



Assemblée Générale Défi Clé Water Occitanie

03.04.2025

**Défis
Clés**
OCCITANIE



**UNIVERSITÉ DE
MONTPELLIER**



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 adjoint au Centre UNESCO ICIREWARD de Montpellier
Chargée de projet : Justine BASSOUL (UM)

09h30 **ACCUEIL** - La Cité, Toulouse

10h00 **LE DÉFI CLÉ WOC : BILAN 2024, PERSPECTIVES 2025 [30']**

Direction du Défi Clé WOC

10h30 **CONFÉRENCE [40']**

Intervenant : Rémi Lombard-Latune, Ingénieur de recherche (PhD) sur la réutilisation des eaux usées traitées
Unité de Recherche REVERSAAL

11h10 **PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DANS LES GRANDES LIGNES [1h20]**

PROJETS STRUCTURANTS : TERR'Reuse, WOC WoD, BioROc, CompAqui, EauCharb'Oc [10' par projet]

12h00 **PAUSE [15']**

12h15 **PROJETS ÉMERGENTS : PARADE, BREW, EXTRANEF [10' par projet]**

12h45 **PRÉSENTATION DU PROJET VALORISATION DE LA RECHERCHE [20']**

MicroScaleUp

13h05 **PAUSE REPAS [1h25]**

14h30 **TABLE RONDE 6 LIVING LABS [45']**

Échanges avec les acteurs des Living Labs - questions de recherches et questions des territoires, quels échos ?

15h15 **PAUSE [15']**

15h30 **AVANCEMENT DÉTAILLÉ DES PROJETS [2h]**

Sessions parallèles [25' par projet]

AXE 1 : Renforcer les capacités de mesures et d'analyse de données

15h30 **Projet EauCharb'Oc** « Décontamination d'eaux de drainage agricole par Biochars pour sécuriser leurs ré-usages »

16h00 **Projet EXTRANEF** « EXTRACTION des Nanoplastiques présents dans les Eaux par Filtration membranaire »

AXE 3 : Analyser l'insertion des solutions de réusages dans leur environnement local

Projet WOC WoD « Prélèvements localisés d'eau usée brute pour une réutilisation directe en milieux urbains et péri-urbains »

Projet BREW « BeeR Economic in Water »

Courte pause, changement de session

AXE 2 : Caractériser les solutions locales de réusages et leurs conditions de mise en oeuvre

16h30 **Projet BioROC** « Contrôle du Biofilm fondé sur la nature pour le Recyclage fonctionnel de l'eau en Occitanie »

16h00 **Projet CompAqui** « 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 »

AXE 4 : Evaluer l'intégration des solutions de réusages à l'échelle de bassins versants

Projet TERR'Reuse « 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 »

Projet PARADE « Parler et débattre du devenir des eaux usées traitées : rôles et usages des démonstrateurs »

17h30 **CONCLUSIONS DE LA JOURNÉE [30']**

Fin 18h **Retour en plénière - la direction du Défi Clé WOC**

LES RÉUSAGES DE L'EAU DANS WOc

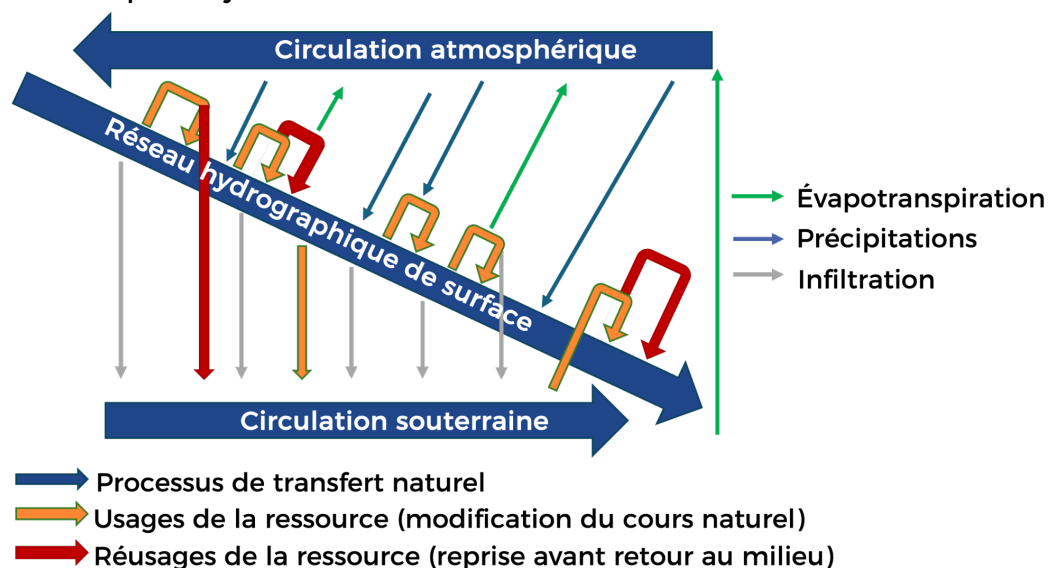


Par réusages, on entend l'utilisation des ressources en eau ayant déjà été employées pour un premier usage, après traitement et avant renvoi dans l'environnement.

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



Prochains événements

- 💧 Journées Eau et déchets à Toulouse 22 & 23 octobre
- 💧 ASTEE du 2 au 5 juin – le Défi Clé WOc présentera un poster
- 💧 Ecole chercheur du Défi Clé WOc en juin 2026, dates et lieu à venir !

Projet émergent BREW

Partenaires académiques du réseau Défi Clé W0c



Partenaires extérieurs



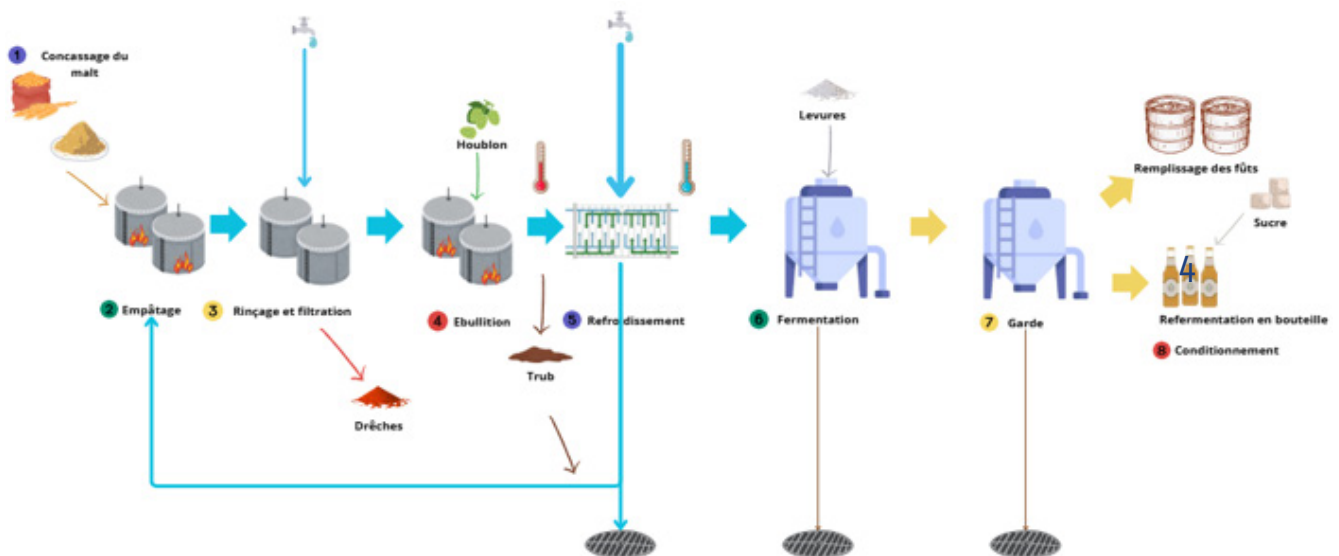
BeeR Economic in Water

Porteur de projet : Mikaël AKIMOWICZ (LEREPS)

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

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.



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.

Résultat 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 producteur	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 » va être élaborée pour mettre en évidence les niveaux de consommation / d'économie d'eau de différentes techniques de réusage et de traitement. Cette fresque facilitera 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'abus d'alcool est dangereux pour la santé et À consommer avec modération



Projet émergent PARADE

Partenaires académiques du réseau Défi Clé W0c



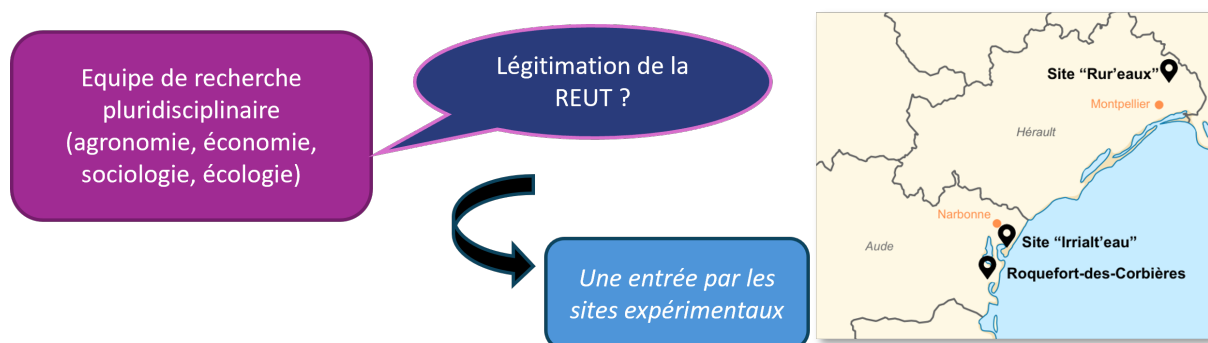
Parler et débattre du devenir des eaux usées traitées rôles et usages des démonstrateurs

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

Régulièrement, la Région Occitanie est touchée par des épisodes de pénurie qui tendent à se répéter, mettant en exergue l'urgence de repenser l'utilisation de l'eau sur le territoire et son partage. Dans ce contexte, l'idée de réutiliser les eaux traitées (REUT) est une des options techniques retenue et envisagée par la Région pour agir (Action11. Plan d'intervention Régional de la Région), d'autant plus que plusieurs sites expérimentaux la testent déjà pour assurer sa faisabilité et son innocuité.

Le projet PARADE repose sur l'hypothèse que le rôle de ces sites que nous appelons « démonstrateurs » ne se limite pas à l'apport de la preuve ou de la persuasion. Ils peuvent aussi être des supports transactionnels, des outils de gestion de projet ou bien des objets de mise en relation (Rosental, 2009). Le projet émergent PARADE s'intéresse tout particulièrement au rôle des sites expérimentaux de REUT dans la construction de la légitimité de cette pratique en identifiant les connaissances produites en leur sein, leur manquement et leur circulation dans l'espace public. Pour cela, le projet repose sur un dialogue interdisciplinaire « élargi » (Jollivet, 2017) entre sociologie, agronomie, économie et écologie, ce qui permet à chacun d'apprendre de la discipline de l'autre, et de susciter collectivement un regard réflexif sur les rôles et usages des sites expérimentaux dans le processus de légitimation de la pratique de REUT comme solution d'adaptation.



Articles

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

Résultat du projet

La première année a été consacrée à l'étude des connaissances produites sur trois sites expérimentaux, situés en Occitanie : Roquefort-des-Corbières, Irrial'teau 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 Irrial'teau, 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) La circulation des savoirs produits au sein des sites expérimentaux de REUT dans les arènes publiques (Etudiant : Cedric Gouaichault. Master 2 Politiques environnementales et pratiques sociales (PEPS) – Université Toulouse Jean Jaurès)
- 2) La qualité des eaux et des sols suite aux premières campagnes d'irrigation et évaluer les effets de facteurs tels que la distance à la STEP, la nature des sols, la stratégie d'irrigation, etc. Terrain d'étude : site Irrial'teau (Etudiante : Leymarie Elsa. Master 1 Hydrosystème et Bassin Versant – Université de Tours)
- 3) La pertinence économique d'un projet de REUT. L'ambition de ce stage est de proposer une méthodologie permettant d'arriver à construire un scénario « sans projet » et de la tester sur un cas particulier pour lequel l'INRAE a un accès privilégié. Terrain d'étude : site Irrial'teau (Etudiante : Anjie Kevina SIMERVIL. Master 2 Développement Economique – Ecole d'Economie – CERDI – Université Clermont Auvergne).
- 4) Les bénéfices et/ou impacts d'une pratique de REUT sur les écosystèmes aquatiques. Alors que les bénéfices apportés aux milieux par un meilleur traitement aux eaux usées sont souvent annoncés, ces bénéfices sont en réalité rarement démontrés. L'objectif de ce stage est donc de répondre à cette question. Terrain d'étude: site Roquefort-des-Corbières (Etudiant : Alexandre Gresse. Master 2 Chimie : Parcours Evaluation, Gestion et Traitement des Pollutions – Université de Pau et des Pays de l'Adour)



EXTRACTION des Nanoplastiques présents dans les Eaux par Filtration membranaire

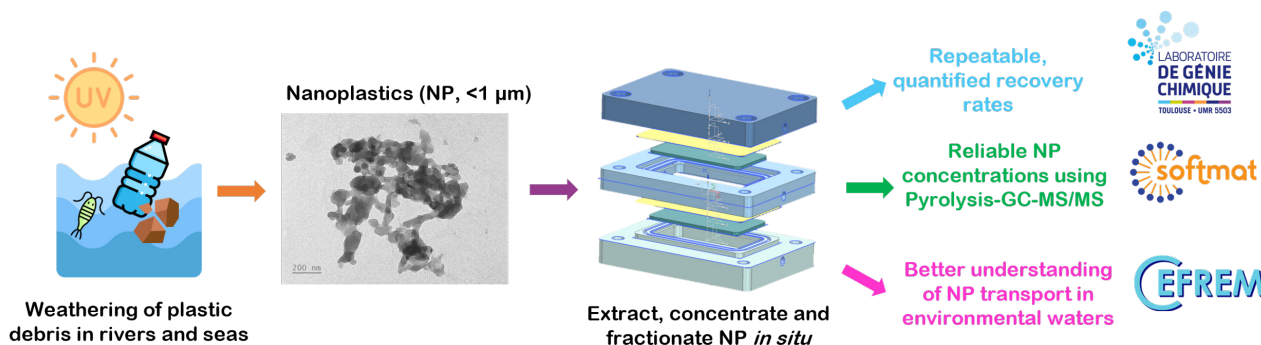
Porteur de projet : Christel CAUSSERAND (LGC)

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. Hennetier, R. Sanchez, M. Arnould, L. Landebrit, F. Violleau, G. Lespes, C. Roux, A.-F. Mingotaud, J. Gigault, W. Ludwig, J.-F. Ghiglione, 2025.

Résultat 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 μm + membrane PVDF 0,45 μm + membrane PES 0,1 μm) ou à la concentration directe d'une seule fraction pour l'eau de mer (grille inox 5 μm + 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.

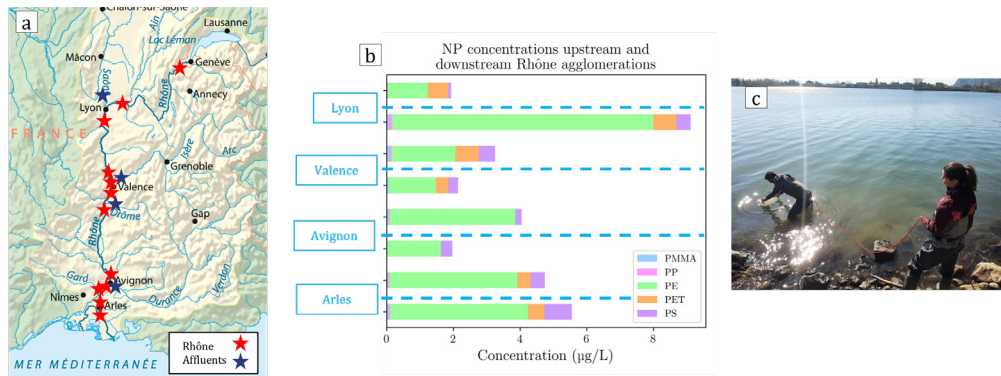


Fig. 1 - Quantification de nanoplastiques sur le Rhône (2023) : (a) Carte avec points de prélèvement sur le Rhône et affluents ; (b) Concentrations en polymères déterminées par Py-GC-MS/MS ; (c) Prélèvement sur les berges du Rhône.

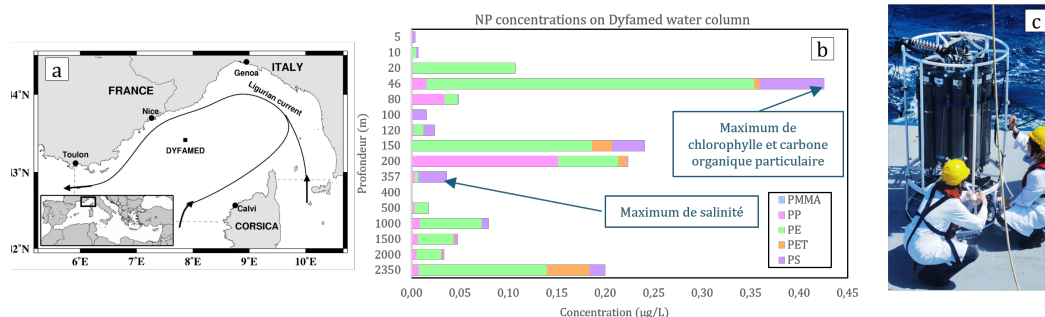


Fig. 2 - Quantification de nanoplastiques sur la colonne d'eau du site de Dyfamed en mer Méditerranée (2024) : (a) Localisation du site de Dyfamed (Heimbürger et al., 2010) ; (b) Concentrations en polymères déterminées par Py-GC-MS/MS pour toutes les profondeurs ; (c) Rosette de bouteilles Niskin de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

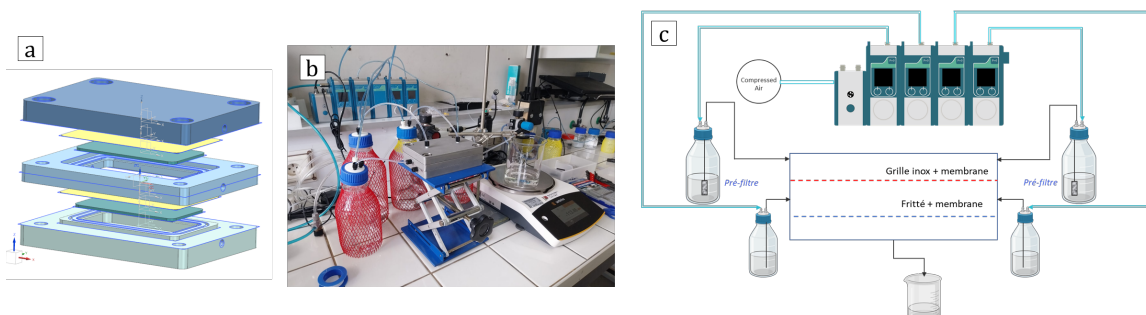


Fig. 3 - Nouveau système de prélèvement Extranef : cascade de membranes en filtration tangentielle pour concentrer eau de rivière ou eau de mer : (a) Dessin de conception de l'Extranef ; (b) Extranef en inox en fonctionnement avec contrôleurs de pression Fluigent ; (c) Schéma du montage montré en photographie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



Projet structurant WOc WoD

Partenaires académiques du réseau Défi Clé WOc



Partenaires extérieurs



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

Porteur de projet : Jérôme HARMAND (LBE)

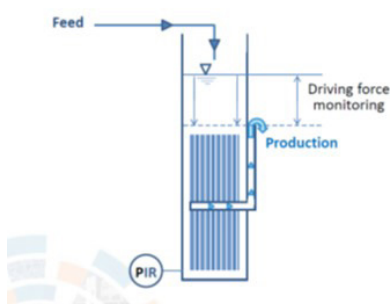
Chercheurs impliqués (responsables de chaque équipe partenaire) : Mathieu SPERANDIO (TBI), Alain RAPAPORT (MISTEA), Frédéric BOUIN (UPVD), Marc HERAN (IEM) ; partenaires associés : Nihel BEN AMAR (ENIT), Mohamed KEFI (CERTE)

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

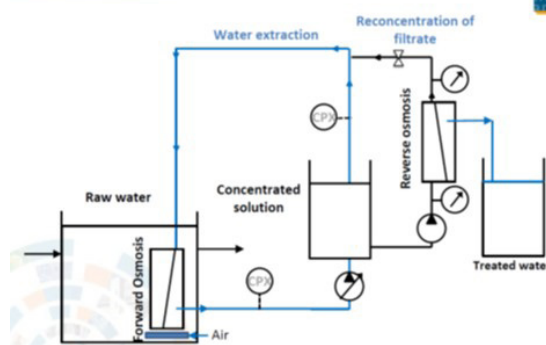
Résumé du projet

Le projet WOc WoD vise à évaluer la filtration dynamique d'eaux usées brutes pour la REUSE afin (i) de produire de l'eau secondaire en milieu urbain et (ii) de conserver une grande part de sa valeur nutritive. 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.

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

Résultat 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 ?

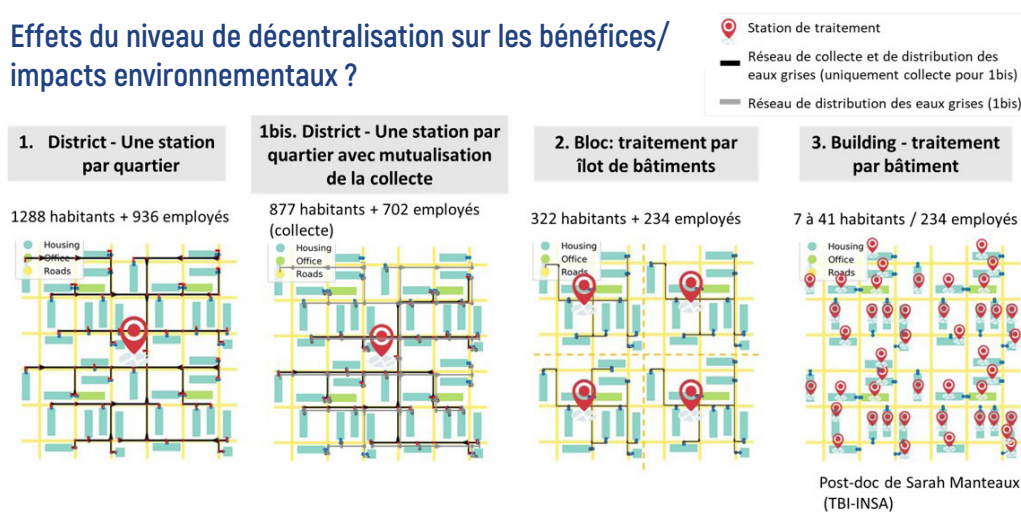


Fig. 1 : Exemple de question et scénarios de nouvelles stratégies de gestion de l'eau en ville étudiés dans WOc WoD



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)

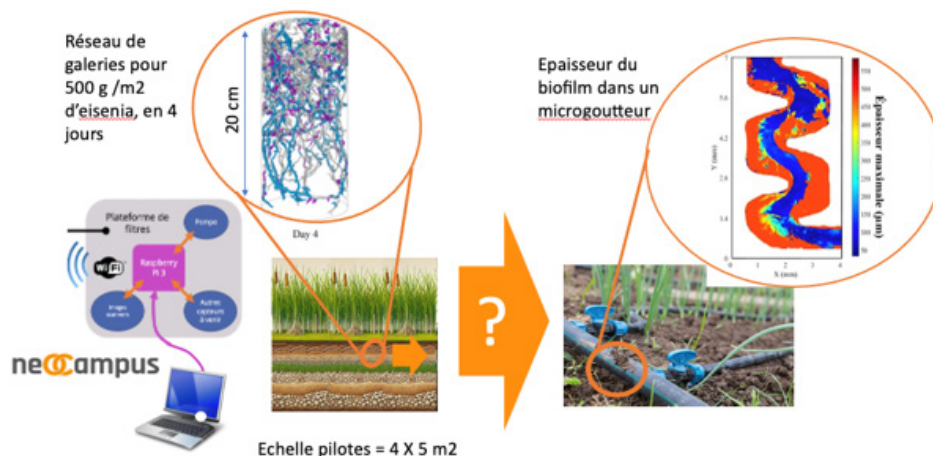
Doctorant hors Défi : Siriane CAZAUX (IMFT)

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

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) et des niveaux de traitement variés (+/- traitement tertiaire) 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 ferti-irrigation par le biofilm microbien. La qualité du biofilm et sa dynamique seront décrites dans toute la filière grâce à des capteurs, de la métagénomique et de la modélisation mathématique. Ces résultats permettront d'identifier les leviers d'action pour contrôler la dynamique du biofilm dans les systèmes de micro-irrigation.



Articles

- Lacou A., Alliet M., Parisi E., Canovas S., Albasi C., Gerino M., 2025. Earthworm-assisted constructed wetlands: A multidisciplinary investigation of organic matter and nitrogen removal using hydrodynamic, metagenomic, and water quality approaches. *Bioresource Technology*. Soumis
- Cazaux S., M. Gerino, P. Duru, 2025, 3D space-temporal analysis of burrow networks dug by earthworms in a model soil using X-ray computed tomography. *Tomography of Materials and Structures*, Soumis
- Gerino M., Ait-Mouheb N., Albasi C., Alliet M., Canovas S., Cazaux S., Costa DT, Crouzil A., Duru P., Druilhe JL, Gallet P., Jourdan C., Kacimi R., Lacou A., Lecercf A., Monfort B., Orange D., Parisi E., Petit J., Thiebolt F., 2024. Heterotrophic biofilm control in constructed wetlands and drip-irrigation devices as a key factor in the reuse capacity of water in Occitanie. *ICWS2024, 18e International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, IWA*, 24-29 November 2024, Martinique.
- Orange D., Bousselmi L., Ben Said M., Nguyen TH., Gerino M., 2024. Du rôle de l'architecte dans la promotion de la biodiversité et des SfN pour la Gestion locale des eaux usées en milieu urbain. *FAAP2024, AUF Hanoi Architectural University; ENS Architecture de Toulouse; ENSAP; IRD Vietnam*.
- Petit, J., Garcia, SM., Molle, B., Héran, D., Ait-Mouheb N., Bendoula, R 2023 Detection and monitoring of drip irrigation clogging using absorbance spectroscopy coupled with multivariate analysis. *Biosystem engineering* 235, 1537-5110

Résultat du projet

Les avancées BIOROC 2024 se sont focalisées sur le WP1 qui abrite 2 thèses et le WP3 sur l'IoT des filtres bioaugmentés. La bioaugmentation par une communauté de lumbricoïdes a été étudiée à plusieurs échelles. Les prochaines expériences se dérouleront avec les pilotes de Murvielle pour le couplage des eaux filtrées avec les systèmes de microirrigation et la modélisation de ce couplage (WP5). Dés à présent, les résultats acquis (WP1 et WP3) sont les suivants.

La bioturbation influence l'écoulement de l'eau dans le substrat filtrant (WP1) car :

- La tomographie à Rayon X a permis de décrire le réseau de galeries construit dans le substrat sous l'influence d'une communauté de bioturbateurs. Le diamètre moyen des galeries 3.59 ± 0.08 mm avec un réseau qui augmente avec le temps jusqu'à atteindre entre 50 à 70 cm³/dm² de surface au sol. L'activité des vers dans le substrat entraîne un renouvellement des galeries de l'ordre de 50 % (jour 4) dans les premières estimations (Cazaux et al. 2025)
- La macroporosité induite par le réseau de galeries à un effet de dispersion des temps de résidence des écoulements dans le substrat sans modifier le temps de résidence moyen.

Les filtres à biodiversité augmentée (WP1) :

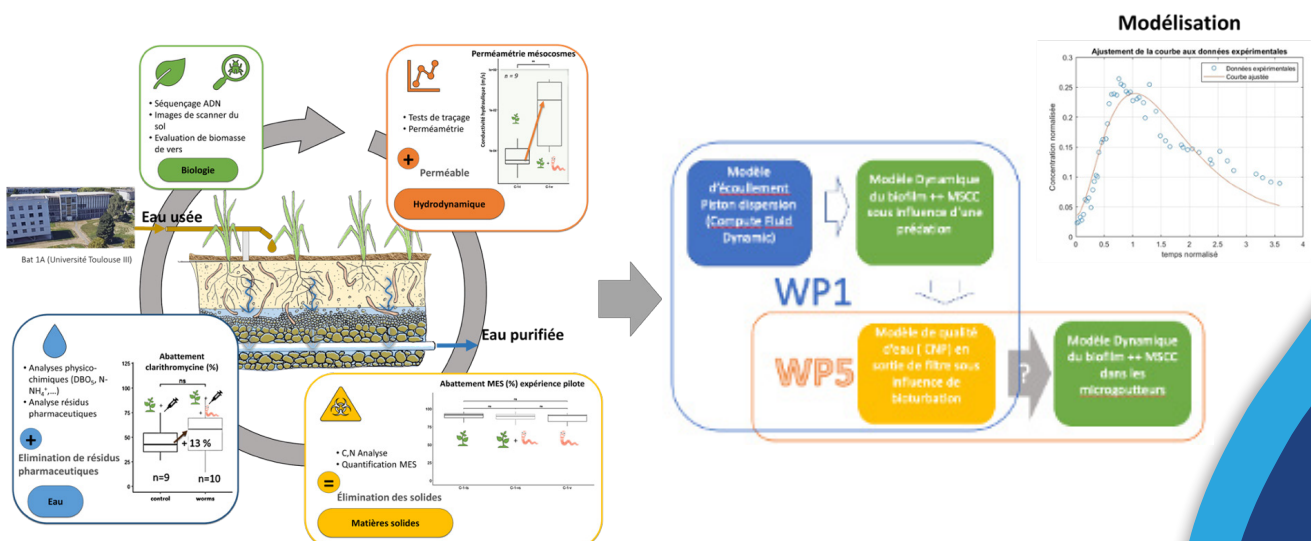
- Démontrent une capacité d'infiltration plus importante sans modification des performances de traitement
- Ne montrent pas de signes de colmatage sur les deux premières années de fonctionnement de la plateforme
- Permettent d'assurer un niveau d'épuration équivalent avec ou sans utilisation de plantes, ouvrant ainsi des possibilités de réduction de l'emprise au sol en s'affranchissant des besoins des plantes en enterrant les filtres
- Sont caractérisées par une communauté bactérienne différentes des filtres classiques, la présence de macrofaune permettant une augmentation de l'abondance relative de bactéries spécialisées dans la dégradation de molécules organiques complexes. Une légère augmentation de la performance épuratoire de résidus pharmaceutiques a également été démontrée, confirmant cette hypothèse

L'IoT dans les systèmes filtrant et en irrigation (WP3) :

- Les capteurs de biofilm permettent de suivre l'évolution du biofilm dans les goutteurs par spectrométrie d'absorption (1100-1300 nm) ce qui permet de discriminer l'eau du biofilm et des éléments contribuant au colmatage physique (dépôt de particules minérales) (Petit et al. 2023)
- Permet d'anticiper le colmatage biologique des micro goutteurs et ainsi d'agir de manière préventive
- A consisté en l'installation des premiers capteurs en condition in situ dans les systèmes d'épuration. (T°C, humidité, Scanners, débit d'eau) et connexion avec un début de jumeaux numérique du système

Perspectives :

- Evaluation de la capacité de traitement des filtres à biodiversité augmentés vis-à-vis de la contamination pathogène
- Modélisation du couplage dynamique du biofilm entre le procédé de traitement et l'utilisation en micro-irrigation (schéma ci-dessous)



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

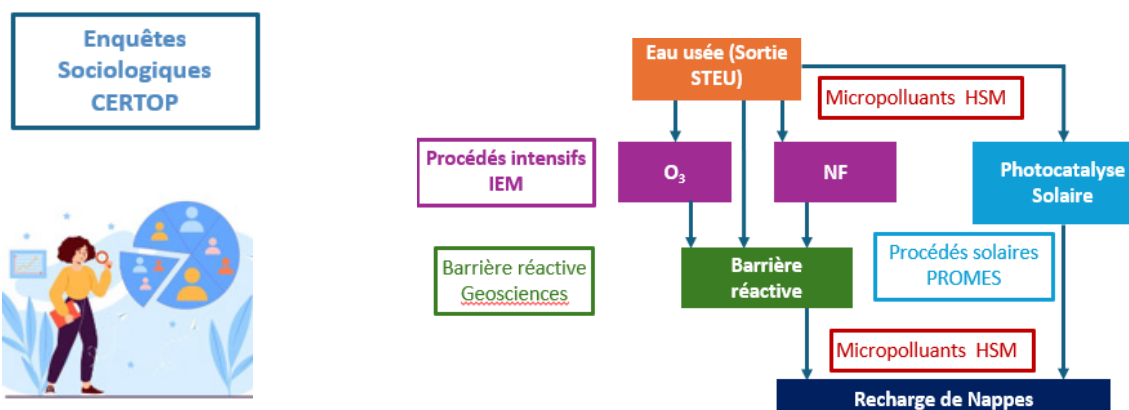
Porteur de projet : Stéphan BROSILLON (IEM)

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 renaturer. 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 Clairac (66). Pour cela, une équipe multidisciplinaire capable d'évaluer techniquement, technologiquement, économiquement et socialement les options applicables est mise en place.



Articles

Ozonation for wastewater treatment in water REUSE: organic matter reduction and micropollutants degradation , T. Ferreux, G. Duporté, E. Gomez, J. Mendret, L. Luquot, S. Brosillon, SETAC 34th, 5-9 mai 2024, Séville.

Tertiary wastewater treatments coupling for water REUSE: micropollutants elimination using nanofiltration, ozonation and natural reactive barriers, T. Ferreux, G. Duporté, E. Gomez, S. Van Exter, J. Mendret, L. Luquot, S. Brosillon, REUSE Euromed 2024, 29-31 octobre, Montpellier.

Approche multi-barrières pour la recharge d'aquifères par de l'eau usée traitée : Couplage de procédés intensifs et de solutions basées sur la nature. T. Ferreux, G. Duporté, E. Gomez, S. Van Exter, J. Mendret, L. Luquot, S. Brosillon, SFGP 19eme, 15 - 17 Octobre 2024, Deauville

Exploring Non-Target Screening and Differential Analysis in Assessing Nature-Based Reactive Barrier Treatment of Micropollutants in Treated Wastewater. C. Guy, G. Duporté, L. Luquot, E. Gomez. SETAC 34th, 5-9 mai 2024, Séville.

Assessing the Efficacy of Reactive Barriers in Mitigating Emerging Contaminants: Laboratory Insights into Aquifer Recharge with Treated Wastewater. Cabaret G, Luquot L, Duporté G, Gomez E. SETAC 34th, 5-9 mai 2024, Séville.

How to manage solar resource for photo-oxidation applications.», G Plantard Catalysis Reaction and engineering [Boston, 2025]

Résultat du projet

Nanofiltration (NF)

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

Ozonation (03)

- Forte dégradation des micropolluants à de faibles doses d'ozone ($< 1.5 \text{ mgO}_3.\text{mgC}^{-1}$) : procédé acceptable économiquement.
- Elimination rapide des composés peu réactifs : probable mécanisme radicalaire conjoint lors de la dégradation.
- 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 : en cours

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 1m3/m2/j destinée à la réute

Sociologie

- La REUT semble « techniquement facile à connecter à la STEP et à la nappe », mais son exploitation implique « des problématiques de gestion complexes » (Quel service, Quel coût, Quel personnel pour assurer l'entretien et la surveillance du dispositif?)
- 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 ».

Fig. 1 : Analyse non ciblée : Evolution de la masse des composés au cours de l'ozonation

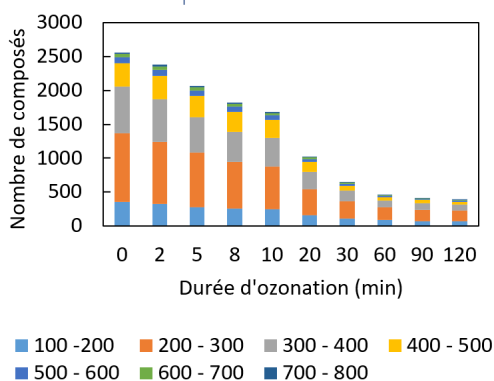
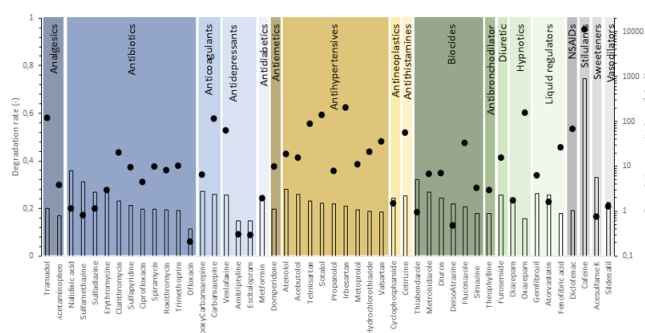


Fig 2 : Dégradation des micropolluants dans les eaux usées dans un photo-réacteur Solaire



Plus d'informations sur le site du Défi Clé WOC



Projet structurant EauCharb'Oc

Partenaires académiques du réseau Défi Clé W0c



Partenaires extérieurs

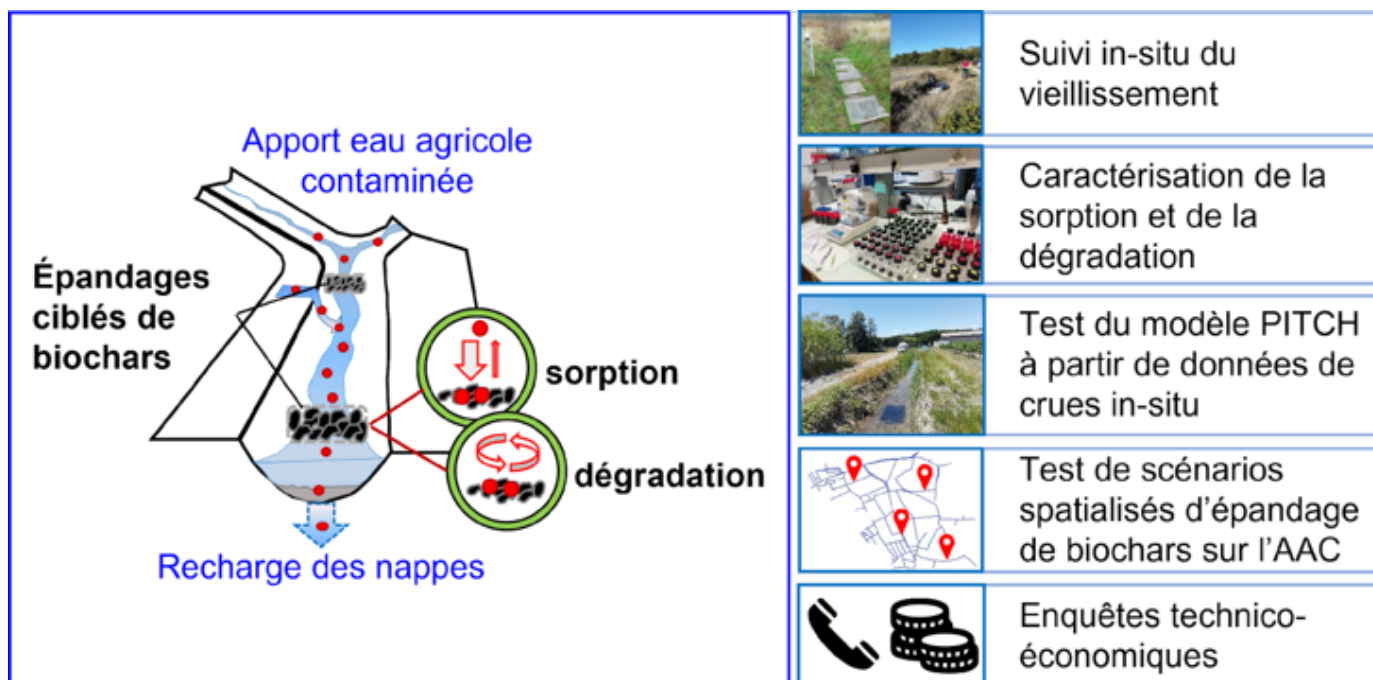


Décontamination d'eaux de drainage agricole par Biochars pour sécuriser leurs ré-usages

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 HAMMECKER (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.



Résultat du projet : Focus sur la caractérisation de la dynamique de sorption et le transfert dans un bief hydrographique

Les premiers résultats montrent que la sorption des pesticides sur les biochars varie en fonction des pesticides et des biomasses à l'origine des biochars (Fig.1a). Les coefficients de sorption ont tendance à être plus élevés pour des pesticides hydrophobes (Dimethomorphe & Napropamide) et faibles pour l'éthylène thio-urée, métabolite de fongicide qui est plus polaire. L'ensemble des molécules ont des coefficients de sorption élevés pour le biochar de canne de Provence et faibles pour le biochar de noyaux d'olives. Les propriétés de sorption commencent à évoluer au bout d'un an de vieillissement dans les fossés (Fig. 1b). Cette évolution dépend du microclimat dans lequel évolue le vieillissement et de la nature des biochars.

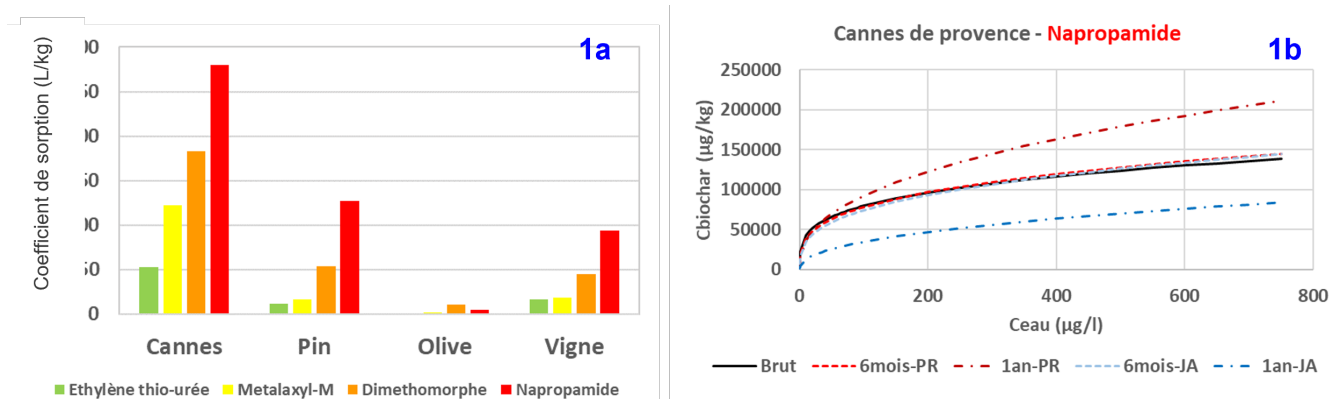


Fig. 1 : sorption (24h) d'une gamme de pesticides sur des biochars issus de biomasses locales (1a) et évolution suite au vieillissement dans des fonds de fossés (1b) humide (JA) et sec (PR).

Les expérimentations sur crues contrôlées ont montré que l'épandage sous forme de redans de 5x5 kg permet d'atteindre 99% de rétention du Napropamide dans un bief de réseau de 50 m soit 22% de plus que dans un bief nu (Fig. 2). En revanche ces épandages ciblés n'augmentent pas la rétention de l'éthylène thio-urée.

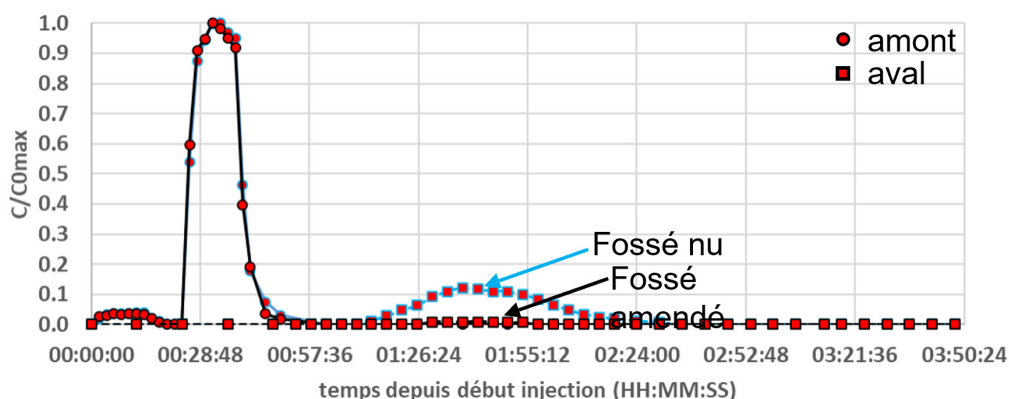


Fig. 2 : concentrations de Napropamide (herbicide) au cours d'une crue dans un fossé nu (référence) et puis amendé avec des redans de biochars



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

Chercheurs porteurs de projet : Alexandra 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 propose d'évaluer les effets de la REUSE au sein de territoires contrastés d'Occitanie (Atlantique et Méditerranée), incluant plusieurs Living Labs (LL) du Défi Clé W0c, à travers divers scénarios de REUSE et dans un contexte de changements globaux.

En s'appuyant sur une équipe pluridisciplinaire, il s'agit d'analyser les impacts dans le temps et dans l'espace de ces réutilisations (hydrologiques, économiques, environnementaux, etc.) 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) et de produire des scénarios co-construits avec les acteurs du territoire, utiles à la prise de décision. Un volet du projet vise ainsi à évaluer la réception politique et sociale de la REUSE, et identifier les freins et des leviers à son acceptabilité.



Articles

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

Chloé Delomel et al. 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/>

Chloé Delomel. Contribution iconographique ouvrage "L'eau en 30 questions" collection « Doc en poche », David Blanchon et Selin Le Visage, mars 2025.

Chloé Delomel. La thèse en 3 minutes aux DSSE 2024 (Doctoriales Sciences humaines et sociales de l'eau). Réallocation « territoriale » de la ressource par la REUSE en Occitanie : évaluation des impacts, bénéfices, perspectives de déploiement », Université Bordeaux Montaigne, 06 Décembre 2024.

Résultat du projet

Les WP s'appuient sur le travail de la doctorante et d'étudiants de master. Au cours de cette première année, les travaux ont porté sur l'Etat de l'art (WP1, article en soumission) et l'Evaluation hydro(géo)logique des effets de la réallocation dus à la REUSE (WP2, 3 étudiants de master, communications à colloque et congrès).

I - La réutilisation d'un point de vue hydrologique (WP1, WP2)

Au cas par cas, l'état de l'art montre que l'impact de la réutilisation sur la masse hydrologique dont elle dépend est bien renseigné. En parallèle, les modélisations du petit cycle de l'eau (Mitchell et al., 2001; Chen et al., 2020) et du grand cycle de l'eau (Yates et al., 1997; Vörösmarty et al., 1998) sont également bien connues. En revanche, l'impact de la réutilisation sur ce petit cycle et ce grand cycle est mal connu dans la sphère scientifique. Nous avons donc proposé d'étudier les variations des flux d'eau de surface à l'échelle de bassins versants dans 4 configurations :

- Prélèvement et rejet au sein des eaux de surface (avec retour à la nappe alluviale)
- Prélèvement et rejet au sein des eaux de surface (sans retour à la nappe alluviale)
- Prélèvement en nappe et rejet au sein des eaux de surface (avec retour à la nappe alluviale)
- Transferts inter-bassins (avec retour à la nappe alluviale)

Nous avons analysé, avec un paramétrage similaire, le fonctionnement de ces bassins sans réutilisation, avec réutilisation urbaine et avec réutilisation agricole. La réutilisation a un impact très variable en fonction de son réusage. Les résultats de la première configuration sont présentés, à titre d'exemple dans la figure ci-dessous.

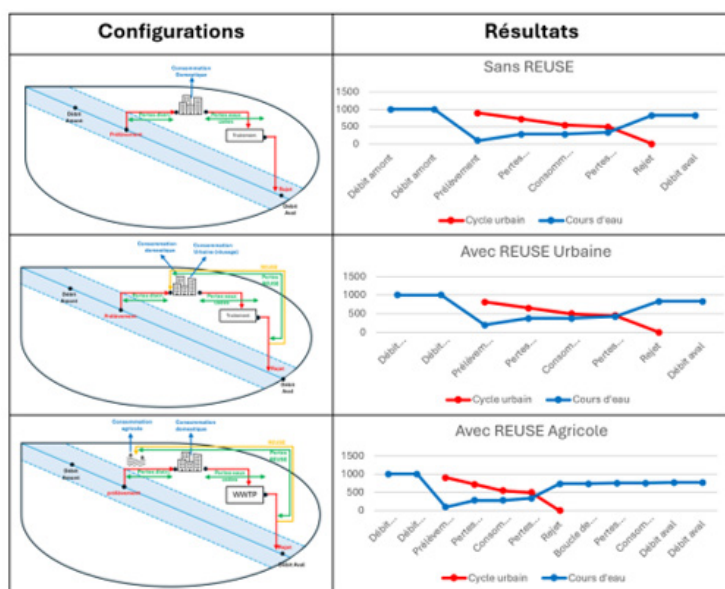


Fig. 1 : Exemple de résultats pour le cas des prélèvements et des rejets au sein des eaux de surface avec retour à la nappe alluviale.

II - Co-construction de scénarios avec les LL et adaptation des scénarios (WP3, WP4, WP5)

Cette année, le projet alimentera les WP Incidences sur les flux immatériels, socio-économie et gouvernance, valeurs associées à la REUSE, trajectoire de bassin (WP3), Diagnostic des savoirs, représentations, perceptions sociales (WP4) et Mise en débat des scénarios (WP5). Ces WP se dérouleront entre mars et décembre 2025 (doctorante et 6 stages de masters). Pour les trois LL impliqués dans le projet TERR'REUSE (Communauté de Communes du Clermontais, Institution Adour et Pays d'Armagnac), les objectifs seront les suivants : évaluer la perception et l'acceptabilité des acteurs du territoire, mesurer la faisabilité de déploiement d'un point de vue géographique et économique (dans le Clermontais spécifiquement), tester la viabilité du modèle et corriger les éventuels biais, co-construire des scénarios de réutilisation en fonction des besoins précisés avec les acteurs. Le début d'année 2026 correspondra à l'ajustement final des scénarios et la diffusion des résultats obtenus par construction participative (WP5 et WP6 Valorisation scientifique).



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 : Stephan 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.



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

Articles

Proposition pour une présentation orale à deux conférences internationales :

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.

15ème congrès européen du génie chimique (ECCE) et 8ème congrès européen de la biotechnologie appliquée (ECAB) qui aura lieu du 8 au 10 septembre 2025 à Lisbonne, Portugal.

Résultat 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 mode 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 4.

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 toxicités. La performance du système hybride en terme d'élimination de DCO et de TN en C1 est présentée dans la Figure 2. Les taux d'élimination des MPs en fonction des opérations unitaires (biologique, membranaire, ozonation) obtenus en C1 sont présentés dans la Figure 3.

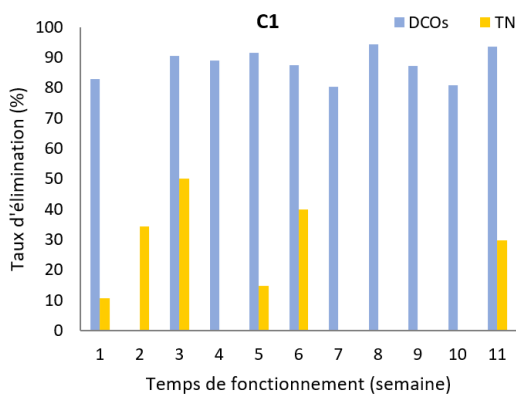


Fig. 2 : Taux d'élimination de DCOs et de TN en C1

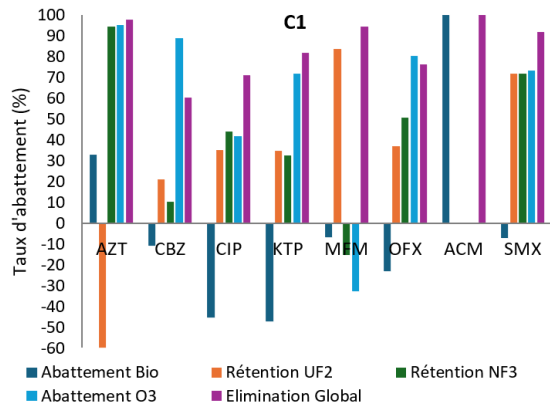


Fig. 3 : Taux d'abattement de huit MPs dans les différentes unités de traitement en C1

- Le taux d'élimination de DCOs moyen en C1 est excellent (87,7%).
- Le taux d'élimination de TN moyen en C1 est très insatisfaisant (16,3%) à cause du manque de carbone dans l'effluent d'entrée (EUD filtrée).
- L'élimination de TN s'est améliorée en C2 avec une valeur moyenne de 66,5% (n = 9) (données non présentées).
- Cette amélioration est due aux concentrations de DCO plus élevées dans l'effluent d'entrée (EUD brute).
- AZT et ACM sont dégradés par voie biologique.
- Tous les MPs sauf MFM sont retenus par la NF3 mais leur taux de rétention sont plus faibles que ceux issus des campagnes SAVE => changement d'échelle.
- Tous les MPs sauf MFM sont éliminés par l'ozonation.
- Les taux d'abattement négatifs sont dus à la déconjugaison des produits de transformation, au taux de recirculation trop important et/ou aux erreurs analytiques.
- Tous les MPs sont bien éliminés (> 60%) par le système global.

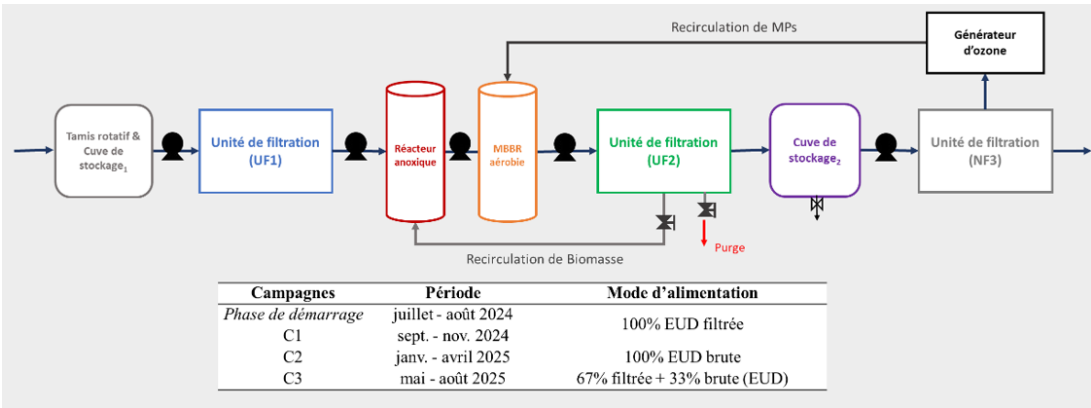


Fig. 4 : Schéma complet du procédé hybride et le mode d'alimentation du système en fonction des campagnes



Thématique du Living Lab :

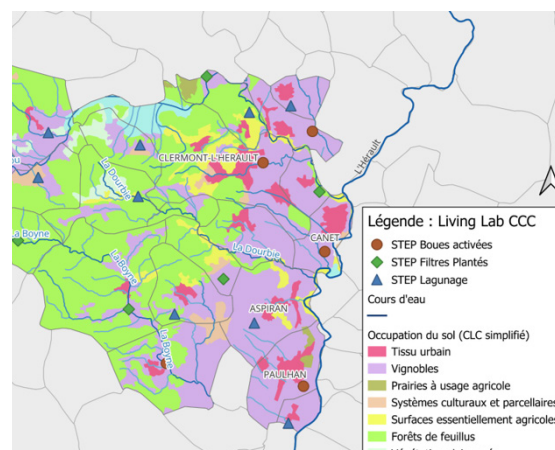
Réusages pour soulager quantitativement les pressions sur la ressource en eau sur un territoire à fort enjeu de qualité.

Caractéristiques et enjeux du territoire

Composée de 21 communes, la Communauté de Communes du Clermontais se situe dans un contexte méditerranéen, avec des précipitations aléatoires. Ce territoire agricole, majoritairement viticole, est soumis à une forte pression hydrologique. Il fait face à des problématiques de qualité de l'eau, avec des aires de captages prioritaires à préserver.

L'augmentation démographique, les flux touristiques, ainsi que les zones d'activités économiques, accentuent la demande en eau.

La gestion de l'eau potable et de l'assainissement est assurée par le Pôle Intercommunal de l'Eau en régie. Pour l'eau potable, le territoire dispose de 33 réservoirs de stockage et 27 captages, prélevant environ 2,2 millions de mètres cubes par an. En matière d'assainissement, 22 stations d'épuration (STEP) sont en place pour traiter les eaux usées. Le territoire est aussi traversé par deux autoroutes.



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

Sujets de stage Master et projets

2024 :

- Le stage M2 du Living Lab (LISAH et G-EAU) : Réalisation des bilans hydrologiques de la Communauté de Communes du Clermontais
- Stage M2 projet TERR'Reuse (HSM) : Evaluation des possibilités de REUT sur le BV de l' Hérault – bénéfices et impacts en contexte de changement global
- Stage M2 projet TERR'Reuse (IMT-Alès) : Empreinte eau par bassin versant des différentes activités humaines de l'Occitanie
- Projet ingénieur agronome dans le domaine de l'Eau (GEAC) : estimations annuelles et mensuelles des flux d'évapotranspiration pour le bilan hydrologique de la ComCom du Clermontais.
- 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

2025 :

- Le stage M2 du Living Lab (IMT Alès) : le potentiel de réutilisation des eaux d'un centre aquatique co-encadrement IMT Mines Alès et Rousselet Environnement sur
- Stage M2 projet TERR'Reuse (ART-DEV) : sur une analyse exploratoire de l'occupation des sols et le déploiement parcellaire de la REUT
- Stage M2 projet TERR'Reuse (GEODE et HSM) : co-construction de scénarios d'adaptation, encadrement Corentin Mouchard.
- Stage M2 projet TERR'Reuse (LEREPS) : détermination des facteurs d'acceptabilité de la REUSE dans des territoires avec une ressource eau sous tension.
- Cas d'étude du Living Lab pour la GIRE du Master Eau de Montpellier : apprentissages pour la création d'un jeu sérieux



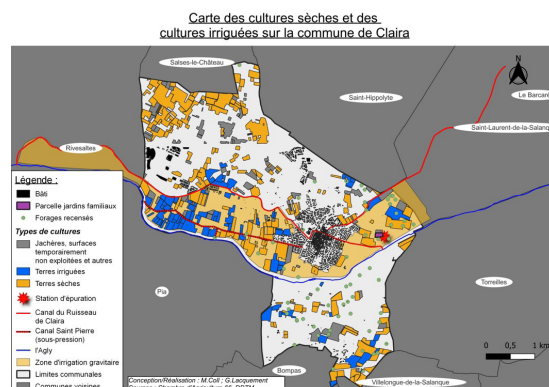
Thématique du Living Lab :

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

Caractéristiques et enjeux du territoire

Claira illustre les défis liés aux changements climatiques : en mai 2023, la commune a été placée en niveau « crise » par arrêté préfectoral, reflétant une situation hydrologique exceptionnelle. Cette situation perdure : en janvier 2025, les précipitations efficaces ont été globalement déficitaires de plus de 75 % (eau France) et le niveau des nappes reste faible.

La commune réfléchit à des mesures de gestion de l'eau et à adapter les pratiques agricoles et urbaines pour assurer une utilisation durable de la ressource. Une première étude de faisabilité de REUT a été initiée en 2022 « Clair'Eau » (AAP Ec'Eau de la Région et des Agences de l'Eau) qui envisageait plusieurs options, parmi elles l'alimentation de la nappe du quaternaire par de l'EUT sortant de la station d'épuration, dans une perspective de stockage et de lutte contre le risque d'un biseau salé. Le Living Lab permet d'explorer d'autres pistes de mobilisation de cette ressource, comme l'arrosage des cultures, le nettoyage urbain, et d'en évaluer écologiquement et économiquement les conséquences potentielles.



M. Coll, Master 2, Gestion des territoires et développement local, Université Paul Valéry, Montpellier; G. Lacquement, Pr. de Géographie, Université de Perpignan, UMR CNRS ART-Dev., Living Lab de Claira - Défi-Clé Water Occitanie, 2024.

**Projet de recherche associé :
CompAqui**

Sujets de stage Master et projets

2023 :

- Stage de M1 (HSM) : Synthèse du projet de recharge artificielle de la nappe superficielle, avec l'étude des divers aspects quantitatifs, notamment la géologie de la zone, l'étude de la nappe superficielle et la communication entre la nappe et le cours d'eau d'Agly]
- Stage M2 sur le projet CompAqui (CERTOP) : Identification des freins et des leviers organisationnels et politiques dans la mise en place d'un projet de REUT.
- Projet étudiant Master Management de projet en environnement santé : estimation risques de 3 micropolluants présents dans les eaux usées de Claira.

2024 :

- Stage M2 du Living Lab (HSM) : Caractérisation de la structure et du fonctionnement de la nappe quaternaire de la partie nord du bassin du Roussillon : évaluation de sa recharge « naturelle » et des possibilités de recharge par réutilisation des Eaux Usées Traitées et à partir d'eaux de surface (canal de Claira)
- Stage M2 du Living Lab (ART-DEV) : Étude géographique du réusage d'eaux usées traitées issues de la STEP située sur la commune pour l'agriculture en interrogeant les modes d'accès à la ressource (réseaux, connexions, transport), les modes d'utilisation de la ressource (types d'irrigation), l'étendue potentielle du périmètre du réusage agricole, les effets sur les systèmes de cultures et sur les systèmes de production
- Stage M2 sur le projet CompAqui (CERTOP) : Représentations citoyennes de la sécheresse et d'un dispositif d'adaptation : la réutilisation des eaux usées traitées dans la commune de Claira.

2025 :

- Le stage M2 du Living Lab (CEE-M) : Evaluation économique du coût des sécheresses et de la mise en place de solutions de réutilisation des eaux usées – le cas de Claira

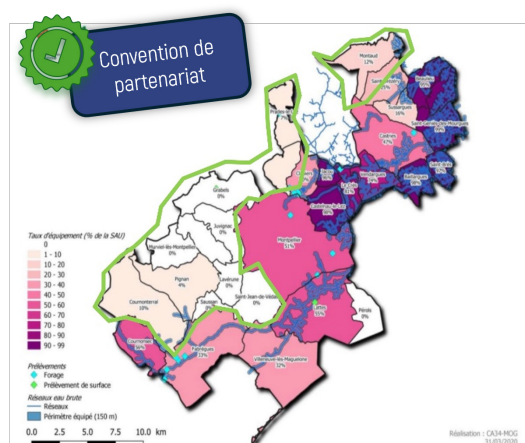
Thématique du Living Lab : Eau et agriculture résiliente au changement climatique sur le territoire de la métropole de Montpellier

Caractéristiques et enjeux du territoire

La pression sur la ressource en eau sur le territoire de la Métropole de Montpellier est principalement liée aux conditions climatiques méditerranéennes, avec des étés chauds et secs pendant lesquels les débits des cours d'eau en surface, comme le Lez, peuvent être particulièrement faibles et à une demande croissante de l'eau, en raison de l'urbanisation et de l'augmentation démographique (+1,34% d'abonnés de la Régie des eaux en 2022).

L'agriculture péri-urbaine de ce territoire est majoritairement représentée par les vergers, le maraîchage et la vigne, qui consomment une grande part de l'eau disponible. Lors des étés secs, la concurrence entre les besoins agricoles et urbains accentue les déficits en eau. Le Living Lab s'est positionné sur les communes qui ne sont pas desservies par le réseau en eaux brute (BRL), n'assurant pas l'accès à la ressource pour les activités agricoles. Le Living Lab propose d'étudier la pertinence des réusages sur ce périmètre, pour maintenir une agriculture péri-urbaine en évolution.

Les prévisions de changements climatiques et globaux annoncent des étés encore plus chauds et secs et laissent présager des déficits entre la ressource disponible et la consommation, rendant la gestion de l'eau encore plus complexe.



Communes du périmètre du Living Lab (10)

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

Projets de recherches associés :
W0c W0d et BIOROC

Sujets de stage Master et projets

2022-2023 :

- Projet étudiant du Master Eau et Société co-encadré avec la Chaire EACC : « Mise en place d'un Living Lab sur le territoire de 3M »
- Projet étudiant spécialisation biodiversité, eau, sol, climat, environnement : « Étude sur l'optimisation du stockage de l'eau dans les sols du Living Lab : état de l'art, entretiens avec les agriculteurs et synthèse des perspectives »

2024 :

- Le stage M2 du Living Lab (G-EAU) : Etude du potentiel de Reuse des eaux usées traitées pour l'agriculture péri-urbaine de Montpellier
- Projet Master CHARM – EU : Analyse sociale et technique des solutions de réusages de l'eau pour le maintien d'une agriculture périurbaine sans accroître la pression sur la ressource en eau

2025 :

- Le stage M2 du Living Lab (LAGAM) : Les réusages de l'eau à l'échelle du quartier : potentiel de réutilisation et faisabilité

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

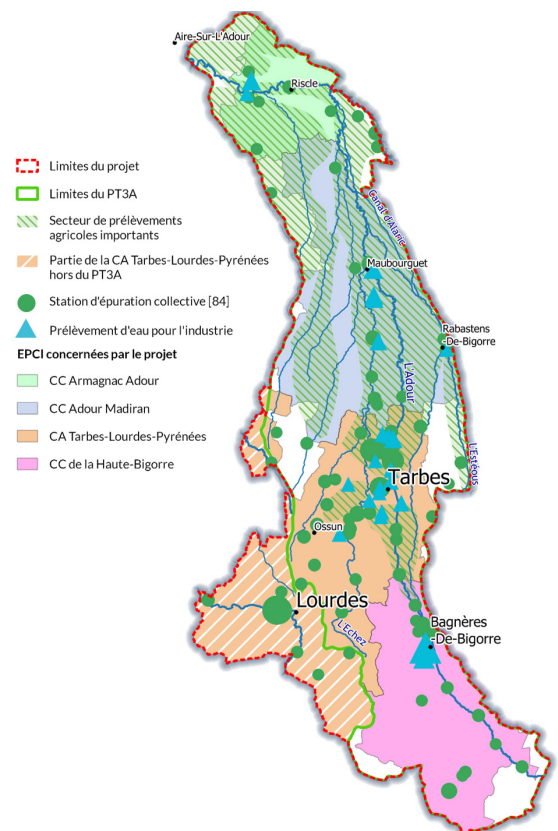
Caractéristiques et enjeux du territoire

Le Projet de Territoire Adour en amont d'Aire (PT3A) a été initié en 2015 pour répondre au déséquilibre quantitatif entre les ressources existantes, les besoins du milieu et les usages actuels, sur le périmètre du sous-bassin de l'Adour en amont d'Aire-sur-l'Adour. Le Living Lab s'est adossé à ce territoire qui connaît une forte pression de prélèvement de l'irrigation agricole en période estivale (40 Mm³ prélevés par l'usage agricole en année moyenne). Le déséquilibre quantitatif existant est estimé entre 3 et 5 Mm³ et aux perspectives 2050 en intégrant les changements globaux, le déséquilibre est estimé à 20 Mm³.

Initié en 2023 l'étude d'opportunité Adou'Reuse (lauréat de l'appel à projet Ec'Eau de la Région Occitanie et des Agences de l'Eau), a l'objectif de déterminer si la Reuse est pertinente sur ce territoire et dans ce cas, identifier les sites les plus intéressants pour mettre en place la Reuse. Elle est en lien direct avec le projet de territoire pour la gestion de l'eau sur l'Adour en amont d'Aire, dont elle reprend le périmètre. Cette étude devrait permettre de préciser le volet REUSE contenu dans le programme d'actions.

L'Institution Adour (EPTB), les 2 Chambres d'Agriculture principales de ce territoire, ainsi que SEDE Environnement se sont associés pour porter cette étude, dont les conclusions sont attendues au plus tard pour le début de l'année 2026.

Les projet Adou'Reuse et le Living Lab avancent en parallèle et s'alimentent l'un et l'autre.



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

**Projet de recherche associé :
TERR'Reuse**

Sujets de stage Master et projets

2024 :

- Évaluation des opportunités de la REUT sur le territoire Adour Amont à destination d'usages agricoles en relation avec les filières - 8000€

2025 :

- Caractérisation de la perception des acteurs vis-à-vis de la REUSE et évaluation de la faisabilité sur le territoire- 8000€

Thématique du Living Lab : Ré-usages des eaux alternatives en direction des activités agricoles et agroalimentaires.

Caractéristiques et enjeux du territoire

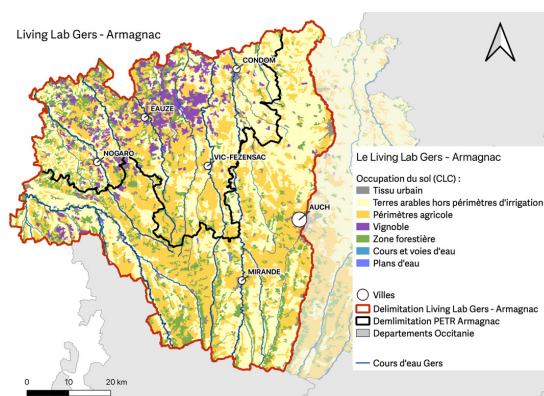
La ressource en eau du territoire provient principalement des Pyrénées via le canal de la Neste, qui alimente artificiellement les cours d'eau.

Deux bassins versants sont concernés, avec une diminution prévue des débits annuels de 20 à 40 % d'ici 2050 et des étiages plus longs et sévères (Plan d'adaptation aux changements climatiques du comité de Bassin Adour Garonne). L'irrigation agricole repose quasi exclusivement sur les eaux de surface.

La qualité des eaux souterraines et de surface est jugée moyenne à médiocre sur l'ensemble du territoire.

Les projections annoncent une augmentation de la demande en eau pour les usages domestiques et agricoles, accentuant la pression sur les ressources disponibles.

Pour faire face à ces défis, des actions sont mises en place, notamment le SAGE Neste et rivières de Gascogne et la création d'une Commission Locale de l'Eau, sous l'impulsion du conseil départemental. Le Living Lab s'adosse à ces démarches et sollicite le Pôle d'Equilibre Territorial et Rural du Pays d'Armagnac, dont le rôle est de contribuer à la mise en œuvre des stratégies de développement durable dans les domaines économiques, sociaux, environnementaux, culturels et touristiques d'intérêt collectif contribuant à la dynamique du territoire.



Projets de recherches associés : TERR'Reuse



Atelier lors de la matinée inaugurale 15.03.2024

Sujets de stage Master et projets

2024 :

Le stage M1 du Living Lab (LBAE) : Valorisation des eaux pluviales dans le domaine agricole Gersois : première approche
Stage M1 projet Terr'Reuse (CRBE) : REUT de la STEP de Nogaro à des fins agricoles sur le système hydrologique du bassin Midour.

2025 :

Le stage M2 du Living Lab (LBAE) : Réusage d'eaux alternatives en agriculture : établir un protocole de qualification des eaux alternatives pour un réusage essentiellement agricole et/ou agroalimentaire et/ou industriel.

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

Caractéristiques et enjeux du territoire

Entre 2014 et 2024, la population a augmenté de 50 000 habitants (+8000/an), entraînant une consommation supplémentaire de 500 000 m³ d'eau par an à produire, distribuer et traiter.

En France, les ressources en eau proviennent principalement des eaux souterraines (2/3) et des eaux de surface (1/3). Cependant, Toulouse Métropole constitue une exception notable, où 99 % de l'eau consommée est issue de la Garonne. Cette forte dépendance aux eaux de surface expose davantage le territoire aux variations climatiques et aux tensions hydriques à venir.

Défis hydrologiques à venir (Étude Garonne 2020) :

Déficit hydrologique estimé entre -20 % et -40 % d'ici 2050.

Besoin de 1 000 à 1 200 Mm³ d'eau pour maintenir les débits d'étiage.

Étiages plus précoces et plus longs.

Le Plan national pour une gestion résiliente et concertée de l'eau prévoit une réduction de 10 % des volumes prélevés d'ici 2030 afin de limiter la pression sur la ressource. À l'échelle locale, le Plan Eau de Toulouse Métropole s'articule autour de plusieurs axes stratégiques, notamment :

Par la réduction de la consommation d'eau.

L'amélioration de la gestion de l'eau sur le territoire.

Le développement de ressources alternatives et d'eaux non conventionnelles.

Le Living Lab accompagne les réflexions sur les réusages de l'eau et travaille en parallèle du projet Val'Réu (lauréat de l'appel à projet Ec'Eau de la Région Occitanie et des Agences de l'Eau).



Projet de recherche associé : BioROC



Matinée inaugurale du Living Lab 07.06.2024

Sujets de stage Master et projets

2024 :

Le stage du Living Lab M2 (TBI) : « Étude des systèmes de valorisation des eaux grises dans un scénario de séparation à la source en milieu urbain »

2025 :

Le stage M2 du Living Lab (LGC) : Caractérisation du risque microbiologique associé au développement de biofilm lors du stockage d'eaux non conventionnelles

NOTES

Les projets financés par le Défi Clé WOC

Résumé

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.

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**.

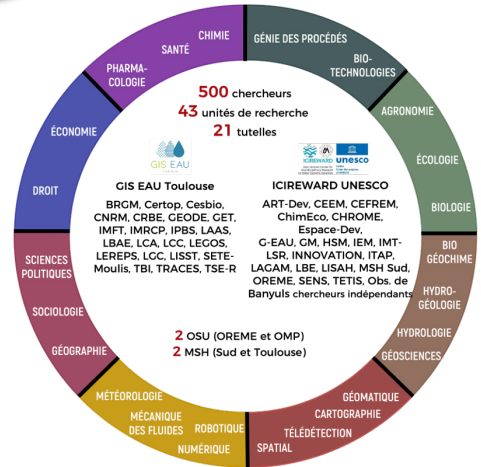
OBJECTIFS

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

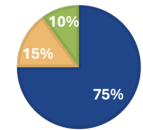
- Renforcer les capacités de mesure et d'analyse de données
- Caractériser les solutions locales de réusages et leurs conditions de mise en œuvre
- Analyser leur insertion dans leur environnement local
- Evaluer leur intégration à l'échelle de bassins versants des sources à l'embouchure

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

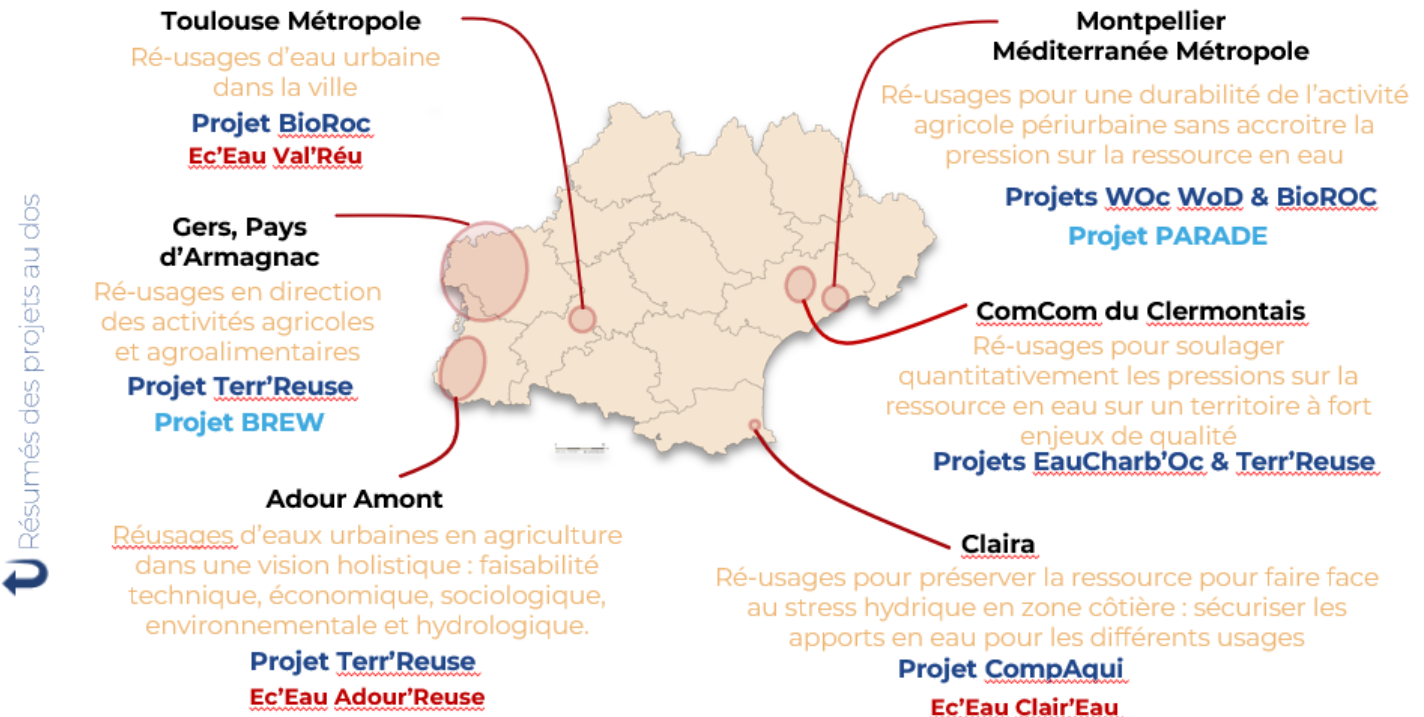


RECHERCHE		TERRITOIRES	ANIMATION
Projets	Valorisation		
5 projets structurants (avec thèses, TRL 5-8)	1 post-doc (sélection de nouveaux projets en cours)	6 Living Labs (territoires d'expérimentations)	Workshops, AG, ateliers...
3 projets émergents (TRL 2-4)			



2M€
Répartition du budget

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