

IFR ILEE - Appel interne à projets de recherche et d'équipement 2007-2008

Réponse à Appel d'Offre pour le 8 janvier 2008

1. Type de demande : Soutien à Projet de Recherche

2. Titre du projet :

« Modélisation couplée du fonctionnement hydrologique, hydrogéologique et hydraulique de l'hydrosystème du Lez »

Défis ciblés : 1) Milieux hydrologiques discontinus, 2) Hydrosystèmes aménagés, 3) Risques

Porteur du projet et intervenants¹

HSM :

- Valérie Borrell (MCF UM2, 30% du temps de recherche),
- Hervé Jourde (MCF UM2, 15% du temps de recherche),
- Séverin Pistre (Pr. UM2, 10% du temps de recherche),
- Vincent Bailly (ATER UM2, 20% du temps de recherche),
- Christelle Batiot-Guilhe (MCF UM2, 10% du temps de recherche),
- Jean-Luc Seidel (CR CNRS, 10% du temps de recherche),
- Vincent Guinot (Pr. UM2, 5% du temps de recherche),
- Mathieu Coustaud (stagiaire M2 en 2008, 100% du temps de recherche),
- Stagiaire (M2 en 2009, 100% du temps de recherche)

UMR G-EAU :

- Jean-Pierre Baume (IR Cemagref, 5 % du temps de recherche),
- Pierre-Olivier Malaterre (IGREF Cemagref, 5 % du temps de recherche),
- Julien Lerat (IR, Cemagref, 10 % du temps de recherche),
- Simon Munier (doctorant, Cemagref, 10 % du temps de recherche),
- Ludovic Cassan (MC SupAgro, 10 % du temps de recherche),
- Gilles Belaud (CR IRD, 10 % du temps de recherche)
- Stagiaire (M2 en 2009, 100% du temps de recherche)

UMR3S :

- Flavie Cernesson

BRGM EAU/RMD :

- Nathalie Dörfliger (10% du temps de recherche, pm)
- B. Ladouche (10% du temps de recherche, pm)
- P. Fleury (10% du temps de recherche, pm)
- Stagiaire M2 en 2008, financement brgm, 30% du temps de recherche)
- Stagiaire M2 en 2009, financement brgm, 50% à 100% du temps de recherche)

3. Unités participantes :

UMR HSM, UMR G-EAU, UMR3S, BRGM EAU/RMD.

¹ Entre parenthèses est précisé le % de temps de recherche consacré à ce projet (projet global) pour chaque personne impliquée

4. Argumentaire scientifique

4.1. Contexte du projet et Objectifs scientifiques

Le **système karstique de la source du Lez** constitue, à l'échelle du bassin Rhône Méditerranée Corse (SDAGE), un système karstique à **valeur patrimoniale**. Il s'agit d'**un des très rares cas**, à l'échelle internationale, de gestion active d'aquifère karstique, à un tel débit et pour des rabattements aussi significatifs. Un premier **projet Lez cofinancé par l'IFR ILEE**, a conduit à :

- La constitution d'une base de données propre à ce système
- Une meilleure compréhension de l'interaction entre les processus hydrogéologiques et l'exploitation de la source du Lez
- Une première caractérisation de l'origine des flux d'eau souterrains à l'aide de traceurs naturels (pôle infiltration rapide, zone non saturée, zone noyée) (C.Batiot et al, 2008, soumis).
- L'incidence d'une gestion active de la ressource en eau sur le risque inondation (H.Jourde et al, soumis), (A.Roesch et H.Jourde, 2006), (V.Bailly-Comte et al., 2008, soumis).
- La valorisation scientifique des mesures et observations réalisées sur ce système depuis de nombreuses années (Fleury et al., 2008 soumis en janvier et Dörfliger et al., 2008 soumission prévue février), ainsi que la mise en place d'une instrumentation sur le Lirou.
- L'établissement des bases d'un modèle hydrologique du bassin
- Le développement du modèle hydraulique du Lez de la source aux étangs

Ainsi, **gérer de façon intégrée la ressource en eau et le risque inondation**, sur un système aussi complexe que le bassin du Lez, passe nécessairement par les étapes et réflexions scientifiques qui ont été réalisées en amont. Le **suivi hydrochimique** doit cependant être poursuivi car il est important aujourd'hui de se concentrer sur les épisodes de crues automnales de forte intensité de façon à caractériser la réactivité de l'aquifère, ses modalités de recharge et les interactions surface-souterrain. Ces résultats nous permettent donc de prétendre **avancer sur la question de la compréhension des interactions entre processus hydrogéologiques** (principalement influents au niveau de la source du Lez), **hydrologiques des versants** (processus de refus à l'infiltration, de rétention de surface et de ruissellement à l'échelle du bassin versant) **et hydrauliques des cours d'eau** (propagation et inondation).

La compréhension et la modélisation conceptuelle de ces interactions permettront d'élaborer un modèle couplé du fonctionnement du bassin du Lez dans sa globalité.

Ce modèle constituera la base d'un véritable outil de gestion capable de prendre en compte conjointement l'influence des différents processus impliqués dans le fonctionnement du bassin du Lez. Le modèle couplé devra préalablement être calibré puis validé. Ces étapes seront réalisées à partir de la base de données préalablement constituée et mise à jour dans le cadre de ce projet. Le nombre de crues disponibles sera capital pour la qualité de la modélisation.

Les objectifs de couplage de processus et de modélisation intégrée d'un système hydrologique proposée dans le présent projet sont au cœur des préoccupations des différentes communautés scientifiques s'intéressant au cycle de l'eau (météorologues, hydrologues, hydrogéologues, hydrauliciens, spécialistes des transferts verticaux sol végétation atmosphère...). L'originalité essentielle de ce projet est de se concentrer plus particulièrement sur les systèmes hydrologiques à composantes karstiques. Ces hydro-systèmes particuliers sont parmi les plus complexes (en termes d'interactions entre processus physiques). La représentation de leur fonctionnement par une modélisation doit se faire par étapes.

A ce stade des réflexions, nous envisageons de mener **deux approches complémentaires**.

La première consiste à se concentrer sur le **fonctionnement global du système Lez** en modélisant chacun des processus impliqués avec une **approche conceptuelle** (plateforme de modélisation de type HEC-HMS). Ce premier modèle nous permettra d'analyser et de quantifier globalement les échanges entre compartiments (versant, épikarst, rivière).

A partir de ces résultats, nous pourrons alors proposer une seconde **modélisation entièrement distribuée du fonctionnement de l'hydro-système Lez** dans laquelle les processus seraient approchés par des **modèles à base physique**. Les interactions entre processus seraient modélisées par un couplage fort nécessitant la mise en œuvre de techniques numériques complexes. Ce second modèle intégré et couplé nous permettra de répondre à de nombreuses questions scientifiques sur le fonctionnement du bassin du Lez, méthodologiques sur les techniques de couplage et sociétales sur la gestion multi-usages d'un hydro-système karstique. Il sera développé dans le cadre du projet CPER Lez gestion active.

L'extrapolation des méthodes et modèles ainsi développés à d'autres surfaces continentales à composantes karstiques sera envisagée à la fin de chacune des 2 approches. Cette étape est indispensable si l'on veut « valider » les approches proposées.

4.2. Méthodologie

Ce projet, dans sa globalité, aura une durée de 4 ans. La présente demande de soutien par l'IFR ILEE ne concerne que les 2 premières années du projet, aussi ne sont détaillées ci-dessous que les étapes de travail relatives à ces 2 premières années de recherche. Il s'agit essentiellement de développer le premier type de modélisation de l'hydro-système Lez (HEC-HMS), avec une phase d'analyse des données, une étape de réalisation du modèle, une étude de sensibilité et calibration et une phase de validation comprenant au moins un essai de transposition sur un autre site.

Travail à l'échelle de l'ensemble du bassin versant du Lez et de sa source karstique et planning global pour les 2 premières années.

WP1 : Collecte de nouvelles données et mise à jour de la base de données commune

- Recueil des données numériques auprès des différentes sources : ville de Montpellier, Météo France, ACH, SPC, Chambre d'Agriculture et autres services de l'Etat.
- Instrumentation d'une station de jaugeage sur la Lironde
- Mise à jour des bases de données communes aux équipes
- Prélèvements d'échantillons d'eaux durant les épisodes de crue

WP2 : Interprétation et analyse des données collectées

- Exploitation de nouvelles données recueillies : laisses de crue à reconstituer à l'aide de photos prises lors de la crue de 2005, d'observations terrain, d'un GPS différentiel et obtenues auprès du CG34 ; Images issues du radar météorologique recueillies auprès du SPC de Carcassonne ; carte pédologique , ...
- Exploitation des données hydrochimiques

WP3 : Caractérisation du fonctionnement global du système Lez par le développement d'une modélisation de chacun des processus impliqués avec une approche qui pourra être conceptuelle, soit au niveau de la représentation du processus physique, soit au niveau du schéma de couplage entre processus.

- Validation du modèle de Saint-Venant dans le cours d'eau, développé dans le cadre du projet Lez initial, à l'aide des données récentes

- Proposition d'un schéma d'interaction conceptuel entre les processus hydrogéologique, hydrochimique, hydrologique de surface, et hydraulique dans les cours d'eau principaux permettant de représenter globalement le fonctionnement de l'hydro-système. Prise en compte de la fonction sollicitation par pompage sur le système au niveau de la source du Lez.
- Adaptation des modèles de fonctionnement hydrogéologique, hydrologie et hydraulique en vue de leur couplage :
 1. étude de modèles de transfert simplifiés (construits ou calés à partir du modèle de Saint Venant complet) pour les eaux de surface et pour les eaux souterraines (résultats du modèle développé dans le projet IFR ILEE LEZ I, à l'aide du modèle TEMPO © brgm)
 2. application du modèle hydraulique retenu aux affluents amont
 3. prise en compte explicite d'un bassin versant siège des processus hydrologiques de surface et du bassin d'alimentation de la source karstique dans la modélisation couplée
 4. modélisation couplée (hydrologie de surface, dynamique des sols et hydrodynamique souterraine, fonctionnement hydrogéologique du karst)
- Réalisation de la mise en cascade du modèle couplé (hydrogéologique et hydrologique) et du modèle hydraulique

WP4 : Sensibilité, calage, simulations et interprétation des données

- Etude de sensibilité et paramétrage du modèle intégré sur l'échantillon de calage
- Identification d'apports latéraux générés par une tranche de bassin amont et venant alimenter la rivière entre 2 stations de jaugeage connues
- Calage des paramètres du modèle hydrologique couplé à partir des hydrogrammes observés dans le cours d'eau (le modèle hydraulique étant supposé être validé par ailleurs, l'assimilation de nouvelles données permettra d'ajuster les valeurs des paramètres de la modélisation hydrologique couplée)
- Influence des conditions initiales (état de remplissage du réservoir karstique par exemple, état hydrique des sols, pluviométrie antérieure, etc) sur l'intensité des crues générées
- Analyse des résultats (paramétrage, influence des CI, validation)

WP5 : Validation et extrapolation de la démarche scientifique de modélisation sur un autre hydro-système karstique. Nous privilégierons le choix d'un bassin observé par ailleurs, pour lequel de nombreuses données sont déjà disponibles (Coulazou, Vidourle, Cesse ?).

WP6 : Valorisation scientifique

- Rédaction de publications de rang A.
- Enseignement
- Ouverture vers de nouveaux projets (modélisation intégrée et couplée à base physique d'un bassin méditerranéen en partie karstique soumis à des événements extrêmes)

5. Stratégie de valorisation

- Exploitation et valorisation **par des publications scientifiques** des nombreuses données et observations relatives à l'hydrogéologie et à l'hydraulique du Lez qui viendraient compléter les données acquises, exploitées et valorisées dans le cadre du projet Lez initial. Tout en bénéficiant du retour d'expérience et des contacts tissés lors de ce premier projet.

- Mise en place d'un outil de modélisation favorisant la mise en oeuvre de simulations et de scénarios. Cette démarche scientifique devrait donner lieu à **des études originales et novatrices** :

- sur les modèles de transfert pour un cours d'eau où le niveau est essentiellement contrôlé par des seuils (très loin des hypothèses "semi-infini et pente uniforme") (**post-doc**) ;



- sur la prise en compte de l'interaction entre les processus hydrodynamiques dominant au sein du système karstique et les processus hydrologiques et hydrauliques de surface ;
- sur des études de sensibilité du modèle intégré
- sur les méthodologies d'optimisation des valeurs des paramètres initiaux, des conditions aux limites et des paramètres par des techniques d'assimilation de données appliquées à l'hydrologie (**projet de thèse** à venir) ;
- ...

- Valorisation de l'étude **par l'enseignement**. En effet, l'application Lez est particulièrement intéressante pour l'enseignement par sa proximité et sa représentativité des problématiques méditerranéennes. Le modèle hydraulique développé dans le cadre du projet Lez initial est par exemple utilisé en enseignement à SupAgro et à l'Engref. Le modèle hydrogéologique, développé dans le cadre du projet proposé, pourrait lui aussi être utilisé comme exemple formateur dans les Masters M2 R2E et M2 GERE de l'UFR des sciences en hydrogéologie.

- Le présent projet s'inscrit dans la continuité d'actions déjà soutenues par l'ILEE (projet IFR ILEE Lez 1), les résultats obtenus dans le cadre du premier projet sont présentés en **annexe** (méthodologies développées, instrumentation et analyses, publications).

6. Plan de financement prévisionnel pour les 2 années du projet :

Dépenses prévues chaque année et régulièrement utilisées au cours de l'année :

Frais de déplacement (missions hydrauliques et hydrogéologiques)	1 000€
Financement de stagiaires (2 étudiants de Master2 par an)	4 500€

Dépenses prévues au lancement du projet :

Achat licences (Matlab + toolbox)	2 000€
Achat matériel informatique	2 000€
Achat données (pédologie, pluie, humidité, topographie)	5 000€
Instrumentation Lironde (topographie, échelle limnimétrique, acquisition, sondes...)	7 500€

Dépenses prévues en cours et à la fin du projet :

Participation aux frais de colloques et publications	3 000€
--	--------

Dépenses prévues tout au long du projet :

Analyses hydrochimiques et isotopiques	5 000€
--	--------

Estimation de l'enveloppe totale budgétaire : 35 500€HT

Sources de cofinancements prévues et acquises (environ 75% du montant du projet) :

- Projet Interne HSM à hauteur de 6 000€(logiciels, stagiaires) – acquis.
- Projet MEDICYS financé par T2E à hauteur de 4 500€ (mises en place d'un réseau d'observations « temps réel » hydrogéologiques et hydrauliques – acquis.
- CPER démarrage du projet en juin 2008, fin en 2012, en cours de montage (estimation de 20000 € hors prise en compte des allocations doctorales et salaires d'éventuels post-doctorants pour la partie traitant du présent projet - à préciser ultérieurement).

Estimation de l'enveloppe budgétaire demandée dans le cadre de l'appel à projet IFR ILEE 2008 (environ 25% du montant du projet) :

**8 800€HT
Soit TTC 10 525€**

7. Visa des responsables des unités impliquées



Pour l'UMR HSM : E. Servat

Pour l'UMR G-EAU : P. Garin

Pour l'UMR 3S : S. Labbé

Pour le BRGM : P. Lachassagne

Annexe : Grandes lignes des résultats obtenus lors du premier projet Lez financé par l'IFR ILEE.

L'ILEE a financé en 2005-2006 un projet de recherche visant à caractériser le fonctionnement hydrologique et hydrogéologique du système Lez, de son bassin d'alimentation à la source, jusqu'à la mer. Pour cela, différentes actions de recherche ont été menées.

Résultats principaux concernant la structure et fonctionnement des aquifères karstiques et le suivi hydrodynamique couplé à un suivi hydrochimique qui a été mené sur l'ensemble du site.

Une part importante des crédits obtenus a permis l'**instrumentation du site** (sondes de pression-température, échelles limnimétriques, échantillonneurs automatiques...). Les données ainsi recueillies ont été utilisées pour **constituer une base de données propre à l'hydro-système du Lez**, et ont été analysées afin de mieux comprendre le fonctionnement de cet hydro-système particulier (valorisation par **publication** : (Dörfliger et al., Hydrogeology journal, soumission en février 2008)).

La caractérisation du fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère karstique du Lez a été menée lors de deux **stages de Master 2** (Avignon) en 2006 (M. Perriquet) et en 2007 (Y. Conroux) sous la responsabilité de N. Dörfliger, B. Ladouche et la collaboration de P. Fleury en 2007. L'importante valorisation des données hydrologiques disponibles, a permis de disposer d'une chronique de débits naturels à l'exutoire entre **1946-1968**. L'application sur cette chronique, de méthodes d'analyses propres à l'étude des aquifères karstiques [analyse des débits classés, des courbes de récession], a permis de caractériser les processus hydrodynamiques du système avant son exploitation par pompages en 1968. Il a été démontré que le système présente à l'état naturel des ressources significatives de l'ordre 5 millions de m³ et une faible aptitude à stocker les réserves. Cette étude a montré que la zone non saturée (siège de l'infiltration) était mal karstifiée et/ou mal connectée à la zone noyée malgré l'existence de drains verticaux au travers cette zone d'infiltration. Le développement de modèles de type « fonction de transfert » à l'aide du logiciel TEMPO (© BRGM) a permis une reconstitution des débits naturels à la source par simulation pour la période influencée 1970-2005, sur la base de chroniques de débits naturels en hautes eaux. La confrontation des paramètres hydrodynamiques calculés par le modèle avec ceux déterminés pour la période naturelle anté-1968 a permis de préciser l'impact des pompages. Le système présente aujourd'hui un fonctionnement hydrodynamique globalement plus transmissif. Sa capacité de stockage n'a pas été modifiée par les pompages qui sollicitent aujourd'hui les réserves naturellement non mobilisables avec un volume annuel de sollicitation d'environ 16 millions de m³ soit environ 50 % du volume moyen annuel pompé. Des ajustements sont encore nécessaires afin d'utiliser ces modèles en mode prévisionnel.

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 est encore aujourd'hui poursuivi. 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.

Ces différentes données ainsi recueillies ont permis une **meilleure compréhension de l'interaction entre les processus hydrogéologiques** et l'exploitation de la source du lez.

En particulier, le **mémoire** de Master 2 d'Antoine Lafare (A.Lafare, 2007) (aujourd'hui doctorant) reprend et complète les avancées réalisées sur la compréhension du fonctionnement du système du

Lez (D.Chaussard, 2005), (X.Mouchart, 2006) : mise en évidence d'un fonctionnement non linéaire lié à l'état de remplissage de l'aquifère, caractérisation de la réponse de la source aux précipitations, caractérisation des propriétés physiques de l'aquifère, établissement d'une typologie des crues liées aux forçages climatiques, calcul d'un coefficient de ruissellement apparent des crues sur le Lez...

Une rallonge au budget initial a été obtenue afin d'une part de financer l'analyse d'échantillons supplémentaires sur d'autres **traceurs naturels**, et d'autre part de contribuer à la venue de **Jonathan Bowman Martin, Professeur Associé de l'Université de Gainesville (Floride)**, pour un séjour de deux mois au sein de HSM lors de l'été 2007. Cette collaboration a d'ailleurs permis de mieux caractériser les flux souterrains par l'analyse de nouveaux traceurs de l'infiltration sur la campagne d'échantillonnage réalisée sur le bassin du Lez ; d'organiser un **séminaire** portant sur l'utilisation de divers traceurs géochimiques en domaines karstiques et plus particulièrement sur l'étude des sources sous-marines ; de **comparer** le fonctionnement du bassin karstique du Lez avec le bassin karstique de Santa-Fé en Floride (**accueil d'un doctorant** d'HSM : Vincent Bailly-Comte à l'Université de Gainesville, organisation d'un **séminaire** en Floride et **publication en cours** de rédaction) ; de monter un **sujet de post-doc** pour ce même étudiant (en cours).

Enfin, sur ce volet, ce premier projet a permis de mieux comprendre l'incidence d'une gestion active de la ressource en eau sur le risque inondation. Ces avancées se sont concrétisées par des **publications scientifiques** (H.Jourde et al, soumis), (A.Roesch et H.Jourde, 2006), (V.Bailly-Comte et al., 2008, soumis), (C.Batiot et al, soumis).

Résultats principaux concernant les risques et les modélisations hydrologique et hydraulique du Lez.

De plus, le **mémoire** de stage de Master 1 d'Agathe Deleau (A.Deleau, 2007) reprend aussi des travaux antérieurs réalisés dans le cadre du présent projet (A.Boronkay, 2006) et les complète. Ainsi a été proposée une **première modélisation hydrologique fortement conceptuelle sous ATHYS** du fonctionnement du bassin du Lez. Ce modèle a pu être calé à partir de la base de données, et les valeurs des conditions initiales ont pu être partiellement corrélées au niveau de remplissage du karst avant la crue. Cette modélisation a permis de conforter l'analyse du comportement hydrogéologique du bassin proposé à partir des analyses des données collectées. Elle a aussi montré tout l'intérêt d'une modélisation intégrée de ce système tout en fixant les limites d'une approche trop globale et conceptuelle du fonctionnement d'un tel bassin.

Le **modèle hydraulique** (sous SIC puis HEC-RAS) a été enrichi par l'ajout de profils en travers dans le lit majeur ainsi que par un jeu de données complémentaires sur les seuils, dont la longueur et l'altitude ont été mesurées au cours du projet. Les **nouvelles stations installées** sur le Lirou ont également fait l'objet de mesures topographiques (Boronkay, 2006; Quentin, 2007) pour établir des **courbes de tarage** a priori et qui permettront d'améliorer la description du fonctionnement hydraulique du principal affluent (le Lirou). La crue de septembre 2005, la plus forte depuis 1976, a fait l'objet d'un repérage de laisses de crues permettant de vérifier la cohérence du modèle hydraulique.

Le modèle hydraulique ainsi construit est utilisable pour améliorer la fonction de propagation du **modèle hydrologique**.

Il a été également utilisé lors de plusieurs modules de **formation** en hydraulique, à Supagro et à l'Engref, la proximité du terrain permettant aux étudiants de mener une étude hydraulique complète depuis le terrain jusqu'à la simulation de scénarios d'aménagement.

Ce projet avait aussi comme objectif de poser des bases solides permettant si possible de bâtir un projet de plus grande envergure mobilisant des cofinancements d'industriels (Veolia EAU, Schlumberger par ex.) ou des collectivités publiques (Ville de Montpellier, DIREN, par ex.) et intégrant une évaluation socio-économique des stratégies de gestion du karst. Cet objectif est aujourd'hui en bonne voie d'être atteint avec le montage d'un projet CPER coordonné par le BRGM.

Publications et encadrements d'étudiants

- Dörfliger N., Perriquet M., Ladouche B., Jourde H. (2008) : Characterizing a karst aquifer exploited under active management, using univariate and bivariate methods of time-series analysis: the Lez Karst system (Montpellier, South France), Hydrogeology Journal, soumission prévue février 2008
- Antoine Lafare (2007) « Etude du comportement hydrodynamique de l'aquifère karstique de la source du Lez lors d'événements pluviométriques exceptionnels par une approche hydrologique, hydrogéologique et hydrochimique ». Master 2 Recherche Eau et Environnement Université de Montpellier II (Resp : H. Jourde, C. Batiot)
- Agathe Deleau (2007) « Modélisation pluie – débit sur le bassin versant du Lez pour la prévision des crues avec ATHYS », M1 BGAE Gestion et Evaluation de la Ressource en Eau, HydroSciences Montpellier (Resp : V. Borrell, C. Bouvier, H. Jourde)
- Agathe Boronkay (2006) « Modélisation pluie/débit sur le bassin versant du Lez pour la gestion des crues », rapport de stage de deuxième année de formation ingénieur INPG Grenoble ENSHMG (Resp : F. Cernesson, G. Belaud,).
- Damien Chaussard (2005). « Etat des connaissances sur l'hydrodynamisme du bassin karstique de la source du Lez ». Mémoire de Master 2.
- Xavier Mouchart (2006). « Modélisation de l'aquifère karstique du Lez ». Mémoire de Master 2 GERE Université de Montpellier 2.
- Aude Quentin (2007) « Modélisation numérique du Lez sousHEC-RAS », rapport de stage de deuxième année de formation ingénieur INPG Grenoble ENSHMG (Resp : JP. Baume, G. Belaud,).
- Vincent Bailly-Comte et al. « Comparaison des fonctionnements des bassins karstiques du Coulazou et de Santa-Fé » - publication en cours de rédaction
- Roesch et Jourde, Colloque GIRE3D Marrakech « Incidence d'une gestion active de la ressource en eau en milieu karstique sur le risque hydrologique. Exemple du fleuve Lez », 2006.
- Vincent Bailly-Comte, Valérie Borrell Estupina, Hervé Jourde, Séverin Pistre (2008). «Caractérisation et modélisation des interactions karst/rivière en crue» WWC2008 Montpellier, soumis
- Christelle Batiot-Guilhe et al (2008), « Characterisation of underground flows in karstic aquifers by studying DOM fluorescence. Example of two Mediterranean systems : Lez and Causse d'Aumelas, Southeastern France », WWC2008 Montpellier, soumis.
- Marie Perriquet (2006) « Caractérisation de la structure et du fonctionnement du système karstique du Lez en gestion active ». Master 2 PRO Université d'Avignon Hydrogéologie et environnement. BRGM (Resp : N.Dörfliger, B.Ladouche)
- Yann Conroux (2007) « Caractérisation du fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère karstique du Lez (Hérault) à l'état naturel », Master 2 PRO Université d'Avignon Hydrogéologie et environnement. BRGM (Resp. N.Dörfliger, B. Ladouche, P. Fleury).
- Fleury P., Ladouche B., Conroux Y., Jourde H., Dörfliger N. (2008) Modelling of the functioning of a karst aquifer under active water management – Lez spring example , Journal of Hydrology, soumission prévue fin janvier 2008 (actuellement en revision d'anglais)
- Jourde H., Roesch A., Lafare A., Batiot C., Cernesson F., Dörfliger N., Belleau G., Neppel L. (soumis) (2008) Flood protection related to active groundwater management in a karstic and fractured carbonate watershed, Journal of Hydrology, soumission début 2008

6. Plan de financement prévisionnel pour les 2 années du projet :

Dépenses prévues chaque année et régulièrement utilisées au cours de l'année :

Frais de déplacement (missions hydrauliques et hydrogéologiques)	1 000€
Financement de stagiaires (2 étudiants de Master2 par an)	4 500€

Dépenses prévues au lancement du projet :

Achat licences (Matlab + toolbox)	2 000€
Achat matériel informatique	2 000€
Achat données (pédologie, pluie, humidité, topographie)	5 000€
Instrumentation Lironde (topographie, échelle limnimétrique, acquisition, sondes...)	7 500€

Dépenses prévues en cours et à la fin du projet :

Participation aux frais de colloques et publications	3 000€
--	--------

Dépenses prévues tout au long du projet :

Analyses hydrochimiques et isotopiques	5 000€
--	--------

Estimation de l'enveloppe totale budgétaire : 35 500€HT

Sources de cofinancements prévues et acquises (environ 75% du montant du projet) :

- Projet Interne HSM à hauteur de 6 000€(logiciels, stagiaires) – acquis.
- Projet MEDICYS financé par T2E à hauteur de 4 500€ (mises en place d'un réseau d'observations « temps réel » hydrogéologiques et hydrauliques – acquis.
- CPER démarrage du projet en juin 2008, fin en 2012, en cours de montage (estimation de 20000 € hors prise en compte des allocations doctorales et salaires d'éventuels post-doctorants pour la partie traitant du présent projet - à préciser ultérieurement).

Estimation de l'enveloppe budgétaire demandée dans le cadre de l'appel à projet IFR ILEE 2008 (environ 25% du montant du projet) :

**8 800€HT
Soit TTC 10 525€**

7. Visa des responsables des unités impliquées

Pour l'UMR HSM : E. Servat

Pour l'UMR G-EAU : P. Garin



Pour l'UMR 3S : S. Labbé

Pour le BRGM : P. Lachassagne

6. Plan de financement prévisionnel pour les 2 années du projet :

Dépenses prévues chaque année et régulièrement utilisées au cours de l'année :

Frais de déplacement (missions hydrauliques et hydrogéologiques)	1 000€
Financement de stagiaires (2 étudiants de Master2 par an)	4 500€

Dépenses prévues au lancement du projet :

Achat licences (Matlab + toolbox)	2 000€
Achat matériel informatique	2 000€
Achat données (pédologie, pluie, humidité, topographie)	5 000€
Instrumentation Lironde (topographie, échelle limnimétrique, acquisition, sondes...)	7 500€

Dépenses prévues en cours et à la fin du projet :

Participation aux frais de colloques et publications	3 000€
--	--------

Dépenses prévues tout au long du projet :

Analyses hydrochimiques et isotopiques	5 000€
--	--------

Estimation de l'enveloppe totale budgétaire :

35 500€HT

Sources de cofinancements prévues et acquises (environ 75% du montant du projet) :

- Projet Interne HSM à hauteur de 6 000€(logiciels, stagiaires) – acquis.
- Projet MEDICYS financé par T2E à hauteur de 4 500€ (mises en place d'un réseau d'observations « temps réel » hydrogéologiques et hydrauliques – acquis.
- CPER démarrage du projet en juin 2008, fin en 2012, en cours de montage (estimation de 20000 € hors prise en compte des allocations doctorales et salaires d'éventuels post-doctorants pour la partie traitant du présent projet - à préciser ultérieurement).

Estimation de l'enveloppe budgétaire demandée dans le cadre de l'appel à projet IFR ILEE 2008 (environ 25% du montant du projet) :

**8 800€HT
Soit TTC 10 525€**

7. Visa des responsables des unités impliquées

Pour l'UMR HSM : E. Servat

Pour l'UMR G-EAU : P. Garin

Pour l'UMR 3S : S. Labbé

Pour le BRGM : P. Lachassagne (absent jusqu'au 16 janvier 2008),

p.o Nathalie Dörfliger

