



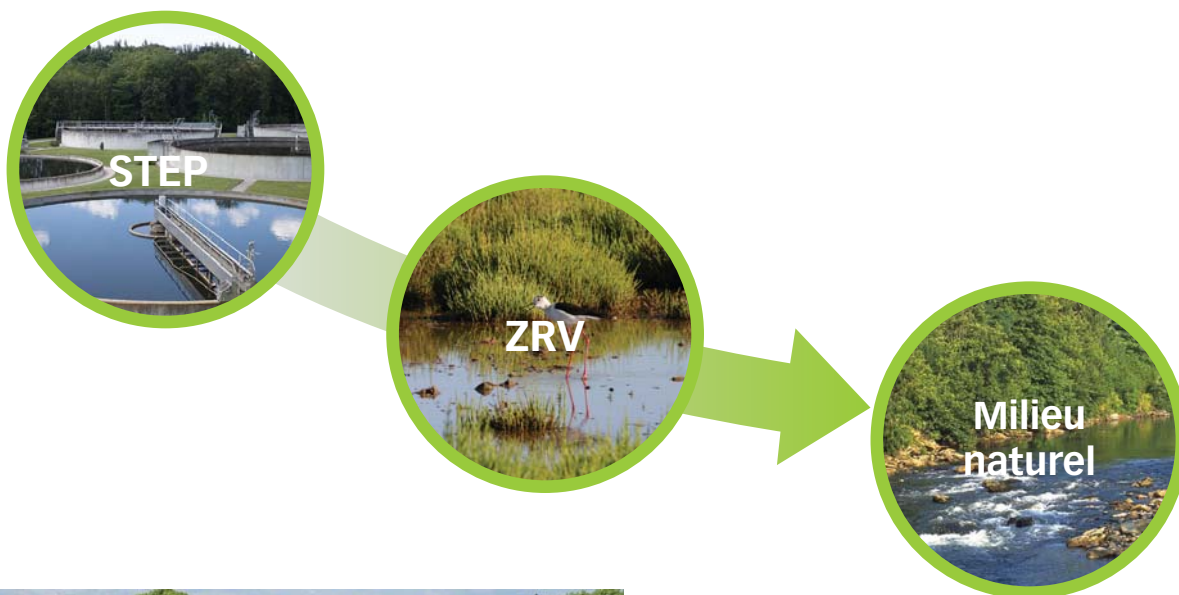
LES ENSEIGNEMENTS DU PROJET ZHART

Nouveaux concepts de Zones de Rejet Végétalisées



Le projet **Zones Humides ARTificielles (ZHART)** a permis d'étoffer et de produire des connaissances sur les **Zones de Rejet Végétalisées (ZRV)**, sur leur fonctionnement hydraulique, épuratoire et écologique ainsi que sur les représentations que peuvent s'en faire leurs usagers.

Celles-ci ont pu être traduites en nouveaux services et produits pour la conception, le dimensionnement et la gestion de **nouvelles ZRV**. Elles permettent d'atteindre des objectifs quantifiables en termes de performances hydrauliques, épuratoires et de fonctionnalités écologiques et sociales.



Fonctionnement hydro-écologique

Il existe un lien privilégié entre fonctionnement physico-chimique et écologique des écosystèmes aquatiques et hydrologie.

Dans le cadre du projet, des **audits hydrauliques** des Zones de Rejet Végétalisées (ZRV) étudiées ont été réalisés. Ils consistaient à déterminer les temps de séjour hydraulique, la distribution du flux (entrée, sortie, infiltration et évaporation). Pour l'un de ces sites, l'analyse portait sur des données acquises pendant plus d'un an.

Des **règles de bonnes pratiques** ont été établies, par exemple, éviter les zones mortes et les courts circuits hydrauliques, écarter les berges à pente trop faible, entretenir correctement les compartiments pour empêcher la formation de zones de dépôts, ne pas laisser en place les végétaux extraits pour prévenir un engorgement.

Il a été démontré qu'il était possible de **modéliser** la ligne d'eau de ces zones, dépendante de plusieurs paramètres (géométrie des compartiments, circulation d'eau, état d'envasement, végétation). Ces enseignements ont permis de reconsidérer la **conception des compartiments** et leur **dimensionnement** ainsi que de confirmer l'intérêt et les besoins de **monitoring** afin de prévoir l'entretien des compartiments.

Fonctionnalités épuratoires

Dans le cadre du projet, les **performances épuratoires** de 5 ZRV (différente conception, climat, temps de séjour...) ont été étudiées. Sur l'un des sites, en particulier, des campagnes de suivi lors de différentes saisons ont été également réalisées.

Macropolluants et bactériologie

Les résultats de ces audits ont permis de mettre en avant une grande **variabilité des performances épuratoires** suivant les sites et les paramètres visés, avec des abattements complémentaires atteignables, mais également un risque de dégradation si la conception et l'exploitation ne sont pas adaptées. Ainsi peuvent être obtenus.

- Un **abattement complémentaire de l'azote** (et du phosphore) par les ZRV (Azote global: jusqu'à > 90 %, Phosphore total : jusqu'à 70 %), en maîtrisant les risques d'eutrophisation dans la zone, notamment en cas de forte charge à traiter (performances dégradées dans la station d'épuration en amont).
- Un **abattement de la bactériologie** par certaines ZRV de (1 à 3 Log).
- Plusieurs paramètres dont le temps de séjour et le nombre de compartiments sont importants pour obtenir ces résultats. Le **rôle épuratoire des nouvelles ZRV** peut être l'objet de **garanties** sur ces aspects.

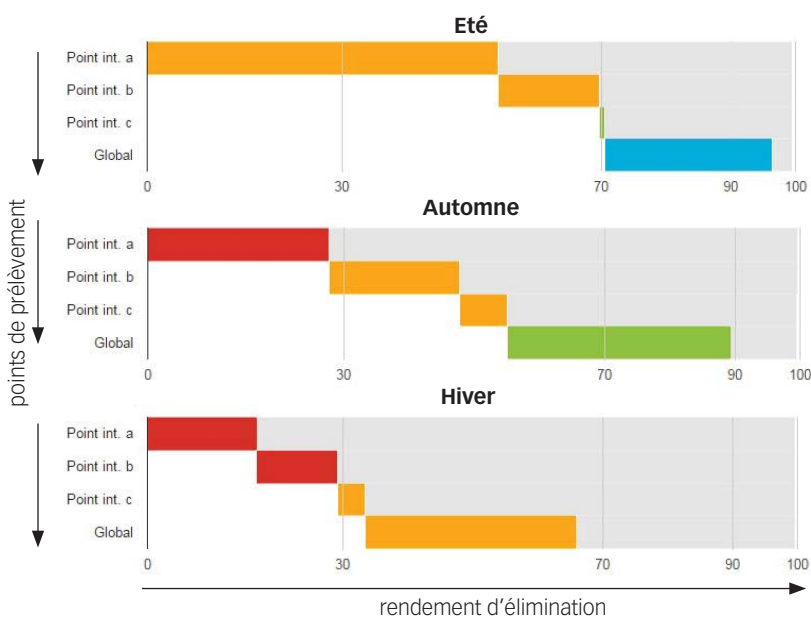
Par contre, un **faible abattement** de la DCO par les ZRV, difficilement améliorable par les nouvelles ZRV, a été constaté.



Micropolluants

Dans le cadre du projet ZHART, plus de **30 micropolluants organiques et inorganiques** ont été suivis en entrée, en sortie et en différents points intermédiaires des sites étudiés.

On note une grande **variabilité des performances épuratoires** suivant les sites et les familles de micropolluants visés. Le nombre et le type de compartiments, ainsi que le temps de séjour (global et par compartiment) sont des paramètres importants pour favoriser le traitement des micropolluants.



Le graphique confirme le rôle des différents compartiments avec le maintien de performance de traitement du galaxolide (65%) sur la globalité de la ZRV (site E) alors que le rendement d'élimination pour le premier bassin a chuté de 55 à < 20% d'une période estivale à une période hivernale.



Rendement d'élimination du galaxolide en différents points de la ZRV (site E) (a, sortie compartiment n°1 ; b - sortie compartiment n°2 ; c - compartiment n°3 ; global sortie de la ZRV) Gamme de rendement : < 30% (rouge) ; 30 - 70% (orange) ; 70 - 90% (vert) ; > 90% (bleu)

Pour chaque site d'audit, l'étude a été complétée par l'analyse des micropolluants dans les **sédiments** et les **végétaux**. De plus, des **études en microcosmes** ont été réalisées afin d'identifier et/ou de confirmer les mécanismes d'élimination de chaque substance étudiée, à savoir la photodégradation, la biodégradation, l'adsorption sur le substrat et l'absorption par les plantes. Les résultats obtenus par ces approches complémentaires ont été confrontés aux données disponibles dans la littérature scientifique.

L'ensemble de ces études ont permis de :

- valider des **mécanismes d'élimination** (dégradation) de certains micropolluants
- adapter la **conception** et le **dimensionnement** des nouvelles ZRV pour assurer des **garanties de performance** de traitement pour certaines **substances cibles** (nombre et types de compartiments, temps de séjour associés, Tableau 1)
- confirmer l'importance d'une **gestion** des nouvelles ZRV et de son **hydraulique** en particulier pour maintenir les performances épuratoires

Famille	Substances	Rendement visé
Métaux	Zinc	> 70 %
Pharmaceutiques :		
- Antibiotiques	Ciprofloxacine	> 70 %
- Anti-inflammatoire	Ibuprofène	> 50 %
- β-bloquants	Propranolol	> 50 %
Muscs	Galaxolide	> 70 %

Tableau 1 : exemple de garanties de traitement qui pourraient être proposées

Analyse des Micropolluants

Le projet ZHART a permis de développer des **outils** et une **méthodologie d'analyse** des micropolluants.

1 - **L'outil POCIS** permet d'analyser des performances d'élimination des micropolluants sur différentes ZRVs, d'accéder à la concentration moyennée dans le temps par exposition sur 10 à 21 jours, de faciliter la mise en œuvre au niveau de l'échantillonnage et de l'analyse en laboratoire. Pour l'instant, l'application de cet outil est limitée à une gamme de composés définis.

2 - **L'analyse dans les organismes vivants** permet le développement d'une mesure de l'imprégnation de micropolluants organiques émergents (tel que les substances pharmaceutiques) dans des organismes aquatiques qui sont, soit présents dans les ZRV (crevettes, gammars, ...), soit introduits dans le milieu par un système d'encagement (ex. : *Lymnaea stagnalis*). Il permet également de surveiller des substances à fort potentiel d'accumulation ou figurant sur la liste de vigilance de la DCE telles que le diclofénac.



Génie végétal

Afin d'approfondir les connaissances sur le rôle et les performances épuratoires des plantes aquatiques, des études d'élimination des micropolluants, sur les **matrices Eau, Substrat et Végétal**, ont été réalisées à l'échelle de microcosmes lors du projet ZHART

Le projet ZHART a permis aussi de consolider une **expertise en génie végétal** : préparation du **plan de plantation** suivant les besoins/ objectifs de la nouvelle ZRV, contribution au **suivi** et au **maintien** des performances à travers l'évaluation de la présence d'espèces envahissantes (faune et flore) pré et post plantation et des **préconisations d'entretien**.

En réponse aux exigences de certains maîtres d'oeuvre, la **traçabilité** de production de ces végétaux peut se réaliser à deux échelles : lors de la récolte des semences sur le site de production ou en milieu naturel et lors de leur mise en culture. Actuellement, près de 75% des hélrophytes produites, dédiées aux aménagements environnementaux, proviennent des semences récoltées sur site. Tout au long de leur cycle de développement un suivi des traitements naturels est réalisé (engrais organiques et pesticides naturels).

Fonctionnalité écologique et biodiversité

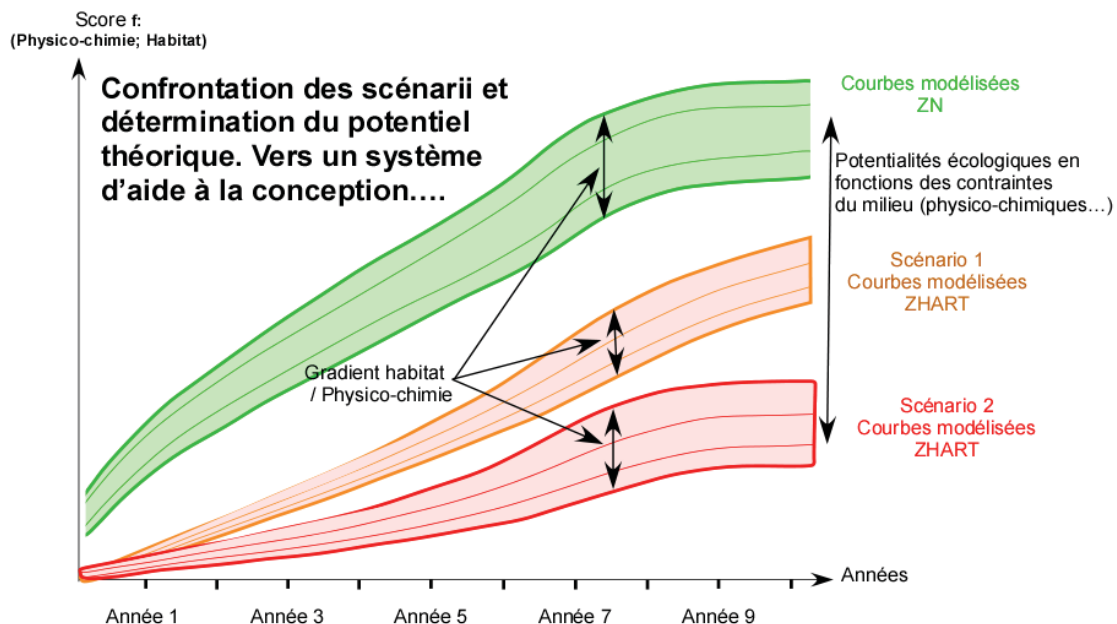
Modélisation et suivi de la qualité écologique

Des audits biodiversité ont aussi été faits sur les sites d'étude. Cela a permis d'élaborer une base de données **inventaire biodiversité** (faune, flore et utilisation de substrats artificiels) qui a servi de base au modèle développé dans le cadre du projet.

Le **modèle biologique des nouvelles ZRV** est un modèle prédictif de la qualité des peuplements macrobenthiques potentiellement présents dans une nouvelle ZRV.

En l'état actuel, les méthodes mises en œuvre et le modèle développé permettent :

- de caractériser **l'état écologique** des nouvelles ZRV avec des techniques adaptées,
- de dresser une **cartographie évolutive** de différentes espèces végétales au cours du temps,
- de mettre en relation cette évolution végétale potentielle avec des variables décrivant les **peuplements faunistiques** ce qui permet de caractériser **l'évolution diachronique** des peuplements macrobenthiques.



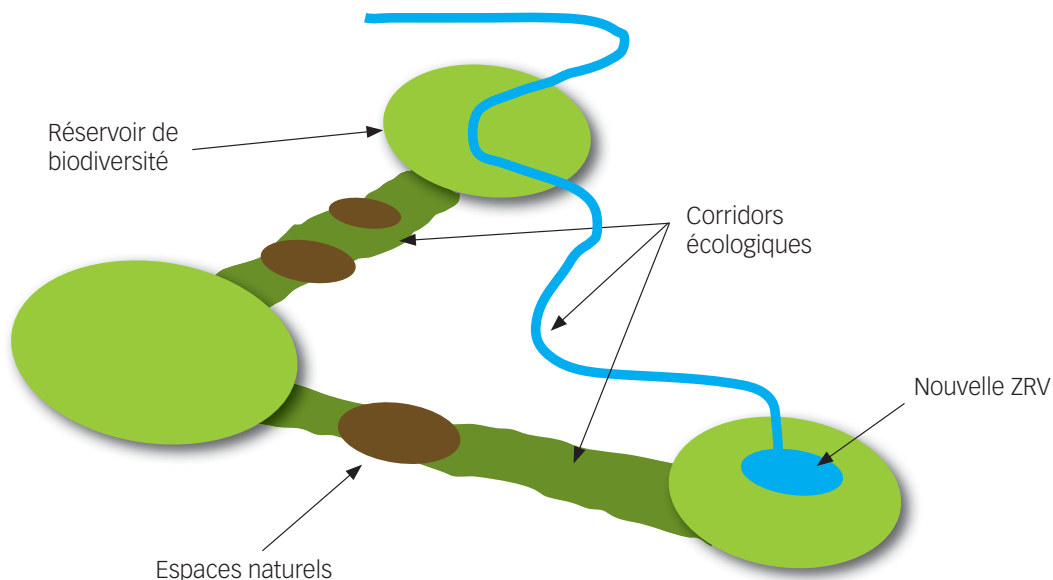
Le modèle permet de **comparer des scénarii** à la conception sur la base de leur **évolution dans le temps**.

Le projet ZHART a conduit au développement d'une **méthodologie de suivi** des ZRV par **substrats artificiels** qui propose une meilleure évaluation de la qualité écologique des nouvelles ZRV (peuplements macrobenthiques). Couplée au modèle prédictif, elle permet d'optimiser la gestion de ces milieux grâce à des actions d'entretien et de réajuster la prédiction d'évolution du site pour les années suivantes.

Intégration dans la Trame Verte et Bleue

La **modélisation des continuités écologiques**, et l'analyse de l'état de l'art menées dans le cadre du projet, ont mis en évidence certains éléments importants à prendre en compte pour évaluer le potentiel de connectivité des ZRV avec les **Trames Verte et Bleue**, parmi lesquels la conception, l'aménagement du territoire et la gestion des nouvelles ZRV.

Ce développement permet d'ajuster la modélisation écologique des nouvelles ZRV décrites précédemment.



Ce modèle et le monitoring proposés sont essentiels pour garantir le maintien des fonctionnalités tant épuratoires qu'écologiques des nouvelles ZRV. Ils contribueront aussi à la conception des Trames Vertes et Bleues.



Intégration socio-territoriale



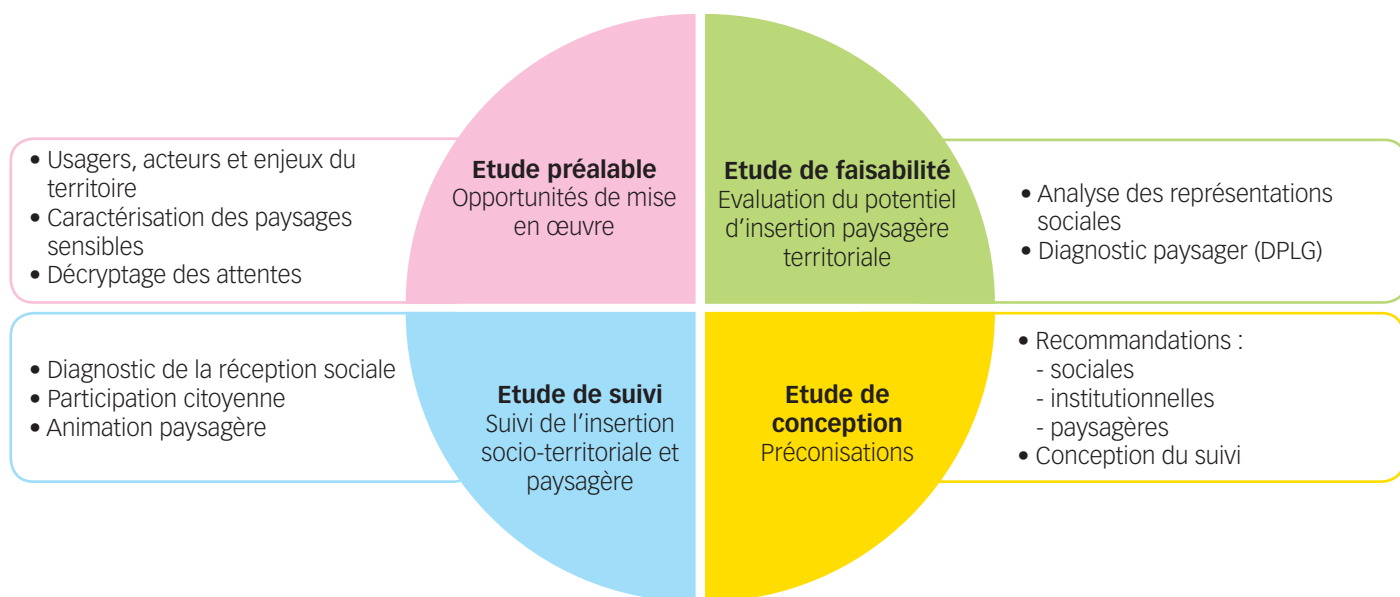
Les nouvelles ZRV sont des **dispositifs sociotechniques** qui doivent **trouver leur place dans un territoire** donné, lui-même constitué d'acteurs divers, d'usages variés, d'interrelations entre les acteurs et les individus, entre les niveaux territoriaux et des conditions « naturelles » (biogéographiques, topographiques et hydrologiques) spécifiques. Les habitants, les usagers, les gestionnaires et les élus ont des représentations différentes de l'objet sociotechnique et du territoire concerné, qui pèsent sur la conception et la réception des nouvelles ZRV.

Dans le cadre du projet, un diagnostic d'insertion **territoriale** effectué sur les sites étudiés et une évaluation des **représentations sociales** sur deux sites montrent que l'intensité de l'insertion territoriale peut varier d'un site à un autre, selon le niveau de prise en compte de cet aspect au préalable.

Une méthodologie d'insertion sociale et territoriale a pu être établie grâce aux travaux effectués dans le cadre du projet ZHART. Elle permet dans la phase amont du projet, de définir les besoins et les opportunités de mise en œuvre, enfin de trouver sa place dans un territoire. Il s'agit principalement d'une étape de concertation entre les **différentes parties prenantes** (usagers, élus, associations...), indispensable au succès de tout projet de génie écologique.

Puis dans la phase projet, elle donne des **recommandations** sociales, institutionnelles et paysagères pour la mise en place d'actions nécessaires au succès du projet et au maintien de l'acceptation du projet.

Méthodologie d'insertion sociale et territoriale :



Les nouvelles ZRV : une solution innovante

Plus de **20** audits de sites sur les aspects hydrauliques, épuratoires et/ou écologiques

50 microcosmes étudiés pendant plus de 2 ans

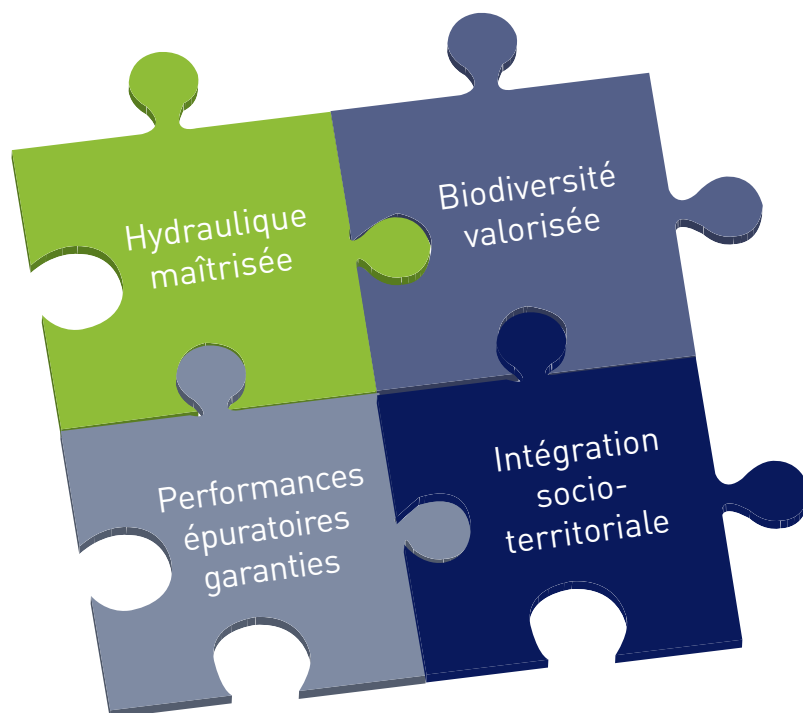
3 réunions du Conseil Scientifique externe

Une réponse aux besoins écologiques et aux **nouvelles exigences réglementaires**

Améliorer le traitement des eaux usées, mieux **protéger le milieu naturel**, anticiper de nouvelles exigences réglementaires.

La solution : le nouveau concept des ZRV

- Mettre à disposition des acteurs concernés un **traitement tertiaire innovant par des nouvelles ZRV**, qui offre des **garanties** d'élimination de micropolluants, d'abattement des pathogènes et des nutriments, et de qualité écologique
- Une démarche **intégrée** basée sur la norme de génie écologique NF X 10-900 permettant d'offrir une **conception optimale** adaptée aux besoins spécifiques et aux enjeux environnementaux des acteurs, ainsi qu'un **suivi et une gestion efficace et fiable** à l'aide d'outils innovants
- Une **offre modulaire**, comprenant des **prestations de base** qui peuvent être enrichies par des **services complémentaires** adaptés aux contextes spécifiques







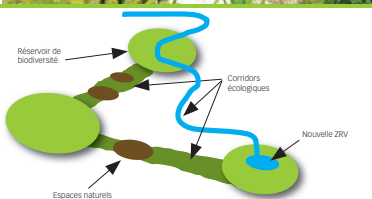



issue de la recherche collaborative

Plus de **100** personnes enquêtées (décideurs, élus, exploitants, techniciens, riverains)

Plus de **10 000** résultats d'analyses de micropolluants dans les matrices eau, sédiments, substrats et végétaux

Services/produits

		1 Faisabilité	2 Conception	3 Travaux suivi de chantier	4 Suivi et gestion
Garantie de traitement (micropolluant, azote, bactériologie) (SUEZ)		Définition des objectifs de traitement face aux besoins clients		Conception pour atteinte des objectifs	Evaluation performance de traitement (prélèvement, interprétation) → Plan de gestion associé
Analyse des micropolluants : - Eau, sédiments, végétaux (LPTC, Eurofins) - POCIS (LPTC) - Faune (Leres)					Mesure des concentrations de micropolluants cibles
Inventaire faune/flore (Rive)		Intérêt environnemental du site			Recouvrement des plantes d'intérêt
Modèle de prédiction de l'état écologique (Rive, Nymphéa)			Optimisation de la performance écologique	Expertise génie écologique	Evaluation performance écologique (comparaison aux objectifs) → Plan de gestion associé
Outils de monitoring spécifiques (Rive)					Evaluation performance écologique
Etude du plan de plantation selon besoins du client (épurationires, paysagers...) (Nymphéa)			Plan de plantation	Plantation et expertise génie végétal	
Modélisation des réseaux écologiques (CITERES)		Intérêt environnemental du site	Prise en compte du réseau écologique		Suivi des évolutions du réseau écologique
Intégration socio-territoriale (CITERES)		Evaluation du potentiel d'insertion paysagère et territoriale	Inscription du projet de ZRV dans un projet territorial		Diagnostic de la perception sociale Participation citoyenne Animation paysagère

Consortium de partenaires

SUEZ et sa filiale Eau France, NYMPHEA, RIVE, LERES-EHESP, CITERES (Université de Tours), EUROFINS-IPL.



Avec le concours des Pôles DREAM et EAU pour la labellisation et accompagnement du projet avec Transferts LR



Ce projet a été soutenu par le Fonds unique interministériel, le BPI France, le Fonds Feder Languedoc Roussillon, le Conseil Régional du Centre, le Conseil Régional de la Région Occitanie et l'Agglomération de Tours

