



**HAL**  
open science

## Les projets de recherche du Réseau REUSE et du Carnot Eau & Environnement pour accélérer le déploiement de solutions innovantes

Elisabeth Vidal, Jérôme Harmand, Rémi Lombard-Latune, Alain Rapaport, Alice-Rose Thomas, Antonin Azaïs, Céline Berni, Christophe D'ignazio, Dominique Patureau, Elena Gomez, et al.

### ► To cite this version:

Elisabeth Vidal, Jérôme Harmand, Rémi Lombard-Latune, Alain Rapaport, Alice-Rose Thomas, et al.. Les projets de recherche du Réseau REUSE et du Carnot Eau & Environnement pour accélérer le déploiement de solutions innovantes. INRAE. 2023. hal-04874942

**HAL Id: hal-04874942**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04874942v1>**

Submitted on 8 Jan 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

# REUSE - Réutilisation des eaux usées traitées

---

Les projets de recherche  
du Réseau REUSE et du  
Carnot Eau & Environnement  
pour accélérer le déploiement  
de solutions innovantes



## **Vous êtes une entreprise ou une collectivité et vous cherchez à innover dans le domaine de la réutilisation des eaux usées traitées (REUSE) ?**

Le Carnot est engagé dans le développement de partenariats entre la recherche publique et les entreprises – de la PME au grand groupe – ou les collectivités territoriales.

En partenariat avec le réseau REUSE d'INRAE, le Carnot Eau & Environnement vous propose ici une **liste non exhaustive des projets menés par nos chercheurs dans le champ de la REUSE.**

Dans le contexte de raréfaction de la ressource que l'on constate aujourd'hui, le terme de REUSE recouvre ici l'ensemble des approches permettant de donner de la valeur à des eaux ayant déjà été anthropisées.

Lorsqu'on parle de REUSE, il s'agit d'englober les approches traditionnelles (réutilisation après traitement en station d'épuration pour un nombre d'usages encore actuellement très restreint) mais également toutes celles permettant de favoriser l'économie circulaire de l'eau dans le nexus eau-matière-énergie, y compris - par exemple - la séparation à la source.

Le réseau REUSE d'INRAE a été créé pour fédérer l'ensemble des activités de recherche relatifs à la REUSE, en promouvant une approche intégrée, multi-échelle, très pluridisciplinaire et couvrant l'ensemble du spectre des \*TRL, y compris les plus élevés, via de nombreuses collaborations avec le secteur privé.

Notre objectif : **favoriser le développement de nouvelles collaborations visant à accélérer le déploiement de solutions innovantes** dans le domaine de la Réutilisation des Eaux Usées Traitées.

\*TRL : Technology Readiness Level ou niveau de maturité technologique) est un système de mesure employé pour évaluer le niveau de maturité d'une technologie.

Il va être nécessaire de relever de nombreux défis techniques, technologiques, scientifiques pour améliorer la gestion de l'eau.

L'utilisation des eaux usées traitées constitue en effet une solution essentielle car elle contribue à économiser la ressource en eau en se substituant à des prélèvements dans la nature.

**Le vivier exceptionnel de compétences du Carnot Eau & Environnement et du réseau REUSE d'INRAE est à votre disposition pour y parvenir, ensemble.**

**Elisabeth Vidal**

Directrice du Carnot  
Eau & Environnement



**Jérôme Harmand**

Animateur du réseau REUSE d'INRAE

## Traitement des eaux urbaines

- 08.....EPNAC : Groupe de travail national sur la gestion  
intégrée des eaux urbaines des petites  
et moyennes collectivités
- 10.....WOC-WoD Water on Demand  
Prélèvements localisés d'eau usée brute  
pour une réutilisation directe  
en milieux urbains et péri-urbains
- 12.....Optimisation des filières de traitement et valorisation des  
eaux résiduairees à l'aide de la modélisation

# 02

## Solutions fondées sur la nature

Gestion décentralisée des eaux urbaines  
par des solutions fondées sur la nature  
pour des villes résilientes au changement global.....16

NEREIDE  
Solutions basées sur la  
Nature pour l'Épuration et la Réutilisation d'Eau usée  
vers une Irrigation Durable.....18

# 03

## Économie circulaire

- 22.....La REUSE  
Dimensions sociales et économiques  
des eaux traitées
- 24.....Vers la station d'épuration du futur  
Mise en place de stratégies de valorisation  
des ressources contenues  
dans les eaux usées
- 26.....Plateforme Expérimentale  
de Réutilisation des eaux usées traitées  
de Murviel Lès Montpellier
- 28.....Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation :  
rôle des communautés microbiennes de l'eau  
et du sol dans la dissémination de l'antibiorésistance
- 30.....Melting-Pot :  
vers la valorisation des eaux non conventionnelles  
au sein des bâtiments
- 32.....Multi-barrières :vers une gestion intégrée  
des risques sanitaires  
associés aux microorganismes pathogènes  
dans la REUSE
- 34.....**Découvrir le Carnot Eau & Environnement**
- 35.....**Le Réseau REUSE d'INRAE**





01

**Traitement des  
eaux urbaines**



# EPNAC : Groupe de travail national sur la gestion intégrée des eaux urbaines des petites et moyennes collectivités

## Unité de recherche impliquée

**REVERSAAL**  
(Réduire, réutiliser, valoriser  
les ressources des eaux résiduaires)  
INRAE Lyon

Sophie BESNAULT  
Stéphanie PROST-BOUCLE  
Rémi LOMBARD-LATUNE  
Sylvie GILLOT  
Pascal MOLLE

Le groupe de travail national EPNAC apporte un **appui pratique et technique** aux acteurs de l'assainissement en acquérant, mutualisant et diffusant les connaissances sur la **gestion intégrée des eaux urbaines** des petites et moyennes collectivités, et notamment les nouveaux procédés de traitement des eaux usées.

EPNAC regroupe l'ensemble des acteurs publics de l'assainissement : des techniciens de terrain (SATESE des Conseils Départementaux), des décideurs/financeurs (Agences de l'eau, Office Français de la Biodiversité), des instances en charge de la réglementation (Ministère en charge de l'Ecologie, Ministère en charge de la Santé, services de Police de l'eau - DDT), des formateurs et des scientifiques (OiEau, INRAE).

### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

5 thématiques d'études adaptées aux petites collectivités définissent les ateliers d'EPNAC en 2023 :

- Réhabilitation des stations : le premier procédé étudié est le lagunage
- Temps de pluie : gestion intégrée des eaux pluviales
- Procédés Nouveaux : étude de la désinfection
- Réglementation : problématiques réglementaires liées aux niveaux de rejets ou à l'autosurveillance
- Réutilisation des Eaux Usées Traitées : priorités pour la réutilisation des eaux usées traitées et évolutions réglementaires

### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Le site internet Epnac, centre de ressource national, met à disposition des documents de référence en accès libre, produits par les ateliers Epnac ou par des partenaires du groupe.

**En savoir plus**  
[www.epnac.fr](http://www.epnac.fr)

Quelques événements et publications libres d'accès pour le projet EPNAC

### Colloque annuel Journées Techniques



### Retours d'expériences de terrain



Publications en libre accès

[www.epnac.fr](http://www.epnac.fr)



# WOc-WoD

## Water on Demand

### Prélèvements localisés d'eau usée brute pour une réutilisation directe en milieux urbains et péri-urbains

#### Partenaires associés

CERTE, Tunisie - Mohamed KEFI  
ENIT-LAMSIN, Tunisie - Nihel BEN AMAR

#### Unités de recherche impliquées

**LBE**  
(Laboratoire de Biotechnologie de l'Env.)  
INRAE, Narbonne

**IEM (Institut Européen des Membranes)**  
Univ. Montpellier

**TBI (Toulouse Biotechnology Institute)**  
INSA, Toulouse

**CDED (Centre de Droit Economique et du Dvpt.)**  
Université Perpignan Via Domitia

**MISTEA**  
(Mathématiques, Informatique et Statistiques  
pour l'Environnement et l'Agronomie)

Jérôme HARMAND  
Marc HERAN  
Mathieu SPERANDIO  
Frédéric BOUIN  
Alain RAPAPORT

#### Utilité - utilisateurs

Le projet WOc-WoD vise à évaluer la filtration dynamique d'eaux usées brutes pour la REUSE afin (i) de produire de l'eau secondaire en milieu urbain et (ii) de conserver une grande part de sa valeur nutritive. Le projet vise à évaluer des solutions pour les collectivités, traiteurs d'eau, mais également tout utilisateur souhaitant produire de l'eau à façon à partir d'eau brute. Il s'agit toutefois d'un projet de recherche qui évalue cette possibilité tout en visant à identifier de potentielles évolutions réglementaires, la solution proposée n'étant actuellement pas sur le marché car non autorisée dans le cadre réglementaire en vigueur.

#### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

L'innovation du projet réside dans l'utilisation d'un réacteur à membrane pour traiter directement des eaux brutes pouvant être prélevées au plus près des lieux d'usage, sans recours à la biologie, et d'autre part, à la modélisation et l'optimisation pour le pilotage en temps réel du procédé.

Le projet se concentre sur l'évaluation des performances énergétiques du procédé et ses capacités de rétention des contaminants.

#### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Une fois les premiers essais réalisés et analysés, nous sommes ouverts à toute collaboration pour étendre la gamme des types d'eau brutes à traiter et/ou celle des usages possibles.

#### En savoir plus

<https://sites.google.com/view/woc-wod/accueil>

<https://woc.edu.umontpellier.fr/>

Prélèvements localisés d'eau usée brute pour une réutilisation directe en milieux urbains et péri-urbains



©INSAT, Tunis

# Optimisation des filières de traitement et valorisation des eaux résiduaires à l'aide de la modélisation

## Unités de recherche impliquées

**REVERSAAL**  
(Réduire, réutiliser, valoriser les ressources des eaux résiduaires)  
INRAE Lyon

**DEEP**  
(Déchets, Eaux, Environnement, Pollutions)  
INSA Lyon

Sylvie GILLOT  
Jean-Marc CHOUBERT

utilité - utilisateurs

L'optimisation énergétique et performancielle des stations d'épuration ne peut plus se faire comme par le passé par procédé mais requiert de **considérer les installations dans leur ensemble** et de prendre en compte l'impact de choix de conception et de fonctionnement sur l'intégralité de la filière. Les schémas d'installation sont parfois très complexes et leur fonctionnement non linéaire et dynamique implique le recours à des **outils de modélisation appropriés**. Ils doivent intégrer l'ensemble des critères qui permettent de faire des choix de procédés (au moment d'un dimensionnement par exemple) ou d'optimiser le fonctionnement d'installations existantes.

### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

INRAE dispose d'outils et de compétences en modélisation des bioprocédés a priori adaptés pour anticiper l'impact de choix d'itinéraires de traitement/valorisation sur les performances d'une installation. Ils peuvent être couplés à des outils de diagnostic énergétique récemment développés. L'originalité de l'approche développée à REVERSAAL est le développement de ces outils à l'échelle réelle, avec un focus sur l'étape de consolidation des données requises pour simuler le fonctionnement d'une installation, et sur les données nécessaires, parfois à différentes échelles, pour caler les modèles.

### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

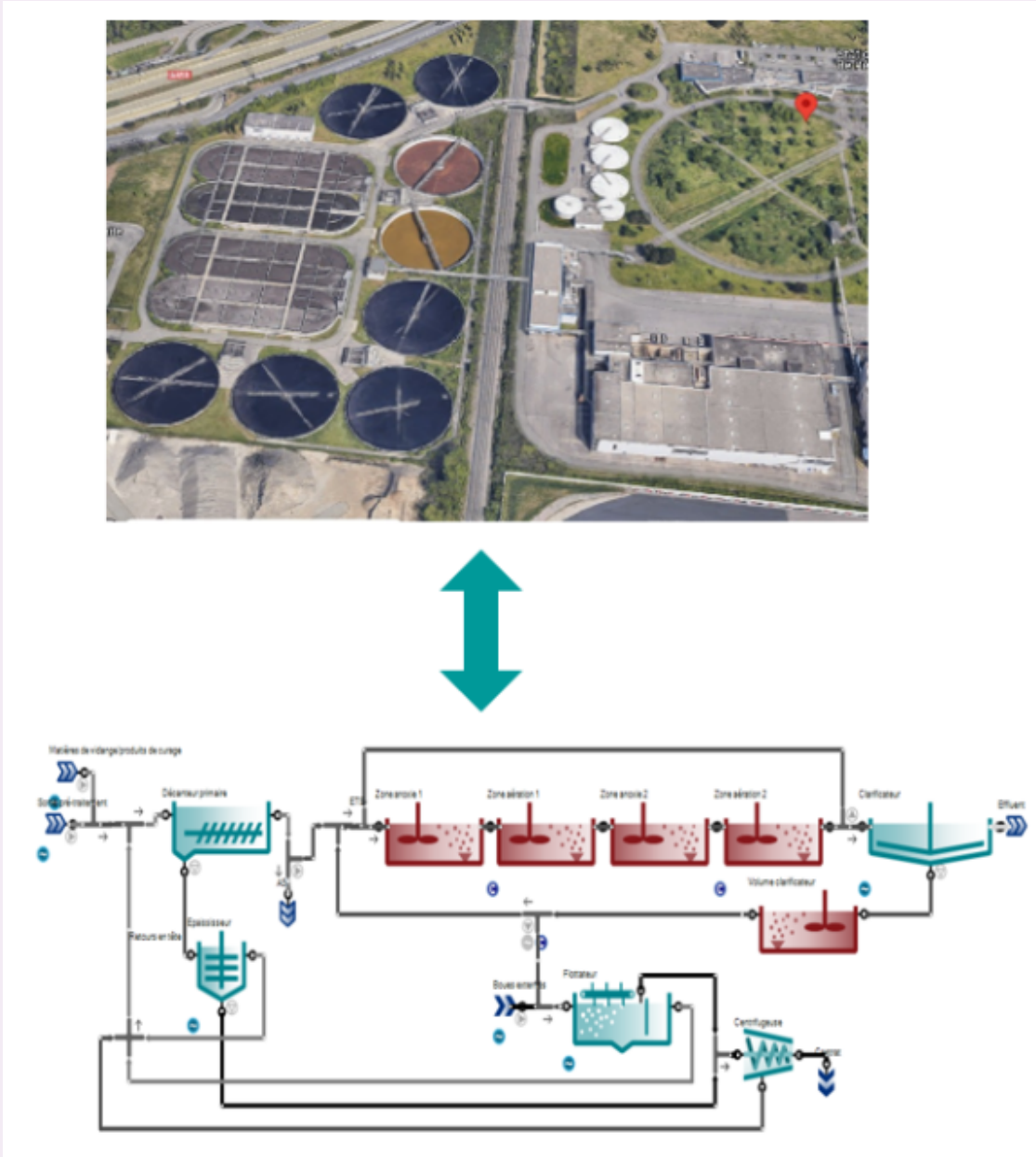
Les outils de modélisation permettront de consolider les nouvelles installations et/ou d'optimiser le fonctionnement de filières existantes. L'intégration d'incertitudes dans les stimulations, la simplification des modèles et l'analyse des flux à l'échelle d'une filière sont en cours. Les modèles sont également adaptés pour répondre aux enjeux de valorisation en matière et énergie des ressources contenues dans les eaux résiduaires.

### En savoir plus

<https://reversaal.lyon-grenoble.hub.inrae.fr/projets/traitement/optimisation-energy>

<https://energie-step-diagnostic.irstea.fr/>

Optimisation des filières de traitement et valorisation des eaux résiduaires à l'aide de la modélisation





02

**Solutions fondées  
sur la nature**





# Gestion décentralisée des eaux urbaines par des solutions fondées sur la nature pour des villes résilientes au changement global

Unité de recherche impliquée

**REVERSAAL**  
(Réduire, réutiliser, valoriser  
les ressources des eaux résiduaires)  
INRAE Lyon

Pascal MOLLE  
Jaime NIVALA  
Nicolas FORQUET  
Rémi CLEMENT

utilité - utilisateurs

Face à l'**urbanisation croissante** et au **changement climatique**, les villes font face à des challenges vis à vis de l'évolution des stratégies de **gestion des eaux urbaines**. Afin de rendre les villes plus résilientes, en favorisant notamment la réutilisation des eaux urbaines traitées, une approche de gestion plus décentralisée est nécessaire. Lorsqu'abordée par des **solutions fondées sur la nature (SFN)**, la décentralisation permet également de produire des co-bénéfices tels que la lutte contre les îlots de chaleur, la végétalisation des villes ou bien la création de zones refuges pour la biodiversité. Ces nouveaux objectifs nécessitent des développements aussi bien technologiques, de métrologie que d'outils intégrés de planification.

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

Réalisés dans le cadre de projet européens ou nationaux, les travaux de recherches visent à :

- Développer et valider de nouvelles technologies de SFN performantes, résilientes, sobres et compactes, et les modèles numériques associés
- Améliorer et contrôler l'évolution des sols urbains comme exutoires ou composantes de solutions fondées sur la nature
- Développer des dispositifs métrologiques, notamment low tech, permettant de piloter les ouvrages et garantir leur performance à long-terme pour les différents usages
- Développer des outils décisionnels intégrés permettant de choisir le scénario de gestion à l'échelle d'un territoire (SIG) ou pour optimiser les filières de traitement et de réutilisation pour un contexte donné

## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Les recherches s'appuient sur la plateforme de recherche REFLET dédiée au SFN, ainsi qu'en environnements réels avec les collectivités territoriales, des constructeurs ou des BE dans le cadre de recherches tournées vers l'action. L'UR REVERSAAL porte de nombreux projets de recherches lauréat de financement européens ou nationaux pour financer le développement des technologies et outils.

## En savoir plus

[www.reversaalinrae.fr](http://www.reversaalinrae.fr)

La plateforme de recherche  
REFLET, dédiée aux SFN



© REVERSAAL

# NEREIDE

## Solutions basées sur la Nature pour l'Épuration et la Réutilisation d'Eau usée vers une Irrigation Durable

### Unités de recherche impliquées

**CEREGE**  
(Centre Européen de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement)  
CNRS, Aix-Marseille Université, IRD, INRAE

**HSM**  
(HydroSciences Montpellier)  
CNRS, IRD, Université de Montpellier

**ÉcoSys**  
(Écologie fonctionnelle et écotoxicologie des agroécosystèmes)  
INRAE-AgroParisTech, Université Paris-Saclay

Jérôme LABILLE, Nicolas ROCHE, Frédéric LOOSLI, Marjolaine DESCHAMPS, Pierre BENOIT, Geoffroy DUPORTE, Patrick MONTFORT, Elena GOMEZ

Le projet NEREIDE vise à renforcer les connaissances sur les contraintes liées aux micropolluants dans la réutilisation d'eau usée traitée pour l'irrigation agricole, dans le but de lever plusieurs verrous qui limitent son attrait, et donc son développement industriel en France. Notre approche intègre :

- la mise au point de procédés de traitement de l'eau, testés à l'échelle semi-pilote, tels que des matériaux adsorbants issus de ressources locales et modifiées pour la filtration sur colonne, et des essences végétales locales pour l'élaboration de filtre planté
- l'étude d'impact de la qualité de l'eau traitée sur un système sol - plante avec des expériences sur sol cultivé en pot et en lysimètres afin de qualifier la qualité d'eau d'irrigation requise pour une utilisation durable du sol agricole.

### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

- Son échelle d'étude intermédiaire de laboratoire, qui permet de cibler des questions précises et d'étudier les mécanismes déterminants le transfert des micropolluant
- La prise en compte des effets multi-barrière assurés par le continuum traitement - sol - racine vis-à-vis des micropolluants
- L'association dans les filtres plantés de minéraux ou déchets locaux et de faible coût comme matériaux adsorbants en barrière filtrante
- L'approche analytique non ciblée pour l'étude de cocktail de polluants

### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Partenariat public-privé pour développer un démonstrateur dédié à la REUSE, d'échelle semi-pilote et reproduisant l'essentiel des conditions expérimentales pertinentes, tout en gardant de larges marges de manœuvre pour tester divers paramètres clefs.

Étude d'impact de la qualité de l'eau traitée sur  
sol cultivé en pot



**En savoir plus**

<https://www6.inrae.fr/reuse>



A close-up photograph of two hands, one from the left and one from the right, holding a stream of water. The water is captured in mid-air, creating a series of droplets and a central column of water. The background is a soft, out-of-focus brownish-gold color. The number '03' is overlaid in the top left corner in a large, white, sans-serif font.

03

**Économie  
circulaire**

# La REUSE

## Dimensions sociales et économiques des eaux traitées

G-Eau

(Gestion de l'Eau, Acteurs, Usages)

AgroParisTech, BRGM, INRAE, CIRAD, IRD,  
Institut Agro Montpellier

Anne-Laure COLLARD, Marielle MONTGINOUL,  
Patrice GARIN, Sébastien LOUBIER

utilité - utilisateurs

Depuis toujours, les relations entre eau et sociétés se transforment. A ce titre, les techniques sont régulièrement mises au service des attentes sociales pour maîtriser et contrôler les flux d'eau et ainsi agir face à des situations de pénurie ou d'abondance. Récemment en France, la REUSE est envisagée comme une nouvelle manière d'agir face aux épisodes à répétition de manque d'eau en favorisant un nouvel usage des eaux traitées. Or, la manipulation de cette eau à la fois qualitative (mieux traiter les flux pour leur mise en conformité) et quantitative (détourner les flux des milieux récepteurs) n'a rien de neutre, ni d'évident. Notre projet est donc de soumettre la proposition de REUSE à une lecture en Sciences Sociales. Nous déclinons ce regard dans plusieurs projets de recherche : SoPoLo (AERMC), Régul'eaux (AERMC), PARADE (Région Occitanie, Défi Clé WOC).

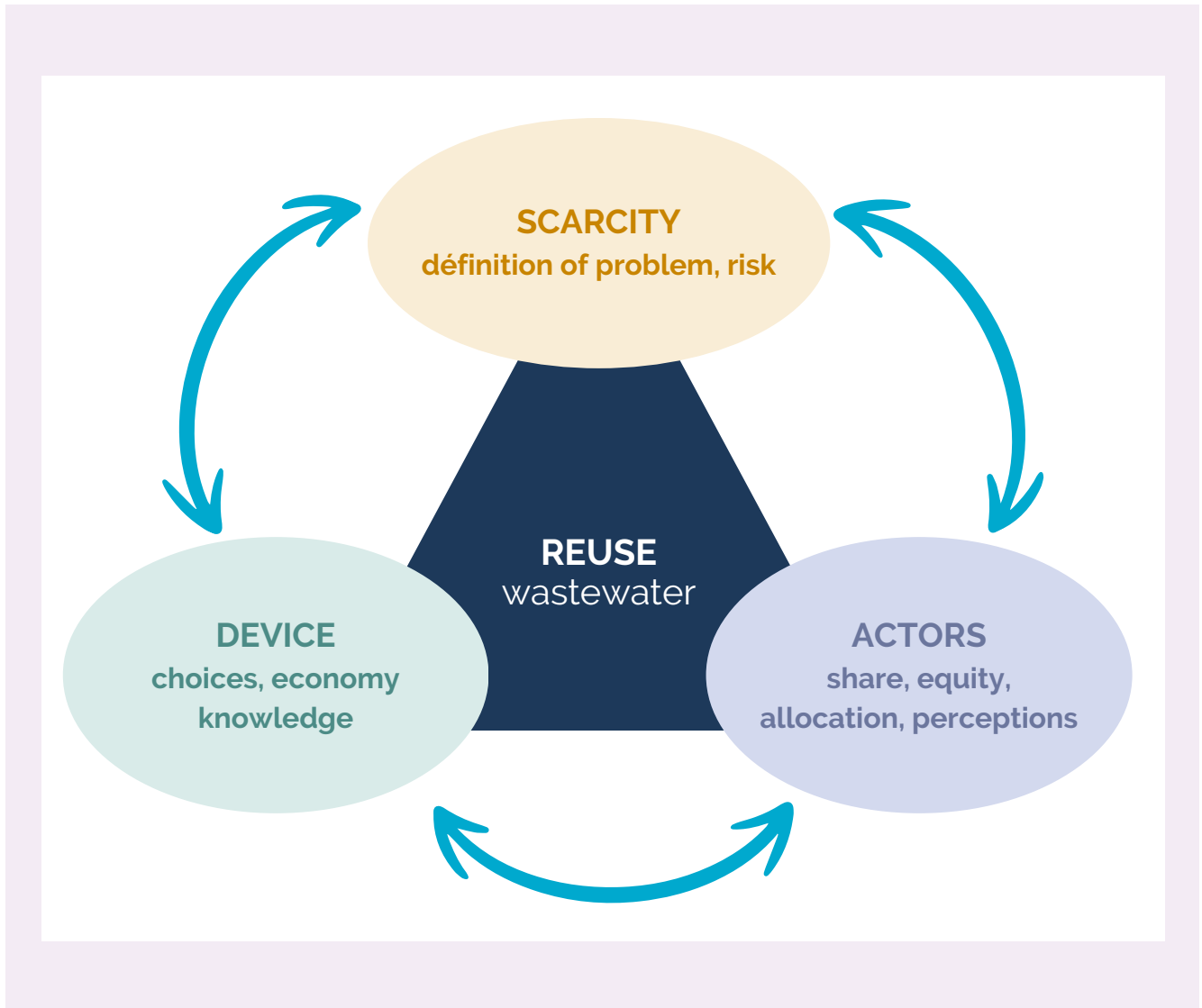
### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

Alors que l'utilisation des eaux traitées est surtout issue de réflexions en sciences des procédés, l'originalité de notre démarche consiste à resocialiser ces eaux pour interroger leur devenir en société. Pour cela, plusieurs dimensions sont questionnées :

- les conditions sociales d'apparition de la REUSE comme ajustement technique à des situations de pénurie : qui la promeut ? Quels arguments et quelles attentes la justifient ?
- les conditions économiques : un projet de REUSE est-il viable ? Quelles méthodes d'évaluation sont utilisées pour l'estimer ? Qui la prend en charge financièrement et selon quelles modalités tarifaires ?
- la place du risque : quel danger la réglementation gouverne-t-elle ? Quelles perceptions les usagers ont-ils de cette eau ?
- la gestion de l'eau : comment cette eau est-elle réallouée ? A qui profite-t-elle ?

### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Les résultats de nos études doivent aider les collectivités territoriales à réfléchir au développement de la REUSE sur leur territoire en considérant les dimensions techniques (quantité d'eau, mise en conformité réglementaire) mais aussi celles sociales (absorption des coûts, opportunités pour réduire la pression sur l'eau, enjeux de réallocation et d'équité).





# Vers la station d'épuration du futur, mise en place de stratégies de valorisation des ressources contenues dans les eaux usées

**REVERSAAL**  
(Réduire, réutiliser, valoriser les ressources  
des eaux résiduaires)

INRAE Lyon

Antonin AZAIS  
Florent CHAZARENC  
Jean-Marc CHOUBERT  
Sylvie GILLOT  
Jean-Marc-PERRET

utilité - utilisateurs

Les eaux usées domestiques sont de plus en plus considérées comme des ressources plutôt que comme des déchets. Toutefois, les procédés de récupération d'énergie, de nutriments, de métaux etc. sont très peu développés pour les stations ayant une capacité de plus de 50 000 équivalents-habitants. Il existe par exemple des stratégies innovantes permettant de maximiser la valorisation de la matière organique par digestion anaérobie. Ainsi, la production de biogaz associée permet d'améliorer le rendement énergétique des stations d'épuration tout en assurant une nouvelle recette financière pour la collectivité. Le principe d'économie circulaire est appliqué. Ces approches nécessitent un accompagnement scientifique d'autant plus qu'elles génèrent des impacts sur l'ensemble de la filière de traitement (ex. changement du ratio C/N) et sur les flux de boues et de retours en tête.

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

Des procédés innovants permettant la capture de carbone et d'autres ressources, et la valorisation des boues ainsi que l'impact de leur intégration sur les filières de traitement ont été suivis et modélisés en conditions réelles dans le cadre des projets CAPTURE, Retour en tête, desintegboues, MAYA et plan B. L'originalité de l'approche consiste à se placer dans des conditions réelles et/ou à suivre des installations de pleine échelle ce qui permet des avancées scientifiques très appliquées. L'intégration des résultats dans des modèles mimant le fonctionnement des installations permet également de synthétiser les avancées sous une forme réutilisable dans d'autres projets.

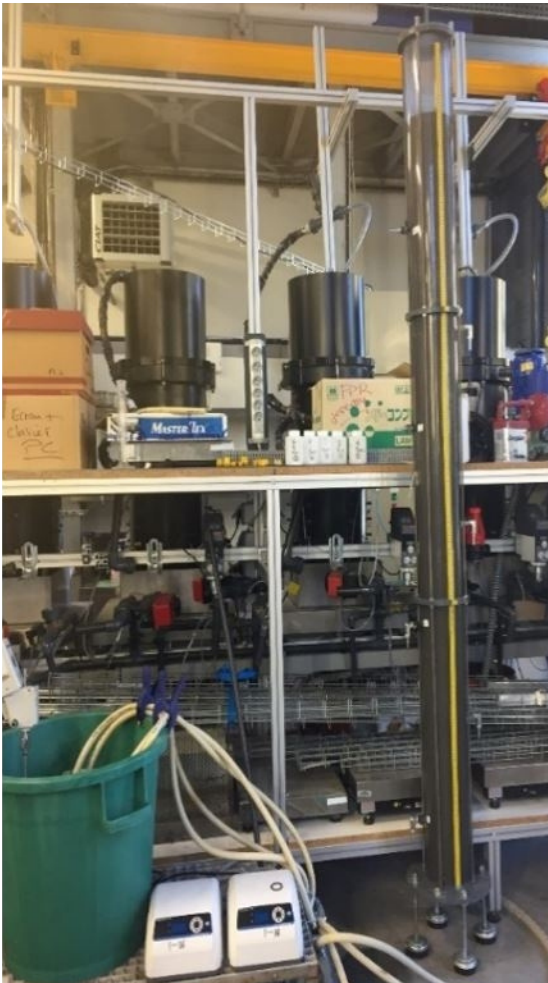
## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Les résultats du suivi des procédés innovants testés et leurs modèles sont disponibles et peuvent servir de support d'aide à la décision pour les acteurs de la filière souhaitant faire évoluer les stations d'épuration vers des systèmes de valorisation des ressources.

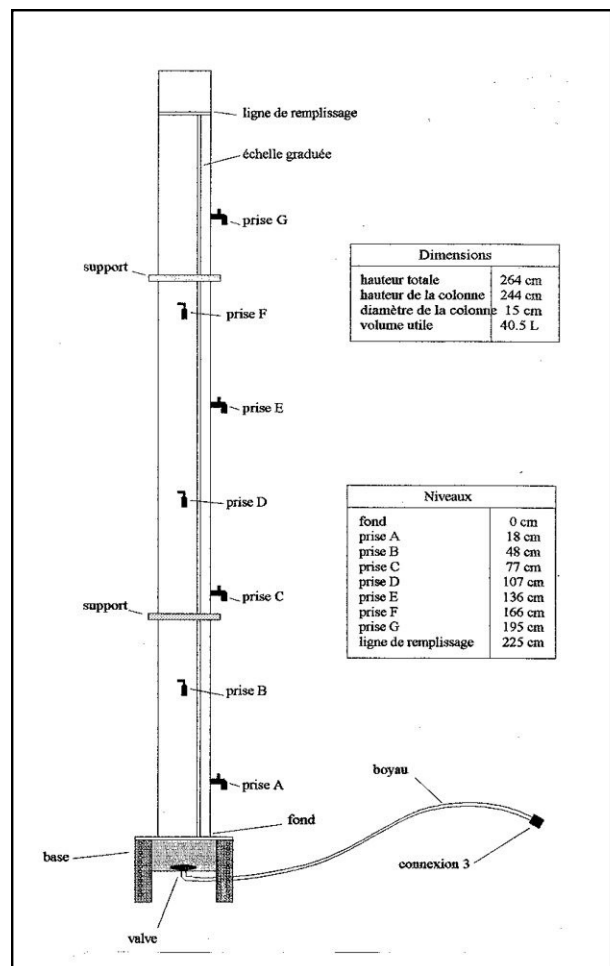
## En savoir plus

<https://reversaal.lyon-grenoble.hub.inrae.fr/projets/valorisation>

Projet CAPTURE: Captage et valorisation du carbone des eaux usées par procédé biologique forte charge et décantation primaire avancée.



© REVERSAAL



© REVERSAAL

# Plateforme expérimentale de Réutilisation des eaux usées traitées de Murviel-lès- Montpellier

## Unités de recherche impliquées

### G-Eau (Gestion de l'Eau, Acteurs, Usages)

AgroParisTech, BRGM, INRAE, CIRAD, IRD,

### LBE (Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement)

INRAE Narbonne

### REVERSAAL

(Réduire, réutiliser, valoriser les ressources  
des eaux résiduaires)

INRAE Lyon

### IEM (Institut Européen des Membranes

HSM (HydroSciences Montpellier)

Université de Montpellier

Nassim Ait-Mouheb

La plateforme expérimentale permet d'**étudier la faisabilité technique et d'évaluer les impacts agronomiques, sanitaires et environnementaux** d'une filière de réutilisation des eaux usées pour **L'irrigation** (pour le maraichage, la vignes et arboriculture par exemple).

Le dispositif expérimental porte sur l'acquisition de références en condition réelle à la fois :

- en conditions contrôlées sous serre (bacs de sol) et avec différentes qualités d'eaux usées (eaux usées brutes aux traitements tertiaires poussés)
- en conditions réelles, sur une parcelle agricole de cultures annuelles et pérennes, avec des pratiques règlementées, en utilisant des techniques d'irrigation améliorées destinées à réduire les possibilités de contamination.

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

Les principales ambitions de cette **plateforme unique en France** située en contexte méditerranéen sont :

- Adapter les procédés de traitement des eaux usées aux ré-usages (agricole, urbain...)
- Optimiser la durabilité et l'efficacité des systèmes d'irrigation
- Valoriser les eaux usées traitées et des nutriments d'un point de vue agronomique
- Maîtriser les risques sanitaires et environnementaux (suivie des pathogènes, des gènes d'antibio-résistance et des polluants émergents du traitement à la plante par exemple)

## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

La plateforme existante depuis 2017 est un **outil collaboratif et de démonstration** pour différentes entreprises du secteur de l'assainissement, de l'irrigation et de la gestion de l'eau, mais également pour les collectivités territoriales notamment pour la métropole de Montpellier (3M) et la région Occitanie.

## En savoir plus

[www.g-eau.fr](http://www.g-eau.fr)

La plateforme expérimentale de Murviel-lès-Montpellier



© G-EAU

# Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation : rôle des communautés microbiennes de l'eau et du sol dans la dissémination de l'antibiorésistance

## Unités de recherche impliquées

**LBE (Laboratoire de Biotechnologie de l'Env.)**  
INRAE Narbonne

**HSM (HydroSciences Montpellier)**  
Université de Montpellier

**G-Eau  
(Gestion de l'Eau, Acteurs, Usages)**  
AgroParisTech, BRGM, INRAE, CIRAD, IRD,  
Institut Agro Montpellier

**IEM (Institut Européen des Membranes)**  
Oriane DELLA NEGRA, Dominique PATUREAU  
Nathalie WERY, Serge Chiron,  
Nassim Ait-Mouheb, Marc Héran

utilité - utilisateurs

Dans le contexte du réchauffement climatique et de l'explosion démographique, la pénurie d'eau a été identifiée comme un des enjeux majeurs du XXIème siècle. En réponse à ce problème, la réutilisation des eaux usées traitées semble être une solution pertinente pour assurer la sécurité d'une ressource en eau constante et pérenne pour l'irrigation.

Toutefois, un des inconvénients de cette pratique est l'introduction dans les agroécosystèmes de résidus d'antibiotiques, de bactéries résistantes et de gènes de résistance aux antibiotiques qui contribuent à la dissémination de la résistance aux antibiotiques (ATBR) dans l'environnement. Il est donc impératif de maîtriser les risques sanitaires et environnementaux de cette solution et d'identifier les facteurs responsables de la propagation de l'ATBR dans l'environnement.

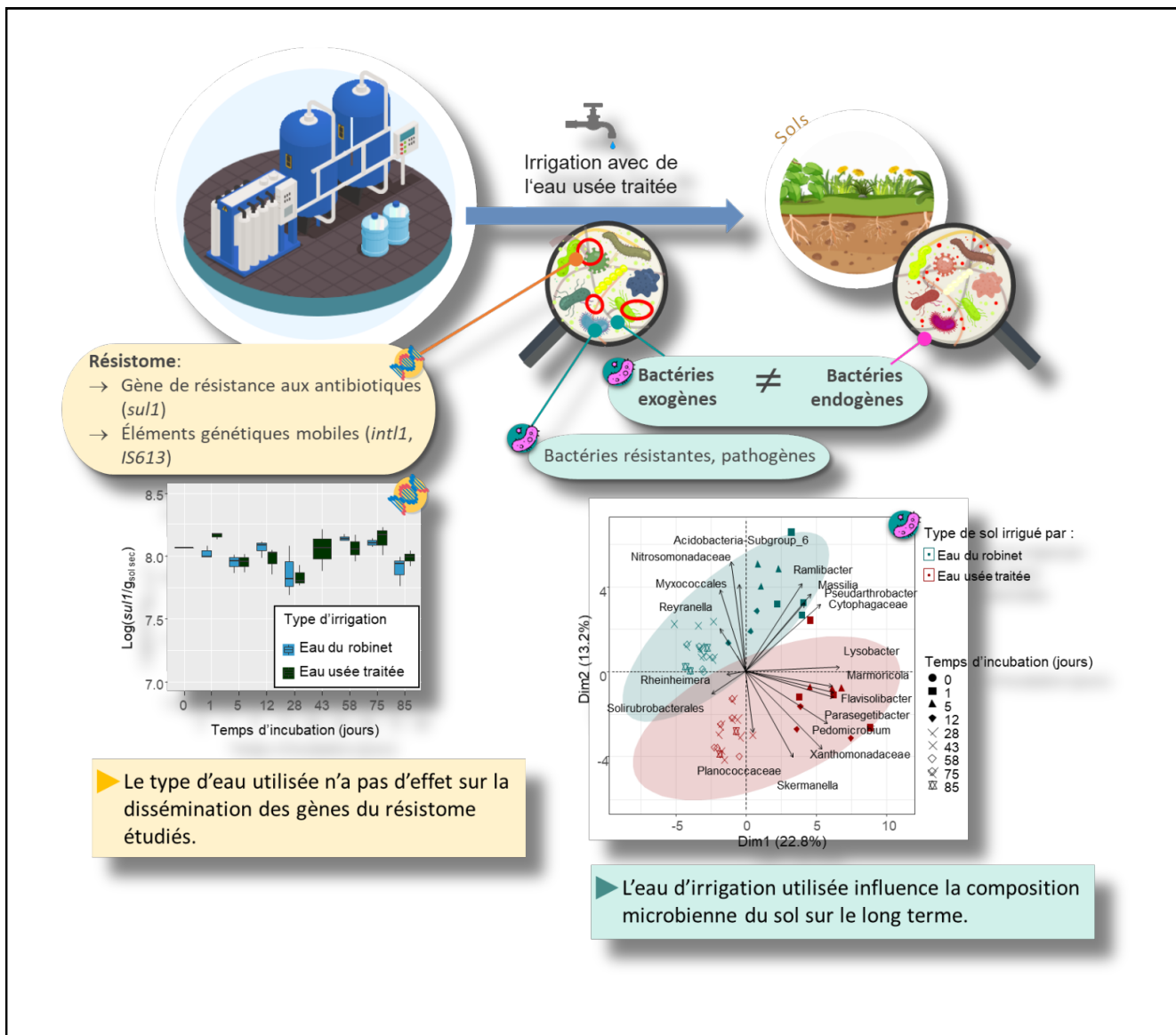
## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

Des expériences menées à partir d'échantillons prélevés sur la plateforme expérimentale de réutilisation d'eaux usées traitées en irrigation à Murviel-lès-Montpellier, ont permis de déterminer le rôle des communautés microbiennes endogènes du sol et exogènes de l'eau dans la dissémination de l'ATBR. Plus précisément, des marqueurs bactériens caractéristiques de l'eau usée traitée et capables de s'installer dans le sol après irrigation ont été identifiés. Cependant, aucune augmentation des concentrations des indicateurs de l'ATBR n'a été observée dans le sol après irrigation.

## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Cette étude s'inscrit dans le projet ALLEA financé par Montpellier Université d'Excellence, qui vise à étudier l'influence des traitements des eaux usées et des systèmes d'irrigation sur la propagation de l'ATBR et des contaminants microbiologiques, le développement de biofilms et l'accumulation d'ions et de molécules indésirables dans le continuum eau-sol-plante.

# Projet ALLEA : Traitement de l'eau usée pour un usage agronomique



En savoir plus  
<http://www.g-eau.fr>

# Melting-Pot : vers la valorisation des eaux non-conventionnelles au sein des bâtiments

## Unités de recherche impliquées

### REVERSAAL

(Réduire, réutiliser, valoriser  
les ressources des eaux résiduaires)

INRAE Lyon

### RIVERLY

(Fonctionnement des hydrosystèmes)

INRAE Lyon

### SDAR

(Services Déconcentrés d'Appui à la Recherche)

Jaime NIVALA, Alice-Rose THOMAS, Antonin AZAIS, Rémi LOMBARD-LATUNE, Vivien DUBOIS  
Céline BERNI, Pascal BREIL, Jean-Philippe VIDAL  
Leslie GAUTHIER, Christophe D'IGNAZIO,  
Sophie BESNAULT

utilité - utilisateurs

Dans une perspective de réduction des consommations d'eau dans les bâtiments urbains, le projet Melting-pot vise à produire, évaluer économiquement et prioriser différents scénarios de valorisation des eaux non-conventionnelles du site INRAE de Lyon-Villeurbanne. Un diagnostic a permis de caractériser les usages de l'eau dans le bâtiment (type d'eau, volume annuel) et le devenir des eaux produites (eaux usées au sens large et eaux de pluies collectées par les 2 000 m<sup>2</sup> de toiture). Sur la base de ces éléments, des boucles de réutilisation pour trois types d'eau présents sur le site (pluie, ménagères et process) et des scénarios de collecte et valorisation des urines du site ont été produits. Un cabinet d'architecte était présent en appui pour analyser la faisabilité des modifications sur le bâtiment et chiffrer les scénarios. Ces derniers ont ensuite été priorisés.

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

Le projet a été mené de manière transdisciplinaire et participative. En effet, à tous les stades du projet (conception, diagnostic de l'existant, conception des scénarios, priorisation) l'ensemble du personnel du site a été associé. Cela permet de croiser les compétences scientifiques mais également de recueillir les « savoirs profanes » des utilisateurs du bâtiment. L'objectif est de permettre la prise de conscience collective et la co-construction de solutions consensuelle.

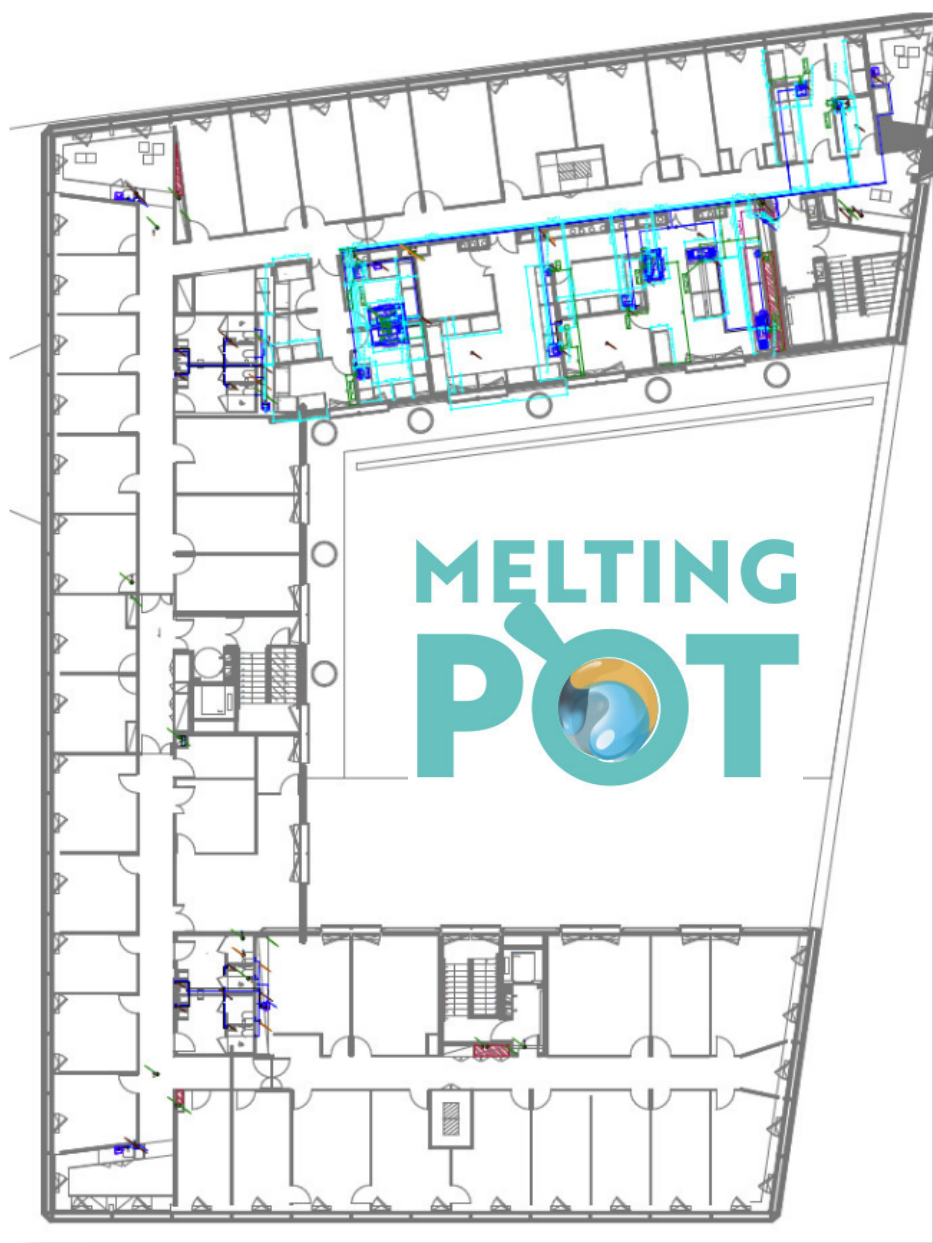
## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Une synthèse des travaux et une formalisation de la méthode sera également réalisée et diffusée fin 2023 pour que le projet puisse être répliqué dans d'autres contextes.

## En savoir plus

<https://reuse.hub.inrae.fr/projets>

Conception de boucles de valorisation/réutilisation  
à l'échelle d'un bâtiment



© REVERSAAL



# Multi-barrières : vers une gestion intégrée des risques sanitaires associés aux microorganismes pathogènes dans la RÉUT

## Unités de recherche impliquées

### REVERSAAL

(Réduire, réutiliser, valoriser les ressources  
des eaux résiduaires)

INRAE Lyon

### G-Eau

(Gestion de l'Eau, Acteurs, Usages)

AgroParisTech, BRGM, INRAE, CIRAD, IRD,  
Institut Agro Montpellier

### Bureau d'Etude Ecofilae

Alice-Rose THOMAS , Rémi LOMBARD-LATUNE  
Pascal MOLLE, Emeline HASSENFORDER  
Géraldine ABRAMI, Rémi DECLERCO

Multi-barrières étudie la possibilité de répartir de la gestion du risque associé aux microorganismes pathogènes sur l'ensemble de la filière de réutilisation, depuis la collecte des effluents jusqu'aux usagers/consommateurs (production agricole, jardins, nettoyage urbain, ...). Cette approche initiée par l'OMS dans les années 80 a été reprise dans le récent règlement européen. Par rapport à l'approche conventionnelle qui nécessite des traitements très poussés, elle permettrait de contenir le traitement des eaux usées dans des niveaux compatibles avec les moyens disponibles en zone rurale et sur des ouvrages décentralisés en milieu urbain, sans avoir à mobiliser des procédés intensifs, performants mais à fort impacts économique et environnemental. La contrepartie est le transfert d'une partie des responsabilités de la gestion du risque sanitaire aux différents acteurs des autres maillons de la filière de RÉUT.

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

L'outil « Multiware » a été conçu autour d'un modèle d'évaluation des risques microbiologiques. Il est utilisé lors d'ateliers participatifs pour mettre en discussion avec les acteurs d'un projet la gestion des risques sanitaires et co-concevoir leur filière de RÉUT. L'outil permet d'évaluer les risques pour différentes populations et de tester différentes barrières (traitement, choix des cultures, mode d'irrigation, traitement post-récolte, protection du personnel agricole et des riverains) d'un point de vue sanitaire mais également économique et environnemental.

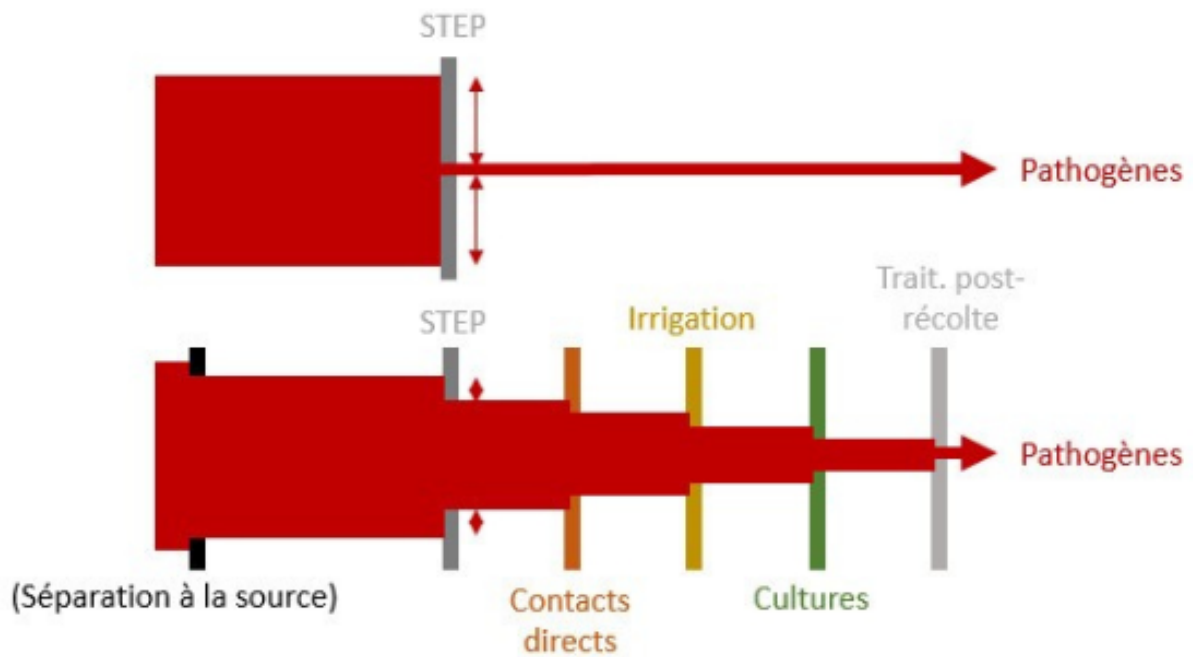
## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Dans le cadre d'un projet de mise en conformité vis-à-vis du gouvernement européen ou pour la conception de nouveaux projets, vous pouvez prendre contact avec Rémi Lombard-Latune ([remi.lombard-latune@inrae.fr](mailto:remi.lombard-latune@inrae.fr)).

## En savoir plus

<https://reversaal.lyon-grenoble.hub.inrae.fr/projets/REUSEilisation/multi-barrieres>

Gestion de l'exposition aux micro-organismes pathogènes, approche par le traitement (haut) et multi-barrières (en bas)



© REVERSAAL

## **Votre partenaire R&D pour répondre aux enjeux de l'eau.**

**Le Carnot Eau & Environnement** rassemble 11 unités de recherche (CNRS, INRAE, IRD, INSA, Aix-Marseille Université, Université de Montpellier, Université Savoie Mont-Blanc), et l'Institut de la Filtration et des Techniques Séparatives (IFTS) organisés **pour répondre aux besoins de recherche et d'innovation des partenaires socio-économiques du secteur de l'eau et des secteurs usagers de l'eau.**

**Une communauté de 500 chercheurs, doctorants, ingénieurs et personnel technique** avec des expertises fortes en sciences de la Terre et de l'environnement, en sciences humaines et sociales, génie des procédés, technologies appliquées à la gestion de l'eau et des écosystèmes aquatiques sont mobilisés.

Déjà plus de **90 partenaires socio-économiques**, grandes entreprises mais également PME et TPE, collectivités territoriales font appel aux compétences et aux ressources du Carnot Eau & Environnement.

Les recherches portent sur quatre domaines d'activités stratégiques :

- Surveillance de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques
- Optimisation des infrastructures hydrauliques : STEP, Réseaux, Solutions Fondées sur la Nature (SFN)...
- Constitution de nouvelles ressources
- Gestion des risques naturels

Avec en visée la **gestion intégrée de la ressource**, les chercheurs développent en collaboration avec leurs partenaires socio-économiques des modèles et des outils numériques, des outils d'aide à la concertation et à la décision, des dispositifs météorologiques, des solutions fondées sur la nature.

Ces solutions sont notamment appliquées à la **gestion des eaux pluviales, la détection et le traitement des micropolluants, la réutilisation des eaux usées, la valorisation des ressources de l'eau, l'empreinte eau...**

Les unités sont en capacité de conduire des travaux depuis la définition puis la preuve de concept, la réalisation de prototypes ou d'expérimentations à des échelles technologiques ou géographiques représentatives jusqu'à des échelles réelles.

### **Contact :**

[carnot-eauetenvironnement@inrae.fr](mailto:carnot-eauetenvironnement@inrae.fr)

<https://carnot-eau-environnement.fr/>

**Rejoignez-nous sur LinkedIn**



## Vers une approche intégrée et multi-échelle de la REUSE

**La REUSE ne peut se réduire au traitement de l'eau et à son utilisation en irrigation pour l'agriculture ou les espaces verts** : elle requiert de repenser l'ensemble de la chaîne de valeur allant de l'identification de toutes les ressources disponibles sur un territoire à l'inventaire de tous les usages et leurs contraintes associées en passant par l'ensemble des systèmes techniques permettant de la traiter, de la transporter, de la stocker et de la distribuer.

Elle est par ailleurs indissociable du territoire impliqué, qu'il convient de caractériser en termes de potentiel pour la mise en œuvre d'une gestion nouvelle des flux d'eau et/ou de nutriments associés.

C'est cette vision systémique, posée sous contraintes réglementaires, socio-économiques et d'innocuités sanitaire et environnementale que le réseau REUSE d'INRAE souhaite porter.

**Pour répondre aux questions que pose la réutilisation des eaux usées traitées, le réseau REUSE fédère les chercheurs d'INRAE et d'autres instituts quelle que soit leur discipline d'origine.**

L'animation du réseau est construite autour de 4 axes scientifiques visant à favoriser les approches pluridisciplinaires : **territoires, filières, risques et acteurs**. Quatre domaines d'applications (urbain, rural, industrie et Suds) croisent ces axes pour mettre en situation les recherches sur le terrain mais également nourrir les axes.

Pour plus d'informations, le site du réseau rassemble l'ensemble des activités et actions d'animation et de formation qu'il organise.

### Contact :

Jérôme HARMAND  
jerome.harmand@inrae.fr

### En savoir plus :

<https://reuse.hub.inrae.fr/>



# Le savez-vous ?

Le label Carnot est un dispositif d'innovation.  
Les structures de recherche publique, labellisées par le ministère en charge de la recherche, prennent des engagements forts pour mener et développer une activité de recherche partenariale au bénéfice de l'innovation des entreprises – de la PME au grand groupe – et des acteurs socioéconomiques.

L'ANR est chargée de la gestion du dispositif Carnot.

<https://www.lereseaudescarnot.fr/fr/le-label-carnot>

