

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
DÉPARTEMENT DE L'HÉRAULT
CANTON DE LODÈVE

## COMMUNAUTÉ DE COMMUNES LODÈVOIS ET LARZAC

**EXTRAIT DU REGISTRE DES ACTES  
CONSEIL COMMUNAUTAIRE DU 11 DÉCEMBRE 2025**

numéro
CC_251211_4

L'an deux mille-vingt cinq, le onze décembre,  
Le Conseil communautaire, dûment convoqué le cinq décembre deux mille vingt-cinq, s'est réuni en session ordinaire, salle du conseil de l'Espace Marie-Christine BOUSQUET, sous la Présidence de Jean-Luc REQUI.

nombre de membres	
en exercice	59
présents	37
exprimés	45
vote	
pour	45
contre	0
abstention	0

Présents :

Joëlle GOUDAL, Martine BAÏSSET, Jean-Paul PAILHOUX, Claire VAN DER HORST, Jérôme VALAT, Jean TRINQUIER, Daniel FABRE, Luc BEVILACQUA, Gaëlle LEVEQUE, Jean-Marc SAUVIER, Nathalie ROCOPLAN, Ludovic CROS, Fadilha BENAMMAR KOLY, David BOSC, Ali BENAMEUR, Monique GALEOTE, Gilles MARRES, Marie-Laure VERDOL, Magali STADLER, Damien ROUQUETTE, Frédéric ROIG, Antoine GOUTELLE, Valérie ROUVEIRO, Félicien VENOT, Jean-Luc REQUI, Michel ABRIC, Bernard JAHNICH, Sophie PRADEL, Pierre-Paul BOUSQUET, Sandrine TONON, Philippe BERLENDIS, Eric OLLIER, Isabelle PERIGAULT, Delphine BENOIT, Chantal BASCOUL, Daniel VALETTE.  
M. Bertrand SONNET suppléant de M. Christophe ROMO.

Absents avec pouvoirs :

Michel COMBES à Daniel VALETTE, Jean Michel BRAL à Jérôme VALAT, Bernard GOUJON à Valérie ROUVEIRO, Didier KOEHLER à Nathalie ROCOPLAN, Isabelle PEDROS à Jean-Marc SAUVIER, Ahmed KASSOUH à Marie-Laure VERDOL, Claude LAATEB à Magali STADLER, Jean-Christophe COUVELARD à Bernard JAHNICH.

Absents :

Sonia ROMERO, Véronique VANEL, Jérôme CLARISSAC, Alain VIALA, Izia GOURMELON, Fatiha ENNADIFI, Damien ALIBERT, David DRUART, Nathalie SYZ, Christian RICARDO, Joana SINEGRE, Françoise OLIVIER, Clément THERY, Michel DRUENE.

<b>OBJET :</b>	<b>Approbation du projet de recherche TempEAUKarst sur le fonctionnement hydrologique et thermique du bassin versant karstique de la Lergue porté avec le Bureau de Recherches Géologiques et Minières</b>
----------------	--

**VU** les statuts de la Communauté de communes Lodévois et Larzac et, en particulier, la compétence 3 Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations (GEMAPI) prévues à l'article L211-7 du Code de l'environnement :

- l'aménagement d'un bassin ou d'une fraction de bassin hydrographique,
- l'entretien et l'aménagement d'un cours d'eau, canal, lac ou plan d'eau, y compris les accès à ce cours d'eau, à ce canal, à ce lac ou à ce plan d'eau,
- la défense contre les inondations et contre la mer,
- la protection et la restauration des sites, des écosystèmes aquatiques et des zones humides ainsi que des formations boisées riveraines,

**VU** les objectifs et missions de l'Observatoire des Karsts porté par la Communauté de communes Lodévois et Larzac sur son territoire,

**CONSIDÉRANT** que les karsts constituent des objets d'étude hydrogéologique complexes justifiant encore aujourd'hui le développement de méthodes et d'outils de caractérisation et de modélisation adaptée ; qu'ils

*Je certifie, sous ma responsabilité, le caractère exécutoire du présent acte et informe que le présent acte peut faire l'objet d'un recours pour excès de pouvoir devant le Tribunal administratif de Montpellier dans un délai de deux mois, à compter de la notification : le Tribunal administratif peut être saisi par l'application informatique « Télerecours citoyens » accessible par le site internet www.telerecours.fr.*

constituent cependant également des ressources en eau essentielles et fortement sollicitées, particulièrement en contexte méditerranéen ; que ces éléments permettent de proposer un projet de recherche innovant traitant de la question du fonctionnement hydrologique d'un bassin versant karstique tout en apportant des réponses opérationnelles pour le territoire concerné,

**CONSIDÉRANT** que le projet TempEAUKarst vise à caractériser et quantifier la disponibilité de la ressource en eau karstique du territoire Lodévois et Larzac, à la fois dans l'espace à l'échelle du bassin d'alimentation de chaque système et selon la profondeur, mais aussi dans le temps à l'échelle saisonnière, pluriannuelle, dans un contexte de changement climatique à horizon 2050,

**CONSIDÉRANT** que le bassin versant hydrologique et hydrogéologique de la Lergue et ses affluents en amont de Lodève constituent un site pilote idéal pour l'étude du rôle du karst sur le fonctionnement hydrologique et thermique d'un bassin versant méditerranéen à forte composante karstique,

**CONSIDÉRANT** que la zone d'étude qui comprend le bassin versant hydrologique et hydrogéologique de la Lergue et ses affluents en amont de Lodève couvre une grande partie du territoire Lodévois et Larzac,

**CONSIDÉRANT** que les ressources en eau d'origine karstique constitue la principale source d'alimentation des réseaux d'alimentation en eau potable des communes du territoire Lodévois et Larzac et qu'il est essentiel d'assurer une gestion durable et sécurisée de ces ressources pour le territoire,

**CONSIDÉRANT** que le projet de recherche TempEAUKarst est porté par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) à cinquante pour cent (50%) et la Communauté de communes Lodévois et Larzac à 50%,

**CONSIDÉRANT** qu'au vu de la dimension nationale et stratégique de ce projet de recherche, d'autres partenaires institutionnels, techniques ou scientifiques viennent en appui : Parc Naturel Régional des Grands Causses (PNRGC), Unité Mixte de Recherche (UMR) Géosciences Montpellier (GM), UMR Hydrosciences G-EAU, Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE) pour le développement de l'outil SIC, Conseil départemental de l'Hérault, Conseil régional Occitanie / Pyrénées-Méditerranée, association Vis Explo, association Larzac Explo, association CELADON, Établissement Public Territorial de Bassin (EPTB) Fleuve Hérault, Observatoire de Recherche Montpelliérian de l'Environnement (OREME)...

**CONSIDÉRANT** que le projet de recherche TempEAUKarst est prévu pour une durée de quatre ans,

**CONSIDÉRANT** que suite à la demande de subvention auprès de l'AERMC actée par la délibération n°BC\_250424\_03 susvisée, la commission de contrôle de l'AERMC étudiera le dossier au premier trimestre 2026,

**Ouï l'exposé de Claire VAN DER HORST et après en avoir délibéré, le Conseil communautaire :**

- **ARTICLE 1 : APPROUVE** le projet de recherche TempEAUKarst sur le fonctionnement hydrologique du bassin versant karstique de la Lergue dans le cadre d'un partenariat entre le BRGM et la Communauté de communes Lodévois et Larzac, qui pourra démarrer une fois la réception de la notification de l'attribution de l'aide financière de l'AERMC,

- **ARTICLE 2 : AUTORISE** le Président, ou son représentant, à effectuer toutes les démarches nécessaires à l'exécution de la présente délibération et à signer tous les documents y afférents, et en particulier la convention de partenariat avec le BRGM annexée à la présente délibération une fois la notification de l'aide financière reçue,

- **ARTICLE 3 : DIT** que le présent acte sera transmis au service du contrôle de légalité, notifié aux tiers concernés, publié selon la réglementation en vigueur et inscrit au registre des actes.

Pour extrait certifié conforme au registre des actes.

Accusé de réception en préfecture  
34-200017341-20251211-lmc118831-DE-1-1  
Date de télétransmission : 12/12/25  
Date de publication : 18/12/2025  
Date de notification aux tiers :  
Moyen de notifications aux tiers :

Le onze décembre deux mille vingt-cinq  
Le Président,  
Jean-Luc REQUI

# **CONVENTION DE RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT**

## **TempEauKarst : Fonctionnement hydrologique et thermique d'un bassin-versant karstique dans le contexte des changements globaux**

### **ENTRE**

Le **BRGM**, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, établissement public à caractère industriel et commercial, immatriculé au registre du commerce et des sociétés d'Orléans sous le numéro 582 056 149 (SIRET 582 056 149 00120), dont le siège se trouve 3, avenue Claude-Guillemain, BP 36009, 45060 ORLÉANS cedex 02, représenté par Catherine LAGNEAU, agissant en sa qualité de Présidente-Directrice générale, ou par délégation Christophe POINSSOT ayant tous pouvoirs à cet effet,

Ci-après désigné par le « **BRGM** »,  
**d'une part**,

### **ET**

La Communauté de communes du Lodévois-Larzac, SIRET 200 017 341 00120, dont le siège est domicilié 1 place Francis Morand 34700 LODEVE et représentée par Jean-Luc REQUI, Président, ayant tous pouvoirs à cet effet,

Ci-après désignée par la « **CCLL** »,  
**d'autre part**,

Le BRGM et la CCLL étant ci-après désignés individuellement et/ou collectivement par la (les) « Partie(s) ».

### **VU :**

- le Décret n° 2023-1321 du 27 décembre 2023 portant partie réglementaire du Code de la recherche et notamment ses articles R333-13 à R333-31 ;
- le contrat d'objectifs, de moyens et de performance Etat-BRGM 2023-2027 ;
- les orientations de service public du BRGM pour l'année 2024, adoptées par le « Comité National d'Orientations du Service public » le 11 mai 2023 et approuvées par le Conseil d'Administration du 22 juin 2023.

### **RAPPEL**

Le BRGM est un établissement public de recherche qui est aussi chargé d'une mission d'appui aux politiques publiques de collecte, de capitalisation et de diffusion des connaissances, dans le domaine des sciences de la Terre et en particulier dans le domaine de l'hydrogéologie.

Il mène des actions de recherche partenariale avec des filières industrielles et des entreprises de toutes tailles. Il propose des solutions novatrices pour la gestion des sols et du sous-sol, des matières premières, des ressources en eau, de la prévention des risques naturels et environnementaux. Ces actions concernent globalement trois principaux marchés : Energie & Ressources minérales ; Eau et Environnement ; Infrastructures et Aménagement ;

La CCLL exerce les compétences de GEMAPI et d'Alimentation en Eau Potable et engage des actions de meilleure connaissance et protection de la ressource en eau sur son territoire.

Fortes de ces constats et au vu de leurs complémentarités, les Parties ont décidé de collaborer et d'élaborer un programme de R&D. La CCLL et le BRGM ont décidé de fixer par le présent document les termes et conditions de cette collaboration.

Le BRGM et la CCLL ont décidé d'un commun accord de mener un programme de recherche et de développements partagés, tel que visé à l'article 4.1 infra, concernant l'étude du fonctionnement hydrologique et thermique d'un bassin-versant karstique dans le contexte des changements globaux, ci-après désigné par « le Programme », dont l'acronyme est TempEauKarst. L'objet de la présente convention a bien trait à de la recherche fondamentale, de la recherche appliquée ou du développement expérimental, y compris la réalisation de démonstrateurs technologiques et à l'exception de la réalisation et de la qualification de prototypes de préproduction, de l'outillage et de l'ingénierie industrielle, de la conception industrielle et de la fabrication, les démonstrateurs technologiques étant des dispositifs visant à démontrer les performances d'un nouveau concept ou d'une nouvelle technologie dans un environnement pertinent ou représentatif.

Aussi, le BRGM et la CCLL ont décidé par la présente convention, ci-après désignée par la « Convention », de fixer les termes et conditions par lesquels ils s'associent afin de réaliser le Programme.

Les Parties ont établi en commun le Programme qui répond à leurs besoins respectifs. Elles en exploiteront les résultats chacune pour son propre compte.

En outre, compte tenu du fait que (i) les Parties cofinancent le Programme et que (ii) la propriété des résultats issus du Programme, sous quelque forme qu'ils soient, ainsi que tous les droits y afférents, ci-après désignés par « les Résultats », sera partagée entre elles, la Convention est soumise aux dispositions de l'article L2512-5 du Code de la commande publique.

## **CECI ÉTANT RAPPELÉ, IL EST CONVENU CE QUI SUIT :**

### **ARTICLE 1. OBJET**

La Convention a pour objet de définir les termes, modalités et conditions dans lesquels le BRGM et la CCLL s'engagent à réaliser le Programme.

### **ARTICLE 2. DURÉE**

La Convention entre en vigueur à compter de la date de notification de l'aide demandée à l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse par la CCLL et expirera lors de la réception du dernier paiement tel que prévu à l'article 8 infra.

### **ARTICLE 3. DOCUMENTS CONTRACTUELS**

Sont également considérés comme étant des documents contractuels faisant partie de la Convention, les pièces suivantes, citées par ordre de prééminence :

- le présent document ;
- Annexe A1 : Programme ;
- Annexe A2 : Annexe financière.
- Annexe A3 : Descriptif du sujet de thèse.

Les annexes précédentes forment un tout indissociable avec le présent document. En cas de contradiction entre les articles du présent document et les dispositions contenues dans les annexes précédentes, les articles du présent document prévaudront.

Le Programme reste la propriété du BRGM et ne saurait être utilisé en dehors du cadre contractuel pour lequel il a été rédigé.

## **ARTICLE 4. OBLIGATIONS DU BRGM**

### **4.1. PROGRAMME D'ACTION**

Le BRGM s'engage à réaliser, dans le respect des règles de l'art, les tâches prévues pour la réalisation du Programme, conformément aux dispositions des Annexes A1 et A2.

La durée prévisionnelle de réalisation du Programme est de 4 ans (48 mois) à compter de l'entrée en vigueur de la Convention.

### **4.2 LIVRABLES**

Conformément au programme technique visé à l'Annexe A1, le BRGM s'engage à remettre à la CCLL les trois livrables suivants, en 1 exemplaire papier et 1 exemplaire numérique transmis par courriel:

- 24 mois après signature de la convention (COPIL n°3) : Un Rapport Intermédiaire (RI) faisant état de l'avancement du projet et des premiers résultats,
- Fin de projet (COPIL n°5) : Un Rapport Final (RF) reprenant l'ensembles des résultats et des interprétations, et un Rapport de Synthèse (RS) d'une dizaine de pages reprenant les éléments essentiels pour les gestionnaires du territoire.

La CCLL s'engage à valider chaque rapport dans un délai de 1 mois maximum. Au-delà, le rapport sera considéré comme définitif.

Les conditions de restitution du manuscrit de thèse seront précisées ultérieurement dans la convention de collaboration de thèse entre le BRGM, la CCLL et l'UMR GéoSciences Montpellier qui assurera la direction de la thèse.

### **4.3 OBLIGATIONS DE MOYENS**

Il est rappelé que le contenu des documents visés à l'article 4.2 supra résulte de l'interprétation d'informations objectives ponctuelles et non systématiques (sondages, observations visuelles, analyses, mesures, ...), en fonction de l'état de la science et de la connaissance à un moment donné. Aussi, le BRGM est soumis par convention expresse à une obligation de moyens étant tenu au seul respect du Programme et des règles de l'art.

La CCLL s'engage à informer de cette limite de responsabilité tous tiers sous-utilisateurs éventuels des informations contenues dans les documents et se portera garant du BRGM en cas de recours exercé par l'un ou plusieurs d'entre eux et fondé sur une inexactitude, erreur ou omission dans le contenu des documents, sous réserve de l'absence de faute prouvée du BRGM.

### **4.4 FINANCEMENT**

Le BRGM s'engage à participer au financement du Programme pour la part qui lui revient dans les conditions exposées à l'article 7 infra, sur la Subvention pour Charge de Service Public (SCSP) qui lui est attribuée par le Ministère chargé de la Recherche (Programme 172).

## **ARTICLE 5. OBLIGATIONS DE LA CCLL**

La CCLL s'engage à communiquer au BRGM toutes les données, informations et études qui sont en sa possession, et qui sont utiles à la réalisation du Programme. La CCLL garantit le BRGM de toute action relative aux droits de propriété desdites données, informations et études mises à sa disposition.

La CCLL s'engage à faciliter l'accès du BRGM aux informations détenues par ses soins, relatifs au Programme ou par tous tiers à la Convention.

La CCLL s'engage à maintenir les conventions actuellement en cours avec les associations Larzac Explo, Vis Explo et Céladon jusqu'à échéance des conventions actuelles en 2026 avec a priori un renouvellement probable de celles-ci couvrant toute la durée du programme.

La CCLL s'engage à maintenir le partenariat actuel avec le Parc naturel Régional des Grands Causse pour l'installation et le suivi des stations de mesures hydrologiques listées dans l'annexe A1.

La CCLL s'engage à participer au financement du Programme pour la part qui lui revient dans les conditions exposées à l'article 7 infra.

Le cas échéant, la CCLL s'engage à transmettre au BRGM dans les meilleurs délais le bon de commande relatif à cette Convention afin que cela ne fasse pas obstacle au processus de facturation.

## ARTICLE 6. NOTIFICATION ET ÉLECTION DE DOMICILE

Toute notification faite au titre de la Convention est considérée comme valablement faite si elle est effectuée par écrit aux adresses suivantes :

<b>Pour le BRGM :</b> BRGM DE/AKS Jean-Christophe Maréchal 1039 rue de Pinville 34000 Montpellier Tel: 04 67 15 79 65 E-mail : jc.marechal@brgm.fr	<b>Pour la CCLL :</b> Communauté de communes Lodévois et Larzac A l'attention de Mr le Président 1 place Francis MORAND 34700 LODEVE Tel : 04 11 95 01 40 E-mail : contact@lodevoisetlarzac.fr
--	--

Toute modification aux informations communiquées par une Partie au titre du présent article devra être notifiée à l'autre Partie par écrit, courrier et/ou courriel dans les plus brefs délais.

## ARTICLE 7. FINANCEMENT DU PROGRAMME

### 7.1 MONTANT

Le montant du Programme est fixé à cinq cent quatre-vingt mille Euros Hors Taxes (580 000 € HT).

Le montant global de la Convention pourra être actualisé par avenant permettant une nouvelle programmation d'opérations.

### 7.2 RÉPARTITION

Le montant du Programme fait l'objet de la répartition financière suivante sur les montants définis dans l'Annexe A2 soit un total de 580 000 € HT :

- pour le BRGM, 50 % du montant Hors Taxes soit 290 000 € HT ;
- pour la CCLL, 50 % du montant Hors Taxes soit 290 000 € HT dont 80% (232 000 € HT) apportés par la subvention accordée par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse

Le montant ci-dessus est indiqué Hors Taxes, la TVA au taux légal en vigueur au moment de la facturation étant en sus du prix.

Le BRGM cofinance le budget du Programme, dans le cadre de ses actions de service public.

## ARTICLE 8. FACTURATION ET PAIEMENT

### 8.1 FACTURATION

Le BRGM étant tenu de réaliser le Programme, la part du montant lui revenant ne donnera lieu à aucune facturation.

Il sera facturé à la CCLL la part du montant visé à l'article 7.2 supra.

Les références nécessaires au dépôt de la facture dématérialisée dans le portail Chorus Pro sont :

- Identifiant Chorus de CCLL : 20001734100120 (SIRET)
- Code service : EAURIV
- Libelle de service : GEMAPI
- N° d'engagement juridique : non connu à ce jour
- Si à la date de signature l'ensemble des éléments n'est pas encore connu, alors la CCLL s'engage à faire parvenir les éléments au BRGM dans un délai maximum de huit (8) jours à compter de la date de signature.

Les factures seront libellées à l'adresse suivante :

Ariane Blum, BRGM – Direction de l'EAU  
3, avenue Claude Guillemin, BP 36009  
45 060 ORLEANS – France

Les versements seront effectués par la CCLL, au nom de l'Agent Comptable du BRGM, sur présentation de factures émises par BRGM et selon le cas accompagnées des documents précisés dans l'échéancier ci-dessous :

- 20 % du montant à la signature de la convention (M0), soit 58 k€ HT, soit soixante-neuf mille six cents Euros Toutes Taxes Comprises (69.6 k€ TTC)
- 50 % du montant à la restitution du livrable RI lors du COPIL R3 (M24), soit 145 k€ HT, soit cent soixante-quatorze Euros Toutes Taxes Comprises (174k€ TTC)
- 30 % du montant à la restitution des livrables RF et RS lors du COPIL R5 (M48), soit 87 k€ HT, soit cent quatre mille quatre cents euros Euros Toutes Taxes Comprises (104.4k€ TTC)

Le taux de TVA en vigueur à la signature de la Convention est de 20 %. Toute modification du taux de TVA applicable, intervenant durant la période d'exécution de la Convention, sera répercutée dès la première échéance de facturation suivant la date d'entrée en vigueur du nouveau taux.

## 8.2 PAIEMENT

Les versements seront effectués par la CCLL, par virement bancaire dans un délai de trente (30) jours calendaires à compter de leur date d'émission augmenté de deux (2) jours ouvrés, à l'ordre de BRGM, sur présentation de factures émises par BRGM, au compte ouvert à :

TRÉSOR PUBLIC, Direction Régionale des Finances Publiques, 4 place du Martroi, Orléans  
Code Banque 10071, Code Guichet : 45000, Compte N° 00001000034, Clé : RIB 92  
IBAN : FR7610071450000000100003492 BIC : TRPUFRP1

À défaut de paiement intégral à la date prévue pour leur règlement, les sommes restant dues seront majorées de plein droit, sans qu'il soit besoin d'une mise en demeure préalable ou d'un rappel, d'intérêts moratoires dont le taux annuel est fixé au taux directeur de la Banque centrale européenne (BCE) augmenté de huit points. Ces intérêts moratoires s'appliqueront sur le montant toutes taxes comprises de la créance et seront exigibles à compter du jour suivant la date de règlement inscrite sur la facture, jusqu'à la date de mise à disposition des fonds par la CCLL. Les intérêts moratoires sont payés dans un délai de quarante-cinq jours suivant la mise en paiement du principal.

## ARTICLE 9. PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

### 9.1 DROITS ET OBLIGATION DE L'AUTEUR

#### 9.1.1 Droits de l'auteur

Dans l'hypothèse où les Résultats relèvent du droit d'auteur, le BRGM est l'auteur des Résultats, et notamment des livrables visés à l'article 4.2 supra.

Le BRGM est titulaire des droits visés aux articles L. 111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle, à savoir des droits patrimoniaux et moraux.

#### 9.1.2 Garantie

Le BRGM garantit qu'il est titulaire des droits de propriété intellectuelle nécessaires à l'exécution de la Convention.

### 9.2 CONCESSION DES DROITS D'AUTEUR

#### 9.2.1 Co-titularité des droits patrimoniaux

Le BRGM concède à la CCLL les droits patrimoniaux qu'il détient sur les livrables visés à l'article 4.2 supra et sur tous les Résultats relevant du droit d'auteur de sorte qu'à l'issue de l'exécution de la Convention, les Parties en seront co-titulaires à parts égales et la CCLL pourra notamment, sous sa responsabilité exclusive et sans l'autorisation du BRGM :

- reproduire, ou faire reproduire, les documents sur tous supports connus et inconnus, quel que soit le nombre d'exemplaires ;
- représenter, ou faire représenter, les livrables visés à l'article 4.2 supra pour tout type d'usage ;
- adapter, ou faire adapter, par perfectionnements, corrections, simplifications, adjonctions, intégration à des systèmes préexistants ou à créer, transcrire dans un autre langage informatique ou dans une autre langue et créer des œuvres dérivées pour ses besoins propres.

Cette concession est faite à titre gracieux pour le monde entier et pour une durée égale à la durée des droits du BRGM.

## **9.2.2 Droits moraux du BRGM**

Par application des articles L. 121-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle, XXX s'engage à respecter les droits moraux du BRGM sur les livrables visés à l'article 4.2 supra et sur tous les Résultats relevant du droit d'auteur, et notamment à citer le BRGM en qualité d'auteur, sur chacune des reproductions ou représentations.

## **9.3 COPROPRIÉTÉ DES RÉSULTATS NE RELEVANT PAS DU DROIT D'AUTEUR**

Dans l'hypothèse où les Résultats ne relèvent pas du droit d'auteur, ces derniers sont la copropriété des Parties à parts égales.

## **ARTICLE 10. DIFFUSION DES RÉSULTATS**

Les Parties s'engagent à mettre à disposition du public les livrables visés à l'article 4.2 supra et tous les Résultats à des fins de réutilisation à titre gratuit. Il est rappelé que le BRGM, qui relève des dispositions du Livre III du Code des relations entre le public et l'administration (CRPA) relatives à l'accès aux documents administratifs et à la réutilisation des informations publiques, soumettra les livrables visés à l'article 4.2 supra et tous les Résultats à la licence Ouverte / Open Licence Etalab Version 2.0. Ainsi, les utilisateurs seront libres d'utiliser les livrables visés à l'article 4.2 supra et tous les Résultats, gratuitement et sans restriction d'usage, à la condition de citer le BRGM comme source et la date de dernière mise à jour. En outre, conformément à l'article L. 322-1 du Code des relations entre le public et l'administration, les livrables visés à l'article 4.2 supra et tous les Résultats ne devront pas être altérés et leur sens ne devra pas être dénaturé.

La CCLL s'engage en outre à citer le BRGM en qualité d'auteur, sur chacun des documents produits, présentations ou communications faites sur le Programme.

De manière réciproque, le BRGM s'engage à citer la CCLL comme partenaire sur chacun des documents produits, présentations ou communications faites sur le Programme.

Dans le cas d'un intérêt commercial des Résultats au bénéfice de tiers, les Parties conviendront des conditions dans lesquelles cette commercialisation sera assurée.

Si une ou plusieurs inventions apparaissent au cours et/ou à l'occasion de l'exécution de la Convention, le BRGM en informera aussitôt la CCLL et les Parties conviendront de dispositions à prendre pour assurer le dépôt et la défense de toute demande de brevet correspondant, ainsi que la prise en charge des frais associés.

## **ARTICLE 11. SOUS-TRAITANCE, CESSION, TRANSFERT**

Chaque Partie peut sous-traiter, sous sa responsabilité, l'exécution de certaines parties de ses obligations contractuelles, sous réserve de respecter les dispositions du Code de la commande publique, notamment en ce qu'elle concerne la présentation, l'acceptation des sous-traitants, ainsi que l'agrément de leurs conditions de paiement.

Aucune des Parties ne peut sans l'accord écrit préalable de l'autre Partie, céder tout ou partie de ses droits ou obligations découlant de la Convention à des tiers.

## **ARTICLE 12. RESPONSABILITÉ**

Chaque Partie est responsable, tant pendant l'exécution de la Convention, des prestations et/ou travaux qu'après leur achèvement et/ou leur réception, de tous dommages, à l'exception d'éventuelles conséquences immatérielles, qu'elle-même, son personnel, son matériel, fournisseurs et/ou prestataires de service, pourraient causer à l'autre Partie dans la limite du montant du financement apporté par chacun et visé à l'article 7.2 supra.

## **ARTICLE 13. ASSURANCES**

Chaque Partie, devra, en tant que de besoin souscrire auprès d'une compagnie notoirement solvable et maintenir en cours de validité les polices d'assurance nécessaires pour garantir les éventuels dommages aux biens ou aux personnes qui pourraient survenir dans le cadre de l'exécution de la Convention.

La règle selon laquelle « l'État est son propre assureur » s'applique aux organismes publics. En conséquence ceux-ci garantissent sur leurs budgets les dommages qu'ils pourraient causer à des tiers du fait de leur activité.

## **ARTICLE 14. FORCE MAJEURE**

Aucune Partie n'est responsable de la non-exécution totale ou partielle même temporaire de ses obligations provoquées par un événement constitutif de force majeure au sens de l'article 1218 du Code civil et de la jurisprudence.

A titre d'exemple, constituent notamment des événements de force majeure, sans que cette liste soit exhaustive :

- Des phénomènes naturels tels que les tornades, inondations, ouragans, tremblements de terre, éruptions volcaniques ;
- La présence d'un virus qualifié de pandémie par les autorités ;
- La présence d'une épidémie ayant atteint le stade 3 (Plan national de prévention et de lutte « pandémie grippale » n°850/SGDSN/PSE/PSN d'octobre 2011) ;
- Le maintien partiel ou total du confinement ou de l'état d'urgence sanitaire ordonné par les autorités et se prolongeant au-delà d'un délai d'un (1) mois ;
- L'utilisation par un Etat ou un groupe terroriste d'armes de toute nature perturbant la continuité des relations commerciales ;
- Des mouvements sociaux d'ampleur nationale.

Les événements ci-dessus pouvant avoir lieu sur tout territoire sur lequel l'exécution de la Convention aurait lieu.

La Partie invoquant un événement constitutif de force majeure doit en aviser l'autre Partie dans les sept (7) jours suivant la survenance de cet événement. Elle devra préciser la nature du ou des événements visés, leur impact sur sa capacité à remplir ses obligations telles que prévues à la Convention ainsi que fournir tout document justificatif attestant de la réalité du cas de force majeure.

Sont considérés comme documents justificatifs notamment mais pas exclusivement toute déclaration, attestation, législation, décret, arrêté ou autres mesures prises par une personne morale de droit public au niveau local, national ou international concernant les événements invoqués comme situations de force majeure.

Dans l'hypothèse où la Partie invoquant une situation de force majeure parviendrait à la caractériser, ses obligations seront suspendues pour un délai maximum de quatre (4) semaines. Toute suspension d'exécution de la Convention par application du présent article sera strictement limitée aux engagements dont les circonstances de force majeure auront empêché l'exécution et à la période durant laquelle les circonstances de force majeure auront agi.

En tout état de cause, les Parties s'efforceront de bonne foi de prendre toutes mesures raisonnablement possibles en vue de poursuivre l'exécution des prestations.

Passé le délai de suspension des obligations, si la situation de force majeure se poursuit, la Convention pourra être résiliée par l'une ou l'autre des Parties.

## **ARTICLE 15. DONNÉES À CARACTÈRE PERSONNEL**

Lorsque les Parties sont amenées dans le cadre de l'exécution de la Convention à traiter des données à caractère personnel, elles se conformeront au règlement général sur la protection des données (RGPD – règlement UE 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016). Elles collaboreront de bonne foi à cette fin, dans le cadre de l'exécution de la Convention.

Les Parties n'encourront aucune responsabilité contractuelle au titre de la Convention, dans la mesure où le respect du RGPD les empêcherait d'exécuter l'une de leurs obligations au titre de la Convention.

## **ARTICLE 16. RÉSILIATION**

En cas de non-respect par l'une ou l'autre des Parties d'une obligation inscrite dans la Convention, celle-ci pourra être résiliée de plein droit par la partie victime de ce non-respect à l'expiration d'un délai de trois (3) mois suivant l'envoi d'une lettre recommandée avec accusé de réception valant mise en demeure. La Convention pourra également être résiliée pour un motif d'intérêt général, conformément aux dispositions du 5<sup>e</sup> de l'article L. 6 du Code de la commande publique ; lorsque l'une ou l'autre des Parties est, au cours de l'exécution du marché, placée dans l'un des cas d'exclusion mentionné aux articles L. 2141-1 à L. 2141-11 du Code de la commande publique ; ou lorsqu'un marché n'aurait pas dû être attribué à un opérateur économique en raison d'un manquement grave aux obligations prévues par le droit de l'Union européenne en matière de marchés qui a été reconnu par la Cour de justice de l'Union européenne dans le cadre de la procédure prévue à l'article 258 du Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne.

L'exercice de cette faculté de résiliation est non rétroactif, ne produit d'effet que pour l'avenir et ne dispense pas la Partie défaillante de remplir les obligations contractées jusqu'à la date de prise d'effet de la résiliation et ce, sous réserve des dommages éventuellement subis par la Partie plaignante du fait de la résiliation anticipée de la présente Convention.

En cas de résiliation anticipée de la Convention, le BRGM présentera à la CCLL un compte rendu détaillé et un bilan financier sur la base desquels la CCLL versera au BRGM les sommes dues au prorata des actions qui auront effectivement été réalisées.

## **ARTICLE 17. DROIT APPLICABLE ET RÈGLEMENT DES LITIGES**

La Convention est régie par la loi française.

Tout différend portant sur la validité, l'interprétation et/ou l'exécution de la Convention fera l'objet d'un règlement amiable entre les Parties dans les conditions fixées par les chapitres Ier et II du titre II du livre IV du Code des relations entre le public et l'administration. En cas d'impossibilité pour les Parties de parvenir à un accord amiable dans un délai de trois (3) semaines suivant sa notification, le différend sera soumis aux tribunaux administratifs compétents.

Fait à Montpellier, le

pour le BRGM  la Présidente-Directrice générale, Catherine LAGNEAU ou par délégation, Christophe POINSSOT	pour la Communauté de communes Lodèvois et Larzac le Président, Jean-Luc REQUI
--	---

# **TempEauKarst : Fonctionnement hydrologique et thermique d'un bassin-versant karstique**

## **Etude hydrogéologique des karsts du Lodévois-Larzac**

### **I. Contexte scientifique du projet en lien avec les besoins du territoire**

Les karsts constituent des objets d'étude hydrogéologique complexes justifiant encore aujourd'hui le développement de méthodes et d'outils de caractérisation et de modélisation adaptée. Ils constituent cependant également des ressources en eau essentielles et fortement sollicitées, notamment en Occitanie. Ces éléments permettent de proposer un projet de recherche innovant traitant de la question du fonctionnement hydrologique et thermique d'un bassin-versant karstique tout en apportant des réponses opérationnelles pour le territoire concerné.

#### **I.1. Contexte et verrous scientifiques**

Les concepts décrivant les processus d'écoulements dans les aquifères karstiques datent pour la plupart des années 70, suite notamment en France aux travaux d'Alain Mangin (1975<sup>1</sup>). Ces concepts se basent sur une partition des écoulements entre la zone d'infiltration et la zone noyée du système karstique, où la réserve en eau souterraine correspond au volume d'eau mobilisé dans la zone noyée une fois que l'infiltration cesse (définissant ainsi le volume dynamique du système karstique). Cette représentation du fonctionnement karstique est remise en cause par la théorie de la karstogénèse par fantômatisation (Quinif, 2010<sup>2</sup>). Ce mécanisme d'altération de la roche constitue une pré-étape à la karstification et permet d'expliquer la présence de grands volumes d'altérites poreuses dans la zone d'infiltration. Selon cette théorie, des formations capables de stocker de grandes quantités d'eau au cours du cycle hydrologique peuvent ainsi se situer dans la zone d'infiltration, et contribuer significativement au débit de base des sources karstiques. Ce type de fonctionnement a notamment pu être identifié dans un contexte géographique proche lors de l'étude hydrogéologique du Causse Méjean sur les exutoires les plus à l'Ouest de ce Causse (ex. de la source de l'Ironselle, n°BSS [BSS002CGFJ](#), rapport [BRGM RP-70327-FR](#)).

Dans ce contexte, le projet de recherche TempEauKarst a pour premier objectif de caractériser le rôle capacitif de la zone d'infiltration dans le fonctionnement hydrodynamique des karsts pour en tenir compte dans l'évaluation des réserves en eau au travers de modèles hydrogéologiques conceptuels et numériques adaptés, ainsi que dans les stratégies de gestion et d'exploitation de cette ressource. Un second objectif relatif aux besoins des milieux aquatiques consiste à quantifier le rôle des karsts sur le maintien de conditions de température compatibles avec le fonctionnement écologique des cours d'eau dans un contexte de changement climatique et d'évolution des usages sur le bassin.

Ces informations sont essentielles pour permettre une exploitation durable de ces ressources. Elles peuvent même ouvrir la voie à une gestion visant à optimiser la recharge des compartiments capacitifs de ces aquifères, afin de mieux soutenir les débits d'étiage.

Deux grandes approches complémentaires seront mises en œuvre conjointement à différentes échelles, l'une s'appuyant sur la caractérisation de la structure de la zone d'infiltration et du rôle des processus d'altération sur son fonctionnement hydrologique, et l'autre se focalisant sur les réponses hydrologiques et physico-chimiques aux exutoires et à l'échelle du continuum fluvial intégrant l'ensemble des flux karstiques.

TempEauKarst permettra ainsi de considérer la réponse hydrologique et physico-chimique du karst à la fois à l'échelle de chaque système karstique, en lien avec les problématiques de gestion et des usages de l'eau sur sa zone de recharge, mais aussi à l'échelle du continuum fluvial pour aborder les questions relatives au milieu, et notamment au travers du soutien d'étiage et du maintien d'une température compatible avec le fonctionnement écologique des rivières associées en basses eaux.

Ce projet abordera les questions scientifiques suivantes (le contenu des tâches est détaillé dans la section suivante):

- **Comment faire évoluer les concepts décrivant le fonctionnement de ces aquifères, et quelles sont les conséquences pour les modèles numériques ? (cf. T2 et T3)**

<sup>1</sup> Mangin, A., 1975. Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques, PhD thesis, Université de Dijon, Dijon, France, 1975. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01575806>

<sup>2</sup> Quinif Y. 2010. Fantômes de roche et fantômatisation – Essai sur un nouveau paradigme en karstogénèse, Karstologia Mémoires, 18, 196p.

- Où sont localisées les réserves en eau et comment sont-elles sollicitées au cours du cycle hydrologique par l'exutoire karstique ? (cf. T2 et T3)
- Comment évaluer le rôle des eaux souterraines sur le fonctionnement hydrologique et thermique d'un continuum fluvial dans un bassin karstique ? (cf. T3)
- Quelles évolutions des débits et de la température peut-on attendre en étiage à l'échelle du bassin-versant karstique face au changement climatique et aux modifications des usages sur le bassin ? (cf. T4)

## 1.2. Zone d'étude

En région Occitanie, les karsts médians (masses d'eau FRDG115 et FRDG125) renferment des ressources en eau souterraines essentielles pour le bassin de l'Hérault. A l'échelle du fleuve Hérault, les apports karstiques totalisent plus de 80 % du débit du fleuve en aval de la traversée des karsts médians. Selon l'EPTBFH, cette ressource en eau d'origine karstique est donc une composante essentielle du fonctionnement hydrologique d'étiage de l'Hérault, stratégique pour la pérennité de l'irrigation et de la production en eau potable du bassin (cf. Projet Grands-Karsts porté par l'EPTBFH). Aujourd'hui, le bassin de l'Hérault est en tension dans plusieurs secteurs, avec des débits du fleuve qui sont à peine suffisants pour les besoins des milieux aquatiques. La Lergue est un affluent de l'Hérault uniquement alimenté en amont par des apports karstiques depuis les karst médians (FRDG125). **Le bassin versant karstique de la Lergue en amont de Lodève constitue un site pilote idéal pour l'étude du rôle du karst sur le fonctionnement hydrologique et thermique d'un bassin-versant méditerranéen à forte composante karstique, comme le bassin de l'Hérault.**

Dans ce contexte, le site d'étude retenu pour le projet TempEauKarst est le bassin d'alimentation de la Lergue en amont de Lodève, couvert par le territoire de la Communauté de communes Lodévois et Larzac (CCLL).

Les objectifs du projet TempEauKarst vont se décliner sur ce territoire afin de mieux comprendre la structure et le fonctionnement des systèmes karstiques du Lodévois-Larzac et des hydrosystèmes qui en dépendent, à savoir la Lergue en amont de Lodève, dont l'exutoire est défini par la station hydrologique [Y2210010](#) (Lergue à Lodève). La zone d'étude comprend le bassin d'alimentation (au sens hydrogéologique) de la Lergue en amont de cette station. La limite stricte de cette zone n'est pas parfaitement connue et dépassera les contours du bassin-versant hydrologique de la Lergue reporté en rouge sur la Figure 1, tout en restant inscrite dans le territoire de la CCLL (contour noir en tireté) pour couvrir les bassins d'alimentation de nombreux systèmes karstiques dont les limites restent à préciser. Des investigations sur les systèmes karstiques limitrophes vers la vallée de la Vis ou de la Sorgue seront notamment nécessaires pour préciser ces limites.

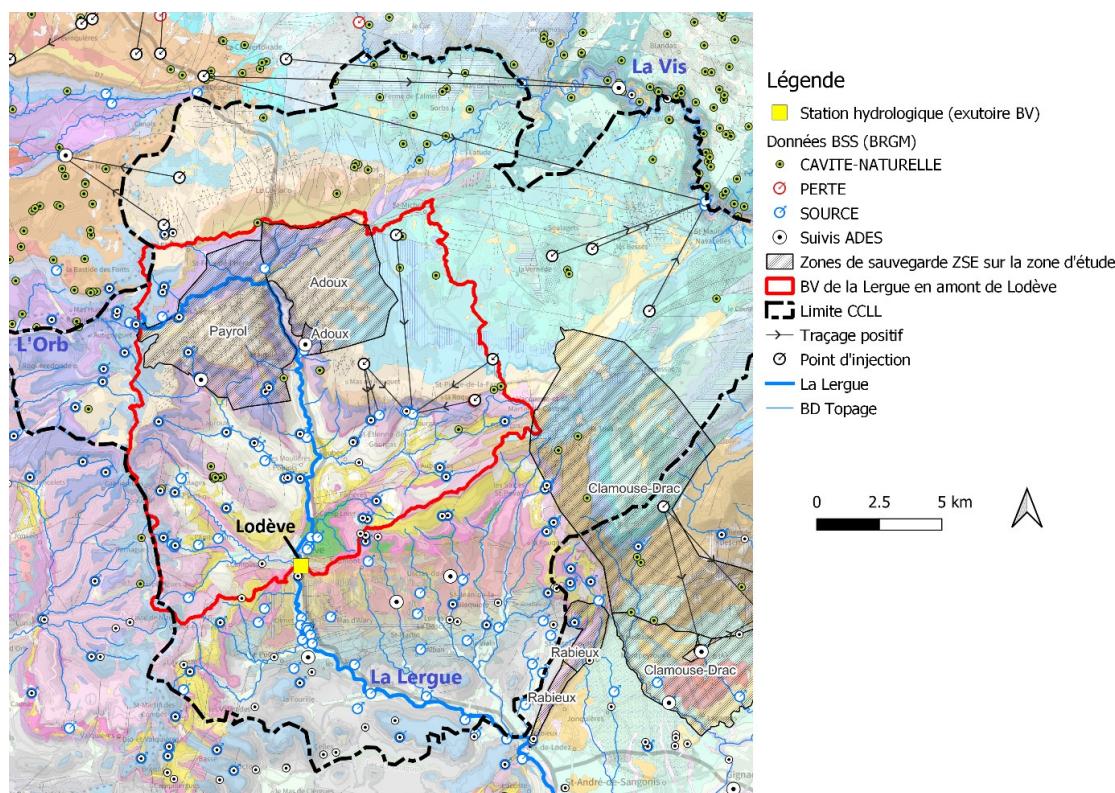


Figure 1: Report du bassin versant de la Lergue en amont de Lodève, des réseaux de suivis, du contour de la CCLL, des limites des ZSE, des données de la BSS (infoterre, BRGM) et des informations issues des traçages (BD-traçages) sur le fond IGN et géologique harmonisé au 1/50000 – les formations aquifères du Jurassique supérieur apparaissent en bleu clair sur le Larzac, les formations aquifères du Jurassique moyen apparaissent en marron clair sur les bordures, et l'aquifère karstique du Lias apparaît en mauve en tête de bassin hydrologique.

Cette zone d'étude s'inscrit dans la partie Sud du Larzac tournée vers la Méditerranée, et plus précisément la partie Héraultaise du Larzac Méridional qui présente des caractéristiques karstiques typiques : absence de cours d'eau et de toute forme de ruissellement sur les plateaux, avec peu de sources pouvant présenter des débits importants dans les vallées. Plusieurs systèmes karstiques drainent les eaux infiltrées pour donner naissance à la rivière de la Lergue dont le débit d'étiage est principalement lié aux apports du système karstique de Ladoux à Pégairoles de l'Escalette, puis aux affluents de la Lergue en aval (Figure 2) : Le Laurounet en rive droite (Cirque de Labeil et système karstique de Lauroux) ainsi que du Payrol et la Brèze en rive gauche (réseau du Banquier et source de l'Avocat). Ces systèmes karstiques sont exploités pour l'alimentation en eau potable tout en contribuant significativement au débit de la Lergue en amont de Lodève, notamment à l'étiage.

A cela s'ajoute :

- **le système karstique de la Sorgue partiellement capté en amont de l'abîme du Mas Raynal au niveau de l'aven de Bouquelaure (commune des Rives, n°BSS [BSS002EPRU](#), rapport BRGM 89 LRO 815 PR), en aval des avens de Tarlentier et de Jack (aven également capté, n°BSS [BSS002EPRT](#)) ;**
- **le système karstique de la Vis, capté à l'aval par les forages F3 amont ([BSS002EPYU](#)) et F4 aval ([BSS002EPYV](#)) de Navacelles, alimenté à la fois par la nappe alluviale de la Vis et par le karst au travers de formations de tufs calcaires sous les alluvions de la Vis ;**

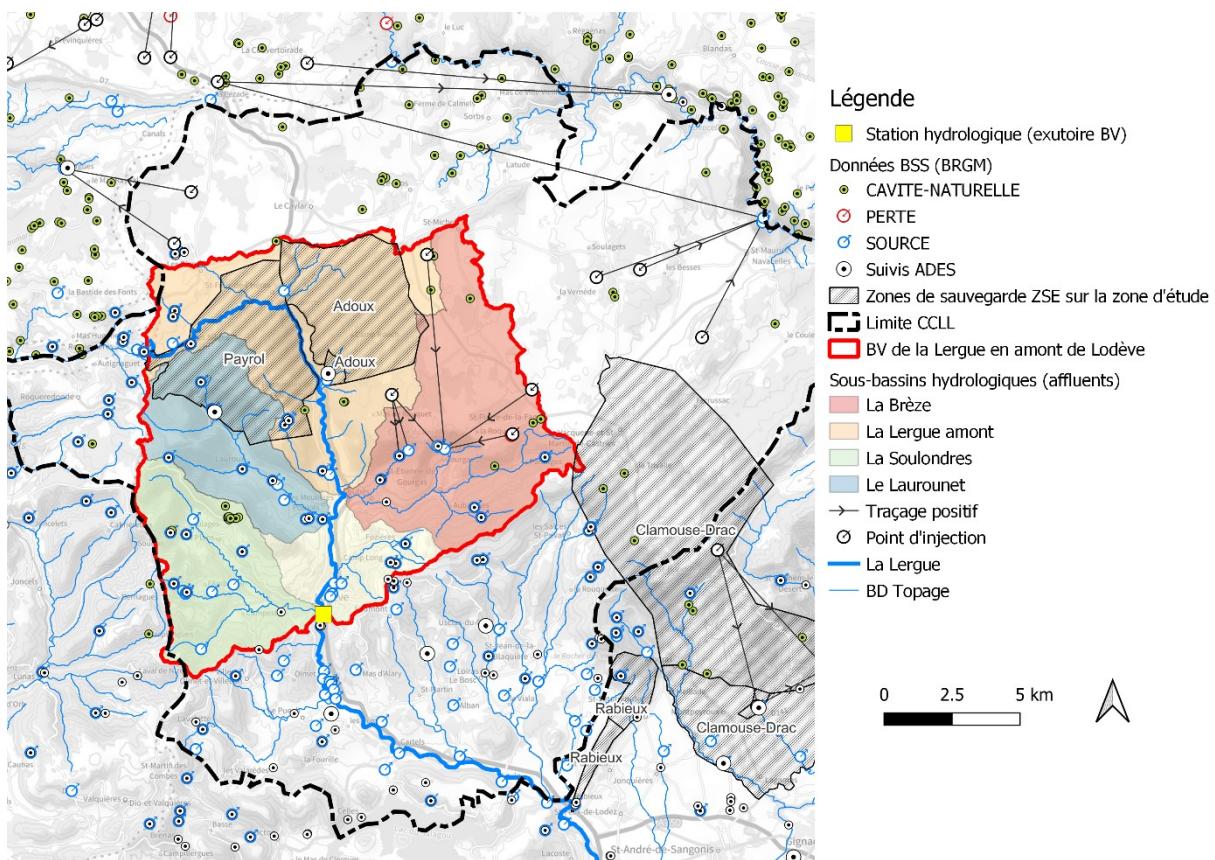


Figure 2: Report des sous-bassins versants de la Lergue en amont de Lodève, des réseaux de suivis, du contour de la CPLL, des limites des ZSE, des données de la BSS (infoterre, BRGM) et des informations issues des traçages (BD-traçages) sur le fond IGN

La zone d'étude du projet TempEauKarst permettra d'améliorer significativement la connaissance des systèmes karstiques alimentant la Lergue en amont de Lodève. Ces systèmes constituent des ressources en eau stratégiques exploitées (dont 2 zones de sauvegarde) ou non encore exploitées pour les besoins AEP, et/ou contrôlent le fonctionnement écologique et maintiennent le bon état quantitatif et qualitatif des eaux de surface à l'aval.

### I.3. Objectifs du projet

Le projet TempEauKarst vise à caractériser et quantifier la disponibilité de la ressource en eau karstique du territoire de la CPLL, à la fois dans l'espace à l'échelle du bassin d'alimentation de chaque système et selon la profondeur, mais aussi dans le temps à l'échelle saisonnière, pluriannuelle, et également dans le futur en analysant l'évolution des usages et du climat sur ce territoire d'ici 2050.

L'échéance 2050 a été choisie en cohérence avec le projet Prospective " Eau et bassin de l'Hérault 2050 " porté par l'EPTB Fleuve Hérault. L'impact de ces évolutions sera analysé du point de vue quantitatif, mais aussi qualitatif en étudiant l'évolution de la température de la Lergue en amont de Lodève.

La définition des ZSE sur le territoire étudié souligne le besoin d'améliorer la connaissance pour préciser les limites des systèmes karstiques exploités, mieux comprendre le fonctionnement du karst, assurer la protection de cette ressource en eau, quantifier les potentialités pour l'AEP et préciser les sites potentiels d'implantation de captages. Ces questions opérationnelle seront également traitées dans le projet TempEauKarst.

Les résultats permettront de connaître les ressources en eau karstique sur le territoire de la CCLL et leur devenir face aux changements climatique et d'usage des sols. Ces connaissances seront utilisées et intégrées à l'échelle du bassin-versant de la Lergue pour quantifier le rôle du karst sur le fonctionnement écologique de la Lergue en condition d'étiage.

Cette analyse de la disponibilité en eau karstique sera ainsi replacé dans le contexte du continuum fluvial de la Lergue pour tenir compte du rôle de la ressource en eau karstique sur le fonctionnement écologique de la Lergue en termes de débit et de température à l'étiage à l'aval des karsts.

La déclinaison des questions scientifiques abordées par le projet de recherche TempEauKarst sur le territoire de la CCLL permettra ainsi de répondre aux questions opérationnelles suivantes :

- **Quelles sont les réserves en eau d'origine karstique mobilisables à l'échelle du bassin-versant karstique de la Lergue? (Quantification – cf. T3 et T5)**
- **Où se localisent ces réserves en eau et sont elles accessibles ? (Révision des modèles conceptuels de structure et fonctionnement– cf. T2 et T5)**
- **Quels sont les délimitations des bassins d'alimentation des systèmes karstiques ? (cf T2 et T3)**
- **Comment va évoluer cette ressource en réponse au changement climatique et aux usages sur le bassin ? (cf. T4)**
- **Quelle est la vulnérabilité de l'hydrosystème « Lergue », du point de vue qualitatif (pollution) et quantitatif (sécheresse et changement climatique)? (cf. T4 et T5)**

En perspectives, pour le territoire de la CCLL, les résultats du projet TempEauKarst permettront d'aborder d'autres questions non traitées dans cette proposition de projet, par ex. :

- **Quelles stratégies de gestion active mettre en place pour renforcer la résilience des systèmes karstiques de la Lergue face à la sécheresse ?**
- **Quel est le risque de prolifération de biofilms à cyanobactéries<sup>3</sup> sur la Lergue compte tenu de son fonctionnement thermique en réponse au changement climatique?**
- **Comment mieux prévoir les crues de la Lergue à Lodève en intégrant un indicateur de l'état hydrologique des karsts dans le diagnostic du risque de crue ? – un rapprochement avec le SPC Méditerranée Ouest sera réalisé au démarrage du projet pour proposer d'inscrire cette action dans le cadre de la convention liant le BRGM à la DGPR.**

#### 1.4. Adéquation du projet avec les besoins

Le projet TempEauKarst crée un lien entre la recherche académique et les besoins exprimés par les gestionnaires du territoire, dont les principaux sont listés ci-dessous :

D'une superficie de 550 km<sup>2</sup>, l'ensemble du territoire de la CCLL est dépendant de la disponibilité de la ressource en eau karstique localisée en tête du bassin versant de la Lergue. La disponibilité de cette ressource en eau d'origine karstique, tant du point de vue quantitatif que qualitatif constitue un enjeu majeur en lien avec les usages actuels et futurs en eau potable ou agricoles sur sa zone de recharge, mais aussi pour le maintien de la biodiversité dans les cours d'eau qui en dépendent (continuité amont-aval).

La mise en œuvre du PGRE s'est traduite récemment par une étude qui a délimité les zones de sauvegarde de plusieurs masses d'eau, dont la masse d'eau FRDG125 qui correspond aux « *Calcaires et marnes des causses et avant-causses du Larzac sud, Campestre, Blandas, Séranne* ». La masse d'eau FRDG125 couvre l'essentiel du bassin d'alimentation hydrogéologique de la Lergue, ce bassin étant couvert en grande partie par la CCLL (Figure 1). La délimitation des zones de sauvegarde de la masse d'eau FRDG125 a été réalisée par le consortium HYDRIAD – IDEES-EAUX – ACTEON pour le CD34, en partenariat avec l'Agence de l'Eau RM&C, et finalisée en 2022. Trois Zones de Sauvegarde Exploitées (ZSE) y ont été définies et caractérisées lors de l'étude de la phase 2 (Figure 2):

- ZSE de Payrol, en rive droite de la Lergue : la totalité de cette ZSE sera couverte par le projet de recherche

<sup>3</sup> Le rapport de l'étude [Cybéri](#) de 2016 montre, sur l'exemple des rivières du Tarn et de la Loue le lien entre les débits, la température de l'eau et le risque de prolifération des cyanobactéries. Mieux connaître l'évolution de ces variables à l'étiage permettra d'anticiper leur prolifération sur le bassin amont de la Lergue.

- ZSE d'Adoux, en rive gauche de la Lergue, dont l'exutoire a fait l'objet d'une étude récente par L. Bourget (stage M1, 2021) encadrée par GM et le BRGM. La totalité de cette ZSE sera couverte par le projet.
- ZSE du captage du DRAC : Seule la limite d'extension de cette ZSE vers le Nord sera précisée dans le cadre du projet de recherche.

Au niveau de l'EPTB Fleuve-Hérault, le projet TempEauKarst se positionne comme un projet pilote du projet « Grands Karsts » porté par l'EPTB. Il aborde sur le territoire de la CCLL l'ensemble des objectifs généraux visés par le projet « Grands Karsts », à savoir :

- **La capitalisation et la mise à disposition des données (cf. T1)**
- **L'amélioration de la connaissance physique des karsts médians (cf. T2, T3)**
- **La compréhension de leur fonctionnement hydrodynamique (cf. T3)**
- **La compréhension des relations entre les karsts et les eaux superficielles (cf. T3)**
- **L'évaluation des conséquences du changement climatique sur le fonctionnement de l'hydrosystème (cf. T4 et T5)**

Au regard des objectifs du PGRE, des projets portés par l'EPTBFH et des actions listées par l'étude des zones de sauvegarde, ce projet permettra **d'améliorer les connaissances hydrogéologiques en lien avec les besoins et attendus exprimés par les collectivités sur le territoire de la CCLL**, cette dernière exerçant les compétences GEMAPI et Alimentation en Eau Potable et engageant des actions de meilleure connaissance et protection de la ressource en eau sur son territoire.

La zone d'étude est pleinement intégrée au Géoparc Terres d'Hérault, en phase de labellisation comme Géoparc mondial UNESCO. A ce titre, des actions d'animations et de médiations scientifiques seront proposées avec le musée de Lodève pour mettre en valeur et informer tout au long du projet sur les résultats, et ainsi contribuer aux missions du Géoparc (cf. T6 – Communication, valorisation et production scientifique).

Ce projet s'inscrit dans la Plan Régional Eau (2023) de la région Occitanie en abordant la question de la disponibilité en eau tout en intégrant pleinement dans la balance les besoins du milieu naturel. TempEauKarst aborde principalement le troisième axe de ce plan (**Sécuriser les besoins en eau des milieux et des activités, pour un meilleur partage de la ressource**) au niveau du défi 40 centré sur l'exploration du potentiel des eaux souterraines et des aquifères, décliné selon l'action h sur « *l'amélioration de la connaissance sur les potentialités d'aquifères méconnus, et notamment les aquifères karstiques* ». Par ailleurs, les actions de communication et de vulgarisation sur les enjeux liés à l'eau d'origine karstique en partenariat avec le musée de Lodève s'inscrivent dans le premier axe de ce plan (**Sensibiliser, mobiliser et être exemplaire sur les enjeux de gestion de la ressource**), et notamment son action phare visant à sensibiliser les plus jeunes et les touristes sur les effets du changement climatique sur l'évolution des ressources en eau du territoire de la CCLL intégré au Parc naturel régional des Grands-Causses. Ces questions seront également abordées dans le cadre des animations et actions de communication et de vulgarisation scientifique proposées pour contribuer aux missions du Géoparc Terres d'Hérault.

TempEauKarst répond également à **l'Orientation Fondamentale OF7 proposée par le SDAGE 2022-2027 du bassin Rhône Méditerranée Corse** visant à « *Atteindre et préserver l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource et en anticipant l'avenir* ».

Enfin, en regroupant des équipes de chercheurs des UMR G-EAU et GM, ce projet s'inscrit dans la dynamique de recherche portée par la plateforme P3M « Zones de Plateaux, Piémonts et Plaines Méditerranéennes », en cours de labellisation par [eLTER](#) comme plateforme centrée sur le bassin-versant de l'Hérault. Cette plateforme dispose déjà d'un identifiant DEIMS pouvant être consulté à l'adresse suivante, la zone étudiée étant en plein cœur de ce projet de plateforme de recherche : <https://deims.org/52340276-14ec-45e9-9b61-5e49ceff3ce1>

## 1.5. Partenariats et comité de suivi du projet

Cette convention de recherche et développement partagés entre la CCLL et le BRGM bénéficiera d'un partenariat déjà actif entre la CCLL et l'UMR Géosciences Montpellier, le service hydrogéologique du Conseil Départemental de l'Hérault, les associations Larzac explo, Vis explo et Céladons, et des interactions avec le Parc naturel Régional des Grands-Causses (PnRGC) et l'EPTB fleuve Hérault. La zone d'étude sera prochainement intégrée au périmètre du PnRGC, ce qui a permis de proposer au Parc de se charger de l'installation des stations hydrologiques qui auront vocation à être pérénisées à l'issue du projet (cf. T1 – l'installation de ces stations sera réalisée en dehors de ce programme via une autre convention entre la CCLL et le PnRGC).

Cette liste de partenaires techniques ou scientifiques travaillant déjà avec la CCLL s'élargira dans le cadre du projet. Les partenaires envisagés sont listés ci-dessous :

- L'UMR Géosciences Montpellier (GM), Univ. Montp.
- L'UMR G-EAU, avec en particulier le BRGM (DEPA/NRE) et l'INRAE (développement de l'outil SIC)
- Le Conseil Départemental de l'Hérault, CD34
- L'association Vis Explo
- L'association Larzac Explo
- L'association Céladon
- Le Parc naturel Régional des Grands Causses (PnRGC)
- L'EPTB Fleuve Hérault
- Le Musée Lodève
- L'OSU OREME
- Spygen (V. Prié)
- Les DDTM/DREAL, et notamment le SPC

Ces partenaires sont proposés pour constituer le comité de suivi du projet, mais aussi, pour certains, contribuer à certaines tâches du projet, notamment :

- Les associations Larzac Explo, Vis Explo et Céladons apporteront leur soutien dans le cadre des conventions déjà en place avec la CCLL pour diverses tâches relatives à l'acquisition et la bancarisation de données ; le PnRGC, avec l'appui du CD34 et dans le cadre d'une convention avec la CCLL, se chargera de mettre en place les stations hydrologiques ayant vocation à être pérénissées, de les entretenir et d'acquérir la donnée associée ; l'EPTBFH mettra à disposition les données et observations réalisées sur la zone d'étude et participera ponctuellement aux campagnes de terrain ; l'OSU OREME sera sollicité pour la mise à disposition et la bancarisation des données, etc.- cf. T1
- L'UMR GM et le BRGM bénéficieront dans le cadre du projet d'un financement pour l'encadrement d'un stage de master et d'une thèse pour étudier le rôle des processus d'altération sur la fonction capacitive et l'organisation du drainage des aquifères karstiques – cf. T2
- Le BRGM et l'INRAE (UMR G-EAU) bénéficieront dans le cadre du projet d'un financement et de temps d'encadrement d'un stage de master sur la modélisation des transferts thermiques dans la Lergue sous l'influence du karst (outil SIC) – cf. T4
- Le Musée de Lodève, en lien avec les missions du Géoparc Terres d'Hérault, se chargera de l'animation scientifique autour du projet et de la médiation auprès des acteurs et habitants du territoire, et notamment les scolaires.

## II. Descriptif du projet par tâches

Les tâches du projet décrites ci-dessous dépendent de la réalisation d'un certain nombre de tâches d'observation (stations complémentaires et traçages artificiels) réalisées par les Observatoires du karst et le Projet Grand Karst telles que définies en Annexe 2. Selon le chronogramme prévisionnel présenté dans la section III. les actions relatives à la mise en place des stations de mesure seront réalisées dès 2024 par le PnRGC. Cette action de l'observatoire du Karst pilotée par la CCLL dans le cadre de l'observatoire des milieux n'est pas prise en compte par le projet TempEauKarst. Un accompagnement scientifique est cependant prévu par le BRGM afin de s'assurer que les futures données acquises répondront bien aux besoins du projet.

### II.1. T1 : Observer

**OBJECTIFS :** (1) Connaître les flux sortants des principaux systèmes karstiques alimentant la Lergue et ses affluents pour réaliser des bilans hydrogéologiques sur au moins 2 cycles complets, estimer les réserves en eau, alimenter en données les modèles ; (2) Bancariser et mettre à disposition la donnée produite selon le concept de « Fair Data ».

#### MÉTHODE :

Ce projet pluridisciplinaire bénéficie d'un ensemble de données déjà acquises ou en cours d'acquisition par les partenaires du projet (réseau de suivi du CD34 et donnée déjà collectées dans le cadre de l'observatoire des Milieux), mais aussi par des compléments d'instrumentation ou des campagnes ponctuelles de mesures au niveau de sources, de cavités spéléologiques, dans les cours d'eau etc. pris en charge par le projet TempEauKarst et réalisés en cohérence avec les besoins en observation du projet Grand-Karst porté par l'EPTBFH. Le projet TempEauKarst bénéficiera ainsi des observations et des stations mises en place par la CCLL dans le cadre de l'observatoire des milieux<sup>4</sup>. Pour ces observations, la tâche T1 du projet TempEauKarst consistera donc :

---

<sup>4</sup> [Suivi des milieux et de la ressource - Lodévois et Larzac \(lodevoisetlarzac.fr\)](http://Suivi des milieux et de la ressource - Lodévois et Larzac (lodevoisetlarzac.fr))

- à animer et apporter une expertise scientifique et technique sur le programme d'acquisition de données et de mise en place de stations hydrologiques prévus dans le cadre des actions de l'observatoire des milieux portées par la CCLL,
- à valider et mettre à disposition les données complémentaires acquises dans le cadre du projet et celles produites par l'observatoire des Milieux,
- à s'assurer tout au long du projet que les données produites par l'observatoire des milieux soient compatibles avec les besoins du projet TempEauKarst, ce qui se traduira par :
  - Des visites de terrain régulières pour valider le positionnement des futures stations et vérifier le bon fonctionnement des stations,
  - L'accompagnement des premières missions de terrain afin de définir les protocoles de mesure et la position des jaugeages,
  - Une participation aux campagnes ponctuelles, notamment pour les suivis des restitutions d'opération de traçages artificiels
  - La participation aux réunions et comités de suivi du projet de l'Observatoire des Milieux

Le projet TempEauKarst participera également aux opérations de traçages relatives à la masse d'eau FRDG125 déjà listées par le projet Grand Karst de l'EPTBFH sur cette zone d'étude par le prêt de matériel et/ou l'aide au dimensionnement ou au suivi des opérations. D'autres traçages seront réalisés pour préciser les limites des bassins d'alimentation ou mieux décrire les modalités de transit d'éventuels contaminants (ex : « pollutogramme » depuis les points d'infiltrations des bassins de décantation de l'autoroute).

Des acquisitions de données seront également menées dans cette tâche pour comprendre le rôle capacitif des fantômes de roche ou identifier les échanges occultes surface/souterrain dans la Lergue en aval des émergences karstiques, notamment avec l'aquifère alluvial. Des méthodes innovantes basées sur des techniques d'injection d'eau ou de traçage artificiel (depuis les formations altérées pour caractériser la dynamique d'écoulement jusqu'au drain karstique) seront mises en œuvre pour caractériser le rôle des fantômes de roche sur le comportement hydrodynamique. Des traçages seront également réalisés depuis les points d'infiltration des bassins de décantation des eaux de l'autoroute A75, en lien avec la tâche 5 du projet et la réhabilitation de ces bassins pour la protection de la ressource.

L'ensemble de ces données sera versé après validation et corrections éventuelles dans un outil si possible unique et partagé par l'ensemble des partenaires dans un format compatible avec le concept de « Fair Data ». Les services proposés par l'OSU OREME ou encore [Cupidon \(geoscience.fr\)](http://Cupidon.geoscience.fr) pourront être utilisés à cette fin (décision à acter en COPIL en cours de projet).

Les exutoires de surface et souterrain qui seront étudiés dans le cadre du projet se répartissent en 4 niveaux :

- **Les stations de niveau 1 (Exutoires principaux)** concernent les points de suivis principaux du projet, définis selon des critères liés à l'importance quantitative ou qualitative de la ressource en eau pouvant y être caractérisée. Deux groupes seront distingués en cours de projet :
  - Niveau 1a : Les stations ayant vocation à être pérennisées après le projet seront mises en place par le PnRGC dans le cadre d'une convention indépendante liant la CCLL au PnRGC, elles pourront nécessiter la mise en place d'un seuil maçonné. Cette liste pourra évoluer en cours de projet.
  - Niveau 1b : Les exutoires et points de suivis hydrologiques importants pour le projet et qui nécessitent la mise en place d'un suivi continu sur une période limitée dans le temps, par exemple pour décrire la réponse à un ou plusieurs épisodes de recharge, suivre une opération de traçage, etc. Elles ne nécessiteront pas d'aménagements particuliers, mais pourront être difficiles d'accès et nécessiter l'intervention de spéléologues (Larzac Explo, Vis Explo ou Celadon). Selon les résultats de l'étude, certaines de ces stations pourront être pérennisées. Ces stations viendront en complément des stations de niveau 1a pour réaliser les bilans hydrologiques à l'échelle de la zone d'étude.
- **Les stations de niveau 2 (Exutoires secondaires)** représentent des exutoires de moindre importance sur la zone d'étude, mais qui ont tout de même été retenus pour être caractérisé ponctuellement lors de campagne de terrain pour des jaugeages ou des prélèvements d'eau (pôle géochimique).
- **Les stations de niveau 3 (Systèmes limitrophes)** correspondent à des suivis sur des systèmes karstiques majeurs limitrophes, qui ne seront pas équipés dans le cadre du projet mais qui feront l'objet de suivis lors d'opérations de traçages.
- **Les stations de niveau 4 (Surface)** correspondent à des suivis hydrologiques au niveau de cours d'eau, la station de la Lergue à Lodève sera complétée par des suivis en amont et sur les affluents.

Tous les points d'eau de niveau 1a, 1b et 4 seront équipés à minima, d'un suivi de hauteur d'eau/température dans le cadre du projet. Les stations de type 1 seront, au moins sur un cycle hydrologique, équipées de suivis physico-chimiques (température et conductivité électrique de l'eau). Le point de mesure pourra être déporté au plus près de l'exutoire. Les compléments relatifs aux suivis physico-chimiques seront pris en charge par le projet.

La liste de ces exutoires a été définie lors de la réunion préparatoire du 08/02/2024 réunissant les différents partenaires du projet. Cette liste prévisionnelle est reportée dans le Tableau 1 par sous-bassin versant ou bassin-versant hydrologique limitrophe de la Lergue. Le numéro associé correspond à l'étiquette reportée sur la carte de la Figure 3.

SOUS-BV LERGUE ET BV LIMITROPHES	NIV1 (A ET B) <b>EXUTOIRES PRINCIPAUX</b>	NIV2 <b>EXUTOIRES SECONDAIRES</b>	NIV3 <b>SYSTÈMES LIMITROPHES</b>	NIV4 <b>SURFACE</b>
<b>LERGUE</b>	<u>Ladoux + Le Loup</u> (1, 2) Mas de Pater n°1 (3) Rivière sout. du Bousquet (4)	Sambugede (16) Pont du Devois (17) Rials (18)		Lergue à Péguairolles (32), Lergue à Lodève (33), Lergue aval Laurouillet (34)
<b>BRÈZE</b>	<u>Avocat</u> (5) <u>Bergère</u> (6) <u>Bronzinadouïre</u> (7) <u>Coutelles</u> (8)	Bourbounelle (19) Camp du Lac (20) Junquas (21)		La Brèze aval (35)
<b>LAUROUNET</b>	<u>Labeil1</u> (9) <u>Labeil2</u> (10) <u>Payrol1</u> (11) et 2 (12) Fontreboule (13)	Rauzet (22) Trinquier (23) Labranche (24)		
<b>SOULONDRES</b>		Soulages (25) Vernède (26)		La Soulondres à Lodève (36)
<b>LA SORGUES</b>	Aven (14)	Bouquaure	Tarrentier (27)	Source de la Sorgues (28)
<b>LA VIS</b>	Forage F3 de Navacelles (15)			Foux de la Vis (29) Gourneyrou (30) Gourneyras (31)
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

Tableau 1: Liste prévisionnelle des points d'eau qui seront étudiés dans le projet TempEauKarst

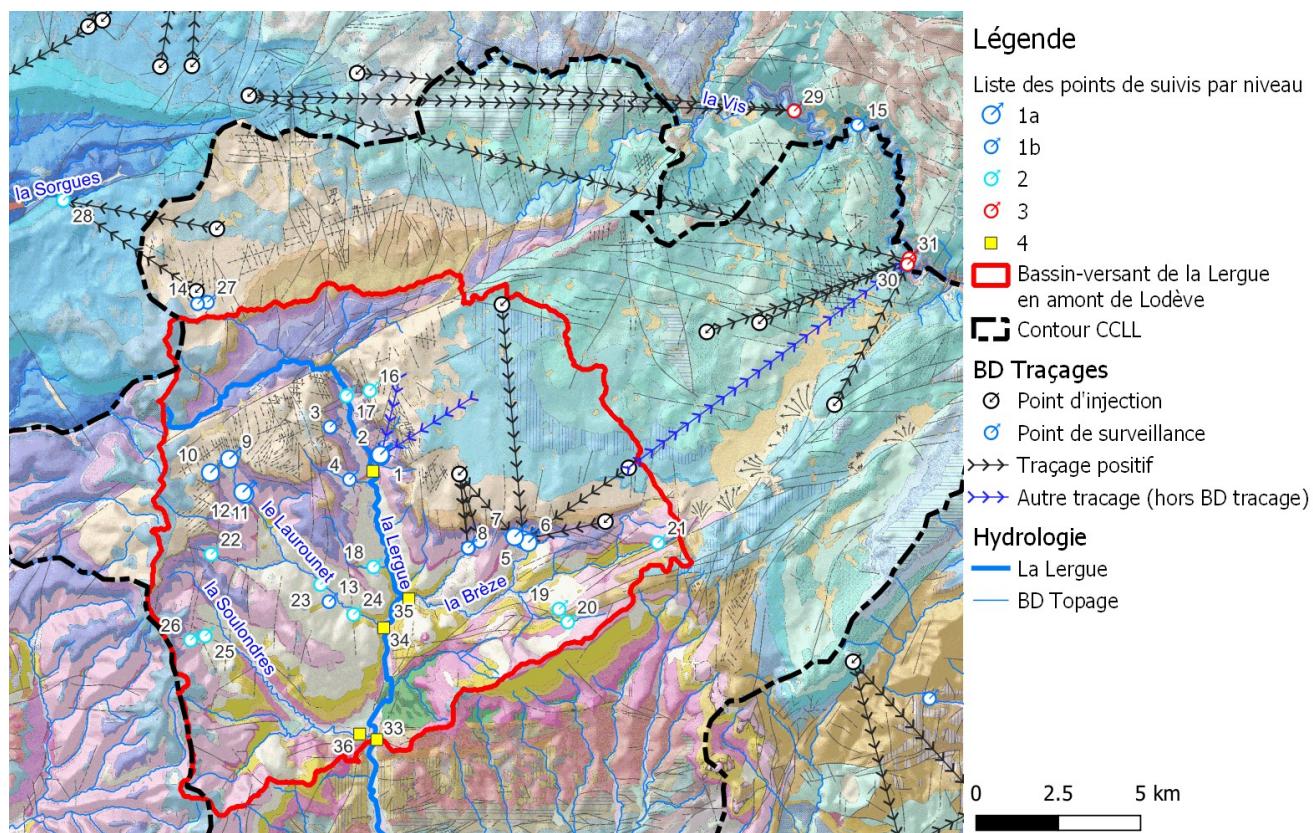


Figure 3: Carte de localisation des stations de mesure prévues pour le projet TempEauKarst

## II.2. T2 – Caractériser la structure et le fonctionnement hydrologique du réservoir

**OBJECTIFS :** (1) Décrire la structure des différents systèmes karstiques et la géométrie des réservoirs aquifères associés (coupes géologiques), (2) décrire la capacité de stockage de la zone d'infiltration et son rôle sur le soutien des étiages, (3) définir la structure et les lois de fonctionnement qui seront utilisées pour la modélisation du fonctionnement des karsts (T3).

### MÉTHODE :

Une étude géologique et karstologique est proposée pour identifier la capacité de stockage d'eau des formations karstifiées et les structures de transfert rapide, avec un focus sur le rôle des processus d'altération dans la zone d'infiltration. Ils seront réalisés dans le cadre d'une thèse en co-encadrement GM/BRGM, avec les objectifs suivants (cf. description du sujet de thèse plus détaillée en annexe 1) :

- Décrire la structure des réservoirs aquifères de la zone d'étude
- caractériser les faciès d'altération en lien avec les propriétés hydrodynamiques et hydrodispersives observés à l'exutoire ou au sein des formations altérées,
- décrire les étapes de karstogénèse en lien avec les évolutions du niveau de base, des dynamiques de recharge (concentrées, réparties), du retrait des couvertures imperméables ou semi-perméables, des caractéristiques structurales et lithologiques permettant de développer des profils d'altération, etc.,
- proposer un nouveau modèle conceptuel d'évolution et de fonctionnement d'un aquifère karstique sur la base des résultats apportés par l'étude sur le territoire de la CPLL,
- proposer une adaptation des modèles numériques d'écoulement de l'eau à l'échelle du système karstique ou de déplacements de solutés (traceur parfait) à l'échelle d'un système traçage.

Cette thèse nécessitera des observations complémentaires ponctuelles ou sur plusieurs années sur les systèmes karstiques étudiés, et éventuellement sur des sites karstiques limitrophes : datations de galets de quartz, mise en place de sondes de mesure pression/température/conductivité/fluorescence dans les zones altérées etc.

La thèse proposée dans le cadre de ce projet abordera également la tâche suivante par la construction des modèles numériques pluie/débit/physico-chimie. Ce travail bénéficiera des résultats récents et novateurs acquis dans le cadre des thèses d'Oswald Malcles (encadrement GM, ex : Malcles et al., 2020, 2024<sup>5</sup>) de Céline Baral (encadrement GM, Baral et al., 2024<sup>6</sup>) et de Lise Durand (BRGM/GM).

## II.3. T3 – Caractériser et modéliser le fonctionnement hydrogéologique, hydrologique et thermique

**OBJECTIFS :** (1) Décrire le fonctionnement hydrodynamiques et la réponse physico-chimique des différents systèmes karstiques et délimiter leur bassin d'alimentation (traçage naturel, artificiel, bilans hydrologiques etc.), (2) Estimer les réserves en eau d'origine karstique et leur rôle sur le soutien des débits de la Lergue, (3) proposer un modèle conceptuel puis un modèle numérique de fonctionnement hydrologique du bassin-versant karstique de la Lergue reproduisant l'évolution du débit et de la température d'étiage.

### MÉTHODE :

La caractérisation du fonctionnement karstique s'appuiera sur des approches de traitement de chroniques classiquement utilisées et facilement mise en œuvre via l'outil XLKarst<sup>7</sup> du BRGM (calculs d'indicateurs, analyses corrélatoires et spectrales, courbes des débits classés, analyse des récessions et calcul du volume dynamique, etc.). Des méthodes alternatives ou plus adaptées au contexte pourront également être spécifiquement développées pour décrire le rôle de la zone d'infiltration sur la dynamique des écoulements à chaque exutoire.

5 **Malcles, O., Vernant, P., Chery, Ritz, J.-F., Cazes, G., et Fink, D., 2020. Âges d'enfouissement, fantômes de roches et structuration karstique, cas de la vallée de la Vis (Sud de la France) », Géomorphologie : relief, processus, environnement, <http://journals.openedition.org/geomorphologie/15043>**

**Malcles, O., Vernant, P., Fink, D., Cazes, G., Ritz, J.-F., Fujioka, T., et Chery, J., 2024. Cosmogenic nuclide-derived downcutting rates of canyons within large limestone plateaus of southern Massif Central (France) reveal a different regional speleogenesis of karst networks, Earth Surf. Dynam., 12, 679–690, <https://doi.org/10.5194/esurf-12-679-2024>**

6 **Baral, C., Séranne, M., Camus, H., Jouves, J., 2024. Impact of alteration corridors on karst reservoir organisation and evolution of groundwater flow path: An example from the southern border of the Larzac Causse, southern France. BSGF - Earth Sci. Bull. 195, 4. <https://doi.org/10.1051/bsgf/2023017>**

7 **XLKarst : une application Excel pour la caractérisation hydrodynamique des systèmes karstiques | BRGM**

L'analyse de la réponse physico-chimique, couplée à l'analyse de la dynamique de restitution de traçages artificiels permettra de caractériser la vulnérabilité des systèmes face aux activités de surface et aux pollutions accidentelles. Des campagnes géochimiques ciblées (au moins 2 campagnes pour 2 conditions hydrologiques contrastées pour les éléments majeurs, complétés par des analyses de traces ou isotopiques selon le contexte) viendront préciser l'origine de l'eau et caractériser la lithologie du réservoir aquifère afin de mieux connaître les zones de stockage et de transit de l'eau.

Le croisement des données structurales, géologiques et des informations hydrogéologiques (traçages, bilan, origine de l'eau etc.) permettra de proposer les limites d'extension des systèmes karstiques, en précisant les incertitudes associées et les éventuels mécanismes de diffluence (ex : traçage récent sur l'aven du Cochon) selon les conditions hydrologiques.

Des modèles hydrologiques globaux (modélisation type réservoir) seront développés au pas de temps journalier pour simuler le fonctionnement quantitatif (débit) des systèmes karstiques, au niveau de chaque exutoire majeur disposant d'un suivi hydrologique. Si nécessaire une approche semi-distribuée (par ex. via l'outil EROS<sup>8</sup>) sera développée pour les systèmes qui présenteront des sous-bassins avec des caractéristiques hydrogéologiques différentes. Le travail de thèse permettra de tester différentes configurations de modélisation en cohérence avec les résultats de la T2 sur la structure des aquifères karstiques.

Les débits issus de ces modèles seront intégrés dans un modèle 1D d'écoulement à surface libre (modélisation hydraulique) couplé à un modèle de transfert thermique prenant en compte les échanges avec l'atmosphère. L'utilisation de l'outil SIC<sup>9</sup> développé par l'UMR G-EAU est envisagé à cette fin, pour une modélisation du transport thermique en régime permanent en condition d'étiage.

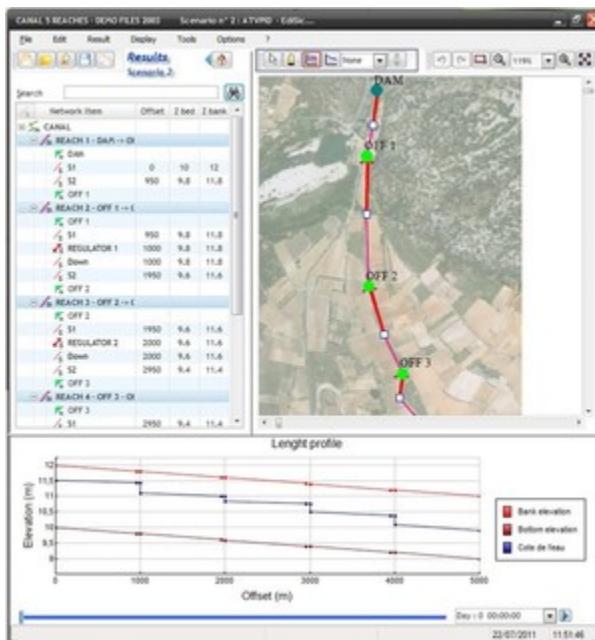


Figure 4: Exemple de vue de l'outil SIC permettant de décrire par des actions en tranches les caractéristiques géométriques de chaque tronçon le long de la rivière modélisée (<https://sic.g-eau.fr/>)

Un exemple de vue de cet outil est présenté en Figure 4. Une caractérisation des transferts et des échanges surface/souterrain le long du continuum fluvial de la Lergue sera réalisée dans cette tâche en lien avec la T1 pour alimenter ce modèle numérique de transfert d'eau et de température sur les stations le long de la Lergue jusqu'à l'exutoire de la zone d'étude (station de la Lergue à Lodève).

#### II.4. T4 – Prévoir l'évolution hydrologique et thermique du bassin-versant karstique face au changement climatique

**OBJECTIFS :** (1) Sélectionner plusieurs scénarios de modèles climatiques permettant d'encadrer les incertitudes relatives à l'évolution de la recharge des aquifères karstiques, en tenant compte de l'évolution des usages sur leur bassin d'alimentation (activité anthropique, évolution des couverts forestiers, développement viticole, évolution de l'élevage, etc), (2) sélectionner des indicateurs décrivant l'état quantitatif et qualitatif du bassin-versant karstique de la Lergue puis (3) calculer ces indicateurs à partir des données disponibles (situation actuelle) et leur évolution à partir des sorties de modèles pour les différents scénarios (prospective).

8 ÉROS : un logiciel de modélisation hydrologique semi-globale d'un bassin versant découpé en sous-bassins | BRGM

9 Simulation de la température - SIC<sup>2</sup> : Logiciel de Simulation Intégrée des Canaux et de leur Contrôle (g-eau.fr)

## **MÉTHODE :**

Une approche multi-modèle climatiques issus du portail DRIAS (<http://www.drias-climat.fr/>) (scénarios du GIEC) permettra d'encadrer les incertitudes et d'alimenter les autres tâches en tendance d'évolution d'indicateurs issus de statistiques sur les débits et les flux de chaleur. Le BRGM apportera son savoir-faire acquis lors de projets antérieurs financés par l'AERMC depuis 2014 (Projet Recharge 2 finalisé en 2019) pour la partie relative à l'évolution de la recharge.

Les résultats et conclusions seront replacés dans le contexte de changement global (usage du sol sur le bassin d'alimentation et climat) pour identifier les évolutions attendues de la ressource en eau et du fonctionnement des hydro-systèmes qui dépendent de cette ressource karstique et mieux caractériser l'impact du changement climatique déjà perceptible à l'échelle du bassin-versant de la Lergue. Les sorties des modèles issus de la T3 seront utilisées pour analyser le rôle (actuel) du karst sur le maintien de conditions compatibles avec le fonctionnement écologique de la Lergue par le calcul d'indicateurs de l'état quantitatif et qualitatif s'appuyant sur les variables de débit et de température de l'eau.

Les différents scénarios climatiques (approche multi-modèles) et d'usage du sol retenus pour simuler l'évolution de la recharge seront utilisés dans les modèles développés par la T3 pour simuler l'évolution de ces indicateurs à plus long terme (2050), à l'aide des sorties de modèles d'écoulements karstiques et aux niveaux des différents exutoires de surface le long de la Lergue.

Ce travail sera réalisé en relation avec le projet ESTHER du BRGM sur le « Rôle des eaux souterraines dans la régulation de la température des refuges thermiques – Observation & Modélisation Conceptuelle » dans le cadre de la convention cadre BRGM/Agence de l'Eau, notamment pour le développement méthodologique et l'identification des métriques hydrologiques et thermiques pertinentes pour décrire l'état quantitatif et qualitatif de la ressource en eau.

## **II.5. T5 – Synthèse : Disponibilité et vulnérabilité de la ressource en eau face au changement climatique et aux pressions anthropiques**

**OBJECTIFS :** (1) Mettre en cohérence l'ensemble des résultats des différentes tâches, (2) traduire ces résultats sous forme cartographique afin de décrire spatialement la vulnérabilité de la ressource en eau et la répartition de l'aléa relatif aux pollutions ponctuelles (accidentelles et chroniques), (3) apporter des éléments synthétiques (cartes, tableaux) utiles pour la protection de la ressource en eau, notamment à destination des hydrogéologues agréés et des bureaux d'études, (4) émettre des recommandations sur la gestion de la ressource eau karstique à l'échelle du territoire de la CCLL au regard des enjeux relatifs à la préservation du fonctionnement écologique de la Lergue.

## **MÉTHODE :**

Une analyse de la disponibilité de la ressource en eau actuelle et future sera proposée afin d'identifier les systèmes karstiques pouvant faire l'objet de prélèvements et d'identifier les zones les plus favorables (en x, y et z) et les meilleures stratégies d'exploitation au cours du cycle hydrologique au regard de l'ensemble des enjeux, y compris d'ordre écologique pour la rivière Lergue.

Une analyse de la vulnérabilité à la pollution (ponctuelle, accidentelle ou chronique) sera également menée à l'échelle de la zone d'étude via une approche cartographique multicritère, conditionnée par les informations issues des tâches T2 et T3, incluant des opérations de traçages spécifiques (avens, bassins de décantation de l'autoroute). Des développements méthodologiques seront proposés pour mieux prendre en compte le rôle des formations altérées et de la fantômerisation dans le calcul de l'indicateur spatialisé de vulnérabilité intrinsèque globale. Des recommandations seront également proposées pour aider les hydrogéologues agréés à proposer des servitudes et des tracés de périmètres de protection intégrant l'ensemble des connaissances acquises en cas de renouvellement de DUP ou de mise à jour (Ex. du captage de Payrol).

## **II.6. T6 – Communication, valorisation et production scientifique**

**OBJECTIFS :** (1) Communiquer auprès du grand public sur le projet et ces résultats au fur et à mesure de son avancement, (2) proposer des animations grand-public et à destination des scolaires sur le thème de la ressource en eau, (3) fournir un rapport d'étude complet et un rapport de synthèse répondant aux besoins exprimés par les gestionnaires sur tout le territoire de la CCLL, (4) valoriser scientifiquement les résultats du projet via le travail de doctorat, la production d'articles scientifiques et la participation à des congrès nationaux et internationaux.

## **MÉTHODE :**

La communication autour du projet et de ses résultats s'appuiera notamment sur le musée de Lodève, et les partenariats qui seront mis en place avec le Géoparc Terres d'Hérault<sup>10</sup>. Le projet fournira des éléments de communication vers le grand public tels que des bulletins d'informations, la réalisation de film de présentation du projet, la tenue de réunions publiques (au moins 2 au début et à la fin), la réalisation de cartes de synthèse à vocation pédagogique (grand format, en relief, cf. résultats de l'étude hydrogéologique du Causse Méjean menée par le BRGM), des projets éducatifs avec les scolaires (ex : Créer une maquette avec visualisation des circulations souterraines), la mise en valeur de l'étude du karst et l'historique de la spéléologie sur le territoire de la CCL avec le musée et l'association Larzac explo.

Cette tâche assurera aussi avec la T1 la mise à disposition des données produites.

Du point de vue scientifique, cette tâche aura également pour objectif de valoriser le projet par des communications scientifiques (conférences internationales) des articles scientifiques, notamment en lien avec le doctorat, et contribuer ainsi à la reconnaissance scientifique de la plateforme P3M du réseau eLTER.

Enfin, cette tâche assurera la production des rapports de l'étude et leur diffusion sur les serveurs publics (infoterre, SIGES). Trois rapports seront produits par le BRGM :

- **Un rapport intermédiaire au bout de 2 ans afin de présenter le réseau de mesure, les données acquises et faire état de l'avancement du projet,**
- **Le rapport final de l'étude en fin de projet couvrant l'ensemble des résultats de toutes les tâches du projet,**
- **Un rapport de synthèse, également remis en fin de projet, présentant de manière synthétique les résultats et conclusions de l'étude, ainsi que des cartes de synthèse répondant aux besoins des gestionnaires sur tout le territoire de la CCLL.**

### **III. Chronogramme prévisionnel**

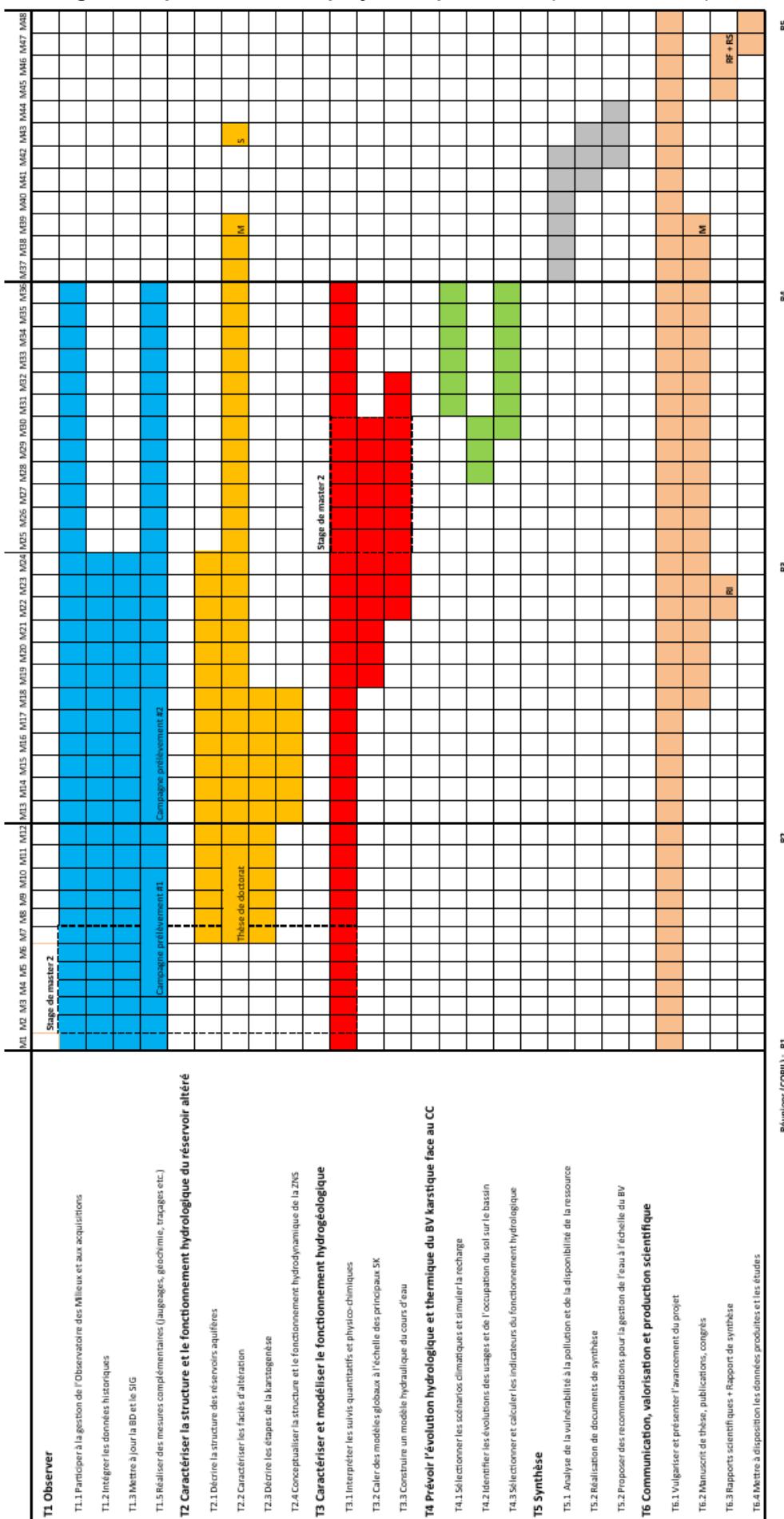
Le projet est prévu pour une durée de 4 ans, pour un démarrage à la date de signature de la convention. La thèse est prévue sur la période Sept. 2025 à Sept. 2028.

Le chronogramme prévisionnel est présenté page suivante.

---

10 [Accueil - Geoparc Hérault \(herault.fr\)](http://Accueil - Geoparc Hérault (herault.fr))

## Chronogramme prévisionnel du projet TempEauKarst (durée de 4 ans)



Jointons : M=Manuscrit de thèse, S=Soutenance de thèse, RI=Rapport de COPIL, RI+R=Report Intermédiaire, RF=Rapport Final, RS=Report de Synthèse

## **ANNEXE A2 : ANNEXE FINANCIÈRE**

<b>Tâches</b>	<b>Montant (€ HT)</b>
<b>Tâche 0</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestion de projet</li> <li>- Réunions de projet</li> <li>- Coordination des équipes</li> <li>- Organisation des COPIL/COTECH</li> </ul>	40 k€
<b>Tâche 1 : Observer</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Participer aux actions de l'Observatoire des Milieux (cf. Annexe 2)</li> <li>- Intégrer les données historiques dans une base de données</li> <li>- Mettre à jour continuellement la base de données (correction/validation)</li> <li>- Créer/partager/mettre à jour un outil SIG</li> <li>- Mesures complémentaires / prélevements chimie</li> </ul>	80 k€
<b>Tâche 2 : Caractériser la structure et le fonctionnement hydrologique du réservoir altéré</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Financement contrat doctoral (contrat BRGM)</li> <li>- Encadrement du doctorant par le BRGM</li> </ul>	180 k€
<b>Tâche 3 : Caractériser et modéliser le fonctionnement hydrogéologique et hydrologique</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interprétation des données (suivis quantitatifs et physico-chimique)</li> <li>- Modélisation globale des systèmes karstiques</li> <li>- Modélisation hydraulique et thermique 1D/1.5D du BV</li> <li>- Financement de 2 stages de master 2</li> </ul>	120 k€
<b>Tâche 4 : Prévoir l'évolution hydrologique et thermique du bassin-versant karstique face au changement climatique</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sélection des modèles climatiques et estimation de la recharge</li> <li>- Evolution des usages sur le territoire</li> <li>- Contrôler/interpréter les sorties des simulations (actuelles et futures)</li> </ul>	40 k€
<b>Tâche 5 : Synthèse - Disponibilité et vulnérabilité de la ressource en eau face au changement climatique et aux pressions anthropiques</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Synthèse des résultats</li> <li>- Analyse de la disponibilité en eau sur le territoire</li> <li>- Analyse de la vulnérabilité quantitative (indicateurs) et qualitative (cartes)</li> <li>- Proposition de recommandations pour les gestionnaires</li> </ul>	40 k€
<b>Tâche 6 : Communication, valorisation et production scientifique</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rédaction de 3 rapports (intermédiaire, final et synthèse)</li> <li>- Contribution/Organisation de réunions publiques, événements etc.</li> <li>- Production scientifique (articles, conférences)</li> </ul>	80 k€
<b>Montant total HT en €</b>	<b>580 k€</b>
<b>Part BRGM (€ HT) – 50%</b>	<b>290 k€</b>
<b>Part CCLL (€ HT) – 50%</b>	<b>290 k€</b>
	dont aide AERMC (80% prévisionnel, en attente de notification)
TVA part CCLL (20 %)	58 k€
<b>Montant CCLL €TTC (TVA 20%)</b>	<b>348 k€</b>

### ANNEXE A3 : DESCRIPTON DU SUJET DE THÈSE

<b>Titre (français)</b>	Rôle des processus d'altération sur la fonction capacitive et l'organisation du drainage des aquifères karstiques
<b>Mots-clés (5 max)</b>	<i>Karst, altération, hydrodynamique, karstogenèse</i>
<b>Titre (anglais)</b>	Role of weathering processes on the capacitive function and drainage organization of karst aquifers
<b>Keywords (5 max)</b>	<i>Karst, weathering, hydrodynamics, karstogenesis</i>

<b>Directeur.e de thèse (Nom, Prénom)</b>	Philippe Vernant
<b>Co-encadrant.e BRGM</b>	Vincent Bailly-Comte
<b>Laboratoire d'accueil de rattachement</b>	Géosciences Montpellier
<b>Ecole Doctorale</b>	GAIA
<b>Employeur prévu (Université, BRGM, ...)</b>	BRGM

<b>Directeur.e de thèse</b>	Philippe Vernant
<b>HDR (ED, Date)</b>	Université de Montpellier, 10/11/2010
<b>Encadrement de thèses passées (nb)</b>	11
<b>Encadrement de thèse en cours (nb)</b>	2

<b>Encadrant.e BRGM</b>	Vincent Bailly-Comte
<b>Doctorat (année de soutenance)</b>	2008
<b>HDR (ou date prévisionnelle de soutenance si en cours)</b>	A prévoir durant la durée de la thèse (avant 2028)
<b>Encadrement de thèses passées (nb)</b>	3
<b>Encadrement de thèse en cours (nb)</b>	1

#### Résumé

L'augmentation des besoins en eau face à l'évolution des usages et au changement climatique requiert des stratégies de gestion et d'exploitation durables des ressources. Dans le contexte climatique Méditerranéen, et notamment en France, de nombreuses masses d'eau karstiques sont identifiées comme des ressources stratégiques à préserver pour le futur, ce qui implique de mieux les connaître pour mieux les protéger, en intégrant les besoins relatifs au milieu. C'est dans ce contexte qu'est construit le projet TempEauKarst, coordonné par le BRGM et porté par la Communauté de Commune du Lodévois-Larzac (CCLL) dans lequel s'inscrit ce projet de thèse. Celle-ci a pour objectif de comprendre le rôle des processus d'altération sur la fonction capacitive et l'organisation du drainage afin de faire évoluer les concepts relatifs au transfert d'eau dans les karsts. La méthodologie s'appuiera à petite échelle sur une caractérisation géologique et pétrophysique des roches constituant le réservoir et leur degré d'altération. Des méthodes hydrogéophysiques, hydrogéologiques et hydrochimiques seront déployées en parallèle pour aborder cette question à plusieurs échelles. L'observatoire étudié est intégré à la plateforme d'observatoires P3M (Plateau, piémont et plaines Méditerranéennes) en cours de labellisation par eLTER, rattaché à la stratégie d'observation OZCAR au niveau national, et s'inscrit localement dans la dynamique du Projet Grand Karst porté par l'EPTB Fleuve-Hérault.

#### Mots-clés en français (5 max)

*Karst, altération, hydrodynamique, karstogenèse*