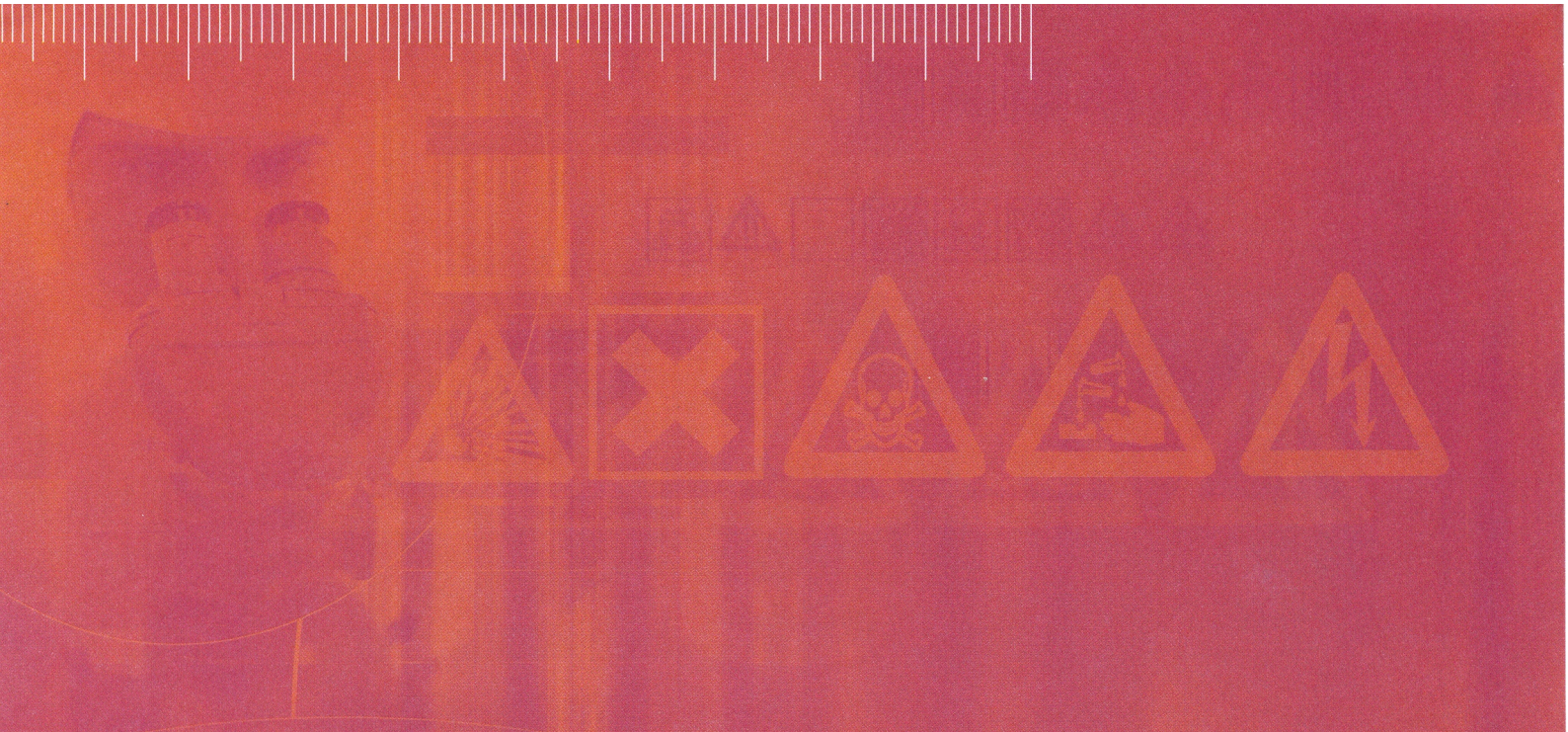




RAPPORT D'ÉTUDE
DRS-17-170453-10255A

15/11/2017

**Inspection géotechnique 2017 de la carrière de
gypse de Prat-Bonrepaux (Ariège)
Etablissements SABOULARD**

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

Inspection géotechnique de la carrière de gypse de Prat-Bonrepaux (Ariège)

Etablissements SABOULARD

Direction des Risques du Sol et du Sous-sol

Etablissements SABOULARD

PREAMBULE

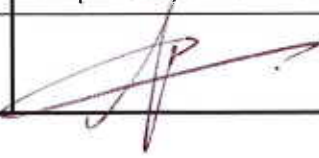
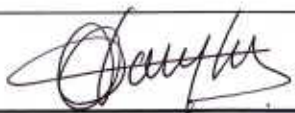
Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Thomas RICHARD	Jean-Marc WATELET	Xavier DAUPLEY
Qualité	Technicien supérieur géologue à l'unité Risques Géotechniques liés à l'Exploitation du sous-sol	Ingénieur géotechnicien à l'unité Risques Géotechniques liés à l'Exploitation du sous-sol	Directeur adjoint des Risques du Sol et du Sous-Sol
Visa	PO : HANESSE 		

RÉSUMÉ

Le gypse triasique pyrénéen a fait l'objet de plusieurs exploitations depuis le XIX^{ème} siècle sur le territoire de la commune de Prat-Bonrepaux en Ariège. Les Etablissement SABOULARD ont extrait le gypse en souterrain dans ce secteur par chambres et piliers abandonnés jusqu'en 2001. A la suite de l'arrêt de l'exploitation, les galeries se sont progressivement ennoyées et en 2012 un effondrement est survenu dans des anciens travaux situés plus à l'ouest.

En novembre 2000, la carrière avait fait l'objet d'une première inspection géotechnique par l'INERIS afin d'évaluer les possibilités de reprise en sous-pied de certaines galeries. En 2015, la DREAL Occitanie a établi un arrêté relatif à la mise en sécurité du site demandant, entre autres, une étude géotechnique actualisée de la carrière souterraine. L'INERIS est de nouveau intervenu en novembre 2017 après le dénoyage complet de la carrière pour pouvoir établir un diagnostic géotechnique à jour et pour apprécier des solutions de mise en sécurité pérennes du site.

Lors de l'inspection, il est apparu des évolutions significatives notamment liées à l'ennoyage puis au dénoyage de la carrière. Plusieurs conduits karstiques localisés en bordure nord de la carrière présentent des débourrages d'argile importants dont certains semblent actifs à ce jour. Ces dégradations restent toutefois limitées à quelques secteurs et ne semblent pas affecter les conditions générales de stabilité de l'ouvrage dans le court terme.

En revanche, dans le cas où le site serait laissé en l'état, notamment sans un suivi de la remontée du niveau d'eau dans les galeries, la ruine progressive de plusieurs piliers de la carrière est probable et pourrait entraîner une modification des conditions générales de stabilité sur le long terme.

Dans ce contexte, deux approches, réalisables dans un délai raisonnable (quelques dizaines d'années), peuvent être envisagées :

- un abandon du site associé à des travaux de mise en sécurité ;
- une reprise de l'exploitation, définissant entre autres, les mesures de remise en état du site sur le long terme.

MOTS-CLÉS

Carrière souterraine, Inspection géotechnique, Gypse, Diagnostic de stabilité

TERRITOIRE

PRAT-BONREPAUX, Ariège (09), Occitanie, France, Coordonnées WGS84 :

Lat. 43.045766, Long.1.040397

TABLE DES MATIÈRES

1. CONTEXTE GENERAL	7
1.1 Localisation du site	7
1.2 Contexte géologique	8
1.3 Intervention	10
2. NUMÉRISATION DU PLAN SOURCE	11
2.1 Recalage du plan avec la surface	11
2.2 Digitalisation des travaux souterrains.....	11
3. INSPECTION GÉOTECHNIQUE DE LA CARRIÈRE.....	13
3.1 Caractéristiques de la carrière	13
3.2 Observations géotechniques.....	14
3.3 Evolutions depuis l'inspection d'octobre 2000.....	17
4. PRINCIPES DE MISE EN SÉCURITÉ DU SITE.....	21
4.1.1 Comblement de la carrière	21
4.1.2 Reprise de l'exploitation.....	22
5. CONCLUSION.....	23
6. LISTE DES ANNEXES	25

1. CONTEXTE GENERAL

Les Etablissements SABOULARD ont exploité une carrière souterraine de gypse triasique sur le territoire de la commune de Prat-Bonrepaux en Ariège. Ce site d'exploitation, qui s'étend en grande partie sous des terrains agricoles, couvre une superficie d'environ 15 hectares et comprend trois zones distinctes :

- des anciens travaux à l'ouest ;
- un secteur central effondré sous lequel un passage en sous-niveau vers les travaux récents avait été aménagé ;
- un secteur exploité plus récemment assez homogène et accessible aujourd'hui par une descenderie.

Dans cette dernière zone, l'INERIS avait réalisé en 2000¹ une analyse des conditions de stabilité visant à reprendre une partie des galeries en sous-pied. Une première carte géotechnique des secteurs accessibles a alors été établie. Cette approche a été complétée en 2001 par une étude des dangers destinée à être intégrée à un dossier de demande d'autorisation d'exploiter. Cette étude a défini un périmètre de risque vis-à-vis des limites connues des carrières souterraines. Suite à l'abandon du projet, un ennoiment progressif des galeries est survenu et en 2012, un effondrement partiel dans les vieux travaux a provoqué une chasse brutale des eaux vers l'extérieur engendrant une coulée de boue vers la vallée.

A la suite de cet événement, la DREAL Occitanie a établi en 2015 un arrêté relatif à la mise en sécurité du site demandant, entre autres, une étude géotechnique actualisée de la carrière souterraine. Par ailleurs, une procédure de péril a été engagée à l'encontre du propriétaire de la ferme du Barbut, seul habitat aujourd'hui présent à l'aplomb de la carrière souterraine.

L'INERIS a proposé aux Etablissements SABOULARD, une nouvelle inspection du site dont les objectifs sont de :

- juger de l'état géotechnique actualisé de la carrière souterraine ;
- mettre à jour la carte géotechnique de la carrière à partir des observations relevées au fond ;
- apprécier les possibilités de mise en sécurité du site sur le long terme au regard des conditions de stabilité actuelles.

1.1 LOCALISATION DU SITE

La carrière de gypse de Prat-Bonrepaux est située dans le département de l'Ariège, au nord de la commune de Prat-Bonrepaux et à l'est du chemin des Barbut (Figure 1). Le réseau souterrain s'étend sous une colline boisée depuis le nord du lieu-dit de Bonrepaux jusque sous le territoire de la commune voisine de Mercenac.

¹ Etude référencée INERIS DRS-00-26524/R01 du 24 novembre 2000.

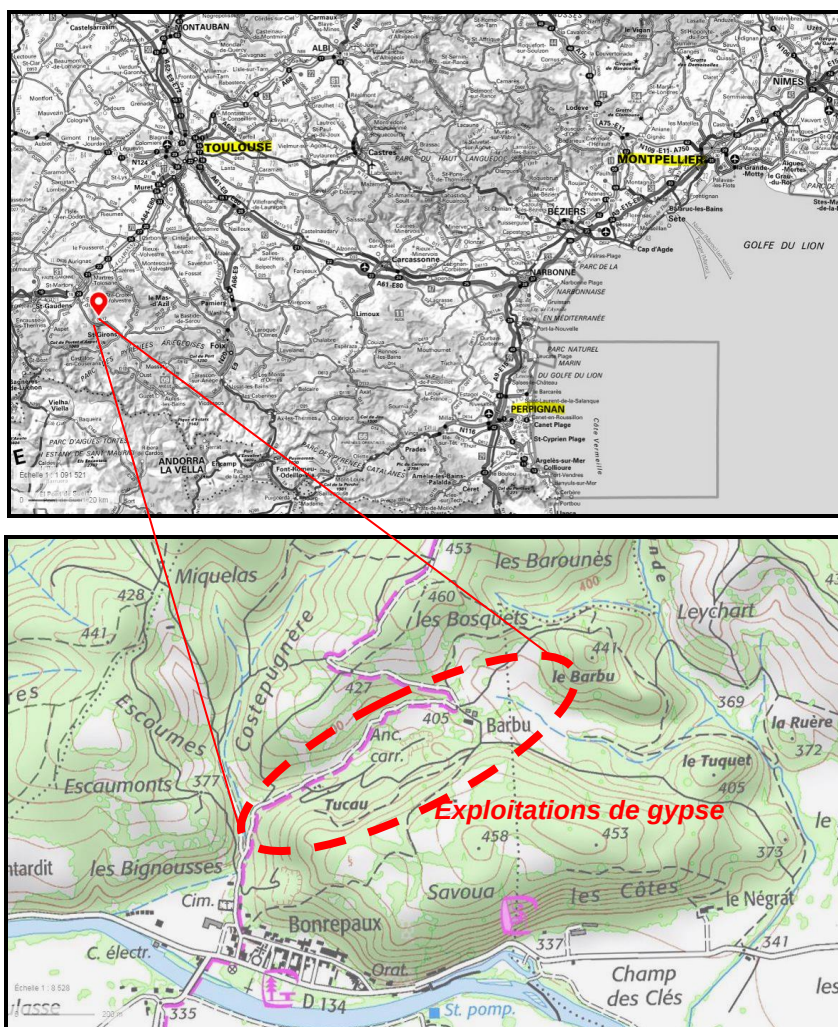


Figure 1 : Localisation de la carrière de gypse de Prat-Bonrepaux (09) source : www.geoportail.fr

1.2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La carrière de Prat-Bonrepaux est située dans un contexte géologique et tectonique particulièrement chahuté et complexe.

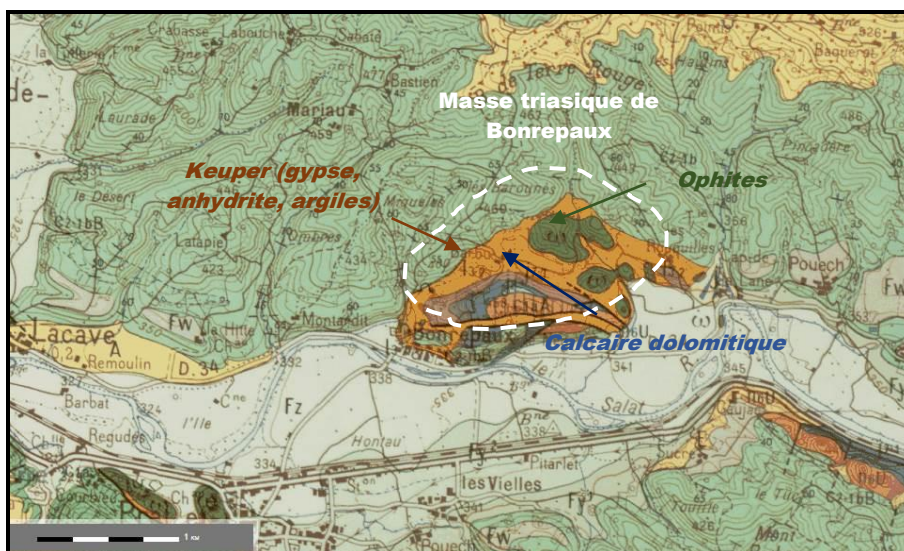


Figure 2 : extrait de la carte géologique de St-Gaudens au 1/50 000^{ème} source : www.infoterre.brgm.fr

Dans la région, les affleurements de gypse triasique sont liés à l'accident frontal nord-pyrénéen. Le gypse apparaît à Bonrepaux sous la forme d'une masse hétérogène composée de gypse, d'anhydrite et d'argiles bariolées (rouge lie-de-vin) du Keuper (Figure 2). Cette masse emballe des blocs de roches cristallophylliennes (ophites verdâtres) arrachées au substratum. Des blocs d'ophites ont par ailleurs été observés dans la carrière (Figure 3).

Au-dessus de la masse de gypse, on trouve localement et de manière désordonnée des cargneules et des calcaires dolomitiques de couleur grise. La géologie du recouvrement reste toutefois mal connue et celle-ci semble très hétérogène à l'échelle du site (argiles, calcaire dolomitique, gypse).

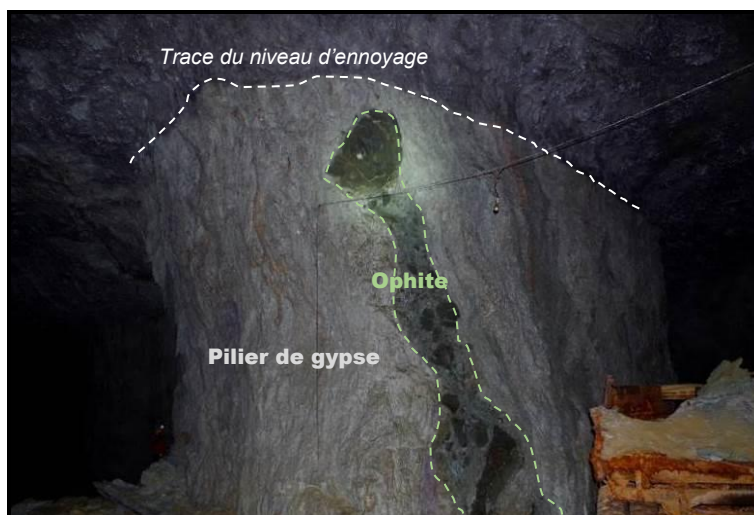


Figure 3 : photographie de blocs d'ophites au sein de la masse de gypse

Sur le plan hydrogéologique également, les connaissances sont limitées. Au niveau de la carrière, les galeries se sont totalement ennoyées en une quinzaine d'années (niveau d'eau visible sur les piliers Figure 3). Les arrivées d'eau observées au fond lors de la visite sont les mêmes qu'en 2000 et se situent globalement au droit du thalweg de surface. Ces eaux d'infiltration, dont il conviendra de vérifier le potentiel de dissolution par rapport au gypse, semblent stagner au sein de la carrière dans les parties basses des galeries.

1.3 INTERVENTION

L'intervention s'est déroulée du **mercredi 8 au vendredi 10 novembre 2017** par une équipe composée de deux géotechniciens. L'ensemble de la carrière et des terrains en surface ont pu être visités à l'exception des vieux travaux totalement ennoyés ou effondrés. Une tentative de visite a également été réalisée dans les vieux travaux souterrains à partir des anciennes entrées situées à l'extrémité ouest du site. Ces zones sont totalement embouées et dangereuses d'accès.

Lors de la visite de la carrière, une partie des galeries était partiellement noyée (hauteur d'eau variant de 1 à 3 m en moyenne). L'inspection de ces secteurs a nécessité l'utilisation d'un bateau du type canoë-kayak (Figure 4).



Figure 4 : photographie du canoë-kayak utilisé pour accéder aux secteurs ennoyés

2. NUMÉRISATION DU PLAN SOURCE

L'inspection géotechnique réalisée en novembre 2017 s'est basée sur un fond de plan papier² existant dans le rapport *INERIS DRS-00-26524/R01*. Celui-ci correspond à un plan de l'exploitation sur lequel plusieurs repères en surface ont été positionnés (bâtiments de la ferme du Barbut notamment).

Quelques extensions de galeries non cartographiées sur le plan d'origine, en partie sud-est, déjà non visitées en 2000 (présence d'eau) mais suspectées, ont également été relevées lors de l'inspection et reportées sur le plan en annexe.

Afin de garantir la pérennité de ce plan de carrière et des observations faites lors de cette inspection, un travail de recalage puis de digitalisation a été réalisé afin d'obtenir un nouveau plan numérique au format Autodesk (.dwg et .dxf).

2.1 RECALAGE DU PLAN AVEC LA SURFACE

Un premier travail de recalage de ce plan source avec la surface dans un système de projection *RGF93 – Lambert93* a été effectué dans le but de localiser rapidement les zones d'intérêt et les enjeux de surface (Figure 5). Ce travail de géoréférencement engendre une « incertitude de localisation » estimée ici à **trois mètres**.

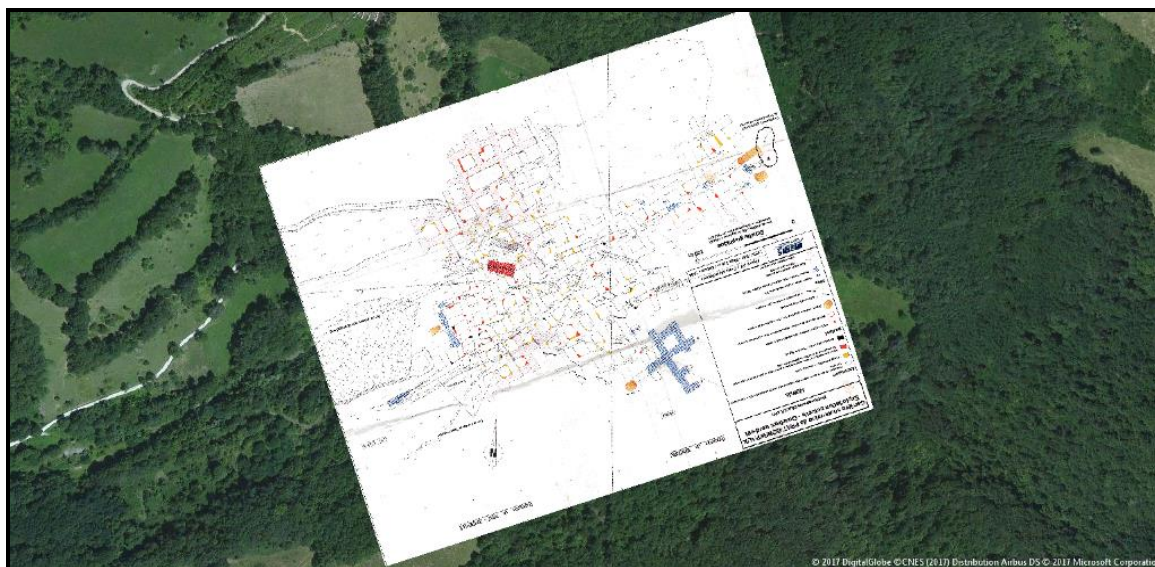


Figure 5 : géoréférencement du plan source

2.2 DIGITALISATION DES TRAVAUX SOUTERRAINS

Une fois le plan source géoréférencé, un second travail de digitalisation du plan a été entrepris afin de générer un plan numérique. Cette opération consiste à redessiner sous un logiciel de DAO³, les contours des piliers, les failles et les autres éléments géotechniques (Figure 6). Ce travail a été réalisé avec le logiciel

² Issu d'un fichier AutoCAD actuellement indisponible

³ Dessin Assisté par Ordinateur

AutoCAD MAP 3D, les données sont disponibles aux formats numériques .dxf et .dwg.



Figure 6 : digitalisation du plan source

3. INSPECTION GÉOTECHNIQUE DE LA CARRIÈRE

3.1 CARACTÉRISTIQUES DE LA CARRIÈRE

Le gypse triasique de Prat-Bonrepaux a fait l'objet d'une exploitation souterraine très ancienne (au moins au début du XX^{ème} siècle). Ces exploitations sont localisées au nord du lieu-dit Bonrepaux et s'étendent depuis l'ouest vers le nord-est sous la colline. On distingue plusieurs secteurs exploités à des périodes différentes :

- des anciens travaux mal connus. L'extraction du gypse a été menée à une époque par « puits-bouteilles » depuis la surface. Cette technique d'exploitation consistait à foncer un puits jusqu'à atteindre le bon gypse puis d'élargir sa base pour extraire le maximum de matériau. Au moins un ouvrage de ce type a été observé en 1991 par l'INERIS à partir d'un accès dans les vieux travaux. Le puits de surface se situe à proximité de la ferme du Barbut (Figure 7). Aujourd'hui, cet ouvrage n'est plus accessible. Il est possible que d'autres ouvrages de ce type se trouvent au-dessus de l'exploitation actuelle mais leur position reste incertaine ;



Figure 7 : position (en contre bas) de l'essor ouvert du puits bouteille

- les anciens travaux qui s'étendent au sud-ouest de l'exploitation récente et dont les contours sont connus par d'anciens plans. Il s'agissait d'une exploitation en chambres et piliers qui s'est en partie effondrée, ce qui a conduit l'exploitant à creuser un sous-niveau reliant les anciennes entrées aux travaux récents (avant creusement de la descenderie actuelle). Ce passage en sous-niveau a été partiellement exploité et présentait des piliers massifs de faible élancement⁴. Il est aujourd'hui noyé et seule son extrémité est visible depuis les travaux récents. L'effondrement dans les anciens travaux semble s'être réactivé en 2012 engendrant une chasse brutale des eaux vers l'extérieur avec une coulée boueuse vers la vallée ;
- les travaux récents qui sont aujourd'hui accessibles depuis la descenderie du chemin du Barbut. L'exploitation s'est également effectuée en chambres

⁴ Rapport de la hauteur du pilier à sa plus petite largeur

et piliers abandonnés mais de manière plus homogène avec des piliers massifs et d'élanement proche de 1. Les galeries ont été creusées à l'explosif et leurs dimensions sont de l'ordre de 7 m de largeur sur 6 à 7 m de hauteur en moyenne. Les piliers sont, quant à eux, de forme carrée avec des côtés de l'ordre de 12 m de longueur. Suite à l'étude INERIS de 2000, certaines galeries ont été reprises en sous-pied sur 2 à 3 m de profondeur. Ce sont ces travaux qui ont fait l'objet d'une nouvelle inspection géotechnique.

3.2 OBSERVATIONS GÉOTECHNIQUES

La carte géotechnique mise à jour en novembre 2017 est présentée en annexe 1 du rapport. Elle reprend l'ensemble des observations faites au fond et détaillées dans la suite de l'étude.

Fracturation :

Les masses de gypses sont affectées par de nombreuses fractures naturelles (en rouge sur la carte géotechnique) notamment dans la partie sud de la carrière. Certaines fractures sont parfois remplies de blocs d'ophites ou de passées argileuses.

La famille la plus représentée est orientée ONO-ESE avec un pendage vers le sud (Figure 8). Elle suit globalement l'orientation de la topographie en surface. A l'extrémité sud de la carrière, la fréquence de ces failles augmente et on constate en fond de galerie des contacts entre le gypse et l'argile noire et rouge qui a limité l'exploitation du gisement dans cette direction. Par ailleurs, les observations faites au fond ont montré que cette famille de fracture était à l'origine de plusieurs chutes de toit parfois importantes, mais toutefois déjà observées en 2000 (Figure 9).



Figure 8 : faille découpant une masse de gypse



Figure 9 : vue de la cloche de fontis au sud le long d'une fracture

La seconde famille représentée est orientée dans l'axe des piliers SO-NO avec un pendage quasi-vertical. Celle-ci s'observe particulièrement à l'extrémité est de la carrière.

Eau :

Lors de l'inspection, plusieurs venues d'eau parfois importantes ont été observées. Elles sont repérées en bleu sur la carte géotechnique.

Ces venues d'eau sont localisées le long d'un axe nord-sud positionné au centre de la carrière. Elles proviennent souvent de conduits karstiques plus ou moins actifs et s'accompagnent parfois de déboussages d'argiles pouvant être importants (Figure 10). Ces conduits karstiques semblent avoir gênés l'extension de la carrière vers le nord et l'est.



Figure 10 : conduit karstique, accompagné d'une venue d'eau, localisé au fond d'une galerie

Dégradations :

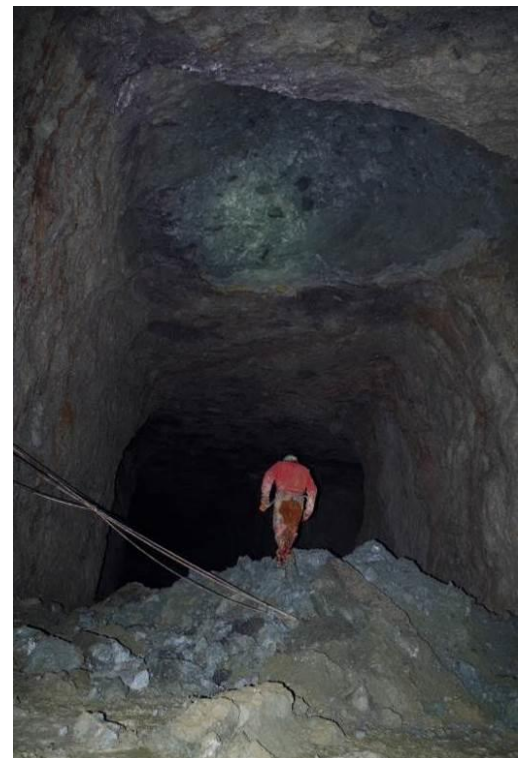
Les principales dégradations observées correspondent à :

1. des masses de gypse parfois plurimétriques en suspend ou déjà tombées, affectant l'ensemble d'un parement ou les angles d'un pilier (couleur orange ou violet sur la carte géotechnique) ;
2. des chutes de toit généralement situées le long de failles (en vert ou noir sur la carte géotechnique). Certaines chutes de toit sont importantes et remontent de plusieurs mètres dans le recouvrement gypseux ou argileux ;
3. des déboussages d'argile sous la forme de coulées boueuses particulièrement localisés dans la partie nord-est de la carrière.

La Figure 11 illustre avec des photographies les trois types d'instabilités observées au fond.



1 – Blocs plurimétriques détachés d'un parement



2 – Chute de toit



3 – Déboussage d'argile sous forme de coulée

Figure 11 : exemples de dégradations observées dans la carrière

Sur l'ensemble des zones visitées dans la carrière récente, trois secteurs méritent une attention particulière car ils concentrent plusieurs dégradations importantes. Ils sont localisés sur la carte géotechnique en annexe 1.

Secteur N°1 :

Les piliers de ce secteur, situé au nord de la carrière, présentent de nombreux parements dégradés notamment au droit de deux piliers dont les côtés ouest sont effondrés. Des masses importantes de gypse se sont déjà détachées et plusieurs blocs instables peuvent chuter à court terme. Quelques chutes de toit récentes ont en outre été observées dans ce secteur.

Secteur N°2 :

Ce secteur est situé au sud de la carrière dans une partie reprise en sous-pied et aujourd'hui partiellement ennoyée. Les hauteurs de vides sont importantes (9 m de hauteur en moyenne) conduisant ainsi à un élancement des piliers égal ou légèrement supérieur à 1. De nombreux angles et parements de piliers sont particulièrement dégradés. De plus, une récente montée de voûte a été remarquée au contact d'une faille élevant ainsi la hauteur du vide à plus de 13 m.

Secteur N°3 :

Ce secteur est situé à l'extrémité sud-est de la carrière. Bien que cette zone n'ait pas été reprise en sous-pied, il y a une concentration importante de dégradations (chutes de toit et piliers dégradés). Ces dégradations sont favorisées d'autant plus par les nombreuses failles présentes dans ce secteur et une assez forte humidité.

3.3 EVOLUTIONS DEPUIS L'INSPECTION D'OCTOBRE 2000

La précédente inspection géotechnique avait été réalisée en octobre 2000 pendant l'exploitation du gypse. Les galeries étaient alors totalement asséchées et l'exploitant purgeait de manière systématique les quelques blocs potentiellement instables.

Suite à l'arrêt de l'exploitation vers 2001, l'eau est lentement remontée jusqu'à un niveau a priori stabilisé (niveau relevé à une cinquantaine de mètres dans la descenderie depuis l'entrée). Au début de l'année 2017, la carrière totalement ennoyée a alors été vidée pour permettre son inspection notamment. La comparaison des observations de novembre 2017 avec celles d'octobre 2000 a souligné des évolutions nombreuses mais de volumes limités qui sont très probablement liées à ce cycle « ennoyage-dénoyage » survenu entre 2001 et 2017.

Au regard des observations visuelles, les principaux mécanismes d'évolution concernent :

- la dégradation des piliers : plusieurs parements se sont totalement effondrés et la plupart des angles des piliers sont aujourd'hui dégradés (Figure 12) alors qu'ils ne présentaient pas de marques d'instabilité significatives lors de la visite de 2000. Même si l'ensemble des dégradations observées sont nombreuses et quelques fois importantes, elles se limitent à la périphérie des piliers et n'engendrent pas de réduction conséquente de leur surface portante. La ruine brutale d'un ou plusieurs

piliers, susceptible de provoquer en surface un effondrement en masse, ne semble pas envisageable en l'état ;



Figure 12 : éboulement d'un parement sur un pilier massif

- les chutes de toit : des instabilités de voûte récentes, certaines a priori postérieures au dénoyage, ont été observées dans les carrefours ou le long des grandes fractures. Actuellement, ces chutes de toit se limitent au massif gypseux et sont assez peu développées dans le recouvrement (3 à 4 mètres au maximum). Aucune n'a recoupé de poches argileuses ;
- les débourrages d'argile : plusieurs conduits karstiques ont été observés à l'extrémité de galeries d'exploitation, notamment vers le nord. Déjà notés comme actifs en 2000, ils semblent avoir été réactivés par l'ennoyage et des débourrages importants d'argile ont été constatés dans les galeries (Figure 13).



Figure 13 : débouillage d'argile au droit d'un conduit karstique

Une évolution nette a en outre été notée à l'extrémité est de la carrière au niveau de la coulée boueuse à l'origine d'un effondrement localisé en 2001 en lisière de forêt sur le territoire de Mercenac. Les observations de 2017 ont montré une très nette avancée de la coulée dans les galeries mais aucune évolution de l'effondrement de surface n'a été constatée (Figure 14). D'une manière générale, **le débouillage d'argile issu de conduits karstiques constitue l'aléa le plus important à court terme**. Ce phénomène est toutefois difficilement prévisible et peut se produire en bordure des secteurs directement sous-cavés, notamment en partie nord du site.



Figure 14 : vues de la coulée de boue récente au fond et de l'état de l'ancien effondrement en surface (noter l'eau stagnante)

En revanche, les formations d'argilites noires et rouges recoupées en fond des galeries au sud et au nord-est de la carrière souterraine et marquant probablement les limites du gisement, ne semblent pas avoir évolué depuis 2000 malgré l'ennoyage.

En conclusion, cette nouvelle inspection des galeries accessibles de la carrière de Prat-Bonrepaux, menée après dénoyage, a mis en évidence localement des évolutions significatives, en particulier au niveau des angles et parements de piliers. Les volumes éboulés restent toutefois limités et n'impactent pas la surface portante des piliers massifs concernés. En conséquence, la stabilité générale de la carrière n'est pas remise en cause dans le court terme et les enjeux présents en surface à l'aplomb de la carrière ne sont pas immédiatement menacés.

Le risque le plus important semble aujourd'hui constitué par le débouillage d'argile au droit de poches karstiques plus ou moins identifiées en bordure du gisement (nord et est) et qui peuvent s'écouler dans les galeries (y compris par des conduits étroits). Les montées de voûtes observées constituent elles aussi des zones de faiblesse. En effet, il est tout à fait envisageable que les voûtes débouchent sur des poches d'argiles et finissent par débouiller elles aussi dans les galeries (rappelons que la nature du recouvrement est inconnue et très hétérogène). Le volume débouillé constitue potentiellement un vide dans le recouvrement et peut déboucher en surface sous la forme de fontis.

Les instabilités localement observées dans les galeries semblent avoir été amplifiées par l'ennoiement progressif et aussi très certainement par les opérations de dénoyage. **Il convient donc de maintenir le niveau de l'eau, au moins à son point actuel, tant que des décisions de mise en sécurité ou de réaménagement n'auront pas été trouvées et mises en œuvre.**

4. PRINCIPES DE MISE EN SÉCURITÉ DU SITE

Même si l'inspection géotechnique des galeries a montré que les conditions de stabilité générale de cette carrière ont relativement peu évolué, des dégradations significatives ont été observées sur une quinzaine d'années, pour partie liées au cycle ennoyage-dénoyage.

Dans le cas où l'ouvrage souterrain serait laissé à l'abandon sans action de la part de l'exploitant (pompage de l'eau présente dans les galeries notamment), la ruine progressive des masses de gypses serait inéluctable à long terme.

Cette analyse est par ailleurs confirmée pour l'emprise générale du site, en particulier pour les vieux travaux souterrains à l'ouest, certainement pas tous effondrés et la présence avérée de puits bouteille (au moins un) à proximité de la carrière accessible.

Dans ces conditions, il convient que ce site fasse l'objet de mesures de prévention adaptées. Deux approches, réalisables dans un délai raisonnable (quelques dizaines d'années), peuvent être envisagées :

- un abandon du site associé à des travaux de mise en sécurité vis-à-vis de la surface et des enjeux existants ou futurs ;
- une reprise de l'exploitation encadrée par un dossier technique adapté à un tel projet et définissant entre autre, les mesures de remise en état du site sur le long terme.

Si l'on excepte une solution de délocalisation totale des activités et la condamnation des terrains de surface, il est possible d'envisager des travaux de sécurisation par comblement ou par reprise de l'exploitation.

4.1.1 COMBLEMENT DE LA CARRIÈRE

Un comblement des galeries permet de limiter la hauteur des vides et de confiner les parements des piliers pour éviter à terme tout effondrement des terrains de surface. Rien que dans la carrière récente inspectée, un calcul approximatif des vides indique un **volume de l'ordre de 220 000 m³**. Même si on peut se contenter sous les terrains agricoles d'un comblement sans clavage, cette approche suppose de disposer de matériaux inertes en grande quantité. Deux techniques peuvent être mises en œuvre pour mettre en place ce type de traitement :

- Comblement par le fond

Un comblement des galeries par le fond est envisageable mais suppose un aménagement important des voies d'accès dans la carrière pour pouvoir acheminer, décharger puis repousser le remblai jusque dans le fond des galeries. En l'état, ce type de comblement signifie la mise en sécurité des galeries d'accès au fond et l'assèchement puis le nivellement du sol particulièrement boueux de la carrière.

- Comblement depuis la surface par puits

Le comblement depuis la surface a l'avantage d'éviter tout risque de chute de blocs pour le personnel et minimise les aménagements dans la carrière. En revanche, il oblige la réalisation de nombreux forages de grand diamètre

par lesquels le remblai sera déversé. En outre, le compactage du remblai dans les galeries est plus complexe.

Dans le cas où la ferme du Barbut devrait être conservée, ces propositions de traitement par comblement devront intégrer le clavage et le blocage du remblai au droit-même de l'enjeux. Il faudra également tenir compte de la présence possible de puits bouteille et des zones de contacts déconsolidées près des vieux travaux effondrés.

4.1.2 REPRISE DE L'EXPLOITATION

Deux possibilités de reprise de l'exploitation de gypse peuvent être mises en œuvre :

- Reprise en souterrain

D'importantes masses de gypse de bonne qualité sont encore en place dans la carrière a priori en-dessous du niveau de l'exploitation actuelle. Des projets avaient été étudiés en 1991⁵ et 2000⁶ pour créer un passage en niveau inférieur ou une reprise en sous-pied des galeries (partiellement mise en œuvre).

Une remise en exploitation en souterrain nécessitera de nombreux travaux préparatoires (pompage complet, nettoyage, ventilation, confortement à minima des voies principales, ...etc.) et un investissement humain et matériel (technicité et spécificité des engins) conséquent pour la phase exploitation. Il devra également comprendre des travaux de sécurisation à terme en proposant par exemple un comblement par le fond suivant l'extraction.

- Reprise en ciel ouvert

Une exploitation du site à ciel ouvert consisterait à décaisser en gradins depuis la surface l'ensemble du recouvrement jusqu'à atteindre puis reprendre la carrière de gypse (20 à 40 m de recouvrement). Cette solution aurait l'avantage de supprimer totalement les vides aujourd'hui présents en souterrain. Par ailleurs, bien que la nature du recouvrement semble être très hétérogène avec une tectonique locale marquée, des volumes non négligeables de matériaux (gypse, calcaire dolomitique, ophite) peuvent être extraits.

De tels projets sont relativement longs et complexes et devront s'appuyer sur des études techniques spécifiques au site, notamment en ce qui concerne l'extension du gisement, l'environnement, la nature du recouvrement et des risques de mouvements de terrain attendus. Outre la maîtrise foncière du sous-sol et/ou de la surface, ces éléments seront nécessaires pour monter le dossier d'autorisation d'exploiter qui devra être établi au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

⁵ Rapport INERIS GAI-JMW/JS 71-6139/R01 du 14 février 1991

⁶ Rapport INERIS DRS-00-26524/R01 du 24 novembre 2000

5. CONCLUSION

Suite à l'arrêt de l'exploitation en 2001, la carrière de gypse de Prat-Bonrepaux s'est lentement ennoyée et au début de l'année 2017, l'exploitant a de nouveau dénoyé les galeries. Les galeries accessibles ont été inspectées dans leur totalité du 8 au 10 novembre 2017 par deux géotechniciens de l'INERIS.

Le cycle ennoyage-dénoyage a eu un impact défavorable sur la stabilité locale d'une partie des ouvrages de la carrière. Les observations faites au fond ont ainsi montré des ruptures au niveau des angles et des parements de piliers avec des dimensions parfois importantes. Quelques chutes de toit peu développées ont aussi été constatées.

Ces dégradations traduisent une lente évolution de l'ouvrage mais ne semblent pas affecter les conditions de stabilité générale de la carrière à court terme (au moins une dizaine d'années). Les piliers restent massifs et le toit de carrière n'est pratiquement pas affecté par des cheminées de fontis.

En revanche, plusieurs conduits karstiques, localisés notamment dans la partie nord de la carrière, présentent des déboussages d'argiles importants dont certains semblent actifs et pourraient engendrer des désordres en surface en partie nord ou sous le bois coté commune de Mercenac.

Il est en outre évident qu'une remontée des eaux même partielle dans les galeries accélérerait les dégradations déjà observées et serait préjudiciable pour la pérennité des masses de gypse. Nous préconisons, dans l'attente d'un projet de mise en sécurité de ce site, de **maintenir le pompage dans la carrière** pour éviter un nouveau cycle d'ennoyage-dénoyage.

Sur le long terme, plusieurs solutions de mise en sécurité peuvent être envisagées.

La première étant un comblement total des galeries dans le but de supprimer la présence des vides. Ce comblement peut être réalisé depuis la surface ou depuis le fond mais nécessitera dans ces deux cas des aménagements conséquents et représentera un coût important.

La seconde approche consiste en une reprise de l'exploitation intégrant un projet de réaménagement du site dans le long terme. Le dimensionnement pour une reprise en souterrain avait déjà été étudié mais l'état actuel des galeries obligerait à une mise en œuvre de travaux préparatoires conséquents et à des investissements lourds. Une solution de reprise à ciel ouvert reste possible. En effet, cela permettrait d'extraire l'ensemble du gisement et éventuellement certains matériaux présents dans le recouvrement. Cette dernière solution a certainement un rapport coût/bénéfices plus intéressant mais elle nécessitera tout de même plusieurs études spécifiques adaptées à un tel projet.

6. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
ANNEXE 1	Mise à jour de la carte géotechnique – Novembre 2017	1 A1
ANNEXE 2	Planches photographiques	5 A4

ANNEXE 1

Mise à jour de la carte géotechnique – Novembre 2017

LEGENDE

Eléments géotechniques

- Fractures observées au toit et sur les parements
- Anciennes chutes de toit relevées lors de l'inspection d'octobre 2000
- Chutes de toit récentes relevées lors de l'inspection de novembre 2017
- Parement ou angle de pilier dégradé ecaillage important et fissures nettes et bien marquées
- Parement ou angle de pilier très dégradé masses de gypse importantes en suspend pouvant rapidement se décrocher
- Parement ou angle de pilier ruiné masses de gypse importantes déjà tombées ou sur le point de l'être
- Secteur sensible détaillé dans le texte du rapport

Carrière

- Masse de gypse
- Zone reprise en sous-pied 1 à 3 m de profondeur
- Zone ennoyée lors de la visite accès par bateau uniquement
- Limites approximatives du gisement contact avec des passées d'argiles rouges et noires
- Déboussages d'argiles sous la forme de coulées boueuses liés à un effondrement ou à la dissolution dans le recouvrement
- Venue d'eau observées au toit ou sur les parements
- Habitation en surface

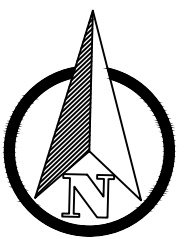
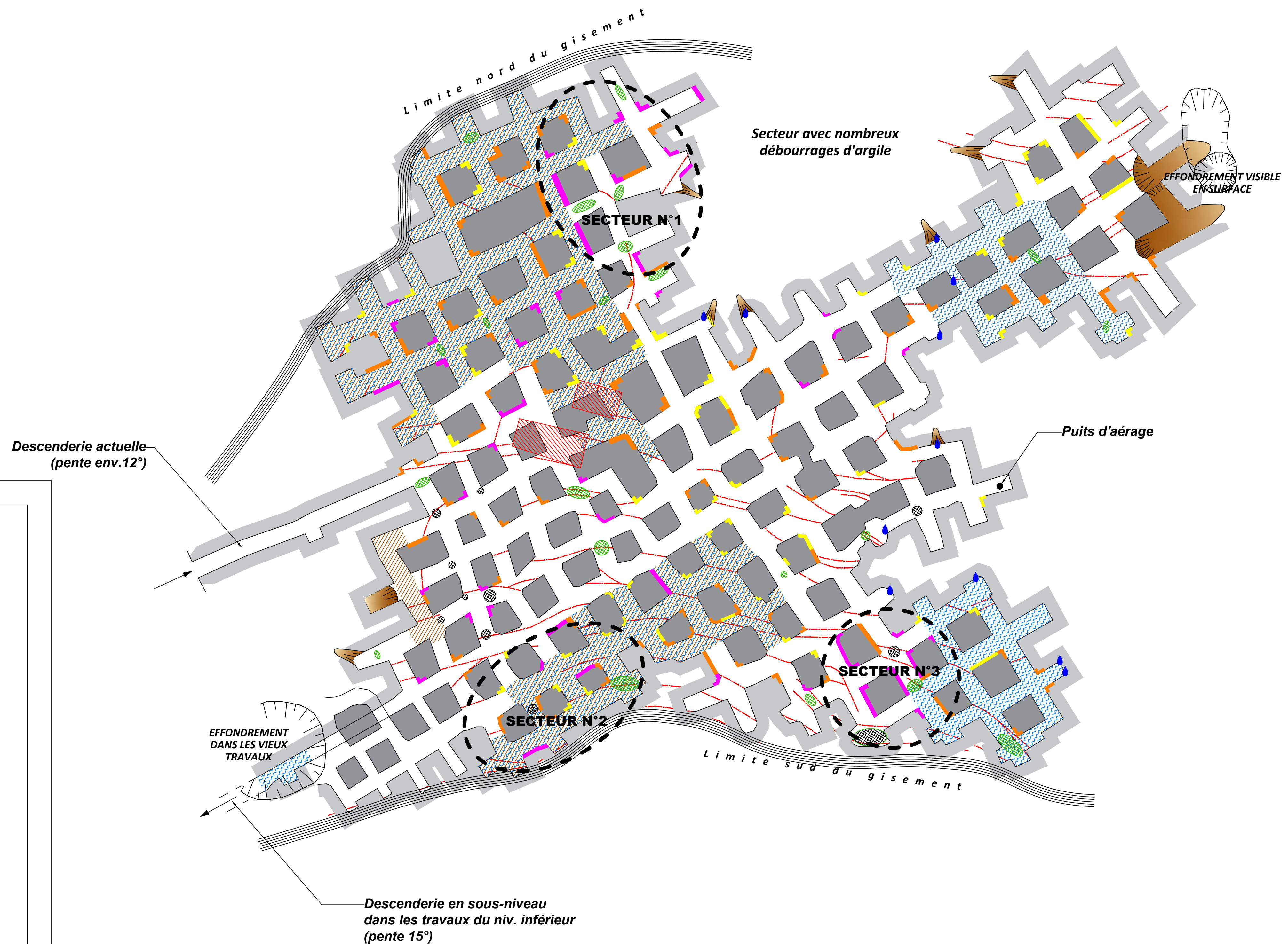
Carte établie en novembre 2017 sur la base du plan annexé au rapport INERIS DRS-00-26524/R01 géoréférencé dans le système RGF93-Lambert93. Incertitude de positionnement estimé à 3 m.

MISE A JOUR DE LA CARTE GEOTECHNIQUE - NOVEMBRE 2017
Carrière de gypse de Prat-Bonrepaux (09) - Etablissements SABOULARD

Date	Auteur	Réf. étude	Format	Echelle	Coordonnées
20/11/2017	T.RICHARD/J.M.WATELET	DRS-17-170453-10255A	A1	1/1 000 ième	RGF93-Lambert93



INERIS
Direction des Risques du Sol et du Sous-sol
Parc Technologique Alata BP 2 F-60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
www.ineris.fr



ANNEXE 2

Planches photographiques

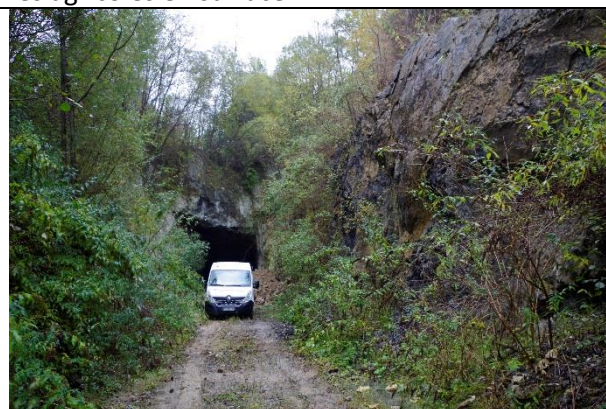
Surface



Vue panoramique des terres agricoles en surface



Entrée de la descenderie



Tranchée d'accès à la descenderie

VIEUX TRAVAUX



Galerie dans les vieux travaux



Piliers très dégradés dans les vieux travaux



Piliers très dégradés dans les vieux travaux



Piliers très dégradés dans les vieux travaux



Vue de l'effondrement dans les vieux travaux



Ancien accès obstrué vers un puits bouteille

TRAVAUX ACTUELS



Parement de pilier effondré



Niveau d'eau apparent sur un pilier



Parcours dans les galeries ennoyées



Parcours dans les galeries ennoyées



Inclusion de gypse rose dans un pilier



Parcours dans les galeries



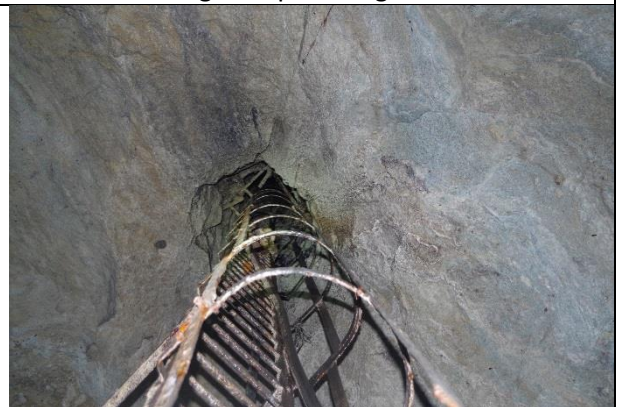
Montée de voûte au contact d'une faille



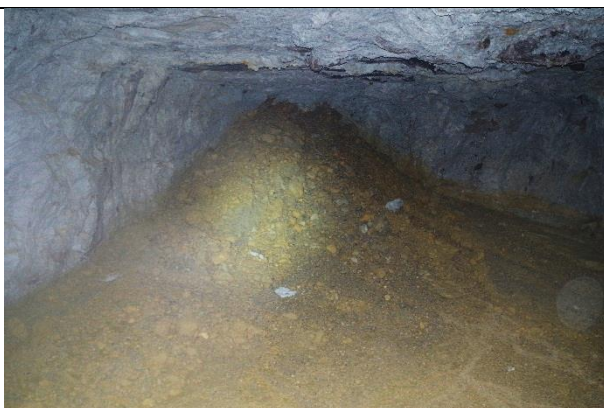
Angle de pilier dégradé



Coulée de boue à l'extrémité est



Ancien puits d'aérage



Débouillage d'argile lié à un karst



Parcours dans les galeries



Chute d'un bloc au pied d'un pilier



Chute de toit récente



Vue de la descenderie depuis le fond



Chute de toit



Nodule d'anhydrite dans une masse de gypse



Angle de pilier dégradé