



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Séance technique du CFMR – 19 mars 2026

Mise en sécurité d'anciens ouvrages miniers – quelques cas emblématiques

J. Morel, M. Dietz, V. Hoang, F. Rivet

<https://dpsm.brgm.fr/>

Après-mine opérationnelle
dpsm 

Le contexte après-mine en France – importante histoire minière

- Nombreux bassins miniers et mines de tailles très variables et très dispersées.
- Plus de 800 sites, exploités sur plus de 2 siècles, voire plus.

Géologie favorable

- « vieux » massifs cristallins
- « jeunes » massifs cristallins
- vastes bassins sédimentaires (Primaire & Secondaire)

Principaux districts (date dernière fermeture)

Tungstène (1986)

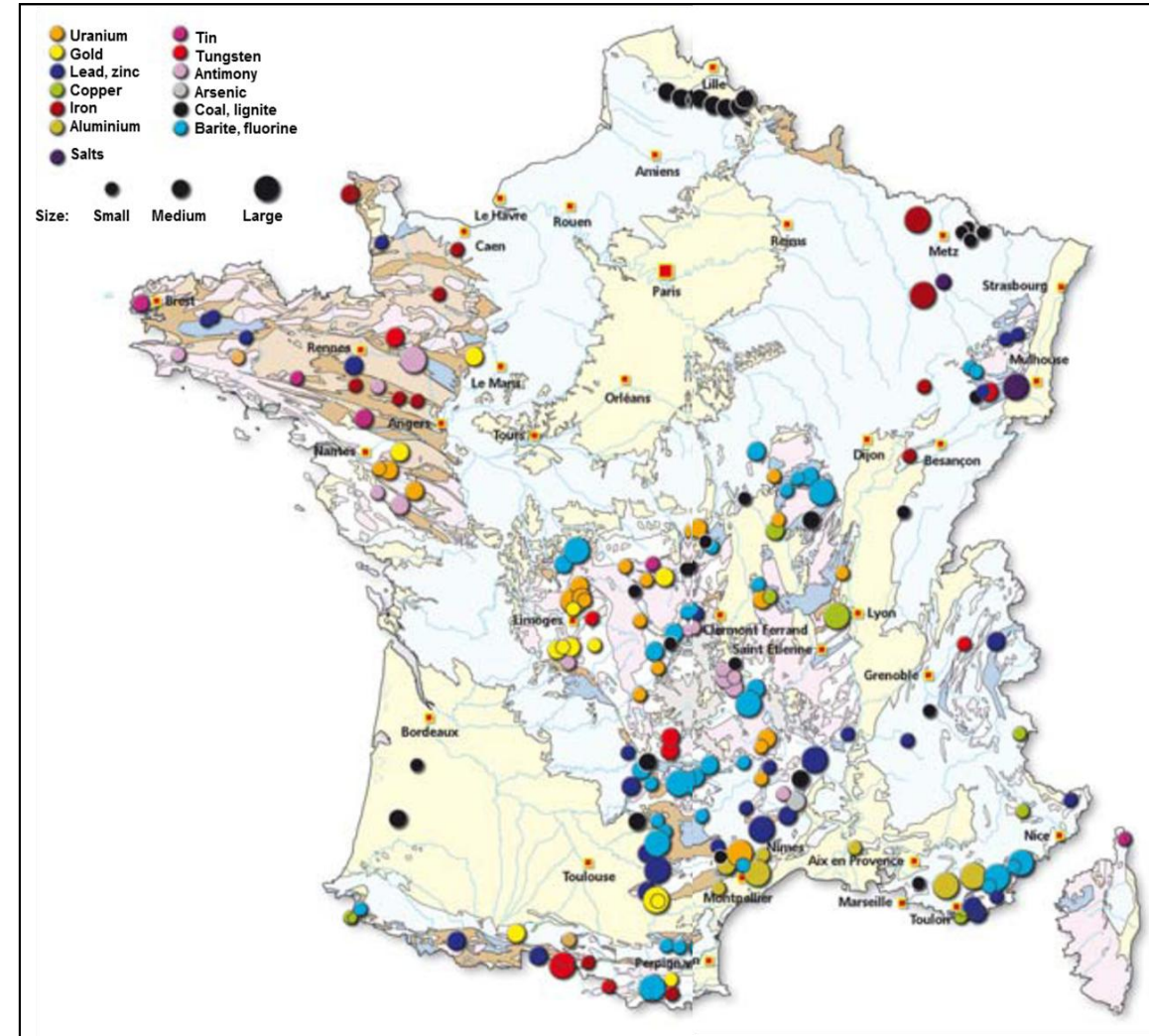
Fer (1995)

Uranium (2001)

Potasse (2003)

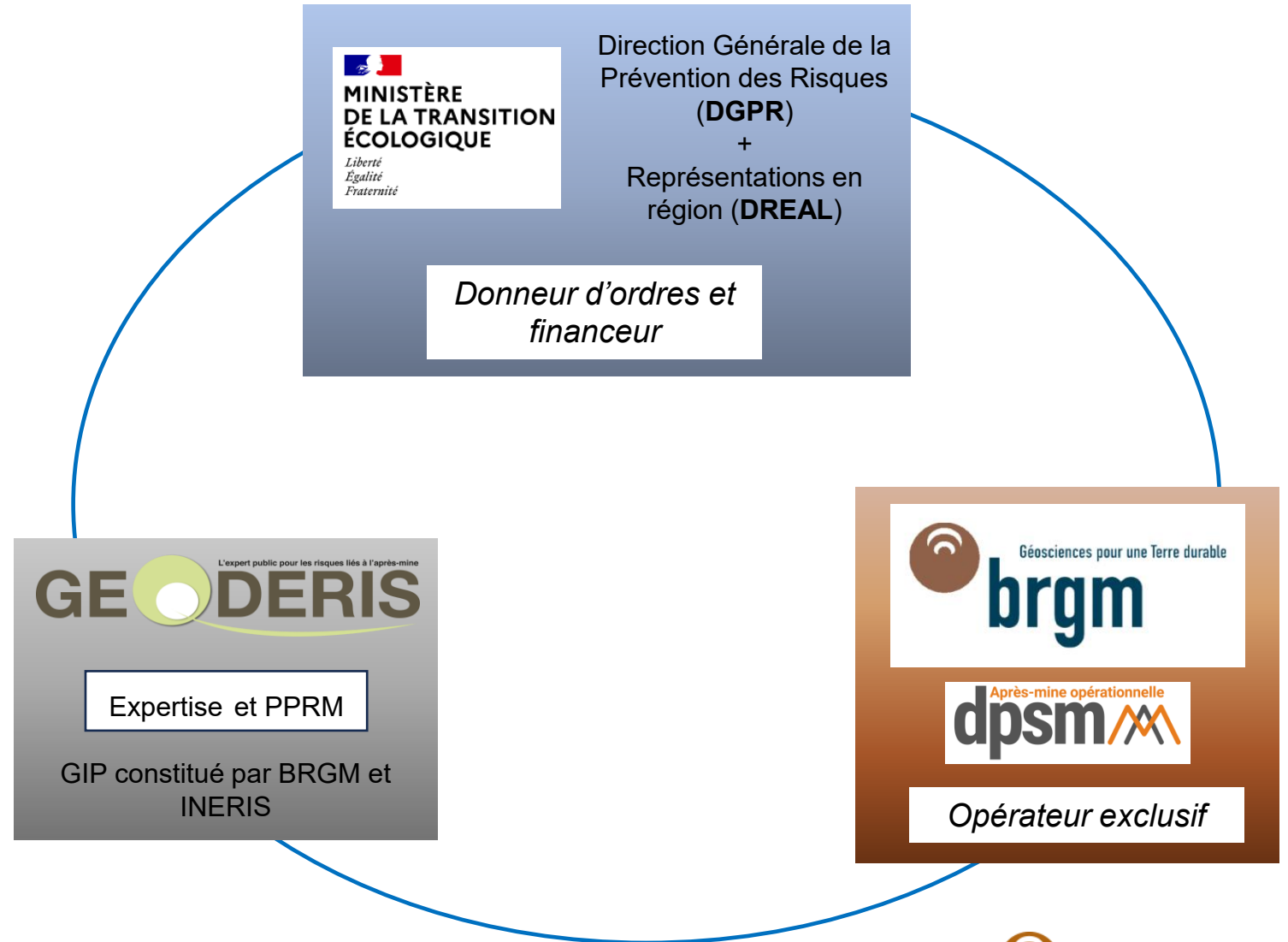
Or (2004)

Charbon (2004)



Le contexte après-mine en France – les acteurs

- Fin des années 90, importants dégâts miniers dans le bassin ferrifère lorrain.
- 1997 – 2006 : Mise en place progressive du cadre de la gestion des risques post-miniers.
 - GEODERIS: diagnostic/expertise, cartographie.
 - DPSM: gestion opérationnelle.
- Les missions de la DPSM:
 - **Mise en sécurité des anciens sites miniers**
 - **Surveillance des anciennes installations minières**
 - Gestion de dégâts miniers
 - Gestion des archives minières
 - Renseignement minier



Le contexte après-mine en France – la DPSM

Organisation géographique

- 1 direction nationale et une unité de support technique (DIR)
- 4 unités régionales (UTAM)

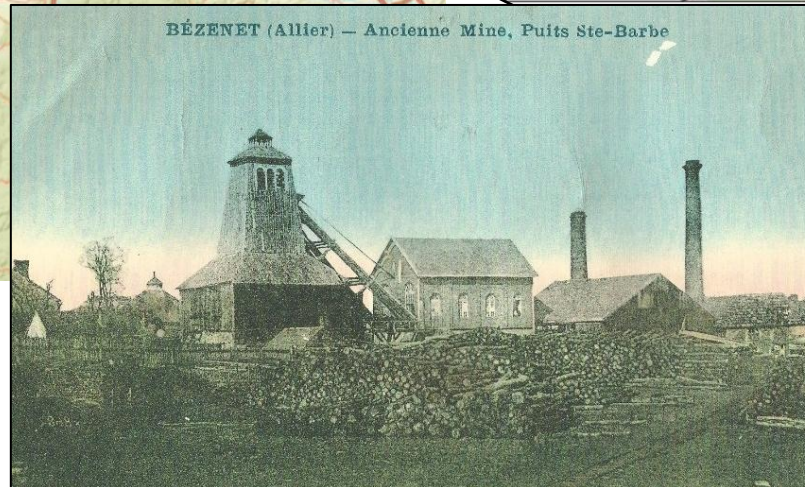
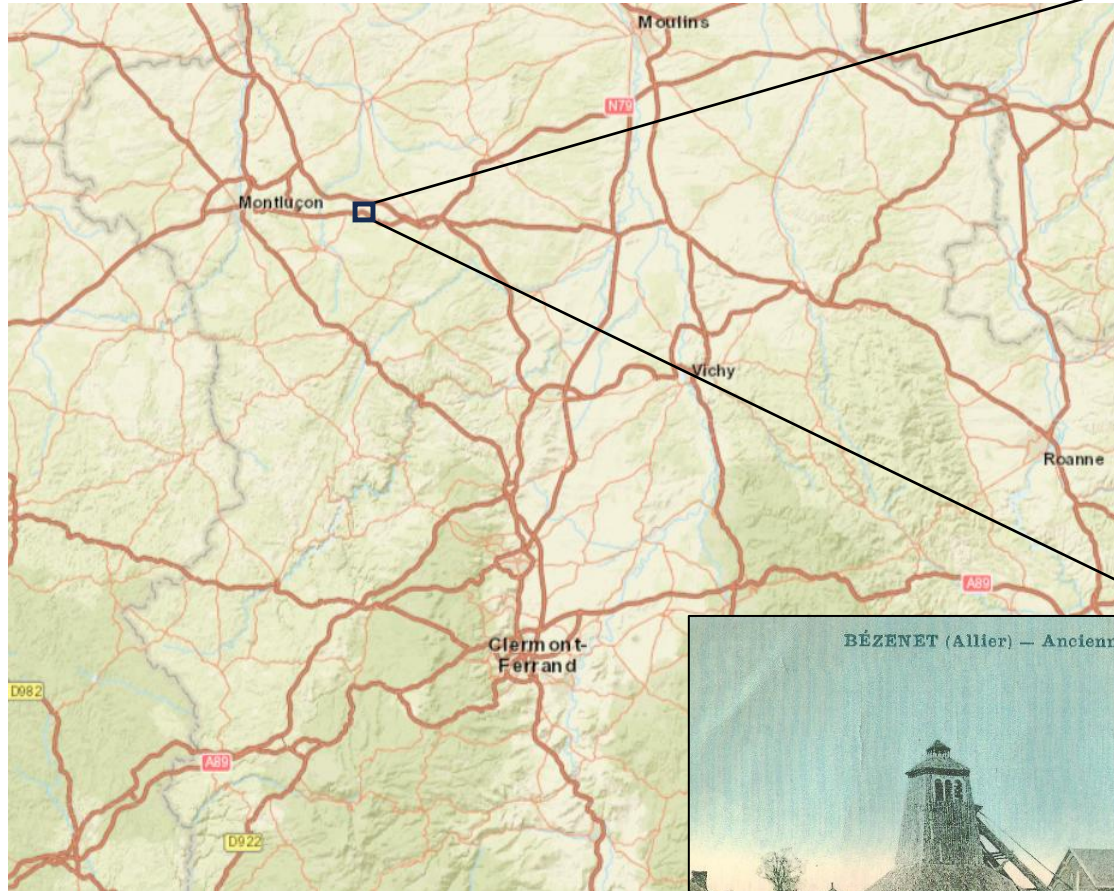
Ressources humaines

- Effectifs : 91 agents
- Une quinzaine de métiers et disciplines représentés (génie minier, génie civil, géotechnique, géologie, hydrogéologie, hydraulique, environnement, électronique, électro-mécanique, géomatique, gestion de données, archives, achats, gestion, secrétariat, juridique, etc.)



Exemples de travaux de mise en sécurité

Le puits Ste Barbe à Bézenet (03)



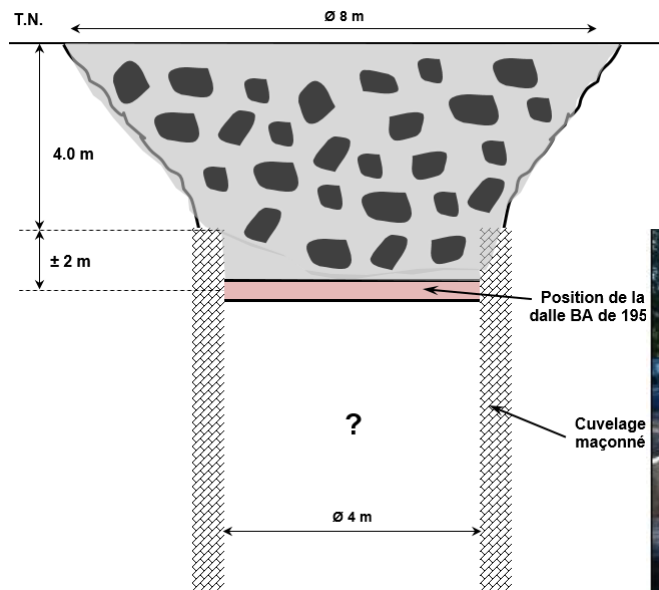
Puits Ste Barbe au début XXème siècle

Concession de charbon, exploitation 1830-1930.

Production totale 1,6 Mt.

Le puits Ste Barbe à Bézenet (03)

- Puits de profondeur 438 m, avec plusieurs niveaux de recettes.
- 1955 : mise en sécurité avec dalle BA à -6 m, laissant les vestiges des murs du bâtiment en tête de puits.
- Risques : déboufrage, rupture du cuvelage, déstabilisation de la dalle.
- 2016 : réalisation d'un bouchon de béton/gravats au-dessus de la dalle.



Le puits Ste Barbe à Bézenet (03)

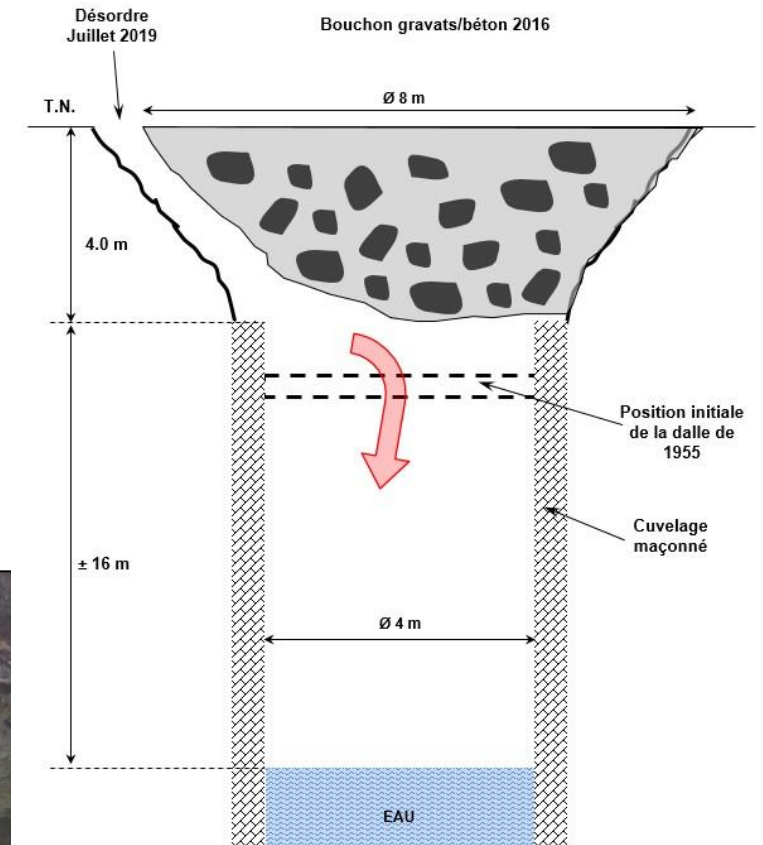
- 2019 : apparition d'un désordre en surface, en périphérie du bouchon de 2016.



Inspection caméra



PUITS STE BARBE
État du bouchon après désordre



Le puits Ste Barbe à Bézenet (03)

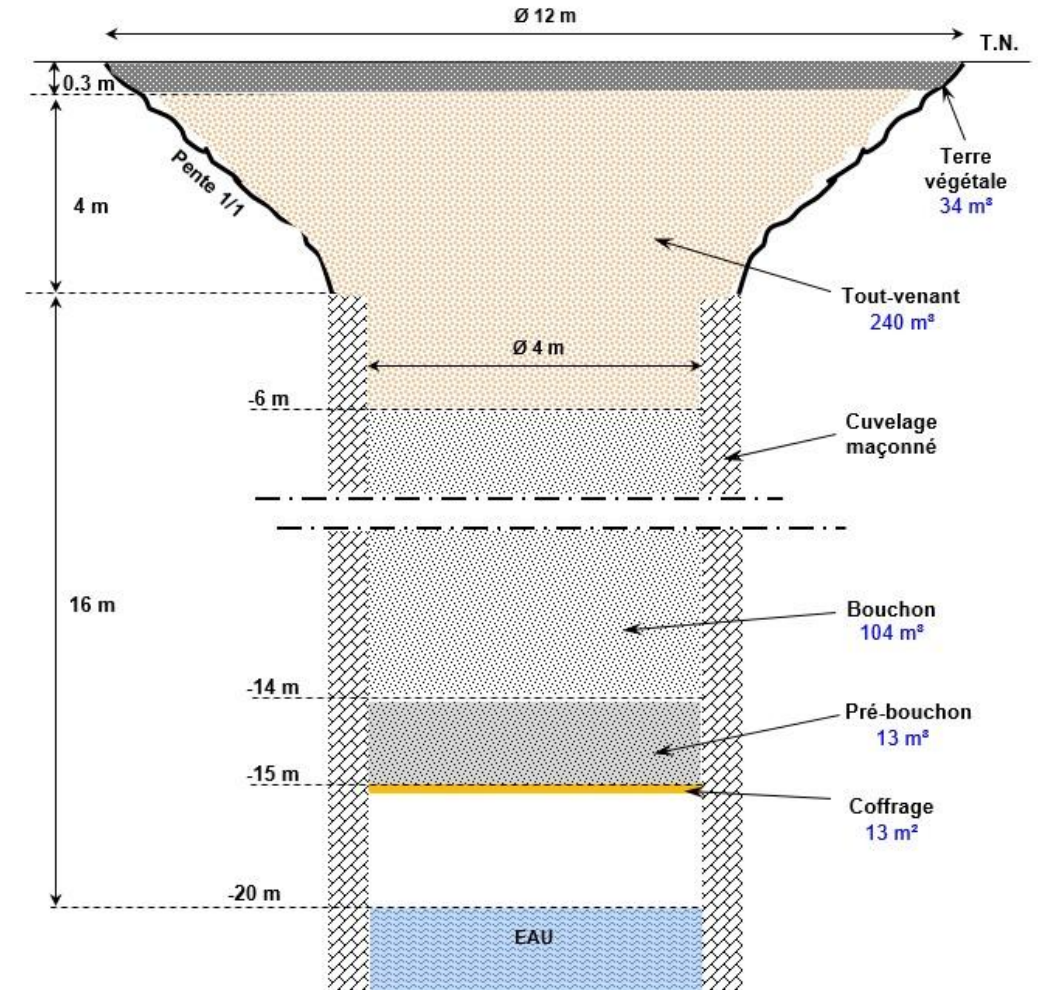
- Mise en sécurité pérenne du puits nécessaire.

Solutions

1^{ère} étude technico-économique (décembre 2019 à février 2020) par MINELIS, a permis de comparer les bilans coûts/avantages pour trois méthodes de MES :

- Comblement intégral (non retenue)
 - nombre et position des recettes inconnus
 - état de comblement du puits inconnu
- Dalle en béton armé (non retenue)
 - infrastructures impactées par les travaux
 - terrassement important (2 500 m³ de déblais)
 - délai de réalisation et montant des travaux élevés
- **Bouchon frottant autoportant en béton (retenue)**

PUITS STE BARBE
Schéma de principe du bouchon à réaliser



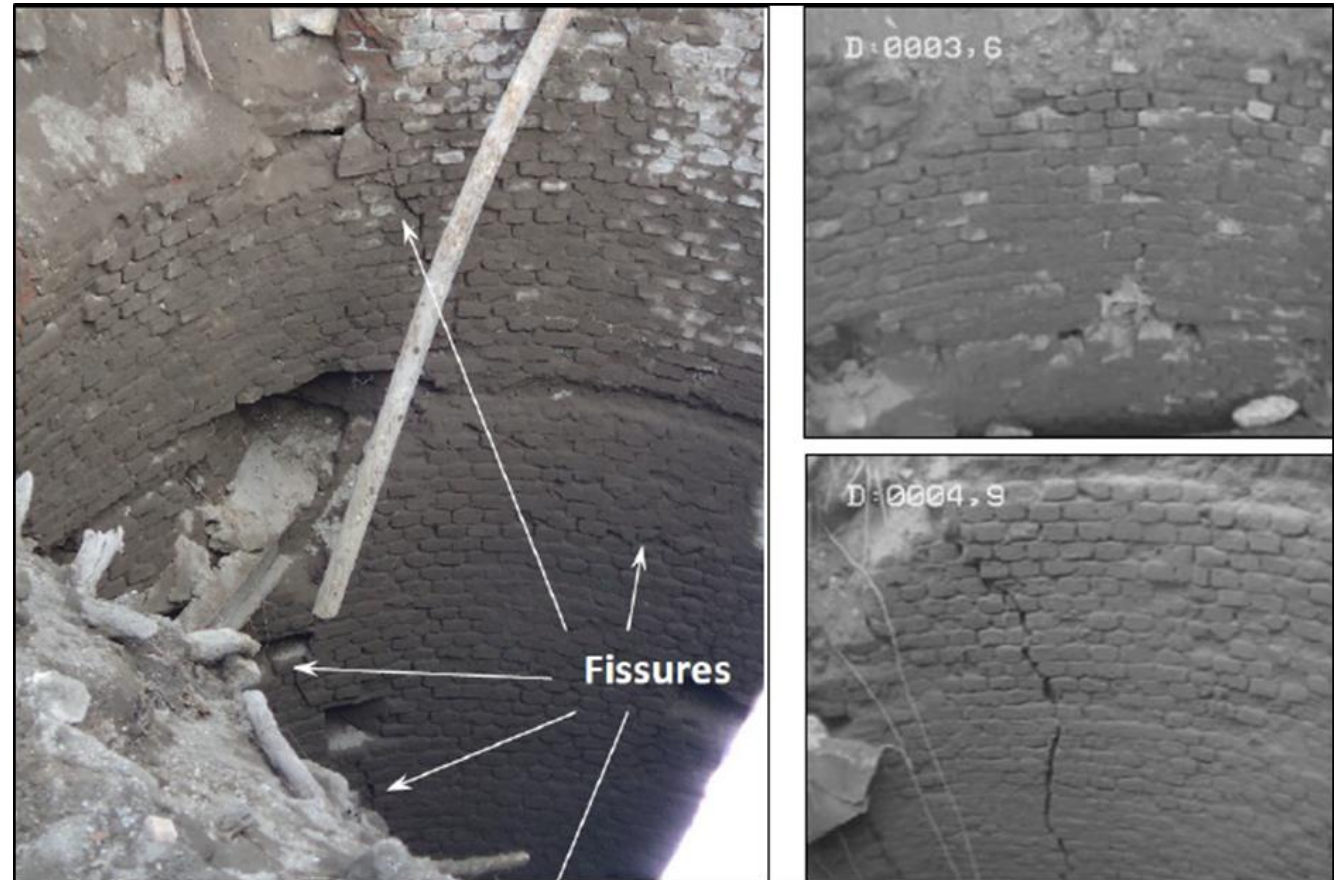
Le puits Ste Barbe à Bézenet (03)

Travaux

- Démarrage des travaux : 20 août 2020
- Arrêt du chantier : 1^{er} septembre 2020

Le cuvelage maçonné du puits présente de nombreuses et importantes fissures et dégradations. **La présence de cordistes dans le puits n'est plus envisageable car trop dangereuse**

- Sécurisation immédiate (gunitage des pentes, filet métallique, etc.),
- Lancement d'une nouvelle étude pour travaux sans intervention de personnel dans le puits!



Le puits Ste Barbe à Bézenet (03)

Solutions proposées

2nde étude technico-économique (février à mars 2021) par GEOTEC, a permis de comparer les bilans coûts/avantages pour trois méthodes de MES :

- Comblement jusqu'à 137 m (fond solide atteint par la caméra)
 - Risque de débouillage
- Dalle en béton armé sur pieux-sécants
 - Délai de réalisation et montant des travaux élevés
- Bouchon frottant autoportant coulé sur un obturateur gonflable
 - Mise en place rapide
 - Pas d'intervention humaine au fond

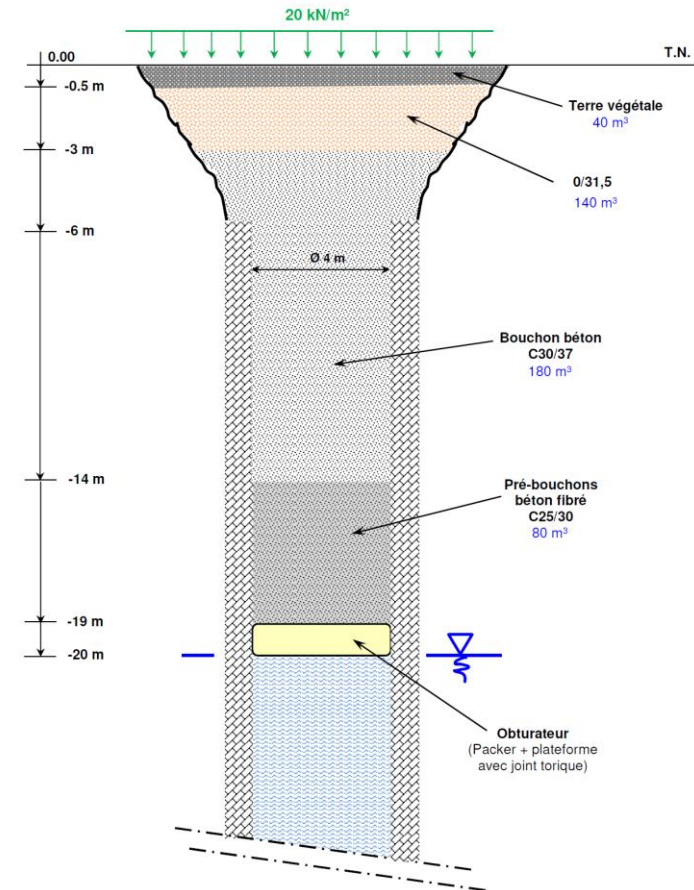
Prise de c

Mise en œ

- Obtura
- Pré-bo
- Bouch



PUITS STE BARBE
Schéma de principe du bouchon à réaliser



ers le haut :
i d'eau



Le puits Ste Barbe à Bézenet (03)

Travaux

- 4 octobre au 2 décembre 2021.

Mise en œuvre de l'obturateur

- Dépose de « flotteurs » (stabiliser l'obturateur)
- Dépose de paille (protéger l'obturateur)
- Dépose obturateur (gonflé à 0,25 bar)



Pré-bouchon

- Coulé en 8 passes successives espacées de 3 à 5 jours
- Volume total pré-bouchon : 75 m³ (175,2 tonnes)
- Hauteur totale pré-bouchon : 5,7 m



Le puits Ste Barbe à Bézenet (03)

Travaux

- 4 octobre au 2 décembre 2021.

Bouchon

- Coulé en 1 seule passe
- Volume total bouchon : 180 m³ (432 tonnes)
- Hauteur totale pré-bouchon : 11 m



Finitions

- Tête de puits comblée avec 120 m³ de gravier cal. 2/6
- Complété avec 40 m³ de terre végétale
- Pose d'une borne de localisation du puits
- Engazonnement



Coût total de l'opération: 370 888 € TTC+FG.

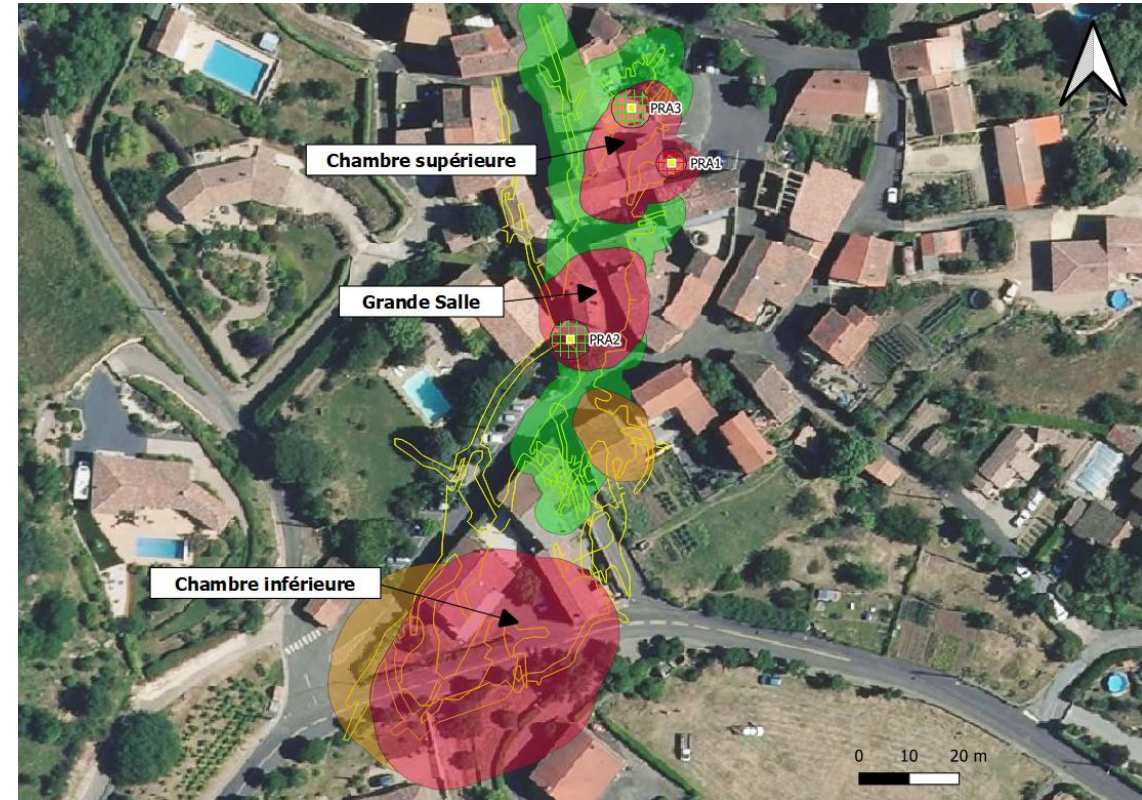
Cavités minières au Pradal (34)

- Commune rurale de 325 habitants
- Située à 80 km à l'ouest de Montpellier et à 40km au nord de Béziers
- Dont le sous-sol fut exploité dès le 14^e s. pour en extraire le Plomb argentifère



La Grande Salle :

- ⇒ Longueur : 15 m
- ⇒ Largeur : 13 m
- ⇒ Hauteur : 16 m
- ⇒ Epaisseur recouvrement : 10 à 12 m



2015 Evaluation des risques par GEODERIS

Risque Fort pour la sécurité des personnes au droit de :

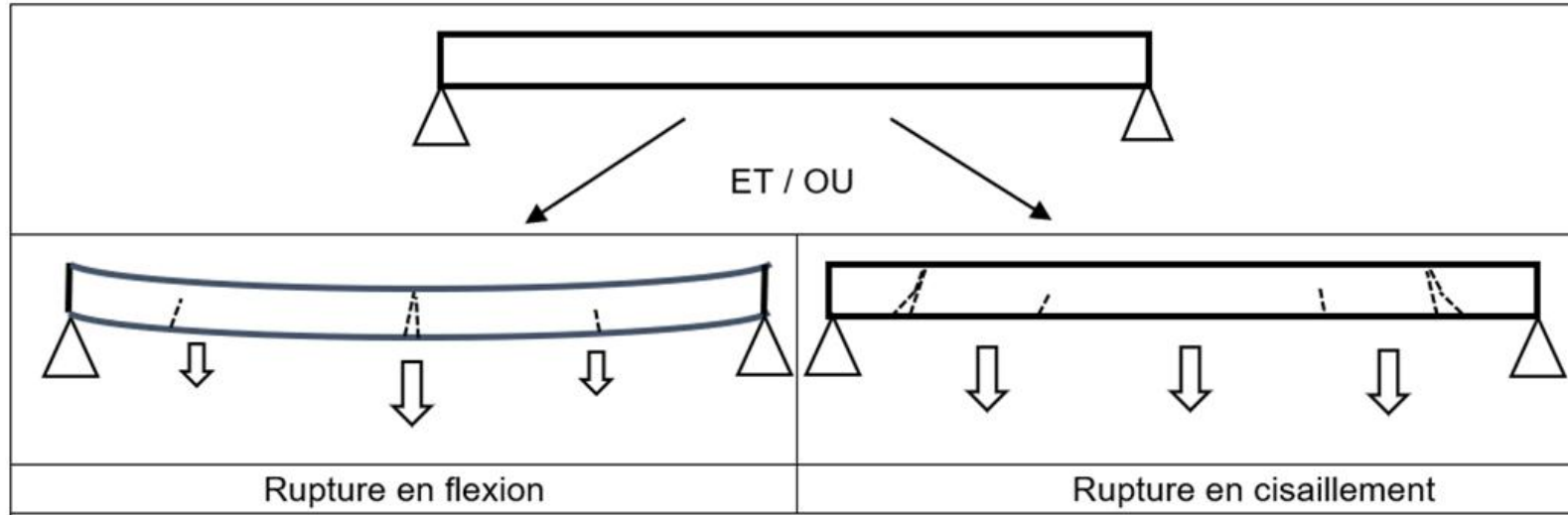
- Salle ou Chambre Supérieure
- Grande Salle
- Salle ou Chambre Inférieure

Recommandations :

- **Grande Salle et Salle Supérieure** : Surveillance mise en place avant traitement
- **Salle inférieure** : Etude complémentaire. **Etude menée en 2023, réduction du niveau d'aléa à moyen : plus de risque pour sécurité des personnes**

Cavités minières au Pradal (34)

Mécanismes de rupture possibles au droit des salles



Effondrement localisé



Effondrement en masse

Cavités minières au Pradal (34)

Contexte particulier lié :

⇒ à l'intérêt archéologique de l'ancienne mine gallo-romaine = fouilles archéologiques préventives prescrites avant travaux



Direction régionale
des affaires culturelles

Arrêté n° 76-2024-0264 du 11/03/2024
portant prescription d'une fouille d'archéologie préventive

Le Préfet de région ;

ARRÊTE

Article 1 - Une opération de fouille archéologique est mise en œuvre préalablement à la réalisation du projet de mise en sécurité de la grande salle de la mine médiévale du Pradal, sise en :

RÉGION : OCCITANIE

• DEPARTEMENT : HERAULT

• COMMUNE : LE PRADAL

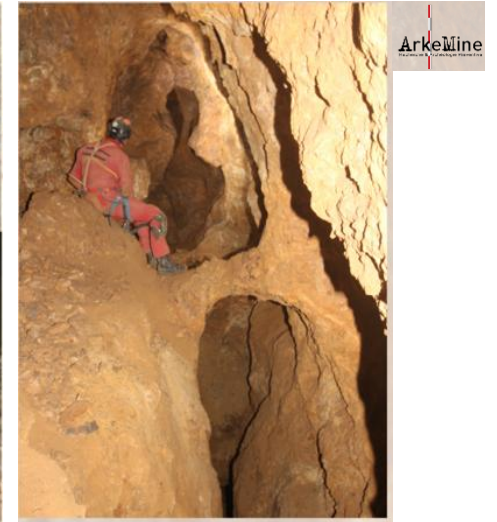
Lieu dit ou adresse : Place Blanche

Cadastré : Année : 2024, Préfixe : 000, Section : A, Parcelles : 150, 151, 152, 153, 156, 158, 159, 160.

⇒ Pilotage DREAL

⇒ aux conditions de sécurité :

- Teneurs très élevées en radon (exposition max de 47h/an) => ventilation pendant travaux obligatoire
- Risque fort :
 - Interventions en souterrain doivent être limitées à leur strict minimum
 - Relogement de personnes habitant au droit de la Grande Salle compte-tenu de l'inopérabilité du dispositif de surveillance durant les fouilles préventives et des risques liés au comblement (avis GEODERIS)



Cavités minières au Pradal (34)

Travaux et surveillance

2018 Travaux de mise en sécurité Chambre supérieure

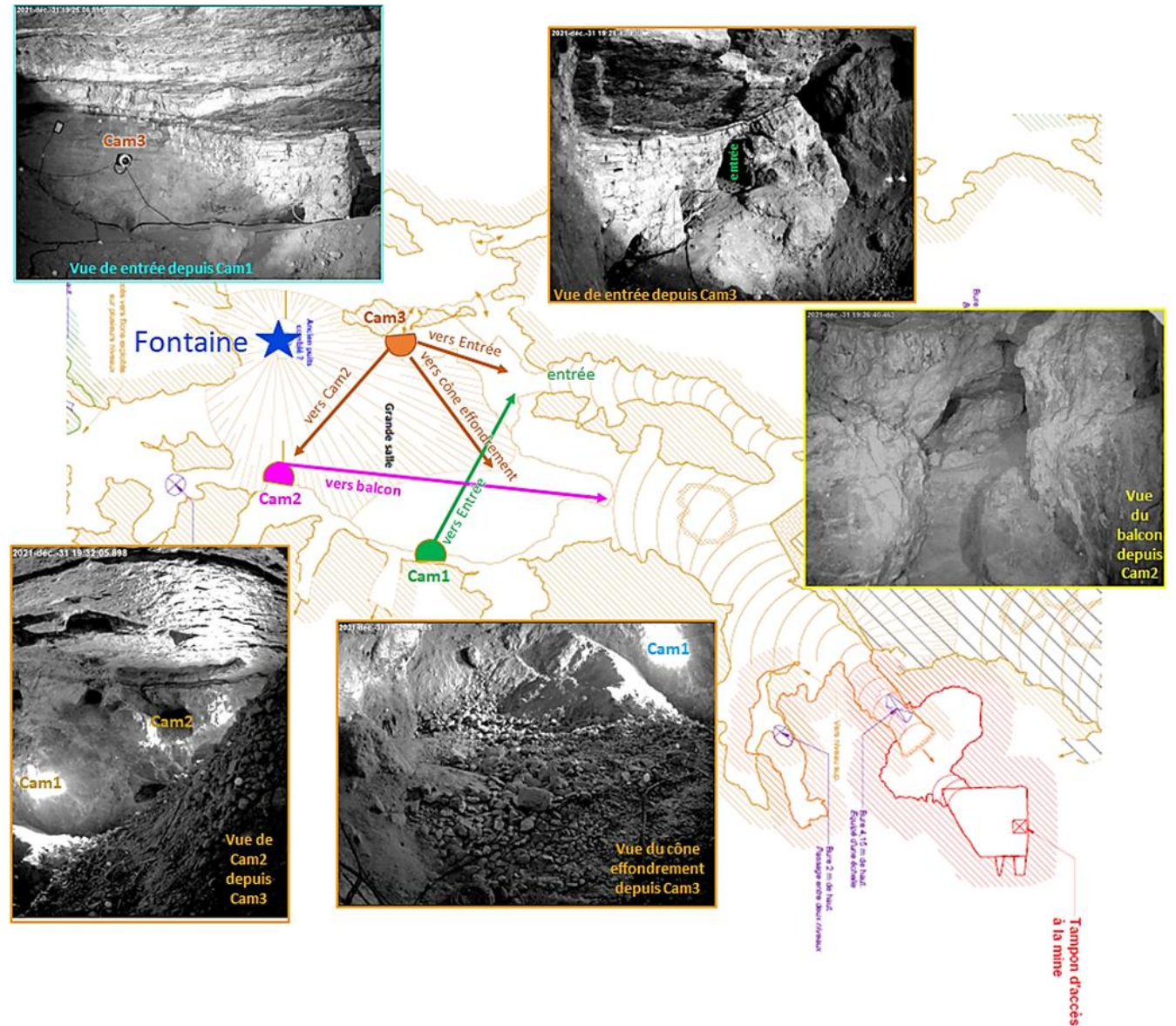
2019 Mise en place d'une surveillance par détection de mouvements par image télétransmises

⇒ Phénomène surveillé : Rupture du toit de la cavité par flexion

⇒ Phénomène non surveillé : Rupture du toit de la cavité par cisaillement

2022 Avis GEODERIS Risque fort pour les personnes et biens situés en surface au droit de la Grande Salle du fait du risque de cisaillement du pilier principal. Phénomène imprévisible et indétectable.

2023 Saisine DREAL de la DPSM pour la réalisation des travaux de mise en sécurité de la Grande Salle

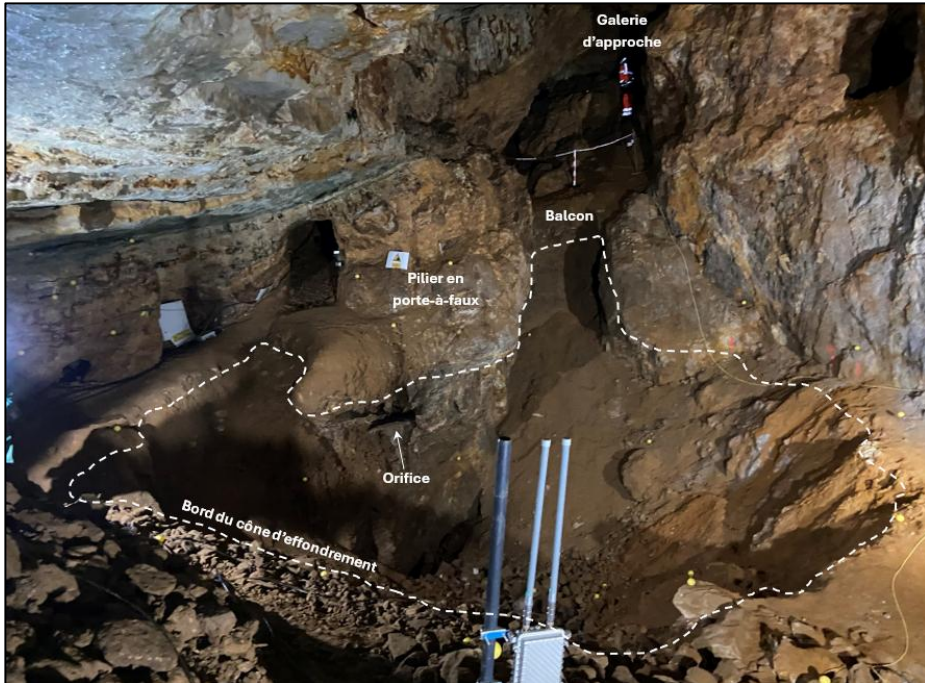


Cavités minières au Pradal (34)

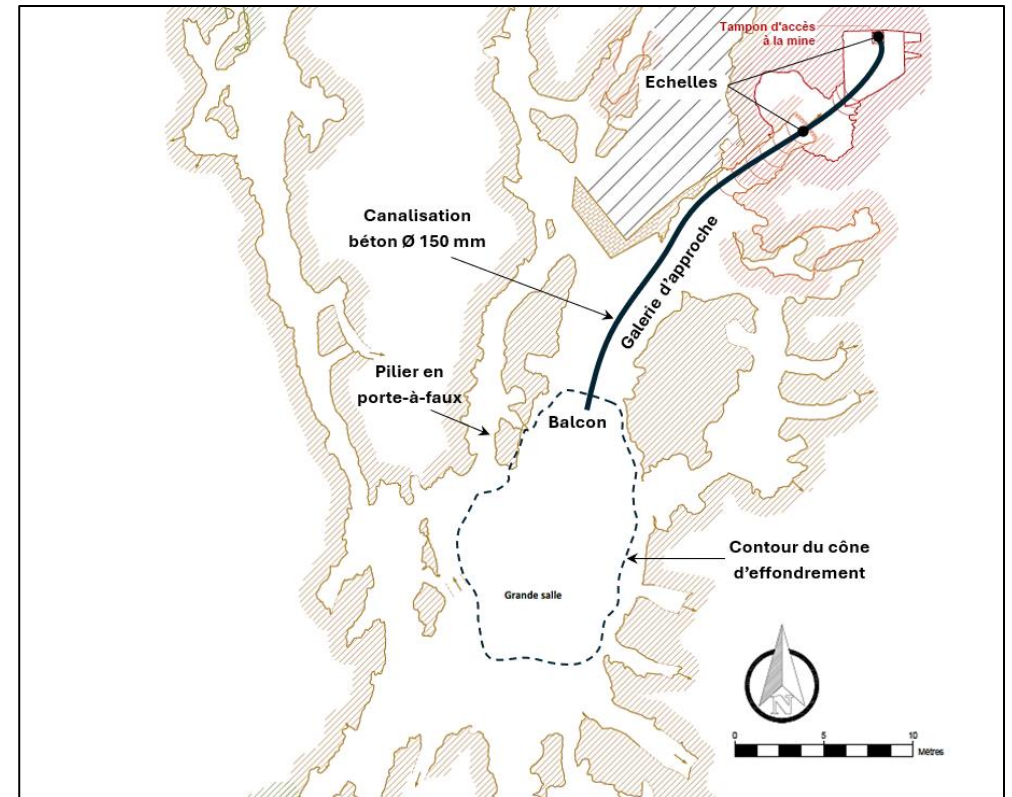
Décembre 2024 : Instrumentation du pilier afin de disposer des données permettant de vérifier la stabilité du pilier pendant la 1ere phase des travaux. Pose de 3 inclinomètres équipés de télétransmission.

4 phases de comblement

⇒ **1ere phase** : 13-25 mars 2025. Comblement du cratère d'effondrement et consolidation du pilier avec du béton fibré. 4 passes béton sur une hauteur de 2 à 3 m. Injection depuis l'entrée de la mine. Au total 205 m³ injectés.

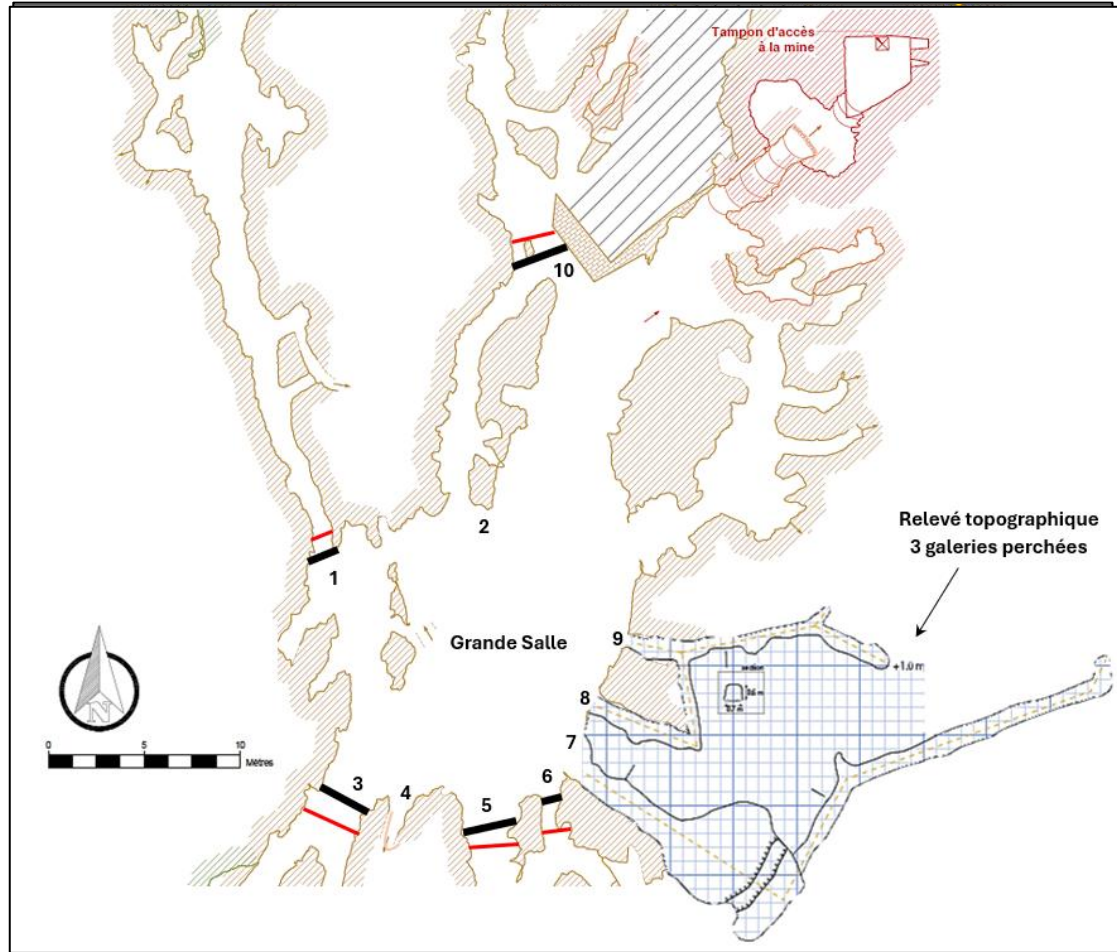


Avis Géodéris sur stabilité du pilier à l'issue de la phase 1. Point d'arrêt de 24h



Cavités minières au Pradal (34)

⇒ 2^e phase : 27/03 au 11/04. Construction des barrages de confinement



1/ Calfeutrage de toutes les entrées de galerie pour rendre efficace la ventilation nécessaire pour évacuer le radon.



Contrôle de l'efficacité du système par Algade.
31/03 – 02/04 : Point d'arrêt

2/ Inspection des galeries perchées inaccessibles avant la première phase de comblement. Inspection le 03/04.

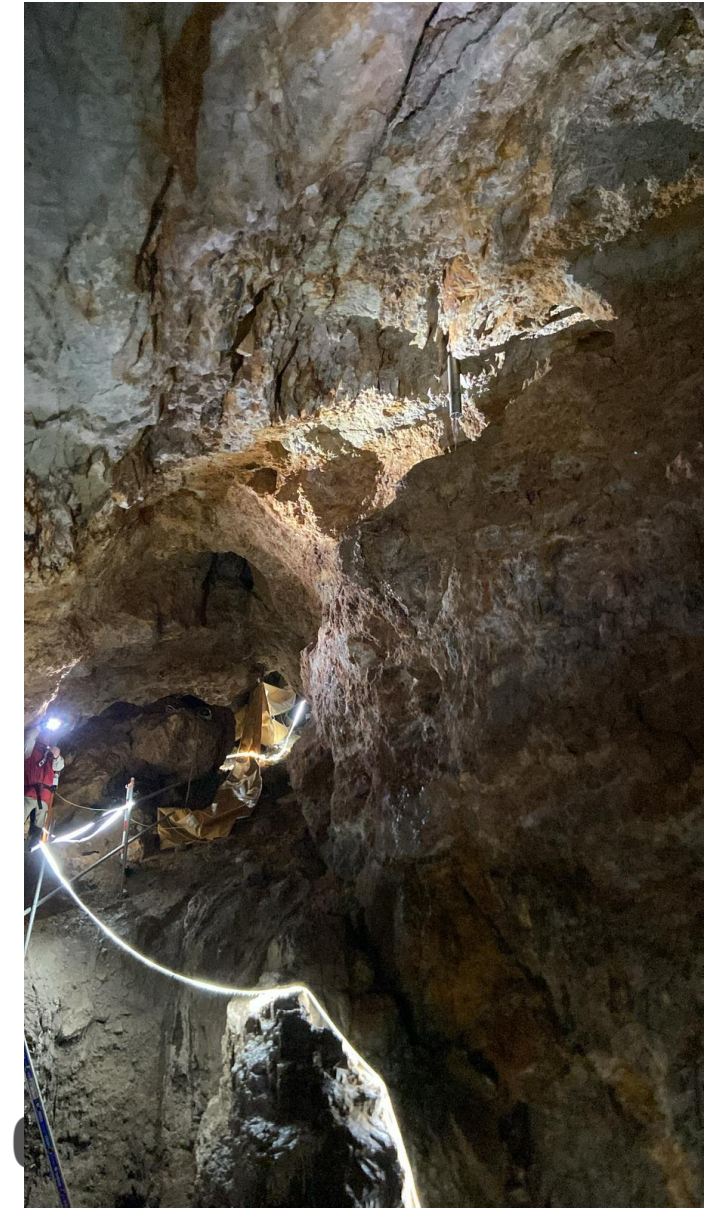
⇒ Ces trois galeries étant en pente, borgnes et de faible section, il a été décidé de les combler plutôt que de les obturer avec des barrages.

3/ Construction de cloisons étanches au béton. Mise en place des barrages du 03 au 11/04.



Cavités minières au Pradal (34)

⇒ **3^e phase** : 14/04 – 05/05. comblement intégral de la Grande Salle avec du béton mousse (béton léger), fabriqué sur place, au travers d'un forage d'injection



Cavités minières au Pradal (34)

⇒ **4^e phase** : 05 - 06/05. Comblement de la galerie d'approche à la Grande salle et clavage avec du béton moussé à partir du puits d'accès à la mine



⇒ **Bilan**: 1 200 m³ de béton injecté, 2 mois de travaux, 13 prestataires extérieurs.
Budget de près de 1,4 M€.