

Accord Cadre ZABR - Agence de l'Eau

Fiche projet

IDESOC - Identification et caractérisation des sources de contaminants dans des bassins versants d'usage mixte : approche intégrée

TITRE DU PROJET : Identification et caractérisation des sources de contaminants dans des bassins versants d'usage mixte : approche intégrée - IDESOC

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE DU PROJET :

Marina Coquery, UR RiverLy, INRAE

EQUIPES DE RECHERCHES ZABR CONCERNEES et CONTACT SCIENTIFIQUE DE L'EQUIPE

UR RiverLy, équipes LAMA et Hydrologie des bassins versants, INRAE ; contact : Marina Coquery (coll. principaux : Matthieu Masson, Flora Branger, Amine Boukra, Loïc Richard, Lysiane Dherret, Mickael Lagouy) IGE, équipe Hydrimz, université Grenoble Alpes ; contact : Céline Duwig (coll. principaux : Lorenzo Spadini, Guillaume Nord, Jean Martins)

LEM, équipe BPOE, université de Lyon ; contact : Benoit Cournoyer (coll. principaux : Didier Blaha, Laurence Marjolet, Carine Commun, Delphine Mounié)

AUTRES PARTENAIRES

- Recherche :

PACTE, équipe Environnements, université Grenoble Alpes ; contact : Pauline Dusseux (coll. principaux : Nicolas Robinet) ; cette équipe ne fait pas partie de la ZABR et interviendra de ce fait en sous-traitance de l'équipe IGE. Ces deux équipes se connaissent bien et travaillent déjà ensemble. Deux stagiaires seront co-encadrés.

THEME DE RATTACHEMENT ZABR

Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes

THEME DE RATTACHEMENT AGENCE DE L'EAU -QUESTIONS AGENCE DE L'EAU

2.2 – Mieux évaluer l'état et les risques de dégradation des masses d'eau en améliorant les données et l'utilisation des pressions liées aux activités humaines.

2.2.1 – Améliorer l'évaluation de l'état et des risques concernant l'atteinte des objectifs environnementaux pour une évaluation pertinente à l'échelle des masses d'eau.

SITE OU OBSERVATOIRE DE RATTACHEMENT ZABR

Site RBV Yzeron, OTHU / OZCAR

Site rivières Cévennoles (Claduègne), OHMCV / OZCAR

RESUME DU PROJET GLOBAL

Les sources de contaminants chimiques vers les cours d'eau sont nombreuses. Si les sources ponctuelles sont assez facilement identifiables, il semble plus difficile d'identifier l'ensemble des sources diffuses de contaminants dans des bassins versants de méso-échelle ($\sim 10-10^3$ km²) à usage mixte. En complément des méthodologies appliquées par l'AERMC pour quantifier toutes ces sources de contaminants, nous proposons de développer et de valider une approche simplifiée pour localiser, identifier et caractériser les sources de contamination

(urbaine/agricole ; diffuse/ponctuelle ; apports des nappes/sols, ...) qui contribuent majoritairement à la dégradation de l'état des eaux. Cette approche inclut la localisation des sources à l'échelle d'un bassin versant et l'évaluation de leur variabilité temporelle à l'aide d'indicateurs simples, et la mesure des conséquences de ces apports de contaminants sur la qualité des cours d'eau en aval. Deux bassins versants (sites ateliers de la ZABR) déjà instrumentés et documentés ont été choisis pour développer et tester cette approche afin de bénéficier des différentes connaissances et méthodologies existantes, puis de comparer les résultats. L'originalité du projet proposé ici réside dans le choix d'une approche intégrée : identification a priori des sources de contaminants sur la base de données socio-économiques (enquêtes de terrain et cartographie d'usage des sols), couplées à la mesure de paramètres « low-cost » et à la sélection de signatures chimiques et microbiologiques spécifiques de chaque source. Ceci permettra un diagnostic à moindre coût portant sur l'identification des sources de contaminants lors d'événements hydrologiques contrastés à l'exutoire de petits bassins. En lien avec le SDAGE, les résultats de ce projet permettront de proposer une méthode « générique » permettant de faciliter la localisation et la quantification des sources principales de contaminants sur un bassin versant de type méso-échelle à usage mixte, pour définir et engager des actions pertinentes de réduction des apports.

- **Livrables** : Réunion publique de restitution de l'étude auprès des acteurs locaux ;
Rapport de fin de projet : méthodologies « low cost » - SHS + chimie/microbiologie - pour identifier les sources potentielles de contaminants et application/diagnostic sur 2 bassins versants ;
Méthodologie pour échantillonner des sources diffuses (eaux/sol) ;
Documentation de la contamination bactérienne sur les deux BV ;
Document de type « transfert opérationnel » rappelant les objectifs et les principes de la méthode et incluant les éléments techniques pour sa mise en œuvre sur un bassin versant (une publication de ce document dans une revue technique telle que TSM sera envisagée).

ENCART INRAE - RiverLy (Marina COQUERY)

- Tache de l'équipe dans le projet : deux équipes de l'unité RiverLy participent à ce projet, l'équipe du Laboratoire de chimie des milieux aquatiques (LAMA) (MC DR coord., MM IR, AB doctorant, LD AI, LR TR) et l'équipe d'Hydrologie des bassins versants (FB IPEF, ML AI). Les membres impliqués apportent leur expertise dans les domaines suivants : chimie analytique et environnementale, biogéochimie, hydrologie. Ils identifieront les sources à échantillonner sur le BV de l'Yzeron en prenant en compte la nature des activités sur les bassins-versants en lien étroit avec les équipes PACTE et HYDRIMZ ; ils réaliseront le travail de terrain (prélèvements, analyses chimiques) sur le BV Yzeron ; ils organiseront la distribution des échantillons en vue des analyses microbiologiques ; ils seront chargés du traitement statistique pour la construction des empreintes, et la comparaison avec les résultats des campagnes en exutoires de bassins en lien étroit avec les équipes partenaires ; ils participeront à la mise en regard des résultats obtenus sur les bassins de l'Yzeron et de la Claduègne (en lien avec les autres partenaires du projet). La coord. du projet s'assurera de la bonne avancée du projet et de la préparation des livrables.

ENCART Université Grenoble Alpes – IGE-HYDRIMZ (Céline DUWIG)

- Tache de l'équipe dans le projet : l'équipe HYDRIMZ de l'IGE est responsable du suivi hydrométéorologique et hydrochimique du BV de la Claduègne, qui fait partie de l'observatoire OHMCV. Les membres de l'équipe impliqués dans le projet incluent un hydrologue CNAP, un maître de conférences en géochimie et 2 chercheurs en microbiologie et physico-chimie des sols. Elle se chargera de l'échantillonnage des sources (sols, eaux) et des suivis géochimiques et microbiologiques des eaux de rivières aux différents sites évoqués et travaillera en collaboration avec l'équipe Riverly sur des résultats d'analyse des ions traceurs de l'eau et la construction des modèles de mélange grâce à sa bonne connaissance du fonctionnement hydrologique du bassin. L'équipe Hydrimz travaillera en collaboration

avec le laboratoire PACTE pour la localisation des sources sur le site de la Claduègne. L'équipe Environnements du laboratoire PACTE interviendra comme suit : une maître de conférence en géographie et un ingénieur cartographe apporteront leur expertise pour la création, gestion et traitement/analyse des enquêtes (entretiens et questionnaires) auprès des acteurs socio-économiques des 2 bassins versants et le co-encadrement de 2 stagiaires de M2 qui réaliseront ce travail sur le terrain, gestion des données à caractère personnel ; intégration et gestion des données dans un Système d'Information Géographique (SIG) ; analyse spatio-temporelle de l'occupation et de l'usage des sols par traitement de données de télédétection sur les deux bassins versants étudiés. Aussi, une antenne du laboratoire est implantée depuis 25 ans sur l'un des bassins versants de l'étude et apporte ainsi sa connaissance fine du territoire d'étude (diagnostic de territoire).

ENCART - LEM (Benoit COURNOYER)

- Tache de l'équipe dans le projet : les membres du LEM – équipe BPOE (bactéries pathogènes opportunistes et environnement) » (BC= DR CNRS, DB= MCF, Univ. Lyon 1, LM=IE VetAgro Sup, CC & DM = T Univ. Lyon 1) prenant part à ce projet apporteront leurs expertises dans les domaines de l'écologie microbienne, et plus particulièrement l'étude des relations entre répartition de polluants chimiques et de certaines populations d'espèces bactériennes dont des formes pathogènes ou spécialisées pour une colonisation du tractus intestinal de certains hôtes (Homme, bovins, porcs, chiens, rongeurs). La composition chimique du milieu aquatique (matières organiques, pH, contamination par certains polluants) impacte la diversité microbienne des bassins-versants tant au niveau de la structure des communautés que de leur fonctionnement. Dans ce projet, nous nous appuyons sur des cribles développés et validés par l'équipe dans le cadre de travaux effectués sur le BV Yzeron et ayant permis de démontrer l'intérêt et l'efficacité d'un suivi d'espèces bactériennes pour inférer la qualité sanitaire des cours d'eau, et les sources de contaminants organiques. Nous compléterons cette trousse à outils en prenant en compte la nature des activités sur les bassins-versants (selon travaux des équipes PACTE et IGE-HYDRIMZ) et les polluants chimiques qui seront référencés (selon travaux de l'équipe RiverLy-LAMA). De nouveaux tests (qPCR) seront développés pour le suivi de gènes fonctionnels comme *fabV* impliqué dans la dégradation du triclosan, ou *tpm* dans la détoxification de métalloïdes.

FINALITES ET ATTENDUS OPERATIONNELS :

La présence de nombreux contaminants chimiques et biologiques dans les écosystèmes aquatiques, y compris des contaminants toxiques et/ou persistants tels que les pesticides, les produits pharmaceutiques, les métaux, les micro-organismes pathogènes d'origine humaine ou animale, est aujourd'hui clairement démontrée. Il en résulte une dégradation importante de l'état écologique des eaux naturelles et une augmentation de l'exposition des êtres humains et des organismes aquatiques. Les bassins hydrographiques de taille méso-échelle ($\sim 10\text{-}10^3$ km²), avec une utilisation mixte des sols et des géologies hétérogènes, sont particulièrement sensibles à une telle contamination. Les masses d'eau de surface sont principalement constituées de petits cours d'eau, souvent intermittents, et très proches de sources de contamination diffuses ou ponctuelles liées au développement urbain, au tourisme et à l'agriculture (Giri & Qiu 2016). Ces cours d'eau ont une très faible capacité de dilution, ce qui augmente leur sensibilité à la contamination et peut affaiblir leurs services écologiques, dont l'accès aux ressources en eau (captage de surface pour l'eau potable, l'irrigation, ou les usages récréatifs). Le changement climatique pourrait exacerber les impacts anthropiques en affectant davantage la capacité de dilution des cours d'eau en raison d'étiages de plus en plus sévères.

Les sources de contaminants chimiques vers ces cours d'eau sont nombreuses. Parmi elles, on retrouve le transport de contaminants associés au ruissellement et à l'érosion depuis les terres perméables et les surfaces imperméabilisées, les rejets ponctuels de déversoirs d'orage, de stations de traitement des eaux usées et d'émissions industrielles (EU, 2012). En application de la directive fille 2008/105/CE de la directive cadre sur l'eau (DCE), les états membres doivent réaliser des inventaires des émissions, rejets et pertes de substances dangereuses dans les eaux de surface par district hydrographique. L'état des lieux du bassin Rhône-Méditerranée (AERMC, 2019) donne une estimation des flux des substances dangereuses en se basant sur des modèles pour 88% de leur estimation. Ces inventaires ne prennent pas en compte certaines sources, difficiles à identifier comme les eaux usées des ménages non raccordées, les pertes et débordements de réseaux d'assainissement, ou encore les stocks de contaminants (par exemple dans les sols, sédiments de rivière...) qui peuvent être libérés dans certaines conditions hydrologiques favorables. Si les sources ponctuelles sont relativement facilement identifiables

(tout au moins en dehors des périodes de pluie intense), il semble plus difficile d'identifier l'ensemble des **sources diffuses de contaminants** notamment dans des **bassins versants de méso-échelle à usage mixte**, comme cela a été montré sur le bassin de la Claduègne dans le projet PHARMA-BV (Martins et al., 2019). De plus, en lien avec la disposition 5A-02 du SDAGE, les syndicats de bassin porteurs de SAGE ou de contrat de milieu doivent **identifier et quantifier les différents flux de pollution à l'échelle d'un bassin versant** ou d'une partie de bassin versant, et définir des flux admissibles pour engager des actions pertinentes de réduction des apports, en particulier pour les milieux les plus sensibles. Il est donc nécessaire d'inférer les contributions relatives de l'ensemble de ces sources de contaminants, et si possible les quantifier, pour une meilleure gestion des ressources en eau à l'échelle des bassins versants (ex. gestion des déversoirs d'orage et ouvrages à la source pour la partie urbaine, zones tampon, etc.). Pour cela, il faut identifier et caractériser les sources, documenter leur variabilité temporelle, et tracer l'évolution de leur mélange jusqu'à l'exutoire d'un bassin versant. C'est l'objet de l'action méthodologique proposée ici, avec une application sur deux bassins versants modèles, sites ateliers de la ZABR. En complément des méthodologies appliquées par l'AERMC pour identifier et quantifier les sources de contaminants, ce projet propose de développer et valider une approche simplifiée pour localiser et identifier les sources de contaminants et leur nature-type (urbaine/agricole ; diffuse/ponctuelle ; apports par les nappes/sols...) qui contribuent majoritairement à la dégradation de l'état des eaux en fonction des sites et des conditions hydrologiques/saisonniers. Cette approche inclut **la localisation spatiale des sources de contaminants sur le BV et l'évaluation de leur variabilité temporelle/saisonnalité**.

L'originalité de l'approche proposée ici réside dans la détermination a priori des sources de contaminants sur la base de données d'enquêtes de terrain et d'aménagement du territoire, couplées à la mesure de traceurs (ou paramètres) chimiques et microbiologiques. **Cette approche s'affranchit de l'analyse de contaminants organiques** qui peut s'avérer partielle et très souvent coûteuse. L'utilisation d'une large palette de **paramètres** (ou traceurs) « **low-cost** » issus d'approches analytiques et statistiques spécifiques de différentes disciplines permettra de sélectionner et combiner les marqueurs les plus pertinents (qui permettent de distinguer certaines sources), pour élaborer des signatures (ou empreintes) biogéochimiques spécifiques à chaque type de source - prédéfinie - de contaminants. Les compétences méthodologiques en analyse spatiale, géomatique et enquête seront mobilisées dans le but de pré-identifier les sources potentielles de contaminants et leur localisation. L'acquisition des données d'aménagement du territoire est déjà engagée, elle repose sur des liens privilégiés tissés au fil des ans avec les acteurs des bassins versants ciblés, et déjà sollicités pour la Claduègne dans le cadre du projet PHARMA-BV (Martins et al., 2019), et aussi pour l'Yzeron (cf. OTHU).

OBJECTIFS ET METHODOLOGIE :

Dans ce contexte, l'objectif principal de ce projet est d'arriver à plus facilement **identifier les sources - ponctuelles et diffuses - de contaminants lors d'évènements hydrologiques contrastés à l'exutoire de petits bassins versants** d'usage mixte. Pour cela, nous proposons de développer une approche intégrée originale pour caractériser indépendamment les différentes sources potentielles de contaminants sur la base de **données socio-économiques** (enquêtes de terrain et cartographie d'usage des sols) couplées à la mesure de paramètres « low-cost », et la sélection de **signatures** - ou empreintes - **chimiques et microbiologiques** spécifiques de chaque source ; puis d'utiliser ces signatures pour estimer (qualitativement ou quantitativement à l'aide de modèles de mélange) les contributions relatives de ces sources lors d'évènements hydrologiques contrastés à l'exutoire de petits bassins versants.

Deux bassins versants (BV) de méso-échelle sont proposés pour cette étude : la Claduègne (sous BV emboîtés Gazel/Claduègne) et l'Yzeron (sous BV emboîtés Mercier/Ratier). Ces deux BV sont caractérisés par des géologies contrastées, des utilisations mixtes des sols en forte concurrence (urbanisation, agriculture, tourisme) générant une contamination diversifiée dans le temps et dans l'espace (Labbas et al., 2015). Ces bassins versants, caractérisés par des cours d'eau intermittents, ont des régimes de précipitation marqués par les saisons avec de longues périodes d'étiage en été et des crues importantes et rapides au printemps et en automne. La taille du BV en lien avec ces fortes variations de débit désigne ce type de BV comme particulièrement sensible en termes de transfert de contaminants (Giri & Qiu 2016). Ainsi, le projet PHARMA-BV (Martins et al., 2019) conduit sur la Claduègne a démontré la présence de produits pharmaceutiques humains et vétérinaires ainsi que de certains pesticides, et un comportement différent des contaminants selon leur nature/usage et les conditions hydrologiques (augmentation des concentrations en crue pour certains pesticides, dilution des concentrations pour des pharmaceutiques). Les résultats préliminaires sur l'Yzeron ont également montré que les crues entraînent le transfert de pesticides et de contaminants microbiens dans le réseau hydrographique à partir de sources diffuses en lien avec le lessivage et l'érosion des sols, tandis que des apports de produits pharmaceutiques sont plus liés aux débordements des égouts unitaires (e.g. Navratil et al., 2020). Les deux sites sont des observatoires labellisés de la ZABR (OTHU, OHMCV, Nord et al. 2017, Branger et al. 2013) et font partie de l'infrastructure de recherche OZCAR.

Tache 1 - Diagnostic de l'occupation des sols et de l'utilisation des produits chimiques sur les bassins versants

L'objectif est d'optimiser les méthodologies permettant d'identifier les sources de contaminants et leur localisation sur les 2 bassins versants étudiés, en **combinant des données cartographiques et des enquêtes** dédiées aux utilisateurs socio-économiques. Les données d'enquête seront intégrées à la cartographie afin **d'obtenir une carte des sources potentielles de contamination**, en associant la couverture des sols et les pratiques.

Une méthodologie d'enquête commune sera mise en œuvre pour les deux bassins versants afin d'identifier les utilisations ou les rejets dus aux activités socio-économiques (agriculture, urbain/industrie, tourisme, santé), leur type (ponctuel/diffus) et leur localisation. Elles seront conduites directement auprès d'agriculteurs et d'autres acteurs économiques pour obtenir le détail des quantités et la nature des produits utilisés. Cette approche « point par point » est nécessaire pour identifier les sources ; il s'agit d'un enrichissement significatif par rapport au mode d'enquête plus sélective proposé dans le projet PHARMA-BV (Martins et al., 2019). L'implantation du laboratoire PACTE sur le site même de la Claduègne (CERMOSEN) favorise la collecte de ces données au vu des contacts établis de longue date avec les acteurs du milieu. En parallèle, sur le BV de l'Yzeron, le partenariat avec les acteurs opérationnels (syndicat de rivière) nous permettra d'avancer efficacement.

Une cartographie à haute résolution de la couverture et de l'utilisation des sols à l'échelle des bassins versants sera obtenue par télédétection et en combinant les données et rapports existants (IGN, enquêtes agricoles, OSO-CESBIO, Open Data AuRA, ...), ainsi que les connaissances antérieures. Ce travail visera également à identifier les pratiques urbaines et agricoles locales en utilisant des séries temporelles d'images satellites à haute résolution spatiale (Alleaume et al. 2018), et permettra de définir des périodes d'échantillonnage spécifiques pour la Tache 2.

Tache 2 - Acquisition de données expérimentales pour l'identification des sources de contaminants à différentes échelles (spatiales et temporelles)

Différentes modalités d'échantillonnage sont prévues pour produire des données spécifiques sur les deux sites d'études afin de **caractériser les sources selon leur type et leur nature** (ponctuelle vs diffuse, urbaine vs agricole, apports par les nappes/sols...), et ce **au cours du temps**. Un effort particulier sera porté sur les **méthodes d'évaluation des sources diffuses**, dont les apports sont encore peu documentés dans ce type de bassin versant d'usage mixte.

Sur la base des résultats de la Tache 1, les sources potentielles de contaminants seront échantillonnées au niveau de sous-bassins élémentaires drainant une zone représentative des différentes utilisations des sols rencontrées (par exemple, prairie avec élevage, forêt, vignoble), et dans les rejets anthropiques (par exemple, déversoirs d'orage, fossés). De plus, leur variabilité temporelle (intra-annuelle) au cours des saisons sera évaluée - en fonction des précipitations, du régime hydrologique, de l'application des produits - avec un échantillonnage adapté à chaque type de source (en particulier entre sources ponctuelles et diffuses). Il est aussi prévu de comparer les caractéristiques des sources similaires (par exemple une source d'élevage bovin) mais spatialement différentes (2 sources sur un même BV ou sur chaque BV étudié).

Ces échantillonnages seront effectués selon deux approches principales (eaux/sols) et à plusieurs échelles afin de tester leur opérationnalité et leur pertinence :

- 1) Echantillons d'eau (ou de biofilms via les « germcatchers », Mermillod-Blondin et al. 2019), d'une part au plus près des sources de polluants (rejets ponctuels type déversoir d'orage, fossés, ruissellement à l'échelle de la parcelle) ; et d'autre part, dans le cours d'eau à l'aval immédiat de surfaces drainant une contamination potentielle. Dans le domaine agricole, les études préliminaires ont montré que l'on peut cibler une utilisation des sols bien marquée, au point qu'un affluent peut être associé à un seul type d'usage de sol. Au total, 15 à 20 sources seront échantillonnées sur les 2 BV pour 2 à 4 périodes différentes selon le type de source (n=50 échantillons environ).
- 2) Par exemple, pour la Claduègne, 5 zones ont été pré-sélectionnées sur le sous-bassin du Gazel avec des usages de sol uniques (élevage bovin, porcin, caprin, vignes et zone urbaine) ce qui permettraient de faire le lien entre contamination des sols et qualité des eaux de rivières directement en aval. Pour le sous-bassin de l'Yzeron, la sélection des zones reste à faire, en s'inspirant des méthodologies développées sur la Claduègne. Echantillons de sols au plus près des sources de polluants agricoles à l'échelle de la parcelle (ex. vignobles, vergers, élevage, ...), qui seront analysés après lixiviation en laboratoire. On vise 2 à 3 campagnes sur une dizaine de sites (n=30 échantillons).

Le volet analytique porte sur la détermination de marqueurs associés aux sources de pollution à partir d'analyses de paramètres simples, et non pas sur la détermination de contaminants organiques spécifiques pour lesquelles aucune analyse ne sera réalisée. L'objectif est de dégager des méthodologies permettant de déterminer la présence de contaminants (cocktails typiques) via l'analyse d'une **combinaison de paramètres « low-cost »**

permettant de représenter les sources de contaminants chimiques. Les paramètres mesurés seront les suivants : les ions majeurs ; métaux-traces ; MST - suivi des sources de contaminations fécales ou de polluants chimiques (n=8 marqueurs), e. g. Marti et al. (2017) ; et plusieurs marqueurs chimiques issus de la caractérisation de la matière organique dissoute - MOD à l'aide de plusieurs méthodes complémentaires (UV-Vis, fluorescence 3D, HPSEC-UV/fluorescence, Masson et al. 2018 ; exemples de marqueurs : SUVA, taille moyenne des molécules organiques, proportion de chromophores fluorescentes de type acide humiques et fulviques ou protéine-like).

En complément, des cartographies spatiales de la qualité de l'eau seront réalisées pour chaque sous BV à partir d'analyses biologiques rapides et peu coûteuses, telles que la PCR (qPCR) pour le dépistage de l'ADN (Marti et al. 2017) ; ces analyses seront réalisées sur une cinquantaine d'échantillons d'eaux de surface répartis sur l'ensemble des 2 sous BV dans des périodes hydrologiques contrastées (période de basses eaux et période de pluie) (n=200). Ces cartographies permettront une meilleure contextualisation et interprétation de la variabilité spatiale et temporelle des sources échantillonnées sur chaque BV.

L'ensemble des données produites sera exploité à l'aide d'outils d'analyses de données statistiques de pointe pour ce domaine d'étude (e.g. analyse multivariée, approches bayésiennes). Il s'agira de sélectionner un jeu de variables permettant de discriminer au mieux les différentes sources en comparant les variabilités intra-source (par comparaison des caractéristiques de sources similaires, en prenant en compte la variabilité temporelle de chaque source) aux variabilités inter-sources (par comparaison des caractéristiques des différents types de sources). Cette analyse, permettant de construire des « empreintes biogéochimiques » spécifiques de chaque source, sera effectuée séparément selon les deux approches d'échantillonnage étudiées (eaux/sols). Les niveaux de complexité des jeux de variables sélectionnés (nombre et types de paramètres analysés, coût, analyses courante de laboratoire...) seront comparés à leur efficacité pour discriminer les types de sources. Ainsi, les méthodes (échantillonnage / marqueurs / empreintes) les plus pertinentes seront sélectionnées et classées en terme de coût / facilité d'utilisation vs. informations produites.

Tache 3 – Validation de la méthodologie de traçage des sources par combinaison d'études de terrain et de laboratoire

Il s'agit ici de la **validation de la méthodologie développée** : tester si l'on peut identifier des sources différentes (nature/type) à l'aide des marqueurs et empreintes définis dans la tâche 2, comparer les deux approches (sols/eaux) sur certains sites, et évaluer la justesse d'estimation des contributions de chaque source. Cela sera fait grâce à une méthode expérimentale simplifiée en laboratoire et puis à partir de données collectées sur le terrain.

1) Expérimentation labo

Tests de mélange de sources en laboratoire pour vérifier si l'approche développée dans les tâches 1&2 fonctionne sur des modèles simplifiés (identification et estimation des contributions de 2 à 4 « sources » dans un mélange d'eau de rivière reconstitué à partir d'échantillons réels).

2) Expérimentation terrain

Des événements hydrologiques typiques (crues, temps de pluie) seront échantillonnés et analysés sur la base des empreintes (ou signatures) construites dans la tâche 2. Ainsi, 2 campagnes de prélèvements sont prévues par BV pour lesquelles 2 sites seront ciblés en aval de bassins emboîtés afin d'avoir 2 niveaux de complexité de mélange de sources. Les sites d'échantillonnage sur les cours d'eau sont pré-définis et déjà documentés (n =16). Les empreintes biogéochimiques globales des exutoires des deux BV seront comparées, puis confrontées à la définition des empreintes typiques des sources de la Tache 2 pour tester leur parenté. Des modèles de mélange basés sur les empreintes biogéochimiques seront appliqués afin d'estimer les contributions des eaux provenant des différentes sources de contaminants.

Sur la Claduègne, des analyses préliminaires réalisées durant le projet PHARMA-BV (Martins et al., 2019) ont démontré que le contraste géologique du bassin versant de la Claduègne génère dans l'eau des contrastes chimiques associés (silice, cations métalliques). Les résultats des analyses de cations et anions serviront également à identifier les compartiments principaux d'origine des eaux durant les événements hydrologiques. Ces empreintes permettront d'affiner, voire de vérifier les modèles de mélanges des eaux.

La cartographie spatiale de la qualité de l'eau (Tache 1&2) sera comparée aux signatures biogéochimiques afin de tester leur potentiel pour mieux évaluer les sources de contaminants.

Résultats attendus :

- En lien avec la disposition 5A du SDAGE, les résultats de ce projet permettront de faciliter la localisation, l'identification et la quantification des principales sources de contaminants sur des BV d'usages mixtes (sources multiples) et méso-échelle, pour définir et engager ensuite des actions pertinentes de réduction

des apports vers les cours d'eau (ex : gestion des déversoirs d'orage et ouvrages à la source pour la partie urbaine, zones tampon). Nous analyserons la complémentarité des éléments apportés par la méthode simplifiée proposée in fine par rapport aux diagnostics établis dans les documents de planification de bassin et les schémas de gestion locaux disponibles.

- Le projet permettra d'établir une méthode « low cost » avec moins de paramètres à étudier (ils seront triés dans le présent projet). L'hypothèse est que les différents types de sources anthropiques diffuses ou ponctuelles ont une signature biogéochimique propre que l'on pourra retrouver d'un bassin à l'autre. La comparaison des sources similaires sur deux bassins distincts permettra de vérifier cela ; les deux BV de la ZABR choisis déjà bien documentés permettront de tester cette méthode plus facilement et à moindre coût puisqu'il s'agit de BV déjà instrumentés.
- Des cartographies d'occupation des sols historiques seront réalisées sur les sites d'étude afin d'expliquer la présence de sources de contaminants en fonction de la trajectoire temporelle des parcelles.

Perspectives :

- Par la suite, nous pourrions appliquer cette méthode « générique » sur d'autres bassins versants, notamment le site du Tillet (cf. projet AERMC/ZABR Commused et projet soumis PharmaTox) ou le bassin de l'Ardières (site SAAM). A partir des données disponibles ou de campagnes de terrain complémentaires, il sera possible de déterminer des cocktails de contaminants (ex. pesticides/ pharmaceutiques) utilisés sur les bassins versants en fonction de l'occupation des sols.

DUREE DU PROJET: 24 mois

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AERMC, DREAL, OFB, 2019. Etat des lieux du bassin Rhône-Méditerranée 2022-2027. 341 pp.

[Alleaume et al 2018](#). A generic remote sensing approach to derive operational EBVs for conservation planning, *Methods Ecol Evol*.

[Branger et al 2013](#). Assessment of the influence of land use data on the water balance components of a peri-urban catchment using a distributed modelling approach, *J Hydrol*.

EU, 2012. Technical guidance on the preparation of an inventory of emissions, discharges and losses of priority and priority hazardous substances. Guidance document. No 28, 67 pp.

[Labbas et al. 2015](#). Development and evaluation of a periurban distributed hydrological model - Application to the Yzeron catchment (150 km²). *Houille Blanche* 5:84-91

[Martins et al 2019](#). Origine et devenir des contaminants pharmaceutiques dans les bassins versants agricoles. Le cas de la Claduègne (Ardèche). Rapport final PharmaBV.

[Marti et al 2017](#). Human-driven microbial contamination of benthic and hyporheic sediments of an intermittent peri-urban river assessed from MST and 16S rRNA genetic structure analyses. *Front Microbiol*.

[Masson et al 2018](#). Caractérisation intégrée de la matière organique dissoute d'eaux résiduaires. ResMO2018, Trégastel, France, 4-7 fév. 2018.

[Mermillod-Blondin et al 2019](#). Clay beads as artificial trapping matrices for monitoring bacterial distribution among urban stormwater infiltration systems ..., *Environ Monit Assess*.

[Navratil et al., 2020](#). Responses of streambed bacterial groups to cycles of low-flow and erosive floods in a small peri-urban, *Ecohydrology*

[Nord et al 2017](#). A high space-time resolution dataset linking meteorological forcing and hydro-sedimentary response in a mesoscale Mediterranean catchment of the Ardèche region, France, *Earth Syst Sci Data*.

EU, 2008. Directive fille 2008/105/CE du parlement européen et du conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau, modifiant et abrogeant les directives du Conseil 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE et modifiant la directive 2000/60/CE, JOUE L348/84.

[Giri & Qiu 2016](#). Understanding the relationship of land uses and water quality in 21st century: a review, *J Environ Manag*.

Navarro L., S. Stroffek, P.-J. Martinez, 2018. Note du Secrétariat technique du SDAGE Rhône Méditerranée, Définir les flux admissibles pour gérer les bassins versants fragiles vis-à-vis des phénomènes d'eutrophisation, 40 p.