



REVERSAAL : l'économie circulaire pour la station d'épuration du futur !

L'Unité de recherche (UR) REVERSAAL d'INRAE mène des recherches sur les procédés de valorisation et traitement des effluents urbains dans le but de faire progresser les connaissances et développer des méthodes et outils innovants, notamment pour préfigurer la station d'épuration du futur en l'intégrant dans le continuum réseau-station-rivière-atmosphère-sol.

L'heure est à la valorisation chez REVERSAAL ! Depuis quelques années, les thématiques de recherche de l'unité sont renforcées vers l'économie circulaire. L'unité de recherche REVERSAAL « Réduire Réutiliser Valoriser Les Ressources Des Eaux Résiduaire » s'implique également dans l'appui aux politiques publiques auprès des services de l'Etat et des collectivités.

Créée en janvier 2018, et issue d'une équipe de recherche ex-IRSTEA, l'unité de recherche REVERSAAL travaille sur la préfiguration de la station d'épuration du futur, et son rôle dans la ville de demain. Elle propose dans une logique d'économie circulaire des itinéraires technologiques :

- **Innovants**, permettant de produire de l'énergie, des effluents réutilisables (pour différents usages) et valoriser des ressources à partir des eaux résiduaires
- **Sobres**, pour limiter la consommation énergétique, les intrants chimiques, les émissions vers l'atmosphère ou le sol
- **Adaptés**, pour limiter les coûts de collecte et réutiliser l'eau localement, notamment en ville à l'aide de solutions fondées sur la nature
- **Intelligents**, avec une technologie intégrée dans le continuum réseau-station-rivière, équipée de capteurs, connectée et assistée d'une démarche prédictive pour améliorer les connaissances et aider à la prise de décision.

Pour cela, REVERSAAL travaille sur plusieurs échelles au travers d'expérimentations de laboratoire, sur pilotes de taille semi-industrielle et sur stations réelles à pleine échelle.

Dirigée actuellement par Jean-Marc Choubert, l'unité de recherche REVERSAAL comprend actuellement 35 personnes, dont 6 techniciens pour les plateformes expérimentales et les mesures sur sites réels, et une quinzaine de doctorants. L'unité accueille également chaque année, à partir de janvier, dix à quinze stagiaires de niveau Bac +5. Située à Villeurbanne, l'unité fait partie du Centre INRAE Lyon-Grenoble Auvergne- Rhône-Alpes, et dépend du département scientifique TRANSFORM Aliments, produits biosourcés et déchets. Elle contribue au Carnot Eau et Environnement.

Quatre axes de recherche

Les recherches de REVERSAAL sont structurées en 4 axes :

Axe 1 : réduire l'impact des rejets

Objectifs :

- Evaluer, développer, optimiser les procédés innovants, compacts, économes en énergie
 - Maîtriser les processus
 - Adapter les dimensions et l'exploitation
- Dans ce but, l'unité a développé par exemple un outil de diagnostic énergétique sur les différentes étapes de la filière de traitement. En tant que spécialiste du traitement des effluents, REVERSAAL connaît bien les caractéristiques de la station ainsi que les

risques préventifs. Les chercheurs travaillent constamment à améliorer le dispositif. Les pistes : Le traitement des micropolluants qui permet de réduire l'impact sur le milieu naturel, l'optimisation des procédés pour réduire les gaz à effet de serre, mieux exploiter la station d'épuration pour allonger sa durée de vie à moindre coût, en comprenant par exemple mieux les processus initiateurs du colmatage.

Axe 2 : réutiliser les effluents traités

Objectifs :

- Développer les procédés de traitement, dont les solutions fondées sur la nature et les stratégies de pilotage associées, pour produire des eaux adaptées à différents usages et différents contextes territoriaux (pays du sud inclus)
- Développer, en intégrant les aspects procédés, des outils multicritères d'aide à la décision de stratégie de gestion des eaux urbaines.

Cela concerne l'Eau (irrigation, lavage de voiries...), Eau + nutriments pour la fertirrigation.

REVERSAAL propose une approche multiple pour faire évoluer les procédés jusqu'à connaître leurs limites : qualité liée aux pathogènes et aux risques sanitaires et environnementaux (micropolluants), déterminer comment exploiter la station pour délivrer plusieurs qualités d'eau dans le temps, notamment pour un usage d'irrigation à destination de cultures : quelle quantité d'eau ? composition en azote et en phosphore ? quelle qualité d'eau pour sa réutilisation ?

Par ailleurs, déterminer comment travailler avec le sol naturel ou des matériaux rapportés. L'eau passée dans la station d'épuration peut-elle être utilisée dans le sol naturel ? Pour cela, REVERSAAL étudie le sol en tant que réacteur biologique, comme le projet Matcarb par exemple.

L'unité travaille également sur les procédés pertinents à l'échelle d'une gestion décentralisée des eaux en milieu urbain, pour une réutilisation locale de l'eau en évitant la prolifération des tuyaux. Cela concerne le projet européen MULTISOURCE, dont REVERSAAL assure la coordination et le projet de recherche TONIC (2020-2024).

Axe 3 : Récupérer et valoriser les ressources

Objectifs :

- Développer et optimiser les procédés de valorisation des ressources contenues dans les eaux usées tels que la capture du carbone et sa digestion (ex évaluation de procédés de désintégration des boues avant digestion), la capture et la valorisation des nutriments, la capture des métaux.
- Améliorer les connaissances sur les processus de capture et de valorisation au sein des procédés, (ex compréhension des interactions entre la fraction colloïdale des eaux usées, les microorganismes et les polymères chimiques pour augmenter le piégeage du carbone).

Il s'agit d'accompagner l'évolution de la filière eau pour aller de la station d'épuration des polluants (énergivore) vers la station de valorisation des ressources (à énergie neutre ou positive) et génératrice de produits à haute valeur commerciale (biogaz, fertilisants etc.)

Axe 4 : Innovations digitales

Objectifs :

- Sécuriser, fiabiliser et partager les données (vers des données FAIR et ouvertes), y compris celle acquises en ligne
- Renforcer les approches prédictives allant de la modélisation mécaniste jusqu'aux méthodes par apprentissage (jumeaux numériques).



Hall de Recherche de la Feysine

Cela passe par le contrôle en temps réel des réacteurs par le truchement de différents capteurs, par plus de réactivité dans le contrôle. La modélisation prédit les scénarii de ce qui pourrait se produire et permet de renforcer la prise de décision.

Un exemple concret en cours : projet de modélisation intégrée du fonctionnement de la station d'épuration de Pierre-Bénite qui démarre. Ces travaux font suite à une longue expertise en modélisation des chercheurs de l'unité sur de nombreux procédés à cultures libres et fixées.

Deux plateformes d'innovation

Deux plateformes expérimentales sont au service de ces axes :

Hall de recherche de la Feysine

Caractéristiques : 300 m² avec 150 m² de Hall expérimental et 30 m² de serres. Jean-Marc Perret est l'ingénieur responsable de la plateforme Feysine.

Proche de la station d'épuration de la Feysine (Villeurbanne), ce Hall comprend :

- Une alimentation en eaux usées domestique en temps réel avec des volumes importants, des eaux brutes, des eaux prétraitées, eaux sortie primaire, eaux traitées, boues primaires et secondaires.
- Un Automate permet de piloter et gérer le fonctionnement des pilotes, d'enregistrer les paramètres mesurés continuellement (Débit, O₂, EH, NH₄, NO₃, PO₄...)
- Un laboratoire d'appoint pour le suivi des pilotes (analyses chimiques par méthodes rapides)
- Pilotes Bio : 2 pilotes de 3 m³ de type BA avec clarificateur ou bloc membranaire - modulables (BA, SBR, IFAS, MBBR, BRM)
- 2 chambres thermostatées pour l'étude de processus en conditions de température contrôlée
- Une zone modulable de 70 m² pour l'accueil de pilotes selon les projets de recherche.

Plateforme REFLET

Cette Plateforme de REcherche et développement sur les Filtres pLantés de vGétaux pour le Traitement des eaux et des boues (REFLET), permet de mener des recherches sur les Solutions Fondées sur la Nature pour la gestion des eaux urbaines. Sur plusieurs lieux géographiques dont le site de Craponne près de Lyon. Pascal Molle, directeur de recherche INRAE, est responsable de la plateforme Reflet.

Elle comprend :

- Laboratoire de caractérisation physique et hydrodynamique des milieux poreux
 - L'étude fine des processus en milieu poreux
 - 4 pilotes de 2 m³ pour l'étude des processus en conditions réelles – dans la Serre de la Feysine.
 - 9 pilotes de 20 m³ pour les eaux usées domestiques et les eaux fluviales
- En collaboration avec des industriels, ou dans le cadre de projets de recherche publics,

des configurations spécifiques peuvent être mises en œuvre.

Dans le cadre d'activités historiques d'appui aux politiques publiques, REVERSAAL gère depuis 12 ans le **groupe EPNAC**, dédié à tous les acteurs publics concernés par la gestion de l'eau et axé sur les questions d'assainissement pour les petites et moyennes collectivités dans un but de revalorisation et d'accompagnement dans les changements de pratiques. Des journées techniques et des ateliers sont organisés chaque année.

Plus récemment, le **réseau REUSE** d'INRAE a été créé. Il fédère l'ensemble des acteurs de l'institut qui développent des recherches pour relever les défis touchant la mobilisation et l'utilisation des eaux non conventionnelles. Le réseau présente des approches pluridisciplinaires pour soutenir les acteurs dans cette démarche de changement de pratiques concernant l'eau, le sol, la plante, l'alimentation.

En 2018, l'UR REVERSAAL et le laboratoire DEEP de l'INSA de Lyon ont créé le **pôle commun de recherche RESEED** pour développer des travaux de recherche multidisciplinaire en ingénierie environnementale (déchets liquides et solides de toutes natures tels que eaux résiduaires, rejets urbains de temps de pluie, boues d'épuration, sédiments, déchets urbains). RESEED prône la gestion intégrée des eaux urbaines usées et pluviales pour réduire les émissions de polluants dans l'environnement et valoriser les déchets en ressources et en énergie. RESEED porte déjà de nombreux sujets de recherche comme la valorisation de la matière organique (CAPTURE) et la récupération de métaux (MAYA), la réduction des émissions tels que le soufre, l'azote, la gestion décentralisée des eaux urbaines pour un territoire urbain résilient (TONIC, MULTISOURCE), l'école d'été sur l'infiltration co-organisée avec l'OTHU et l'école universitaire de recherche EUR H2O-Lyon.

Fort de ses atouts, l'unité de recherche REVERSAAL d'INRAE a de belles perspectives d'évolution. Elle compte renforcer ses collaborations avec les partenaires académiques régionaux, nationaux et internationaux, faire d'avantage connaître ses contributions auprès des acteurs de l'Etat et des collectivités, pour faire face -ensemble - aux évolutions liées au changement climatique à venir, favoriser la biodiversité et contribuer à l'économie circulaire.

M. HASLÉ

Contact :

UR REVERSAAL

Jean-marc.choubert@inrae.fr

Tél. : 04 72 20 87 87

<https://reversaalinrae.fr/>

<https://www.reseed-lyon.fr/>

Films Plateforme :

<https://youtu.be/LubQrvsB-gc>

(version française),

<https://youtu.be/CQjLLynTS64>

(version anglaise)