 boulevard Saint-Michel 75272 Paris	**www.minesparis.psl.eu/**	
PROSE	PRocédés biOtechnologiques au Service de l'Environnement INRAE 1 rue Pierre Gilles de Gennes CS 10030 92 761 Antony Cedex	**www6.jouy.inrae.fr/prose/**	
PSI	Paul Scherrer Institut Forschungsstrasse 111-5232 Villigen PSI-Suisse	**www.psi.ch/fr**	
SEBIO	Laboratoire Stress environnementaux et biosurveillance des milieux aquatiques Chemin des Rouliers 51680 Reims	**www.univ-reims.fr/sebio/accueil/bienvenue-sur-le-site-de-l-umr-i-02-sebio,20340,34311.html**	
SIAAP - Direction Innovation	82 avenue Kléber 92700 Colombes	**www.siaap.fr/ DI-Gestion-Innovation@siaap.fr**	
SMBT	328 quai des Moulins 34200 Sète	**www.smbt.fr**	
TBI	NSA/CNRS 5504 UMR INSA/ INRA 792- 135 avenue de Rangueil, 31077 Toulouse Cedex 4	**www.toulouse-biotechnology-institute.fr/fr/index.html**	
UCL - Université Catholique de Louvain	Rue Archimède 1 Boite L6.11.01 B- 1348 Louvain-la-Neuve	**uclouvain.be/fr/facultes/epl**	
UniLaSalle	Département Sciences et techniques agro-industrielles (STAI) Campus de Beauvais 19 rue Pierre Waguet BP 30313 60026 Beauvais	**www.unilasalle.fr/**	

Université Cadi Ayyad - Marrakech	Lot, rue filistine, Marrakech	**www.uca.ma/**	
UL - Département de génie civil et de génie des eaux	Université Laval Pavillon Adrien-Poulio 1065 avenue de la Médecine Québec, Canada, G1V 0A6	**www.gci.ulaval.ca/accueil/**	
Université de Lausanne	CH-1015 Lausanne Suisse	**www.unil.ch/index.html**	
Université de Lorraine	23 boulevard Albert 1er BP 60446 54001 Nancy Cedex	**www.univ-lorraine.fr**	
UPPA	Université Pau Pays de l'Adour Avenue de l'Université BP 576 64012 Pau cedex	**www.univ-pau.fr/**	
TIMR	Département Transformations Intégrées de la Matière Renouvelable EA 4297 Rue du docteur Schweitzer CS 60319 60203 Compiègne cedex	**www.utc.fr/timr/**	
UTC	Université de technologie de Compiègne Rue du docteur Schweitzer CS 60319 60203 Compiègne Cedex France	**www.utc.fr/**	
W-SMART	Association internationale des services d'eau et d'assainissement pour la sécurité durable de l'eau Association C/O LPG Paris 9 Villa Wagram Saint Honoré 75008 Paris	**www.w-smart.fr/**	

Partenaires industriels

3D - EAU	3 rue des Camélias 75014 Paris	**www.3deau.fr/**	
6TMIC	9 rue du développement ZI de Vic 31320 Castanet-Tolosan	**www.6t-mic.com/fr/accueil/**	
AQUASSAY	4 rue Atlantis Bâtiment OXO, F. 87068 Limoges Cedex	**aquassay.com/**	
ARKEMA	420 rue d'Estienne d'Orves 92705 Colombes Cedex	**www.arkema.com/**	
BIOMAE	Beauvoir ZA en Beauvoir 320 rue de la Outarde 01500 Château Gaillard	**biomae.fr/ contact@biomae.fr**	
CLIMESPACE	3 boulevard Diderot 75012 Paris	**www.fraicheurdeparis.fr**	
ENOSIS	12 rue Louis Courtois de Viçose Porte Sud, Bat.3 31100 Toulouse	**enosis-energies.com/**	
ENOVEO	7 place Antonin Poncet 69002 Lyon	**enoveo.com/**	
FLUIDION	94 avenue du Général De Gaulle 94000 Créteil	**fluidion.com/fr** **contact@fluidion.com**	
GRAND LYON	Métropole de Lyon 20, rue du Lac CS 33569 69505 Lyon Cedex 3	**www.grandlyon.com/**	
HYDROSPHÈRE	2 avenue de la Mare 95310 Saint Ouen l'Aumône	**www.hydrosphere.fr/**	
IAGE	335 rue Louis Lépine 34000 Montpellier	**www.iage-france.com**	
IDIL	4 rue Louis de Broglie 22300 Lannion France	**www.idil.fr**	
INERIS	SIEGE INERIS Parc Technologique ALATA BP 2 60550 Verneuil-en-Halatte	**www.ineris.fr/fr**	

LaboM SOLUTION	54 rue de Tilloy 60 000 Beauvais	**lucile.macchi@labo-m.solutions**	
Laboratoire WATCHFROG	1 rue Pierre Fontaine 91 000 Evry	**info@watchfrog.fr** **www.watchfrog.fr/**	
POLYMEM	3 Rue de L'industrie - Zone de VIC 31320 Castanet Tolosan -	**www.polymem.fr/**	
SIGEIF	64 bis, rue de Monceau 75008 Paris	**www.sigeif.fr/**	
Tame Water - ALCEN	3 rue Jean Jaurès 85000 La Roche-sur-Yon	**www.tame-water.com/fr/tame-water**	
TOXEM	12 rue des Quatre Saisons 76290 Montivilliers	**www.toxem.com/**	
VIEWPOINT	67 rue Copernic 01390 Civrieux	**viewpoint.fr/en/home** **info@viewpoint.fr**	
Yves Rocher	7 chemin de Bretagne 92130 Issy-les-moulineaux Cedex	**www.yves-rocher.fr**	

Partenaires associatifs

ARCEAU Île-de-France	16 rue Claude Bernard 75005 Paris	**www.arceau-idf.fr/fr** **info@arceau-idf.fr**	
Association Régionale de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique d'Île-de-France	28 rue du général de Gaulle 95810 Grisy-les-Plâtres	**www.peche-idf.fr/**	
Astee	51 rue Salvador Allende 92027 Nanterre Cedex	**www.astee.org/**	
CLUSTER Eau Milieux Sols	2 avenue Jean Jaurès Bâtiment de l'EPA ORSA et du Grand Orly Seine Bièvre 94600 Choisy-le-Roi	**clusterems.org/**	
RÉSEAU MESURE	c/o CCI Val d'Oise 34 boulevard du Port Cap Cergy Bâtiment C1 CS 20209 95031 Cergy Pontoise Cedex	**www.reseau-mesure.com/** **info@reseau-mesure.com**	

Édition 2022

CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES

© Leesu / OPUR
© Marino Trotta - Ville de Lausanne
© Franck Beloncle
© J-L DIAS
© Service de l'eau - Ville de Lausanne
© John Cockerill
© Olivier Rolfe

Reportages photographiques réalisés avant l'instauration des gestes barrières.

SIAAP
Service public de l'assainissement francilien

inneauvation
l'innovation au service de l'eau