

## **Utiliser les invertébrés pour localiser les échanges nappe-rivière. Conséquences pour la gestion des grands fleuves.**

The use of interstitial invertebrates to localize river-groundwater exchange zones. Implications in river management.

Marmonier P.<sup>1</sup>, Piscart C.<sup>1</sup>, Simon L.<sup>1</sup>, Creuzé des Châtelliers M.<sup>1</sup>, Paran F.<sup>2</sup>, Maazouzi C.<sup>1</sup>, Cadilhac L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université de Lyon, Université Lyon 1, UMR-CNRS 5023, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropiques, 43 boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex, France.

<sup>2</sup> Géo-environnement, Centre SPIN, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 158 cours Fauriel, 42023 Saint-Etienne Cedex, France

<sup>3</sup> Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, Lyon, France  
Zone Atelier Bassin du Rhône

### **RÉSUMÉ**

Les échanges entre la rivière et les nappes sont des processus hydrologiques essentiels au fonctionnement de la plupart des grands cours d'eau. En effet ces échanges contrôlent en partie les débits d'étiage et la thermie des eaux superficielles. Une gestion durable de ces systèmes aquatiques nécessite donc leur prise en compte, tant du point de vue quantitatif que de leur localisation et leur orientation. Cette localisation est souvent difficile car les grands fleuves et leurs plaines alluviales représentent des espaces très hétérogènes. L'utilisation des invertébrés interstitiels (vivant à l'intérieur des sédiments) peut permettre de repérer les zones d'apport d'eau souterraine (upwelling) et d'infiltration d'eau de surface vers les nappes (downwelling). Les communautés interstitielles sont composées d'un mélange d'espèces épigées (vivant dans les eaux de surface) et d'espèces stygobies (adaptées au milieu souterrain). La proportion de ces deux groupes écologiques dans les communautés échantillonnées à faible profondeur dans les sédiments (-50 cm) peut être utilisée comme outil de diagnostic de l'origine de l'eau et de cartographie des zones d'échange nappe-rivière.

### **ABSTRACT**

River-groundwater exchanges are crucial in the functioning of large river ecosystems. These exchanges partially control the river discharge and the water temperature during low water periods. The sustainable management of large rivers must take into account the intensity and the localization of these exchanges. Their localization is a challenge because of the high spatial heterogeneity of large rivers and their floodplain. We propose to use interstitial invertebrates (living inside the sediment) to localize the upwellings of groundwater to the river and the downwellings of surface water to the aquifer. Interstitial communities are composed of a mix of epigeal species (living in surface waters) and stygobites (species adapted to live in groundwaters). The proportion of these two ecological groups at shallow depth inside sediment (-50 cm deep) could be used as a tool to recognize the origin of the water (upwelling versus downwelling) and to map river-groundwater exchange zones.

### **MOTS CLES**

Gestion et protection des ressources, interface nappe-rivière, invertébrés, processus écologiques, zone hyporhéique.

## 1 INTRODUCTION

Les changements climatiques qui interviendront dans les années à venir vont sans doute modifier à la fois la thermie et l'hydrologie des cours d'eau tempérés, et ainsi modifier leur fonctionnement écologique. Dans ce contexte, la caractérisation des échanges entre les rivières et leurs nappes constitue en enjeu majeur pour comprendre les conséquences des changements climatiques sur les milieux aquatiques. En effet ces échanges contrôlent en partie les débits d'étiage des cours d'eau, qui peuvent être soutenus par des apports d'eau souterraine ou réduits à cause des pertes d'eau superficielle vers les sédiments et la nappe. La thermie des eaux superficielles des cours d'eau peut être elle aussi modifiée par les échanges avec le compartiment souterrain, les apports d'eau de nappe plus frais en été et plus chauds en hiver réduisent les écarts annuels de température. Une gestion durable des systèmes aquatique nécessite donc leur prise en compte, tant du point de vue quantitatif que de leur localisation et leur orientation.

La localisation des zones d'échange entre un grand fleuve et sa nappe est souvent difficile car les grands cours d'eau et leurs plaines alluviales représentent des espaces très hétérogènes : chenal principal, bras secondaires, zones humides, systèmes plus ou moins connectés à la nappe. Les aménagements humains (endiguement, construction de barrages, de canaux de drainage) contribuent encore à complexifier ces systèmes, en modifiant et en artificialisant les zones d'échange avec les eaux souterraines. L'étude de la variation spatiale des niveaux piézométriques permet de modéliser et de cartographier ces zones d'échanges. Toutefois, le croisement de ces informations avec d'autres descripteurs du fonctionnement hydrologique des fleuves (flore aquatique, invertébrés) peut permettre de confirmer et de consolider les diagnostics sur le sens des échanges nappe-rivière et sur l'origine des eaux alimentant le fleuve. Nous proposons d'utiliser les invertébrés interstitiels (vivant à l'intérieur des sédiments) pour repérer les zones d'apport d'eau souterraine (upwelling) et d'infiltration d'eau de surface vers les nappes (downwelling) dans les grands fleuves.

## 2 MATERIELS ET METHODES

Les communautés interstitielles sont échantillonnées par pompage Bou-Rouch (Bou et Rouch, 1967) de 10 litres d'eau, à faible profondeur (50 cm sous la surface des sédiments), en trois points proches afin de réduire la variabilité locale de la mesure. La faune est récupérée sur un tamis (vide de maille de 200 µm), fixée à l'alcool sur le terrain, triée et identifiée au laboratoire. Ces échantillonnages de faune peuvent être complétés par des mesures des caractéristiques physico-chimiques des eaux, en particulier leurs teneurs en éléments minéraux dissous (calcium, silice, conductivité électrique), en nutriments (nitrate, phosphate) et en oxygène dissous.

Ces communautés interstitielles sont composées d'un mélange de deux groupes écologiques distincts. (1) Les espèces épigées (d'eau de surface) qui possèdent des yeux et une pigmentation de leur téguments sont souvent exigeantes pour la quantité d'oxygène dissous, la qualité des ressources trophiques disponibles, mais sont résistantes à la turbulence de l'eau et aux fluctuations thermiques. Elles restent le plus souvent dans ou à proximité des eaux de surface et traduisent des infiltrations d'eau superficielle dans le milieu interstitiel (downwelling). (2) Les espèces stygobies (adaptées aux milieux souterrains) qui sont aveugles et dépigmentées, sont beaucoup plus résistantes au manque d'oxygène, peu exigeantes sur la qualité et la quantité des ressources trophiques, mais recherchent des milieux très stables, tamponnés thermiquement. Si elles dominent à faible profondeur dans les sédiments, elles traduisent la présence de remontés d'eau de nappe (upwelling). L'abondance (nombre d'individus) ou la richesse (nombre d'espèces) de ces deux groupes écologiques dans les communautés échantillonnées à faible profondeur peut être utilisée comme outil de diagnostic de l'origine de l'eau (downwelling *versus* upwelling) et pour cartographier des zones d'échange nappe-rivière.

L'utilisation de cet indice a été testée sur un secteur du Rhône situé entre Lyon et Genève, le secteur de Brégner-Cordon, où plus d'une centaine d'échantillons a été réalisée de 1987 à 2009 (Creuzé des Chatelliers, 1991; Claret et al., 1999). Le chenal court-circuité du fleuve est constitué d'un secteur en méandrage au pied du barrage (noté C sur la figure 1) et d'un secteur en aval associant tressage et anastomose latérale (noté E). L'aménagement du fleuve a conduit au creusement de trois canaux de drainage limitant l'inondation des terres agricoles : un situé en bordure de la retenue du barrage hydroélectrique (où le niveau du fleuve est artificiellement maintenu au-dessus du niveau de la nappe, noté A et B sur la figure), deux autres situés entre le canal d'aménagé et la plaine alluviale (notés D).

### 3 RESULTATS

La présence d'espèces stygobies dans les communautés interstitielles du secteur de Brégnier-Cordon est très hétérogène. Ainsi, le chenal court-circuité du Rhône peut être divisé en deux secteurs distincts: (1) le secteur en amont (zone C) caractérisé par la présence de quatre espèces stygobies (*Niphargus rhenorhodanensis*, *Niphargus casparyi*, *Fabaeformiscandona wegelini*, *Islamia* sp.) qui apparaissent dans 7 des 12 stations échantillonnées. Ce secteur semble donc alimenté ponctuellement par la nappe. (2) Le secteur en anastomose situé en aval, où aucune faune stygobie n'a été capturée, traduisant de faibles échanges entre le fleuve et sa nappe (Zone E). L'exhaussement du chenal lié au style géomorphologique (tressage central et anastomose latérale) semble induire une sédimentation fine sur le fond du fleuve isolant les eaux superficielles de celles de la nappe.

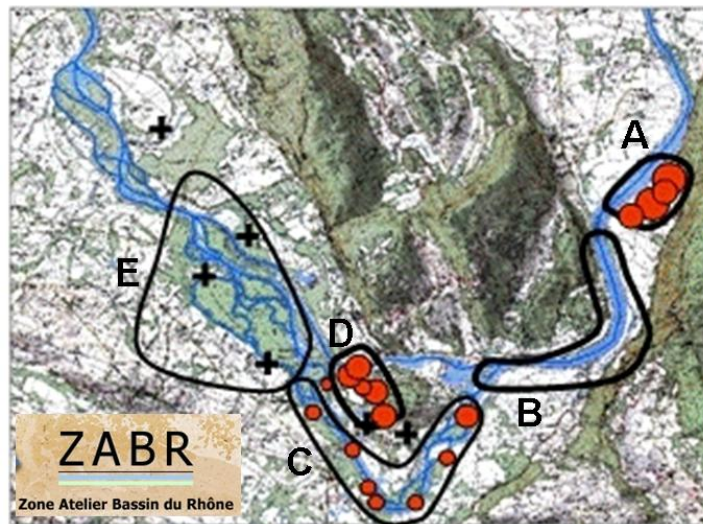


Figure 1 : Une sectorisation du Rhône dans le secteur de Brégnier-Cordon basée sur la présence de faune stygobie (points rouges). Zones A et D : apports importants d'eau de nappe au niveau de canaux de drainage. Zone C : apports ponctuels au chenal court-circuité. Zones B et E : absence d'apports significatifs d'eau souterraines (infiltration d'eau de surface vers les sédiments ou colmatage partiel de ceux-ci).

Les assemblages faunistiques des canaux de drainage apparaissent eux aussi très hétérogènes. Celui situé le long de la retenue héberge une faune stygobie en amont (*Niphargus rhenorhodanensis*, *Niphargus fontanus*, *Niphargopsis casparyi*, en zone A), mais celle-ci disparaît plus en aval (en zone B). Les deux canaux situés en bordure de la plaine (zone D) sont eux riches en faune stygobie sur toute leur longueur (avec *Bathynella* sp. et *Crangonyx* sp. en plus des trois espèces présentes en zone A) traduisant des apports importants d'eau souterraine, possiblement d'origine karstique.

### 4 CONCLUSIONS

L'utilisation de cet outil diagnostique doit venir en complément d'autres indicateurs d'échanges (hydrogéologiques et floristiques). Cet ensemble de descripteurs doit permettre aux gestionnaires de localiser les zones d'apports d'eau souterraine qui peuvent constituer des hot-spots de biodiversité à forte valeur patrimoniale, représenter des zones de refuge pour les organismes d'eau fraîche lors des canicules estivales et contribuer à maintenir l'oligotrophie des milieux superficiels. Inversement, la reconnaissance des zones d'exportation d'eau superficielle vers la nappe permet d'évaluer les risques de contamination de cette ressource et d'établir les règles de son utilisation. Enfin, la reconnaissance des zones où le substrat est colmaté permet d'argumenter la mise en place de politiques de bonnes pratiques visant à réduire les apports de sédiments fins aux rivières.

### BIBLIOGRAPHIE

- Bou C. & Rouch R. (1967). Un nouveau champ de recherches sur la faune aquatique souterraine. *Compte Rendus de l'Académie des Sciences*, 265: 369-370.
- Claret C., Marmonier P., Dole-Olivier M.J. & Castella E. (1999) Effects of management works on the interstitial fauna of floodplain aquatic systems (River Rhône, France). *Biodiversity & Conservation*, 8: 1179-1204.
- Creuzé des Châtelliers M. (1991). *Dynamique de répartition des biocénoses interstitielles du Rhône en relation avec des caractéristiques géomorphologiques*. Thèse Doctorat, Université Claude-Bernard, Lyon I, 161 pp.