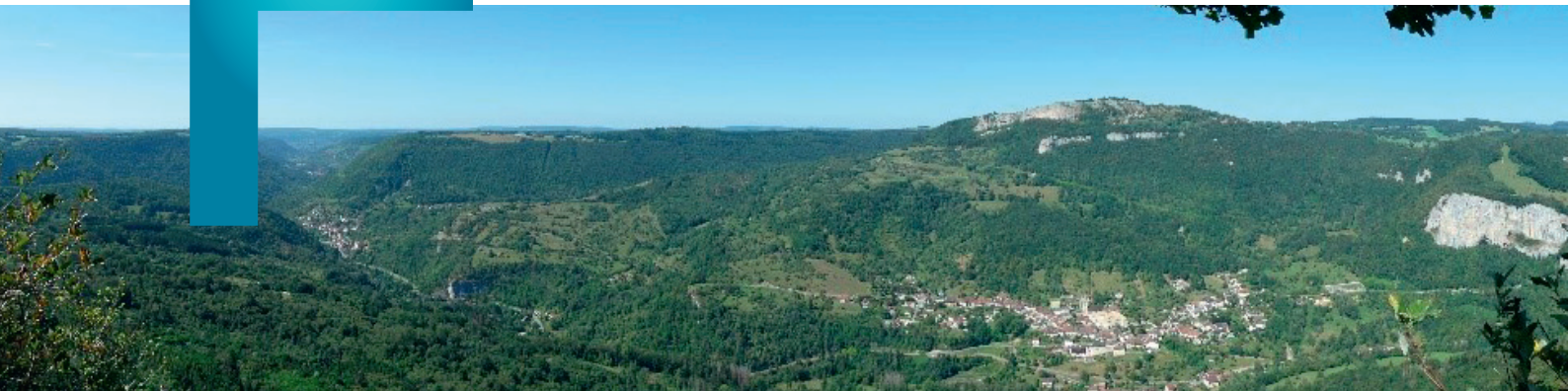


NUTRI- Karst

**ÉCHANGES KARST-RIVIÈRE
ET FONCTIONNEMENT HYDROGÉOLOGIQUE
DES AQUIFÈRES DU BASSIN DE LA LOUE**

SYNTHÈSE DE LA TÂCHE 2 - 2024



Cette plaquette est une synthèse des résultats et des interprétations de la Tâche 2 du projet NUTRI-Karst : Échanges karst-rivière et fonctionnement hydrogéologique des aquifères du bassin de la Loue, que vous pouvez consulter en cliquant sur lien suivant :

<http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-73496-FR.pdf>

LES ENJEUX ET OBJECTIFS

Un besoin de connaissance pour mieux préserver la ressource en eau

Problématique

La dégradation de la qualité des eaux des rivières comtoises observée depuis plusieurs décennies se traduit notamment par des excès en nutriments, témoins des activités anthropiques passées et actuelles.

Les hydrosystèmes karstiques se distinguent par leur hétérogénéité et leurs dynamiques de transfert complexes, rendant la relation entre les pressions humaines et leurs impacts environnementaux peu évidente. Par ailleurs, les aquifères karstiques sont particulièrement vulnérables à la pollution, car ils favorisent l'infiltration de l'eau tout en limitant les processus de filtration dans le sol. Il est donc essentiel, dans un premier temps, de saisir le fonctionnement hydrogéologique de ces milieux karstiques (Tâche 2) avant d'évaluer dans un deuxième temps les transferts et la mobilité des polluants entre le bassin versant et les eaux de surface (Tâche 3).

Objectif de la Tâche 2 du projet NUTRI-Karst

Caractériser les processus hydrogéologiques des principaux aquifères du bassin de la Loue : recharge

par les précipitations et les pertes de cours d'eau, écoulements souterrains, réserves, et préciser la diversité des échanges karst-rivière, qui contrôlent son fonctionnement hydrologique.

LA MÉTHODOLOGIE SUIVIE

Le BRGM a collecté de nouvelles données en s'appuyant sur une approche pluri-disciplinaire à l'échelle du bassin versant de la Loue

Approches dédiées à l'étude des karsts

Plusieurs approches géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques ont été mises en oeuvre : i) jaugeages différentiels en rivière, ii) profils physico-chimiques le long de la rivière, iii) analyse de séries temporelles acquises à haute fréquence, iv) traçages artificiels, v) traçages naturels : hydrochimie et isotopie des pluies, des eaux du sol, des eaux souterraines (sources) et de surface, vi) modélisation géologique.

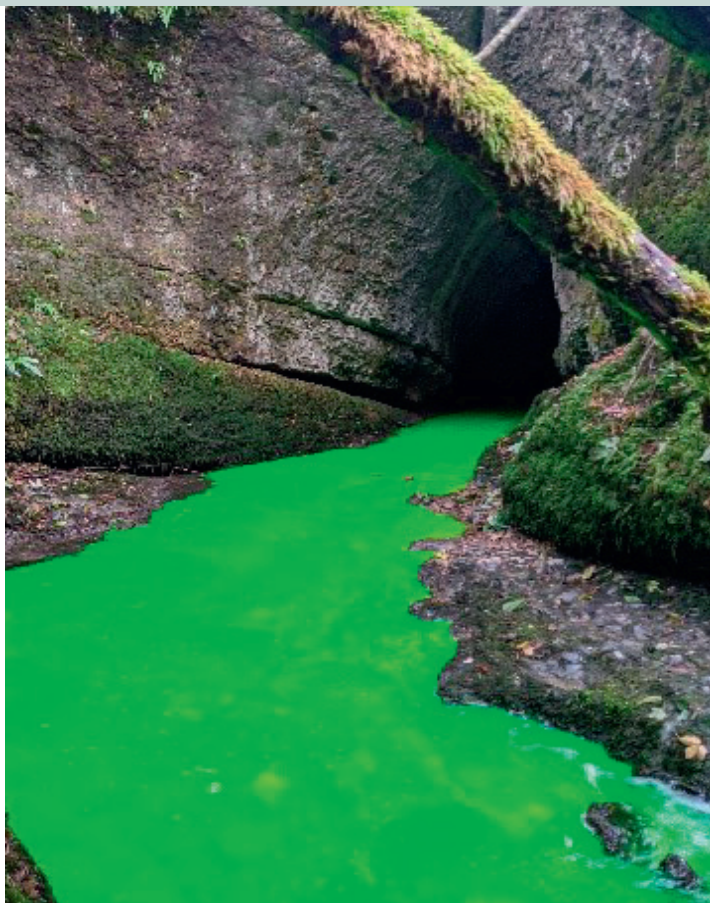
En les combinant et les confrontant, il devient possible de donner un nouvel éclairage sur l'origine des eaux, les modalités de recharge des aquifères, les temps de résidence des eaux souterraines ainsi que l'influence des eaux souterraines dans le fonctionnement des rivières.

Vallée de la Loue : Une mosaïque hydrogéologique à explorer

Cette approche pluridisciplinaire a été appliquée au bassin de la Loue sur sa partie karstique en amont

Acquisition de données physico-chimiques le long de la Loue.





**Injection d'uranine (traceur fluorescent)
à la perte de la Vieille Folle (système
karstique du Verneau - 8/10/2020).**

Une diversité spatiale remarquable des dynamiques hydrogéologiques et des interactions entre nappes et rivières

Les réservoirs du Jurassique supérieur et du Jurassique moyen présentent des distinctions notables dans leur fonctionnement hydrogéologique, probablement en raison de niveaux de karstification différents. La perméabilité plus élevée du Jurassique moyen se traduit par des pertes de cours d'eau sur de grands linéaires (Lison aval, Loue en aval de Vuillafans, Brême). Ces pertes influencent significativement le fonctionnement hydro(gé)logique en période d'étiage, entraînant une réduction, voire une absence totale des débits résiduels sur certains tronçons. Elles contribuent ainsi à la recharge du réservoir, principalement alimenté par les eaux de surface. Le réservoir du Jurassique supérieur comporte des propriétés de stockage significatives dans les synclinaux de la Haute-Chaîne.

de Chenecey-Buillon (25), pour aboutir à un modèle conceptuel hydrogéologique 3D et à la délimitation des zones contributives au débit des rivières.

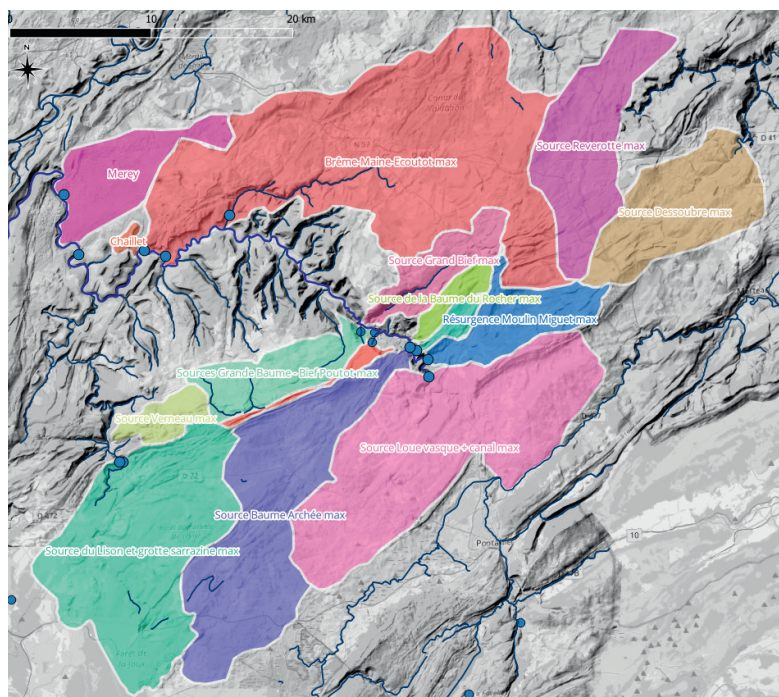
Les karsts de la vallée de la Loue sont fortement marqués par l'importance de la recharge localisée (pertes de cours d'eau) en plus de la recharge diffuse (sur les plateaux), et une zone d'infiltration qui dépasse fréquemment 100 m d'épaisseur. Cela a des impacts sur la forte variabilité des débits, les réserves, et sur la qualité des eaux.

LES RÉSULTATS

Un nouveau schéma conceptuel du fonctionnement hydrogéologique du bassin de la Loue qui tient compte des échanges karst-rivière

Des aquifères d'une ampleur remarquable

Le bassin de la Loue se distingue par la présence de trois aquifères karstiques d'envergure nationale, tant par l'importance de leur zone de collecte (impluvium) que par leur débit moyen : les aquifères des sources de la Loue, du Lison, et du Maine-Ecrotôt qui figurent parmi les dix plus grandes sources en France. Ensemble, ces trois hydrosystèmes représentent 90% du débit de la Loue à Chenecey-Buillon en étiage et contribuent également de manière significative aux écoulements lors des crues.



**Délimitation des principaux aquifères du
bassin de la Loue.**



En termes de ressource en eau, les résultats de cette étude permettent d'identifier les secteurs abritant des réserves d'eau conséquentes, à préserver pour une exploitation potentielle sur le bassin. Il s'agit tout d'abord du réservoir du Jurassique supérieur au niveau de l'aquifère de la source de la Loue. Dans ce secteur, la Loue est caractérisée par une forte alimentation issue des pertes du Doubs, mais également par des réserves importantes dans la zone noyée. Il s'agit également du réservoir du Jurassique moyen sur l'aval du bassin de la Loue. Dans ce secteur, La rivière de la Loue est connectée à une zone noyée qui s'étend probablement en rive droite au niveau du plateau de Merey mais aussi en rive gauche vers le secteur des pertes du Lison.

La saisonnalité : clé essentielle pour déchiffrer la variabilité des échanges entre karst et rivière

Lors des épisodes de crue, une partie des eaux d'infiltration s'écoule rapidement en profondeur vers la zone noyée. Dans ce contexte, les écoulements aux sources sont alors majoritairement contrôlés par ces eaux d'infiltration récente, tandis que la contribution de l'eau préexistante dans l'aquifère devient faible. En fin d'été, les eaux qui s'écoulent aux sources du Lison et de la Loue présentent un âge apparent d'environ 15 ans, ce qui illustre l'importance de la mobilisation d'eaux de recharge ancienne, stockées préalablement dans le réservoir. En hautes eaux et lors des crues, ce temps de résidence est de quelques heures à quelques jours uniquement. La saisonnalité de la recharge par les eaux d'infiltration explique donc la variabilité du temps de résidence des eaux souterraines drainées à la source au cours de l'année.

Au vu de l'importance des contributions des principaux aquifères (Loue, Lison, Maine, Baume Archée) au débit de la Loue à Chenecey-Buillon, les

Les principaux enseignements de cette étude permettent de faire le lien entre le contexte hydrogéologique et la variabilité des échanges karst-rivière, avec d'un point de vue morphologique :

- Des plateaux qui sont favorables au développement de zones de pertes de cours d'eau et à la présence de bassins fermés (que l'on appelle poljés), rechargeant les aquifères en apportant une composante superficielle en profondeur ;
- Des résurgences en tête de bassin, drainant 2 des principaux aquifères (Loue et Lison) connectées à des zones de pertes qui drainent une partie des plateaux ;
- En bordure de plateaux, des faisceaux qui concentrent de nombreuses émergences. Ces zones de faisceaux jouent à la fois le rôle de limites entre réservoirs et à la fois le rôle d'axe de drainage délimités par la largeur de ces faisceaux ;
- Un réseau hydrographique qui alterne entre tronçons avec apports et tronçons avec pertes selon le réservoir recoupé par la rivière et selon les saisons.

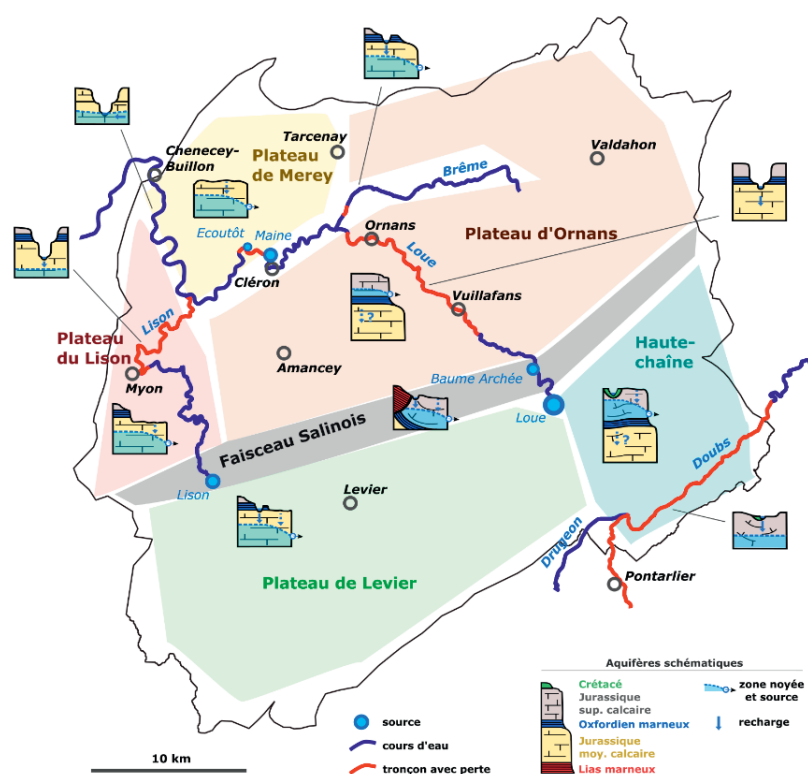
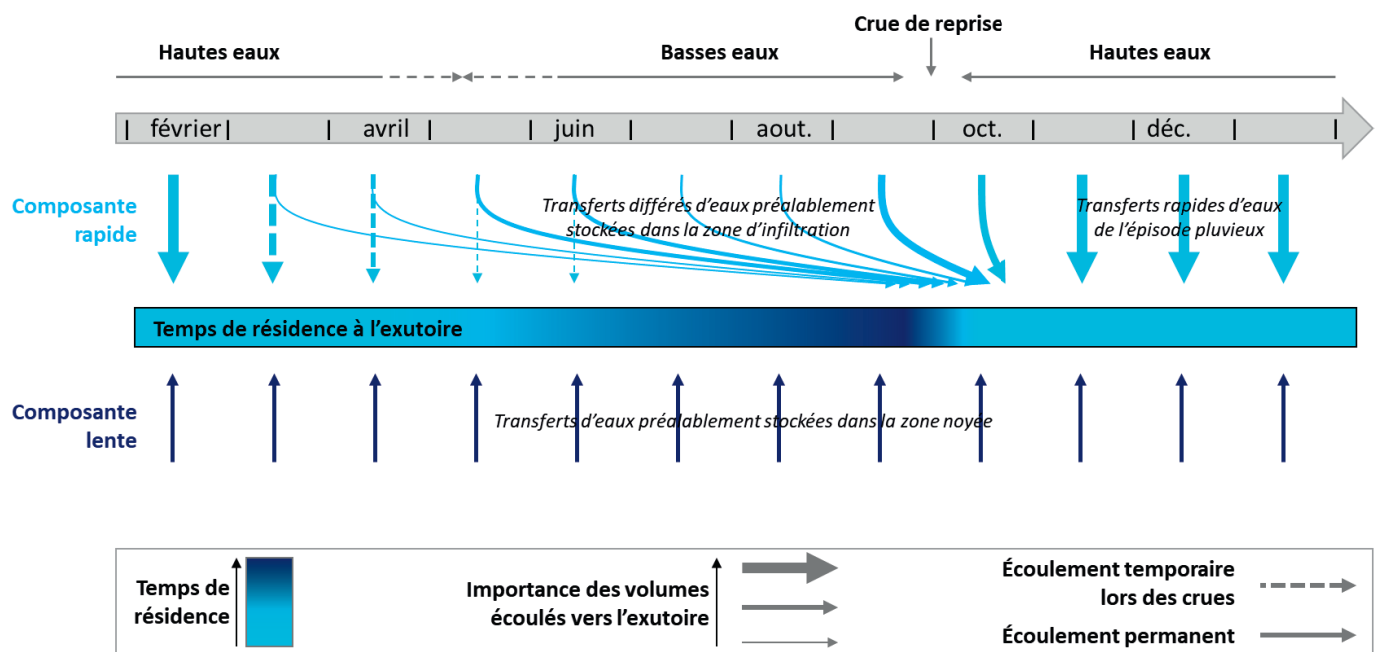


Schéma conceptuel du fonctionnement des aquifères karstiques et des échanges karst-rivière sur le bassin de la Loue.



La variabilité saisonnière des flux résultant des transferts rapides et lents influence le temps de résidence moyen de l'eau à l'exutoire des aquifères karstiques. La taille des flèches représente les contributions relatives des transferts lents et rapides, tandis que leur couleur indique le temps de résidence : celui-ci augmente avec les nuances de bleu foncé. A titre d'exemple, le temps de résidence de l'eau mobilisée par les transferts rapides est de quelques heures ou quelques jours, et celui de l'eau mobilisée par les transferts lents est de plusieurs années à plusieurs dizaines d'années.

résultats montrent que l'eau de la rivière Loue en étiage est une eau issue de recharges anciennes de plusieurs années à plusieurs dizaines d'année. Cela est à considérer lorsque l'on doit évaluer la résilience de ces hydrosystèmes face aux activités anthropiques et au changement climatique.

SYNTHÈSE

Les résultats obtenus ont permis de réexaminer le fonctionnement de certains hydrosystèmes étudiés par le passé (Lison, système Doubs-Loue), tout en fournissant des premières données pour caractériser d'autres systèmes moins connus, comme le Maine et la Baume Archée.

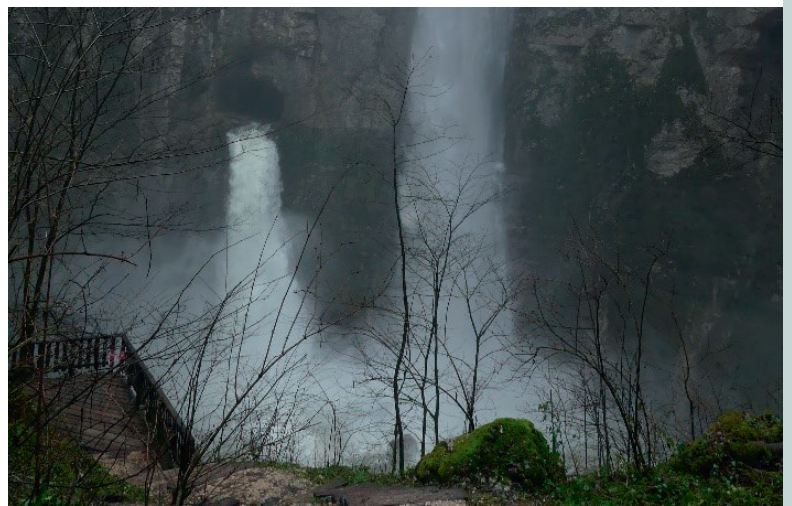
Cette caractérisation hydrogéologique et hydrologique a permis de qualifier et de quantifier les principaux flux selon les saisons, en précisant les zones contributives ainsi que les modalités d'infiltration et de transferts vers les sources.

L'étude a également exploré la grande diversité des contextes hydrogéologiques présents sur les plateaux, reculées et faisceaux du Jura, mettant en évidence des interactions variées et multiples entre les eaux de surface et les eaux souterraines. Elle a abouti à la création d'une typologie générique

de fonctionnement, applicable à d'autres bassins karstiques. La Loue incarne l'ensemble de cette diversité, ce qui lui confère une singularité en termes de paysages, tout en rendant son fonctionnement particulièrement complexe.

Grâce à ces nouvelles connaissances en hydrologie et hydrogéologie, il sera possible de mieux caractériser et quantifier les transferts de nutriments au sein des bassins karstiques, d'évaluer l'impact des pratiques agricoles et de discuter de la vulnérabilité du milieu face aux activités anthropiques, ce qui constitue l'objet de la Tâche 3 du projet.

Creux Billard en crue, aquifère de la source du Lison. (02/02/2021).



NUTRI-Karst

le projet en quelques mots

Mieux comprendre l'impact des activités anthropiques (agricoles, rejets domestiques) sur le devenir des nutriments dans les eaux des rivières comtoises

- • • **6 ans**, fin de programme en 2025.
- • • **Financement**, Agence de l'eau RMC, BRGM, CIA 25-90.
- • • **Coordination**, BRGM, partenariat CIA 25-90.
- • • **Production scientifique**, assurée par 2 agronomes, 4 hydrogéologues, 1 géochimiste, 1 géologue, 1 technicienne.
- • • **Moyens mis en œuvre**, production de données (suivis physico-chimiques, hydrogéologiques, agronomiques),

développement d'approches hydrogéologiques dédiées aux hydrosystèmes karstiques cultivés (analyse des données, modélisation).

- • • **Un comité de suivi** dans le but de fédérer les différents acteurs locaux autour du projet et regroupant les collectivités (Départements, EPTB, EPAGE, syndicat de rivière, PNR,...), les services de l'Etat (DDT, DREAL, OFB, DRAAF), le secteur agricole, et de la pêche et la société civile (CIGC, fédérations de pêche...).
- • • **3 ateliers participatifs multi-acteurs** pour co-construire une vision partagée et diffuser les résultats.

ORGANISATION EN 4 TÂCHES

Tâche 1 : Réponses des agro-hydro-systèmes du massif du Jura face au changement climatique et aux activités anthropiques

Tâche 2 : Caractérisation hydrogéologique et délimitation des zones contributives au débit des rivières à l'échelle des systèmes karstiques et du bassin de la Loue

Tâche 3 : Transferts de nutriments d'origine agricole aux échelles du sol, de la source karstique et du bassin

Tâche 4 : Porter à connaissance pour construire une vision partagée des causes de la perturbation des rivières comtoises



Prélèvement d'eau à la Grotte de la Sarrazine en période de crue.

BRGM
Bourgogne-Franche-Comté -
Dijon

Parc technologique
27 rue Louis de Broglie
21000 Dijon
bourgogne-franche-comte@brgm.fr

Chambre
Interdépartementale
d'Agriculture Doubs -
Territoire de Belfort

130 bis rue de Belfort
25021 Besançon CEDEX
chambagri25@agridoubs.com

Agence de l'eau Rhône
Méditerranée Corse
Délégation régionale de
Besançon

Le Cadran
34 Rue de la Corvée
25000 Besançon
contact.agencedeleaubesancon@
eaurmc.fr