



Assemblée Générale Défi Clé Water Occitanie 04 & 05 .11. 26

Défi Clé Water Occitanie financé par la Région Occitanie,
porté par l'Université de Montpellier.

Direction du Défi Clé WOc : Claire ALBASI (CNRS, LGC), Directrice adjointe au GIS EAU Toulouse
et Olivier BARRETEAU (INRAE, G-EAU), Directeur au Centre UNESCO ICIREWARD de Montpellier
Chargée de projet : Justine BASSOUL (UM)





Mer. 04.11

Assemblée Générale Défi Clé WOC - Les Living Labs

PROGRAMME AG DÉFI CLÉ WOC 2026

09h00 09h30	Accueil
09h30 09h50	Introduction institutionnelle <i>La Région Occitanie ; Université de Montpellier</i>
09h50 10h05	Le Défi Clé Water Occitanie (WOC) – propos introductifs <i>La direction du Défi Clé WOC – Claire Albasi (CNRS) et Olivier Barreteau (INRAE)</i>
10h10 11h45	Tables rondes Retour d'expérience sur les Living Labs entre chercheurs et acteurs des territoires <i>Animateur : Jean-Stéphane Bailly (AgroParisTech) Anne Madziarski (Montpellier Méditerranée Métropole) Jean-Louis Perrin (IRD) Florian Urban (EPTB 3A) Aude Sturma (Chercheuse associée CERTOP) Noémie Burq (Chambre d'Agriculture 66) Lucas Ralaivao (UM)</i> <i>Animatrice : Linda Luquot (CNRS) Estelle Boutant (Toulouse Métropole) Mathieu Sperandio (INSA) Marina Ribeyrolles (C.C. du Clermontais) Guillaume Junqua (IMT Mines Alès) Hugo Dereymez (PETR Armagnac) Anne-Hélène Prigent Simonin (UT)</i>
11h45 12h45	Session poster Résultats sur les réusages au travers des travaux menés sur les Living Labs
12h45 14h00	Pause repas
14h00 14h30	Keynote Le paysage des espaces d'intermédiation science-société <i>Stéphanie Bost (ALLISS)</i>
14h30 16h00	Ateliers de réflexion sur les Living Labs <ul style="list-style-type: none">• Comment renforcer l'engagement des parties prenantes dans les Living Labs? <i>Animateurs : Romain Valadaud (IRD) ; Jean-Philippe Venot (IRD) accompagnés par Anne-Laure Collard (INRAE)</i>• Quelles transformations des connaissances produites ? <i>Animateurs : Renaud Sorot (Kimiyo) ; Joachim Rivallain-Vadon (Kimiyo) accompagnés par Jérôme Harmand (INRAE)</i>• Qu'est-ce que vous attendez des Living Labs? <i>Animatrice : Amandine Hertzog Adamczewski (Cirad) accompagnée par Magali Gerino (UT)</i>
16h00 16h30	Pause
16h30 17h30	Table ronde Espaces d'intermédiation à l'échelle territoriale – quels liens avec les Living Labs? <i>Alban Tremèges (Pays d'Herault) ; Jean-Louis Chauzy (CESER) ; Vanessa Léa (Réseau des Zone Atelier) ; Gilles Pradeau (Boutique des Sciences UPVD) ; Stéphanie Bost (ALLISS) Animateur : Olivier Barreteau (INRAE)</i>
17h30 18h00	Conclusions de la journée <i>Grands témoins : Rémi Barbier (ENGEEES) et Jean-Marc Choubert (INRAE)</i>
18h30 21h00	Cocktail dinatoire



Défis
Clés
OCCITANIE



UNIVERSITÉ DE
MONTPELLIER



Université
de Toulouse





Jeu. 05.11

Assemblée Générale Défi Clé WOC - Les projets

PROGRAMME AG DÉFI CLÉ WOC 2026

08h30
09h00

Accueil

09h00
09h15

Le Défi Clé Water Occitanie (WOC) – propos introductifs
La direction du Défi Clé WOC – Claire Albasi (CNRS) et Olivier Barreteau (INRAE)

09h15
10h55

Présentations des projets sur les techniques de traitement et la valorisation des effluents
WOCWoD et OPTIMEM ; BREW ; EXTRANEF ; MicroScale-Up

Jérôme Harmand (INRAE) ; Claire Albasi (CNRS) ; Christel Causserand (UT)
Discutant : Guillaume Nourrit (EH2O)
Animation : Mathieu Sperandio (INSA)

10h55
11h25

Pause

11h25
12h40

Présentations des projets sur les réusages dans leur environnement
BioROC; REVERSAN ; CompAqui

Magali Gerino (UT) ; Alexandre Lacou (UT) ; Stéphan Brosillon (UM)
Discutant : Régis Ingouf (La Région Occitanie)
Animation : Flavie Cernesson (AgroParisTech)

12h40
14h00

Pause repas

14h00
15h25

Présentations des projets sur les réusages à l'échelle des territoires
EauCharb'Oc; Terr'Reuse; PARADE
Jean-Stéphane Bailly (AgroParisTech) ; Anatja Samouelian (INRAE) ; Alexandra Angeliaume (UT2J) ;
Chloé Delomel (IMT Mines Alès) ; Anne-Laure Collard (INRAE)

Discutante: Barbara Howes (SCP Société Canal de Provence)
Animation : Sara Fernandez (INRAE)

15h25
15h55

Pause

15h55
16h25

Conclusions de la journée

Grands témoins : Rémi Barbier (ENGEE) et Jean-Marc Choubert (INRAE)

16h30
17h00

Perspectives et conclusions

La direction du Défi Clé WOC – Claire Albasi (CNRS) et Olivier Barreteau (INRAE)

Site web



**Défis
Clés**
OCCITANIE



UNIVERSITÉ DE
MONTPELLIER



Université
de Toulouse

ALLISS
Sciences
Sociétés

Kimiyo
Eveiller votre curiosité

Remerciements

Au terme de 5 années du programme Défi Clé Water Occitanie (WOc), la direction de WOc tient à remercier la Région pour son soutien et son accompagnement assuré tout au long du Défi par Meiling Lay-Son, merci également pour la confiance renouvelée dans ce dispositif, dans un deuxième cycle 2027-2030. Merci également à l'Université de Montpellier pour avoir assuré le portage de ce Défi tout en permettant son déploiement ensouplesse.

Merci au Comité d'Orientation Stratégique, qui a apporté annuellement le regard extérieur nécessaire pour la bonne conduite d'un programme de cet ampleur (La Région Occitanie, les Agences de l'Eau, CNRS, INRAE, UT, les Métropoles de Montpellier et de Toulouse, AquaValley et le conseil scientifique : Rémi Barbier, Jésus Carrera-Ramirez, Nicolas Derlon, Alessandra La Notte).

Nous souhaitons apporter une mention particulière aux 12 membres du Comité de pilotage du Défi Clé WOc, chercheurs et chercheuses de l'Est et de l'Ouest de la Région, que nous avons réunis chaque trimestre et sollicités, pour construire les grands axes et les actions majeures du Défi, pour évaluer les projets et pour prendre collectivement des décisions scientifiques et stratégiques. Ils ont été assidus et perspicaces tout au long de ces années et nous comptons sur eux pour la phase 2 du programme ! Jérôme Harmand, Patrick Lachassagne, Magali Gerino, Flavie Cernesson, Anne-Laure Collard, Linda Luquot, Alexandra Descamps Angeliaume, Mathieu Sperandio, Jean-Stéphane Bailly, Jérôme Viers, Sara Fernandez, Arnaud Reynaud et ceux qui ont participé un temps dans ce CoPil : Catherine Baron et Mikaël Akimowicz.

La mise en œuvre de chaque action n'aurait pu se faire sans le soutien indéfectible de l'équipe des gestionnaires de l'UM : Tatiana Simic, Joy Sawaya, Hanna Emlein, Camille Couralet et aussi évidemment, grâce à l'équipe du Centre Unesco pour son soutien à toutes épreuves : Éric Servat, Sandie Mennechet, Sandra Bardin, Clémence Decroocq, Luana Kapdebo, Bétriz Gasparini, Sylvain Georgerens ! Merci à vous !

Merci à tous les chercheurs et porteurs de projets scientifiques qui ont menés leurs recherches avec les financements du Défi Clé et qui chaque année, se sont rendus disponibles pour partager les résultats qui font avancer les connaissances.

Enfin, un immense merci à tous les participants des Living Labs et notamment aux 6 co-porteurs : Hugo Dereymez pour le Living Lab Gers-Armagnac, Florian Urban pour le Living Lab Adour, Anne Madziarski pour le Living Lab de Montpellier Méditerranée Métropole, Estelle Boutant et son équipe pour le Living Lab de Toulouse Métropole, Marina Ribeyrolles, Michèle Glaas et Florian Pontramon pour le Living Lab de la Communauté de Communes du Clermontais, Frédéric Nicoleau et Jean-Louis Vinciguerra pour le Living Lab de Clair. Sans vos soutiens sur les territoires, nous ne serions pas parvenus à construire les Living Labs et à créer ces liens riches et solides entre recherche et territoire.

Nous pensons que le Défi Clé WOc aura apporté des connaissances nouvelles sur les réusages de l'eau, qu'il aura sû innover sur un nouveau modèle de Living Labs, et qu'il aura démontré que la recherche en lien étroit avec les territoires est possible mais surtout enrichissante pour la science autant que pour la société, pour chacun et pour tous.

Et nous continuons sur cette voie, le Défi Clé WOc 2 fera circuler les connaissances pour mieux irriguer les solutions !



Claire Albasi, CNRS – LGC
Co-directrice du Défi Clé WOc
Directrice adjointe du
GIS EAU Toulouse



Olivier Barreateau, INRAE – G-EAU
Co-directeur du Défi Clé WOc
Directeur du Centre UNESCO de
Montpellier ICIREWARD



Justine Bassoul –UM
Chargée de projet du
Défi Clé WOc

LES RÉUSAGES DE L'EAU DANS WOc

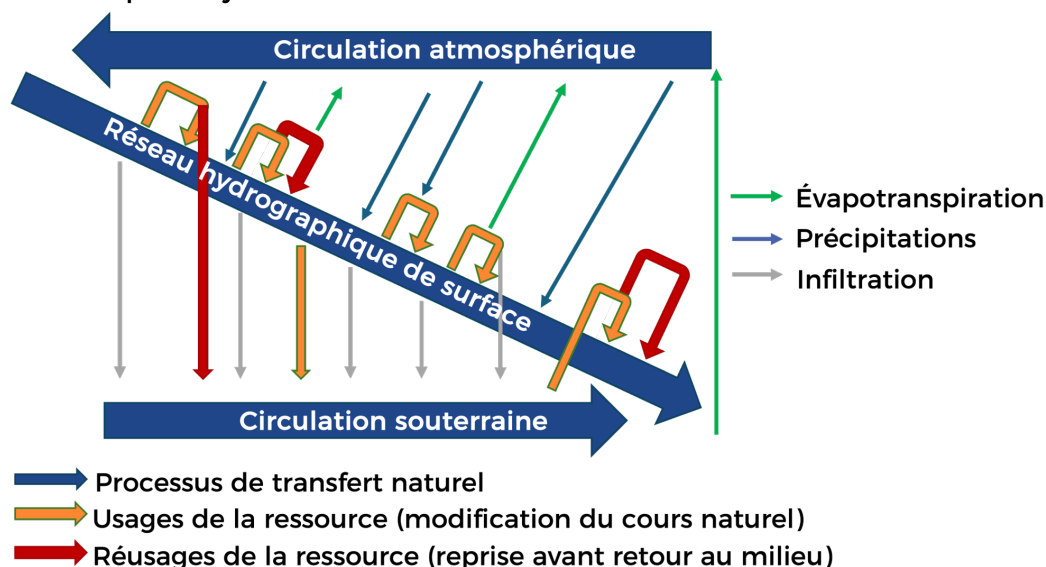


Par réusages, on entend l'utilisation des ressources en eau ayant déjà été employées pour un premier usage, après traitement et avant renvoi dans l'environnement.

Au sein du Défi, la ressource considérée s'élargit aux eaux dont le flux a été artificialisé (ex. eaux récupérées dans des déversoirs d'orages) et aux ressources dégradées (ex. eaux de drainages agricoles).

Les possibilités de réusages dépendent de la qualité des eaux récupérées (ressources) et des usages associés (besoins). On parle alors de « couples ressources-usages ».

Grand et petits cycles de l'eau



Poursuite du Défi Clé WOc sur la période 01.2027 – 12.2030

- Montant : 1,2 millions d'euros financés par la Région Occitanie et porté par l'Université de Montpellier
- Thématique : ralentissement du cycle continental de l'eau
- Stratégie : renforcement des moyens sur les Living Labs

Projet émergent BREW

Partenaires académiques du réseau Défi Clé W0c



Partenaires extérieurs



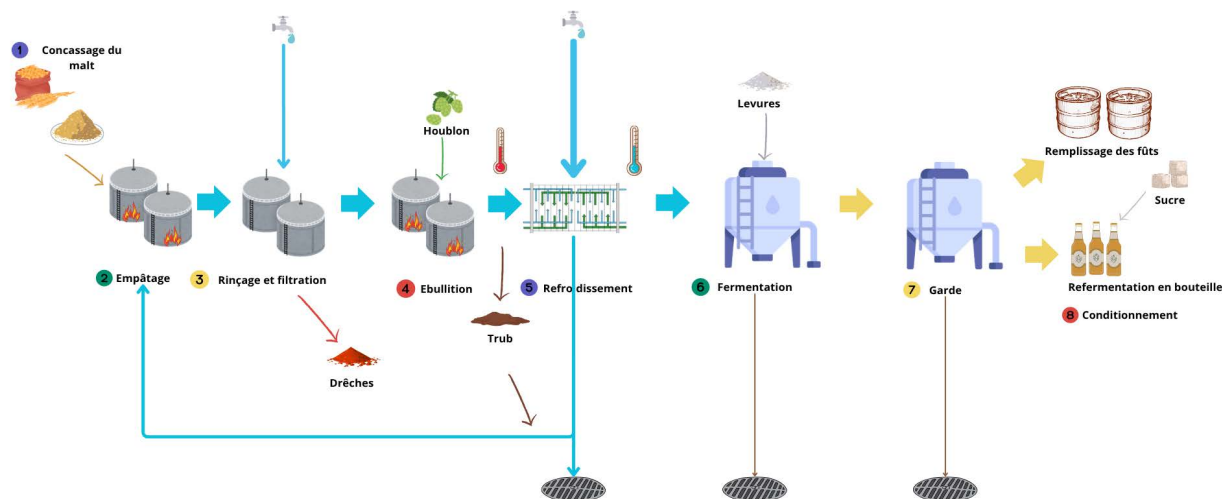
BeeR Economic in Water

Porteur de projet : Mikaël AKIMOWICZ (LEREPS)

Chercheurs impliqués : Audrey BATIMELLI (LBE), Geoffroy LABROUCHE (LEREPS, Geoffroy LESAGE (IEM), Claire-Emmanuelle ROMAIN (LBAE)

Résumé du projet

Le brassage de la bière, activité qui s'est largement développée en Occitanie, est une activité gourmande en eau. Susceptibles de pouvoir réaliser des efforts sensibles pour réduire leur consommation d'eau via des étapes de traitement et de réutilisation des effluents aqueux et de leurs contenus minéraux et organiques, les brasseurs sont également sensibles à l'intégration de la dimension environnementale dans la définition de la qualité de leurs bières. Question sociétale, la gestion de l'eau est également un sujet de préoccupation pour les consommateurs de plus en plus responsables de leurs décisions d'achats. Toutefois les procédés de traitement et de réutilisation de l'eau peuvent être perçus de manière négative par ces derniers. Dans le projet interdisciplinaire BeeR Economic in Water (BREW), nous proposons de qualifier les eaux grises issues de l'activité de brassage pour définir des scénarii de traitement et de réutilisation de l'eau tout en nous posant simultanément la question de la perception de la qualité de la bière par les consommateurs afin de mettre en évidence les facteurs contribuant à la construction de cette qualité.



Récupération eau échangeur en production

Articles

Marcato-Romain, C.E., Dossat-Létisse, V., Akimowicz, M. Lien enseignement / recherche : BUT HSE & BeeR Economic in Water. Congrès National de la Recherche des IUT (CNRIUT) : 7-9 Juin 2023, St Pierre

Diez, L., Solle, L. Akimowicz, M., Labrousche, G. (En rédaction) Good tastes? The role of values and flavors among beer consumers. A typology from southwestern France.

Résultats du projet

Une micro-brasserie produisant 710 hL/an a fait l'objet d'une quantification précise des différents flux. Sur l'année de production 2022, 5,8 L d'eau ont été consommés par litre de bière produit, dont 3,6 L lors de la production. Les activités de nettoyage et vente ont consommé 2,3 L d'eau par litre de bière. Au global, seulement 17% de l'eau consommée est transformée en bière, 10% sont éliminés avec les drêches, 3% avec le trub et les purges de fermenteur. Le système de refroidissement représente environ 1/4 des rejets d'eau de la production.

Une typologie des consommateurs a été élaborée à partir d'une enquête sur leurs caractéristiques :

Type	Nbr	Genre	Age	Consommation	Niveau d'expertise	Achat chez le produteur	Engagement
Epicuriens conviviaux	235	Mixte	26/35	Sociale (1/5L)	Faible	Occasionnel	Dvpt. éco. local
Explorateurs	161	Féminin	18/25	Sociale (1/5L)	Faible	Occasionnel	Tendance à l'engagement écologique
Epicuriens experts	57	Masculin	26/45	Solo et sociale (1/5L)	Elevé	Régulier	Dvpt. éco. local
Conservateurs enthousiastes	44	Mixte	18/25	Sociale (1/5L)	Faible	Occasionnel	Dvpt. éco. local inégal
Les occasionnels	19	Masculin	Inégal	Sociale (<1L)	Inégal	Rare	Tendance à l'engagement écologique

Perspectives

Les caractérisations des flux vont permettre une première estimation de scénarios de réutilisation / valorisation des rejets.

Les résultats de la qualification des eaux de brasserie vont désormais servir de support à une phase d'enquête qualitative auprès des consommateurs. Une « fresque » a été élaborée pour mettre en évidence les niveaux de consommation/ d'économie d'eau de différentes techniques de réusage et de traitement. Cette fresque a facilité l'exploration des rôles respectifs des systèmes de valeurs et de l'effet Beurk dans la perception de la mise en place de solutions techniques pour la préservation de la ressource eau. L'analyse des entretiens est toujours en cours. Une enquête à l'échelle nationale sur les dynamiques d'innovation, qui inclura les efforts de réusage de l'eau, au sein des brasseries est en cours.



L'abus d'alcool est dangereux pour la santé et À consommer avec modération

Plus d'informations sur le site du Défi Clé W0c



Projet émergent PARADE

Partenaires académiques du réseau Défi Clé W0c



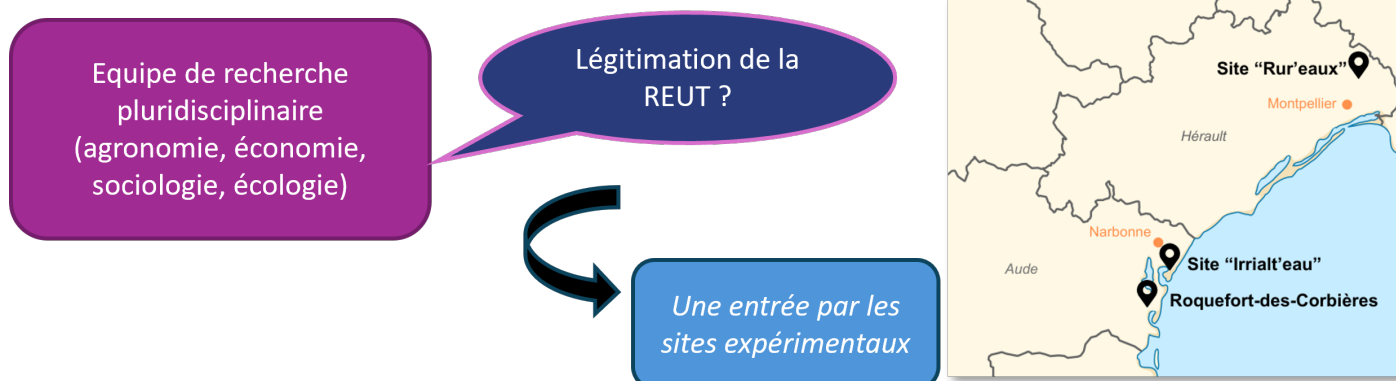
Parler et débattre du devenir des eaux usées traitées rôles et usages des démonstrateurs

Porteur de projet : Anne-Laure COLLARD (G-EAU) et Sabine SAUVAGE (CRBE)
Chercheurs impliqués : Nicolas SAURIN (UR Pech Rouge), Marielle MONTGINOUL (G-EAU), José Miguel SANCHEZ - PEREZ (CRBE)
Ingénieur d'étude (hors Défi Clé) : Margaux KUREK (G-EAU)

Résumé du projet

La Région Occitanie est régulièrement confrontée à des sécheresses, qui mettent en évidence notre besoin de repenser notre utilisation de l'eau sur le territoire et son partage. Dans ce contexte, la Région soutient le déploiement de la pratique de réutilisation des eaux usées traitées (REUT), entendue comme une des options d'adaptation au manque d'eau (Action11. Plan d'intervention Régional de la Région). Depuis les années 2010, le territoire abrite un certain nombre de sites expérimentaux, où les acteurs de la recherche et des professionnels du traitement de l'eau collaborent pour produire des connaissances sur la pratique de REUT.

Le projet PARADE repose sur l'hypothèse que ces connaissances circulent dans les arènes publiques (expertes ou non) et participent à la diffusion de la REUT. Pour cela, nous considérons les sites expérimentaux comme des « démonstrateurs » pouvant jouer le rôle de support transactionnel, d'outils de gestion de projet, d'objets de mise en relation (Rosental, 2009). Le projet s'intéresse ainsi au rôle de ces sites dans la construction de la légitimité de la REUT. Pour cela, le projet propose une interdisciplinarité « élargie » (Jollivet, 2017) entre sociologie, agronomie, économie et écologie.



Articles et communication

Montginoul M., Garin P., Boutillier A., 2024a, juin 10. Pratiques et logiques de partage des coûts dans les projets de réutilisation des eaux usées traitées, Présenté à 103e congrès de l'Astee, Quimper
Montginoul M., Garin P., Boutillier A., Nault I., 2024b. Pratiques et logiques de partage des coûts dans les projets de réutilisation des eaux usées traitées, TSM (Techniques, Sciences et Méthodes), 1033-38.
Collard AL, Kurek M., Montginoul M, Saurin N, Sánchez-Pérez JM, Sauvage S (2024), Experimenting with treated wastewater: situated knowledge and demonstration, Conférence EUROMED REUSE, Montpellier, 29-31 octobre 2024
Collard AL, Montginoul M, Saurin N, Kurek M., Sánchez-Pérez JM, Sauvage S (2026), Accès à l'eau et agriculture en contexte de pénurie, Proposition interdisciplinaire pour fissurer le narratif dominant de la réutilisation des eaux usées traitées, Conférence 16ème Congrès international du GRUTTEE, Marseille, 1er avril 2026

Résultats du projet

La première année a été consacrée à l'étude des connaissances produites sur trois sites expérimentaux, situés en Occitanie : Roquefort-des-Corbières, Irrialt'eau et Rur'eaux. Ce travail a permis de montrer l'organisation en trois principaux axes de ces connaissances : l'évaluation des capacités épuratoires des procédés de traitement, l'évaluation du risque (selon les normes réglementaires ou en-dehors), le potentiel agronomique des EUT. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces orientations : le besoin de connaissances pour démontrer l'opérationnalité des choix réglementaires en train de se faire; la nature expérimentale des sites qui permet de tester hors réglementation ; les partenariats entre recherche publique et acteurs du traitement qui tendent à améliorer et/ou à démontrer les savoir-faire techniques en termes de procédés de traitement ; les qualités politiques données aux EUT (bénéfices agronomiques en agriculture et l'économie circulaire) ; l'ancrage disciplinaire en sciences de l'ingénieur et du vivant des acteurs impliqués dans les sites expérimentaux; un consensus mou partagé entre les acteurs impliqués à vouloir répondre à une demande sociétale (sur le site de Irrialt'eau, l'ambition opérationnelle était de rendre accessible une ressource en eau pour l'irrigation de la vigne dans une zone sans réseau collectif d'irrigation et impactée par des sécheresses de plus en plus marquées; sur le site de Rur'eaux, il s'agissait de trouver des filières de traitement accessibles pour des communautés rurales de petite taille (< 2000 eq/hab.). Par ailleurs, ce travail a permis de rendre intelligibles certaines limites (inhérentes à toute production de connaissances). Celles spécifiques à la pratique de REUT, et que nous avons pu identifier, concernent les connaissances à propos de son innocuité sur le temps long et les milieux (salinité) et les bénéfices agronomiques de la REUT. L'étude montre aussi que les dimensions économiques et « sociales » sont confiées à des bureaux d'étude en charge de répondre à une commande : démontrer la faisabilité du projet (rentabilité et acceptabilité).

Ces premiers résultats ont conduit l'équipe de recherche du projet à formuler 4 sujets de stage qui ont démarré en début d'année 2025, avec l'ambition d'étudier :

- 1) Quelle est la pertinence économique de la réutilisation des eaux usées traitées (REUT) pour les viticulteurs qui ont accès à cette eau ? Etude à partir du site IrriAlt'Eau. Stage M2 en économie par Anjie Kevina SIMERVIL, Master 2 Développement Economique - Ecole d'Economie - CERDI - Université Clermont Auvergne, Encadrement de M. Montginoul - UMR GEAU INRAE
- 2) Quel impact des EUT sur des sols viticoles après deux ans d'irrigation ? Etude à partir du site IrriAlt'Eau. (Stage M1 en agronomie par Leymarie Elsa. Master 1 Hydrosystème et Bassin Versant - Université de Tours, Encadrement de N. Saurin - UE Pech Rouge INRAE
- 3) La REUT dégrade-t-elle ou au contraire améliore-t-elle la qualité du milieu aquatique ? Etude des impacts de la REUT sur le cours d'eau Rieu et étang de Bages. (Stage M2 en écologie par Alexandre Gresse. Master 2 Chimie : Parcours Evaluation, Gestion et Traitement des Pollutions - Université de Pau et des Pays de l'Adour. Encadrement par S. Sauvage et J.M Sanchez-Perez - CRBE CNRS)
- 4) Quel est rôle transformatif et dialogique entre Living Lab et démonstrateurs dans le travail de légitimation de la REUT ? (Stage M2 en sociologie par Piette Chwalek, Master 2 géographie, parcours GEDELO - Université Paris Nanterre. Encadrement AL. Collard - UMR GEAU INRAE

Une interdisciplinarité ancrée et réflexive



Crédit: Cosciences

Auteurs : AL Collard, N Saurin, N Ait Mouheb,
B Cheviron



Plus d'informations sur le site du Défi Clé W0C

Projet émergent EXTRANEF

Partenaires académiques du réseau Défi Clé W0c



EXTRACTION des Nanoplastiques présents dans les Eaux par Filtration membranaire

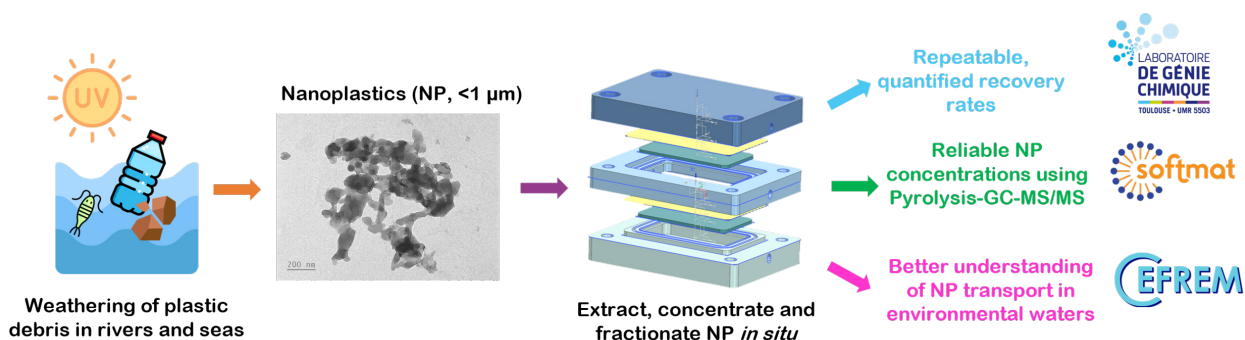
Porteur de projet : Christel CAUSSERAND (LGC)

Chercheurs impliqués : Patrice BACCHIN (LGC), Alexandra TER HALLE (Softmat), Wolfgang LUDWIG (Cefrem)

Doctorant : Marie ARNOULD (LGC)

Résumé du projet

Le projet vise à trouver les conditions permettant d'extraire des nanoplastiques (NP) d'une eau douce ou de mer afin d'en analyser la composition, la structure et en permettre le calcul des flux et l'étude toxicologique. Pour cela nous proposons de rechercher les conditions de mise en œuvre d'un nouveau système de filtration dédié qui devra satisfaire les contraintes de prélèvements de terrain. La quantification de NP est actuellement réalisée par Pyrolyse - chromatographie gazeuse - spectrométrie de masse en tandem (Py-GC-MS/MS) via le piégeage des matières en suspension (MES) d'une eau de rivière ou de mer sur un filtre en fibre de verre (GF/F) après préfiltration sur une toile inox de 5 μm . Toutefois, l'utilisation de ce protocole entraîne une perte d'information pour les NP < 350 nm ainsi qu'une récupération pouvant être encore améliorée [Albignac et al., 2022]. De plus, la salinité d'une eau de mer entraîne la formation rapide d'agrégats > 5 μm , entraînant des pertes supplémentaires lors de la préfiltration. Notre système innovant devrait permettre d'extraire des fractions liquides concentrées à l'aide d'une cascade de membranes opérant en tangentiel pour maximiser les taux de récupération. A terme, ce système devrait permettre de réaliser de prélèvements et concentrations in situ.



Articles

5ème Conférences du GDR Plastiques, Environnement et Santé, 3-5 Juin 2024. Marseille, France. Evaluation de la toxicité des nanoplastiques (1-999 nm) selon leur taille : mise au point d'un nouveau système d'extraction, séparation par taille et concentration des nanoplastiques par filtration membranaire. M. Arnould, C. Causserand, P. Bacchin, M. Albignac, A. ter Halle
Euromembrane 2024, 8-12 Septembre 2024. Prague, République Tchèque. Extraction of Nanoplastics from Water and Size-based Separation using a novel Membrane Filtration System. M. Arnould, M. Albignac, P. Bacchin, A. ter Halle, C. Causserand
19ème congrès de la Société Française du Génie des Procédés, 15-17 octobre 2024. Deauville, France. Extraction et Fractionnement des Nanoplastiques présents dans les Eaux par Filtration Membranaire en vue d'une étude toxicologique. M. Arnould, M. Albignac, P. Bacchin, A. ter Halle, C. Causserand

14th World Filtration Congress, 30 juin-4 juillet 2025. Bordeaux, France. Extraction of Nanoplastics from Water and Size-based Separation using a novel Membrane Filtration System. M. Arnould, R. Quingongo, M. Albignac, P. Bacchin, A. ter Halle, C. Causserand.
Article soumis pour publication à Separation and Purification Technology : A membrane cascade for size-based separation and concentration of nanoplastics in environmental waters, M. Arnould, R. Quingongo, M. Albignac, A. ter Halle, P. Bacchin, C. Causserand, 2025.
Article en préparation : Is organic matter bound nanoplastics in rivers the missing link in the global plastic cycle?, A. ter Halle, E. Maria, T. De Oliveira, M. Albignac, M. Hennevier, R. Sanchez, M. Arnould, L. Landebrit, F. Violleau, G. Lespes, C. Roux, A.-F. Mingotaud, J. Gigault, W. Ludwig, J.-F. Ghiglione, 2025.

Résultats du projet

La méthode par piégeage sur GF/F nous a permis de déterminer des concentrations de NP sur le Rhône (Fig. 1). Toutefois, les limites de ce protocole se sont révélées lors de la quantification de NP sur la colonne d'eau en mer Méditerranée : le signal étant faible, probablement en raison de la salinité de l'eau menant à l'agrégation des NP, les concentrations déterminées manquaient de fiabilité, bien que montrant une corrélation avec la concentration en chlorophylle et en carbone organique particulaire (Fig. 2). Les membranes à incorporer dans le système EXTRANEF ont été sélectionnées via un screening en filtration frontale ; le système peut être adapté au fractionnement par taille pour une eau de rivière (préfiltration 2 μ m + membrane PVDF 0,45 μ m + membrane PES 0,1 μ m) ou à la concentration directe d'une seule fraction pour l'eau de mer (grille inox 5 μ m + membrane PES 100 kDa) (Fig. 3). Les facteurs de concentration et taux de récupération ont été améliorés par rapport à la filtration frontale, et il reste à éprouver le système pour une quantification de NP en eau de mer par Py-GC-MS/S.

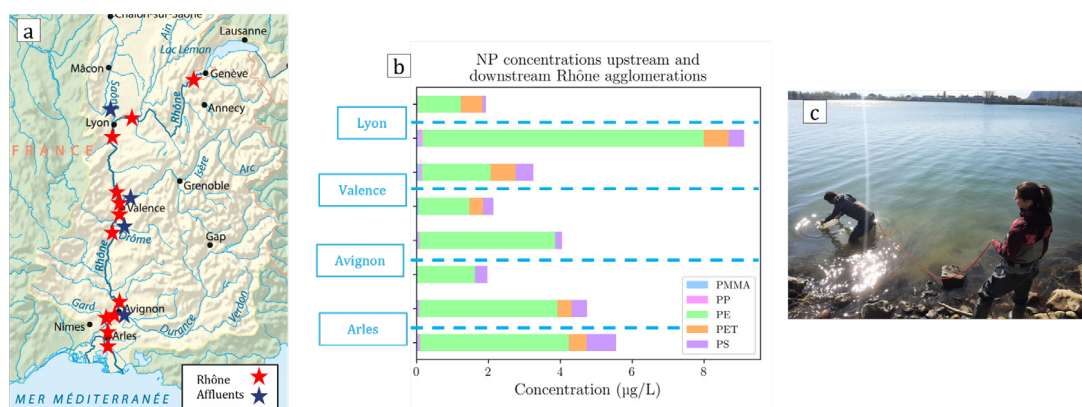


Figure 1 - Quantification de nanoplastiques sur le Rhône (2023) : (a) Carte avec points de prélèvement sur le Rhône et affluents ; (b) Concentrations en polymères déterminées par Py-GC-MS/MS ; (c) Prélèvement sur les berges du Rhône.

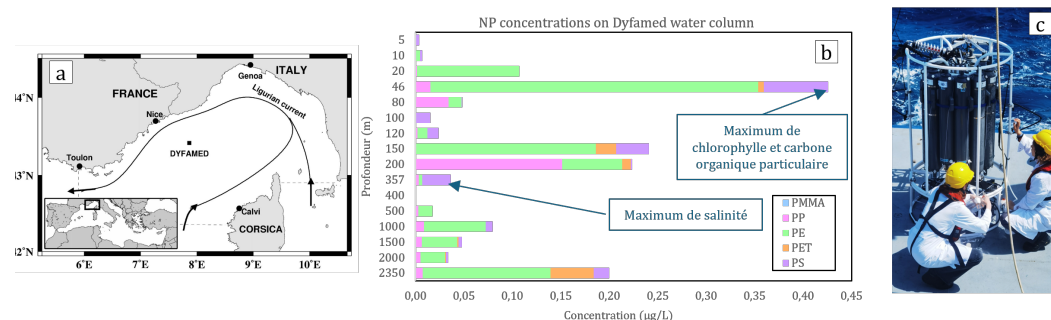


Figure 2 - Quantification de nanoplastiques sur la colonne d'eau du site de Dyfamed en mer Méditerranée (2024) : (a) Localisation du site de Dyfamed (Heimbürger et al., 2010) ; (b) Concentrations en polymères déterminées par Py-GC-MS/MS pour toutes les profondeurs ; (c) Rosette de bouteilles Niskin de prélèvement sur le navire Tethys II.

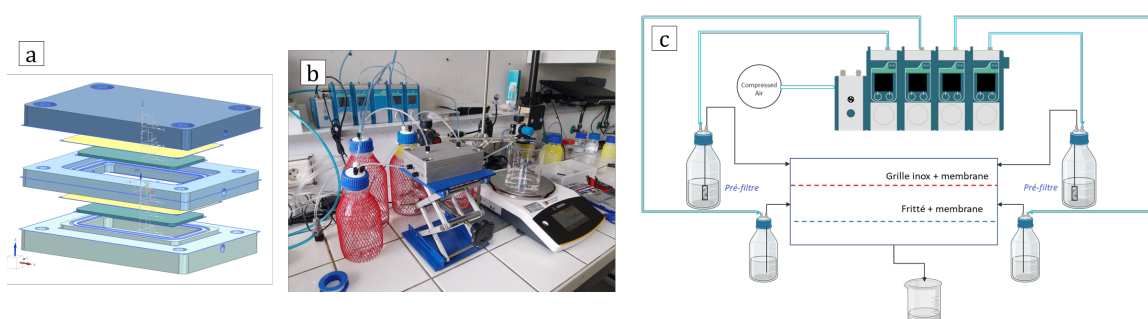


Fig. 3 - Nouveau système de prélèvement Extranef : cascade de membranes en filtration tangentielle pour concentrer eau de rivière ou eau de mer : (a) Dessin de conception de l'Extranef ; (b) Extranef en inox en fonctionnement avec contrôleurs de pression Fluigent ; (c) Schéma du montage montré en photographie en (b). (c) Rosette de bouteilles Niskin de prélèvement sur le navire Tethys II.



Projet structurant WOc WoD

Partenaires académiques du réseau Défi Clé W0c



Partenaires extérieurs



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

Porteur de projet : Jérôme HARMAND (LBE)

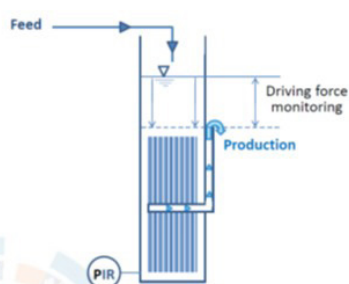
Chercheurs impliqués (responsables de chaque équipe partenaire) : Mathieu SPERANDIO (TBI), Alain RAPAPORT (MISTEA), Frédéric BOUIN (UPVD), Marc HERAN (IEM) ; partenaires associés : Nihel BEN AMAR (ENIT), Mohamed KEFI (CERTE)

Doctorants : Aymen CHAABEN (IEM, LBE), Thomas HARMAND (doctorant associé, SCP, AMU, UPVD) ; Postdoctorant : Sarah MANTEAUX (TBI) ; CDD ingénieur : Rémy DUTTO (MISTEA, LBE)

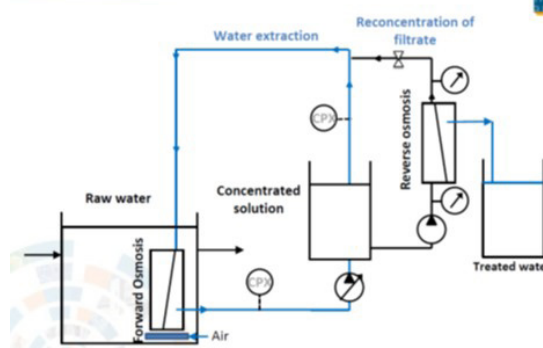
Résumé du projet

Le projet W0c 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. Les risques les plus importants identifiés avec cette filière de réutilisation sont i) la présence de contaminants biologiques ou chimiques indésirables dans l'effluent traité, ii) le colmatage potentiel des membranes iii) des limitations juridiques à l'implémentation pratique de ce type de système et (iv) de l'évaluation des besoins énergétiques ou autres qui rendraient l'approche non pertinente d'un point de vue environnemental ou/et des impacts globaux. Le projet inclura un volet expérimental visant à étudier la dynamique de la matière soluble et la caractérisation du comportement de contaminants modélisés, expérimentations qui serviront au développement d'une modélisation de l'ensemble de la filière. Ces modèles seront alors intégrés aux travaux des partenaires de l'équipe TBI à Toulouse pour étudier l'intégration du système étudié dans des filières décentralisées à l'échelle des bâtiments ou quartiers via des approches de benchmarking.

Le pilote : Membrane gravitaire



Le pilote : Osmose directe



Articles

A. Chaaben et coll. (2024) ECC2024, June 25-28, Stockholm, Sweden.

J. Harmand et coll. (2024). In: Mannina, G., Ng, H.Y. (eds) Frontiers in Membrane Technology. IWA-RMTC 2024. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 525. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63357-7_27.

A. Chaaben et coll. (2024) REUSE EUROMED'24, 29-31 October 2024, Montpellier, France.

S. Manteaux et coll. (2024) Journées Information Eaux, 8-10 October 2024, Poitiers, France.

S. Manteaux et coll. (2024) REUSE EUROMED'24, 29-31 October 2024, Montpellier, France.

S. Manteaux et coll. (2025) ASTEE, 2-5 June 2025, Toulouse, France.

A. Chaaben et coll. (2025) IWA WRR, 16-21 March 2025, Cape Town, South Africa.

J. Harmand et coll. (2025) IWA-RMTC 2025, September 2025, Daegu, South Korea.

T. Harmand et coll. (2025) <https://doi.org/10.3917/inno.pr2.0199>.

A. Chaaben et coll. (2025) <https://doi.org/10.3390/membranes15060157>.

A. Chaaben et coll. (2026) REUSE EUROMED 2026, 17-19 Juin 2026, Madrid, Espagne.

A. Chaaben et coll. (2026) <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2026.134229>.

La liste exhaustive est disponible sur le site <https://sites.google.com/view/woc-wod/production-scientifique>

Résultats du projet

Sur le premier volet (évaluation des risques liés à la présence de molécules indésirables) :

- Mise en place des pilotes ;
- Identification des principales classes de molécules constituant la DCO soluble encore présentes après les filtrations par MF d'une eau brute urbaine ;
- Expérimentations à venir.

Sur le deuxième volet (gestion du colmatage) :

- Proposition d'une approche de pilotage automatique optimal adaptatif (capable de s'adapter à des conditions de fonctionnement qui évoluent dans le temps) ;
- Développement et intégration de la solution proposée en cours.

Sur le troisième volet (évolutions juridiques) :

- Identification des vides juridiques et des limites de la législation actuelle (complexité, incohérences, manques de définitions...) ;
- Propositions pour améliorer l'adoption et l'implémentation de solutions en tirant parti des technologies disponibles.

Sur le quatrième volet (optimisation environnementale et multi-critère) :

- Optimisation de la gestion des systèmes membranaires (par rapport au volume filtré ou l'énergie) ;
- Nouveaux usages et nouvelles stratégies de gestion de l'eau en ville (par exemple en étudiant l'impact de l'échelle à laquelle est pensée la réutilisation). Dans ce domaine, les résultats préliminaires montrent 1. que l'énergie est une clé et qu'il faut préférer des technologies peu énergivores, 2. que les écarts entre les scénarios pour une même technologie (bioréacteur à membrane) sont faibles, 3. que la mutualisation de la collecte selon les besoins en eau non potable est avantageuse pour la plupart des impacts (réduction du réseau par rapport à la collecte de tout le quartier et gain énergétique du traitement par rapport aux petites échelles), 4. que les impacts du traitement à petite échelle sont compensés par moins de réseaux, d'autant plus dans un mix énergétique très décarboné.

Effets du niveau de décentralisation sur les bénéfices/ impacts environnementaux ?

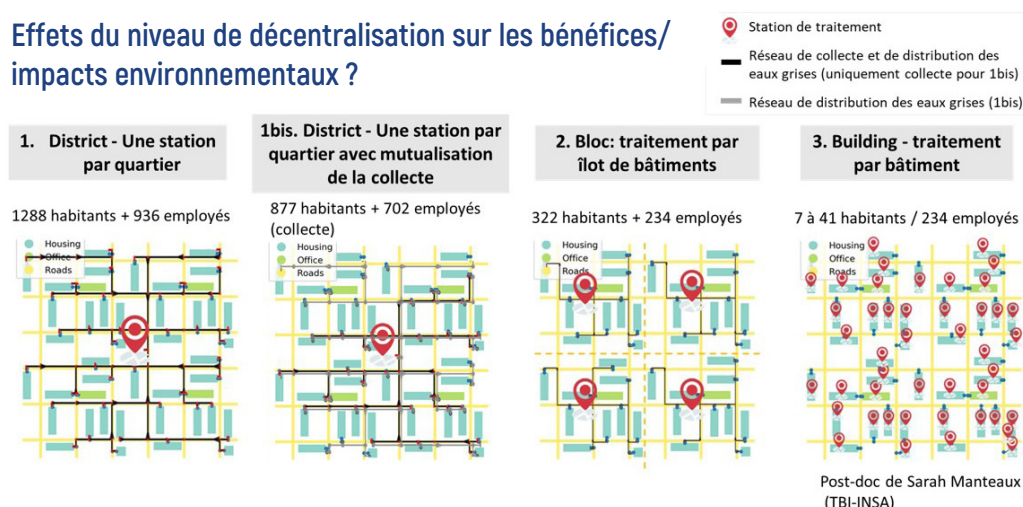


Fig. 1 : Exemple de question et scénarios de nouvelles stratégies de gestion de l'eau en ville étudiés dans WOC WoD



Projet structurant BioROC

Partenaires académiques du réseau Défi Clé W0c



Partenaires extérieurs



Contrôle du Biofilm fondé sur la nature pour le Recyclage fonctionnel de l'eau en Occitanie

Porteur de projet : Magali GERINO (CRBE)

Chercheurs impliqués : Magali GERINO (CRBE), Marion ALLIET (LGC), Nassim AIT MOUEB (G-EAU), Didier ORANGE (HSM), Rahim KACIMI (IRIT), Paul DURU (IMFT)

Doctorant Défi : Alexandre LACOU (CRBE)

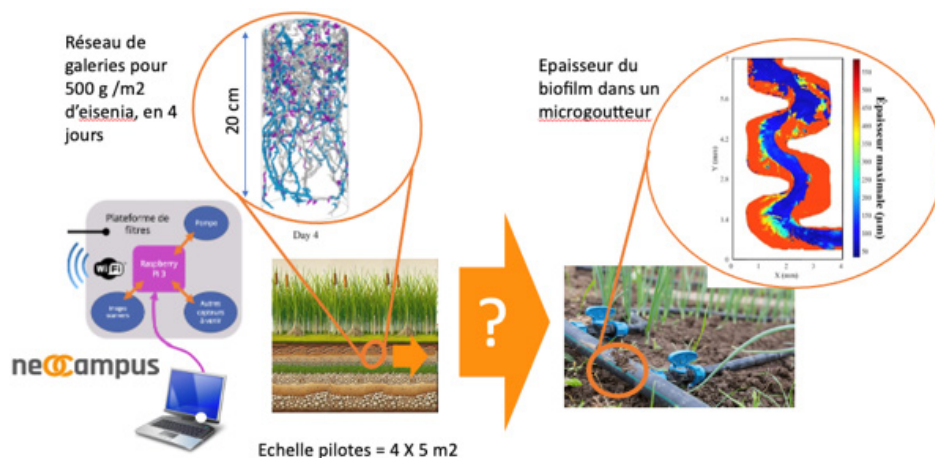
Doctorant hors Défi : Siriane CAZAUX (IMFT), Nadra BEN-HAJ-AMOR (HSM /IMT/CERTE)

Partenariat privé : Sophie CANOVAS (AKKODIS), Dan Tam COSTA (Epur Aqua), Bertrand MONTFORT (CEEBIOS)

Résumé du projet

BioROC vise à améliorer les connaissances sur l'influence du biofilm dans une filière de reuse bioinspirée basée sur des Solutions Fondées sur la Nature (SFN) et destinée à l'irrigation.

Ce projet contribuera à l'adoption de pratiques innovantes à partir des Living Labs de Toulouse Métropole et de Montpellier Méditerranée Métropole. L'enjeu est de tester un panel de SFN (+/- biodiversité augmentée par des invertébrés) pour identifier les modalités les mieux adaptées à la reuse selon les dispositifs d'irrigation. Les verrous à lever sont le colmatage des filtres et l'encrassement des systèmes de fertirrigation par le biofilm microbien. La qualité du biofilm et sa dynamique sont décrites dans toute la filière grâce à des capteurs, de la métagénomique et de la modélisation mathématique. Ces résultats permettent d'identifier les leviers d'action pour contrôler la dynamique du biofilm dans les systèmes de micro-irrigation.



Articles

Ben Said M., Chkir dit Jilzi A., Ben-Haj-Amor N., Bousselmi L., Orange D., 2026. Sequential phage pretreatment and TiO_2 -thyme essential oil photocatalysis: A synergistic approach to *Pseudomonas aeruginosa* biofilm inhibition and control. *Water* 18, 2, 213. <https://doi.org/10.3390/w18020213>.

Alazzam I., Ait-Mouheb N., Knapp Y., Boiron, O., 2026. Biofouling in milli-labyrinth channels of drip irrigation systems using reclaimed wastewater: A review of optical methods and numerical modelling. *J. Environ. Manage.* 397, 128377. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.128377>.

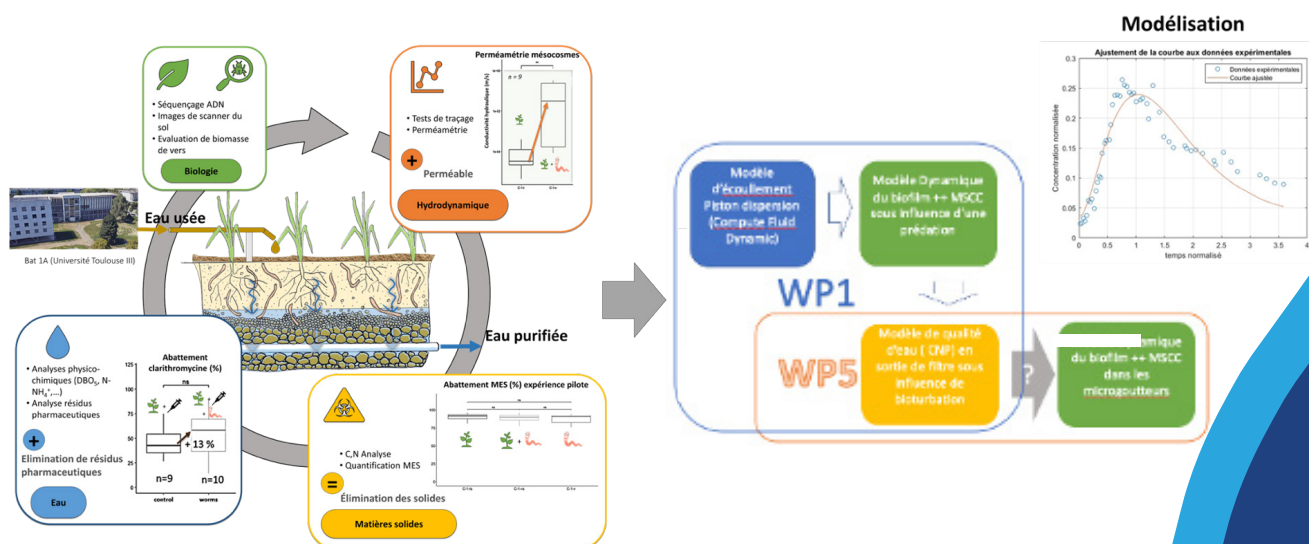
Petit J., Héran D., Mas García S., Bendoula R., Ait-Mouheb N., 2026. Polarization spectroscopy as an innovative method for the early detection of biofouling in drip irrigation with reclaimed water. *J. Near Infrared Spectrosc.* 34, 1, 32-39. <https://doi.org/10.1177/09670335251392268>.

Petit J., Dallagi H., Mas Garcia S. M., Bendoula R., Boiron O., Ait-Mouheb N., 2025. Revealing hydrodynamic key factors in dripper clogging: A coupled optical coherence tomography and numerical milli-fluidic simulation. *Biosyst. Eng.* 257, 104244. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2025.104244>.

Lacou A., Alliet M., Parisi E., Canovas S., Albasi C., Gerino M., 2025. Bioresource Technology Reports Earthworm-assisted constructed wetlands : A multidisciplinary investigation of organic matter and nitrogen removal using hydrodynamic , metagenomic , and water quality approaches. *Bioresour. Technol. Rep.* 31, 102269. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2025.102269>.

Résultats du projet

- Modélisation hydro-biocinétique de l'élimination de la DCO et de l'azote dans les filtres plantés bioaugmentés, couplant modélisation de distribution des temps de séjour sur données de traçage (Lacou et al., 2026b en révision) et cinétique de dégradation de la DCO et de l'azote sur les données de qualité d'eau.
- Caractérisation, grâce à l'étude à différentes échelles, de l'influence des invertébrés sur l'hydrodynamique des filtres plantés : pas d'effet négatif sur la perméabilité mais amélioration du temps de séjour (Lacou et al., 2026b revision).
- Mesure (à Toulouse) des performances des systèmes d'épuration de type filtres plantés bioinspirés (ou FVAM) pour les macropolluants (Lacou et al., 2025), les résidus pharmaceutiques (Lacou et al., 2026a, sous revue par les pairs) et les micro-organismes pathogènes (Lacou et al., 2026b, soumis).
- Mesure (à Montpellier, site la STEP de Murviel les Montpellier) des performances des systèmes d'épuration de type filtres plantés bioinspirés (ou FVAM) et bioaugmentés par *Trichoderma* et *Eisenia* pour les macropolluants, les résidus pharmaceutiques et les micro-organismes pathogènes en relation avec la dynamique du biofilm (Fuchs et al., 2026, en préparation ; Ben-Haj-Amor et al., en préparation).
- Note conceptuelle et mécanistique sur rôle du biofilm (Ben Said et al., 2026, en révision) et la mémoire fonctionnelle de l'eau et du biofilm (Said Ben Said et al., 2026 soumis).
- Utilisation par spectrométrie d'absorption (signal peu diffusé et la réduction de la plage spectrale à 1100-1300 nm permet de discriminer l'eau du biofilm) (Petit et al., 2023).
- Mise en évidence d'une corrélation inverse entre épaisseur de biofilm et vitesse et cisaillement, position verticale et énergie cinétique de turbulence dans les systèmes de micro-irrigation comme paramètre pilotant le biofilm sur le canal complet.
- Quantification de la macroporosité d'un substrat filtrant et variations temporelles et spatiales de sa géométrie (volume, distribution verticale, taux de renouvellement) sous l'influence d'une communauté de bioturbateurs (Cazaux et al., 2026, en préparation).
- Installation des capteurs (T°C, humidité, scanners, hauteur d'eau, consommation électrique, émission de CO₂) en condition in situ dans les filtres plantés de l'UT et connexion avec un début de jumeau numérique du système dans les locaux de l'IRIT.
- Présentation des résultats dans 20 conférences ou congrès en complément de 10 conférences invitées et 6 publications dans des revues à comité de lecture et 5 Publication soumises
- 20 visites par acteurs régionaux et 14 enseignements du démonstrateur filtrOCampus
- Creation d'une JEAL avec la Tunisie et plusieurs projets financés en continuité comme Phytoreut en réponse à l'AAP INNOVEAU



Plus d'informations sur le site du Défi Clé WOC



Projet structurant CompAqui

Partenaires académiques du réseau Défi Clé W0c



Partenaires extérieurs



Comparaison de filières de traitement d'eaux usées pour la recharge d'aquifères, compréhension des mécanismes institutionnels pour la réussite d'un projet de REUT

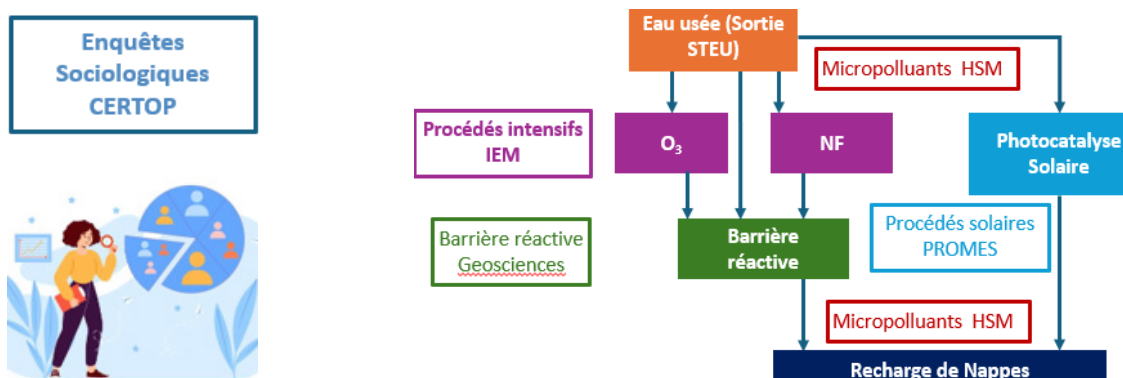
Porteur de projet : Stéphan BROSILLON (IEM)

Chercheurs impliqués : Linda LUQUOT (GM), Elena GOMEZ (HSM), Geoffroy DUORTE (HSM), Julie MENDRET (IEM), Gaël PLANTARD (PROMES), Geoffrey CARRERE (CERTOP)

Doctorant : Téo FERREUX (IEM)

Résumé du projet

L'objectif global de CompAqui est d'étudier la faisabilité de technologies de recharge artificielle d'un aquifère avec un système de prétraitement efficace pour éliminer les contaminants préoccupants des eaux usées afin de les renaturaliser. Il s'agira de i) comparer des filières de traitements avancés et/ou un traitement fondé sur la nature pour atteindre une qualité d'eau souhaitée ; ii) identifier les schémas organisationnels et politiques qui permettent la réussite d'un projet de REUT, iii) proposer une filière de traitement adaptée pour un site pilote. L'approche principale de ce projet de recherche est basée sur des expériences en laboratoire. L'ensemble de ces études seront réalisées dans l'objectif précis de mettre en place à plus long terme un site de recharge artificielle dans la commune de Clairà [66]. Pour cela, une équipe multidisciplinaire capable d'évaluer techniquement, technologiquement, économique et socialement les options applicables est mise en place.



Articles

- T. Ferreux, G. Duporte, L. Luquot, J. Mendret, E. Gomez, S. Brosillon, Abatement of micropollutants and formation of transformation products in municipal wastewater effluent during ozonation: Complementarity of targeted and non-targeted analyses. J. of Hazardous Materials 496 (2025) 139426.
- T. Ferreux, G. Duporte, S. Van-Exter, D. Sil, E. Gomez, J. Mendret, S. Brosillon, L. Luquot, Coupling advanced treatments with reactive barrier infiltration for pharmaceutical micropollutants removal in the context of water reuse, Journal of Hazardous Materials Advances 24 (2026) 101632
- Gaël Plantard, Annelise Ravaud, Stanislaw Eichendorff, Delphine Raviglione, Photo-oxidation capacity of a pond -type solar photoreactor operating in continuous mode under dynamic irradiation conditions: experiments, modeling and prediction, Journal of water process engineering 78 (2025), 108684.
- E. Ribeiro, V. Goetz, C. Caillot and G. Plantard, Dispersed plug flow photocatalytic reactor using TiO2, modeling and experimental operating mode, AIChE, 18610 (2024).
- Ferreux T., Duporte G., Van-Exter S., SIL D., Gomez E., Mendret J., Brosillon S., Luquot L. SFGP 20eme, 13 -15 Octobre 2026, Clermont Ferrand.
- T. Ferreux, G. Duporté, E. Gomez, J. Mendret, L. Luquot, S. Brosillon, SETAC 34th, 5-9 mai 2024, Séville.
- T. Ferreux, G. Duporté, E. Gomez, S. Van Exter, J. Mendret, L. Luquot, S. Brosillon, REUSE Euromed 2024, 29-31 octobre, Montpellier.
- T. Ferreux, G. Duporte, E. Gomez, S. Van Exter, J. Mendret, L. Luquot, S. Brosillon, SFGP 19eme, 15 - 17 Octobre 2024, Deauville
- C. Guy, G. Duporté, L. Luquot, E. Gomez. SETAC 34th, 5-9 mai 2024, Séville.
- Cabaret G, Luquot L, Duporté G, Gomez E. SETAC 34th, 5-9 mai 2024, Séville.
- G Plantard Catalysis Reaction and engineering (Boston, 2025)

Résultats du projet

Nanofiltration (NF)

- Rétention des micropolluants > 75 % hors carbamazépine en conditions économiquement acceptables.
- Micropolluants inférieurs au seuil de coupure [MWC0] : rétention liée à des interactions électrostatiques, hydrophobes et soluté-soluté.

Ozonation (O3)

- Forte dégradation des micropolluants à de faibles doses d'ozone ($< 1.5 \text{ mgO}_3.\text{mgC}^{-1}$) : procédé acceptable économiquement.
- En analyse non ciblée : le nombre de composés diminue assez fortement jusqu'à 30 min, la masse des composés reste assez similaire au cours de l'ozonation.
- Le maximum de composés apparus (sous produits) est atteint en 10 min, après 30 min, le nombre de composés varie peu (peu d'élimination, peu d'apparition).

Barrière réactive

- L'élimination des polluants a lieu par adsorption et biodégradation.
- Pour la plupart des micropolluants, il existe une synergie d'élimination grâce au couplage procédés intensifs - barrières réactives (Fig 1).

Photocatalyse

- Expérimentations et modélisation des capacités photo-oxydatives du photo-réacteur sur Erythromycine & caféine
- Capacité d'abattement de > 90% sur substances cibles à concentrations réelles (ug/L) (Fig 2)
- Conception d'un pilote de photocatalyse solaire durable opérant en mode ouvert sous conditions réelles d'utilisation ayant une configuration robuste et un impact énergétique et environnemental très faible Capacité de production d'eau d'environ $1\text{m}^3/\text{m}^2/\text{j}$ destinée à la réute

Sociologie

- La REUT suppose « des coûts concentrés pour des bénéfices diffus » car le dispositif repose sur des investissements conséquents pour des volumes d'eau exploitables après traitement relativement faibles au regard du nombre d'usages envisagés.
- La REUT est considérée par de nombreux acteurs comme « une solution de la transition écologique et permet de renaturaliser des eaux usées », pourtant, sa mise en œuvre repose sur « des systèmes techniques pouvant être sophistiqués, énergivores et sources d'incertitudes ou de risques environnementaux et sanitaires ».

Figure 1 : Évolution des concentrations du metropolol en sortie du couplage des procédés

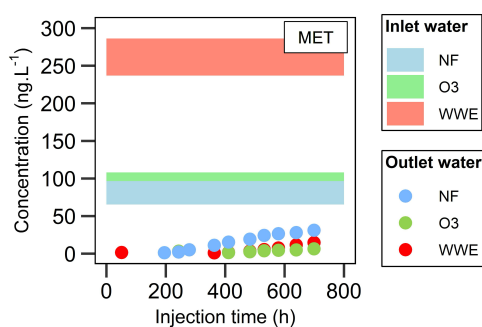
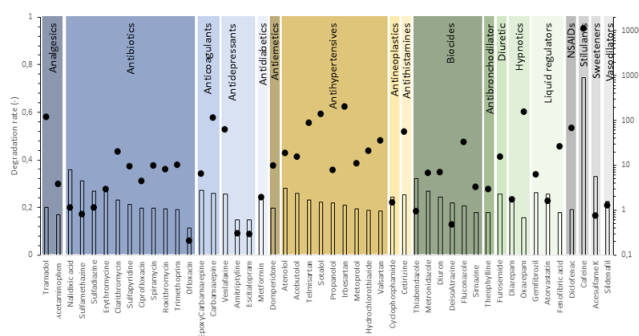


Figure 2 : Dégradation des micropolluants dans les eaux usées dans un photo-réacteur Solaire



Projet structurant EauChar b'Oc

Partenaires académiques du réseau Défi Clé W0c



Partenaires extérieurs

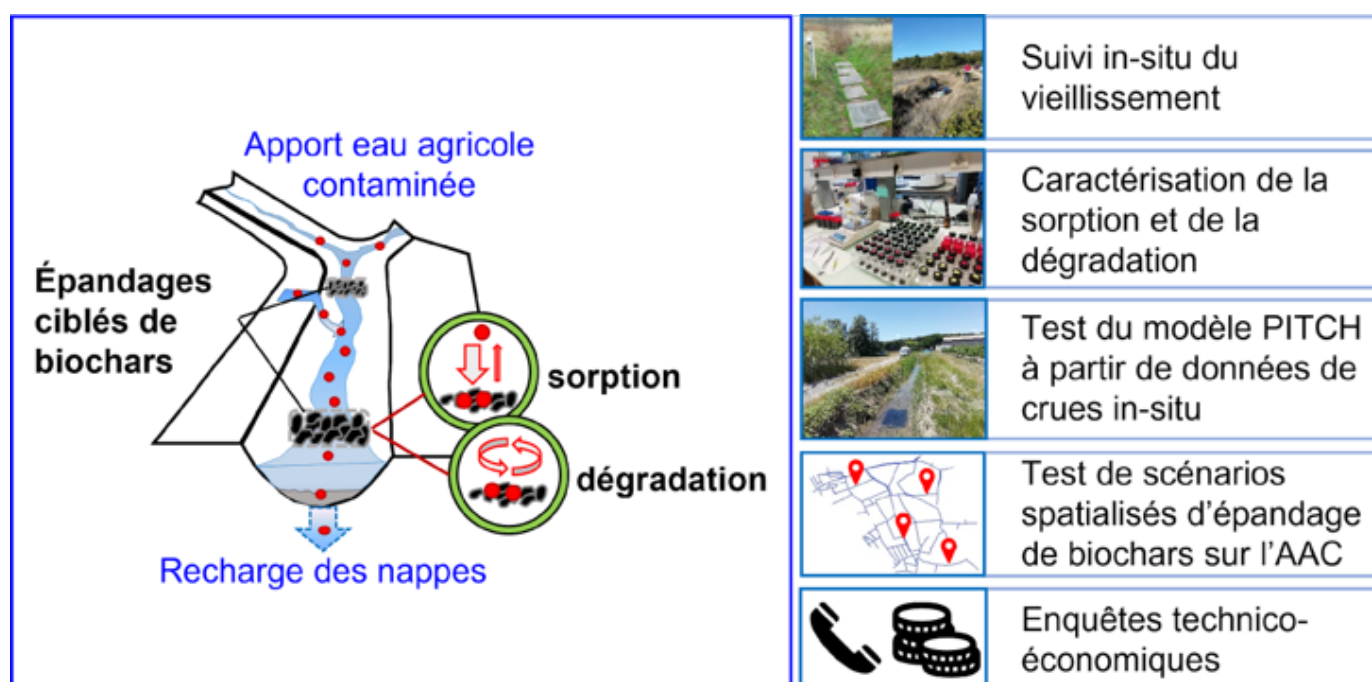


Décontamination d'eaux de drainage agricole par Biochars pour sécuriser leurs ré-usages

Porteur de projet : Jean-Stéphane BAILLY (LISAH) et Anatja SAMOUELIAN (LISAH)
Chercheurs impliqués : Philippe BEHRA (LCA), Samuel BUIS (EMMAH), David CREVOISIER (LISAH), Cécile DAGES (LISAH), Jeanne DOLLINGER (LISAH), Katrin ERDLENBRUCH (CEE-M), Claude HAMME CKER (LISAH), Sébastien ROUX (LISST)
Post-doctorant : Guillaume METAYER (LISAH)

Résumé du projet

Le projet EauCharb'Oc cherche à évaluer un levier de gestion de la décontamination des eaux de drainage agricole pour sécuriser leur ré-usage aval en AEP. Il explore en quoi un apport parcimonieux et ciblé de biochar, issu de la valorisation des déchets d'origine agricole et locaux, peut être un levier de gestion alternatif au traitement en usine de potabilisation s'inscrivant dans une démarche d'économie circulaire. Si l'amendement de biochar est connu pour augmenter la sorption d'une large gamme de pesticides, il reste néanmoins des incertitudes sur l'effet de leur vieillissement au regard de leurs propriétés de rétention et de dégradation à plus long terme et sur la performance de biomasses locales transformées en biochar. Les modalités d'épandage seront raisonnées pour optimiser la rétention des contaminants tout en limitant les coûts. Ce projet se déroule avec comme cas d'étude l'aire d'alimentation de captage prioritaire du Rieu, à dominante viticole, située au sein de la Communauté de Communes du Clermontais, au sein du bassin de l'Hérault.



Résultats du projet

Évaluation en laboratoire et institut de la capacité des biochars à retenir et dégrader les pesticides

- Choix des biomasses locales (sarments de vigne, noyaux d'olives, canne de provence, bois de pin) et de pesticides représentatifs d'un usage en contexte viticole (napropamide, diméthomorphe, métalaxyl-M), et d'un produit de dégradation de plusieurs fongicides (éthylène thio-urée, ETU)
- L'évaluation in situ de l'amendement ciblé de biochar dans un tronçon de réseau de fossés, lors d'une simulation de crue a montré un abattement très important de la concentration en napropamide, alors qu'aucun effet n'a été observé pour l'ETU
- Capacité de rétention
 - Fortement différenciée en fonction des molécules (napropamide > diméthomorphe > métalaxyl-M > ETU) ;
 - Systématiquement plus élevée pour la canne de Provence ;
 - Évolue en fonction des conditions de vieillissement des biochars, la répétition d'événements de ruissellement conduit à une diminution des capacités d'adsorption des biochars.
- Dégradation des pesticides : elle est ralentie dans les biochars par rapport au sol ambiant, jusqu'à 2.5 fois pour le napropamide et 9 fois pour le métalaxyl-M.

L'ensemble de ces résultats montrent que l'épandage de biochars dans les fossés est un levier d'action potentiellement efficace mais qui doit être raisonné en fonction de la nature des contaminants.

Évaluation socio-économique et environnementale à l'échelle du territoire.

- Évaluation socio-économique de l'adoption d'une solution innovante d'amendement ciblé de biochar
 - Mise en place d'une expérience de choix discret auprès de 186 viticulteurs :
 - Un intérêt pour ce matériau comme nouvelle pratique d'amendement à la parcelle, mais encore limité pour un usage innovant en fond de fossés ;
 - Les viticulteurs conventionnels semblent plus réceptifs à cet usage que les viticulteurs bio.
 - Évaluation de la dispersion de pesticides en fonction de stratégies d'épandage de biochar dans un réseau par expérience numérique (modèle PITCH)
 - Exploration numérique selon trois facteurs de variation : capacité de sorption, taux de couverture et répartition des biochars dans le réseau suivant une distribution amont-équilibrée-aval ;
 - L'analyse des 25 000 simulations produites.
- Montre une amélioration de la qualité des eaux de surface et souterraine quelque soit le scénario par rapport à la situation de référence sans biochar ;
- Confirme un impact plus important de la nature des biochars par rapport aux stratégie d'apport dans le réseau sur la capacité d'amélioration.
- Dans le cas de l'Aire d'Alimentation de Captage du Rieu :
 - L'objectif de réduction des concentrations dans la zone aval de réinfiltration est atteint quelle que soit la stratégie d'apport testée ;
 - L'abattement de concentrations dans les eaux de surface et souterraine est systématique, avec une efficacité assez homogène entre les stratégies d'apport.



Projet structurant TERR'Reuse

Partenaires académiques du réseau Défi Clé W0c



Réallocation « territoriale » de la ressource par la REUSE : évaluation des bénéfices et impacts sur les grand et petit cycles de l'eau et leurs externalités

Chercheurs porteurs de projet : Alexandra DESCAMPS ANGELIAUME (GEODE) et Patrick LACHASSAGNE (HSM)

Chercheurs impliqués : Mikaël AKIMOWICZ (LEREPS), Stéphane GHIOTTI (Art-Dev), Guillaume JUNQUA (HSM), Mehdi SAQALLI (GEODE), Christian SALLES (HSM), José SANCHEZ (CRBE), Sabine SAUVAGE (CRBE), Marc VINCHES (HSM)

Doctorante : Chloé DELOMEL (HSM, IMT Mines Alès)

Résumé du projet

Le projet TERR'reuse visait à analyser les effets hydrologiques, la perception et la capacité de déploiement de la REUSE/REUT au sein de territoires contrastés d'Occitanie, en s'appuyant sur des Living Labs du projet WOC (LL Armagnac, LL Clermontais, LL Adour Amont en appui ponctuel). Dans le cadre d'une équipe pluridisciplinaire, il a analysé les impacts (hydrologiques, environnementaux, sociaux, etc.), dans le temps et dans l'espace, de la réutilisation dans l'optique de mettre en exergue les bénéfices et/ou limites de la pratique (pertinence du choix de la REUSE vis-à-vis d'autres alternatives) (figure 1). Le projet a ainsi produit un modèle hydrologique, HydrUrban&REUSE, autour des interactions entre le petit et le grand cycles de l'eau, permettant d'illustrer les impacts de la REUSE/REUT. Il a produit par ailleurs, en intégrant les caractéristiques, les enjeux et les acteurs des territoires concernés, deux jeux sérieux s'appuyant sur HydrUrban&REUSE, Scénar'eau en Armagnac et Goutte-à-Goutte en Clermontais, jeux construits en miroirs. Cherchant à nourrir la réflexion autour de la pratique (ou non) de la REUSE dans la gestion future de l'eau, la mise en œuvre de sessions de jeux a apporté des éléments de réponse utiles à la prise de décision en particulier en termes de pertinence et de capacités de déploiement.

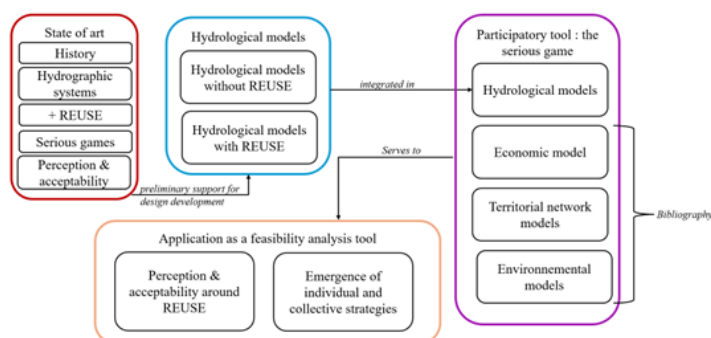


Figure 1 : Méthodologie (Delomel, 2026)

Articles et communications

Delomel C. et al. 2024. Conférence internationale EUROMED. Development of a methodology for environmental, social and economic assement of widespread water reuse practices. Montpellier, 30 Octobre 2024.

Delomel C. et al. 2025. Congrès international IWA REUSE. Development of a methodology of generalized reuse practices based on quantitative, social, and economic evaluation. Le Cap, 18 Mars 2025 <https://iwareuse2025.com/programme-overview/>

Delomel C. & Angéliaume-Descamps A., 2026. Keys éléments about water Governance, Ecole thématique WOC, Juin 2026.

Gérino M. et al. 2026. What is the influence of the REUT on the water quality of the river? Ecole thématique WOC, Juin 2026.

Lachassagne et al. 2026. Quantifying the impact of waste water reuse in the integrated urban and hydrological water cycles. Ecole thématique WOC, Juin 2026.

Angéliaume et al. 2026. Scénar'eau : un jeu sérieux pour porter la réflexion sur la REUT autour d'un territoire et avec des acteurs locaux en Armagnac. Colloque Jeux et Enjeux, Dijon, juin 2026.

Delomel C. et al., 2026. Territorial reallocation of water resources through REUSE in Occitanie: assessment of impacts, benefits, and deployment perspectives. IMT 2026 ENR2 x RM2C 2026.

Rebesco, P. & Akimowicz, M. 2026. Know its worth? Factors affecting the social acceptability of water reuse: A mixed methods planned behavior model. Ecological

Economics. Delomel C. et al., 2026. Quantifying the impact of waste water reuse in the urban and 2 hydrological water cycles : Review and development of the HydrUrban&REUSE model. IWA Review (soumis)

Delomel C. et al., 2026. Addressing Territorial Water Challenges in Occitanie: building 2 serious games on contrasted living labs integrating water reuse, Water (soumis) Delomel C. et al., 2026; La place de l'organisation capacitante dans le jeu sérieux : étude de cas des jeux Goutte-à-Goutte et Scénar'Eau (à soumettre)

Résultats du projet

Parmi les objectifs du Défi Clé Water Occitanie (W0c) figurent ceux de stimuler des recherches interdisciplinaires sur la réutilisation de l'eau, de nourrir une réflexion sur sa mise en œuvre et de considérer sa pertinence (W0c Occitanie, 2024). Le projet TERR'REUSE se positionne pleinement au cœur de ces enjeux. Les résultats apportés par ce projet peuvent se décliner en 3 volets successifs et complémentaires.

1) Dans un premier temps, un modèle hydrologique générique d'interactions entre le petit et le grand cycles de l'eau, HydrUrban&REUSE, a été élaboré. Par rapport aux approches existantes, il présente notamment l'intérêt de boucler le bilan d'eau de ces deux cycles en y intégrant la REUT. Différentes typologies, testées et comparées sans réutilisation des eaux usées, avec réutilisation pour un réusage urbain et pour un réusage agricole, ont été produites (figure 2). Cela permet ainsi d'observer les effets de la réutilisation des eaux usées dans la configuration souhaitée. Ce modèle a ensuite été appliqué aux deux LL, mettant en évidence des typologies possibles de réallocations en fonction des configurations différentes des deux territoires. Par ailleurs, des études ont été réalisées sur les conditions qualitatives de rejets de stations d'épuration dans le milieu naturel en période d'étiage pour évaluer la pertinence et/ou l'importance de ces rejets pour le maintien de la qualité des hydroécosystèmes en période d'étiage, soulignant la diversité des situations locales et les situations critiques du stress hydrique des périodes estivales de plus en plus fréquentes.

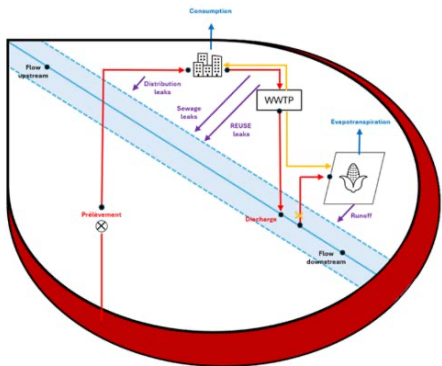


Figure 2 : Schéma du modèle hydrologique pour aquifère confiné (Delomel, 2026)

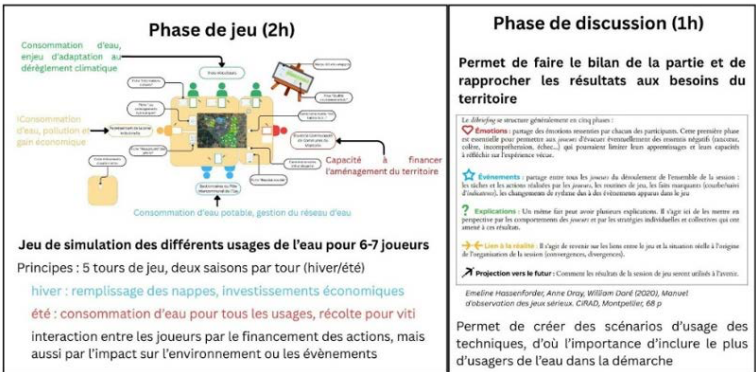


Figure 3 : Goutte-à-Goutte : un jeu sérieux représentatif des enjeux du Clermontais (Mouchard 2025)

2) Dans un second temps, toujours à l'échelle de deux LL, dans une perspective d'interactions avec les acteurs des territoires, suite à des échanges avec ces mêmes acteurs et à l'issu de diagnostics territoriaux, en prenant appui sur les modèles hydrologiques préalablement produits, des jeux sérieux - Scénar'eau Armagnac et Goutte-à-Goutte en Clermontais - intégrant le choix de développer ou non de la REUSE/REUT ont été construits. Mettant en œuvre des conditions différentes d'approche (échelle territoriale du bassin versant ou de la communauté de communes, enjeux économiques agricoles et touristiques, etc.), ces jeux ont permis de développer des dialogues et des scénarii autour de différentes alternatives ; permettant par ailleurs de débattre à l'issu des sessions de jeux, des freins et des leviers à explorer pour en comprendre les tenants et les aboutissants (figures 3, 4 et 5). Soulignons la valorisation d'une version adaptée en ligne du jeu Scénar'eau dans le cadre du projet Sollagua (<https://interreg-sudoe.eu/fr/proyecto-interreg/sollagua/>) (figure 6).

3) Enfin, la troisième production porte sur les analyses des sessions de jeu pour observer dans quelles circonstances les acteurs/joueurs ont été amenés à s'orienter vers la REUSE/REUT et dans quelles conditions ils ont pu la déployer ainsi que les diverses questions que cela a posé. Ces analyses ont permis une réflexion en termes de capacités des acteurs des territoires (selon trois dimensions : les capacités individuelles autocentrées, les capacités individuelles altruistes et les capacités collectives) à porter la considération de la REUSE/REUT comme alternative et/ou solutions aux pénuries en eau annoncées. Les contraintes de calendrier n'ont pas permis d'aboutir à la coconstruction des scénarii d'adaptations avec des acteurs publics et privés de deux territoires d'études.



Figure 4 : Scénar'eau, Pays d'Armagnac Janvier 2026 (Delomel, 2026)



Figure 5 : Goutte-à-Goutte, Communauté de Commune du Clermontais Janvier 2026 (Delomel 2026)

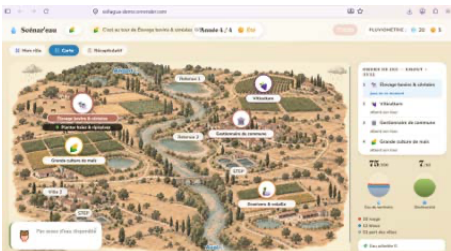


Figure 6 : Une des interfaces du jeu Scénar'eau développé par Sollagua et Urban Gaming (Sollagua 2026)



Projet de valorisation MICRO SCALE UP Post-doctorat

Partenaires académiques du réseau Défi Clé W0c



Partenaires extérieurs



MicroScaleUp : Procédé Hybride par Couplage de Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR), Procédés Membranaires et Ozonation visant à éliminer des Micropolluants (MPs) Organiques et Toxicités - Application à la REUT

Porteur de projet : Claire ALBASI (LGC) ; co-financeur NEREUS

Chercheurs impliqués : Stéphan BROSILLON (IEM)

Post-doctorant : Mukhlis ESHAMUDDIN (LGC)

Résumé du projet

Le projet MicroScaleUp s'inscrit en réponse enjeux majeurs tant au niveau national qu'europpéen, soulevés par la nouvelle directive sur l'eau. Par une étude menée à échelle multipliée par 100, il fait suite au projet SAVE (Station Avancée pour la Valorisation des Effluents), dont l'objectif est d'étudier une filière innovante de traitement des micropolluants (MPs) dans l'eau. Le projet SAVE (2020-2024), piloté par la société NEREUS et cofinancé par la Région Occitanie, l'ADEME, les Agences de Bassin AG et RMC, vise la conception, l'évaluation et la démonstration des performances d'un couplage de procédés pour le traitement des eaux usées domestiques (EUD) et hospitalières (EUH), en particulier pour l'élimination des MPs. L'objectif est de permettre la réutilisation des eaux usées ainsi traitées. L'originalité de ce projet réside dans l'utilisation de membranes associées à des procédés biologiques, tels que le Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). 19 MPs dont 11 produits pharmaceutiques et huit composés phytosanitaires, sont ciblés dans ce projet afin d'élucider leur devenir au sein du procédé hybride développé.



Figure 1 : Pilote installé sur la station de traitement des eaux usées (STEU) de St-André de Sangonis [34]

Articles

Communications congrès internationaux :

7ème congrès sur les écotecnologies pour le traitement des eaux usées (Eco-STP 2025) organisé par IWA qui aura lieu du 23 au 26 juin 2025 à Stockholm, Suède.

EuroMed REUSE, 17-19 juin 2026 à Madrid

Résultats du projet

Trois campagnes sur la STEU de Saint André de Sangonis, C1 (sept. - nov. 2024), C2 (jan. - avr. 2025) et C3 (mai - août 2025); correspondant à trois modes d'alimentation différents avec des effluents d'entrée ayant des ratios C/N variés ont été menées dans ce projet. Le schéma complet du procédé ainsi que les différents modes d'alimentation en fonction des campagnes sont présentés dans la Figure 3.

Les paramètres conventionnels tels que la Demande Chimique et Biologique en Oxygène (DCO et DBO5), les composés azotés et azote total (TN), la quantité de biomasse en suspension (MES) et attachée, ont été suivis en plus des analyses de MPs et de toxicity. Le changement du mode d'alimentation n'a aucun impact sur la DCO, les valeurs d'abattement restent stables et hautes. Les taux d'élimination des MPs pour les 3 campagnes sont présentés avec la figure 2

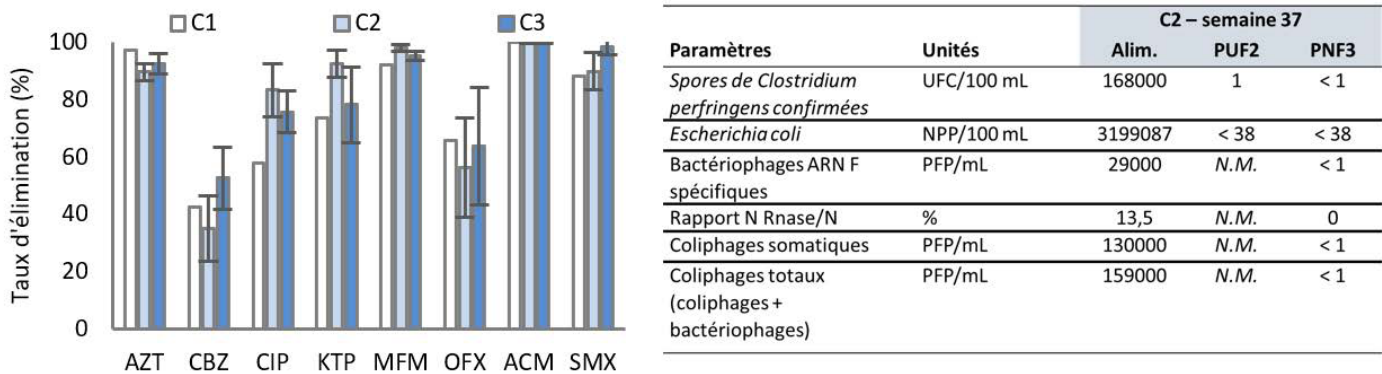


Figure. 2 : Elimination globale des MPs selon les 3 campagnes Tab1 : Paramètres microbiologiques

- Cinq molécules (AZT, KTP, MFM, ACM, SMX) ont des taux d'abattement globaux excellents (>75%) dans toutes les campagnes
- Deux antibiotiques fluoroquinolones, le CIP et l'OFX bien éliminés, taux d'abattement : 56 - 83 % en fonction des campagnes.
- Molécule récalcitrante, la CBZ, taux d'abattement faible, inférieur à 53%
- l'apport intermittent d'eau brute non filtrée dans le MBBR a amélioré les performances épuratoires (C3)
- L'effluent est conforme pour la REUT – 6 (voire 7) molécules sur 8 détectées en entrée sont éliminées à 80%
- Les paramètres microbiologiques sont cohérents avec des conditions d'e REUT

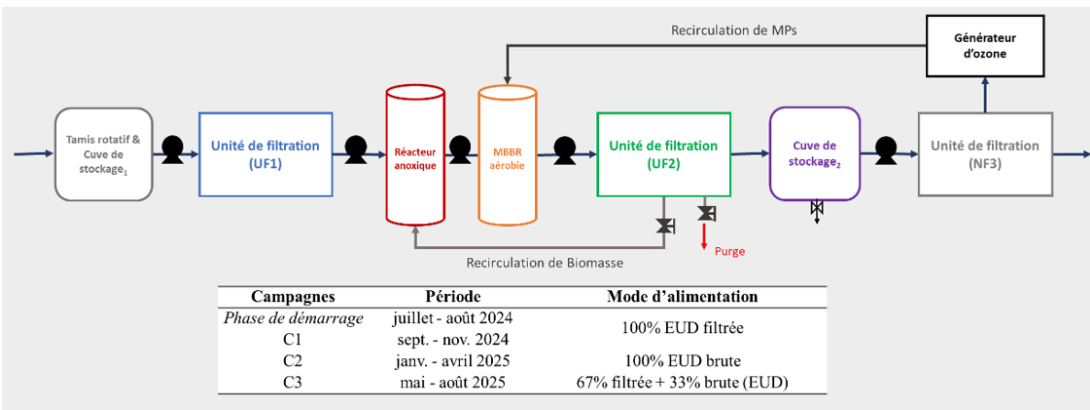


Figure 3 : Schéma complet du procédé hybride et le mode d'alimentation du système en fonction des campagnes

Plus d'informations sur le site du Défi Clé WOC



Projet de valorisation OPTIMEM Post-doctorat

Partenaires académiques du réseau Défi Clé W0c



Partenaires extérieurs



OPTIMEM : développement et l'intégration d'un système automatique gérant la perte de charge due à l'accumulation de matière lors du fonctionnement des systèmes de filtration membranaires.

Porteur de projet : Jérôme HARMAND (LBE) ; co-financeur Chemdoc

Chercheurs impliqués : Alain RAPAPORT (MISTEA)

Post-doctorant : Rémy DUTTO (LBE)

Résumé du projet

Le projet OPTIMEM s'intéresse à l'application de la théorie de la commande optimale aux systèmes de filtration membranaire (traitement de l'eau, agroalimentaire, procédés chimiques), pour lequel le fonctionnement est limité par un phénomène d'encrassement, entraînant une perte de performances et une augmentation des coûts énergétiques. En effet, l'accumulation des matières indésirables qui s'attachent sur la membrane ou dans ses pores dégrade les performances du système (diminution du débit, augmentation de la pression, perte d'efficacité). Une des méthodes principales utilisée pour pallier ce problème est de procéder à des rétro-lavages consistant en l'inversion du flux appliqué à la membrane afin de la nettoyer. Ces systèmes alternent donc entre deux modes : une phase de filtration (production) et une phase de nettoyage (régénération).

Ce cadre naturel conduit à un problème de contrôle optimal : il s'agit de déterminer la fréquence et la durée optimales des phases de filtration et de rétro-lavage, en fonction d'un objectif de performance ou de coût donné.

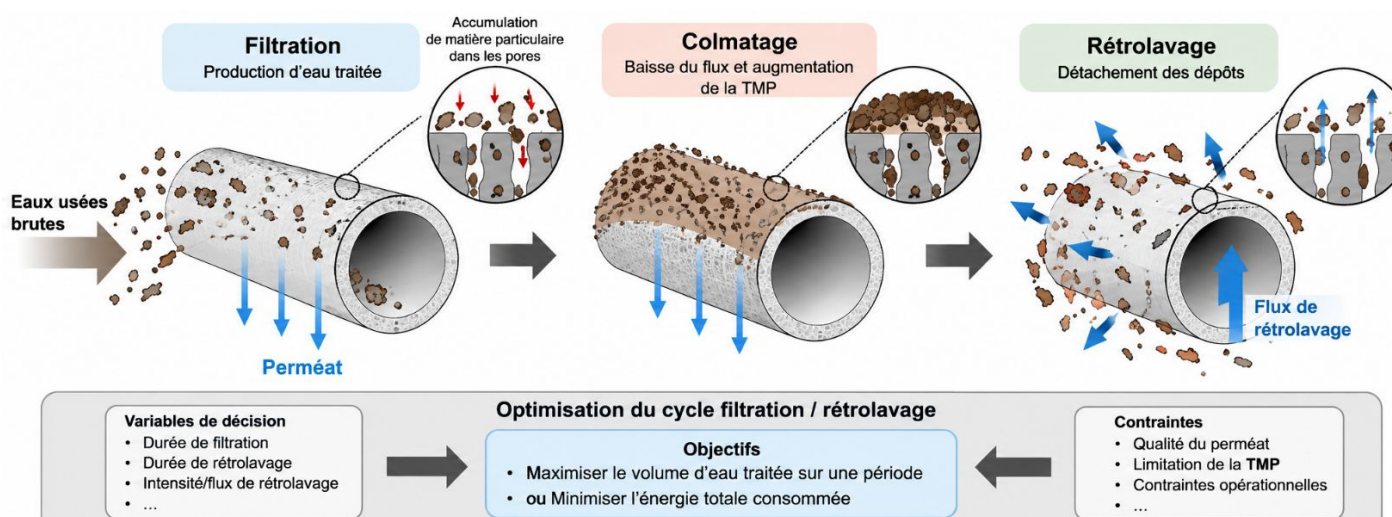


Illustration de l'approche proposée (image générée par IA)

Articles

Dutto, R., J. Harmand, A. Rapaport, Optimal control synthesis for a class of production-regeneration systems – Application to membrane filtration, preprint HAL-05493075, 2026, soumis à Journal of Optimization Theory and Applications

Dutto R., Y. Ghouraf, A. Rapaport, J. Harmand (2027) Optimal Control of Membrane Filtration Processes with Two Fouling Dynamics, ECC2027, 13-16 June 2027, Brussels, Belgium.

Résultats du projet

1) Un cadre théorique général pour les systèmes de production-régénération

Le projet a formalisé une classe générale de procédés qui alternent une phase productive et une phase de régénération. La filtration membranaire avec rétro-lavage en est l'exemple type. Le cadre couvre une large famille de modèles de colmatage de la littérature, sans se limiter à un modèle particulier. Il traite deux objectifs : maximiser le volume produit et minimiser l'énergie consommée.

2) Caractérisation complète des stratégies optimales

Le principe du maximum de Pontryagin, combiné au théorème de Green, permet de décrire entièrement la forme des stratégies optimales. On distingue les phases de filtration ou de rétro-lavage pur et les régimes intermédiaires dits singuliers. Le résultat central est qu'une stratégie optimale comporte au plus deux changements de régime. La liste exhaustive des structures possibles a été établie. Ce résultat garantit que la commande optimale reste simple, donc interprétable et implantable sur une installation réelle.

3) Une loi de commande en boucle fermée

Le projet propose une méthode constructive, fondée sur la continuation différentielle, qui calcule la synthèse optimale. On obtient ainsi une règle de décision qui indique à chaque instant s'il faut filtrer ou rétro-laver à partir de l'état mesuré du système. Contrairement à une trajectoire calculée une fois pour toutes, cette commande s'adapte aux perturbations et aux variations de fonctionnement.

4) Un écosystème logiciel opérationnel

Ces résultats ont été intégrés dans un ensemble d'outils développés en Julia :

Filtration.jl :

- calcul des stratégies et des synthèses optimales ;
- construction d'une commande applicable à partir de la solution théorique ;
- calage des modèles sur des données expérimentales ;
- analyse d'identifiabilité et de sensibilité.

FiltrationSimulation.jl : simulateur en boucle fermée qui compare plusieurs stratégies de pilotage dans des conditions réalistes (mesures bruitées, paramètres estimés en ligne). Il a pour objectif de mettre en évidence le gain d'une stratégie optimale par rapport à une conduite périodique classique.

Les logiciels sont documentés et versionnés, et disponibles sur demande.



Projet de valorisation REVERSAN Post-doctorat

Partenaires académiques du réseau Défi Clé WOC



Partenaires extérieurs



REVERSAN : REut avec des Vers et du biochar dans le CouserANS

Porteur de projet : Magali GERINO (CRBE) ; Dan-Tâm COSTA (Epur Aqua)

Co-financeurs et partenaires : Epur Aqua, Aquatiris et la communauté de communes du Couserans, Sophie CANOVAS (Akkodis)

Post-doctorant : Alexandre LACOU (CRBE)

Résumé du projet

Le projet REVERSAN vise à concevoir une nouvelle filière de traitement d'eaux usées dans le but de permettre une réutilisation des eaux traitées (REUT) en irrigation agricole qui soit peu chère et écologique. Le nouveau procédé testé s'inspire d'une solution fondée sur la nature (SfN) existant déjà en filière d'assainissement individuel et collectif pour des faibles charges (< 4000 EH) : les filtres plantés de roseaux (FPR). Ces procédés sont utilisés en général en traitement secondaire, après un premier niveau de traitement (dégrillage/dessablage/décanteur). Néanmoins les substrats « classiques » des FPR démontrent des performances insuffisantes vis-à-vis du traitement de la contamination bactériologique. C'est pourquoi le projet REVERSAN explore une nouvelle filière plus performante. Le substrat minéral grossier de la filière FPR est remplacé par un substrat organique issu d'une pyrolyse de biomasse végétale : le biochar. Ce biochar est choisi avec une granulométrie, des propriétés de surface et de porosité pertinentes pour éliminer efficacement la contamination bactériologique. Ces propriétés permettent notamment d'améliorer les processus d'élimination des bactéries et œufs de nématodes par filtration mécanique, mais aussi l'élimination des virus grâce au phénomène d'adsorption. Du fait de sa forte porosité et de sa grande surface spécifique, le biochar constitue un support particulièrement favorable au développement de biofilms. Ces derniers correspondent à des communautés microbiennes structurées en agrégats, enchâssés dans une matrice extracellulaire, capables d'adhérer durablement aux surfaces. Ils peuvent ainsi héberger des populations microbiennes prédatrices ou compétitrices vis-à-vis d'espèces pathogènes pour l'Homme, contribuant à leur inactivation. Grâce à ces propriétés, l'utilisation du biochar en filtration lente a déjà démontré expérimentalement de bonnes performances pour l'élimination des indicateurs de contamination fécale visés par la réglementation REUT.

Articles

Lacou A., Parisi E., Kisielius V., Carvalho P.N., Canovas S., Alliet M., Gerino M., Albasi C., 2026. Ecological intensification of constructed wetlands using earthworms: effects on organic micropollutant. Soumis le 28/08/2026 à la revue Nat.-Based Solut. [SSRN 7351933].

Lacou A., Cazaux S., Duru P., Gerino M., Nublat A., Parisi E., Canovas S., Druilhe J.-L., Albasi C., Alliet M., 2026: Multi-scale investigation of hydraulic behavior of earthworm-assisted constructed wetlands: effects of galleries orientation and earthworms functional groups. Soumis le 11/09/2026 à la revue Bioresour. Technol. Rep. [SSRN 7459644].

Lacou A., Deleron, M., Parthuisot, N., Pilloux, L., Canovas, S., Albasi, C., Costa, D.-T., Gerino, M., 2026. Removal of microbial indicators of faecal contamination using biochar constructed wetlands in tertiary treatment of domestic wastewater for reuse in agricultural irrigation. Soumission prévue fin octobre 2026.

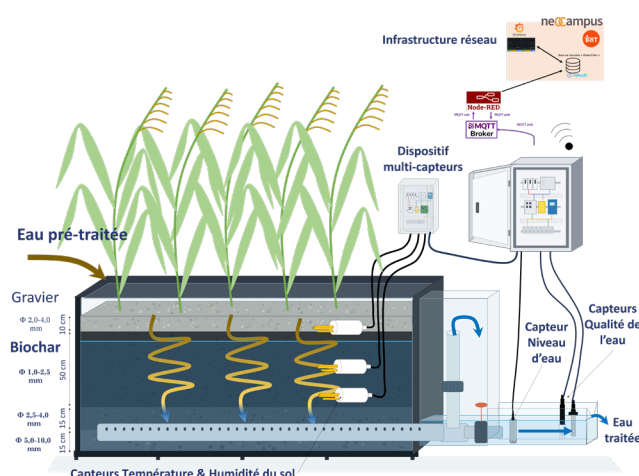


Schéma détaillé de la solution de filtre planté développée au cours du projet REVERSAN et qui va être déployée en conditions réelles à Caumont

Résultats du projet

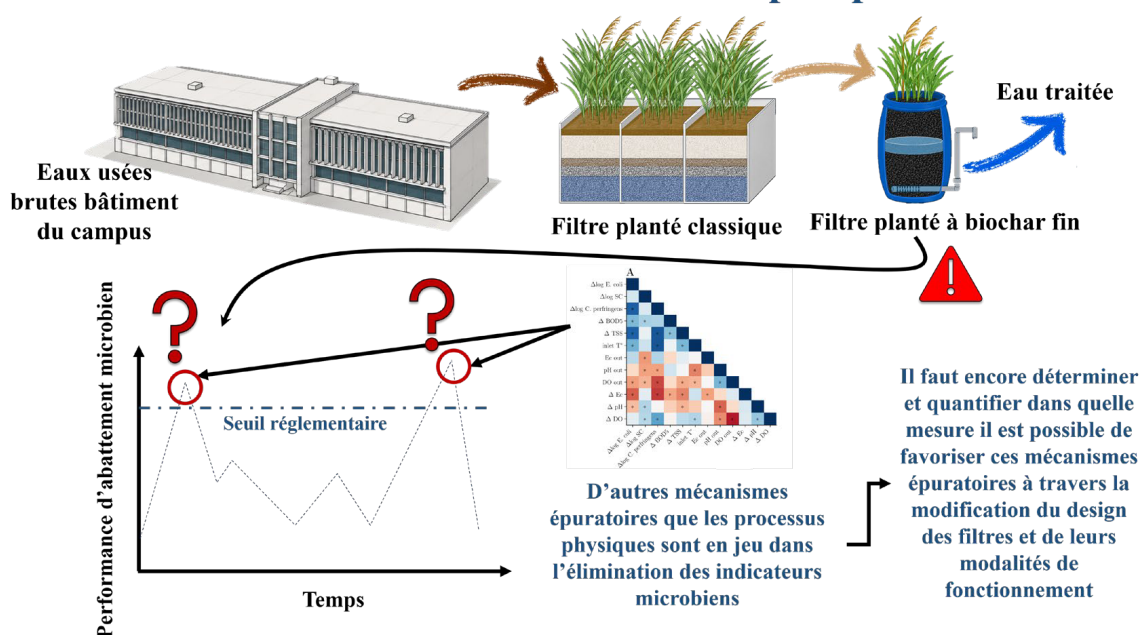
Les expérimentations ont mis en évidence de meilleures performances d'abattement pour l'ensemble des indicateurs microbiologiques dans la configuration intégrant du biochar fin, mais également une forte variabilité temporelle des performances épuratoires, dont les mécanismes sous-jacents restent à élucider. Au regard des exigences de la réglementation française relative à la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation, aucune des configurations ne permet toutefois d'atteindre de manière suffisamment robuste les niveaux de qualité requis. Un traitement quaternaire par désinfection UV sera donc intégré à la filière. Son efficacité devrait bénéficier du traitement tertiaire en amont, les filtres plantés contenant du biochar ayant notamment permis un abattement significatif des matières en suspension (MES) susceptibles de limiter l'efficacité de la désinfection UV.

Les résultats ont également permis d'identifier plusieurs mécanismes susceptibles de contribuer à l'élimination des indicateurs de contamination fécale, notamment des processus physiques de filtration et de sédimentation, ainsi que des interactions biologiques antagonistes telles que la prédation et la compétition. Leurs contributions relatives restent néanmoins difficiles à quantifier. Leur caractérisation constitue ainsi un enjeu majeur pour comprendre les performances observées et optimiser la conception et les conditions opératoires du procédé. Cet objectif sera notamment poursuivi dans le cadre du projet CHARAGUA, qui prolongera les travaux du projet REVERSAN.

Enfin, face aux performances limitées obtenues avec les modalités opératoires initiales, des essais exploratoires ont été conduits pour évaluer d'autres modes de fonctionnement hydraulique. Le fonctionnement traditionnel par bâchées successives a notamment été comparé à un fonctionnement de type « fill and drain », associant remplissage, temps de contact statique et vidange. À temps de séjour comparable, ce dernier a permis d'obtenir des performances d'élimination nettement supérieures.

Deux catégories de mécanismes pourraient expliquer cette amélioration. D'une part, l'absence temporaire d'écoulement pourrait favoriser la sédimentation et la rétention des particules et des microorganismes associés ou de grande taille. D'autre part, l'augmentation du temps de contact entre l'eau usée et le biofilm interstitiel pourrait renforcer les interactions biologiques, notamment la compétition et la prédation, contribuant potentiellement à l'inactivation ou à la rétention des indicateurs microbiologiques. Ces hypothèses restent à confirmer expérimentalement, mais constituent des pistes prometteuses pour l'optimisation future du procédé.

Chaine de traitement de REUT la plus performante



Plus d'informations sur le site du Défi Clé WOC



Thématique du Living Lab :

Réusages pour soulager quantitativement les pressions sur la ressource en eau sur un territoire à fort enjeu de qualité.

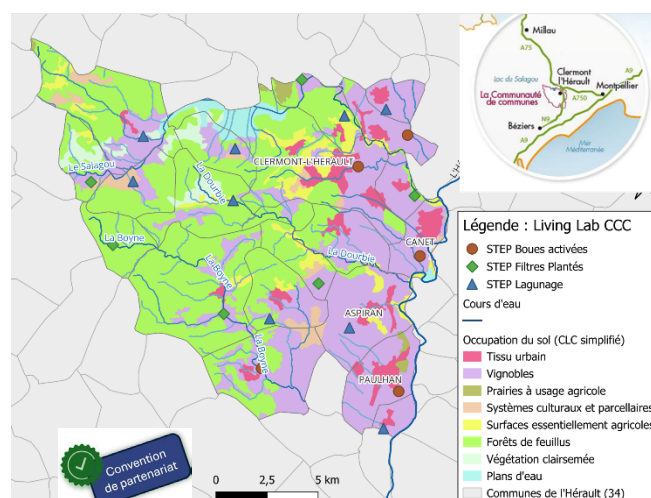
Caractéristiques et enjeux du territoire

Composée de 21 communes, la Communauté de communes du Clermontais est située dans un contexte méditerranéen marqué par des précipitations irrégulières et des épisodes de sécheresse. Ce territoire, à dominante viticole, fait face à des enjeux de disponibilité et de qualité de l'eau, notamment pour la préservation des captages prioritaires. La croissance démographique, les activités économiques et la fréquentation touristique contribuent également aux besoins en eau.

La gestion de l'eau potable et de l'assainissement est principalement assurée en régie par le Pôle Intercommunal de l'Eau. Le territoire compte 27 captages ou forages prélevant près de 2,2 millions de m³ par an, ainsi que 22 stations d'épuration.

Dans ce contexte, le Living Lab explore la pertinence des réusages de l'eau, en tenant compte des besoins du territoire, des pressions sur les ressources et des enjeux de qualité de l'eau. Il mobilise des travaux de recherche et des démarches de co-construction avec les acteurs locaux pour éclairer les trajectoires d'adaptation.

Sources : Communauté de communes – Eau et assainissement ; Rapports sur le prix et la qualité des services, exercice 2024



Projets de recherche associés :
Eau Charb'Oc et TERR'Reuse



Réunion acteurs 2025
et signature convention © MidiLibre



Réunion acteurs 2023

Les réalisations



Les stages du Living Lab

2024 - Zoé Chastin

Réalisation des bilans hydrologiques de la Communauté de Communes du Clermontais

2025 - Ahmed Jeridi

Potential de réutilisation des eaux d'un centre aquatique

2026 - Jules Dantes

Gouvernance de l'eau et ré-usages dans le Clermontais

Projets étudiants s'appuyant sur le Living Lab

2024 & 2025

Cas d'étude du Living Lab pour la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) du Master Eau de Montpellier : apprentissages pour la création d'un jeu sérieux

2024-2025

Projet ingénieur GEAC - Estimations annuelles et mensuelles des flux d'évapotranspiration pour le bilan hydrologique de la CC du Clermontais

Les stages TERR'REUSE

2024 - Thibault Lagautrière

Évaluation de la possibilité de REUT sur le bassin versant de l'Hérault - bénéfices et impacts dans un contexte de changement global

2024 - Nastasia Smeets

Empreinte eau par bassin versant des différentes activités humaines en Occitanie

2025 - Lucie Breton

Analyse exploratoire de l'occupation des sols et le déploiement parcellaire de la REUT

2025 - Corentin Mouchard

Co-construction de scénario d'adaptation sur le territoire

Les livrables

Les rapports, les présentations et les fiches des stages

Création du jeu sérieux « Goutte à Goutte »

Pour plus
d'informations



Living Lab

De Clair – Commune dans les Pyrénées-Orientales

Co-porteur du
Living Lab



Thématique du Living Lab :

Comment préserver la ressource pour faire face aux stress hydriques sur le territoire ? Sécuriser la ressource pour les différents usages de l'eau

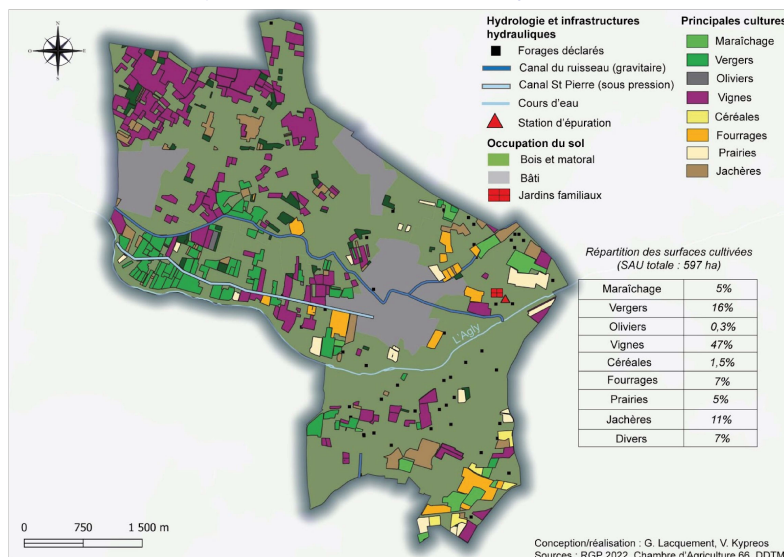
Caractéristiques et enjeux du territoire

Située dans la plaine du Roussillon, la commune de Clair compte près de 5 000 habitants. Le territoire est confronté à des tensions importantes sur ses ressources en eau, dans un contexte de sécheresses récurrentes et de déficit quantitatif des nappes souterraines. Les Pyrénées-Orientales ont notamment connu plus de deux années consécutives de déficit pluviométrique entre 2022 et 2024, entraînant une dégradation importante des niveaux des nappes souterraines, dont la recharge peut nécessiter plusieurs années.

Depuis 2022, la commune explore différentes possibilités de réutilisation des eaux usées traitées, comme la recharge de la nappe quaternaire à partir des eaux usées traitées issues de la station d'épuration, dans une perspective de stockage et de préservation de la ressource. D'autres usages, comme l'irrigation agricole ou le nettoyage urbain, sont également envisagés.

Sources : Ministère de la Transition écologique, Plan de résilience pour l'eau dans les Pyrénées-Orientales

Terres cultivées et systèmes de cultures sur le finage de la commune de Clair



Projet de recherche associé : CompAqui

Le Living Lab accompagne ces réflexions en étudiant la faisabilité et les conséquences environnementales, économiques et territoriales de différents scénarios de réusage.

Les réalisations



Les stages du Living Lab

2023 - Walid El-Guemam

Synthèse du projet de recharge de la nappe superficielle

2024 - Martin Coll

Étude géographique de la REUT pour l'agriculture

2024 - Iris Armengol

Caractérisation de la nappe quaternaire du Nord du bassin du Roussillon

2025 - Lucas Ralaivao

Évaluation économique du coût des sécheresses et de la mise en place de solutions de REUT

Projets étudiants

2023

Master Management de projet en environnement santé : estimation risques de 3 micropolluants présents dans les eaux usées de Clair.

2026

Cas d'étude du Living Lab pour la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) du Master Eau de Montpellier : apprentissages pour la création d'un jeu sérieux

2026 - Bignon Elios Carpophore Vodungbo

Rejet en rivière versus REUT : impact sur les débits et la qualité des eaux de cours d'eaux intermittents

Les stages dans le projet CompAqui

2023 - Mathieu Dissart

Identification des freins et des leviers organisationnels et politiques dans la mise en place d'un projet de REUT

2024 - Manon Lam

Représentations citoyennes de la sécheresse et d'un dispositif d'adaptation : la réutilisation des eaux usées traitées dans la commune de Clair

Les livrables

Les rapports, les présentations et les fiches des stages

Pour plus d'infos



woc.edu.umontpellier.fr

Thématique du Living Lab : Eau et agriculture résiliente au changement climatique sur le territoire de la métropole de Montpellier

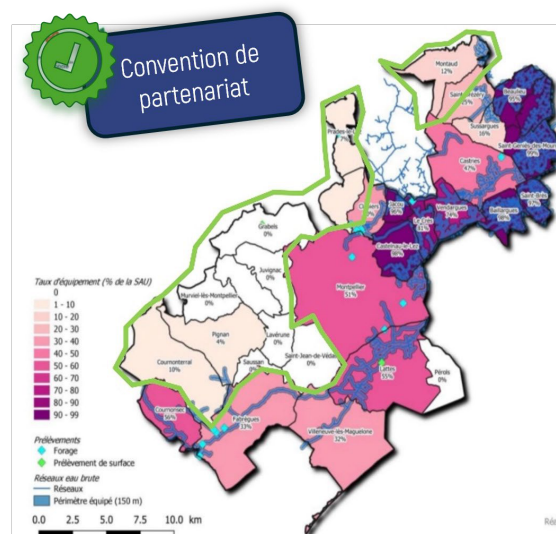
Caractéristiques et enjeux du territoire

Composée de 31 communes et de plus de 520 000 habitants, Montpellier Méditerranée Métropole connaît une forte croissance démographique (+1,7 % par an entre 2017 et 2023). Situé en contexte méditerranéen, le territoire est confronté à des épisodes de sécheresse et à des tensions sur les ressources en eau, dans un contexte de changement climatique et d'évolution des besoins.

La métropole accueille également une activité agricole diversifiée, dominée par la viticulture, mais comprenant aussi du maraîchage et de l'arboriculture. L'accès à l'eau constitue un enjeu important pour l'adaptation de ces activités, notamment dans les secteurs non desservis par les réseaux d'eau brute du Bas-Rhône Languedoc (BRL).

Dans ce contexte, le Living Lab explore la pertinence de différents réusages de l'eau pour contribuer à l'adaptation de l'agriculture au changement climatique. Il mobilise les acteurs du territoire et la communauté scientifique afin d'évaluer les possibilités techniques, les conséquences environnementales et les conditions économiques et organisationnelles de ces pratiques.

Sources : Insee – Comparateur de territoires : Montpellier Méditerranée Métropole ;
Montpellier Méditerranée Métropole – Protection de la ressource en eau



Communes du périmètre du Living Lab (10)

Cournonterral	Saint Georges d'Orques
Pignan	Montaud
Saussan	Juignac
Lavérune	Prades-le-Lez
Murviel-Lès-Montpellier	Grabels

Projets de recherche associés : Woc WoD et BioROC

Les réalisations

Les stages du Living Lab

2024 - Laura Vona
Étude du potentiel de Reuse des EUT pour l'agriculture péri-urbaine à Montpellier

2025 - Erwan Da Costa
Les réusages à l'échelle du quartier : potentiel de réutilisation et faisabilité

2026 - Emma Garnier
Gouvernance et viabilité économique de la REUT dans une logique d'économie circulaire

2026 - Guillaume Sintès
Rejet en rivière versus REUT : impact sur les débits et la qualité des eaux de cours d'eaux intermittents

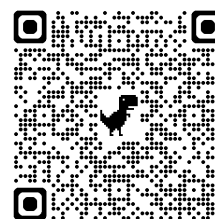
Stage dans le projet TRANSWATER

2025 - Pierre Chwalek
2025 : Étude d'un Living Lab sur l'eau : quels effets performatifs sur les innovations techniques ?

Les livrables

Les rapports, les présentations et les fiches des stages

Pour plus d'infos



woc.edu.umontpellier.fr

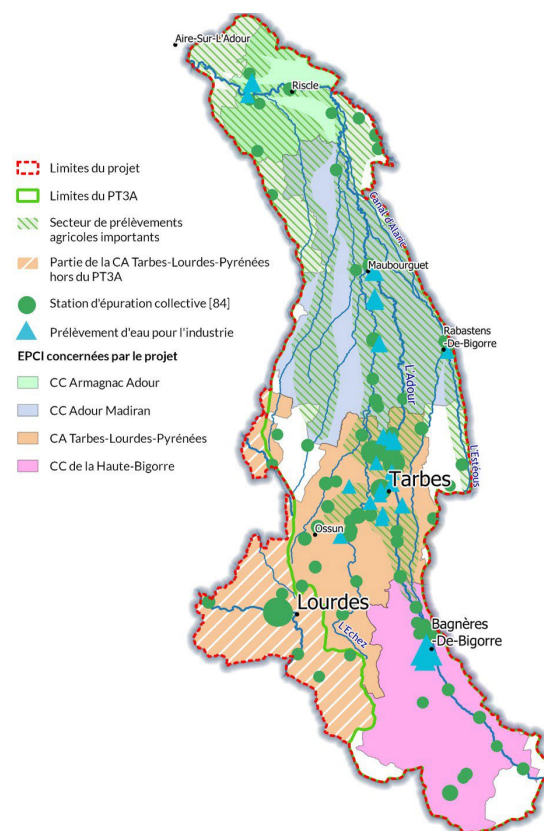
Thématique du Living Lab :

L'étude des ré-usages d'eaux urbaines en agriculture dans une vision holistique : faisabilité technique, économique, conséquences sociologiques, environnementales, hydrologiques

Caractéristiques et enjeux du territoire

Le bassin de l'Adour en amont d'Aire-sur-l'Adour est confronté à un déséquilibre quantitatif chronique de la ressource en eau, particulièrement marqué en période d'été. L'agriculture irriguée occupe une place importante dans l'économie locale, avec environ 42 millions de m³ prélevés chaque année, représentant près de 75 % des prélèvements annuels du territoire. Le déficit quantitatif actuel, estimé à 3 à 4 millions de m³, pourrait atteindre 20 millions de m³ à l'horizon 2050 en l'absence de changements dans la gestion de l'eau. Pour répondre à ces enjeux, les acteurs du territoire se sont engagés dans un Projet de territoire pour la gestion de l'eau (PTGE), visant à concilier les usages, préserver les milieux aquatiques et renforcer la résilience du territoire.

En parallèle de l'étude d'opportunité Adou'Reuse, le Living Lab explore la pertinence de la réutilisation des eaux usées traitées pour des usages agricoles, en considérant ses dimensions techniques, hydrologiques, environnementales, économiques et sociales.



Périmètre du projet de territoire en amont d'Aire sur l'Adour, périmètre du Living Lab

Projet de recherche associé :
TERR'Reuse

Sources : Gest'eau – Retour d'expérience sur le PTGE Adour Amont (2026)

Les réalisations



Les stages du Living Lab

2024 - Pauline Guinle

Évaluation des opportunités de la REUT sur le territoire Adour amont à destination d'usages agricoles en relation avec les filières

2025 - Valentin Brossard

Caractérisation de la perception des acteurs vis à vis de la Reuse et évaluation de la faisabilité sur le territoire

Les livrables

Les rapports, les présentations et les fiches des stages

2026 - Étude sociologique comparative sur les conditions d'émergence et d'adhésion sociale à des projets de réutilisation des eaux usées traitées (REUT)
L'étude analyse deux territoires en parallèle : le territoire du LivingLab Adour Amont et la commune d'Argelès-sur-Mer

Aude Sturma, sociologue, chercheuse associée au CERTOP

Les stages dans le projet TERR'REUSE

2025 - Tessie Bourgeois

Acceptabilité sociale de la réutilisation des eaux usées traitées en Occitanie

Pour plus d'infos



Thématique du Living Lab :

Ré-usages des eaux alternatives en direction des activités agricoles et agroalimentaires.

Caractéristiques et enjeux du territoire

Situé dans l'ouest du Gers, le territoire du Gers-Armagnac se caractérise par une forte présence des activités agricoles et agroalimentaires, dont les besoins en eau sont particulièrement importants en période estivale. Il dépend notamment du système Neste, qui permet de transférer de l'eau d'origine pyrénéenne vers les rivières de Gascogne pour soutenir leurs débits et répondre à différents usages, notamment agricoles.

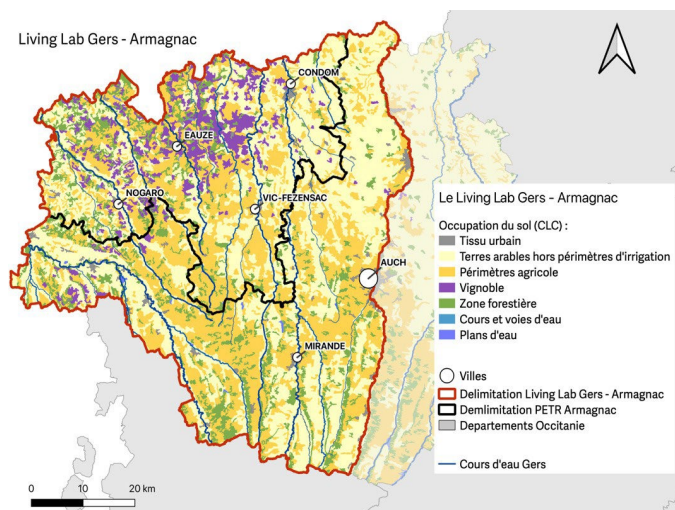
Ce système alimente 17 rivières et contribue à l'approvisionnement en eau potable de près de 200 000 habitants à l'échelle de son périmètre. Dans un contexte de changement climatique, les ressources disponibles pour les cours d'eau réalimentés pourraient diminuer de 30 à 40 % à l'horizon 2050, selon les scénarios étudiés.

Face à ces enjeux, le Living Lab Gers-Armagnac explore la pertinence des réusages d'eaux alternatives pour les activités agricoles et agroalimentaires. Il s'appuie sur des travaux de recherche et des démarches de concertation pour évaluer différents scénarios, notamment autour du territoire de Nogaro, en tenant compte de leurs conséquences hydrologiques, environnementales, économiques et sociales.

Sources : SAGE Neste et Rivières de Gascogne – État initial et diagnostic (2023) ;

Département du Gers – Politique de l'eau ;

Agence de l'eau Adour-Garonne – Hydrologie et changements climatiques (2023)



Projets de recherche associés : TERR'Reuse et BREW



Ecole chercheurs internationale juin 2026

Les réalisations



Les stages du Living Lab

2024 - Carla Toti

Valorisation des eaux pluviales dans le domaine agricole

2025 - Lucie Rey De Haut

Réusage des eaux alternatives en agriculture

2026 - Titouan Pascal

Analyse comparative de projets de REUT et conditions de viabilité territoriale - Cas de Nogaro

2026 - Déborah Sorbet

Analyse économique et viabilité d'un projet de REUT - Cas de Nogaro

Les stages dans le projet TERR'REUSE

2024 - Axelle Château-Gutierrez

REUT de la STEP de Nogaro à des fins agricoles, impacts sur le système hydrologique du bassin Midour

2025 - Tessie Bourgeois

L'acceptabilité sociale de la réutilisation des eaux usées traitées en Occitanie

2025 - Éléonore Marcoux

Construction participative de la REUSE avec les acteurs du Pays d'Armagnac

2025 - Pierre Rebesco

Détermination des facteurs d'acceptabilité de la REUSE dans des territoires avec une ressource eau sous tension. Les cas de l'Armagnac et du Clermontais

Les livrables

Les rapports, les présentations et les fiches des stages.

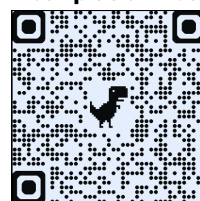
La création du jeu sérieux « Scénar'EAU » avec une numérisation dans le cadre du projet Interreg Sudoe SOLLAGUA

<https://sollagua-demo.onrender.com>

Ce territoire a accueilli une école chercheur internationale en juin 2026 pour étudier la pertinence des réusages de l'eau dans leur contexte local, sous contrainte de changement global.



Pour plus d'infos



voc.edu.umontpellier.fr

Thématique du Living Lab : Réutiliser l'eau urbaine dans la ville

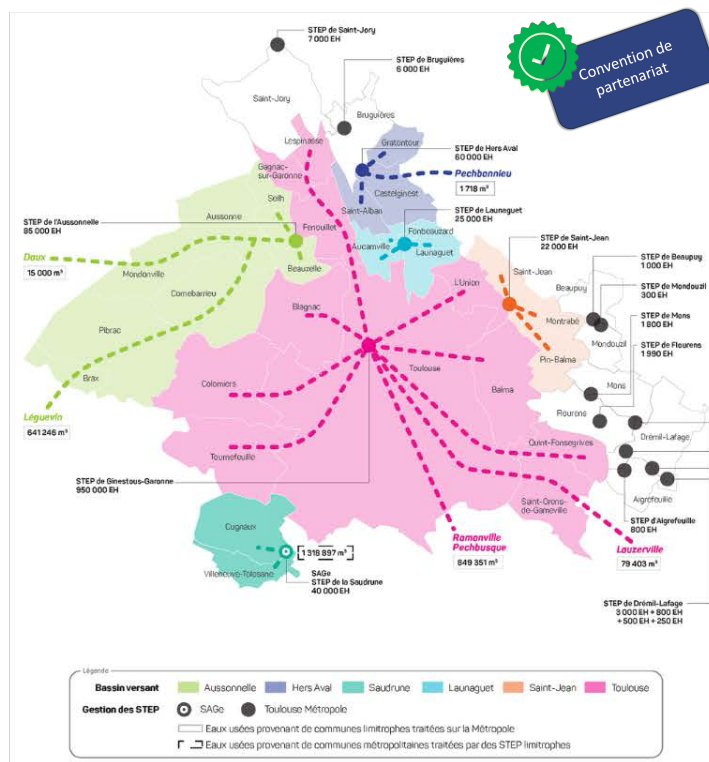
Caractéristiques et enjeux du territoire

Composée de 37 communes et de plus de 840 000 habitants, Toulouse Métropole connaît une croissance démographique soutenue (+1,5 % par an entre 2017 et 2023), qui contribue à l'évolution des besoins en eau. Le territoire dépend fortement de la Garonne et de ses affluents pour son alimentation en eau potable. Dans un contexte de changement climatique, la diminution attendue des débits estivaux et les tensions sur les ressources renforcent les enjeux de préservation de l'eau et d'adaptation des usages.

Toulouse Métropole s'est engagée dans une démarche de sobriété, notamment par l'amélioration des performances de son réseau d'eau potable. En 2024, son rendement atteignait 88,4 %, contre 86,4 % en 2023.

Dans ce contexte, le Living Lab explore les possibilités de réutilisation de l'eau en milieu urbain, notamment les eaux usées traitées, les eaux grises et les eaux pluviales. Il mobilise des travaux de recherche sur les solutions de traitement, les risques sanitaires et environnementaux et les conditions de mise en œuvre de ces réusages à différentes échelles.

Projet de recherche associé :
BioROC



Carte des stations d'épuration – Open Data Toulouse Métropole



Matinée inaugurale du Living Lab 07.06.2024

Sources : Insee – Comparateur de territoires : Toulouse Métropole ;
Toulouse Métropole – Des actions pour économiser l'eau

Les réalisations

Les stages du Living Lab

2024 - Lauriane Henriot

Étude des systèmes de valorisation des eaux grises dans un scénario de séparation à la source en milieu urbain

2025 - Sarah Varachat

Caractérisation du risque microbiologique associé au développement de Biofilm lors du stockage d'eaux non conventionnelles

2026 - Arno Domergue

Évaluation de la dynamique des systèmes décentralisés de traitement et réutilisation des eaux



2026 - Juliette Coulon

Lancement d'un projet pilote pour analyser la dépollution de différents types d'eaux pluviales par les sols de Toulouse Métropole. Dans le cadre du projet de recherche EPSol (Épurer les eaux Pluviales par le Sol) - construction d'un dispositif expérimental à l'Université Paul-Sabatier avec Toulouse Métropole

Les stages dans le projet BIOROC

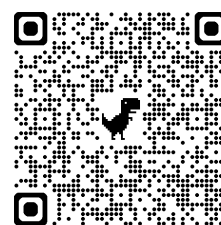
2025 - Leïna Rawat

Influence des vers de terre sur l'élimination des pathogènes humains de la communauté microbienne dans les filtres plantés

Les livrables

Les rapports, les présentations et les fiches des stages

Pour plus d'infos



woc.edu.umontpellier.fr

Les projets financés par le Défi Clé WOC

Résumés

Projets structurants

EauCharb'Oc (Décontamination des eaux de drainage agricoles par Biochars pour sécuriser leurs ré-usages) : étudier les apports parcimonieux et ciblés de biochar dans la décontamination des eaux de drainage agricole et lever les incertitudes sur l'effet de leur vieillissement au regard de leurs propriétés de rétention et de dégradation à plus long terme.

WOC WoD (Water on Demand) : évaluer la filtration dynamique d'eaux usées brutes pour la Reuse afin de produire de l'eau secondaire en milieu urbain / péri-urbain et de conserver une grande part de sa valeur nutritive.

BioROC (Contrôle du biofilm fondé sur la nature pour le recyclage fonctionnel de l'eau en Occitanie) : améliorer les connaissances sur l'influence du biofilm dans une filière de Reuse bioinspirée basée sur des Solutions Fondées sur la Nature et destinée à l'irrigation.

CompAqui (Comparaison de filières de traitement d'eaux usées pour la recharge d'aquifères) : étudier la faisabilité de technologies de recharge artificielle d'un aquifère avec un système de prétraitement pour éliminer les contaminants préoccupants des eaux usées afin de les renaturaliser.

Terr'Reuse (Réallocation " territoriale " de la ressource par la Reuse) : analyser les effets échohydrologiques, l'acceptabilité et la faisabilité de la réallocation de l'eau par celle issue de la Reuse au sein de deux territoires/bassins versants contrastés d'Occitanie (Atlantique et Méditerranée), incluant plusieurs Livings Labs du projet WOC.

Projets émergents

PARADE (Parler et débattre du devenir des eaux usées traitées - rôles et usages des démonstrateurs) : étudier la pratique de démonstration de la REUT en caractérisant les dimensions documentées et celles qui ne le sont pas, afin de discuter en quoi cette pratique définit les contours des réflexions et des prises de décision sur le devenir des eaux traitées à des fins de réusage.

BREW (BeeR Economic in Water) : qualifier les eaux grises issues de l'activité de brassage pour définir des scénarii de traitement et de réutilisation de l'eau tout en posant simultanément la question de la perception de la qualité de la bière par les consommateurs afin de mettre en évidence les facteurs contribuant à la construction de cette qualité.

EXTRANEF (Extraction des nanoplastiques présents dans les eaux par filtration membranaire) : identifier les conditions permettant d'extraire des nanoplastiques (NP) d'une eau douce afin d'en analyser la composition, la structure et en permettre le calcul des flux et l'étude toxicologique.

Projet Post-Doc Valorisation

MicroScaleUp : étudier une filière innovante de traitement des micropolluants (MPs) dans l'eau. L'originalité réside dans l'utilisation de membranes associées à des procédés biologiques, tels que le Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) et un changement d'échelle passant à des expérimentations sur site.

REVERSAN : optimiser les performances des filtres plantés de roseaux par l'intégration de biochar, la bioaugmentation et l'adaptation des modes de fonctionnement hydraulique, afin d'améliorer l'élimination des agents pathogènes tout en limitant l'emprise au sol. Un démonstrateur de réutilisation des eaux usées traitées (REUT), associant solutions fondées sur la nature et procédés conventionnels a été déployé dans le Couserans. Les outils de suivi et de pilotage par IoT développés sur le démonstrateur filtrOCampus y ont également été transférés.

OPTIMEM : ce projet vise à développer un système automatisé pour limiter le colmatage des membranes de filtration. Un logiciel adaptera les cycles de filtration et de décolmatage selon les mesures de pression et de débit. L'objectif est d'optimiser la quantité d'eau filtrée et de réduire la consommation énergétique.

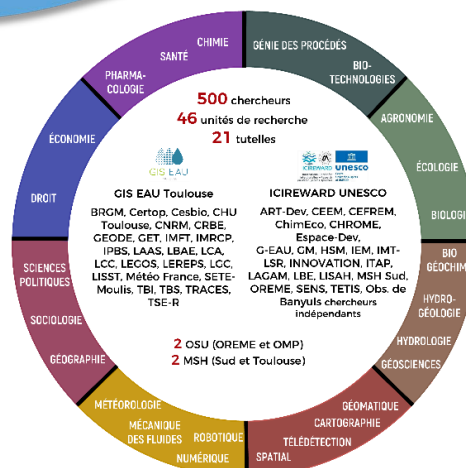
Défi Clé WOC – Water Occitanie

Pertinence des solutions locales pour les enjeux du grand cycle de l'eau par analyses multi-échelles et inter-sectorielles au travers des réusages de l'eau

LA COMMUNAUTE WOC

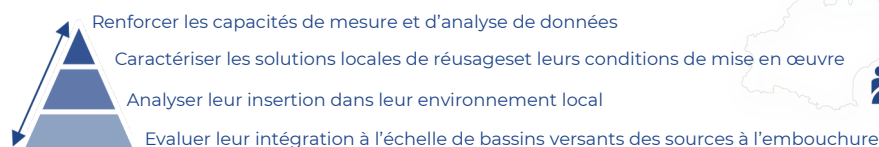
Le Défi Clé Water Occitanie est un programme financé par la Région Occitanie à hauteur de 2 millions d'euros. Il est porté par l'Université de Montpellier et a commencé en 2022, il se terminera fin 2026.

Le Défi Clé WOC rassemble une communauté de 500 chercheurs interdisciplinaires, résultant de l'entente entre le Centre International UNESCO sur l'Eau de Montpellier ICIREWARD et le GIS EAU Toulouse.



OBJECTIFS

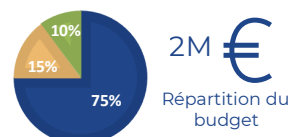
STIMULER LA RECHERCHE ET L'INNOVATION SUR LES RÉUSAGES DES EAUX EN 4 AXES :



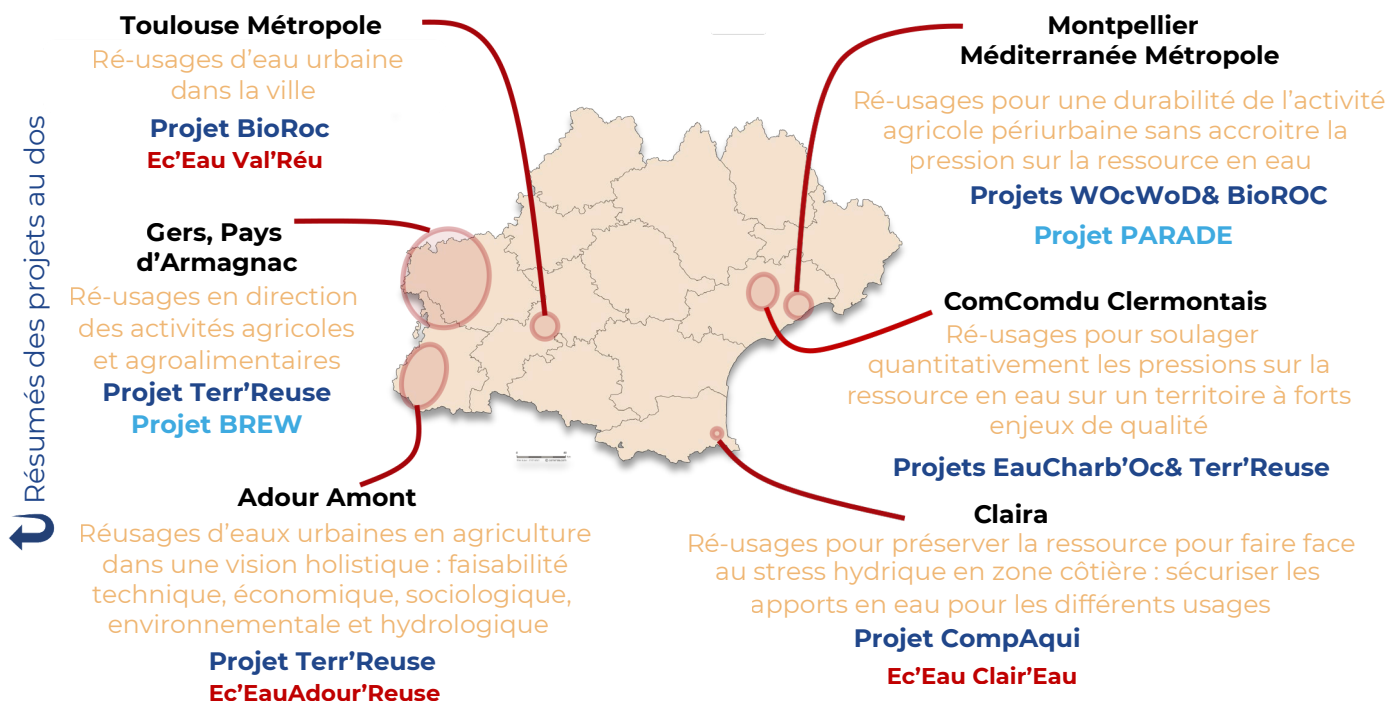
STRUCTURER LA RECHERCHE ACADÉMIQUE EN RÉGION OCCITANIE

DÉVELOPPER LES COOPÉRATIONS AVEC LES ACTEURS PRIVÉS ET PUBLICS DE LA GESTION DE L'EAU ET DES POLITIQUES TERRITORIALES

RECHERCHE	TERRITOIRES	ANIMATION
11 Projets	6 Living Labs (territoires d'expérimentations)	Workshops, AG, ateliers...
5 projets structurants (TRL 5-8) 3 projets émergents (TRL 2-4)		



LIVING LABS DU DÉFI CLÉ WOC



- Projets de l'AAP Régional Ec'Eau 2021-22
- Projets de recherche WOC : Structurants & Émergents (ne sont pas tous en lien avec un Living Lab)
- Thématique du Living Lab