

## Accord Cadre ZABR- Agence de l'Eau Fiche résumé

### Titre du projet :

**Quantification des échanges d'eaux nappes-rivières à partir de radio-isotopes à courtes périodes. Étude pilote appliquée à la Cèze.**

### Personnes responsables et référentes :

Olivier Radakovitch (CEREGE – Aix-en-Provence)

### Equipes de recherche « ZABR » concernées :

Deux équipes de recherche sont impliquées dans cette action de recherche:

- Aix-Marseille Université - UMR 7330 - CEREGE
- École Nationale Supérieure Mine Saint-Etienne – UMR 5600 EVS composante EMSE, GSE (D. Graillot, F. Paran, J. Ré-Bahuaud).

L'équipe EMMAH-UMR 1114 de l'université d'Avignon et non rattachée à la ZABR est aussi impliquée via une sous-traitance.

### Actions de recherche ZABR en lien avec le projet :

- J. Ré-Bahuaud, D. Graillot et F. Paran : Echanges Karst/Cèze - Caractérisation des échanges entre Karst et Rivière. Cas d'un affluent du Rhône, la Cèze au niveau du plateau karstique de Méjannes-le-clap.
- F. Paran et D. Graillot : Eau Sout' – Phase 5 – Guide méthodologique / Site dans la basse vallée de la Drôme.
- P. Martin : Criticité des basses eaux dans le bassin de la Cèze en amont des gorges à Tharoux.
- F. Liébault : Typologie des Rivières en Tresses du bassin Rhône-Méditerranée

### Thème de rattachement ZABR :

Flux, formes, habitats, biocénoses

### Thème de rattachement Agence de l'Eau :

Risques environnementaux et vulnérabilité des milieux.  
Zone d'interface – compréhension des processus.

### Site ou Observatoire de rattachement ZABR:

Rivière Cèze.

### Finalités et attendus opérationnels (1/2p):

Dans un contexte de plus en plus affecté par le réchauffement climatique et les pressions sur la ressource en eau de surface, les échanges d'eaux entre nappe et rivière deviennent un régulateur extrêmement important du système aquatique. De manière diffuse (nappe alluviale) ou ponctuelle (source karstique), ces échanges ont un rôle sur l'écosystème, le transfert de polluants agricoles ou urbains ou encore les aspects thermiques du fleuve et donc ses qualités d'habitat. Tous ces points d'intérêts ont déjà été évoqués par la ZABR et constituent une des raisons de la création du programme « échange nappe-rivière ». La ZABR a ainsi permis depuis quelques années des avancées sur cette question en soutenant

divers types d'actions telles que des approches par imagerie infrarouge thermique du cours d'eau, par la biologie des invertébrés interstitiels ou encore par modélisation mathématique. Un travail est en cours sur ce sujet dans le cadre du projet « Estimation des échanges thermiques et hydrauliques entre rivière et nappe en contexte karstique ».

Une des difficultés d'étude de ces échanges résident dans leur quantification. Ces approches importantes et complémentaires sont en effet précieuses pour localiser les apports mais elles restent limitées pour estimer leur débit. Depuis quelques années, le développement de traceurs radioactifs naturels pour de telles quantifications s'est accentué. Cette technique est maîtrisée par le CEREGE et l'EMMAH qui l'ont particulièrement développé dans le cadre d'échanges entre eaux souterraines et eaux côtières, qu'il s'agisse de lagunes ou de côte ouverte.

Ce projet vise à mettre en place cette méthodologie sur le Rhône afin de 1) tester la validité de ces outils dans un contexte fluvial, 2) localiser les apports en complément des méthodes précédentes et 3) quantifier les échanges par l'évaluation des débits.

De par son aspect innovant et donc à risque, ce travail est proposé en complément des travaux déjà réalisés sur cette problématique, soit en cours de réalisation ou déjà réalisés sur la Cèze. Il s'agira dans un premier temps de travailler sur des zones où les apports souterrains sont connus et confirmés pour valider la méthode, avant de pouvoir l'adapter à d'autres sites.

### **Objectifs et méthodologie (1p) :**

Le radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) est un radio-isotope naturel gazeux de courte période (3,8 jours). Dans les eaux de surface il est produit par la désintégration de son père radioactif ( $^{226}\text{Ra}$ ) et il montre des valeurs généralement faibles (quelque centaines de  $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) car il s'échappe relativement vite dans l'atmosphère. Dans les eaux souterraines par contre, les activités sont nettement plus élevées car le radon est produit à partir de l'ensemble des minéraux qui constituent la roche encaissante : dans ce cas, les activités atteignent généralement plusieurs milliers de  $\text{Bq}/\text{m}^3$ .

Lorsque des eaux souterraines sont injectés en surface, quel que soit le type d'injection (ponctuel ou diffus), l'analyse du  $^{222}\text{Rn}$  permet de mettre en évidence ces apports qui se traduisent par une augmentation des activités dans, et en aval de, la zone d'injection. Grâce à sa forme chimique gazeuse et sa courte période, la diminution en aval peut être assez rapide. Le signal ne s'accumule donc pas longitudinalement et chaque apport doit pouvoir être quantifié sans effet mémoire.

L'établissement d'un bilan à l'état stationnaire du  $^{222}\text{Rn}$  dans le fleuve sur une portion délimitée permet de définir les flux entrants (apports d'autres rivières, par diffusion du sédiment, par décroissance du  $^{226}\text{Ra}$  dans l'eau et par les eaux souterraines) et sortants (décroissance et départ vers l'atmosphère). La détermination de tous ces flux permet d'évaluer un inconnu, ici le flux issu des eaux souterraines. Si les activités de  $^{222}\text{Rn}$  dans les eaux souterraines sont mesurées en parallèle, ce flux de  $^{222}\text{Rn}$  peut alors être converti en flux d'eau. Une telle approche a été largement utilisée pour travailler sur les échanges d'eaux en zone côtière, mais elle commence tout juste à être adaptée pour les études en rivières. Si la quantification des apports peut se révéler encore difficile, leur mise en évidence à partir d'augmentation des activités dans la rivière est actée et a déjà été faite à grande échelle.

Nous proposons de mettre en place cette étude pour la première fois sur la Cèze, sur des secteurs déjà connus pour l'existence d'apport souterraines via un aquifère karstique.

Le CEREGE s'appuiera en complément de son travail sur l'équipe EMMAH en tant que prestataire de service. Cette équipe dispose d'un appareillage analytique complémentaire et nécessaire pour la mesure du radon, pour effectuer les analyses dans les rivières ainsi que dans les prélèvements d'eaux souterraines à proximité. Les appareils permettent deux types de mesure : soit en prélèvement ponctuel, soit en mesure en continu en réalisant un pompage à partir d'un bateau. Cette deuxième possibilité permet de mesurer des activités plus basses et offre donc plus de précision, mais elle est limitée par la nécessité de pouvoir faire naviguer un bateau sur le site. La meilleure méthodologie sera définie en fonction des premiers tests de mesure d'activité et des possibilités de navigation.

Le projet est proposé pour une phase test sur l'année 2015, pendant laquelle une mission sera effectuée au premier semestre. Les résultats seront fournis et traités au cours du deuxième semestre.

Un étudiant de Master 2 sera impliqué dans le projet et participera aux phases d'acquisition des données sur le terrain.

Le rendu du travail se fera par la remise d'un rapport scientifique final et d'une fiche de synthèse. En plus des résultats bruts et des bilans d'eau estimés, le rapport démontrera les avantages et inconvénients de la méthodologie et fera des comparaisons avec les données obtenues précédemment sur la Cèze par d'autres méthodes. Il indiquera les perspectives de cette première étude en vue de travaux sur d'autres sites si cela apparaît pertinent.

Enfin, la méthode d'évaluation de flux nappe-rivière basée sur le  $^{222}\text{Rn}$  intégrera et enrichira la guide méthodologique des échanges eau-rivière actuellement en phase finale de rédaction sur la base d'un projet dédié sur le Rhône (Eau Sout' phase 5) et porté par l'EMSE.

### **Bibliographie des porteurs en rapport avec le sujet:**

Ollivier P., Claude C., Radakovitch O., Hamelin B. (2008). TIMS measurements of  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$  in the Gulf of Lions, an attempt to quantify submarine groundwater discharge. *Marine Chemistry*. 109, 337-354.

Gattacecca J., Vallet-coulomb C., Mayer A., Claude C., Radakovitch O., Conchetto E., Hamelin B. (2009). Isotopic and geochemical characterization of salinization in the shallow aquifers of a reclaimed subsiding zone: the Southern Venice lagoon coastland. *Journal of Hydrology*. 378, 1-2, 46-61.

Garcia-Solsona E., Garcia-orellana J., Masque P., Garces, Radakovitch O., Mayer A., Estrade S., Basterretxea G. (2010). Assessment of the karstic submarine groundwater and associated nutrient discharge in a Mediterranean coastal area using Ra isotopes (Balearic islands, Spain). *Biogeochemistry*. 97, 2-3, 211-229.

Ollivier P., Hamelin B., Radakovitch O., (2010). Seasonal variations of physical and chemical erosion: a three year survey of the Rhone River France. *Geochemica Cosmochimica Acta*. 74, 3, 907-927.

Gattacecca J., Mayer A., Cucco A., Claude C., Radakovitch O., Vallet-Coulomb C., Hamelin B. (2011) Submarine groundwater discharge in a subsiding coastal lowland: a  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{222}\text{Rn}$  investigation in the southern Venice lagoon. *Applied geochemistry*. 26, 907-920.

### **Budget global du projet, durée et aide annuelle demandée : voir fichier excel joint**

#### **Rappels**

**Tout projet ZABR doit répondre à 5 critères**: être pluridisciplinaire, entrer dans les problématiques scientifiques de la ZABR, impliquer au moins 2 équipes du GIS ZABR, s'appliquer sur un site ou un observatoire de la ZABR, provenir d'équipes ayant une production scientifique internationale garantissant la valorisation future du travail de recherche. Tous les renseignements sont disponibles sur le site internet de la ZABR. <http://www.zabr.org>

Remarque : le critère de site ou d'observatoire peut être levé s'il est démontré : soit que l'action est en lien avec des travaux en cours sur un site ou un observatoire de la ZABR (ex : test d'un outil sur un autre secteur), soit si l'action permet une analyse comparative avec les travaux réalisés sur les sites et observatoires et nécessite de passer à l'échelle du bassin versant du Rhône. Cuisinier

#### **Modalités d'intervention de l'Agence de l'Eau :**

Règle générale : une subvention de 50% d'un budget prévisionnel HT

Montant global alloué par l'Agence de l'Eau sur l'accord cadre AE ZABR : 250 k€ à 300 k€/an