



Fonctionnement hydrologique, hydrogéologique et hydraulique de l'hydrosystème du Lez, de son bassin d'alimentation à la source, jusqu'à la mer

UMR HSM (CNRS, IRD, UMII, UMIII) - BRGM EAU/RMD – UMR 3S - UMR G-Eau (ENGREF CEMAGREF)
Coordinateur : H. Jourde

1) Point d'avancement concernant l'étude de la structure et du fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère karstique du Lez :

Rappel des objectifs de cette tâche :

- valoriser le jeu de données des piézomètres du réseau de suivi de l'aquifère et de la source du Lez sur la période avant exploitation actuelle par pompage et en période de sollicitation
- apporter des éléments nouveaux relatifs à la structure et au fonctionnement de cet aquifère karstique, en particulier :
 - o sur la distribution des vides, spatialement et en fonction de la profondeur, en lien avec le développement de la karstification et l'interprétation de profils sismiques sur le secteur d'étude
 - o caractériser les modalités de recharge et caractériser la ressource du système
 - o définir la réponse de la source en terme de débit aux précipitations et mettre en évidence d'éventuelles non linéarités en particulier liés à l'état de remplissage de l'aquifère.
- Déterminer des règles générales pour la gestion active d'un aquifère karstique et pour l'interprétation de système sous sollicitation par pompage
- Préciser les caractéristiques du système karstique du Lez en particulier :
 - o Déterminer si la structuration ou karstification a été influencée ou non par la crise messinienne
 - o Analyser les rôles respectifs des différents compartiments de l'aquifère : épikarst, zone noyée, rôle des sous-systèmes karstiques
 - o Donner des perspectives en termes de développement de l'exploitation des eaux souterraines.

Avancement :

Un premier travail de synthèse réalisé d'Avril à Septembre 2005 a permis d'établir un « Etat des connaissances sur le comportement hydrodynamique de l'aquifère du Lez » (Rapport D. Chaussard) en réalisant les tâches suivantes :

- Synthèse bibliographique sur le système karstique : géologique et géomorphologique, hydrogéologique et historique du captage à partir des thèses antérieures, études pour l'exploitation du système, rapports annuels de suivi du système du Lez
- Collecte des données numériques et papier auprès des services de l'Etat, Ville de Montpellier, CGE
- Collecte des données numériques sur les 14 piézomètres du réseau de suivi
- Traitement des données des 14 piézomètres par rapport à la source : comparaison qualitative des pics de crues et des étiages, critique de la classification effectuée par les études antérieures, proposition et validation de 4 groupes avec des sous-groupes en prenant en considération également le contexte géologique et structural contrôlant la connectivité des différents compartiments de l'aquifère.

- Analyses corrélatoires et spectrales afin d'obtenir certaines informations caractéristiques du fonctionnement hydrodynamique du système et interprétable en terme de structure de l'aquifère :
 - o Effet mémoire entre 4 et 5 jours caractéristique d'une faible inertie du système et pouvant correspondre à un degré élevé de karstification de l'aquifère
 - o Fréquence de coupure haute caractéristique d'un filtrage modéré par le système pouvant être attribué à des réserves substantielles
 - o Temps de régulation faible, caractéristique d'un système faiblement inertiel présentant une réponse impulsionnelle très brève illustrée par un corrélogramme croisé sous forme de « pic » très accusé du fait d'un bon drainage du système karstique.
- Modélisation Pluie/Débit au pas de temps journalier en tenant compte d'un réservoir de **vidange lente** qui permet de simuler la vidange vers l'exutoire hors des périodes de crue et d'un réservoir de **vidange rapide** qui permet de simuler la vidange du système lors des crues et hautes eaux. Le calage du modèle avec les chroniques de débit a été satisfaisant (Coefficient de Nash 0,74) malgré un léger décalage temporel et une sous estimation de certains pics de crue

Tâches en cours et à venir avant Septembre 2006 :

- Mise en évidence de périodes à 12h et 24h pour les piézomètres du groupe 1 (le Gour Noir, Ste Croix de Q., Bois des Avants, St Gély, Claret Brissace, Laudou et Coutach) ; pour les autres groupes les pics à 12h et 24h si ils existent sont de plus faible intensité. A noter que le périodogramme de la source du Lez indique également des pics à 12 et 24h. Ces pics sont à rattacher soit à un contexte de nappe captive soit à un effet de marées, pouvant laisser penser à une existence d'un lien direct de l'aquifère avec la mer (présence d'un conduit avec source sous-marine). Ces deux hypothèses seront vérifiées en prenant en considération la pression barométrique et le suivi de la marée. Des auto-corrélogrammes ont été effectués pour caractériser l'effet mémoire des différents piézomètres en comparaison toujours avec la source du Lez (hauteur d'eau). L'analyse de l'effet mémoire (temps pour $r=0,2$) permet d'obtenir des éléments complémentaires pour la répartition des piézomètres en groupes. La validation des groupes des piézomètres est en cours.
- Bibliographie sur la gestion active des systèmes karstiques, complément de bibliographie sur l'interprétation des pompages en milieu karstique
- Collecte des données informatisées des piézomètres de 1997 à 2001 auprès du Bureau Perrisol avec l'accord de la CGE et de la Ville de Montpellier
- Sélection des piézomètres représentatifs (un ou deux par groupe) pour lesquels une digitalisation des données sera effectuée pour les années antérieures
- Fin de collecte des données pour la source du Lez pour les périodes avant exploitation actuelle (avant 1981) et entre 1981 et 2001 à partir de la BDHYDRO 2, DIREN voire CGE.
- Reconnaissance de terrain
- Saisie des précipitations pour différentes périodes (avant 1981, après 1981) et analyse statistique des précipitations
- Analyse géologique sur la structure du bassin d'alimentation à partir de profils sismiques et données sur la mise en place de la karstification
- Analyse des récessions sur les piézomètres et sur la source pour des années sélectionnées ; analyse de la variabilité temporelle et spatiale. Estimation des réserves par défaut. Analyse des débits classés de la source du Lez.
- Reconstitution de l'hydrogramme de la source avant période de sollicitation et pendant la période de sollicitation à l'aide de TEMPO (logiciel de traitement du signal). Calcul du bilan hydrologique, surface du bassin d'alimentation, détermination des différentes composantes de l'hydrogramme unitaire (réponses impulsionnelles caractéristiques).
- Interprétation et rédaction d'un rapport, et d'un article sur la caractérisation de la structure et du fonctionnement du système karstique du Lez (Hydrogeology Journal par ex. ou WWR).

2) Point d'avancement concernant l'hydraulique du fleuve Lez :

Avancement :

- Construction du modèle hydraulique

Le modèle hydraulique du Lez disponible au début du projet a été enrichi au cours de l'année 2005, avec l'intégration de profils supplémentaires, le recalage de quelques profils (suite à une campagne de nivellement) et l'intégration du lit majeur. La validité du modèle a été testée en introduisant des hydrogrammes de crue à Lavalette (station DIREN) et en comparant les hydrogrammes simulés à la station DIREN de Garigliano. Les simulations sont correctes, indiquant que le modèle hydraulique représente bien la dynamique du cours d'eau. Les différences observées en volume sont liées essentiellement aux apports intermédiaires, non jaugés.

La portion disponible est assez limitée, ce qui justifie une instrumentation complémentaire du bassin. De même, la simulation des crues est limitée par la connaissance hydrologique du bassin ; il sera donc nécessaire de quantifier les apports intermédiaires au fleuve par des modèles pluie-débit sur les affluents principaux.

- Premiers essais de modélisation hydrologique

Un premier modèle pluie-débit a été construit sur le Verdanson, affluent urbain qui bénéficie d'un suivi par la ville de Montpellier par 2 capteurs limnimétriques. Des courbes de tarage hauteur-débit ont été reconstituées par modélisation, permettant de reconstituer des hydrogrammes de crue. Par ailleurs, un modèle pluie-débit de type conceptuel à réservoir linéaire a été construit, utilisant les enregistrements pluviométriques de l'ACH et les données radar de la cellule d'annonce de crue de Nîmes. Le calage de ce modèle est satisfaisant, ce qui permettra de reconstituer les divers événements sélectionnés.

- Instrumentation du bassin

Des sites de mesure hydrométriques ont été repérés. Un capteur limnimétrique a été installé dans le village des Matelles, permettant d'une part de quantifier les sorties du karst au niveau de la source du Lirou et du bassin hydrologique amont, afin de valider le modèle hydrogéologique, d'autre part de quantifier les apports de surface pour le modèle hydrologique de surface. Un autre capteur doit être installé au printemps 2006 sur le Lirou, peu avant la confluence avec le Lez (Domaine Départemental de Restinclières) ; l'emplacement choisi est discuté avec le Conseil Général.

Tâches en cours et à venir avant Septembre 2006 :

- Etalonnage des stations de mesure : des mesures doivent être effectuées en crue ; le nombre de mesure est sujet aux incertitudes climatiques, toutefois il devrait être possible d'avoir plusieurs mesures au printemps et à l'automne 2006. La courbe de tarage hauteur-débit sera établie a priori par construction d'un modèle hydraulique de la zone d'installation du capteur.
- Modélisation des apports des affluents majeurs : n'ayant pas de mesure sur les affluents, ces apports seront reconstitués par modélisation selon la méthodologie testée sur le Verdanson.

Ces deux points feront l'objet d'un stage d'élève-ingénieur hydraulicien (3 mois).

3) Point d'avancement concernant le comportement hydrodynamique du karst et son rôle lors d'évènements climatiques exceptionnels à l'origine de crues éclair du fleuve Lez :

Avancement :

- Sélection des événements de référence

L'analyse des données de crues récentes a permis d'identifier 4 crues pertinentes pour l'évaluation du rôle du karst sur les débordements du Lez :

- o Septembre 2002
- o Septembre 2003

- Septembre 2005
- Décembre 2003

L'analyse préliminaire a porté sur les chroniques de pluies et de débits depuis 2000, et sur les données de pluie radar disponibles sur la même période. Une vingtaine d'épisodes pluvieux ont ainsi été sélectionnés. Les 4 épisodes retenus sont 4 des épisodes les plus importants, 3 se déroulant après en reprise après étiage (septembre), le 4^{ème} ayant lieu en décembre et présentant le record observé (440 m³/s à la station de Lavalette). L'épisode de Septembre 2005 n'a pas encore été analysé car les débits n'ont pas encore été récupérés. Néanmoins, les trois autres événements ont été analysés et feront l'objet d'une communication au colloque GIRE3D se déroulant à Marrakech (Maroc) du 23 au 26 Mai 2006, dont le titre et le résumé sont les suivants :

Incidence d'une gestion active de la ressource en eau en milieu karstique sur le risque hydrologique. Exemple du Fleuve Lez (Montpellier, France)

Résumé — L'aléa inondation est, en France, le risque naturel générant le plus de dégâts matériels mais aussi humains. Cet état de fait est d'autant plus remarquable sur la bordure méditerranéenne que les conditions pour la mise en place de phénomènes météorologiques intenses, tels que les épisodes « cévenols », sont réunies. Par ailleurs, la présence de terrains calcaires où la karstification est très développée facilite la concentration et le transfert rapide de crues souterraines vers les exutoires naturels de ces systèmes karstiques.

Des épisodes de type cévenols à l'origine de cumuls pluviométriques importants sur ces terrains karstifiés engendrent des crues « éclairs » très intenses et relativement brèves. À partir de données de pluviométrie spatialisée (radar), de piézométrie et de débits, l'impact des terrains karstiques nord montpelliérain sur les crues du Lez est ainsi identifié. Le système karstique joue ainsi le rôle de barrage écrêteur de crue en période d'étiage, avec une capacité d'amortissement pouvant dépasser les 10 millions de m³.

Cette communication sera étoffée par l'ensemble des participants au projet et soumise à un journal à comité de lecture international (Journal of Hydrology ou Advances in Water Resources)

Après cette première phase de collecte et mise en forme des données, et l'analyse de 3 des 4 épisodes de référence, une typologie sera proposée pour l'ensemble des épisodes sélectionnés.

4) Point d'avancement concernant l'étude hydrochimique de la source du Lez et les relations chimie/comportement hydrodynamique lors des crues exceptionnelles :

Avancement :

Une part importante des crédits obtenus a permis l'instrumentation du site (sondes de pression-température, échelles limnimétriques, échantillonneurs automatiques...). Une autre partie du budget initialement demandé devait financer le suivi hydrochimique sur un cycle hydrologique de l'exutoire principal de l'hydrosystème (source du Lez) et d'une source de trop-plein (le Lirou), au pas de temps bimensuel à pluri-journalier en crue.

Le suivi régulier (bimensuel) a débuté en Mars 2006 et doit se poursuivre jusqu'à l'étiage 2007, étant donné que l'instrumentation est maintenant complète sur le site. Cette approche constitue un complément fondamental au suivi hydrodynamique, puisqu'elle permet : (1) de préciser les zones participant préférentiellement à l'écoulement (épikarst, zone non saturée et zone saturée), (2) de caractériser les mélanges d'eaux de différentes origines à l'exutoire, (3) d'estimer le temps de séjour moyen de l'eau dans le système et enfin (4) d'estimer la vulnérabilité de l'aquifère face aux pollutions.

Pour cela, différents types de traceurs naturels sont suivis (éléments majeurs, éléments traces, matière organique dissoute, isotopes stables et radioactifs...). Un nombre de 80 échantillons avait été initialement fixé afin de suivre les deux exutoires bimensuellement à quotidiennement sur environ un an. Compte-tenu du budget prévu, seules les mesures physico-chimiques et l'analyse des éléments

majeurs devaient être effectuées pour chaque échantillon. Les autres traceurs naturels : les éléments traces (40 éch), le Carbone Organique Total (26 éch), le Carbone-13 (12 éch, Université d'Avignon) et les isotopes du Rb et du Sr (6 éch, BRGM Orléans), devaient être analysés de façon plus ponctuelle. Or ces traceurs, peuvent apporter énormément à la compréhension du fonctionnement du système. Cependant, le pas de temps entre deux prélèvements doit être assez restreint si l'on veut exploiter au mieux les variations observées aux exutoires. De plus, l'ouverture prochaine du LAMA offre la possibilité de doser les isotopes stables de la molécule d'eau (Oxygène-18 et Deutérium, très intéressants pour caractériser les flux d'infiltration au sein de l'aquifère) et ceci à un coût 2 à 3 fois inférieur aux prix habituellement pratiqués, pour des délais bien inférieurs. Nous souhaiterions par conséquent inclure ces éléments dans ce suivi. Ainsi, nous aimerions ajouter ces différentes analyses au budget initial (cf fiche financière).

D'autre part, le site du Lez constitue pour le défi « Milieux hydrologiques discontinus » un site pilote, concernant à la fois la réponse hydrodynamique d'un tel système face aux fortes impulsions pluvieuses, ainsi qu'à son exploitation ; et également sa caractérisation chimique. De nouveaux traceurs de l'infiltration (quantification et caractérisation de la matière organique dissoute...) seront d'ailleurs testés sur ce système. Nous nous intéresserons également à l'utilisation du Rn-222 dans la caractérisation des flux de recharge au sein du karst. A ce titre, Jonathan Bowman Martin, Professeur Associé de l'Université de Gainesville (Floride), viendra fin 2006-début 2007 pour un séjour de deux mois au sein de HSM. L'une des thématiques pour laquelle son équipe est reconnue concerne la caractérisation des flux souterrains (approches hydrodynamique et hydrochimique) et le couplage surface-souterrain en domaines karstiques. Le développement de nouveaux outils dont notamment le Rn-222 est d'ailleurs au cœur d'un projet Franco-Américain entre l'Université de Floride et l'UMII. Il est prévu que J. Bowman Martin effectue un court séjour cet été, afin de voir les sites expérimentaux de notre équipe et de réaliser une première campagne d'échantillonnage. Cette collaboration internationale devrait être très fructueuse pour notre équipe, mais également pour l'ILEE. Pour cette raison, nous sollicitons un soutien financier de la part de l'IFR visant à couvrir les frais liés à la venue de ce chercheur.

Afin de faire bénéficier la communauté de l'ILEE de la venue de J. Bowman Martin, un séminaire portant sur l'utilisation de divers traceurs géochimiques en domaines karstiques et plus particulièrement sur l'étude des sources sous-marines, sera organisé durant son séjour.