

Intérêt opérationnel

Le principal intérêt opérationnel du projet IDESOC est de proposer une méthodologie innovante et intégrée, couplant enquêtes sur le terrain et cartographie sur les usages et pratiques, et suivis de paramètres physico-chimiques et microbiologiques « low-cost ». L'objectif est d'estimer les contributions des sources de contaminants aux exutoires de bassins versants de type rural ou péri-urbain lors d'événements hydrologiques. Deux bassins versants ont été documentés : le Ratier (Yzeron) et la Claduègne. Ce projet permet également d'améliorer les connaissances sur la contamination bactérienne des deux bassins versants étudiés.

Cadre d'utilisation

La méthodologie développée dans le projet IDESOC est adaptée au contexte de bassins versants de méso-échelle (10 à 100 km²) et d'usage mixte, avec une occupation du sol de type rural ou péri-urbain. Elle cible l'identification des sources de pollution diffuses et ponctuelles.

Contacts

INRAE : Marina COQUERY, marina.coquery@inrae.fr
IGE : Céline DUWIG, celine.duwig@ird.fr
PACTE : Pauline DUSSEUX, pauline.dusseux@univ-grenoble-alpes.fr
LEM : Benoit COURNOYER, benoit.cournoyer@vetagro-sup.fr

Références

- Baduel, M. (2022). Etablissement d'un modèle de mélange d'eau permettant de calculer la contribution de sous-bassins homogène à l'exutoire. Mémoire de Master, Université Paris-Est Créteil, RiverLy-INRAE. 45 pp. <https://hal.inrae.fr/hal-04605479v1>
- Betemps, M. (2021). Diagnostic de l'occupation du sol et de l'utilisation des produits chimiques sur le bassin versant de l'Yzeron (Rhône) : utilisation combinée d'enquêtes et de données cartographiques pour identifier les sources de contaminants et leur localisation. Rapport de stage, Université de Toulouse/Polytech Tours, Cermosen/Pacte/UGA/IGE, 55 pp.
- Boukra A. (2023). Caractérisation intégrée de la matière organique dissoute : recherche d'empreintes physico-chimiques pour tracer les sources de pollutions anthropiques. Thèse de doctorat, Université Lyon 1, 337 pp. <https://theses.hal.science/tel-04584694>
- Chtiba O. (2023). Caractérisation des sources de contaminants dans un bassin versant à usage mixte (agricole, urbain) (Claduègne, Ardèche). Rapport de stage du Master 2 Sciences de l'eau parcours Contaminants Eau et Santé. Université de Montpellier.
- Josse J. (2021). Identification et cartographie des sources potentielles de pollutions diffuses en milieu agricole : utilisation combinée d'enquêtes de terrain et série temporelle d'images Sentinel-2. Rapport de stage, Université de Strasbourg, 75 pp.
- Grandjouan O. (2024). Apports de la biogéochimie pour l'évaluation d'un modèle hydrologique distribué en milieu péri-urbain. Thèse de doctorat, Université Lyon 1, 331 pp.

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

Résumé :

Une méthodologie d'analyse spatiale, combinant géomatique et enquêtes sur les usages et pratiques, a été élaborée et mise en œuvre sur deux bassins versants (rural vs péri-urbain) de méso-échelle, afin d'identifier les sources potentielles de contaminants et leur localisation. En complément, la variabilité spatiale de la qualité de l'eau sur les cours d'eau de l'ensemble des deux bassins versants étudiés a été évaluée avec des techniques analytiques dites « low-cost » (analyse des caractéristiques de la matière organique dissoute - MOD - par spectrophotométrie UV-visible, paramètres microbiens par qPCR). Des sources potentielles ont été échantillonnées et analysées (ions majeurs, métaux, indicateurs UV-visibles pour la MOD et indicateurs microbien) afin de définir des empreintes biogéochimiques (ou signatures) sur les sites sélectionnés. Nous avons, tout d'abord, défini des empreintes biogéochimiques (ou signatures) spécifiques des différentes sources sur chaque bassin étudié. Un modèle de mélange biogéochimique a ensuite été appliqué sur des données issues de suivis d'événements hydrologiques à l'exutoire de sous-bassins emboîtés, afin d'estimer les contributions des sources aux exutoires des deux bassins versants étudiés. Enfin, ce rapport présente les résultats de la contamination bactérienne observée sur les deux bassins versants.

Contexte

Les bassins versants de méso-échelle (10-100 km²), caractérisés par une utilisation mixte des sols et des géologies hétérogènes, sont particulièrement sensibles aux changements d'occupation et d'usage du sol et au changement climatique. Les petits cours d'eau sont souvent intermittents et peuvent être impactés par le développement urbain, par les activités touristiques et certaines pratiques agricoles. Ces cours d'eau ont une très faible capacité de dilution, exacerbée par des étés secs plus longs, et ils réagissent souvent rapidement à de forts épisodes de pluie, qui deviennent également plus fréquents. Dans un avenir proche, l'artificialisation croissante des surfaces ainsi que le changement climatique pourraient aggraver ces impacts et entraîner une dégradation critique de la qualité de l'eau dans ces bassins versants. Dans ce contexte, plusieurs projets de recherche ont été menés en collaboration par 4 équipes de recherche pour mieux comprendre l'origine de l'eau des rivières, son devenir et les transferts de contaminants (chimiques et microbiologiques) associés.

Objectifs

L'objectif du projet IDESOC est de localiser spatialement les sources d'eau et de contaminants associés, et d'identifier et tester des traceurs « low-cost » pour estimer l'origine de l'eau et son cheminement dans le bassin versant. Cette approche originale est appliquée sur deux bassins versants de méso-échelle : le Ratier, situé dans le bassin versant de l'Yzeron (69), qui fait partie de l'[OTHU](#)¹ et la Claduègne (07), inclus dans l'[OHMCV](#)². L'originalité de ces recherches exploratoires est d'être pluridisciplinaires (sciences humaines et sociales, géographie, chimie, microbiologie, hydrologie). C'est un travail au long cours qui se déroule en plusieurs étapes, mobilisant à chaque fois des méthodes et outils spécifiques, et tous complémentaires.

Principaux résultats



¹ Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine ; <https://www.ozcar-ri.org/fr/observatoire-othu/>

² Observatoire Hydrométéorologique Méditerranéen Cévennes-Vivaraïs ; <https://www.ozcar-ri.org/fr/observatoire-ohmcv>

1 - Diagnostic d'occupation du sol et de l'utilisation des produits chimiques sur les bassins versants

Une méthodologie originale d'identification et de localisation des principales sources potentielles de pollution (urbaine, agricole, élevage...) sur les bassins du Ratier (Yzeron) et de la Claduègne a été élaborée en se basant sur la superposition de couches d'informations socio-économiques (résultats d'enquêtes conduites auprès des agriculteurs sur leurs pratiques et modes de gestion à l'échelle du bassin versant), et géographiques (géologie, pédologie, occupation et usage du sol). Ainsi, une méthode d'enquête commune aux deux bassins versants étudiés a été mise en place et conduite auprès des exploitants agricoles des deux territoires. En parallèle, des données spatiales d'usage des sols et des images de télédétection ont été mobilisées pour produire une cartographie à haute résolution de l'occupation et de l'usage du sol à l'échelle des deux bassins versants étudiés (Figure 1).

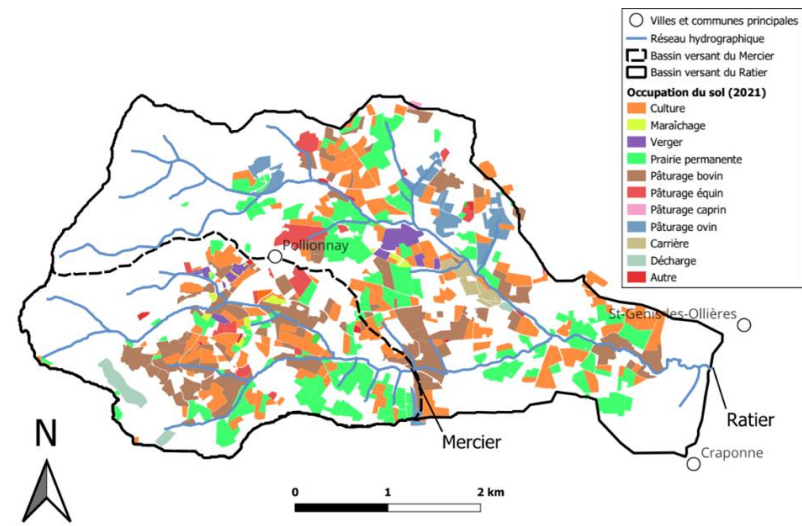


Figure 1 : Carte d'occupation du sol pour les parcelles enquêtées sur le bassin versant du Ratier en 2021 (d'après Bétemps 2021).

Nous avons ainsi constitué une base de données géoréférencée et détaillée des sources de contaminants (intégrant les cartographies à haute résolution d'occupation et d'usage du sol), ainsi que des cartes de sources de contamination potentielle en fonction des occupations et usages du sol. Un guide méthodologique des enquêtes a été établi.

2 – Identification des sources et caractérisation des sous-bassins versants

Les données d'enquêtes et de cartographie, couplées à des reconnaissances de terrain, ont permis de définir une dizaine de sites d'échantillonnage appelés « sources » dans les cours d'eau en aval de sous-bassins élémentaires homogènes en termes de géologie, pédologie, occupation et usage du sol, sur le bassin de la Claduègne et du Ratier. Nous avons ensuite échantillonné des eaux drainées représentatives de ces sources à l'exutoire de chaque sous-bassin homogène. Ces sites sont représentatifs des principaux types de sources de pollution pouvant être rencontrées sur les bassins versants et qui vont influencer la qualité des eaux le long des cours d'eau et aux exutoires des bassins versants. La variabilité temporelle des empreintes de chaque site a été prise en compte en échantillonnant les sites lors de conditions hydro-météorologiques variées. En parallèle, les échantillons de « mélanges » ont été collectés lors d'évènements pluvieux, aux exutoires des sous-bassins du Ratier et du Mercier (pour le bassin de l'Yzeron) et des sous-bassins du Gazel et de la Claduègne (pour le bassin de la Claduègne). Ces échantillons correspondent au mélange des différentes sources définies précédemment.

3 – Cartographie spatiale de la qualité de l'eau

En parallèle, nous avons réalisé des cartographies spatiales de la qualité de l'eau, en développant des paramètres low-cost (indicateurs de la matière organique dissoute par mesure en spectrophotométrie UV-visible et paramètres microbiens par diagnostic ADN qPCR). Les premiers résultats sur le Ratier montrent que la qualité physico-chimique de l'eau est différente entre les sous-bassins de tête de bassin, et les eaux du Ratier et du Mercier. Des différences de pH, de conductivité, ainsi que de qualité de MOD, sont observées entre parties amont forestières et zones rurales au milieu du bassin. Les résultats qPCR indiquent une forte contamination sur le sous-bassin du Mercier par des contaminations fécales d'origine humaine et de ruminants. Les origines probables sont des fuites du réseau unitaire ou des rejets ou fuites des systèmes d'assainissement non collectif.

4 – Méthodologie de traçage des sources aux exutoires des bassins versants

L'objectif est de proposer une méthodologie de décomposition de l'écoulement de l'eau aux exutoires des bassins versants, c'est-à-dire estimer les contributions relatives des sources identifiées précédemment. Cette méthodologie se base sur l'établissement d'un modèle de mélange biogéochimique. Tout d'abord, les concentrations des traceurs mesurées dans chaque type de source définissent les empreintes biogéochimiques (ou signatures) des sources. Pour les deux bassins versants étudiés, les eaux de ruissellement urbain et les eaux issues de stations d'épuration ont des signatures distinctes des sources diffuses rurales (Figure 2). La géologie joue un rôle primordial dans les signatures des eaux. Pour le Ratier, il est possible de distinguer des différences nettes entre les signatures des eaux provenant des forêts, des zones agricoles et des prairies sans pâturage ; pour la Claduègne, ces distinctions sont moins nettes et associées plus à la géologie qu'à l'usage du sol, très hétérogène. Dans un 2^{ème} temps, des tests de mélanges numériques et en laboratoire ont permis de valider le modèle de mélange en prenant exemple sur le bassin du Ratier. Enfin, nous avons appliqué ces modèles de mélange sur plusieurs évènements hydrologiques. Les différences de signature entre les types de sources ont permis de tracer l'origine des eaux à l'exutoire des deux bassins versants étudiés. Ainsi, les résultats montrent clairement une contamination des eaux du Mercier par des apports du réseau d'assainissement. Ce résultat est surprenant car le bassin versant du Mercier a été choisi initialement comme un bassin rural peu urbanisé. Les analyses des pathogènes du marqueur de contamination fécale humaine confirment ces apports.

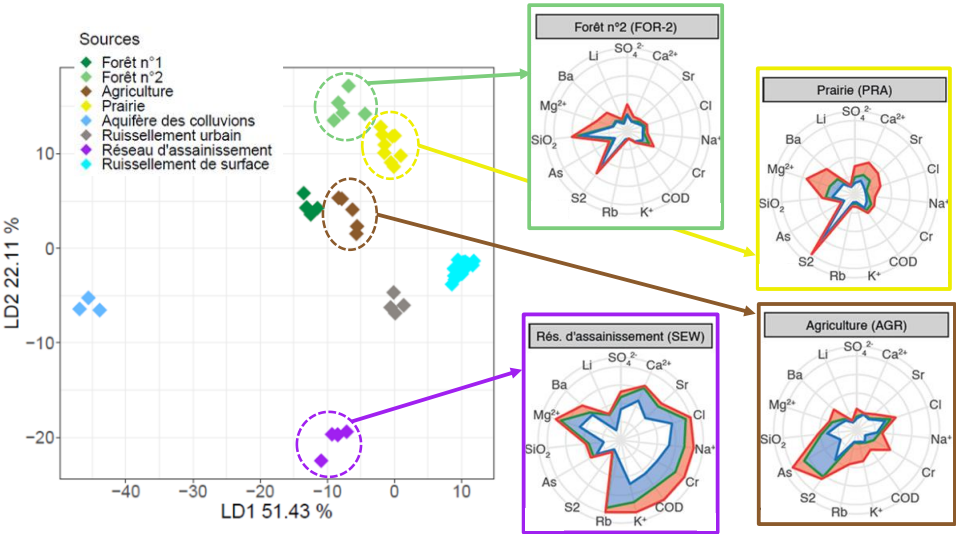


Figure 2 : Classification des types de sources grâce à leur composition biogéochimique et exemple d'empreintes de 4 types de sources (forêt, prairie, réseau d'assainissement, agriculture), pour le bassin versant du Ratier.

CONCLUSION

Une approche de recherche originale, combinant géographie, enquêtes, mesures chimiques et microbiologie, et hydrologie, a été développée et mise en œuvre avec succès sur deux bassins versants d'usage mixte : le Ratier (sous bassin de l'Yzeron) et la Claduègne. Des premières cartographies fines de l'occupation du sol sont disponibles pour ces deux bassins versants pour l'année 2020. Cette méthodologie d'analyse spatiale, combinée à des observations sur le terrain, a permis d'identifier les sources potentielles de contaminants et leur localisation. L'échantillonnage des sources au cours de plusieurs saisons (10 sur le Ratier, 13 sur la Claduègne) d'une part, et des évènements (mélanges) aux exutoires des bassins versants (6 évènements pluvieux sur le Ratier et 7 sur la Claduègne) d'autre part, a permis de constituer une base de données complète sur la qualité des eaux (concentrations en ions majeurs, métaux, indicateurs UV-visibles caractéristiques de la MOD et les indicateurs microbiens). Cet ensemble de données a permis de développer et tester une méthodologie de décomposition de l'écoulement de l'eau aux exutoires des bassins versants, c'est-à-dire estimer les contributions des sources identifiées précédemment. L'interprétation de toutes ces données se poursuit dans le projet CHYPSTER (ANR-21-CE34-0013). L'interprétation de l'ensemble des résultats (décomposition des mélanges) pour la Claduègne permettra non seulement de mieux comprendre le fonctionnement hydrologique du bassin mais aussi d'évaluer la pertinence du modèle de mélange.