

## IFR ILEE - Appel interne à projets de recherche et d'équipement 2005-2006

---

### 1. Type de demande : Soutien à Projet de Recherche

### 2. Titre du projet :

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

Défis ciblés : ← Milieux hydrologiques discontinus, ↑ Hydrosystèmes aménagés, → Risques

### Porteur du projet : HSM : Hervé Jourde

EAU/RMD : Nathalie Dörfliger ; UMR G-EAU : Gilles Belaud ; UMR3S : Flavie Cernesson

3. Unités participantes : ← BRGM EAU/RMD, ↑ UMR HSM, → UMR G-EAU, ↓ UMR3S

### 4. Argumentaire scientifique

#### 4.1. Contexte du projet

Le **système karstique de la source du Lez** constitue, à l'échelle du bassin Rhône Méditerranée Corse (Ref : SDAGE), un système karstique à **valeur patrimoniale**.

La source du Lez est exploitée depuis 1876 pour l'alimentation en eau potable de la ville de Montpellier par pompage dans la vasque à des débits qui sont passés successivement de 25 (1876), à 125, 250, 400, puis 1200 l/s.

L'année 1981 a marqué un tournant majeur avec l'autorisation (DUP) d'un prélèvement de 1700 l/s, suite à l'installation d'un captage par forages « profonds » permettant de garantir ce débit en toute saison. Cette date marque en fait le début de la mise en œuvre d'une **gestion active** de l'aquifère karstique : exploitation, en saison sèche, à un débit très supérieur au débit d'étiage afin de solliciter les réserves, puis reconstitution de celles-ci en saison des pluies, ce qui se traduit par une diminution de l'importance des premières crues d'automne.

La DUP actuelle prévoit de ne pas abaisser le niveau de la nappe au-dessous de la cote 35 m NGF ; de plus, la première descente du plan d'eau dans une tranche non encore exploitée doit s'effectuer à une vitesse d'abaissement ne pouvant excéder 0.5 m par période de 7 jours successifs. Un débit minimum de 160 l/s doit être maintenu ou restitué en tout temps à l'aval de la source, dans le cours du Lez.

Un **réseau de suivi et de contrôle** a été mis en place : enregistrement des volumes d'eau prélevés, suivi de l'évolution piézométrique au moyen de limnigraphes au sein du puits de pompage et de 12 piézomètres, suivi du débit de certaines sources, etc..

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. Ainsi, les **données collectées** sont de premier **intérêt scientifique**, tant en raison de la nature des données que de la durée des chroniques (plus de 20 ans).

Ces données, qui n'ont pas fait l'objet de valorisation scientifique jusqu'à présent, sont susceptibles de conduire à des **résultats scientifiques de premier ordre**, avec également une possibilité de **valorisation opérationnelle**, tant à l'échelle de la source du Lez que des aquifères karstiques du pourtour méditerranéen dont la plupart sont voués, à court ou moyen terme, à une mise en valeur similaire de leur ressource en eau.

Par ailleurs, les **conséquences hydrologiques** d'une telle gestion active de l'aquifère (**diminution des débits de crue**) sont à démontrer de manière rigoureuse et ouvrent des perspectives très prometteuses de **gestion intégrée ressource en eau / risque inondation** des bassins versants comprenant une composante karstique.

#### 4.2. Contexte hydrologique et hydrogéologique

Le bassin d'alimentation de l'**aquifère de la source du Lez** présente une superficie totale de 850km<sup>2</sup>. L'aquifère se développe au sein des formations calcaires du Jurassique dont la puissance est comprise entre 650 et 1100 m, avec des termes allant du Jurassique moyen au Berriasien supérieur (Figure 1). Le mur imperméable est constitué par les marnes noires et argiles du Lias, le toit par les marnes du Valanginien, dont l'épaisseur est comprise entre 200 et 800 m.

Plusieurs failles affectent les séries anté-oligocènes sur l'ensemble du bassin d'alimentation de la source du Lez. Il en résulte un aquifère comprenant plusieurs compartiments. Plusieurs unités hydrogéologiques peuvent ainsi être identifiées (rapport BRGM 83SGN325 LRO) :

- (1) les unités principales de Fontcaude, de la Celette et de Monnier, en rive gauche de l'Hérault, constituant à la fois un axe de drainage et une limite à potentiel imposé,
- (2) les unités de Viols le Fort et de St-Martin de Londres – Hortus – Pompignan reliées au système du Lez par l'intermédiaire de la faille de Corconne – Les Matelles,
- (3) l'unité de Coutach, en relation avec le Vidourle au Nord du système, et l'unité de Liouc-Bois de Paris dont l'émergence principale est représentée par la source de Fontbonne à son extrémité méridionale,
- (4) l'unité du Lez subdivisée en trois sous-ensembles (secteurs de Trévières, de Prades le Lez et d'Assas) avec l'exutoire principal du système aquifère, la source du Lez et les sources temporaires de la Fleurette et du Gour Noir,
- (5) la dernière unité, regroupant les bassins de la bordure méridionale du système situés à l'Est du faisceau de failles de Fontbonne, au Sud et à l'Ouest du pli de Montpellier.

La source du Lez donne naissance au **fleuve le Lez**, fleuve côtier de 28 km de longueur. Il s'écoule tout d'abord sur un substratum de roches en majorité peu perméables (marnes et calcaires marneux du Crétacé inférieur, argiles à bancs de grès et calcaires de l'Oligocène). Le Lez recoupe ensuite, en gorges (Castelnau le Lez), les calcaires du Jurassique supérieur, appartenant au « pli de Montpellier ». Il débouche plus en aval sur la plaine littorale (formations de comblement des incisions messiniennes et quaternaires).

Dans sa partie supérieure, le Lez comprend plusieurs affluents comme le Terrieu, le Yorgues et le Lirou, le plus souvent à sec au cours de l'année. Certains sont eux aussi alimentés par une source karstique. La source du Lirou, située en amont de la source du Lez, non pérenne, sert de trop plein au système aquifère de la source du Lez.

#### 4.3. Etat des connaissances hydrologiques et hydrogéologiques - Enjeux

Le **système aquifère** de la source du Lez a fait l'objet de nombreux travaux de recherche dans le passé avec, à partir de 1963, 13 thèses, 5 mémoires de DEA/DESS, au moins 12 articles scientifiques et des travaux d'ingénierie (plus de 50 rapports), dont les rapports de suivi d'exploitation (rapport d'activités annuels du CERGA initiés dès 1982). Les premiers travaux de recherche ont permis la mise en exploitation de l'aquifère par pompage profond.

Cependant, aucun travail de recherche significatif n'a été mené depuis cette époque, alors que les modèles conceptuels et méthodologie de caractérisation de la structure et du fonctionnement des aquifères karstiques ont très fortement évolué. Par ailleurs, toute une série de questions reste posée, tant en ce qui concerne le développement de la karstification des calcaires du Jurassique en profondeur, liée à l'évolution de la Méditerranée, en particulier au messinien, les limites du bassin et les relations hydrauliques entre les différents compartiments, la vulnérabilité de l'aquifère, etc., qu'au niveau des capacités de stockage d'un tel système, de ses modalités de recharge et de leur évolution en fonction de l'état de remplissage du réservoir, de l'impact de la gestion active de l'aquifère sur la prévention des crues du fleuve en aval, etc..

Des observations récentes ont ainsi suggéré le rôle du karst en tant qu'**écrêteur des crues** du Lez, en particulier du fait de la **gestion active** de l'aquifère. Ainsi en fin d'été, les niveaux piézométriques sont significativement rabattus au sein de l'aquifère (rabattement pouvant

atteindre 35 m à la source). Ceci a très vraisemblablement pour conséquence d'atténuer considérablement les crues du Lez en début de saison des pluies : voir par exemple les pluies de septembre 2003, avec 250 mm précipités en 10 heures au Nord de Montpellier et une crue très modeste, alors que des pluies significativement plus faibles ont provoqué des débordements à la traversée de Montpellier au mois de décembre suivant, lorsque les niveaux piézométriques du karst étaient hauts.

Il paraît donc important de **caractériser la réponse hydrogéologique et hydrologique** du Lez amont, en fonction de l'état de l'aquifère karstique (entre autres état de l'épikarst et niveau piézométrique au sein de l'aquifère), mais également en fonction de la répartition et de l'intensité des pluies sur le bassin versant.

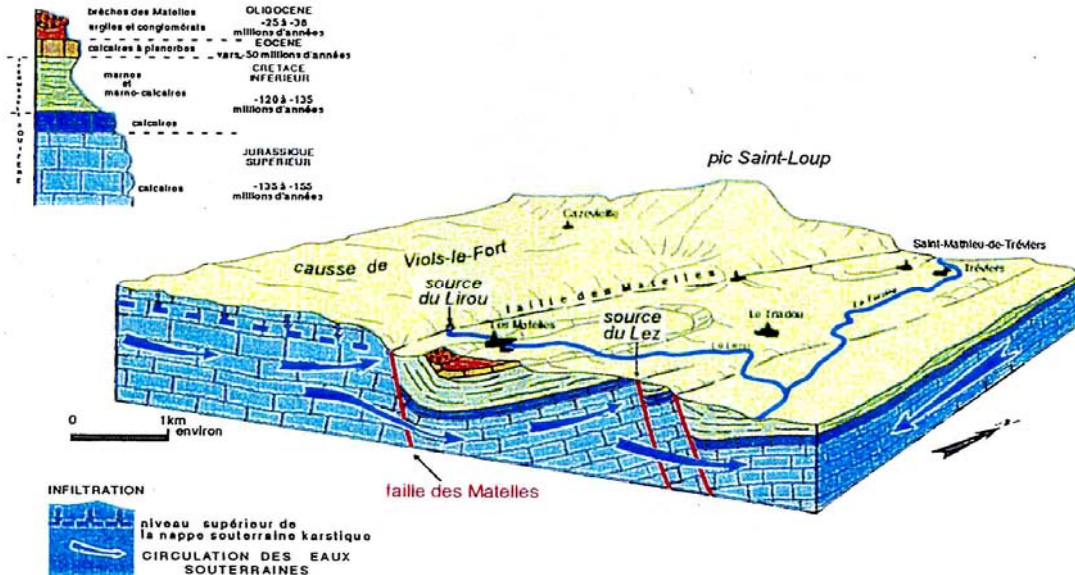


Figure 1 : bloc diagramme de l'aquifère de la source du Lez (Bousquet, 1997)

Dans le cadre des aménagements du Lez, des **études hydrologiques et hydrauliques** ont été menées par le BCEOM sur la partie aval du bassin (Prades – Lattes). L'étude hydrologique révèle notamment une très forte incertitude sur les débits de référence (crue centennale estimée entre 500 et 1250 m<sup>3</sup>/s à Montpellier - station de Garigliano). Les outils actuels (suivis radar, modèles pluie-débit spatialisés, ...) devraient permettre d'affiner cette connaissance hydrologique.

L'étude hydraulique ayant abouti à la construction d'un modèle à casiers a été reprise en partie par le CEMAGREF avec un modèle de Saint-Venant complet construit pour des applications pédagogiques à l'ENSAM et à l'ENGREF. Le modèle peut être enrichi avec notamment une meilleure connaissance des apports intermédiaires et du fonctionnement hydraulique du bassin amont (zones de débordement notamment).

Le système karstique de la source du Lez ainsi que le bassin versant du fleuve côtier représentent ainsi un **site « atelier »** remarquable pour plusieurs équipes de l'IFR ILEE tant pour la recherche que pour la formation d'étudiants (UM2 et écoles d'ingénieurs).

#### 4.4. Principaux objectifs du projet / Résultats attendus

L'objectif principal du projet s'inscrit dans le cadre du défi « **milieux hydrologiques discontinus** » de l'IFR ILEE dont l'un des enjeux est la mise au point d'outils permettant la mise en valeur et la gestion durable des ressources en eau de surface et souterraine de ces milieux "non conventionnels". Le projet s'inscrit également dans le cadre des défis « **risques** » et « **hydrosystèmes aménagés** », avec des volets recherche et pédagogiques. La nature du projet et des caractéristiques de l'hydrosystème servant de support à la recherche, assurent de **fortes synergies entre ces 3 défis**.

Dans ce cadre, les principaux objectifs de ce projet de recherche sont les suivants :

### 1. Structure et fonctionnement des aquifères karstiques

- valoriser un jeu de données d'intérêt international compte tenu du faible nombre d'aquifères karstiques sollicités à un tel débit, sur une aussi longue période et disposant des données d'aussi bonne qualité,
- apporter des éléments nouveaux relatifs à la structure et au fonctionnement des aquifères karstiques, en particulier :
  - o sur la distribution des vides (porosité efficace), spatialement et en fonction de la profondeur, en lien avec le développement de la karstification,
  - o caractériser les modalités de recharge de l'aquifère ; mettre en évidence d'éventuelles non linéarités, liées en particulier à l'état de remplissage (ou plutôt de vidange préalable, du fait de l'exploitation) de l'aquifère karstique et préciser leur origine,
  - o définir la réponse de la source (débit) aux précipitations et mettre en évidence d'éventuelles non linéarités liées elles aussi en particulier à l'état de remplissage de l'aquifère,
- déterminer des règles générales pour la gestion active des aquifères karstiques et pour la mise en œuvre et l'interprétation des pompages d'essai dans un tel contexte. En particulier, comment évaluer les règles d'exploitation à long terme d'un aquifère karstique à partir d'essais de courte durée,
- préciser les caractéristiques du système karstique du Lez et, en particulier :
  - o déterminer si sa structuration (karstification) a été influencée ou non par la crise messinienne,
  - o analyser les rôles respectifs des différents compartiments de l'aquifère : épikarst, zone noyée, le rôle du système karstique du Lirou, etc.,
  - o si possible, donner des perspectives en terme de développement de l'exploitation des eaux souterraines,

### 2. Risques

- établir une typologie des crues à partir de l'analyse des conditions climatiques initiales, des épisodes pluvieux et de l'analyse de la contribution du ruissellement superficiel et du karst via une modélisation pluie/débit ; démontrer, le cas échéant, le rôle d'écrêteur de crues joué par le karst, tant en fonctionnement naturel (avant sa mise en exploitation) que depuis la mise en œuvre de sa gestion active, préciser les périodes ou conditions (état de remplissage de l'aquifère en particulier) pendant lesquelles l'aquifère est susceptible ou non de jouer ce rôle,
- analyser la propagation des crues et l'effet « intégrateur » du bassin versant en complétant les résultats de l'analyse hydrologique par des simulations issues de la modélisation hydraulique,

### 3. Hydrosystèmes aménagés

- coupler des modèles de fonctionnement hydraulique, hydrologique et hydrogéologique en vue d'une approche intégrée de la gestion des inondations. Il s'agira en particulier d'intégrer les non linéarités de fonctionnement du système karstique telles que définies ci-dessus.
- déterminer des règles générales pour la gestion active des aquifères karstiques et pour l'intégration de cette gestion active dans un cadre plus général de gestion intégrée des ressources en eau à l'échelle du bassin versant.

Par ailleurs, ces travaux viseront également à :

- la rédaction d'un maximum de publications et communications scientifiques communes (cf. ci-dessous),
- disposer d'un site atelier fédérateur de plusieurs équipes de l'IFR ILEE, atelier utilisé tant pour des travaux de recherche que pour des applications pédagogiques,

- poser des bases solides permettant si possible de bâtir un projet de plus grande envergure mobilisant des cofinancements d'industriels (CGE, par ex.) ou des collectivités publiques (Ville de Montpellier, DIREN, par ex.) et intégrant une évaluation socio-économique des stratégies de gestion du karst.

#### 4.5. Méthodologie

##### Etude du système karstique

- synthèse bibliographique des données et informations disponibles sur l'hydrosystème du Lez,
- collecte des données numériques et papier auprès des différentes sources : services de l'Etat, ville de Montpellier concernant au moins les 12 piézomètres et la source (hydrologie, hydrogéologie, hydrochimie, pluviométrie), Météo France, etc.,
- organiser les données en base de données commune aux équipes,
- instrumenter le cours d'eau du Lirou (limnigraphe), établir la courbe de tarage au niveau du pont des Matelles et à la confluence avec le Lez,
- critique et traitement statistique des données hydrologiques, hydrogéologiques et pluviométriques à l'aide des logiciels Stochastos de TEMPO pour déterminer les corrélations entre les différents points d'eau et leur lien avec les différents compartiments identifiés dans la littérature scientifique et technique, déterminer les fonctions de transfert (réponses impulsionnelles) de l'hydrogramme de la source du Lez notamment.
- proposer une modélisation pluie / débit total au sortir de l'aquifère karstique et pluie niveau à partir de modèle globaux à réservoirs (de type GR),
- caractériser du point de vue hydrochimique la source du Lez et la source du Lirou sur un cycle hydrologique complet (étiage 2005 à étiage 2006) à raison de prélèvements bimensuels et d'un suivi de crues, : analyse des majeurs, du COT et du carbone 13,
- rédaction de publications de rang A.

##### Travail à l'échelle de l'ensemble du bassin versant du Lez (principalement UMR G-EAU)

- établir une typologie des crues de la source du Lez à partir de l'analyse des conditions climatiques initiales, des épisodes pluvieux (intensité, distribution spatiale des précipitations) et de l'analyse de la contribution du ruissellement superficiel et du karst via une modélisation pluie/débit,
- analyser la propagation des crues et l'effet « intégrateur » du bassin versant en aval de la source du Lez, en complétant les résultats de l'analyse hydrologique par des simulations issues de la modélisation hydraulique,
- analyser de manière conjointe et si possible coupler les résultats des modèles de fonctionnement hydrogéologique, hydraulique et hydrologique en vue d'une approche intégrée de la gestion des inondations.

#### 4.6. Principales données disponibles et à acquérir

⇒ **Données disponibles auprès des services de la ville de Montpellier, de la BDHYDRO et de Météo France**

##### - Stations hydrométriques du Lez et du Vidourle

Code station	Dénomination	Cours d'eau	coord X	Coord Y	Données disponibles
Y3204030	Lez pont Garigliano	Lez	726099	1847555	1988-2004
Y3204010	Lez Lavalette	Lez	723911	1851214	1975-2004
Y3414010	Vidourle à Sauve	Vidourle	732251	1881781	1994-2002
Y344010	Vidourle à Salinelles	Vidourle	739455	1870493	1994-2002
Y2132010	Hérault Moulin Bertrand	Hérault	707013	1868219	1967-1981
Y2102010	Hérault à Laroque	Hérault	712510	1880320	1970-2004
Y2142010	Hérault à Gignac	Hérault	696572	1850275	1989-2004
Y3204020	Lez (Source) à St Clément de Rivière	Lez	721630	1858570	1987-2004

- **Piézomètres de suivi de contrôle**
- 14 points avec capteur de pression (pas de temps 15') depuis juin 2000 à décembre 2004.
- 23 points avec mesure bimensuelle de 1982 à 2000.
- limnigraphe de la source du Lez depuis 1982 à 2004.

N°	Numéro	Dénomination	Coordonnées X	Coordonnées Y	Altitude (m)	Profondeur	Mesures	Mesures depuis juin 2000
1	1	Cantagrils	711,9	157,93	181,92	126,5	sonde manuelle	
2	4	Bois de St-Mathieu	721,74	165,79	131,7	105	Limni 1/40	capteur pression 15'
3	5	Gour Noir	723,32	159,03	83,17	43,8	Limni 1/40	capteur pression 15'
4	6	Les Matelles I	717,9	160	111,45	80	Limni 1/40	capteur pression 15'
5	7	Ferrières CGE	716,61	175,78	252,8	202	sonde manuelle	
6	8	Ste-Croix de Qu F3	726,88	163,18	137,94	125	Limni 1/40	capteur pression 15'
7	9	Claret-Brissac	727,39	173,64	139,04	200	Limni 1/40	capteur pression 15'
8	10	St-Clément de R	722,1	155,17	64,44	19,1	Limni 1/40	capteur pression 15'
9	12	Fontanès F2	728	166,42	94,02	68	Limni 1/40	capteur pression 15'
10	13	Bois des Avants	723,56	162,44	125,9	100	Limni 1/40	capteur pression 15'
11	14	Pompignan Lavandes	721,15	179,54	178,82	163	sonde manuelle	
12	16	Sauteyrargues	727,45	172,94	131,1	79	sonde manuelle	
13	17	Corconne Soulas	730,7	175,28	109,39	60	sonde manuelle	
14	23	Triadou CERH	722,62	160,37	72,56	60	sonde manuelle	
15	28	Laudou	727,48	170,17	114,59	105	Limni 1/40	capteur pression 15'
16	30	Mas de Martin F84	730,38	167,26	99,14	80	Limni 1/40	capteur pression 15'
17	34	Coutach	731,23	177,19	138,17	200	Limni 1/40	capteur pression 15'
18	35	Calages	714,08	160,35	223,64	200	innaccessible	
19	37	St-Gély les Vautes	720,18	155,06	94,95	75	Limni 1/40	capteur pression 15'
20	38	St-Bauzille B. des Rosiers	731,32	166,51	87,8	100	Limni 1/40	capteur pression 15'
21	39	Carnas Stade	731,4	169,8	156,83	148,5	Limni 1/40	capteur pression 15'
22	40	St-Jean de C. Yorgues	720,16	162,18	115,96	108,5	sonde manuelle	
23	41	St-Gély Laval	716,98	156,97	204,84	205	sec	
24	42	Les Matelles Baraque	717,42	159,26	172,25	176	sonde manuelle	

- **Pluviométrie journalière** des postes de Conqueyrac, St-Hippolyte du Fort, Vic le Fesq, Durfort, Pompignan, Moulès et Baucels, St-Martin de Londres, Valflaunès, Prades le Lez, St-Drézery, Montpellier pour les années 1982 à 2004.
- **Volumes exploités depuis 1980 (par semaine)**
- **Données hydrochimiques de la DDASS et du réseau patrimonial de l'AERMC**

⇒ **Données à acquérir :**

- données hydrochimiques sur un cycle hydrologique sur la source du Lez et sur la source du Lirou, ainsi que pour plusieurs crues,
- données hydrologiques concernant le Lirou (installation d'un limnigraphe).

**4.7. Chronogramme :**

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	
T1																				
T2																				
T3																				
T4																				
T5																				
T6																				
T7																				
T8																				
	<b>2005</b>										<b>2006</b>									

- T1 : collecte des données existantes
- T2 : base de données commune
- T3 : instrumentation du Lirou
- T4 : acquisition des données hydrochimiques à la source du Lez et à la source du Lirou
- T5 : mise au point des modèles de connaissance du système (hydrogéologiques, hydrologiques, hydrauliques)
- T6 : interprétation des données
- T7 : synthèse

T8 : valorisation scientifique

**4.8. Moyens :** ingénieurs chercheurs des équipes HSM, BRGM, Cemagref, ENGREF ainsi que d'étudiants de l'Agro-Montpellier et de l'ENGREF,

### 5. Stratégie de valorisation

Le majeur atout du projet est de porter principalement sur la valorisation de données existantes, ce qui permettra de soumettre un nombre significatif de publications avant la fin 2006. Le tableau ci-dessous présente une liste prévisionnelle de publications dont il est très raisonnable de penser qu'elles pourront être soumises (voir estimation de la probabilité de chaque publication). Cette liste n'exclut pas la possibilité d'autres publications, selon les opportunités offertes par les résultats qui seront obtenus.

#### Plan prévisionnel de publication :

Equipes impliquées (Co-autorat)	Type	Sujet prévisionnel	Date prévisionnelle de soumission	Probabilité
BRGM/HSM	Rang A (revue internationale)	Caractérisation de la structure d'un aquifère karstique (distribution spatiale et verticale des vides) sur la base d'un suivi d'exploitation à long terme.	06/06	0.5
BRGM/HSM	Rang A (revue internationale)	Mise en évidence de non linéarités du fonctionnement (recharge, débit de crue) d'un aquifère karstique exploité à gros débit	06/06	0.75
BRGM/HSM	Rang A (Bull SGF ou CRAS)	Eléments nouveaux sur la structure et le fonctionnement de l'aquifère karstique du Lez	12/06	0.75
BRGM/HSM	Rang A (revue internationale)	Modalités de gestion active des aquifères karstiques et méthodologie de réalisation de pompages d'essai en vue de la prévision de l'exploitation	12/06	0.5
G-EAU BRGM/HSM	Rang A (revue internationale)	Typologie des crues d'un bassin versant à forte composante karstique	06/06	0.75
3S G-EAU /BRGM/HSM	Rang A (revue internationale)	Impact de la gestion active d'un aquifère karstique sur les crues au sein de son bassin versant. Proposition stratégie de gestion intégrée ressource en eau/risques	12/06	0.75
BRGM/G-EAU /HSM/3S	Congrès (EGU 2006 par exemple)	Sujets à définir (cf. ci-dessus)	01/06	0.75
<b>Nombre prévisionnel de publications de rang A</b>				<b>4</b>

## 6. Fiche budgétaire

Poste	Budget (€HT)
Frais de déplacement	
- missions hydrauliques et hydrologiques (20 missions de terrain). On prévoit aussi des manips de terrain avec les étudiants	170
- mission hydrochimie (4,5 €/jour + 0,25/km ; 30 jours)	345
Analyses hydrochimiques :	8 330
Instrumentation du Lirou :	
Echelle limnimétrique, centrale d'acquisition, 2 Sondes de pression, T°, $\chi$ .	4 500
Campagne de topographie	3 000
Matériel d'acquisition : échantillonneur automatique pour suivi de crues de la source du Lez : échantillonneur ISCO à 24 bouteilles, avec batterie et petit matériel (vendu par HYDREKA)	4 000
Achat de données complémentaires à MétéoFrance (maximum 2 ans, journalier sur 12 stations)	600
Participation à inscription à colloque 2006 : 4 personnes	1 200
Participation à frais de publication :	1 500
<b>Total général (HT)</b>	<b>23 645€</b>

- **Frais de mission pour suivi hydrologique et jaugeages du Lirou** : 10 missions de terrain (4,5 €/jour + 0,25€/km) : 45€ + 500km\*0,25€ = 170€.

- **Hydrochimie** : Prélèvements bimensuels sur un cycle hydrologique (étiage 2005 à étiage 2006), à la source du Lez (exutoire principal) et au Lirou (trop-plein). Analyse de la chimie au labo HSM. Le COT et le C-13 seront analysés au laboratoire d'hydrogéologie d'Avignon. Les traces et les isotopes du Sr et Rb seront réalisés au BRGM (Orléans).

Analyses	Prix HT €
Majeurs (26,50 €/éch)	(80 éch) 2120
Traces (11,4 €/éch)	(40 éch) 456
COT (24 €/éch)	(26 éch) 624
Carbone-13 (75 €/éch)	(12 éch) 900
Sr et Rb (705 €/éch)	(6 éch) 4230
Total €HT	8330 €
<b>Frais de transport</b>	<b>Prix €pour 30 journées de terrain à 28 km/j</b>
4,5 €/jour + 0,25/km	345 €
<b>TOTAL €HT</b>	<b>4445 €</b>

### - Cofinancements :

- ingénieurs chercheurs des équipes HSM, BRGM, Cemagref, ENGREF ainsi que d'étudiants de l'Agro-Montpellier, et de l'ENGREF,
- Contribution à hauteur de 20 jours ingénieurs du BRGM dans le cadre du module Modélisation du Karst du projet KARSTEAU 05PDREAU01 ;
- Post-Doc HSM, pour 1/3 temps à compter d'Avril 2004 et pour une durée d'un an.

**7. Visa des responsables des unités impliquées**

Pour l'unité EAU/RMD P. Lachassagne	Pour l'UMR HSM E. Servat
Pour l'UMR G-EAU P. Garin	Pour l'UMR 3S S. Labbé