



Document public

Rapport d'activités de l'année 2001

**Projet CORBIERES : Évaluation des ressources en eau souterraine
des systèmes aquifères karstiques des Corbières.**

Dörfliger N., Ladouche B.

**Janvier 2002
BRGM/RP-51447-FR**



Mots clés : Corbières, Hydrogéologie, Karst, ressources en eau, rapport activités.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Dörfliger N., Ladouche B. (2002) : Rapport d'activités 2001 du projet CORBIERES : Evaluation des ressources en eau souterraine des systèmes aquifères karstiques des Corbières orientales. Rap. BRGM RP-51447-FR, 44 p., 1 tableau et 1 annexe.

© BRGM, 2002, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le projet « Évaluation des ressources en eau des systèmes aquifères karstiques des Corbières orientales » a débuté au premier trimestre 2001. Les modules CORB 01 à CORB05 ont été initiés au courant de cette première année d'activités. L'accent a été mis sur la synthèse des connaissances et la détermination des systèmes karstiques à caractériser ; ce travail a fait l'objet d'un rapport (RP-51103-FR) et d'autre part sur la réalisation d'un essai de pompage (par paliers et longue durée) au niveau du forage de Sainte-Colombe à Cases-de-Pène (Rapport RP-51394-FR).

Les systèmes qui ont été retenus suite à ce travail par le comité de pilotage comme devant faire l'objet d'une caractérisation sont :

- le système de Font-Estramar et Fontdame comprenant le système annexe de Fitou et le sous-système de Cases-de-Pène (flanc sud du synclinal du Bas-Agly) ;
- les systèmes de la Mouillère et de la Tirounère au niveau du Synclinal de Saint-Paul-de-Fenouillet ;
- le système de la source du Verdoble au niveau du synclinal de Soulatgé ;
- le système de la source de las Bordes à Fenouillet du synclinal de Boucheville, en deuxième priorité.

Les sites ont été équipés de sondes de hauteur d'eau, de conductivité et de température au courant de l'année 2001 ; la source de la Tirounère n'a pas été instrumentée à la fin de l'année comme les autres sources pour des raisons de manque d'accès sécurisé. L'instrumentation sera faite en ayant recours à un sous-traitant compétent dans ce type d'installation début 2002. De même l'équipement de la source de Las Bordas sera envisagé début 2002 après examen du protocole chimique et de l'état des dépenses engagées en équipement.

De plus, un premier essai de traçage a été effectué au niveau des pertes du Verdoble, afin de confirmer la connexion hydraulique avec le système des sources de Font-Estramar, Fontdame. Quelques vingt kilos ont été injectés à la mi-juillet 2001 ; un mois après l'injection, les premières restitutions de faible intensité apparaissaient au niveau des sources de Font-Estramar, Fontdame et des trois sources de la Forteresse de Salses-le-Château. Les dernières restitutions sont signalées à la source de Fontdame à la fin octobre au moment de petites crues, suite à des événements pluvieux.

Des premiers traitements statistiques ont été effectués sur les données hydrologiques et les relations pluies-débit de Font-Estramar (1970-2000).

Deux réunions de comité de pilotage se sont tenues au courant de cette année, une en juin et une deuxième en octobre 2001.

Un état financier est donné pour l'exercice 2001 dans ce rapport d'activités ; il est ventilé par sous-phases entre activités, dépenses externes et dépenses internes.

Sommaire

1. Introduction	7
1.1. Rappel des objectifs.....	7
1.2. Calendrier 2001	8
2. Activités réalisées en 2001	9
2.1. Gestion du projet et communication.....	9
2.2. Activités techniques et scientifiques au sein des sous-phases CORB01 à CORB04	9
2.2.1. Sous-phase CORB01 État des connaissances	9
2.2.2. Sous-phase CORB02 Essai de pompage à Cases-de-Pène	11
2.2.3. Sous-phase CORB03 Géométrie et Géologie des réservoirs	11
2.2.4. Sous-phase CORB04 Fonctionnement hydraulique des systèmes karstiques	12
2.2.5. Sous-phase CORB05 Caractérisation provisoire des systèmes en terme de transfert.....	15
2.2.6. Sous-phase CORB06 Synthèse provisoire de la caractérisation des systèmes.....	16
3. État financier à fin décembre 2001	17
3.1. Gestion du projet	17
3.2. Point financier de chacune des sous-phases initiées en 2001	17
3.3. Commentaires généraux par rapport au devis initial	19
4. Perspectives	21
5. Remerciements	23
Annexe 1 - Comptes-rendus des réunions du comité de pilotage	25

Liste des illustrations

Tableau 1 - Calendrier réactualisé des sous-phases CORB01 à CORB06 de la première phase du projet CORBIERES.

1. Introduction

1.1. RAPPEL DES OBJECTIFS

Ce projet est motivé par la demande des Conseils Généraux des Pyrénées-Orientales et de l'Aude au vu des problèmes de ressource en eau auxquels est confronté un certain nombre de collectivités ou des attentes exprimées :

(i) Qualité et quantité de la ressource :

- Contaminations salines et risque d'intrusion saline au niveau de la plaine du Roussillon et teneurs élevées en sulfates dans la nappe calcaire du secteur de Ferrals les Corbières et Thézan des Corbières
- Contamination bactériologique épisodique au niveau de l'étang de Salses-Leucate
- Importance de l'alimentation de l'étang par les eaux souterraines karstiques et importance de connaître l'extension du bassin d'alimentation de ces systèmes karstiques contributifs,
- Rôle des pertes de l'Agly et du Verdoble dans l'exploitation du barrage de l'Agly et dans la recharge du système karstique de Font-Estramar et de Fontdame.

(ii) Sécurisation de l'approvisionnement en eau potable pour les besoins futurs,

(iii) Exploitation possible des eaux pour le thermalisme.

L'objectif du projet Corbières : Évaluation des ressources en eau souterraine est

- i) de mener une démarche d'évaluation de la ressource en eaux souterraines des systèmes aquifères karstiques des Corbières afin d'augmenter la connaissance tant sur la structure, sur le fonctionnement des principaux systèmes que sur le potentiel hydrothermal de certains secteurs,
- ii) et de proposer des solutions pour assurer un développement durable, respectueux de l'environnement, pour sécuriser l'approvisionnement actuel et pour les besoins futurs en eau potable.

La zone d'étude centrée sur les Corbières Orientales s'étend globalement de Narbonne à Perpignan du Nord au Sud et de la Méditerranée à l'Aude d'Est en Ouest. Elle comprend notamment le système majeur de Font-Estramar, Fontdame comprenant dans son bassin d'alimentation le flanc Nord et Sud du synclinal du Bas-Agly, alimenté en partie par les pertes des cours d'eau tels qu'Agly et Verdoble, mais aussi les systèmes des synclinaux de Saint-Paul-de-Fenouillet et de Boucheville.

1.2. CALENDRIER 2001

Le projet dont la convention a été signée par les parties concernées, Conseils Généraux des Pyrénées-Orientales et de l'Aude et BRGM, en décembre 2000, a été lancé en 2001 par l'équipe de projet du BRGM. Le projet étant subdivisé en deux phases, une première d'une durée de 36 mois et une deuxième d'une durée de 20 mois, la phase I a été initialisée en mars 2001 (mois N = 1). Le terme de la phase I qui comporte 6 sous-phases désignées CORB01 à CORB06, est prévu donc à N = 36, soit en mars 2004.

Le calendrier initial tel que prévu dans le projet a été légèrement adapté en fonction du déroulement du projet et de quelques aléas de démarrage. Il a été le suivant :

Sous-phase	Intitulé	Début de la sous-phase	Fin de la sous-phase	Délivrables
CORB01	Synthèse des connaissances	Mars 2001	Septembre 2001	Rapport RP-51103-FR
CORB02	Essai de pompage longue durée à Cases-de-Pène	Mai 2001	Décembre 2001 Août 2001 (fin pompage) Octobre (rapport intermédiaire)	Rapport RP-51394-FR Essai de Pompage
CORB03	Géométrie et Géologie des réservoirs	Juillet 2001	Mars 2002	Carte numérisée de la région d'étude en cours à la fin d'année 2001 Terrain effectué et fini à fin décembre 2001
CORB04	Fonctionnement hydraulique des systèmes karstiques	Juin 2001 Décembre 2001 (installation stations)	Mars 2003	Protocole de réseau de suivi pour le plio-quadernaire du système de Font-Estramar, Fontdame (novembre 2001)
CORB05	Caractérisation provisoire des systèmes en terme de transfert	Novembre 2001	Juin 2003	Protocole de chimie (décembre 2001)
CORB06	Synthèse provisoire de la caractérisation des systèmes	Juillet 2003	Mars 2004	/

Tableau 1 – Calendrier réactualisé des sous-phases CORB01 à CORB06 de la première phase du projet CORBIERES.

2. Activités réalisées en 2001

2.1. GESTION DU PROJET ET COMMUNICATION

La gestion du projet a été assurée par N. Dörfliger en qualité de chef de projet en *partenariat étroit pour tous les aspects scientifico-techniques de B. Ladouche*. Cette tâche a consisté :

- i) au maintien d'un contact régulier avec les maîtres d'ouvrage,
- ii) à la rédaction d'un bulletin mensuel depuis juillet 2001 sur l'avancement du projet et les perspectives pour le mois suivant,
- iii) au suivi régulier de l'avancement du projet afin de respecter au mieux les échéances, avec l'équipe de projet,
- iv) et à la préparation et participation aux réunions de comité de pilotage.

Ainsi, au total six bulletins mensuels d'information ont été rédigés, le bulletin de décembre 2001 ayant été transmis mi-janvier 2002.

Deux réunions de comité de pilotage se sont tenues, une première en juin (22 juin 2001 à Narbonne) et une deuxième en octobre 2001 (17 octobre 2001 à Narbonne). Les ordres du jour ont été préparés en étroite collaboration avec les maîtres d'ouvrage du projet. Les réunions ont été animées par B. Ladouche, respectivement par N. Dörfliger. A la suite de la première réunion du comité de pilotage, une réunion de cadrage a été organisée à la demande des maîtres d'ouvrage (9 juillet à Perpignan). Cette réunion a permis de préciser certains points en matière de gestion du projet et d'avancement de ce dernier. Au total se sont trois comptes-rendus de décisions qui ont été rédigés par N. Dörfliger et transmis aux membres du comité de pilotage (annexe 1).

2.2. ACTIVITES TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES AU SEIN DES SOUS-PHASES CORB01 A CORB04

2.2.1. Sous-phase CORB01 État des connaissances

La première phase du projet d'évaluation de la ressource en eau des systèmes karstiques des Corbières a consisté à établir un état des connaissances à partir de l'existant. L'objectif était de proposer une liste des systèmes karstiques revêtant un intérêt tant du point de vue de leurs potentialités en terme de ressource en eau que du point de vue des possibilités d'instrumentation. Ce travail a fait l'objet d'un rapport RP-51103-FR intitulé : *Évaluation des ressources en eau souterraine des systèmes karstiques des Corbières ; Sous-phase CORB01 « État des connaissances hydrogéologiques des Corbières »*.

Ces données sont soit de type hydrométrique (pluviométrie, stations de mesures des cours d'eau de la zone d'étude et suivi des eaux souterraines (piézomètres, sources)), soit

des ouvrages ou rapports concernant des études antérieures et des travaux de recherche (Thèses de 3^{ème} cycle ou doctorat).

La zone d'étude qui s'étend du Nord au Sud, globalement de Narbonne à Perpignan, et d'Est en Ouest, de la mer Méditerranée au cours de l'Aude, a été subdivisée en 6 secteurs :

- le secteur des Corbières d'Opoul et du synclinal du Bas-Agly,
- le secteur du synclinal de Saint-Paul-de-Fenouillet,
- le secteur du synclinal de Boucheville,
- le synclinal de Soulatgé. Ce dernier se situant en zone limitrophe du secteur de l'étude,
- le secteur de Lapalme,
- le secteur de Fitou.

Une quinzaine d'ouvrages principaux a été consultée et analysée selon une grille de lecture, secteur par secteur ; des avis et commentaires généraux et spécifiques liés à la ressource en eau souterraine et au caractère thermominéral des sources ont été formulés. De plus un avis sur la faisabilité technique d'équipement des points d'eau à suivre éventuellement a été donné.

Au terme de cet état des connaissances, une typologie des systèmes karstiques présents au niveau de la zone d'étude a été proposée ainsi qu'un tableau de synthèse. Ce dernier a proposé une liste de priorité des systèmes karstiques à étudier. Cette liste de priorité prend uniquement en considération des caractéristiques hydrogéologiques et techniques ; elle est indépendante de toute considération socio-économique de l'expression des besoins en eau des départements concernés.

Trois secteurs principaux de la zone d'étude présentant des potentialités en ressource en eau souterraine importante et intéressante en vue d'une caractérisation future, ont été retenues et validées suite à la réunion du comité de pilotage du 17 octobre 2001 :

- le bassin d'alimentation de Font-Estramar/Fontdame y compris le synclinal du Bas-Agly (secteur de Cases-de-Pène) avec le système annexe de Fitou,
- le synclinal de Saint-Paul-de-Fenouillet dans son ensemble avec les systèmes de la Mouillères et de la Tirounère,
- le synclinal de Soulatgé avec la source du Verdoble pour son intérêt en terme de caractérisation hydrothermale.

A noter que le synclinal de Boucheville avec le système de la source de las Bordes revêt également un intérêt, il pourra faire l'objet d'un suivi et d'une caractérisation sous réserve des moyens financiers engagés dans les sous-phases CORB04 et CORB05 prévus à cet effet.

2.2.2. Sous-phase CORB02 Essai de pompage à Cases-de-Pène

Des essais de puits et de nappe ont été réalisés sur le forage de Sainte-Colombe à Cases-de-Pène (N° BSS : 1090-3X-26). Ces essais ont eu lieu entre mai et septembre 2001, en période plutôt de hautes eaux. Les pompages ont été réalisés à débits variables pour les essais par paliers, et à 300 m³/h pendant 1948 heures (81 jours) pour l'essai de longue durée.

Ce pompage d'essai, est un des éléments d'une étude dont le périmètre s'étend à l'ensemble du karst des Corbières. Il a un double objectif, à savoir :

- améliorer la connaissance de cet aquifère d'intérêt patrimonial et de ses sous-systèmes et définir les conditions de son exploitation future,
- et, déterminer dans le cas particulier du forage existant de Cases-de-Pène le débit d'exploitation.

Le BRGM, en concertation avec le comité de pilotage de cette opération, a conçu le programme de ce pompage et en a assuré la mise en œuvre, le suivi et l'interprétation des résultats.

Un rapport présentant les conditions de pompage et l'interprétation des principaux résultats est en cours de finalisation à la fin décembre 2001 ; le rapport sera remis aux maîtres d'ouvrage à la fin janvier 2002, une fois tous les résultats des analyses chimiques intégrés. Ce rapport est intitulé « Essais par paliers et essai longue durée à Cases-de-Pène », RP-51394-FR.

A noter que dans le cadre de cette sous-phase, une collaboration a été initialisée avec le laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université d'Avignon Pays de Vaucluse ; il s'agit de l'étude des variations chimiques au cours d'un essai de pompage de longue durée, et plus particulièrement du Carbone 13. La formalisation de cette collaboration a fait l'objet d'une convention entre BRGM et Le laboratoire d'Hydrogéologie au cours du deuxième semestre 2001. La convention devra être signée par les deux parties en janvier 2002.

2.2.3. Sous-phase CORB03 Géométrie et Géologie des réservoirs

Cette sous-phase comprend 5 tâches principales qui ont toutes été initiées voire même achevées au cours de l'année 2001. La première tâche concernant l'étude géologique des Corbières à partir de la synthèse de travaux existants a été initiée dès juillet 2001 ; une recherche bibliographique a été effectuée et des contacts ont été pris avec l'université de Perpignan. La tâche 4 concernant la création d'une carte géologique numérique de toute la zone d'étude a été initiée dès août 2001 ; le travail a consisté à assembler les onze différentes cartes géologiques au 1/50 000 concernées, à déterminer les formations litho-stratigraphiques à représenter, à définir ainsi les cartouches et à préparer le calque pour la numérisation. Ce travail de longue haleine et minutieux a pris fin courant novembre. Le calque prêt pour la digitalisation pour un rendu au 1/100 000 a été transmis au service adéquat du BRGM à Orléans en novembre 2001 ; la numérisation ne sera effectuée qu'à partir de début janvier 2002 pour cause de surcharge d'activités du service. Concernant les tâches 2 et 3, traitement des données récentes de prospection

spéléologique notamment à Font-Estramar, respectivement de la caractérisation de la karstification et de son phasage, des contacts ont été pris d'une part avec G. Clauzon (Univ. Aix Marseille) spécialiste de la crise messinienne et donc de la sédimentation lors des variations eustatiques, avec H. Camus, finalisant sa thèse sur la karstification de certains massifs carbonatés méditerranéens et avec Cyril Brandt de l'Association de recherches de Font-Estramar. Une réunion s'est déroulée en octobre 2001 afin de déterminer une méthodologie de caractérisation de la karstification, qui permette de répondre aux objectifs et de donner des indices géologiques relatifs aux variations des niveaux de base, à la karstification et à la mise en contact entre formations géologiques afin d'optimiser le captage de la ressource. Dans le cadre de ces tâches, des campagnes de terrain se sont déroulées entre octobre et mi-décembre 2001. Dès mi-décembre 2001, la rédaction d'une note de synthèse géologique a débuté (Tâche 5), ainsi que la préparation de documents de synthèse (carte des paléosurfaces, carte des terrasses de l'Agly). Les livrables prévus sont d'une part la carte numérisée après validation finale et un rapport géologique illustrée de cartes, schéma structural, coupes et expliquant le phasage de la karstification et ses conséquences potentielles sur la ressource et son captage.

2.2.4. Sous-phase CORB04 Fonctionnement hydraulique des systèmes karstiques

Cette tâche relative au fonctionnement hydraulique des systèmes karstiques passe par la mise en place d'un réseau d'observation au niveau des sources, de piézomètres et au niveau de la pluie. Dès le début du projet, les sources de Font-Estramar et de Fontdame ont fait l'objet d'un équipement, équipement qui a été doublé au niveau de la pisciculture d'Extramar sur la Rigole en décembre 2001, afin de mieux appréhender les problèmes de bases eaux (influence végétation).

Les sources de la Mouillère, du Verdoble et de la Tirounère ont fait l'objet des demandes d'autorisation pour installation de stations de mesure (conductivité, température et hauteur d'eau) ; deux des trois stations ont été installées dans la semaine du 17 au 21/12/2001. La station de la Tirounère n'a pas été installée pour des questions d'accès sécurisé ; une demande de prestation à un ingénieur hydrogéologue du bureau d'ingénierie ANTEA du groupe BRGM sera faite en accord avec les maîtres d'ouvrage en janvier 2002 afin de procéder à l'installation de cette station, profitant du fait que cet ingénieur est spéléologue-plongeur et qu'il est déclaré en Préfecture appartenant au réseau Spéléo-Secours. A ce stade le réseau d'observations comprendra 5 stations limnigraphiques telles que prévues dans le cahier des charges du projet. La question de l'équipement de la source Las Bordes sera étudiée en début d'année 2002 en fonction du protocole chimique retenu et du bilan financier de l'équipement du réseau d'observation, y compris de la réalisation d'ouvrages.

Le forage de Sainte-Colombe à Cases-de-Pène a été équipé d'une sonde de pression pour le suivi de l'essai de pompage en mai ; ce forage fait l'objet d'un suivi continu après sollicitation du système. L'aven de Baixas dans le cadre de l'essai de pompage a fait l'objet d'équipement d'une sonde, également. Pour des raisons de sécurité et d'accès, la sonde a été hors de l'eau lors de l'étiage naturel de l'aquifère. Un sondage s'avère ainsi nécessaire.

Une note concernant la mise sur pieds d'un réseau de suivi piézométrique au niveau des calcaires à proximité du contact avec les formations plio-quadernaires a été établie et soumise en novembre au comité technique suite à la réunion du comité de pilotage d'octobre 2001 ; cette note a été intégrée au rapport de synthèse des connaissances. A partir de cet inventaire, 10 points pourraient faire l'objet d'un suivi piézométrique, dont 5 en continu. Un nouveau forage dans la Combe Léon est prévu. Des demandes de devis pour réaliser deux forages un de 50 m au niveau de l'aven de Baixas et l'autre de 35 m au niveau de la Combe Léon ont été faites auprès de trois entreprises de forages, en décembre 2001. Des relances seront faites lors de la deuxième semaine de janvier 2002.

Les données des suivis mensuels des sondages 101 à 107 suivis par la DDAF66 ont été recueillies ; des données limnigraphiques devraient exister pour certains d'entre eux entre 1970 et 1990. Elles devront si elles existent être récupérées au cours du mois de janvier 2002. Les données brutes enregistrées en continu du 102 et 104 ont été récupérées pour la période 1990–2001. Les données avant 1999 doivent faire l'objet d'une correction à l'aide des données manuelles de contrôle. Les sondages 102 et 104 seront intégrés au réseau de suivi ; le 104 fera l'objet d'un équipement, le 102 étant déjà équipé par le BRGM depuis le printemps 2001.

Des premiers traitements statistiques ont été effectués sur les données de la source de Font-Estramar sans avoir effectués de corrections spécifiques sur certaines situations d'étiage perturbées voir de hautes eaux. Ces traitements sont de type : analyse des débits classés et des courbes de récession, analyse corrélatoire spectrale simple et croisé. Les résultats intermédiaires obtenus sont les suivants :

– **Analyse des courbes de récession :**

L'ajustement des courbes de récessions suivant la méthode de Mangin (1970) a été réalisée sur 21 périodes décroissantes jugées significatives au cours de la période 1971-2000. Les coefficients de tarissement sont faibles, ce qui indique que le système de Font-Estramar possède une zone noyée importante. Les temps d'infiltration relativement courts (35 jours) et les vitesses moyennes d'infiltration relativement élevées indiquent que le système présente une karstification importante. Les coefficients d'hétérogénéité d'écoulement sont globalement élevés et extrêmement variables d'un cycle à l'autre. Les valeurs du volume dynamique sont importantes (37 millions de m³ en moyenne) et également extrêmement variables d'un cycle à l'autre. Tout ceci traduit la sensibilité de la zone noyée du système aux variations saisonnières et inter-annuelles de l'alimentation (pluie, débit des pertes).

– **Analyse des débits classés :**

La chronique des débits journaliers analysée s'étend sur la période 1971-2000, soit compte tenu des lacunes sur un total de 9712 mesures. Pour la période considérée, les débits journaliers minimums et maximums mesurés sont respectivement de 640 l/s et 34500 l/s. Le débit moyen est de 1977 l/s.

L'interprétation du graphe du logarithme des débits en fonction du pourcentage de probabilité cumulé a permis de formuler les hypothèses suivantes :

- a) le système est soutenu en étiage par des alimentations de type pertes karstiques (pertes du Verdoble et/ou de l'Agly) en moyenne et basses eaux ;

- b) pour les débits supérieurs à 12 000 l/s, soit (i) une part des débits de crue échappe à la station de jaugeage (mise en fonction de trop pleins correspondant à des cavités à proximité de l'exutoire de la source), (ii) il y a un problème d'établissement de la courbe de tarage pour les débits très élevés, (iii) l'impluvium fluctue en fonction de l'état hydrogéologique du système karstique, une partie des écoulements pouvant s'écouler vers un autre exutoire lors des très hautes eaux.

Ces hypothèses devront être vérifiées lors de la poursuite de l'analyse de ces données et lors de jaugeages en périodes de crues notamment.

– **Analyse corrélatoire spectrale :**

L'étude a porté sur 22 cycles hydrologiques complets individualisés sur la chronique des débits disponibles à Font-Estramar (1970-2000, données DAFF 66). Un cycle hydrologique est défini du 01 septembre au 31 août de l'année suivante. La chronique de précipitation utilisée dans l'analyse est celle de Périllos (données DAFF 66).

Des analyses ont été effectuées d'une part à l'échelle des cycles hydrologiques et d'autre part pour l'ensemble de la période. Les analyses corrélatoires et spectrales réalisées sur les 22 cycles hydrologiques de la période 1970-2000 indiquent que le comportement du système de Font-Estramar est extrêmement variable d'un cycle hydrologique à l'autre.

Les résultats des analyses permettent de classer la source de Font-Estramar dans la catégorie des systèmes globalement inertiels. La réponse du système aux précipitations se produit en moins d'un jour, ce qui indique que le système est bien karstifié.

L'analyse permet également de montrer que la reconstitution des réserves du système par les précipitations est extrêmement variable d'un cycle à l'autre : les cycles globalement excédentaires en pluie peuvent se traduire par une recharge importante tandis que les cycles déficitaires se marquent toujours par un déstockage des réserves pour soutenir les débits d'étiages. Le comportement du système vis-à-vis de la recharge dépend fortement de l'état de saturation du système (notamment de la zone épikarstique) et de la répartition temporelle des précipitations au cours des cycles.

Les analyses à long terme (1970–2000) permettent de montrer que la variabilité spatio-temporelle des précipitations à l'échelle de la zone d'étude (Périllos, Tautavel et Vingrau) n'est pas assez importante pour que les différences observées entre chaque poste pluviométrique se marquent dans les analyses corrélatoires. Les analyses réalisées sur l'ensemble des données pluies/Débits disponibles montrent que le système est globalement inertiel (effet mémoire de 18 jours) et que la réponse impulsionnelle est bien marquée pour les faibles décalages, ce qui indique que le système de Font-Estramar est bien drainé et donc évolué vis à vis de la karstification. De plus, de manière globale, les pluies rechargeant l'aquifère au cours d'un cycle hydrologique ont tendance à être évacuées du système au cours de ce même cycle et ne participent donc pas (ou très peu) à la reconstitution globale des réserves.

2.2.5. Sous-phase CORB05 Caractérisation provisoire des systèmes en terme de transfert

➤ Traçage des pertes du Verdoble

Dans le cadre de cette sous-phase, le traçage des pertes du Verdoble a été effectué en juillet 2001. L'objectif de cet essai de traçage était de vérifier la connexion hydraulique entre les pertes du Verdoble et les exutoires du système karstique Font-Estramar - Fontdame - Cases-de-Pène ; en d'autre terme, il s'agissait d'infirmier ou de confirmer l'appartenance de ce point au bassin d'alimentation du système concerné. 20 kilos d'uranine ont été injectés le 23/07/2001 au niveau des pertes du Verdoble. L'échantillonnage a été effectué entre juillet et fin novembre 2001 au niveau de 15 points, comprenant les sources de Font-Estramar et de Fontdame, le forage de Cases-de-Pène pendant le pompage, ainsi que des forages individuels au niveau de la plaine et du contact calcaires et plio-quatenaire. La restitution du traceur a été constaté au niveau des sources dès le 26/08/2001 et de trois points du Fort de Salses entre le 5 et le 19/09/2001 ; seuls 6 points ont été révélés positifs dont un reste critique (AEP de Rivesaltes dans les formations du Plio-Quaternaire). A noter que le niveau de restitution est faible, le maximum de concentration est inférieur à 5 ppb. On n'observe pas de pics de restitution bien marquée ; le traceur est ressorti en plusieurs bouffés spécifiquement au niveau de la source de Fontdame ; on retrouve du traceur à la fin du mois d'octobre, traceur restitué à la faveur d'une crue.

Cet essai confirme bien l'appartenance des pertes du Verdoble au bassin d'alimentation de ce système ; de plus une restitution très diffuse semble indiquer que la zone noyée est importante. Ce type de renseignement semble corroborer les premiers résultats des interprétations des données hydrologiques de la source de Font-Estramar.

Cet essai de traçage fera l'objet d'une note technique de présentation du déroulement de l'essai et d'interprétation qualitative des résultats, qui sera remise au comité de pilotage au cours du premier trimestre 2002.

➤ Protocole d'analyses chimiques

Un protocole d'analyses chimiques a été établi et remis au comité de pilotage à la fin novembre 2001 ; une version prenant en compte les remarques du comité technique sera remise avant le 15/01/2002. Cette note a pour objectif de fournir des éléments d'informations au comité sur l'intérêt et l'apport de l'approche géochimique pour la compréhension du fonctionnement hydrogéologique des systèmes karstiques.

Une large gamme de traceurs naturels est utilisée en hydrogéologie karstique. C'est l'évolution temporelle de la teneur en ces éléments qui constitue une source de renseignement sur les aquifères. Un parallèle peut alors être établi entre les informations apportées par les variations hydrodynamiques et celles du chimisme aux exutoires des systèmes karstiques. En effet, ces deux types de variations informent simultanément sur la structure et le fonctionnement des systèmes étudiés.

Les variations hydrodynamiques aux exutoires apportent d'une part des informations fonctionnelles qui sont à relier à une notion de temps (vitesse de propagation des ondes de pression, inertie du système, retard à l'infiltration, déphasage de réponse impulsionnelle,...). Elles sont déterminées de manière indirecte à partir de l'analyse des débits aux exutoires. Les traceurs chimiques permettent d'identifier et caractériser les diverses composantes des systèmes karstiques (épikarst, zone d'infiltration, zone noyée,...) et informent donc sur la structure des aquifères. La succession temporelle d'informations à l'exutoire d'un système permet d'évaluer en partie, la disposition spatiale en amont de ce point et renseigne sur le rôle joué par chacune des composantes. Les traceurs qui caractérisent les écoulements (vitesse, condition d'écoulement, mélanges d'eau d'origine différente, inertie par rapport à un signal d'entrée,...) informent par contre sur le fonctionnement, notamment en terme de transfert. L'utilisation des traceurs géochimiques renseigne en outre sur le rôle des formations géologiques du système et permet également d'identifier et d'évaluer l'impact des pollutions anthropiques.

Le décryptage des informations est généralement réalisé sur la base des éléments majeurs et de quelques éléments traces ainsi que par l'utilisation des mesures isotopiques couramment utilisées en sciences de la terre.

Les protocoles d'échantillonnages des sources à étudier, retenues par le comité de pilotage du projet Corbières : Source de Font-Estramar, Source de Fontdame, Source de la Tirounère, Source de la Moulières, Source du Verdoble, Sources de La Bordes (option), les points d'eau au contact Système karstique de Font-Estramar - Fontdame et la formation aquifère du plio-quatenaire. Les pluies font également l'objet d'un protocole spécifique, ainsi que les eaux de surface de l'Algy et du Verdoble qui participent à l'alimentation du système karstique de Font-Estramar et de Fontdame.

2.2.6. Sous-phase CORB06 Synthèse provisoire de la caractérisation des systèmes

Cette tâche ne sera effective qu'à partir de mi 2003. Aucune activité relative à cette sous-phase n'a donc été réalisée au courant de l'année 2001.

3. État financier à fin décembre 2001

3.1. GESTION DU PROJET

Les dépenses 2001 concernent essentiellement des unités d'œuvre de N. Dörfliger en tant que chef de projet et de B. Ladouche ; ces dernières sont à hauteur de 22 jours, soit un équivalent de 100 000 F HT. Le temps passé par JP. Marchal, P. Lachassagne et JL. Foucher lors des réunions de comité de pilotage, suivi du projet, relecture assurance qualité des rapports, notamment représente un montant de 55 500 F HT.

Il y a quelques frais de mission associés à ce poste, soit 5 000 F HT.

3.2. POINT FINANCIER DE CHACUNE DES SOUS-PHASES INITIÉES EN 2001

Corb01		État des connaissances	
Activités			
Catégorie	Unités d'oeuvre	Coûts en F (HT)	
Technicien (cat2)	5	15 750	
Ingénieur (cat3)	39	174 000	
Charges externes			
Frais de mission		5 000	
Divers personnels		9 413	
Recherche documentation		3 281	
Frais de reproduction		7 100	
Total des dépenses (Devis de l'annexe technique du projet = 170 000)		211 044	
Corb02		Essai de pompage	
Activités			
Catégorie	Unités d'oeuvre	Coûts en F (HT)	
Technicien (cat 2)	45	141 750	
Ingénieur (cat 3)	22	88 000	
Ingénieur (cat 4)	25	125 000	
Charges externes			
Frais de mission		25 000	
Electricité pompage		20 000	
Équipement de pompage (pompe, colonne d'exhaure, armoire électrique)		222 475	
Travaux Aven de Baixas (Tech ForMin)		11 000	

Équipement de mesure		15 500
Préparation, organisation et suivi pompage		40 600
Interprétation du pompage		14 000
Appui à rédaction / expertise		6 000
Analyses bactériologiques (Buisson Bertrand)		507,18
Entretien matériel		3096
Divers consommables		8572
Dépenses internes :		
Analyses chimiques + isotopiques		59 270
Total (Devis de l'annexe technique du projet = 400 000.-)		780 770 .18

Corb03		Géologie et Géométrie des réservoirs	
Activités			
Catégorie	Unités d'oeuvre	Coûts en F (HT)	
Ingénieur (cat 4)	16	80 000	
Charges externes			
Frais de mission		25 000	
Divers personnels		14 789	
Dépenses internes :			
Total (Devis de l'annexe technique du projet = 430 000.-)		36 789	
Charges à venir : unités d'oeuvre, divers personnels, frais de mission, numérisation carte, analyses Rayons X et datation de matériel (env. 200 KF)			
Corb04		Fonctionnement hydraulique	
Activités			
Catégorie	Unités d'oeuvre	Coûts en F (HT)	
Technicien (cat 2)	36	113 400	
Ingénieur (cat 3)	30	120 000	
Charges externes			
Matériel – équipement (frais engagés, amortis sur 5 ans)		185 493.12	
Petit matériel		35 000	
Amortissements (pm)		(10 423)	
Frais de mission		6 000	
Divers personnels		4 500	
Dépenses internes :			
Total (Devis de l'annexe technique du projet = 670 000.-)		453 993	
Charges à venir : sondages, (60 KF) équipement d'une source supplémentaire, pluviométriques, pluviographe, (86 KF) ligne téléphonique, jaugeages, suivi, interprétation des données, U. Oeuvre)			

Corb05		Caractérisation en terme de transfert	
Activités			
Catégorie	Unités d'oeuvre	Coûts en F (HT)	
Technicien (cat 2)	22	69 300	
Ingénieur (cat 3)	28	112 000	
Charges externes			
Frais de mission		10 841	
Achat traceur		5 538	
Petit matériel		6 000	
Analyse traceur		30 000	
Location Échantillonneurs		8 289	
Divers personnels		4 500	
Dépenses internes :			
Total (Devis de l'annexe technique du projet = 2 159 000.-)		246 468	
Charges à venir : unités d'oeuvre, frais de mission, coût analyses traceurs, traceurs, analyses isotopiques, analyses chimiques (959 632.- FFHT), interprétation et rapport			

3.3. COMMENTAIRES GENERAUX PAR RAPPORT AU DEVIS INITIAL

La ventilation selon les différentes sous-phases a été faite à partir des éléments globaux de gestion financière du projet répartis selon les trois postes suivants : Dépenses externes, Charges internes et Activités. La répartition a été faite au plus proche de la réalité.

Force est de constater certains écarts entre le devis et le réalisé pour certaines des sous-phases. Ces écarts importants sont principalement importants pour la sous-phase CORB02 « Essai de pompage de Cases-de-Pène » ; ils sont dus d'une part, à une sous-estimation des postes location de matériel, installation du chantier et électricité et d'autre part, à un suivi particulièrement minutieux au début du pompage et après l'arrêt lors du suivi de la remontée. De plus, à noter que le devis avait été bâti avec l'option d'une durée moyenne de deux mois pour le pompage (1 mois minimum et 3 mois maximum) ; une partie de la différence de coût s'explique ainsi par la durée effective du pompage.

Concernant les autres sous-phases, certaines ont été légèrement surestimées ; cela permettra ainsi de rester dans l'épure du projet moyennant une certaine vigilance dans la gestion du projet (respect du cahier des charges en terme d'équipement de sites). Le protocole chimique a été revu ; il est en baisse de 300 KF par rapport au devis.

4. Perspectives

La deuxième année du projet sera centrée essentiellement sur la finalisation de la sous-phase (CORB03) concernant la géométrie et géologie des réservoirs, la gestion du réseau de suivi avec jaugeages et la poursuite du traitement des données hydrologiques (CORB04) ainsi que la caractérisation des systèmes en terme de transfert (CORB05) comprenant les campagnes de prélèvement pour la caractérisation hydrochimique et isotopique des points d'eau retenus et la mise sur pieds d'un ou plusieurs essais de traçage. Les analyses seront effectuées au fur et à mesure ; les données seront archivées et traitées en cours de projet afin de pouvoir adapter le protocole si nécessaire et coller au plus près de la réalité hydrologique et météorologique du secteur d'étude.

5. Remerciements

Au terme de cette première année de réalisation du projet Corbières « Évaluation des ressources en eau souterraine des systèmes aquifères karstiques des Corbières orientales », toute l'équipe de projet souhaite remercier les partenaires pour leur participation et réactivité active tout au long de l'année.

Annexe 1

Comptes-rendus des réunions du comité de pilotage

• COMPTE-RENDU DE DECISIONS	
Comité de pilotage : Projet Corbières	Numéro : 052CR_bi_nd
Objet : Compte-rendu du comité de pilotage du projet CORBIERES	
Date de la réunion : 22/06/2001	Lieu : Narbonne
<p>Participants : M. DUCASSY, Conseil Général des Pyrénées-Orientales, Mme ASSENS, Conseil Général des Pyrénées-Orientales, M. PRUN, Conseil Général de l'Aude, M. YVROUX, Conseil Général de l'Aude, M. BENECH, DDAF des Pyrénées-Orientales, M. BOUCHINDHOMME, Mise des Pyrénées-Orientales, M. AYMAR, DDAF de l'Aude, M. MARRET, DDAF de l'Aude, M. CHEMIN, DIREN Languedoc Roussillon, Mme LACOMBE, Agence de l'Eau RMC, Montpellier, M. CADILHAC, Agence de l'Eau RMC, Lyon, M. MARCHAL, BRGM SGR/LRO, M. ZWAHLEN, Professeur Université Neuchâtel, Mme DOERFLIGER, BRGM Service Eau/RMD, Montpellier, M. LADOUCHE, BRGM Service Eau/RMD, Montpellier, M. SCHOEN, BRGM SGR Midi Pyrénées, Toulouse, M. PETIT, BRGM Service Eau/RMD, Montpellier, M. GIROUX, stagiaire Service Eau/RMD, Montpellier.</p>	
Absents /excusés: J-L. Foucher, M. Bakalowicz	
Diffusion interne BRGM : EAU: DPe, PL, SGR_LRO : JLF, DR: CW, ChF, PL Diffusion externe : aux participants à la réunion via le BRGM	

Après accueil des participants et tour de table permettant les présentations, M. Ladouche présente l'ordre du jour de la séance.

Il demande à Mme Doerfliger de replacer le projet Corbières dans le cadre du projet de recherche du BRGM sur les aquifères karstiques, intitulé « structure et fonctionnement des systèmes karstiques ». Les maîtres d'ouvrage et les membres du comité de pilotage apprennent que le projet est intégré dans un programme général de recherche du BRGM.

Remarque de Paul Chemin : souhaite que l'on replace l'étude Corbières dans son contexte et que l'on rappelle les objectifs de cette étude.

M. Ladouche rappelle les objectifs : évaluation de la ressource du karst des Corbières en vue d'une exploitation.

PHASE Corb01 (synthèse bibliographique et base de données-SIG)

M. Schoen fait ensuite le point sur la sous phase CORB01.

- Présentation du nombre d'ouvrages recensés, en rappelant l'origine des documents consultés (Source BRGM, DDAF11, DDAF 66, CG11 et CG66, requête sous PASCAL pour les références académiques. M. Schoen pose la

question du format à utiliser (End Note, Excel, ou Word) et indique que la base de biblio sous End Note n'est pas d'un usage facile et répandu, et qu'il serait préférable d'utiliser une base de donnée sous Excel. Pas de réaction du comité.

M. Ladouche fait le point sur les données chronologiques que le BRGM à actuellement à sa disposition :

- Données pluviométriques (origine Météofrance, DDAF 66 et DDE)
- Données Hydrologiques (Origine DDAF, DDE).

M. Bénech souligne que la base de données n'est pas complète, notamment pour Font-Estramar, et que l'on peut récupérer les données en accédant à la Banque Hydro.

M. Schoen reprend sa présentation :

- Présentation d'une carte distinguant les grands sous-systèmes karstiques des Corbières extraite de la base de données réalisée pour l'Agence de l'Eau et d'une carte avec l'ensemble des sources des départements de l'Aude et des Pyrénées-Orientales (extrait de la BSS).
- Présentation du fond topographique de la base de données (Aude et Pyrénées-Orientales).
- Présentation d'une carte A3 avec les principales sources karstiques des Corbières et deux logs géologiques extraits de thèse de Biscaldi 1970 et de Bouchaala 1991 (du Massif du Mouthoumet)

MM. Yvroux et Prun soulignent que la zone d'étude présentée ne correspond pas à celle fixée par le cahier des charges.

MM. Schoen et Ladouche précisent la démarche qui a été adoptée pour la constitution de la Base de données du SIG. Démarche globale, exhaustive qui intègre les informations de la synthèse karst RMC de l'agence de l'eau, les données de la BSS, et les informations tirées de la Bibliographie.

M. Chemin souligne qu'il faudra procéder à la validation du SIG élaboré par le BRGM.

Le comité de pilotage estime que le travail de synthèse bibliographique n'a pas été correctement réalisé, il désire qu'un véritable document de synthèse soit rédigé et que les axes d'orientation de l'étude soient définis dans ce rapport (avec une sélection des systèmes prioritaires). La synthèse/Analyse portera sur la zone karstique des Corbières Orientales du jurassique/crétacé (le massif de Mouthoumet, d'âge *Devonien* ayant été exclu). Les limites de la zone concernée ont été définies dans l'annexe technique en page 4.

M. Zwahlen mentionne qu'il existe un malentendu entre les financeurs de l'étude et le BRGM. Il propose que les limites soient redéfinies au BRGM.

Elles sont reprécisées comme suit :

- Au Nord, le Système de Fitou et de la Palme.
- A l'Est, le contact Calcaire/Pliocène
- Au Sud-Est, l'Agly et au Sud-Ouest notamment le système de Sournia (Synclinal de Boucheville) (ce dernier sera peut-être exclu par la suite)

- A l'Ouest, notamment le système de la Tirounère (Synclinal de Saint-Paul du Fenouillet)

M. Yvroux informe le comité que les spéléologues suisses ont prévu de plonger à Font-Estramar au mois de juillet. Des contacts seront pris par le BRGM afin de récupérer toutes les infos utiles au projet. Une rencontre sur le terrain dès le 15/07/2001 avec les spéléos et Michel Yvroux est à prévoir.

PHASE Corb02 (pompage Cases-de-Pène)

M. Ladouche passe la parole à M Petit pour qu'il fasse le point sur la sous phase Corb02 (Pompage à Cases-de-Pène).

M. Petit rappelle rapidement les résultats de l'essai de pompage de 1993, puis décrit le dispositif et les protocoles ainsi que les points suivis.

M. Petit présente ensuite une interprétation des premiers résultats obtenus à la date du 20/06/01 soit 14 jours depuis le début du pompage longue durée, à un débit de 300 m³/h.

M. Chemin demande quel est le dispositif mis en place pour le suivi piézométrique

L'aven de Baixas n'est pas encore équipé, il sera suivi à partir du 03 juillet 2001 (soit 1 mois après le début de l'essai de pompage).

M. Petit présente le schéma conceptuel qui permet d'expliquer les évolutions enregistrées. Il propose un protocole expérimental pour évaluer le débit des apports extérieurs. Le protocole proposé est le suivant : il s'agit d'arrêter le pompage longue durée à la date du 16/07/01 (soit 1 mois et 7 jours après le début), de suivre la remontée jusqu'à retrouver un état stabilisé, et de réaliser un nouvel essai à un débit de 150 m³/h sur une période de 10 jours environ. L'arrêt total de l'essai est programmé pour le 07 août 2001. Ce nouveau pompage permettrait d'évaluer avec une meilleure précision le débit des apports extérieurs.

Les membres du comité de pilotage précisent que l'essai est prévu pour une durée de deux mois voire de trois si nécessaire et que les résultats sont importants pour la connaissance globale du système de Cases-de-Pène.

M. Ducassy souligne qu'à la fin de l'essai, le débit d'exploitation du forage doit être connu.

Une discussion suit entre les membres du comité de pilotage afin de redéfinir la stratégie à adopter (cf. décisions)

Les maîtres d'ouvrage et les membres de comité de pilotage apprennent que l'essai de pompage est intégré dans un programme général de recherche du BRGM et de l'Université d'Avignon : analyse géochimique et isotopique avancée afin d'apporter des éléments complémentaires en terme de fonctionnement et de structure du système karstique.

PHASE Corb05 (traçage)

M. Ladouche discute ensuite sur la nécessité d'un essai de traçage (avec injection dans l'Agly) pendant l'essai de pompage de longue durée, en présentant les problèmes qui se posent avec l'absence de perte totale dans l'Agly en cette période. (impact visuel dans l'Agly ...). Compte tenu des problèmes, M Ladouche suggère de faire l'injection en automne, avant les premières pluies, lorsque l'Agly peut se perdre totalement.

M. Benech informe le comité que cet automne, les débits de l'Agly seront soutenus car le niveau d'eau dans le barrage de Caramany sera abaissé pour la visite décennale d'inspection de l'ouvrage à la mi-septembre. Dans ce contexte, un essai de traçage avec injection dans l'Agly en automne est compromis.

Une discussion suit, entre les membres du comité de pilotage, sur la nécessité de faire un essai de traçage pendant le pompage de longue durée.

M. Bouchindhomme attire l'attention sur les risques de problèmes avec les piscicultures. M Ladouche rappelle les concentrations létales avec les traceurs envisagés (Fluorescéine (uranine), ou Sulforhodamine G) et précise que les concentrations dans le système seront très largement inférieures et donc sans conséquences pour les poissons.

M. Bouchindhomme préconise de faire une lettre d'information (presse, police, services de l'Etat) que l'essai se fasse en l'absence ou en présence de pertes totales de l'Agly. Il est précisé que lors de l'essai de traçage il est possible de réduire le débit du barrage de Caramany pour que le débit au niveau des pertes de l'Agly soit de $1\text{m}^3/\text{s}$ (voir avec Conseil Général des Pyrénées-Orientales).

M. Zwahlen indique qu'il serait préjudiciable de ne pas faire d'essai de traçage pendant le pompage de longue durée.

Compte tenu du contexte géologique identique (pertes du Verdoble et de l'Agly dans le même synclinal), M.Bénech propose de faire l'injection dans les pertes du Verdoble. Le comité accepte.

PHASE Corb 04

M. Ladouche fait le point sur la sous phase Corb 04 (fonctionnement hydraulique des systèmes karstiques). Il informe qu'une station de jaugeage a été mise en place le 23/04/01 sur le ruisseau de Fontdame, au niveau de la pisciculture. Les variations de la hauteur d'eau sont présentées.

M. Bénech demande si une courbe de tarage va être réalisée. M. Ladouche répond que oui et informe le comité que les campagnes de jaugeage ont débuté. Les 3 premiers jaugeages indiquent que le débit de la source est d'environ 850 l/s pour une hauteur d'eau relative de 25 cm.

M. Ladouche informe le comité qu'une inter-comparaison des hauteurs d'eau enregistrées à Fontdame et au niveau du forage 102 sera réalisée. Il informe également le comité que deux sondes de Conductivité-Température sont installées à Fontdame et Font-Estramar depuis le 07/06/01.

Le retard pris dans le rendu de la sous-phase Corb01 (trois mois) ne devra avoir aucun impact financier sur l'étude et sur les mesures nécessaires à acquérir pour mener à bien le projet.

Point Financier

Mme Doerfliger fait un point financier détaillé sur les différentes sous phases engagées.

Il n'existe aucune modification du cahier des charges initialement prévu dans l'annexe technique pour les sous-phases Corb01 et Corb 02.

Mme Lacombe demande des précisions sur l'entreprise sélectionnée pour la location du matériel de pompage. Mme Doerfliger informe que 3 entreprises ont été consultées, et que l'entreprise retenue (Locawatt) était la moins chère. M. Petit fournira les trois devis aux maîtres d'ouvrage.

Planning prévisionnel

M. Ladouche fait le point sur le démarrage des sous-phases à venir et présente le planning actualisé. Il informe le comité que la sous phase Corb03 démarrera le 9 juillet 2001, et que la sous phase Corb 04 a démarré, compte tenu du fait que les exutoires de Fontdame et Font-Estramar sont déjà équipés de centrales d'acquisition.

Avant la fin de la séance, M. Ladouche rappelle les différents points actés en séance.

Relevé de décisions

Concernant la sous phase Corb 01.

- Un document de synthèse définissant les axes d'orientation de l'étude sera rédigé pour début septembre. Il sera remis au Comité de suivi technique (composé de MM. Yvroux, Prun, Ducassy, Cadilhac, Chemin, Benech et Bouchindhomme et de Melle Assens). Les propositions émises par le BRGM pour la suite de l'étude (systèmes présentant un intérêt dans les limites redéfinies, réseau de suivi) seront avalisées ou discutées (en cas d'opinions diverses) par le comité.

Dans le document de synthèse les points suivants seront discutés/évalués comme cela était initialement défini dans l'annexe technique (sous-phase Corb01) :

Système étudié dans le passé : oui/ non, par qui ? objectifs de l'étude

Données disponibles : oui/non, exploitables ?

Bassin d'alimentation connu : oui/non

Ressources évaluées/évaluables ?

Système équipable ?

Connaissance des Besoins ?

- Le document sera transmis au comité technique, dont Melle Assens centralisera les remarques. Si le comité approuve ce document, il sera transmis au comité de pilotage élargi, sinon une réunion du comité technique sera à prévoir.
- Le comité technique se réunira fin septembre, début octobre, afin de décider quels systèmes devront être étudiés et instrumentés à partir de la synthèse et des propositions du BRGM.

Cette synthèse devait être remise aux maîtres d'ouvrage en juin (cf. chronogramme de la convention). Le trois mois de retard (juin à septembre) n'auront aucune incidence financière sur le projet et sur les données nécessaires à acquérir (mise en place du réseau de suivi).

Concernant la sous phase Corb 02.

- Le pompage de longue durée doit se prolonger jusqu'à fin juillet.
- Le comité technique sera informé des résultats de l'essai avant la fin juillet, Martine Assens centralisera les commentaires ; si nécessaire, une réunion sera organisée dans les plus brefs délais avec le comité technique afin de définir la stratégie à adopter (poursuite du pompage à 300 m³/h, nouveau pompage à un débit plus faible pour évaluer le débit des apports extérieurs,...).
- Si un problème apparaît au cours du pompage longue durée, quelle que soit sa nature, le comité technique sera informé.

Concernant la sous phase Corb 04, et en particulier l'essai de traçage.

- Un protocole expérimental détaillé avec liste des points de suivis sera rédigé (le plus rapidement possible) et sera transmis aux membres du comité technique pour approbation. Martine Assens centralisera les avis et commentaires, et en fera part au maître d'œuvre.
- Méthode :injection de traceur dans les pertes totales du Verdoble, suivis des restitutions à Cases-de-Pène, Fontdame et Font-Estramar, ainsi que sur un certain nombre de points d'eau équipés de pompe dans le karst et au niveau de l'interface karst/plaine du Roussillon entre Rivesaltes et Salses.
- L'injection sera réalisée le plus rapidement possible (dans la semaine du 9 au 13 juillet, voire dans la semaine du 16 au 20, au plus tard).

.....

• COMPTE-RENDU DE DECISIONS	
PROJET CORBIERES	Réf. : EAU/RMD 057/01 CR ND/nd
Objet : réunion de cadrage	
Date de la réunion : 09/07/2001 – 16h	Lieu : Perpignan – CG66
Participants : P-M. DUCASSY (CG66), M. PRUN (CG11), M. ASSENS (CG66), M. YVROUX (CG11), Didier PENNEQUIN (BRGM/EAU), J-L. FOUCHER (SGR-LRO), Patrick LACHASSAGNE (BRGM/ EAU/RMD) et Nathalie DOERFLIGER (BRGM Eau/RMD).	
Absents /excusés : /	
Diffusion interne BRGM : DPe, PL et JLF. Diffusion externe : G66 et CG11	

La réunion a pour objet de faire le point sur les remarques formulées lors du dernier comité de pilotage et de proposer, en concertation entre les Maîtres d'Ouvrage et le BRGM, la mise en oeuvre de solutions appropriées.

Relevé de décisions

Sujet évoqué	Décision/réponse apportée
MANAGEMENT DU PROJET Chef de projet : Contrôle qualité : Communication interne au projet : Comités :	<ul style="list-style-type: none"> - N. Doerfliger reprend la charge de chef de projet opérationnel en remplacement de B. Ladouche. Ce dernier continuera à intervenir techniquement dans le cadre du projet. - Le BRGM a constitué un comité de suivi interne de ce projet (contrôle qualité des documents, préparation des comités de pilotage, etc.) - une note d'avancement mensuelle, brève et factuelle, sera rédigée à la fin de chaque mois et transmise aux maîtres d'ouvrage pour diffusion. Elle dressera le bilan mensuel des sous-phases engagées et présentera le programme prévisionnel du mois suivant. - Le BRGM maintiendra un contact (téléphonique et/ou courtes visites) régulier avec les maîtres d'ouvrage. - Le BRGM transmettra à la demande toute donnée brute ou élaborée concernant le projet, après accord des maîtres d'ouvrage. - J.P. Marchal (SGR LRO) sera systématiquement informé et invité aux réunions des comité technique et de pilotage conformément au souhait des Maîtres d'Ouvrage. - M. Benech (DDAF66) sera sollicité conjointement

<p>Passage à l'Euro :</p> <p>Echéancier des paiements 2001 :</p> <p>Convention de collaboration avec l'Université d'Avignon :</p>	<p>par les maîtres d'ouvrage et par le BRGM afin de déterminer les modalités d'une poursuite éventuelle de collaboration au projet après son départ à la retraite (octobre 2001),</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les comités seront limités à des exposés concis et précédés de l'envoi de documents de préparation qui détailleront les éléments techniques. - le BRGM proposera courant juillet et par courrier au CG66 une procédure de conversion à l'euro ainsi qu'un tableau récapitulatif du montant des différentes échéances en euro. - les paiements (échéances +1, + 6 mois) seront déclenchés à la fin septembre, après validation, par les maîtres d'ouvrage, des résultats des sous-phases CORB01 (synthèse bibliographique) et CORB02 (essais de pompage) <p>- copie sera transmise, dès signature, à M. Assens.</p>
<p>Objectifs généraux du projet :</p> <p>Les maîtres d'ouvrage rappellent les objectifs du projet : <i>évaluer la ressource en eau souterraine et déterminer les modalités de mise en exploitation de la ressource en eau des Corbières.</i></p> <p>Le périmètre d'étude correspond à celui défini au sein de la convention, même si pour la compréhension de phénomènes particuliers notamment le thermominéralisme, on pourra être amené à s'intéresser aux systèmes des calcaires dévoniens du Mouthoumet.</p>	
<p>Phase CORB01 :</p> <p>Retard sur la synthèse bibliographique hydrogéologique ; analyse des données non terminée :</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Le BRGM fournira, pour le 3/09/2001, le document de synthèse comprenant des avis sur : l'état de la connaissance, la fiabilité des données, les potentialités hydrogéologiques a priori, la faisabilité technique de l'équipement de suivi, etc. des différents aquifères karstiques des Corbières. Cette synthèse s'appuie sur l'ensemble des études et travaux antérieurs et sur des échanges oraux avec les principaux acteurs. Ce document comprendra un tableau synthétique, des éléments cartographiques ainsi qu'une hiérarchisation des aquifères sur des critères d'appréciation hydrogéologiques, - le retard n'aura pas de conséquence financière pour les Maîtres d'ouvrage, ni sur le déroulement des autres phases (en particulier pour ce qui concerne la métrologie prévue en phase CORB04, cf. ci-dessous).
<p>Phase CORB02 :</p> <p>Pompage d'essai de Case de Pène :</p>	<ul style="list-style-type: none"> - l'aven de Baixas a été équipé le 4/07/2001, les premières données montrent que son niveau est influencé par l'essai, - le BRGM transmettra aux membres du comité technique, pour le 26/07/01 : (i) une interprétation

	<p>préliminaire de l'essai fournissant les éléments pour décider des conditions de l'arrêt du pompage, du suivi de la remontée ainsi que les paramètres (débit, durée, etc.) d'un éventuel pompage complémentaire et (ii) les données brutes de l'essai.</p>
<p>Phase CORB03 : Tâches réalisées ou en cours :</p> <p>Tâches prévues :</p>	<ul style="list-style-type: none"> - contacts avec l'université de Perpignan, synthèse géologique, établissement d'une carte numérique de la zone d'étude, - analyse géologique « zoomée » sur le système de Cases-de-Pène afin d'apporter des éléments à l'interprétation de l'essai de pompage, - à partir de <i>mi septembre</i> (fin phase CORB01) : études géologiques détaillées des systèmes retenus : géométrie des formations carbonatées (extension, épaisseurs), fracturation, karstification (identification des anciens niveaux de base en particulier), etc., afin d'apporter des éléments pour caractériser la ressource des systèmes, - rédaction d'un premier rapport de synthèse pour <i>mi-décembre 2001</i>.
<p>Phase CORB04 : Instrumentation des sites retenus à l'issue de la phase CORB01 :</p>	<ul style="list-style-type: none"> - les sites de Font Dame et Font-Estramar sont instrumentés depuis mars 2001, - les techniciens du BRGM seront mobilisés dès la validation de la phase CORB01 pour l'équipement du réseau de suivi. Le matériel est d'ores et déjà disponible au BRGM. Ceci permettra la concordance entre le début des mesures et celui du cycle hydrologique.
<p>Phase CORB05 : Essai de traçage :</p>	<ul style="list-style-type: none"> - sera réalisé lors de la semaine du 16/07/2001 ; - le protocole sera communiqué aux membres du comité technique le 10/07/01 afin d'avoir un retour et avis d'ici le 13/07/01 dans la mesure du possible, - un communiqué de presse et une lettre d'information seront préparés et adressés aux destinataires identifiés en commun avec M. Bouchindhome de la MISE

• COMPTE-RENDU DE DECISIONS	
PROJET « EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINES DES CORBIERES ORIENTALES CALCAIRES »	Réf : EAU/RMD /xxxCR ND/nd
Objet : Comité de pilotage	
Date de la réunion : 17/10/2001 - 14h	
Lieu : Narbonne (CG11)	
<p>Personnes présentes : Martine Assens, Pierre-Marie Ducassy (CG66), Michel Yvroux (CG11), Pierre Cadoret (DDAF 66), Jacques Dimon (DDAF 11/MISE), Alain Bouchindhomme (MISE 66), Claude Benech (expert - exDDAF66), Laurent Cadilhac, Evelyne Lacombe (AERMC), Paul Chemin (DIREN LRO), Jean-Pierre Marchal, Patrick Lachassagne, Nathalie Dörfliger (BRGM)</p>	
Excusé : F. Zwahlen (Université de Neuchâtel)	
Diffusion interne BRGM : PL, DPe et JLF.	
Diffusion externe : membres du comité technique via le CG66	

Sujet évoqué	Compte-rendu et décisions
1) Sous-phase CORB01 : Synthèse bibliographique hydrogéologique	<p>Compte-rendu du Comité de Pilotage par M. Yvroux :</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ satisfaction du comité de pilotage concernant le rapport remis au début septembre 2001 par le BRGM comme convenu. Des modifications doivent tout de même être apportées. ◆ systèmes représentants un intérêt pour les CG 66 et CG 11, en matière d'évaluation de la ressource pour l'AEP et de la caractérisation thermo-minérale : Système Font-Estramar, Cases-de-Pène, Synclinal de St-Paul-de-Fenouillet (AEP), Synclinal de Soulatgé (ressource thermominérale). Le synclinal de Boucheville est d'un intérêt de deuxième ordre. Le système de Lapalme ne représente pas un intérêt pour l'AEP, au vu des résultats médiocres des forages effectués il y a 15 ans pour le compte de la CGE. <p>Rappel des objectifs du projet Corbières, évaluation des ressources en eau et caractérisation d'un potentiel thermo-minéral au vu de pouvoir répondre aux besoins de 1m³/s pour le secteur littoral.</p>
Système Font-Estramar et Cases-de-Pène	<p>L'étude de ce système doit permettre de connaître les répercussions d'un captage A.E.P sur l'hydrosystème constitué par l'Agly, le karst, le pliocène et l'étang de Salses-Leucate :</p> <ul style="list-style-type: none"> - alimentation du karst par les pertes - alimentation du pliocène par le karst - alimentation en eau douce de l'étang - intrusion d'eau salée en cas d'exploitation

	<p>L'étude doit être menée de façon à pouvoir répondre à ces problématiques.</p> <p>RATTACHEMENT DU SECTEUR LEUCATE-FITOU Il est demandé de rattacher le secteur Fitou – Leucate au système de Font-Estramar -Fontdame. Les émergences au niveau de l'étang de Salses-Leucate devront être indiquées dans le rapport de la synthèse. Ces émergences ne feront pas l'objet de suivi hydrologique ; leur échantillonnage du point de vue hydrochimique sera discuté dans le protocole des analyses chimiques, en prenant en considération les analyses existantes.</p> <p>LES DONNEES Les données papiers enregistrées par la DDAF sur les piézomètres devront être récupérées, dépouillées et intégrées à l'étude.</p> <p>LES SUIVIS Les suivis piézométriques <u>A étudier</u> Nécessité d'effectuer un suivi piézométrique sur deux ou trois cycles hydrologiques au niveau des calcaires et aux limites avec l'aquifère du Plio-Quaternaire => proposer au comité de pilotage pour le 10 novembre 2001 une liste de points à suivre parmi les points existants, avec les arguments vis-à-vis des points retenus, de l'équipement en continu et de la fréquence de suivi et de l'accessibilité ; cette liste sera accompagnée d'une carte de localisation des points. Ces données seront intégrées au rapport.</p> <p>Les points suivants devront être notamment examinés : forage récent de Mont Pins à Espira (il va être utilisé par la commune), forage de la cave des Corbières (il existe un suivi de 4 ans), forage au niveau du terrain militaire de Rivesaltes, forage de la commune de Salses (peu exploité) et son sondage de reconnaissance, forage d'Opoul (exploité par la commune qui effectue un suivi) En fonction de ces données et des résultats de l'étude géologique et structurale du secteur, la réalisation de piézomètres dans le Pliocène sera étudiée.</p> <p><u>A réaliser :</u> Des sondages devront être effectués au niveau de l'aven de Baixas ainsi qu'au niveau du ravin des abîmes (il existe déjà un suivi à la Combe française) afin d'optimiser le suivi en continu.</p> <p>Ces deux ouvrages devront être d'un diamètre suffisant pour permettre des prélèvements (essai de pompage, à voir).</p> <p><u>Existants dans le karst :</u> Piézomètres de Cases-de-Pène, 102 et 104 (Salses).</p>
--	---

	<p>Les suivis pluviométriques En plus du réseau existant, l'équipement du flanc Sud du synclinal dans le secteur de Baixas est à étudier.</p> <p>Les suivis hydrométriques La pertinence de l'installation d'une station de jaugeage sur le Verdoube à l'amont des pertes est à étudier (station à Tautavel).=> arguments à insérer dans le rapport de synthèse.</p> <p>Les autres éléments Suivi du pompage sur la vasque de Font Estramar qui est dans les projets de l'autoroute, Sorties d'eaux douces dans l'étang de Salses-Leucate : voir si les études de 1970 peuvent être améliorées.</p> <p>ETUDE GEOLOGIQUE ET STRUCTURALE L'étude géologique devra mettre l'accent sur la géométrie, l'évolution du niveau de base et la karstification, notamment au niveau du contact entre les calcaires et les formations du plio-quadernaire.</p> <p>STAGE DE D.E.A. Un projet de stage étudiant piloté par le Laboratoire Souterrain de Moulis , sous la direction d'Alain MANGIN, est proposé au Comité de pilotage. Les données disponibles de suivi piézométriques et de suivis de débits aux exutoires seront traités avec les techniques de traitement du signal utilisées par le laboratoire de Moulis.</p> <p>Le BRGM est favorable à cette proposition, dans la mesure où ce travail est complémentaire aux traitements effectués par le BRGM. M. Yvroux en informera Alain Mangin.</p> <p>RELATION AVEC LES SPELEOLOGUES Il est finalement rappelé l'importance de garder contact avec l'association de recherche spéléologique sur Font-Estramar de traiter les informations spéléologiques provenant de leurs explorations. Il est convenu que leur participation au projet pourra être défrayée par l'achat de matériel tel que sonde température, conductivité permettant d'effectuer des mesures dans le milieu souterrain saturé en eau, ayant un intérêt pour le projet. Il est finalement nécessaire de prendre contact avec le comité départemental spéléologique de l'Aude et des Pyrénées Orientales pour actualiser l'inventaire des phénomènes endokarstiques.</p> <p>AUTRES PROPOSITIONS Pour étudier les relations entre le karst et l'aquifère du pliocène, il est proposé d'établir des cartes piézométriques en hautes et basses eaux dans les zones de contact Pliocène/karst. Les ouvrages pouvant</p>
--	--

<p>Système du synclinal de Saint Paul de Fenouillet</p>	<p>faire l'objet de mesures seront inventoriés à partir de l'inventaire effectué pour la mise en place du réseau de suivi piézométrique et de l'inventaire des forages agricoles (prévu fin 2002).</p> <p>SYSTEME DE LA TIROUNERE</p> <ul style="list-style-type: none"> - équipement de la source de la Tirounère et suivi chimique à définir dans le protocole, - jaugeages différentiels sur l'Agly au micro-moulinet ou par traçages chimiques - précision des limites du bassin d'alimentation : inventaire et traitement des données hydrométriques disponibles, intégration des études de la DDAF concernant les relations pluies-débits, coloration,.. - contacts avec les spéléologues très actifs sur les secteurs et actualisation de l'inventaire des phénomènes karstiques. <p>Le rapport de synthèse devra intégrer ces données dans la rubrique 'données disponibles'.</p>
<p>Système du synclinal de Boucheville</p>	<p>SYSTEME DE LA MOUILLERE</p> <p>Cette source présente des teneurs en sulfates très élevées (jusqu'à 1000 mg/l), elle est utilisée pour l'AEP de Maury. Le but est de la recapter et de résoudre les problèmes de sulfates :</p> <ul style="list-style-type: none"> - équipement de la source et suivi chimique à définir dans le protocole, - détermination précise l'origine des sulfates et de comprendre leurs variations qui proviendraient des formations de l'Albien, - précision des limites du bassin d'alimentation : inventaire des données hydrométriques disponibles (à intégrer au rapport de synthèse), - propositions de localisation pour un forage de recaptage.
<p>Système du synclinal de Soulatgé</p>	<p>La source de las Bordes à Fenouillet présente un intérêt notable :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'équipement de la source (suivi quantitatif) ainsi qu'une analyse critique des colorations de Salvayre, et que la précisions des limites du bassin d'alimentation seront étudiés ; ils seront effectués dans un deuxième temps, après décision du comité technique sur la base des éléments financiers (coûts engagés pour l'équipement) et l'établissement du protocole hydrochimique par système avec les coûts correspondants. - inventaire des données hydrométriques disponibles (à intégrer au rapport de synthèse) et traitement des données si système retenu <p>Le volet thermal de l'étude sera concentré sur l'Aude sur le synclinal de Soulatgé en intégrant le secteur de Paziols :</p> <ul style="list-style-type: none"> - équipement de la source du Verdoble pour une caractérisation hydrologique et hydrochimique, dans une optique de réaliser un

	<p>forage dans le cadre de la phase 2 du projet, au niveau des calcaires du Dévonien,</p> <ul style="list-style-type: none"> - suivi des sources thermales du secteur de Paziols (caractérisation hydrochimique et isotopique) et caractérisation des aquifères profonds à partir des isotopes, - contacter M. Yvroux concernant une bibliographie détaillée de l'hydrogéologie des calcaires dévoniens ; pour la géologie prendre contact avec l'université de Toulouse.
<p>2) CORB 02 Essai de pompage de Cases-de-Pène.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Présentation des principales caractéristiques des courbes de descente et de remontée ; brusque diminution du niveau d'eau dans le forage suite à l'arrêt de pompage (18/09/2001) : relation possible avec les variations de débit de l'Agly et du fonctionnement des pertes. Des analyses détaillées des débits de l'Agly au niveau des stations limnigraphiques (Mas de Jau, Canal la Tour et Planèzes) et des lâchers du barrage de Caramany seront effectuées. Un suivi en continu sur deux cycles hydrologiques est indispensable pour apporter des informations complémentaires en matière de structure et de fonctionnement du « système Cases-de-Pène ». Une analyse de l'effet d'un arrêt du fonctionnement des pertes sur les exutoires du système Font-Estramar-Fontdame est également nécessaire. - Remise d'un rapport préliminaire sur l'essai de pompage pour l'étude d'incidence d'un pompage de 30 m³/h à Cases-de-Pène. - Nécessaire d'étudier la possibilité d'instrumenter les précipitations au niveau du synclinal du Bas Agly (flanc sud).
<p>3) Sous-phase CORB03 : Géométrie, karstification</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Rappel des objectifs et de la méthodologie mise en œuvre : préciser la géométrie, l'histoire de la karstification, de l'évolution des niveaux de base afin d'acquérir des informations en terme de structure et de délimiter des cibles potentielles de prospection. - Mise en œuvre d'une méthodologie comprenant établissement d'une carte géologique numérique, carte des pentes, identification de paléosurfaces et datation, datation de travertins, analyse des géométries de différents réseaux karstiques, représentation graphique de l'évolution des différents niveaux de bases depuis le Paléocène. - Collaboration avec G. Cleuzon (CEREGE Aix Marseille), H. Camus et l'ARFE (spéléo suisse) : visite de terrain, interprétation des structures et lithologies observées dans le réseau de Font-Estramar, analyses lithologiques.
<p>4) Sous-phase CORB04 : Caractérisation des systèmes</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Présentation des premiers résultats de l'essai de traçage (injection de 20 kg d'uranine le 23/07/2001 au niveau des pertes du Verdoble) : faible restitution (maximum 600 ppt), restitution au niveau des sources de Font-Estramar et de Fontdame entre les 26/08/2001 et le 26/09/2001, au niveau de trois points d'eau du Fort de Salses entre les 5/09/2001 et 19/09/2001. Restitution au niveau d'un échantillon sur le forage AEP de Rivesaltes (plio-

	<p>Vitesse de l'ordre de 30 m/h. Suivi et analyse des points d'eau jusqu'à fin novembre et voire jusqu'à fin décembre 2001 pour les deux principaux exutoires, en fonction des conditions hydrologiques.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Présentation des premiers traitements statistiques effectués sur les chroniques de débit (1970-2000) de Font-Estramar [analyse des courbes de récession, débits classés, traitement du signal (analyse corrélatoire croisé et simple), sans correction à l'aide des jaugeages des niveaux à l'étiage] : <ul style="list-style-type: none"> ◆ <u>Fonctionnement composite</u> du système qui est globalement inertiel, mais avec une réponse rapide; les crues se produisent en moyenne 1.4 jours après un épisode de pluies. Volume dynamique important, en moyenne 37 hm³. La source de Font-Estramar a un comportement de source de trop-plein; les données hydrologiques ne permettent d'obtenir qu'une vision partielle d'un système possédant d'autres exutoires. ◆ L'alimentation du système par des pertes se marque sur l'analyse des débits classés. Le système est caractéristique d'un système karstique complexe avec fort retard à l'alimentation (pertes), voire de système étant plus karstifié à l'amont qu'à l'aval.
<p>5) Finances</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Présentation des sommes engagées et dépensées Il a été dépensé pour l'instant 1,1 MF et il manque à payer l'électricité pour l'essai de pompage, les analyses chimiques (55 000 à 60 000 F) et les activités du personnel. On arrive à un total de 1,7 MF. - Facturation mois m+1 : facturé en octobre 2001 (160 000FF) mois m+6 va être facturé (512 000 FF)
<p>6) Planning</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Remise du <u>rapport de la sous-phase CORB01</u> avec prise en considération des remarques du comité de pilotage (titre, cartes) et de diverses coquilles, pour la fin novembre 2001. - Remise d'une fiche synthétique pour chaque système retenu avec les actions qui vont être effectuées, les suivis mis en place et les devis. Ceci va conduire à une proposition détaillée d'une adaptation du <u>protocole d'hydrochimie</u> en précisant les objectifs des suivis, points d'eau, fréquence, types d'analyse par système retenu pour fin novembre 2001 - Remise du <u>rapport de la sous-phase CORB02</u> concernant l'essai de pompage pour la fin novembre – début décembre 2001. - Remise d'un <u>pré-rapport pour la fin décembre</u> concernant la sous-phase CORB03 (Géométrie, karstification) et remise d'un <u>rapport définitif</u> avec carte géologique numérique et schéma structural pour fin février 2002. - Prochaine réunion du comité de pilotage pour le premier trimestre 2002.