

Accord Cadre ZABR- Agence de l'Eau Fiche résumé

(Version modifiée suite à la dernière réunion de coordination scientifique)

Titre du projet : Estimation des échanges thermiques et hydrauliques entre rivière et nappe en contexte karstique. Exemple d'un affluent du Rhône, la Cèze (Année 2 et 3).

Personnes responsables :

Bernard Guy et Didier Graillet (Département Géosciences et Environnement, Ecole Nationale des Mines de St Etienne) et Pierre Marmonier (UMR-CNRS LEHNA, Université de Lyon)
Sandra Perez, Jean-François Didon-Lescot et Joël Jolivet UMR « Espace »
David Salze et Anne Johannet EMA, LGEI

Equipes de recherche « ZABR » concernées :

UMR 5600 "Environnement, Ville et Société" : Département Géosciences et Environnement (Ecole Nationale des Mines de St Etienne), ENS Lyon en lien avec l'action « thermie », UMR-CNRS 5023 LEHNA (Université Lyon 1 et ENTPE),
Nouveaux entrants dans la ZABR :
EMA LGEI
UMR 7300« Espace » antenne cévenole

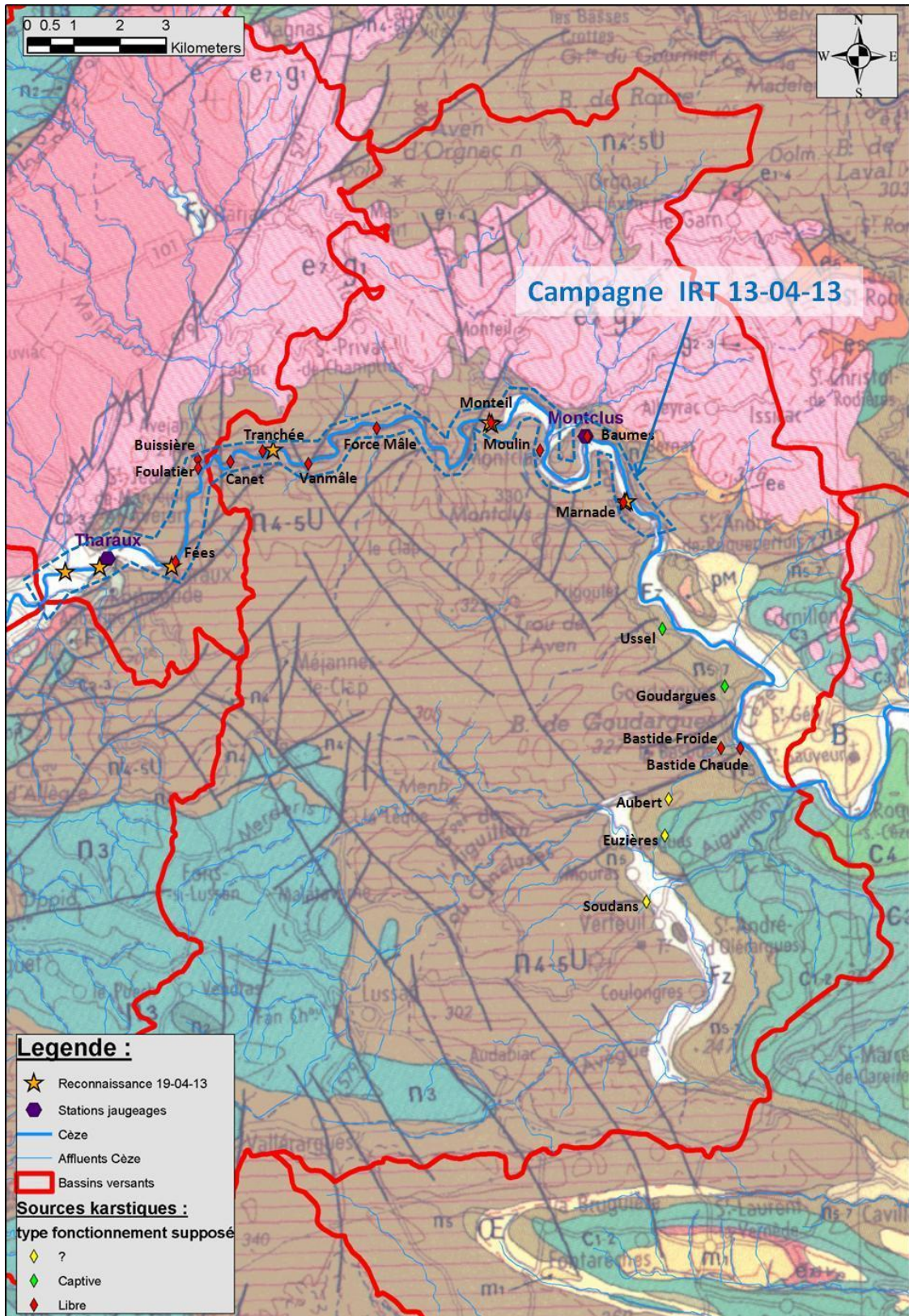
Autres partenaires :

- Recherche :
 - Hydrosiences Montpellier, suivi de la thèse associée à l'action
 - EcoBio Université Rennes 1, Christophe Piscart
 - IRSN Cadarache, Frédérique Eyrolle-Boyer, collaboration potentielle année 2015 (travaille actuellement sur les dosages de Tritium sur le bassin versant de la Cèze)
 - UMR G-eau, Patrice Garin (correspondant officiel UMR G-eau), Pauline Bremond, Katrin Erdlenbruch et Sami Bouarfa collaboration potentielle année 2015
- Institutionnel :
 - Syndicat ABCèze : F. Cazin Définition des enjeux socio-économiques et territoriaux (fourniture de données et suivi du projet)

Thème de rattachement ZABR : Changements climatiques et ressources

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

Site ou Observatoire de rattachement ZABR : OHM Vallée du Rhône (axe Rhône)



Situation géographique et géologique du plateau karstique de la Cèze

Finalités et attendus opérationnels (1/2p) :

La localisation et la quantification des échanges rivières - nappes sont régulièrement évoquées comme des outils indispensables pour la gestion durable des cours d'eau. Dans le cadre d'actions précédentes, une méthodologie pluridisciplinaire a été élaborée sur le chenal et la plaine alluviale du Rhône. Elle associe une approche hydrogéologique et biologique (invertébrés souterrains, végétation aquatique) à des méthodes de modélisation hydrodynamique et géomatique. Mais cette méthodologie n'a pour l'instant été testée que sur des chenaux du fleuve au contact d'aquifères alluviaux poreux (secteur Brégnier-Cordon ; secteur Donzère-Mondragon ; secteur Beauchastel et secteur Péage de Roussillon).

En concertation avec l'Agence de l'eau (L. Cadilhac), une nouvelle méthodologie visant à localiser et quantifier des échanges rivière-nappe est actuellement (année 1, 2013) en cours de développement sur une rivière en domaine karstique. Les premiers résultats de cette phase d'essai (année 1) se sont révélés prometteurs et encourageants pour continuer (année 2 et 3) à développer cette méthodologie à l'échelle du bassin de la Cèze.

Il s'agit d'identifier et de quantifier les échanges karst – rivière pour mieux comprendre le fonctionnement du bassin dans le but d'une gestion optimisée de la ressource en eau (superficielle et souterraine). L'application d'une telle méthodologie se justifie dans un contexte tendu de la gestion de la ressource en eau du bassin de la Cèze.

Sur le plan scientifique, il y a un fort enjeu à développer des méthodes pour aider à comprendre le fonctionnement de ce type d'hydrosystème particulier et à quantifier les volumes échangés entre milieux superficiels et souterrains à partir d'indicateurs hydrogéologiques et biologiques et de techniques ainsi que de techniques de modélisation adaptées.

Objectifs et méthodologie (1p) :

Ce projet est structuré en plusieurs étapes principales détaillées ci-après et s'étale sur une durée de 4 ans incluant une thèse (allocation de recherche proposée et financée par l'ENSM-SE) qui débutera à partir octobre 2013 (année 2 et 3 et 4).

Bilan année 1 (en cours) :

Après une synthèse bibliographique des études déjà effectuées sur le bassin, la méthodologie se base sur différentes approches : thermique, géochimique, biologique, météorologique, géologique, hydrologique, hydrogéologique et modélisation mathématique.

- 1) Synthèse des données et connaissances disponibles sur le terrain d'étude. Bibliographie sur la moyenne vallée de la Cèze au niveau du plateau karstique et collecte de données SIG, hydrométéorologiques, hydrologique, qualité des eaux. Cette synthèse a permis de mieux cerner le lien étroit entre les problèmes de gestion de la ressource et les lacunes de compréhension du système karstique. Ces lacunes de connaissances concernent la localisation des pertes et des gains de débits le long du linéaire de la Cèze dans sa traversée du plateau karstique et plus généralement le fonctionnement et les réponses variés du karst d'amont en aval, à travers un cycle hydrologiques (crues et étiages). L'identification de ces problèmes a permis de préciser la mise en œuvre d'une méthodologie pluridisciplinaire pour la caractérisation des échanges rivière – karst.

- 2) Approche thermique par Imagerie Infrarouge Thermique (IRT) aéroportée : Localisation des apports souterrains par contraste thermique entre eaux superficielles (Cèze) et eaux souterraines (sources karstiques). Cette approche est développée en cohérence avec l'action ZABR thermie pilotée par l'ENS (V. Wawrzyniak et H. Piegay). La première campagne a été réalisée le 13-04-13 en situation de moyennes eaux. Elle a permis de retrouver à partir des signaux explicites de contraste de température les principales émergences karstiques connues. Une analyse plus poussée sous SIG pourrait permettre d'identifier d'autres apports karstiques « masqués » et plus diffus. Deux autres campagnes de mesures sont prévues dans les 8 prochains mois, en période de fort contraste de température entre les eaux du karst et les eaux de la Cèze, l'une en situation de basses eaux (température de la Cèze très supérieure à celle des sources karstiques), l'autre en situation de hautes eaux (température de la Cèze très inférieure à celle des sources karstiques) afin d'identifier les changements d'une période à l'autre.

- 3) Approche géochimique par analyse des ions majeurs et certains éléments traces : Réalisation de prélèvements d'eaux pour analyses chimiques en différents points de la Cèze et au niveau des sources karstiques connues afin de déterminer l'origine des eaux et d'estimer des proportions de mélanges ainsi que des phénomènes de recyclage des eaux. Les résultats des analyses chimiques sont représentées dans des diagrammes de Schoeller et des diagrammes de Piper afin de discriminer le faciès chimique des eaux et de définir des chemins d'évolution chimique des eaux de la Cèze. En année 3, il sera utile de compléter les chimiques par des investigations isotopiques (^{13}C , ^{18}O et ^2H).

- 4) Approche métrologique par jaugeage des principales sources karstiques connues : Mise en place d'un système de mesures en continue (sondes de pression/température/conductivité) des débits, de conductivité et de la température des principales sources karstiques connues. Ceci afin de mieux quantifier les sorties du karst et l'évolution de la minéralisation des eaux au cours d'un ou plusieurs cycles hydrologiques.

- 5) Approche hydrologique par jaugeages différentiels de la rivière Cèze : Réalisation de profils transversaux au DGPS et jaugeages différentiels au micromoulinet pour différentes sections de rivière afin d'identifier et de quantifier des pertes et gains de débit dans la rivière. Réalisation de profil longitudinal de la rivière avec un DGPS embarqué et des sondes de température/conductivité. Il s'agit de mesurer simultanément la variabilité spatiale de la conductivité et de la température d'amont en aval de la Cèze. La variation amont/aval de la conductivité et de la température renseignent sur les aires de drainage karstiques. Pour l'année 2, il sera sans doute utile de prévoir l'équipement en continu (pression, conductivité et température) de quelques sites clés pour un suivi sur les 4 années. Il s'agit de compléter la vision générale des écoulements pour mieux appréhender les transferts d'eau et l'inversion des échanges entre les 2 milieux. Les résultats des campagnes ponctuelles pourront être positionnés par rapport à l'évolution générale des chroniques.

- 6) Approche biologique par échantillonnage des invertébrés interstitiels : Les informations acquises dans les étapes précédentes permettent de guider le choix des zones d'échantillonnages des invertébrés souterrains. Il s'agit dans un premier temps d'évaluer le pool régional d'espèces par échantillonnage de la faune présente dans les karsts (piégeage et filtration des sources, échantillonnage des grottes accessibles). L'objectif est d'établir un profil longitudinal de la faune interstitielle présente dans les avals de bancs (-50 cm de profondeur et échantillons triples), à partir de paramètres chimiques indicateurs des apports (température, conductivité, pH, oxygène dissous, Calcium, Magnésium). Les résultats obtenus seront cartographiquement comparés aux informations résultant des étapes précédentes.

Années 2 et 3 :

En lien avec le déroulement de la thèse : poursuite des étapes amorcées en année 1 (2013) afin de couvrir les 30 km de la Cèze au niveau du plateau karstique en particulier par l'échantillonnage des invertébrés interstitiels (en rivière, cavités et sources).

- 7) Approche du contexte géologique, incluant les calcaires urgoniens mais aussi d'autres terrains les encadrant : Etude bibliographique à échelle plus régionale (paléomorphologie, paléostratigraphie et tectonique) et reconnaissance terrain des formations afin de mieux préciser les caractéristiques et le rôle hydrogéologique de chacune d'elles et notamment ceux des formations de couverture créacées et tertiaires à l'Est en prenant en compte les formations oligocènes du synclinal de Barjac-Issirac. Cette étape comportera une analyse des potentialités de développement des karsts profonds, du devenir des eaux non reprises par la Cèze, des potentialités d'exploitation par forages en minimisant les impacts sur les écoulements superficiels.

- 8) Approches hydrogéologiques : Les objectifs principaux sont de mettre en évidence les relations entre certaines pertes de la Cèze et certaines sources en aval, de définir les bassins d'alimentation des sources et de discriminer les écoulements entre Cèze et Gardon au sud et Cèze et Ardèche au nord. Il s'agira

également de mieux connaître les propriétés hydrodynamiques du système karstique (réactivité, dispersion et relation des conduits karstiques, taux de restitution, etc.).

Réalisation de traçages colorimétriques : Injection de traceurs (fluorescéine, rhodamine, naphthionate, etc.) au niveau de pertes ou d'avens ou d'autres points pertinents non caractérisés à ce stade. Suivi de la restitution des colorants au niveau des sources karstiques et de la Cèze, essentiellement par utilisation de fluorimètres de terrain et/ou des préleveurs d'eau automatiques.

Par ailleurs, des investigations complémentaires par géoradar et/ou sondages électriques pourront être envisagées sur les bancs de gravier susceptibles d'être le siège d'apports diffus. Cela permettra de visualiser l'interface saturé/non saturé en relation avec les zones de pertes identifiées à l'étape 5.

- 9) Approche hydrologique (bis) pour la connaissance des étiages (pluies, débits), par étude statistique pour lesquels des chroniques (préexistantes) sont disponibles dans la banque Hydro (et autre source bibliographique). Poursuite des jaugeages différentiels pour compléter l'étude de l'année 1.

- 10) Approche mathématique par modélisation Pluies/Débits. Modélisation des échanges entre la Cèze et les aquifères karstiques qui l'entourent. Cette étape est destinée à exploiter les données de débits des sources karstiques collectées à l'étape 4 et 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 LGEI). Une telle modélisation permettra de reproduire le comportement observé afin de mieux prédire l'impact de différents scénarios d'usages ou d'aménagements mais aussi de quantifier l'impact de scénarios de changement climatiques.

Le travail prévu par le LGEI consiste donc à explorer la validité de ces données et de rechercher ce que l'on peut en tirer pour :

- caractériser les temps de réponses sur les sous-bassins versants (en particulier le plateau de Méjannes),
- effectuer une analyse croisée multi-échelle pour savoir à quelle échelle de temps se trouve l'information,
- voir si l'on peut, par modèle, accéder à l'information des échanges nappe-rivière, en utilisant la méthode KnoX développée sur le Lez pour déterminer les contributions des différentes zones géologiques.
- in fine déterminer quel est le cahier des charges de l'acquisition du signal à réaliser : fréquence d'échantillonnage, site d'implantation, durées des mesures etc ...

En complément à ces dix étapes principales, deux autres approches pourraient être envisagées en année 3 (2015) :

- Une première en collaboration avec l'IRSN de Cadarache qui mène actuellement une étude incluant des dosages de Tritium sur le bassin versant de la Cèze (Tritium Organiquement Lié et Tritium Libre). Les premiers résultats révèlent des anomalies de teneur en tritium sur la Cèze. Cette particularité pourrait s'avérer intéressante pour tracer l'origine des eaux.

- Une seconde en collaboration avec l'UMR G-eau qui travaille sur l'adéquation entre volumes d'eau déclarés prélevés et volumes réellement prélevés (notamment pour l'usage agricole). Une meilleure connaissance des volumes prélevés permettra d'affiner les bilans hydrologiques.

Ces collaborations restent à construire au cours de l'année 2014 et pourraient être intégrées le cas échéant dans la fiche de demande de subvention pour une année 3.

La dernière étape consiste à mettre en commun les différentes approches (thermiques, géochimiques, biologiques, météorologiques, géologiques, hydrologiques, hydrogéologiques et mathématiques) afin de mieux cerner le fonctionnement du système karstique et les relations karst-rivière. Cette meilleure connaissance permettra de tendre vers une gestion durable et équilibrée de la ressource en eau. Par ailleurs, une réflexion sera engagée sur la manière de généraliser la méthodologie de caractérisation des échanges karst-rivière à d'autres bassins versants en domaine karstique.

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.

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