

Accord Cadre ZABR- Agence de l'Eau Fiche résumé

Exportation d'une méthode de localisation et d'estimation les échanges rivière - nappe à un cours d'eau coulant en contexte karstique. Exemple d'un affluent du Rhône, la Cèze.

Personnes responsables : Bernard Guy et Didier Graillot (Département Géosciences et Environnement, Ecole Nationale des Mines de St Etienne) et Pierre Marmonier (UMR-CNRS LEHNA, Université de Lyon)

Equipes de recherche « ZABR » concernées : Département Géosciences et Environnement (Ecole Nationale des Mines de St Etienne), UMR-CNRS 5023 LEHNA (Université Lyon 1 et ENTPE), UMR 5600 "Environnement, Ville et Société" (ENS-Université Lyon 3) et le Laboratoire de Géologie de Lyon (Terre, Planète, Environnement, ENS - Université Lyon 1, à confirmer)

Autres partenaires :

(préciser leur degré d'implication et leur accord)

- Recherche : Hydrosiences Montpellier, Ecole des Mines d'Alès (accord de participation, mais financement hors accord-cadre Agence-ZABR)
- Institutionnel : possiblement Délégation Locale de l'Agence RM&C à Montpellier (à confirmer)

Thème de rattachement ZABR : Changements climatiques et ressources

Thème de rattachement Agence de l'Eau : Zones d'interface - compréhension des processus

Site de rattachement ZABR: OHM Vallée du Rhône (hors thématique rupture de l'OHM)

Finalités et attendus opérationnels (1/2p):

La localisation et la mesure des échanges rivières - nappes sont régulièrement évoquées comme des outils indispensables à la gestion durable des cours d'eau. Une méthodologie pluridisciplinaire a été élaborée sur le chenal et la plaine alluviale du Rhône, elle associe une approche hydrogéologique, des méthodes de modélisation hydrodynamique et géomatique et l'utilisation des organismes (animaux et végétaux). Mais cette méthode n'a pour l'instant été testée que sur des chenaux du fleuve au contact d'aquifères alluviaux poreux.

Il conviendrait donc de tester cette méthode de localisation et de quantification des échanges rivière-nappe sur une rivière karstique (milieu perméable en grand). Cette phase d'essai serait primordiale pour une application de ces méthodes intégrées à l'échelle du bassin et pour une estimation des effets potentiels des changements climatiques sur l'hydrologie et la biodiversité des cours d'eau.

Une interaction forte sera mise en place avec un autre projet visant à quantifier les échanges rivière-nappe par usage de l'imagerie infrarouge et proposé (à la demande de l'Agence) sur une fiche séparée.

Objectifs et méthodologie (1p) :

L'essai d'application d'une approche pluridisciplinaire de l'évaluation et de la localisation des échanges rivière-nappe (associant hydrogéologie, modélisation, biologie et imagerie infrarouge) sera conduit sur un affluent du Rhône coulant dans un milieu karstifié : La Cèze. L'amont du bassin versant de la Cèze faisant l'objet de développements fonciers importants, cette rivière représente un enjeu crucial en matière de ressources en eau potable.

Le projet d'une durée de 3 années serait structuré en plusieurs étapes principales :

Année1 (2013) :

- 1) Synthèse hydrogéologique du secteur de la Cèze comportant une analyse du magasin aquifère et en particulier la géométrie du karst (analyse directionnelle de la fracturation, reconstitution du réseau de fractures ouvertes constituant des drains d'écoulement préférentiels et des fractures fermées non conductrices. Cette première partie comportera l'analyse des études hydrogéologiques existantes et sera éventuellement complétée par des prospections géophysiques locales à définir, comme par exemple l'utilisation du radar géologique de l'ENTPE pour identifier les éventuelles résurgences d'eau souterraine dans le lit de la rivière. Un travail de Master sera mis en place dès la première année sur ce projet et intégrera cette partie.
- 2) Etude des moyens de mesure des débits d'apport d'eau karstique dans la rivière. Le travail de Master sera également consacré à l'étude des possibilités techniques permettant de mesurer les débits d'apports d'eau karstique : analyse statistique des mesures disponibles et existantes en matière de hauteur d'eau ou de débits de la Cèze et de ses affluents (DREAL LR, délégation Agence RMC Montpellier Banques ADES et hydro,...), différence amont-aval des débits de la rivière mesurés par micro-moulinet si les conditions de l'écoulement le permettent, implantation de capteurs optiques ou acoustiques (hydrophones) en cavité si elles sont pénétrables au niveau des résurgences et dont les mesures seront à corrélérer avec les précédentes ou avec celles de sections de jaugeage à aménager,...). Cette étape comportera une analyse comparée des méthodes d'hydro-acquisition souterraine développées au LSBB (Laboratoire souterrain à bas bruit de l'Univ. de Nice Sophia Antipolis (Vaucluse) à partir d'interférométrie laser, d'ondes électromagnétiques et acoustiques. Une synthèse sur les méthodes de traitement des données comme celles utilisées par l'IRSTEA sur des rivières à régime karstique comme l'Albarine sur l'Ain ou par Hydrosiences de Montpellier sur le Gard ou le Lez dans l'Hérault.
- 3) Localisation des apports souterrains en utilisant les données thermiques infra-rouge (prévues dans la fiche thermie – projet H. Piegay). Les zones d'échange seront identifiées dans un premier temps à partir des images IGN IRT existantes à grande échelle (1/10 000 environ) afin de localiser les zones à prospecter avec des campagnes aéroportées à basse altitude plus précises. Ces informations seront à valider sur le terrain par mesures de température en rivière à l'amont et à l'aval des zones d'apports souterrains (prévues dans la fiche thermie – projet H. Piegay). Elles seront ensuite superposées à celles obtenues après analyse de la fracturation par traitement géomatique sous SIG. Deux campagnes aéroportées en été (eau karstique en principe plus froide que l'eau superficielle) et pendant l'hiver (eau karstique en principe moins froide que l'eau superficielle) seront réalisées à basse altitude pour vérifier les apports du karst et identifier les changements éventuels.
- 4) Localisation des apports souterrains en utilisant les invertébrés interstitiels : (1) évaluation du pool régional d'espèces par échantillonnage de la faune présente dans les karsts, piégeage et filtration des sources, échantillonnage des grottes accessibles, (2) localisation des arrivées d'eau souterraine dans le chenal de la Cèze, profil longitudinal de la faune interstitielle présente dans les aval de bancs (-50 cm de profondeur et échantillons triples), paramètres chimiques indicateurs des apports (température, conductivité, pH, oxygène dissous, Calcium, Magnésium). Les résultats obtenus seront cartographiquement comparés aux informations résultant des étapes 1, 2 et 3.
- Perspectives pour 2014 et 2015 :
Poursuite et fin des étapes 3 et 4
- 5) mise en œuvre des moyens de mesure pour l'évaluation de débits d'apports d'eau karstique dans la rivière : capteurs de pression (luiromètres), capteurs acoustiques. Equipement de sections de jaugeage (1 ou 2) pour calibration et corrélations signal/débit.

- 6) Quantification des échanges : Modélisation des échanges entre la Cèze et les aquifères karstiques qui l'entourent. Cette dernière partie est destinée à mettre en place un modèle de reconstitution des débits à l'exutoire des arrivées karstiques dans la Cèze en fonction des variables de forçage climatiques (pluie, ETP, températures). Pour cela on s'orientera vers une modélisation stochastique de type réseau neuronal RN (Ecole des Mines d'Alès) plutôt qu'une modélisation déterministe fondée sur une discrétisation de l'aquifère par éléments finis nécessitant de nombreuses données hydrogéologiques. Il faudra pour cela disposer d'un ensemble d'apprentissage du RN fondé sur des campagnes de mesures de débit à ces exutoires. En fonction des données disponibles une comparaison entre plusieurs approches de modélisation pourra être faite.
- Cette étape constituera le cœur méthodologique d'un sujet de thèse qui pourra être enclenché la seconde année (allocation de recherche proposée et financée par l'ENSM-SE). Une première ébauche du sujet de thèse est proposée en annexes.

Ecole Doctorale EDSIS

Proposition de sujet de thèse (sept. 2013- déc. 2016)

Intitulé du sujet de thèse	<i>Etude des échanges nappe – rivière en contexte karstique ; étude de l’hydrogéosystème de la Cèze (Ardèche méridionale)</i>
Laboratoire d’accueil	<i>Département Géosciences et Environnement (GSE), Ecole n.s. des mines de Saint-Etienne, Centre SPIN</i>
Autre(s) laboratoire(s) partenaire(s) rattachés à l’ED SIS	
Partenariats dans le cadre des structures / projets fédératifs locaux	
Ouverture internationale	
Autres partenariats éventuels, régionaux ou nationaux	<i>Zone atelier bassin du Rhône (ZABR) Ecole des mines d’Alès ; Université de Montpellier, Universités de Lyon : UMR CNRS 5023 et 5600 Hydrosciences Montpellier Univ. Nice Sophia Antipolis</i>
Directeur de thèse	<i>Bernard GUY, directeur de recherche, enseignant-chercheur à l’Ecole des mines</i>
Autre(s) membre(s) de l’encadrement	<i>Co directeur et/ou co-encadrant, fonctions, noms et numéros des laboratoires Co-directeur : Didier Graillot, Directeur du laboratoire d’accueil GSE, Ecole des mines Et d’autres co-encadrant à définir par la suite</i>
Domaine Scientifique (DS) principal	<i>Sciences pour l’ingénieur</i>
Domaine Scientifique (DS) secondaire	<i>Sciences de la terre et de l’univers, espace</i>

Sujet de thèse

** objectifs :*

Les échanges entre nappes et rivières en contexte karstique sont particulièrement difficiles à caractériser : les nappes correspondent à des circulations souterraines dans un milieu de perméabilité de fractures et conduits plus ou moins vastes ; les points d’entrée / sortie dans les rivières sont malaisés à localiser, et les différents débits en jeu difficiles à quantifier. La finalité de ce travail est de proposer une méthodologie permettant de localiser et quantifier les différents débits d’échange entre nappe et rivière afin d’optimiser la ressource en eau de l’hydrogéosystème. La recherche sera menée sur l’étude des échanges entre la Cèze et le karst environnant.

** démarche :*

Un ensemble de méthodes sera testé :

- étude géologique et hydrogéologique de l’aquifère karstique (géométrie des fracturations ; prospections géophysiques locales)

- localisation des apports d'eau souterraine par repérage des invertébrés interstitiels ; mesure de paramètres chimiques et physiques (température, conductivité, pH, oxygène dissous, calcium)
- localisation des apports d'eau souterraine par mesures thermographiques infra rouge (mesures aéroportées, traitement géomatique)
- quantification des échanges dans l'aquifère par réseau de neurones : reconstitution des débits à l'exutoire des arrivées karstiques dans la Cèze en fonction des variables de forçage climatique (pluie, évapotranspiration, températures).

Ces différentes méthodes sont pratiquées par les partenaires du projet qui apporteront chacun leur expertise. Les différents moyens d'analyse chimique et de modélisation mathématique de l'Ecole n.s. des mines de Saint-Etienne pourront aussi être utilisés.

Les différentes approches seront confrontées et corrélées les unes aux autres.

Bibliographie :

Besson R. (2005) Architecture du bassin rhodano-provençal miocène (Alpes, SE France). Relations entre déformation, physiographie et sédimentation dans un bassin molassique d'avant-pays, thèse Doct. Ecole n.s. des mines de Paris, 430 p.

Besson D. et col. (2005) Un réseau fluvial d'âge burdigalien terminal dans le Sud-Est de la France : remplissage, extension, âge, implications. C.R. Géoscience 337, 1045-1054.

Jolivet J. et Martin C. (2008) La morphologie karstique dans le canyon de la Cèze et sur le plateau de Méjannes-le-clap (Garrigues nord, Gard, France) ; rapports avec l'évolution paléogéographique moi-pliocène. Physio-Géo, Géographie physique et environnement, Vol. II, 53-75.

Valois R. (2011) Caractérisation structurale de morphologies karstiques superficielles et suivi temporel de l'infiltration à l'aide des méthodes électriques et sismiques, Thèse Doct. Univ. Pierre et Marie Curie (Paris VI), 240 p.

Profil du candidat :

Le candidat retenu devra être motivé par les problèmes environnementaux, en particulier ceux liés à l'hydrogéologie et aux hydrosystèmes. Il devra posséder une expérience de recherche dans ces domaines, réalisée dans le cadre d'un Master ou équivalent, par exemple : Master recherche en mécanique de milieux poreux (génie civil) ; Master recherche en géosciences de l'environnement (sciences de la terre). Il devra posséder des compétences et un goût pour la recherche expérimentale, les études de terrain, et la modélisation numérique, notamment en éléments finis avec une pratique d'outils de modélisation en mécanique des fluides. Aptitude au travail en équipe.

Procédure de recrutement

Le recrutement sera effectué à la suite d'un entretien. L'audition sera organisée par le laboratoire d'accueil. Dans certains cas, l'audition pourra se faire par visio-conférence ou entretien téléphonique. La procédure de recrutement se basera sur l'examen du CV du candidat et de son mémoire de Master ainsi que sur l'entretien qui consistera en une présentation générale du candidat devant un jury composé des encadrants de la thèse en plus d'un membre invité de chaque laboratoire et d'un représentant de la spécialité doctorale.

Le travail de thèse pourra faire suite à un sujet de master M2 sur cette thématique.