

Accord Cadre ZABR- Agence de l'Eau Fiche résumé

Imagerie infrarouge thermique aéroportée et modélisation hydrogéologique pour identifier et comprendre l'échauffement thermique estivale et les zones d'échanges entre la nappe et la rivière.

Etude-pilote appliquée aux RCC de péage de Roussillon et de Donzère Mondragon et à la rivière Cèze

Personnes responsables : Didier Graillot et Hervé Piégay

Equipes de recherche « ZABR » concernées : EMSE, EVS,

Autres partenaires :

(préciser leur degré d'implication et leur accord)

- Recherche :
- Institutionnel

Didier Graillot, directeur de Recherche à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, département Géosciences & Environnement (GSE), 158 cours Fauriel 42023 Saint-Etienne Cedex 2

Paran, Frédéric, Ingénieur de Recherche à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, département Géosciences & Environnement (GSE), 158 cours Fauriel 42023 Saint-Etienne Cedex 2

Gaertner, Vincent, Assistant Ingénieur, CNRS-UMR 5600 EVS, Université Lumière Lyon 2. 5 avenue Pierre Mendès France, 69500 Bron

Lejot, Jérôme, Maître de Conférences, CNRS-UMR 5600 EVS, Université Lumière Lyon 2. 5 avenue Pierre Mendès France, 69500 Bron

Piégay, Hervé, Directeur de recherche, Université de Lyon, CNRS-UMR 5600 EVS, Site ENS de Lyon, Plateforme ISIG. 15, Parvis René Descartes, BP 7000, 69342 Lyon Cedex 07

Wawrzyniak, Vincent, Doctorant, Université de Lyon, CNRS-UMR 5600 EVS, Site ENS de Lyon, Plateforme ISIG. 15, Parvis René Descartes, BP 7000, 69342 Lyon Cedex 07

Allemand, Pascal, Professeur des Universités, Laboratoire de Géologie de Lyon. Université Lyon 1 et ENS-Lyon. 2, rue Raphaël Dubois, 69622 Villeurbanne cedex

Pierre Marmonnier, Professeur des Universités, Université Claude Bernard Lyon 1, UMR-CNRS 5023 Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés (LEHNA), 43 Boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne, Cedex, France

Thème de rattachement ZABR : Flux Formes Habitat Biocénoses

Thème de rattachement Agence de l'Eau : Risques environnementaux et vulnérabilité des milieux

Site de rattachement ZABR: Rhône

Finalités et attendus opérationnels (1/2p):

Dans un contexte de réchauffement climatique, la compréhension du régime thermique des cours d'eau est un enjeu essentiel, notamment pour prédire la réponse des écosystèmes. Cependant la température de l'eau n'est pas uniquement influencée par celle de l'air, d'autres facteurs interviennent. La température peut être mesurée ponctuellement à l'aide de thermomètres, d'autant que ces derniers sont maintenant programmables et peuvent enregistrer d'importantes quantités de données. Toutefois, ces techniques sont limitées lorsqu'il s'agit de couvrir des linéaires importants. La télédétection infrarouge thermique (IRT) permet de s'affranchir de ces limites en cartographiant la température de surface. Pour mieux comprendre la contribution relative des différents facteurs contrôlant la température de l'eau, nous avons utilisé des images satellites IRT pour étudier les variations longitudinales et temporelles des structures thermiques du Rhône français (Wawrzyniak et al., 2011). Un total de 83 images acquises par le satellite Landsat ETM+ entre 1999 et 2009 a été analysé.

Nos résultats ont confirmé les études précédentes (Poirel, 2004 ; Desaint et al., 2004) sur les impacts thermiques des affluents et des centrales nucléaires sur le Rhône. Les aménagements hydroélectriques ont un effet très limité sur le patron longitudinal de température. Toutefois, nous avons constaté des différences thermiques entre le canal et le Rhône court-circuité (RCC) avec des réponses différentes selon les aménagements. Les différences les plus marquées sont observées pour les aménagements de Montélimar et Caderousse ; par rapport au canal, les RCC sont plus chauds l'été et plus froids l'hiver. Ces différences thermiques s'expliquent notamment par la longueur et la valeur du débit réservé du RCC. Le RCC est en effet d'autant plus long qu'il est plus sensible à l'échauffement et donc à la température de l'air. Lorsque le débit du RCC est faible comparativement à celui des cours d'eau s'y déversant, leur température influence alors directement la température du RCC. Dans ce contexte, des différences de température existent sans doute dans plusieurs autres aménagements, notamment les plus longs et ceux rejoints par un affluent apportant un débit significatif par rapport à l'écoulement du RCC. Donzère-Mondragon en est un bon exemple, présentant un RCC d'une trentaine de kilomètres dans lequel conflue l'Ardèche. Une meilleure résolution spatiale serait nécessaire pour pouvoir étudier ces aménagements moins larges et valider de telles différences thermiques. De plus, les RCC sont plus sensibles thermiquement aux échanges phréatiques et hyporhéiques que le cours d'eau principal et par conséquent peuvent présenter des variations latérales de températures. Toutefois ces structures thermiques fines ne peuvent pas être observées avec les résolutions grossières des images satellites.

De fait, le présent projet vise à évaluer les effets du changement climatique, de l'impact du débit réservé sur la thermie, et l'effet des anomalies thermiques comme éléments structurants des habitats de masses d'eau fortement modifiées permettant de formuler des actions de restauration. Le dernier point sera conduit en lien avec les fiches-actions "eau souterraine phase 5 » et « Cèze ».

Mots clés : température des cours d'eau, télédétection infrarouge thermique, Rhône court-circuité (RCC)

Objectifs et méthodologie (1p) :

Objectifs

Nous proposons donc un projet visant à observer et mieux comprendre les structures thermiques de sections fluviales (2 RCC du Rhône et la Cèze) et faire le lien avec les apports phréatiques/karstiques et le débit (minimum en période estivale, écoulement hivernal). Pour cela, des acquisitions infrarouge thermique aéroportées des RCC de Péage de Roussillon et de Donzère Mondragon et de la Cèze sont proposées en 2013 et en 2014 et mises en lien avec les analyses hydrogéologiques déjà réalisées dans le cadre du programme de recherche intitulé « Apports des eaux souterraines au Rhône » (accord cadre ZABR-Agence de l'Eau RMC) et avec la nouvelle action engagée sur la Cèze.

Résultats escomptés

L'objectif du travail sera de :

- participer à l'identification des apports phréatiques/karstiques principaux présentant des signatures thermiques différentes que le cours d'eau principal. Il s'agira d'appliquer des traitements géomatiques pour identifier et caractériser ces zones.
- Mettre en lumière l'impact du débit réservé ou du débit d'étiage sur l'échauffement thermique en période estivale en analysant les changements thermiques sur le continuum des RCC et de la Cèze et envisager des simulations pour déterminer l'amenuisement de l'impact en fonction du débit à partir d'un modèle de flux thermiques
- utiliser un modèle hydrogéologique (modèles de nappe de l'école des mines) pour comprendre et quantifier ces zones d'échanges.

Pour répondre à ces objectifs, 3 approches complémentaires sont proposées

- identification des apports phréatiques/karstiques principaux en couplant thermographie aéroportée et déploiement de capteurs thermiques in situ, étude des zones d'échanges thermiques en lien avec le débit, les conditions de nappe, et la saison. Cette partie s'appuiera sur plusieurs acquisitions aéroportées sur les tronçons sélectionnés. Ces vols seront réalisés pour différentes conditions de débit de nappe.
Les eaux de nappe sont soumises à moins de variations en température que les eaux superficielles (eaux sténothermes). En hiver, les eaux souterraines sont moins froides que les eaux de la rivière et inversement l'été. L'arrivée d'eaux de nappe significative dans le Rhône peut donc être décelée par thermographie infra-rouge sur des linéaires de plusieurs centaines de mètres. Il s'agira d'établir des corrélations qualitatives entre les températures de surface obtenues au cours des campagnes IRT aéroportées et les gradients piézométriques existant en bordure du fleuve pour identifier les apports de nappe potentiels. Des précautions devront cependant être prises pour traiter un certain nombre d'artefacts liés, par exemple, à la ripisylve.
- Propagation de l'anomalie thermique : afin d'identifier la nature locale ou linéaire de l'apport de nappe responsable de l'anomalie thermique, on effectuera une analyse bibliographique des codes de propagation thermique qui seraient adaptés pour retrouver les distances à partir desquelles l'influence de l'apport ne se fait plus. Pour l'application d'un code approprié fondé sur l'équation de diffusivité (résolution numérique ou analytique), la récupération des données thermiques acquises pendant une période froide est nécessaire (saison hivernale). Les résultats obtenus par cette modélisation seront comparés à un calcul géométrique des échanges effectué à partir des gradients piézométriques.

Méthodologie proposée

Géographie du patron thermique

Nous disposons d'une caméra thermique acquise grâce au soutien de l'INEE (DIPEE) et de l'ENS pouvant détecter des différences de température de l'ordre du dixième de degré. Cette caméra sera embarquée sur un hélicoptère, et couplé à un appareil photo, le dispositif permettra une acquisition d'un jeu d'images visibles et thermiques des tronçons. Ce type de dispositif a déjà été utilisé plusieurs fois avec succès sur l'Ain, sur un linéaire d'environ 50 km et les protocoles sont donc aujourd'hui opérationnels. Les résolutions spatiales thermiques attendues sont d'environ 50 cm pour un vol à 500 m d'altitude, ce qui est en adéquation avec l'échelle des structures thermiques étudiées. En complément à ces acquisitions d'images, des thermomètres enregistreurs programmables seront installés dans les RCC et la Cèze pour permettre de calibrer les données.

Sur les secteurs rhodaniens, nous couplerons ces acquisitions avec une analyse 3D de la thermie des masses d'eau à partir d'une acquisition in situ avec le nouveau catamaran radiocommandé maintenant opérationnel (SOERE – ZA).

Influence des échanges nappe-rivière sur la thermie :

Concernant l'hydrogéologie, plusieurs lots de données ont été acquis sur plusieurs sites le long du Rhône (Brégnier-Cordon, Péage de Roussillon, Donzère Mondragon, confluence Ardèche-Drôme. Il s'agit principalement de niveaux piézométriques en nappe, de hauteurs d'eau dans le Rhône et de données biologiques (invertébrés souterrains et végétation aquatique).

Ce travail vient compléter les études en cours visant à *caractériser les conditions physique et thermique des habitats aquatiques des RCC du Rhône* visant et mieux comprendre les facteurs affectant les populations piscicoles. Le projet porte plus particulièrement sur la partie thermie du fleuve. Un lien peut être fait avec l'étude portant sur l'écologie des casiers sachant que pour chaque acquisition aéroportée, il sera possible de fournir une température de surface pour chacun d'eux, ce qui peut constituer une information originale en termes de caractérisation physique de ces milieux très diversifiés. Le travail permettra également de mieux comprendre l'impact du débit minimum sur ces sections fluviales et d'envisager d'intégrer ces démarches dans la détermination d'un débit minimum biologiquement optimal. Pour quel débit minimum, minimise t on ainsi l'échauffement thermique longitudinale en période estivale ? Quel est le rôle des apports phréatiques, sont-ils capable de minimiser cet impact sur les sites pilotes étudiés ?

Rappels

Tout projet ZABR doit répondre à 5 critères: être pluridisciplinaire, entrer dans les problématiques scientifiques de la ZABR, impliquer au moins 2 organismes membres 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>

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€