

# Caractérisation des échanges nappes/rivières en milieu alluvionnaire

## Guide méthodologique

Mots-clés : échanges nappe/rivière, géomatique, géochimie, macrophytes, invertébrés souterrains,

Type d'outil	Milieus étudiés	Disciplines mobilisées	Destinataires
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Méthodologie</li> <li>- Indicateur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cours d'eau et sa nappe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hydrologie, hydrogéologie, biologie animale/végétale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestionnaires</li> </ul>

### OBJECTIFS

Comprendre les échanges d'eau entre une rivière et sa nappe spatialement, temporellement et quantitativement.

### CONTENU DE L'OUTIL

Le guide méthodologique propose une approche multidisciplinaire basée sur 4 méthodes :

- ❖ Analyse géomatique
- ❖ Analyse géochimique
- ❖ Analyse biologique basée sur les communautés de végétaux aquatiques (macrophytes)
- ❖ Analyse biologique basée sur les communautés d'invertébrés souterrains

L'approche multidisciplinaire assure une meilleure robustesse des résultats et une complémentarité des données.

Pour une utilisation cohérente et efficace des quatre méthodes présentées, une démarche en 7 étapes a été mise au point :

1. Définir et décrire la zone de travail
2. Choisir et sélectionner les bons outils en fonction du contexte territorial
3. Consulter les informations nécessaires pour choisir en connaissance de cause
4. Mesurer et calculer les échanges à partir des outils sélectionnés
5. Interpréter les résultats
6. Faire la synthèse des résultats
7. Cartographier les échanges nappes/rivières

### L'ESSENTIEL

Ce guide propose une méthodologie d'évaluation des échanges nappes rivières en milieu alluvionnaire. Son contenu permet de choisir parmi 4 méthodes (géomatique, géochimique, biologique macrophytes, biologique invertébrés souterrains) la ou les méthodes d'analyse les plus adaptées pour réaliser ce diagnostic

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Robustesse et complémentarité des données</li> <li>+ Caractérisation des échanges du local à l'échelle des masses d'eau</li> <li>+ Détection de certaines perturbations comme le colmatage du lit de la rivière</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incomplétude des méthodes prises séparément en cas de données manquantes ou incomplètes</li> <li>- Utilisation limitée à certains contextes hydrogéologiques</li> <li>- Coût élevé des analyses</li> <li>- Compétences techniques importantes</li> </ul>

## MISE EN ŒUVRE

### Temps



1 semaine à 3 mois/méthode  
fonction de l'emprise de la zone de travail

**Moyens humains** : 1 à 4 personnes/méthode

### Matériel

Cf. guide pages 85, 90, 100, 106

**Compétences** : Novice à expert

**Coûts** : De ●●○○○ à ●●●○○

## CONTEXTE

Les cours d'eau sont le support d'une diversité d'habitats remplissant des fonctions écologiques variées et accueillant une biodiversité riche et spécifique. Ils assurent aussi à l'homme son approvisionnement en eau pour la consommation domestique, industrielle et l'irrigation des cultures.

Pour préserver ces ressources, la Directive Cadre sur l'eau fixe à 2027 l'échéance pour atteindre un bon état écologique des milieux superficiels et souterrains, décliné à l'échelle du bassin avec le SDAGE et à l'échelle local avec le SAGE. Pour remplir ces objectifs, une connaissance approfondie des flux d'eau dans de la plaine alluviale est nécessaire.

Parmi ces flux, les échanges entre la rivière et sa nappe sont souvent peu étudiés et parfois mal appréhendés par les gestionnaires, et ce malgré le fait qu'ils influent fortement la dynamique d'un cours d'eau et la qualité de l'eau. C'est pourquoi la ZABR, avec le soutien de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, a développé une méthodologie décrite dans ce guide technique pour mettre à disposition des gestionnaires les connaissances et les outils les plus appropriés et les plus récents pour étudier les échanges nappes/rivières.

## PRINCIPES

La caractérisation des échanges nappes/rivières suit une méthodologie en 7 étapes servant de fil directeur à la démarche d'expertise.

Les trois premières étapes (1, 2, 3) permettent de faire le point sur la zone de travail et de définir les objectifs attendus de l'étude pour choisir au mieux parmi les quatre méthodes détaillées dans le guide. Les étapes 4, 5 et 6 détaillent les procédures à suivre pour la mise en œuvre des techniques d'expertise, l'analyse et la synthèse des données produites. Enfin, l'étape 7 présente comment cartographier les résultats.

Pour caractériser les échanges nappes/rivières, de nombreuses techniques existent, qui s'appuient sur différentes approches (géomatique, analyse hydrodynamique, échantillonnage, marqueurs biologiques...). Dans ce guide, 4 méthodes sont détaillées :

### Analyse géomatique :

L'analyse géomatique permet de déterminer le sens de l'échange entre la rivière et sa nappe et de quantifier cet échange en m<sup>3</sup>/jour.

Pour cela, la méthode s'appuie sur les données de hauteur d'eau dans la rivière et dans la nappe, sur le contour des berges et la surface d'échange ainsi que sur un calcul de débit basé sur la loi de Darcy.

Les hauteurs d'eau permettent à partir d'un SIG de créer un maillage TIN (Triangulated Irregular Network) modélisant la surface de la nappe en 3D, donnant une visualisation du sens d'écoulement de la nappe. A partir de cette modélisation et de la surface d'échange, un calcul de débit est réalisé en appliquant la loi de Darcy ( $Q=K.A.i$ ).

L'analyse géomatique est une méthode facilement reproductible et qui offre une souplesse d'utilisation en permettant l'ajout ultérieur de nouvelles données pour le calcul des débits. Elle présente aussi l'avantage de permettre de travailler à différentes échelles, de pondérer le calcul de débit en fonction de l'angle entre la berge et la direction du gradient de nappe et enfin, elle permet d'automatiser les analyses spatiales. Néanmoins des améliorations sont à prévoir concernant l'estimation de l'incertitude autour des variables servant au calcul des débits et des gradients de nappe.

#### Analyse géochimique :

L'analyse géochimique a pour objet de déterminer l'origine de l'eau, selon qu'elle provient de la zone superficielle, interstitielle ou souterraine, et d'estimer le pourcentage de mélange comme proxy des quantités d'eau échangées entre la rivière et sa nappe.

Elle se base sur la connaissance des caractéristiques physico-chimiques des eaux dans ces différents compartiments. L'analyse peut ainsi se faire sur des éléments majeurs (Calcium, Nitrates, Phosphates...), des éléments en traces (Sulfates), la température, la conductivité électrique ou la teneur en oxygène dissous. En parallèle, une analyse isotopique peut être menée pour estimer, en plus des échanges, le temps de séjour de l'eau dans l'aquifère et l'altitude de recharge des apports en eau.

L'utilisation de cette méthode nécessite de nombreuses précautions du fait que la physico-chimie de l'eau est sujette à des modifications suite aux activités biologiques ou en fonction de la saison du fait des quantités d'eau affectant le niveau de dilution des composés et leur détectabilité. Pour ce qui est des isotopes, l'application de la méthode est délicate du fait des compétences requises pour l'analyse et l'interprétation des résultats, du nombre de réplicats nécessaires et des coûts d'analyse pouvant être élevés.

#### Analyse des communautés de végétaux aquatiques :

L'analyse des communautés de végétaux aquatiques est réalisée à partir des macrophytes se développant dans les annexes alluviales. Basée sur les exigences écologiques des espèces et couplée à une analyse physico-chimique des eaux superficielles, elle permet d'évaluer (I) le niveau de trophie, (II) le degré d'influence des perturbations par les crues et (III) les apports d'eaux souterraines.

#### Analyse des communautés d'invertébrés souterrains :

L'analyse des communautés d'invertébrés souterrains, en s'appuyant sur les espèces stygobie de la zone interstitielle, permet de déterminer l'origine de l'eau sur une échelle saisonnière mais aussi de détecter les phénomènes de recyclage (échanges alternés entre le fond du cours d'eau et la zone hyporhéique). Cette méthode s'appuie sur le principe d'écotone, localisé dans ce cas dans la zone interstitielle. Cette dernière, en tant que zone de transition, va voir ses communautés d'invertébrés influencées par les apports d'eau selon qu'ils proviennent de la nappe ou de la rivière. Ainsi la composition différentielle des communautés va renseigner sur les flux moyens d'eau entre les deux milieux.

## PERSONNES RESSOURCES

---

### **Frédéric PARAN**

#### Géomatique

Labo/structure, ENMSE -UMR 5600

frederic.paran@mines-stetienne.fr

Tél. 04 77 42 66 65

### **Florent ARTHAUD et Gudrun BORNETTE**

#### Macrophytes

Labo/structure

Université de Savoie, UMR INRA 042

Université de Franche-Comté, UMR CNRS 6249

florent.arthaud@univ-savoie.fr/04 79 75 88 70

gudrun.bornette@univ-fcomte.fr/03 81 66 65 63

### **Veronique LAVASTRE et Yves TRAVI**

#### Géochimie

Labo/structure :

Université Jean Monnet de Saint-Etienne, UMR CNRS 6524

Université d'Avignon Pays de Vaucluse

Veronique.lavastre@univ-st-etienne.fr

Tel : 04 77 48 15 85

Yves.Travi@univ-avignon.fr

### **Christophe PISCART et Pierre MARMONIER**

#### Invertébrés souterrains :

Labo/structure :

Université de Rennes 1, UMR CNRS 6553

Université Claude Bernard Lyon 1, UMR CNRS 5023 -

LEHNA

christophe.piscart@univ-rennes1.fr/02 23 23 54 39

pierre.marmonier@univ-lyon1.fr

Tel : 04 72 44 82 61

## DOCUMENT(S) SOURCE

---

PARAN F. et al., 2015, *Caractérisation des échanges nappes/rivières en milieu alluvionnaire – Guide méthodologique*, 180 pages

Lien : [http://www.graie.org/zabr/zabrdoc/Guides\\_methodo/Guide\\_Echanges\\_NR\\_RMC\\_VF.pdf](http://www.graie.org/zabr/zabrdoc/Guides_methodo/Guide_Echanges_NR_RMC_VF.pdf)

## AUTEUR(S)

---

1PARAN F, 2ARTHAUD F, 3NOVEL M, 1GRAILLOT D, 4BORNETTE G, 5PISCART C, 3MARMONIER P, 6LAVASTRE V, 7TRAVI Y, 8CADILHAC L

## STRUCTURE(S) PORTEUSE(S) DU PROJET

---

1. ENSM-S3E –GSE : Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, Centre SPIN, UMR CNRS 5600 EVS, Département Géo-Sciences et Environnement,
2. US-CARTEL : Université de Savoie, UMR INRA 042, Centre Alpin de Recherche sur les Réseaux Trophiques et les Ecosystèmes Limniques
3. UCBL –LEHNA : Université Claude Bernard Lyon 1, UMR CNRS 5023, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés
4. UMR CNRS 6249, Chronoenvironnement, Université de Franche Comté, Besançon
5. ECOBIO : Université de Rennes 1, UMR CNRS 6553, Ecosystèmes, Biodiversité, Evolution
6. UJM-SE : Université Jean Monnet de Saint-Etienne, UMR CNRS 6524, Magmas et Volcans
7. UAPV –LHA : Université d'Avignon Pays de Vaucluse, Département Hydrogéologie
8. AE-RMC : Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse
9. Irstea : Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture, Lyon, UR Bely
10. ENTPE –LEHNA : Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Vaulx-en-Velin, UMR CNRS 5023, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés

## SITES ET OBSERVATOIRES DE LA ZABR MOBILISES

---

Observatoire Hommes/Milieus pour la vallée du Rhône (OHM-VR)

## THEMATIQUES ZABR ABORDEES

---

Flux, formes, habitats et biocénoses

## PROJET

---

L'élaboration de cet outil s'inscrit dans le programme de recherche « Evaluation des échanges nappes/rivières et de la part des apports souterrains dans l'alimentation des eaux de surface : application au fleuve Rhône et aux aquifères associées » qui s'est déroulé de 2006 à 2015. Ce programme répond à la thématique « Risques environnementaux et vulnérabilité des milieux » de l'accord-cadre conclu entre l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse et la ZABR.

