



HAL
open science

Diagnostic des usages et pratiques en zone rurale : enquêtes de terrain, suivis de qualité des eaux et modélisation hydrologique pour prédire l'évolution de la ressource en eau en Ardèche

Nicolas Robinet, Marina Coquery, Guillaume Nord, Brice Boudevillain, Nico
Hachgenei, Inès Creti

► To cite this version:

Nicolas Robinet, Marina Coquery, Guillaume Nord, Brice Boudevillain, Nico Hachgenei, et al.. Diagnostic des usages et pratiques en zone rurale : enquêtes de terrain, suivis de qualité des eaux et modélisation hydrologique pour prédire l'évolution de la ressource en eau en Ardèche. Journée publique de restitution, PACTE - Cermosem, Nov 2023, Mirabel (Ardèche), France. 14 p. hal-04733961

HAL Id: hal-04733961

<https://hal.inrae.fr/hal-04733961v1>

Submitted on 13 Oct 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Diagnostic des usages et pratiques en zone rurale :

Enquêtes de terrain, suivis de qualité des eaux et modélisation hydrologique pour prédire l'évolution de la ressource en eau sur les bassins versants de la Claduègne (07) et de l'Yzeron/Ratier (69)

Présentation des études menées par les équipes depuis 2017

Cermosem, laboratoire Pacte, Université Grenoble-Alpes, domaine du Pradel, 07170 Mirabel

Unité de recherche RiverLy, INRAE, 69625 Villeurbanne

Institut des géosciences de l'environnement (IGE), Université Grenoble-Alpes, 38058 Grenoble

Laboratoire d'écologie microbienne (LEM), Université Lyon 1 & VetAgro Sup, 69280 Marcy L'Etoile

Cermosem
plateforme du développement territorial

UGA
INSTITUT
URBANISME
GÉOGRAPHIE
ALPINE
Université
Grenoble Alpes

Pacte
Laboratoire de sciences sociales



Institut
des géosciences
de l'environnement

**écologie
microbienne**
LYON



VetAgro Sup

RiverLy

A l'attention des habitants et usagers, partenaires, acteurs socio-économiques et de toutes les personnes rencontrées par nos équipes dans le cadre des projets de recherche autour de la Claduègne (07) et de l'Yzeron (69).



Crue de la Claduègne à l'exutoire (gauche) et équipe multi-disciplinaires sur une campagne de mesure sur la Claduègne (droite) (©Jean Martins)

1. Contexte et objectifs

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 des sols 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.

Depuis 2017, plusieurs projets ont été menés en collaboration par 4 équipes de recherche qui sont présentées ci-après. L'objectif général de ces projets vise à comprendre l'origine de l'eau des rivières, son devenir et les transferts associés (éléments chimiques et microbiologiques) dans des petits bassins versants à usage mixte. Comment l'eau est-elle impactée par l'évolution du climat et l'occupation du sol et les usages ? Comment prédire les futures quantité et qualité des eaux dans ces bassins de méso-échelle ?

Les quatre équipes de recherche impliquées font partie d'organismes publics de recherche :

- Le Cermosem est une antenne de l'Université Grenoble Alpes, rattachée à l'Institut d'Urbanisme et de Géographie Alpine et au laboratoire de recherche PACTE. Il a ouvert ses portes en 1994 dans le cadre d'un partenariat entre le Conseil départemental de l'Ardèche, l'EPLEFPA d'Aubenas (Ministère de l'Agriculture), la Région Auvergne-Rhône-Alpes, le rectorat de l'Académie de Grenoble et l'université. Le Cermosem développe des activités en forte adéquation avec les caractéristiques et les demandes des territoires sud-rhônealpins. De façon plus générale, le laboratoire PACTE produit des connaissances transversales sur les transformations de nos sociétés dans leurs dimensions politiques, territoriales, sociologiques et écologiques.

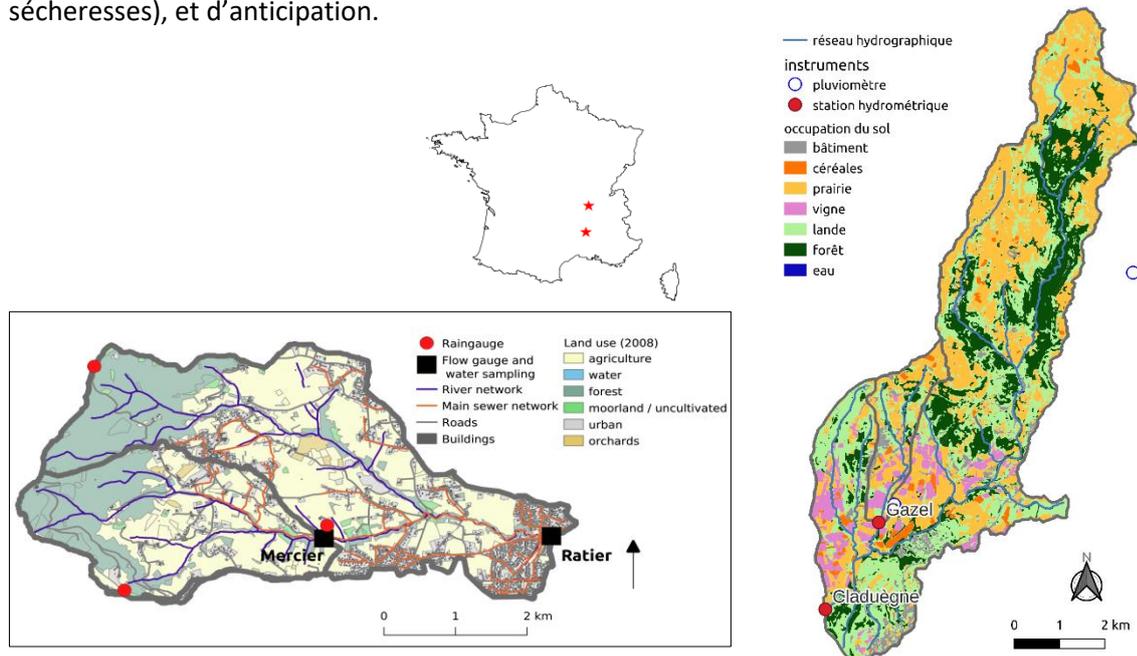
- RiverLy est une unité de recherche d'INRAE qui allie des compétences en hydrologie, hydraulique, chimie environnementale, écologie, écotoxicologie, et microbiologie pour développer des approches innovantes permettant d'appréhender la qualité, le fonctionnement et les dynamiques des hydrosystèmes. Ces recherches interdisciplinaires visent à mieux prendre en compte les risques naturels et anthropiques pour une meilleure gestion et restauration des cours d'eau.

- L'Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) est spécialisé en Sciences de la Planète et de l'Environnement. L'IGE mène des recherches sur le climat, l'anthropisation de notre planète et les risques environnementaux en combinant glaciologie, hydrologie, océanographie, mécanique, microbiologie environnementale, sciences atmosphériques et environnementales, sciences interdisciplinaires menées avec les sciences humaines et sociales et les acteurs socio-économiques.

- L'unité mixte de recherche Ecologie microbienne-Lyon (LEM, Université Lyon 1 & VetAgro Sup) a pour objectifs d'étudier les contributions des micro-organismes au fonctionnement de biocénoses complexes impliquant un large spectre d'interactions depuis la symbiose jusqu'aux phénomènes de parasitisme. Les recherches couvrent les champs de l'écologie, biologie des populations et communautés microbiennes, physiologie, génétique, et biochimie microbienne. Ils impliquent l'étude des métabolites, propriétés, et déterminants génétiques explicatifs du succès de certaines espèces ou de l'émergence de certains assemblages microbiens dans les sols ou milieux aquatiques.

2. Les observatoires : bassins versants de la Claduègne (07) et de l'Yzeron-Ratier (69)

Du point de vue scientifique, les observatoires (Services Nationaux d'Observation), financés par l'Etat Français, ont pour but d'acquérir des données sur le long terme (plusieurs dizaines d'années) suivant des protocoles précis. Les données collectées sont bancarisées et mise à disposition du public. Les deux observatoires de la Claduègne et de l'Yzeron ont été instrumentés afin de (i) mieux comprendre les transferts d'eau et de matière associée depuis les versants jusqu'aux cours d'eau, puis dans les cours d'eau, au cours des événements extrêmes, mais également le reste du temps, (ii) analyser l'évolution des événements à fort impact dans un contexte de changement global. Du point de vue sociétal, les activités menées visent à répondre à des besoins exprimés : de prévision intégrée (météorologique, hydrologique et en termes d'impacts), de gestion de ces phénomènes extrêmes (crues, mais aussi sécheresses), et d'anticipation.



Cartes : Bassin versant de l'Yzeron-Ratier (à gauche), bassin versant de la Claduègne (à droite)

- Claduègne (07) - l'Observatoire Hydrométéorologique Méditerranéen Cévennes-Vivaraï (OHMCV) :

Les activités de cet observatoire s'inscrivent dans le contexte méditerranéen, hotspot très probable du changement climatique avec une intensification du cycle hydrologique sur le pourtour européen occidental ponctué par de plus longues périodes de sécheresse, et dont certains territoires sont soumis à une pression anthropique accrue. Les observations réalisées visent à documenter le fonctionnement hydrométéorologique des bassins versants de cette région et se concentrent sur l'étude des événements de pluies intenses et des crues rapides aux impacts sociétaux parfois catastrophiques. Des transports importants de matière sont associés à ces phénomènes de crue et sont des sources de nutriments, de sédiments et de contaminants vers l'aval.

- Yzeron / Ratier (69) : Observatoire de terrain en hydrologie urbaine (OTHU)

Le bassin versant du Ratier est suivi depuis 2017 dans le cadre de l'OTHU. La présence de stations de mesures expérimentales permet un suivi hydrologique général de long terme sur le bassin. Le programme vise en particulier à estimer les flux d'eau et de contaminants produits par le bassin, et de

mesurer leur impact sur les petits cours d'eau. Des données de débits et pluviométrie sont disponibles au pas de temps horaire depuis 2012 pour le Ratier et 1997 pour le Mercier, sous bassin versant du Ratier (<https://bdoh.irstea.fr/YZERON/>). Le bassin versant a une aire de 19 km², avec une occupation du sol hétérogène représentative d'un milieu péri-urbain : de l'amont vers l'aval, des forêts, puis des zones agricoles en transition péri-urbaines, et des zones urbaines plus denses. Le bassin versant est en pleine transformation avec un changement rapide de l'occupation du sol : densification de l'urbain existant et nouvelles habitations sur les zones agricoles. Un modèle hydrologique a été développé sur le Ratier ; il prend en compte les différentes spécificités des milieux péri-urbains venant perturber le chemin de l'eau (surfaces imperméables drainées ou non sur le bassin, réseau d'assainissement et déversoirs d'orage).

3. Les principaux projets de recherche depuis 2017

PHARMA-BV (2017 – 2019, financement Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse - Zone Atelier Bassin du Rhône, AERMC-ZABR) : « Origine et devenir des contaminants pharmaceutiques dans les bassins versants agricoles ». L'objectif était d'identifier l'usage de micropolluants (pharmaceutiques et pesticides principalement) sur le bassin, d'identifier leurs concentrations dans le bassin versant et d'évaluer les transferts dans les sols en conditions contrôlées en laboratoire.

IDESOC (2021 – 2024, financement Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse - Zone Atelier Bassin du Rhône, AERMC-ZABR) : « Identification et caractérisation des sources de contaminants dans des bassins versants d'usage mixte : approche intégrée ». L'objectif est de localiser spatialement les sources d'eau et déterminer des traceurs « low-cost » pour estimer l'origine de l'eau et son cheminement dans le bassin versant.

ANR CHYPSTER (2021 – 2025, financement Agence Nationale de la Recherche, ANR) : « Approche intégrée biogéochimique, géographique et hydrologique pour déterminer les sources de contaminants sur des bassins versants d'usage mixte ».

BactResist (2022-2024, financement Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse - Zone Atelier Bassin du Rhône, AERMC-ZABR) : « Évaluation de la dissémination de gènes de résistance bactériens à l'échelle d'un petit bassin versant rural en lien avec la pédologie, l'usage des sols et le fonctionnement hydrologique ». L'objectif est de localiser spatialement les sources de gènes de résistance aux antibiotiques (Gènes *sul*, *tet*, *blaCTX M*) sur le bassin, de les quantifier et d'évaluer leur transfert au sein du dans le bassin versant BV et leur impact sur le fonctionnement biogéochimique des sols.

Ces projets ont été soutenus par plusieurs thèses de doctorat (Nico Hachgenei, Amine Boukra, Olivier Grandjouan, Angélique Dominguez Lage) et stages de Master Recherche.

4. Méthodes et outils scientifiques mis en œuvre

L'originalité de ces recherches exploratoires est d'être pluridisciplinaire (sciences humaines et sociales, géographie, chimie, hydrologie...). C'est un travail au long cours qui se déroule en plusieurs étapes, mobilisant à chaque fois des méthodes et outils spécifiques, mais tous complémentaires.

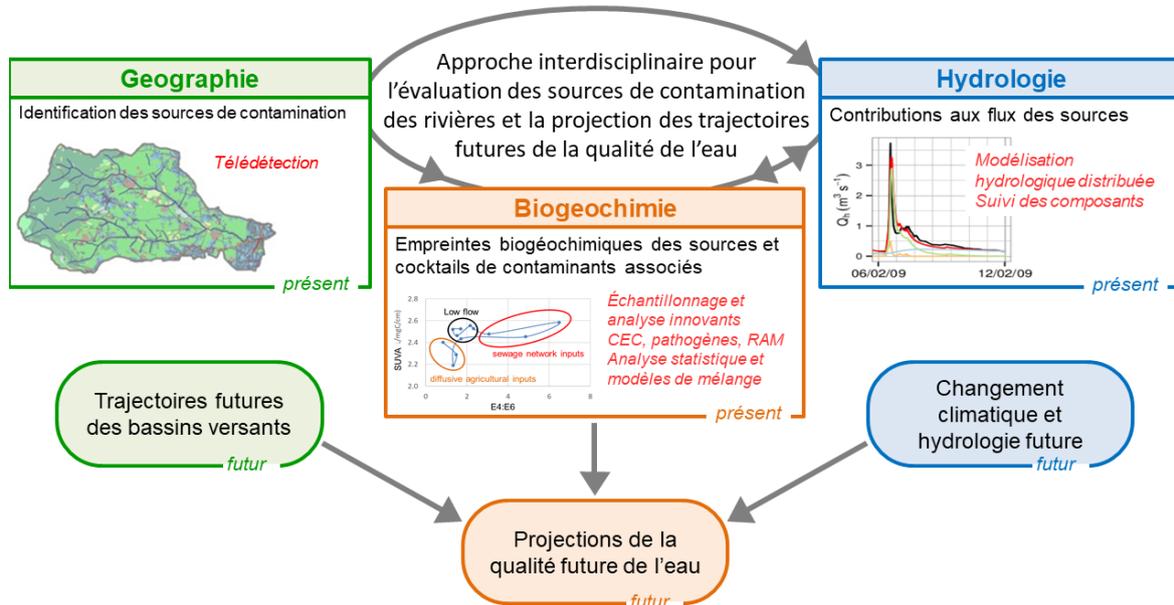


Figure 1: Schéma général montrant la méthodologie empruntée (combinaison d'outils biogéochimiques, géographiques et hydrologiques) (projet ANR Chypster)

Étape 1 : Mieux connaître et documenter le milieu et les activités humaines associées

Enquêtes (Cermosem, PACTE)

Objectif : Identifier et localiser toutes les substances liées aux activités humaines utilisées sur la zone d'étude. Cette étape est primordiale pour les étapes suivantes, car elle permet de cibler et de calibrer correctement les types de mesures à mettre en place ensuite dans les eaux des rivières.

Profils et structures d'appartenance des personnes interviewées : mairies, communautés de communes, hôpitaux, gestionnaires de réseaux d'assainissement, SAUR, vétérinaires, Chambre d'agriculture, syndicats de gestion des eaux (SAGE), campings, centres équestres, agriculteurs, forestiers, carrières...

Cartographie (Cermosem, IGE)

Objectif : Obtenir la cartographie la plus précise possible, à différentes époques, de l'usage des sols et du réseau hydrographique.

Identification des « sources » représentatives des différents milieux

Ces données d'enquêtes et de cartographie, couplées à des reconnaissances de terrain, ont permis de définir une dizaine de sites de prélèvements appelés « sources » à l'amont des différents ruisseaux affluents de la Cladugne et du Ratier. Ces sites sont représentatifs de zones ou milieux homogènes en termes de géologie, d'occupation et d'usage de sol (ex. : prairies du plateau du Coiron, forêts,

landes, vignes des coteaux calcaires, zones urbaines...). L'objectif est d'échantillonner des eaux de ces ruisseaux et des rejets ponctuels, que l'on appelle « source » dans notre approche.

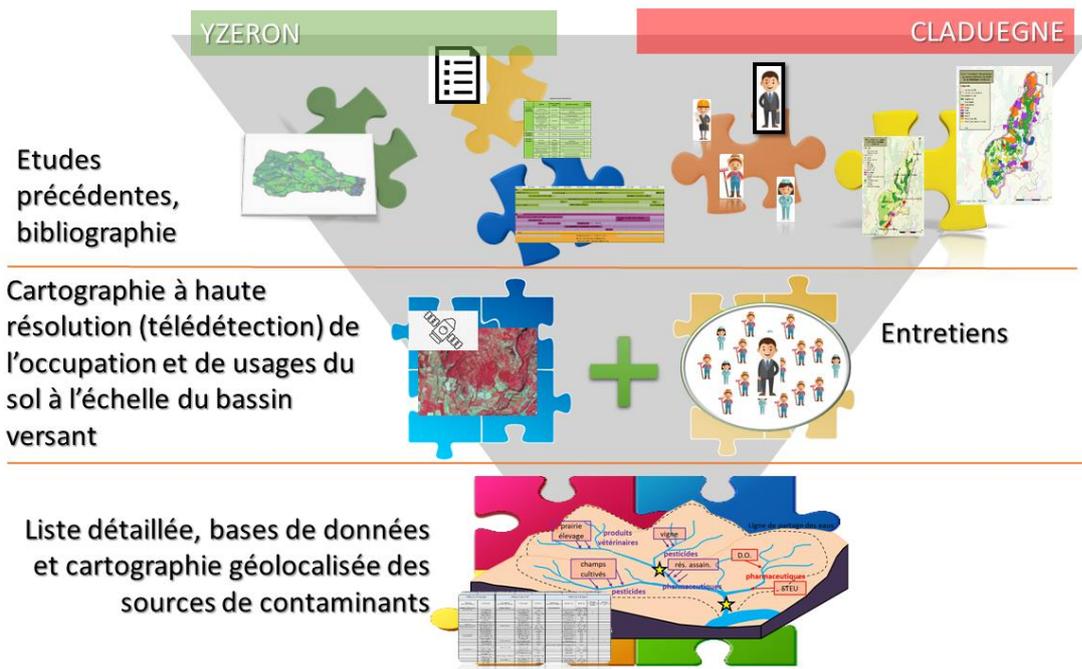


Figure 2 : Méthodologie d'enquêtes et de cartographie proposée pour identifier et cartographier les sources potentielles de contamination sur un bassin versant (projet Chypster)

Étape 2 : Instrumenter la rivière

Sur le bassin de la Claduègne, il existe deux stations hydrométriques (Gazel et Claduègne) sur des sections naturelles des rivières. A la station Claduègne, le niveau d'eau est mesuré à l'aide d'un radar. Au Gazel, le niveau d'eau est mesuré à l'aide d'une sonde de pression hydrostatique. De plus, à la station Claduègne, la vitesse de la surface de l'eau est mesurée par la technologie du radar sans contact. La station du Gazel dispose d'une caméra fixe grâce à laquelle les vitesses peuvent être calculées. Des sondes dans la rivière mesurent en continu la conductivité électrique, la température et la turbidité. Des échantillonneurs automatiques d'eau de la rivière permettent d'obtenir des échantillons pour des mesures de la concentration en sédiments, en éléments majeurs (cations, anions) et selon les projets, des éléments traces métalliques et certaines substances prioritaires ou émergentes¹ (exemple : pesticides, médicaments).

Sur le bassin du Ratier, il existe également deux stations hydrométriques (Mercier et Ratier) qui sont équipées de capteurs limnimétriques pour mesurer la hauteur d'eau en continu. Une relation hauteur-débit est ensuite effectuée à partir d'une courbe de tarage régulièrement vérifiée à l'aide de jaugeages manuels. Plusieurs stations pluviométriques sont installées sur le bassin ; elles fonctionnent à partir d'augets basculeurs ou par pesée, et mesurent en continu les précipitations et la température de l'air. Des échantillonneurs automatiques d'eau de la rivière sont installés ponctuellement lors des

¹ Les substances dites « prioritaires » sont réglementées et mesurées régulièrement dans les rivières par les programmes de surveillance mis en place par les agences de l'eau ; les substances « émergentes » désignent un ensemble hétérogène de substances, pour la plupart organiques, dont l'étude et la surveillance dans l'environnement sont relativement récentes. Elles ne sont en général pas incluses dans les réglementations actuelles ni dans les programmes de surveillance du milieu aquatique.

campagnes de prélèvement (ex. : lors des évènements pluvieux), pour la mesure des concentrations en éléments majeurs, éléments traces métalliques et contaminants organiques.

De plus, des échantillons d'eau sont prélevés manuellement sur l'ensemble des sites « sources » identifiés sur les deux bassins versants. Les apports de ces sources pouvant évoluer durant l'année, il est important de prendre en compte leur variabilité saisonnière en répétant les prélèvements dans plusieurs conditions hydrologiques et climatologiques pour chaque source.



Figure 3 : (photos de gauche à droite et de haut en bas) : échantillonneur automatique, la station du Gazel, pluviomètre, radar sur la Claduègne/caméra sur le Gazel (mesure du débit), échantillonnage de la pluie. (source et info complémentaire : <https://ohmcv.osug.fr/Mesures-en-rivieres-Bassins-Oliviers-de-Serres>)

Étape 3 : Analyser les échantillons prélevés

Suite aux prélèvements automatiques ou manuels, les échantillons d'eau sont ramenés au laboratoire, conservés au frais (4°C) ou congelés, filtrés, puis analysés selon différentes techniques en fonction des analyses à réaliser (par exemple, en chromatographie ionique pour les éléments majeurs, par spectrométrie de masse à couplage inductif pour les éléments traces métalliques, ou par spectrométrie de masse et chromatographie en phase liquide pour les substances organiques).

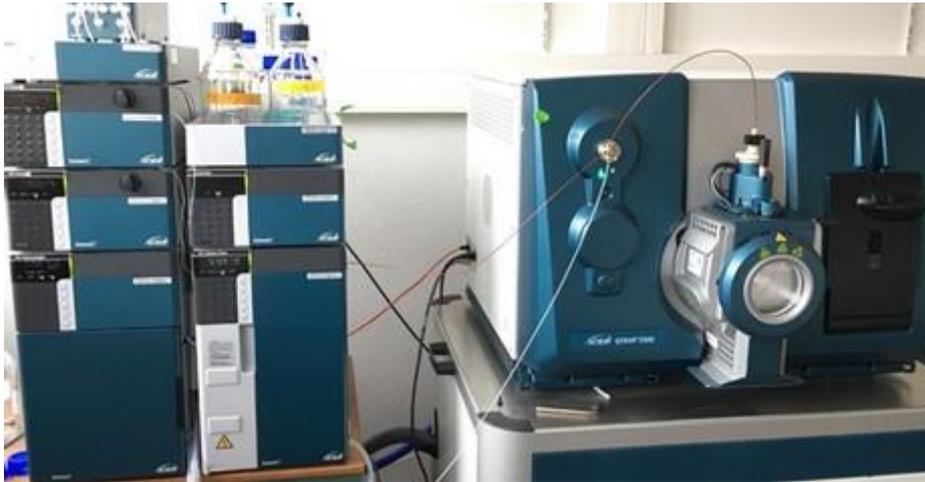


Figure 4 : Spectrométrie de masse en phase liquide pour la mesure des substances organiques (ex. : pharmaceutiques, pesticides)

Étape 4 : Comprendre le chemin de l'eau et des substances

Les différentes données collectées durant les étapes 1 à 3 sont ensuite implémentées dans des équations mathématiques qui permettent de mieux comprendre les chemins de l'eau et des substances associées. Le but est d'évaluer la contribution des différents types de milieux sur les débits à la rivière. Le modèle hydrologique, en cours d'application sur les deux bassins versants, prend en compte la topographie, la géologie, les types de sols et les usages. Il permettra de simuler des projections sur les changements futurs, en lien avec l'étude prospective paysagère (cf. étape 5).

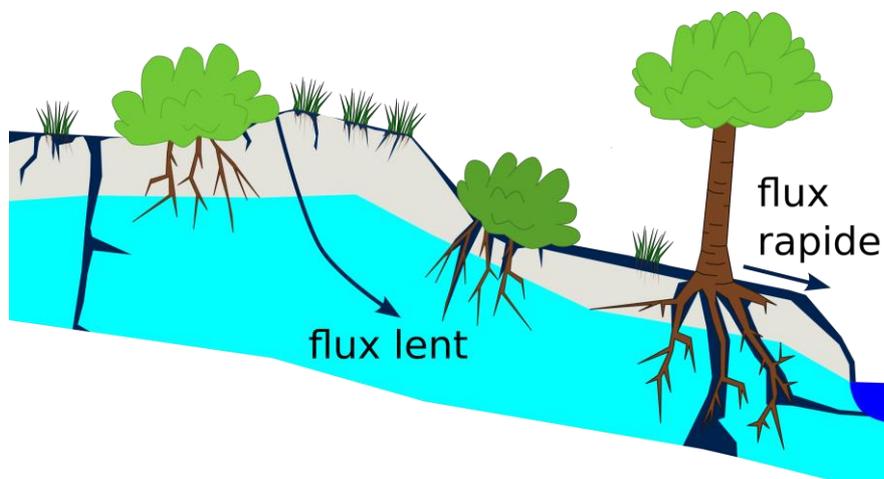


Figure 5 : Schéma montrant les types de flux d'eaux en surface et subsurface des sols, vers les cours d'eau et les nappes d'eau souterraine (source : IGE 2023)

Étape 5 : Reconstruire le passé des paysages pour prédire l'avenir ?

L'objectif est de construire une prospective paysagère pour chacun des terrains d'étude, c'est-à-dire développer ce que l'on nomme des scénarios d'anticipation et ainsi faire des propositions de ce que pourrait être le paysage de demain. Pour ce faire, nous avons relevé les paysages historiques et leurs dynamiques depuis les années 1950 à partir d'images anciennes et d'images satellites. Les méthodes

de télédétection constituent le cœur de l'approche et permettent d'extraire des informations paysagères (plus ou moins automatiquement) à partir de données d'imagerie.

Ces cartographies anciennes servent alors de base pour construire la prospective paysagère. Cette prospective est construite grâce à des entretiens menés avec des acteurs clés du territoire, avec :

- un diagnostic territorial (dynamiques majeures, problématiques et opportunités) ;
- le développement de scénarios d'anticipation ;
- la modélisation cartographique de ces scénarios.

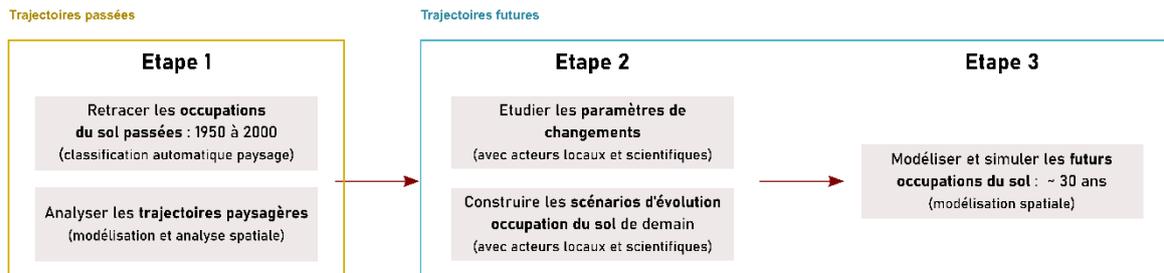


Figure 6 : Méthodologie suivie pour la construction des trajectoires paysagères - du passé vers le futur

5. Des exemples de résultats

Fonctionnement hydrologique :

La figure 7 montre le fonctionnement hydrosédimentaire du bassin versant de la Claduègne : la courbe de distribution de flux de sédiments cumulés (en rose) est la plus verticale ce qui signifie que le bassin de la Claduègne est très « impulsif ».

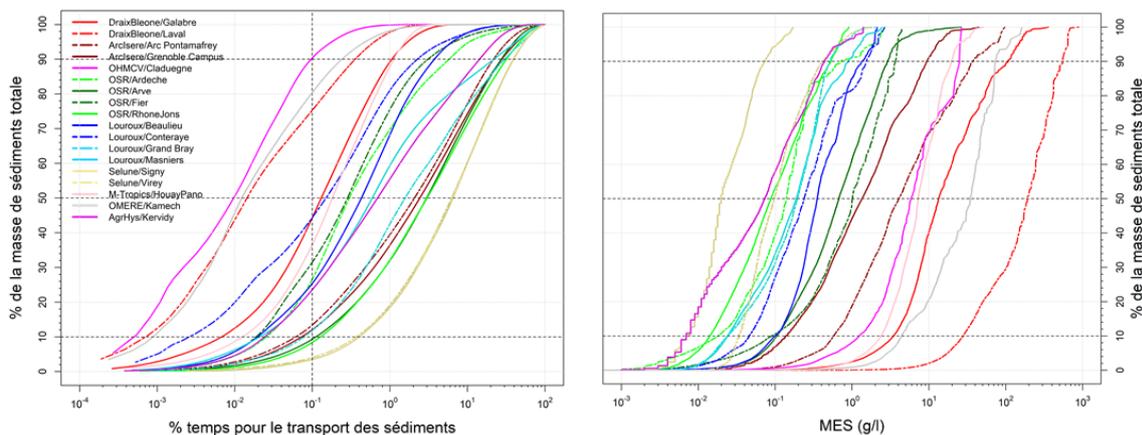


Figure 7 : Comparaison des courbes de distribution du flux cumulé de sédiments pour différents bassins versants étudiés au sein de OZCAR (www.ozcar-ri.org)

Dans le cadre de la thèse de Nico Hachgenei (2022), un outil numérique a été développé pour comprendre les temps de transfert de l'eau à travers le bassin versant de la Claduègne. En moyenne, la moitié (48%) de l'eau qui sort dans la rivière a passé plus d'un an dans le bassin versant (dans le sol et la nappe). Pendant les événements de crue, cette partie devient minime et jusqu'à 60 % de l'eau dans la rivière peut être tombée sous forme de pluie dans les 24 h précédentes.

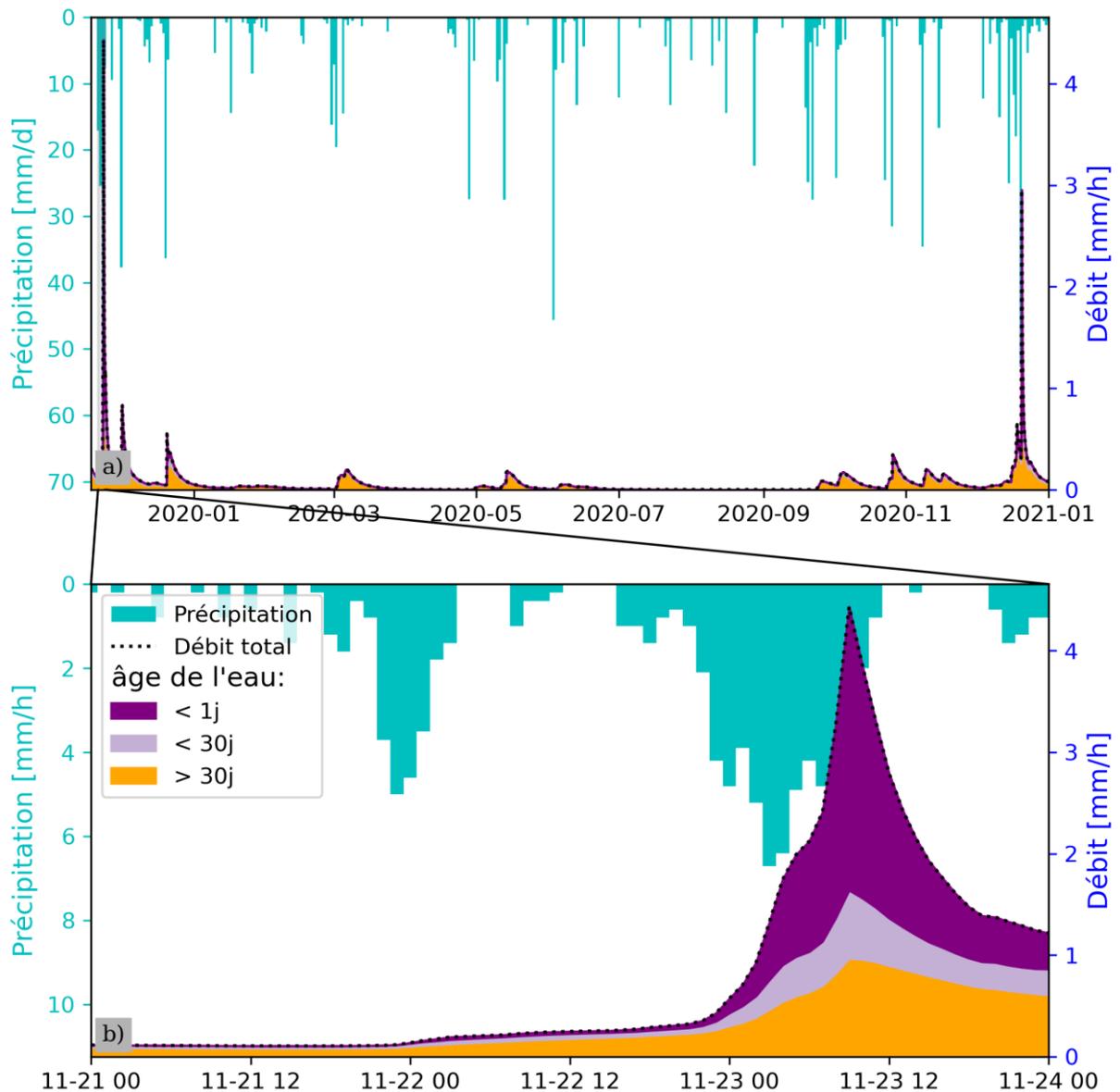


Figure 8 : Evolution de la fraction d'eau jeune (âge inférieur à 30 jours) et de la fraction d'eau nouvelle (âge inférieur à 1 jour), ainsi que les précipitations et le débit sur la période de novembre 2019 à janvier 2021. La figure 8b montre un zoom d'une crue en novembre 2019. Pendant les crues, la majeure partie de l'eau est très « jeune » (violet) alors que le reste de l'année elle est plus « ancienne » (orange).

Risque de contamination des cours d'eau

Selon les résultats préliminaires, la principale source de composés pharmaceutiques provient des eaux usées (projet PharmaBV, 2019). En parallèle, nous avons recherché, dans les eaux de la Claduègne et du Gazel, si l'on retrouvait la trace de produits vétérinaires (médicaments antiparasitaires) utilisés en élevage dans le bassin versant. Ces substances peuvent avoir des effets graves si elles arrivent dans la rivière. De façon générale, nous n'en trouvons pas en dehors des périodes de crue. Les petits événements de pluie peuvent entraîner certaines substances présentes sur les sols, mais l'eau s'infiltré ensuite dans le sol, où ces substances peuvent s'adsorber et se dégrader avec le temps. Néanmoins, nous avons observé des pics de concentration lors de périodes de crue (même petite), comme illustré dans la Figure 9 pour deux médicaments vétérinaires (fenbendazole et mebendazole). Lors des pluies intenses, le sol ne peut pas infiltrer la totalité des précipitations. Une partie de l'eau va donc ruisseler

à la surface du sol. Cette eau peut ainsi transporter des produits vétérinaires et les entrainer vers le cours d'eau. Par ce processus, des quantités significatives, bien que faibles, de résidus de médicaments peuvent atteindre les cours d'eau.

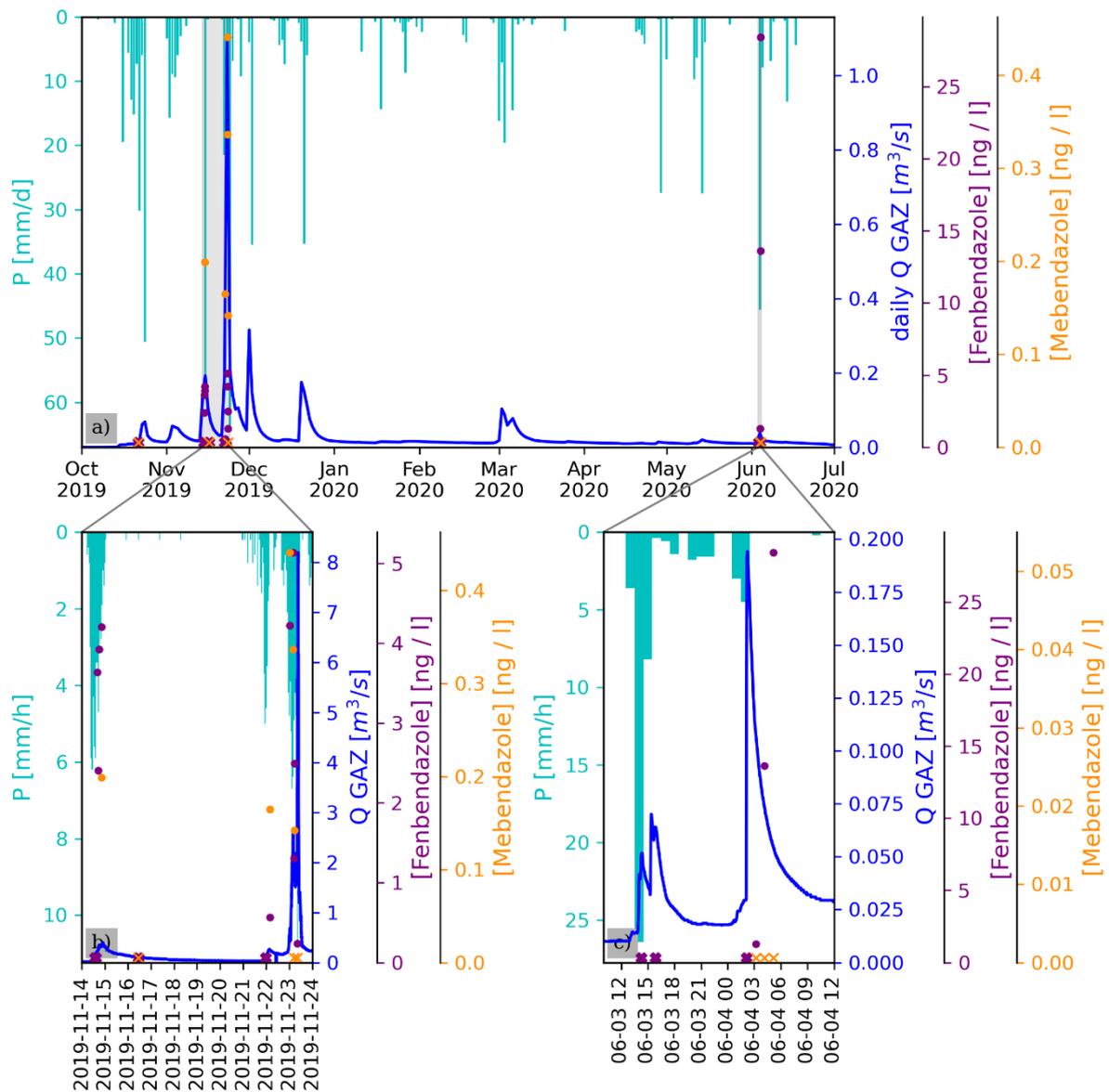


Figure 9 : Précipitations, débits, et concentrations de deux produits vétérinaires, fenbendazole et mebendazole, d'octobre 2019 à juin 2020, à l'exutoire du Gazel.

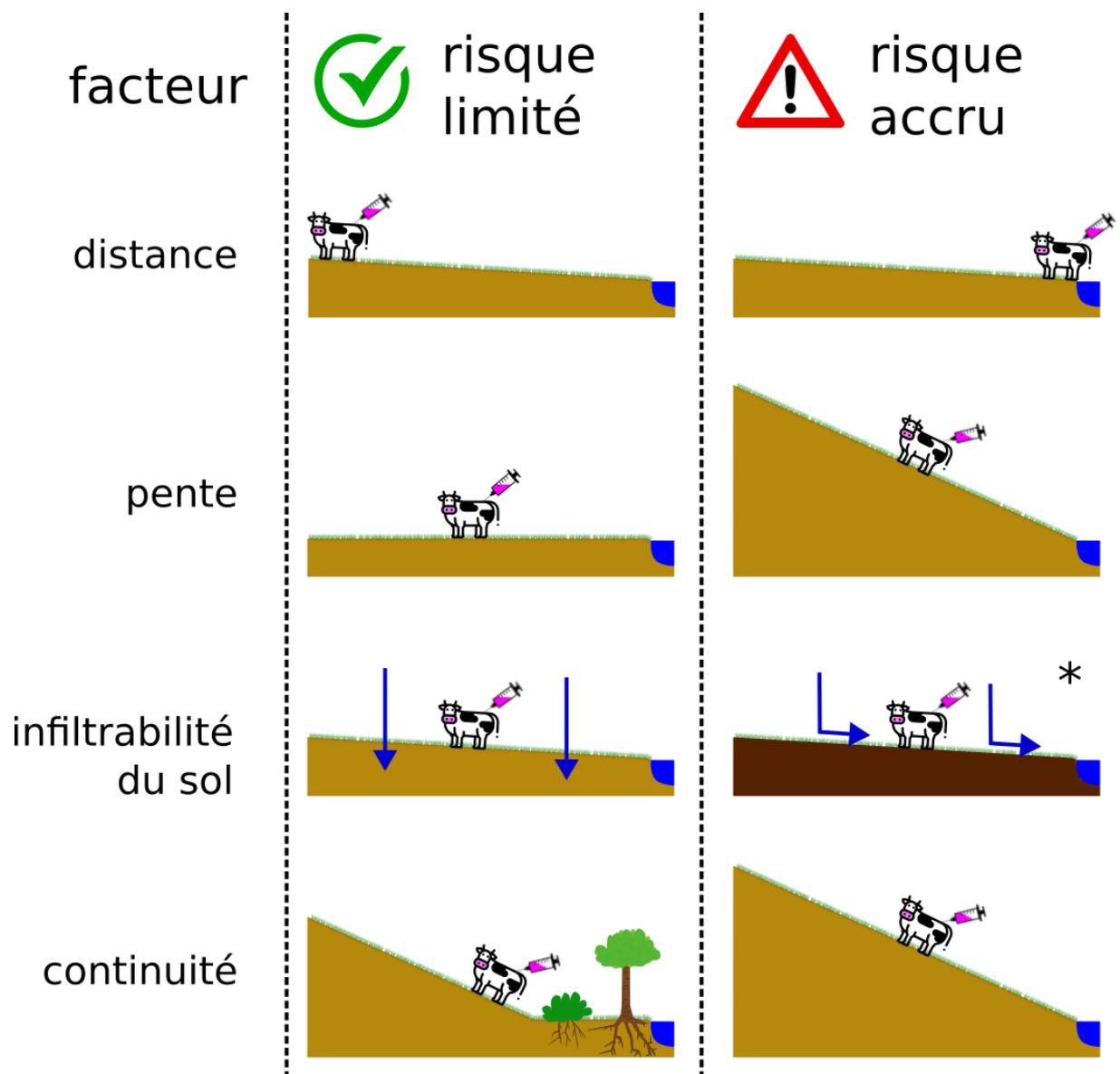
Quelques exemples de recommandations

Certaines mesures peuvent limiter ce risque. La formation de ruissellement de surface et sa continuité jusqu'à la rivière dépendent des caractéristiques de la parcelle, dont :

- La distance : La proximité à la rivière favorise la contamination des rivières. Garder les animaux sur des parcelles à distance des cours d'eau aide à diminuer le risque.
- La pente : plus la pente est élevée, plus il y aura du ruissellement de surface.

- La nature du sol : de nombreux facteurs jouent sur la capacité du sol à infiltrer l'eau. Plus cette capacité à infiltrer l'eau est faible, plus le risque de formation de ruissellement de surface est important. Dans le bassin versant de la Claduègne, nous avons mesuré des capacités d'infiltration bien plus faibles (et donc un risque de formation de ruissellement plus élevé) sur le plateau du Coiron que sur la partie aval.
- La continuité de la pente jusqu'à la rivière favorise le transfert des contaminants vers la rivière. Un replat ou une zone plus perméable et/ou végétalisée peut diminuer le risque.

Pour limiter le risque de contamination des cours d'eau, il est donc préférable de choisir des parcelles selon ces critères cités, pour les semaines qui suivent le traitement des animaux ; de même, pour l'application du fumier issu des semaines post-traitement. La Figure 10 résume les principaux facteurs à prendre en compte.



* l'infiltrabilité des sols est moins bonne sur le plateau du Coiron

Figure 10 : Schéma montrant les facteurs de risque de transfert de produits vétérinaires post-traitement vers les cours d'eau sur le bassin de la Claduègne.

6. La suite : prédictions des trajectoires paysagères et prospective

Les cartographies d'occupation du sol entre les années 1950 et 2020 nous ont permis de mettre en évidence des trajectoires paysagères connues, et d'autres plus moins visibles. Pour le bassin versant de la Claduègne, majoritairement rural, on observe une orientation agricole au profit des prairies permanentes ou semi-permanentes avec une disparition progressive des terres labourables (ici culture, Figure 11). Le tissu urbain quant à lui se développe le long des axes de communication majeurs avec un bond à partir des années 2000.

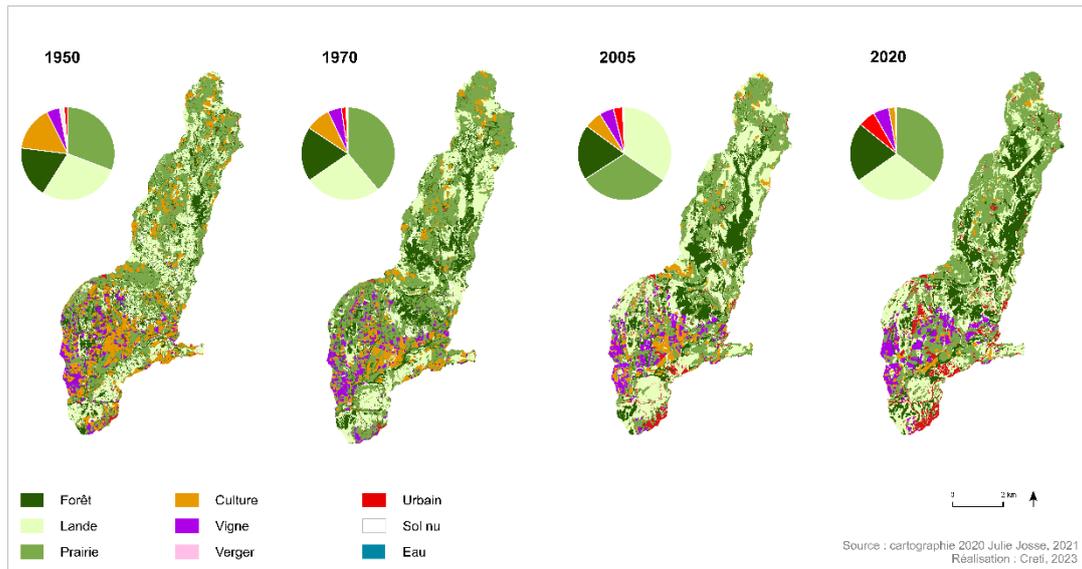


Figure 11 : Évolution des modes d'occupation du sol dans le bassin versant de la Claduègne

Pour le bassin versant du Ratier orienté périurbain, on observe une spécialisation agricole vers la polyculture élevage au détriment des terres labourables, ainsi que le développement d'une agriculture à forte valeur ajoutée depuis les années 2000 (maraîchage et vergers). Cette dynamique paysagère s'accompagne d'un étalement urbain depuis l'agglomération lyonnaise (Figure 12).

Ces résultats paysagers servent de base à la discussion lors d'entretiens avec les acteurs du territoire de chacun des terrains d'étude (élus, chargés de mission des communautés de communes, représentants de la chambre d'agriculture, syndicat mixte des eaux, ONF/CNPF, associations, scientifiques). De premiers résultats prospectifs sont attendus pour les semaines à venir.

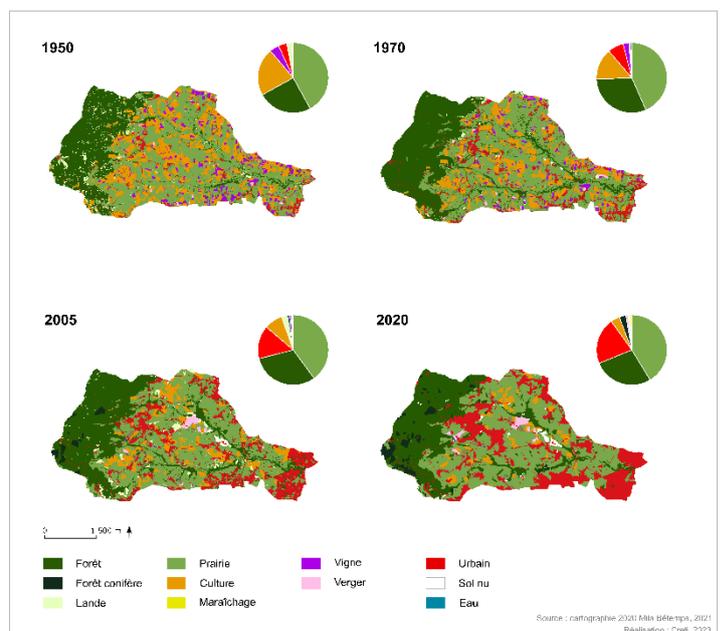


Figure 12 : Évolution des modes d'occupation du sol dans le bassin versant du Ratier

Bibliographie :

Jean Martins, Guillaume Nord, Celine Duwig, Cédric Legout, Marie Christine Morel, et al. 2019. Origine et devenir des contaminants PHARMAceutiques dans les Bassins Versants agricoles. Le cas de la Claduègne (Ardèche). PHARMA-BV, Rapport final. [Rapport de recherche] Université Grenoble Alpes (UGA); Institut des géosciences de l'environnement (IGE); Irstea; Cermosem. halshs-03792642

Nico Hachgenei, Nicolas Robinet, Christine Baduel, Guillaume Nord, Lorenzo Spadini, et al. Catchment-scale rapid transfer of livestock pharmaceuticals under Mediterranean climate. 2023. Science of the Total Environment, pp.166650. [10.1016/j.scitotenv.2023.166650](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166650). halshs-04210343

Pour nous suivre :

<https://www.facebook.com/cermosem>

<https://iuga.univ-grenoble-alpes.fr/institut/le-cermosem/>



Document rédigé en novembre 2023 par les membres des équipes impliqués dans les projets CHYPSTER, IDESOC et PHARMABV. Ces travaux sont toujours en cours.

Imprimé au Cermosem. Ne pas jeter sur la voie publique.