

Document public

Rapport d'expertise

Diagnostic de risques suite à un effondrement de terrain survenu le 29 Août 2012 au droit d'une carrière au lieu-dit « Tucau », commune de Prat-Bonrepaux (09)

BRGM/RP-61655-FR

Octobre 2012

Cadre de l'expertise :

Appuis aux administrations ☒

Appuis à la police de l'eau ☐

Observatoire de la Côte Aquitaine ☐

Date de réalisation de l'expertise : 19/10/2012

Localisation géographique du sujet de l'expertise :
Prat-Bonrepaux (09)

Auteur BRGM : C. Garnier

Demandeur : DREAL Midi-Pyrénées



Géosciences pour une Terre durable

brgm

L'original du rapport muni des signatures des Vérificateurs et Approbateurs est disponible aux Archives du BRGM.

Ce rapport est le produit d'une expertise institutionnelle qui engage la responsabilité civile du BRGM.

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM " Appui aux Administrations " - année 2012

Ce document a été vérifié et approuvé par :

Approbateur :	
Nom : ROUBICHOU Philippe	Date :
Vérificateur :	
Nom : MATHON Christian	Date : 12/11/2012

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Mots clés : expertise – appuis aux administrations – carrière – mouvement de terrain – effondrement de terrain – coulée de boue – Prat-Bonrepaux – Ariège – Midi-Pyrénées.

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

Garnier C. (2012) – Diagnostic de risques suite à un effondrement de terrain survenu le 29 Août 2012 au droit d'une carrière au lieu-dit « Tucau », commune de Prat-Bonrepaux (09). Rapport BRGM/RP-61655-FR. 28 p., 18 fig.

© BRGM, 2012, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Contexte :

Date de la formulation de la demande d'expertise au BRGM : 24/09/12 ;

Demandeur : DREAL Midi-Pyrénées (M. Cure, service Risques Technologiques et Environnement Industriel) ;

Objet de l'expertise : Diagnostic de risques suite à la survenue d'une coulée de « boue » ayant impacté le village de Bonrepaux (commune de Prat-Bonrepaux) dans la nuit du 29 au 30 Août 2012, suite à un effondrement de terrain ;

Localisation de l'expertise : Carrière de Tucau-Barbut, commune de Prat-Bonrepaux (Ariège) ;

Nature de l'intervention du BRGM : Visite de terrain réalisée le 19/10/12 par C Garnier (BRGM Aquitaine) en présence de Mrs A. Touzé (Maire de Prat-Bonrepaux), H. Massat (mairie de Prat-Bonrepaux), et F. Prat (DREAL Midi-Pyrénées – chef de la subdivision de l'Ariège).

Constat :

L'effondrement d'une partie de la carrière de « Tucau-Barbut » aurait été à l'origine, dans la nuit du 29 au 30 août 2012, de « l'expulsion » d'une quantité importante d'eau contenue dans les galeries et qui a provoqué une coulée de « boue » qui s'est propagée jusqu'au village de Bonrepaux. Aucune victime n'a été à déplorer, tandis que les principaux dégâts se sont limités aux ravinements ayant impacté le chemin communal.

La visite de terrain a permis de relever plusieurs indices d'instabilité, et notamment :

- Un effondrement de terrain d'une cinquantaine de mètres de diamètre environ situé au droit des galeries anciennes de la carrière, phénomène selon toute vraisemblance à l'origine de la coulée de « boue » ;
- Deux orifices correspondant vraisemblablement aux points de sortie de la « poche d'eau » expulsée suite au coup de bélier provoqué par l'effondrement de terrain.

Risques résiduels:

L'expertise a fait ressortir les principaux points suivants :

- L'état des parties de carrières anciennes laisse craindre de nouveaux phénomènes d'effondrement de terrain d'ampleur variable à plus ou moins court terme (potentiellement au cours des prochains mois) ;
- L'ennoyage prolongé d'une partie des galeries récentes entraîne une dégradation des caractéristiques du massif gypseux qui rapproche les piliers de leur seuil de rupture, avec un risque d'effondrement de terrain ne pouvant être entièrement exclu à moyenne échéance (dans les années à venir, voire de façon plus rapide) ;

- Une partie plus ou moins importante des galeries est actuellement inondée. L'ennoyage des galeries anciennes est signalé dans les documents d'archives consultés. En ce qui concerne les galeries récentes, il est probable qu'une large partie d'entre elles sont également ennoyées. Le drainage s'effectuait gravitairement par la galerie creusée en sous-niveau vers le Sud-Ouest mais cette partie de l'exploitation est vraisemblablement aujourd'hui saturée ;
- En cas de nouvel effondrement de terrain dans les parties sud-ouest et centrale de la carrière, une coulée de « boue » d'intensité potentiellement comparable à celle de fin août 2012 pourrait se reproduire. Dans l'hypothèse d'un effondrement de terrain affectant la carrière récente, on ne peut exclure de la même façon l'expulsion d'une « poche d'eau », même si la probabilité apparaît cependant moins marquée compte-tenu à la fois de la forte épaisseur de recouvrement, de la dénivelée marquée entre l'exploitation et l'accès aux galeries, et de la communication vraisemblablement difficile entre les galeries récentes et la partie exploitée anciennement.

Il a également été souligné :

- la menace pesant sur le bâti implanté au « Barbut », au regard du risque d'effondrement de terrain ;
- le risque de déstabilisation (glissement de terrain) de la partie haute du versant en amont de l'effondrement de terrain à l'origine de l'événement de fin Août 2012, avec un impact potentiel pour le chemin de Savoua passant en tête de versant.

Recommandations :

Les mesures de sécurisation recommandées sont les suivantes :

- **Immédiatement :**

- Interdire l'accès au droit de l'ensemble de la carrière et de la zone menacée en cas d'effondrement de terrain (cf. zonage du risque établi par INERIS figurant dans le dossier de mise en sécurité), y compris l'accès aux constructions du *Barbut* ;
- Interdire l'accès au sentier de Savoua sur sa partie exposée en cas de déstabilisation du versant en amont de l'effondrement principal d'Août 2012 ;

- **Dans les meilleurs délais :**

- De façon à lutter contre l'ennoyage et la mise sous pression des galeries, il pourrait être envisagé de créer au niveau des parties anciennes de la carrière, un ou plusieurs exutoires par forage permettant d'évacuer les eaux soit gravitairement soit par remontée artésienne. Les eaux ainsi drainées pourraient être évacuées par le ruisseau de Tucau (il conviendrait au préalable de s'assurer qu'il est en mesure de recevoir ces apports) ;
- En complément de la mesure précédente, de façon à limiter les risques d'expulsion brutale d'une grande quantité d'eau en cas de nouvel effondrement important, le « bouchon » de matériaux obstruant l'ancienne entrée de la

carrière pourrait être remplacé par une grille (qui continuerait par ailleurs à assurer l'interdiction d'accès à l'ouvrage) ;

- En fonction de la création ou non d'exutoire(s) permettant de drainer la carrière (voire en complément), il sera envisagé de procéder – au moins de façon périodique et selon la saison – à un pompage des galeries, opération qui pourrait être réalisée soit par l'ancienne entrée sud-ouest (la mise en place d'une grille comme proposée ci-dessus facilitant l'opération) soit par le biais des orifices naturels par lesquels l'eau a semble-t-il été chassée suite à l'effondrement d'Août 2012 ;
- La réalisation d'au moins deux piézomètres nivelés, au droit notamment de la partie ancienne de la carrière, permettrait de suivre précisément l'évolution du niveau d'eau au sein des galeries et ainsi de mieux évaluer la nécessité de procéder notamment à une opération de pompage (cf. mesure précédente) ;
- De façon à limiter les conséquences sur le village de Bonrepaux en cas de nouvelle coulée de « boue », une réflexion pourrait être engagée sur les possibilités de mise en œuvre de travaux de type « correction torrentielle » dans le ruisseau du Tucan (en aval de l'ancienne plate-forme de la carrière), permettant de freiner les flux expulsés de la carrière et de favoriser le dépôt des matériaux charriés (bassin tampon, plage de dépôt, seuils en gabions ou autres).

Sommaire

1. Objet et contexte de l'expertise	9
2. Présentation du site d'étude	10
2.1 LOCALISATION	10
2.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	11
2.3 PRESENTATION DE LA CARRIERE	12
3. Constats.....	17
3.1 COULEE DE « BOUE » DU 29 AOUT 2012	17
3.2 OBSERVATIONS REALISEES DANS LE CADRE DE L'EXPERTISE.....	19
4. Diagnostic et risques résiduels.....	24
5. Recommandations	27

Liste des figures

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (© IGN, Scan 25 - 2010)	10
Figure 2 : Emprise connue de la carrière de « Tucau – Barbut » et village de Bonrepaux (© www.infoterre.brgm.fr)	10
Figure 3 : Coupe géologique du secteur de Bonrepaux (source : rapport BRGM/71SGN326MPY)	11
Figure 4 : Emprise de la zone exploitée selon le plan des servitudes de la commune.	12
Figure 5 : Emprise et identification des différentes parties exploitées (plan issu du Dossier de mise en sécurité de la carrière – mars 2003), et localisation approximative des instabilités observées (la numérotation renvoie à celle utilisée au paragraphe 3.2)	15
Figure 6 : Traces de divagation de la « poche d'eau » expulsée, au niveau de l'ancienne plate-forme des installations au Sud-Ouest de la carrière	17
Figure 7 : Laisses de « crue » sur la végétation légèrement en aval du point d'expulsion de la « poche d'eau » (cliché pris par la mairie)	18
Figure 8 : Traces de divagation de la « poche d'eau » expulsée, au niveau de l'ancienne plate-forme des installations au Sud-Ouest de la carrière	18
Figure 9 : Laisses de « crue » au niveau du ruisseau du Barbut	19
Figure 10 : Orifice provoqué par l'expulsion de la poche d'eau (date 19/10/12)	20
Figure 11 : Orifice provoqué par l'expulsion de la poche d'eau – cliché pris par la mairie le 31/08/12	20
Figure 12 : Fontis récent de l'ordre de 1 m de diamètre	21
Figure 13 : Effondrement récent de 6-7 m de diamètre	21
Figure 14 : Vue partielle de l'effondrement principal à l'origine de la coulée de boue d'Août 2012	22
Figure 15 : Vue partielle de l'effondrement principal à l'origine de la coulée de boue d'Août 2012	22
Figure 16 : Fontis plus ou moins récent ayant permis l'expulsion de la poche d'eau ...	23
Figure 17 : Fontis plus ou moins récent ayant permis l'expulsion de la poche d'eau ...	23
Figure 18 : Ancien accès aux parties « sud-ouest » et « centrale » de la carrière	24

1. Objet et contexte de l'expertise

La DREAL Midi-Pyrénées (par le biais de M. Cure, service Risques Technologiques et Environnement Industriel) a sollicité le 24 septembre 2012 le BRGM pour émettre un diagnostic de risques suite à la survenue d'une coulée de « boue » ayant impacté le village de Bonrepaux (commune de Prat-Bonrepaux – cf. figure 1) dans la nuit du 29 au 30 Août 2012. L'origine de cette coulée de « boue » serait due à un effondrement de terrain s'étant produit au droit d'une ancienne carrière de gypse.

Les objectifs de la mission sont les suivants :

- Déterminer l'origine des désordres ;
- Evaluer les risques résiduels ;
- Le cas échéant, émettre des recommandations en matière de sécurisation ;

L'expertise a été réalisée par C. Garnier (BRGM Aquitaine) et s'appuie sur :

- des observations visuelles effectuées à l'occasion d'une visite du site réalisée en cours d'après-midi du 19 Octobre 2012, en présence de Mrs A. Touzé (Maire de Prat-Bonrepaux), H. Massat (mairie de Prat-Bonrepaux), et F. Prat (DREAL Midi-Pyrénées – chef de la subdivision de l'Ariège). Seules des observations de surface ont à cette occasion été réalisées (l'accès à la carrière étant condamné) ;
- l'exploitation des archives de la Subdivision de l'Ariège de la DREAL Midi-Pyrénées.

Il s'agit d'une mission de type G5 partielle – diagnostic géotechnique – telle que définie par la norme NF P94-500. Elle s'inscrit dans le cadre des missions d'appui aux administrations menées par le BRGM au titre de l'année 2012.

2. Présentation du site d'étude

2.1 LOCALISATION

L'effondrement de terrain à l'origine de la coulée de « boue » s'est produit au droit de la carrière de gypse dite de « Tucau - Barbut » (répertoriée dans la Banque de Données du Sous-Sol sous le numéro 10558X0022), se trouvant à 400 m environ au Nord du village de Bonrepaux, lui-même situé à 1,5 km au Nord-Est du chef-lieu de Prat-Bonrepaux (cf. figures 1 et 2).

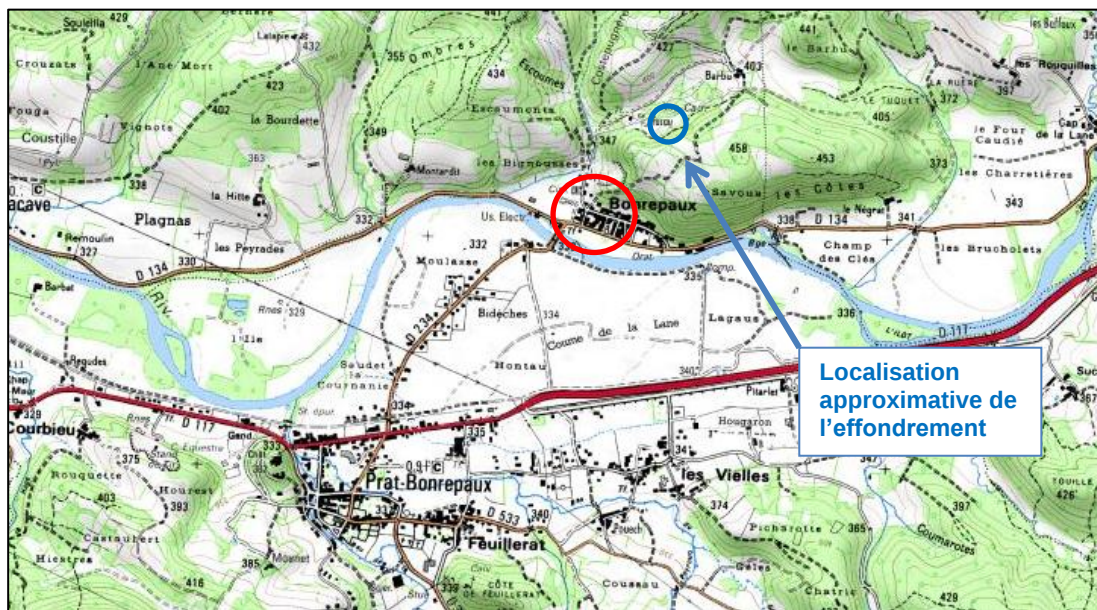


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (© IGN, Scan 25 - 2010)

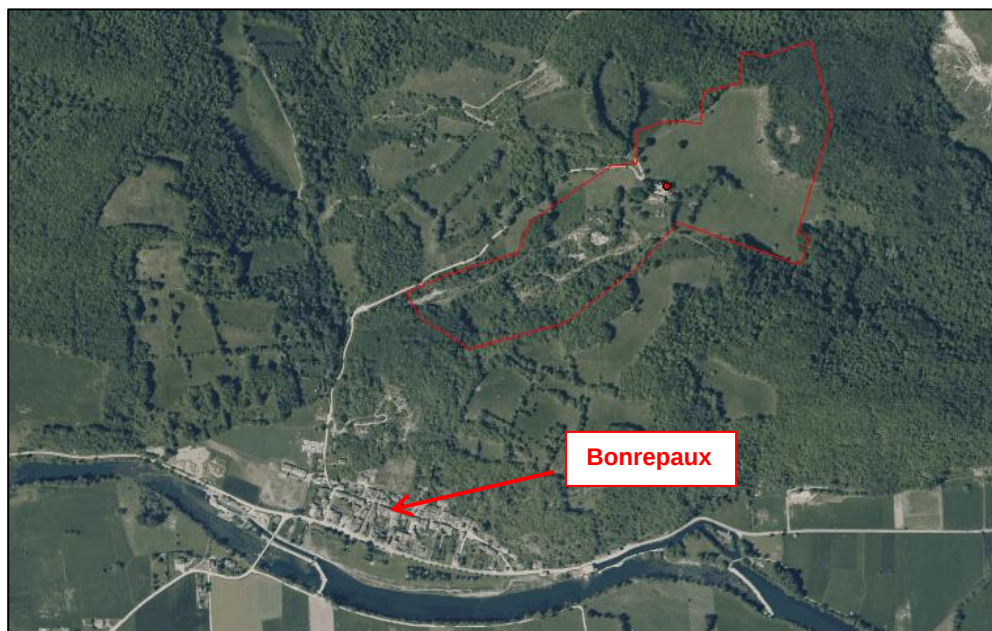


Figure 2 : Emprise connue de la carrière de « Tucau – Barbut » et village de Bonrepaux (© www.infoterre.brgm.fr)

2.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

La commune de Prat-Bonrepaux se situe au Sud du chaînon des Petites Pyrénées et de l'accident frontal nord-pyrénéen, dans la zone nord-pyrénéenne composée ici de flyschs schisto-gréseux albo-cénomaniens (Crétacé). Ces derniers, qui constituent un vaste synclinal se développant selon une bande large de 5 km environ orientée sensiblement Est / Ouest, reposent au Nord (secteur de Betchat à Bagert) sur le socle primaire apparaissant à la faveur du chevauchement frontal pyrénéen.

Au Sud, au niveau de Bonrepaux, le contact se caractérise par la remontée subverticale d'un étroit accident triasique, correspondant au prolongement ouest de l'axe du pli-faille de Montégut. Ce lambeau triasique est composé d'argiles gypseuses du Trias, affleurantes, et de deux bandes de terrains datant du Jurassique et du Crétacé (formant l'ossature du versant abrupte dit « les Côtes » à l'Est de Bonrepaux, surplombant la RD134) et de dômes d'ophites (cf. figure 3). Cet accident serait la conséquence d'une tectonique intense qui a été à l'origine d'une remontée en surface des formations et d'un redressement des flyschs, au Nord de l'affleurement.

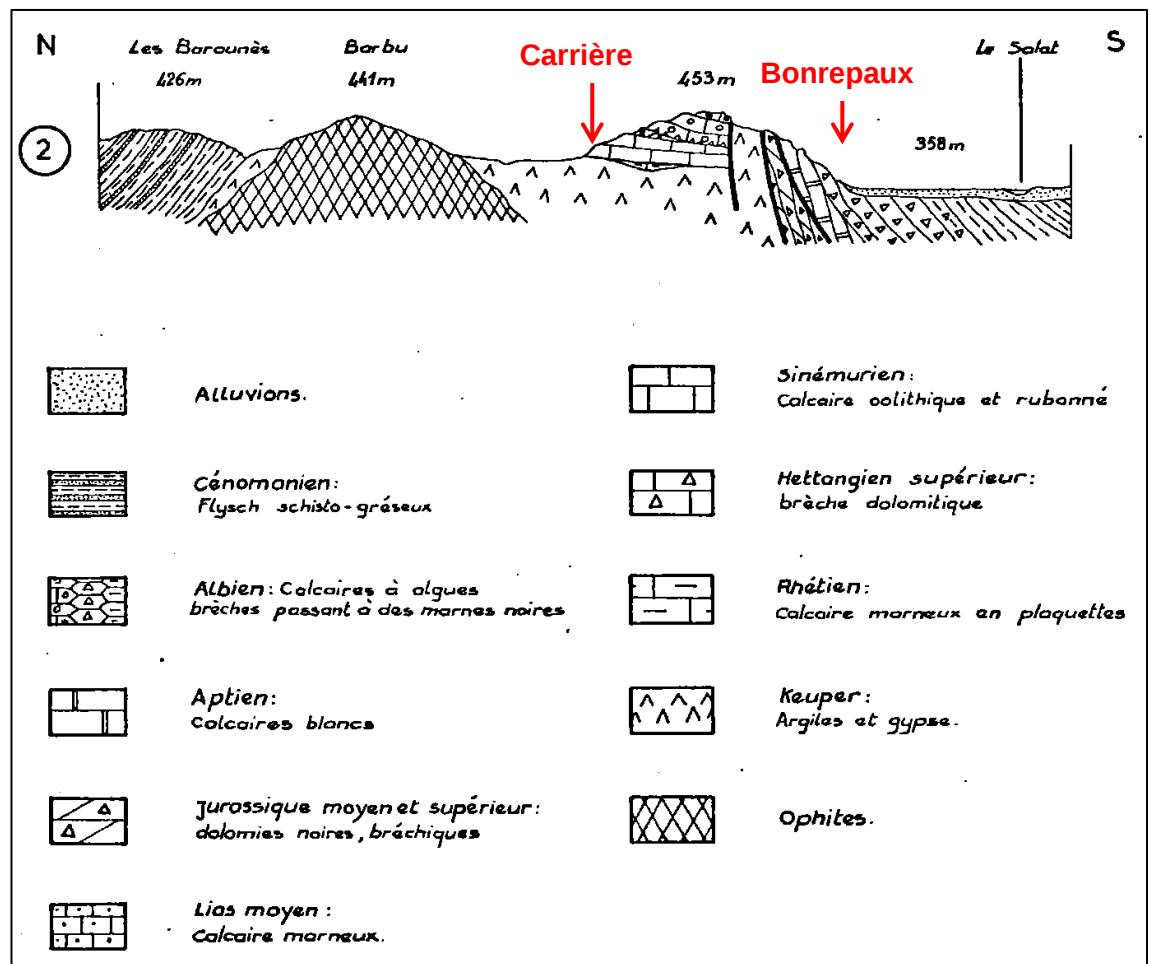


Figure 3 : Coupe géologique du secteur de Bonrepaux
(source : rapport BRGM/71SGN326MPY)

2.3 PRESENTATION DE LA CARRIERE

Selon les archives consultées, le gypse triasique de Bonrepaux serait exploité depuis plus de deux siècles (pour une utilisation initiale comme pierre à plâtre), avec notamment une première zone d'extraction située en bordure nord du village de Bonrepaux, sensiblement à hauteur du cimetière.

L'exploitation de la carrière de « Tucau-Barbut » (cf. figure 4) qui se développe dans un secteur vallonné occupé par des zones boisées et des pâturages, aurait dans un premier temps été menée alternativement par l'intermédiaire de puits verticaux de forme conique (dits « puits bouteille »), s'évasant vers le bas et permettant ainsi une remontée à dos d'homme du gypse par le biais d'escaliers taillés en hélice dans la paroi, et par ailleurs par le biais de fronts de taille à ciel ouvert.

L'exploitation a dans un second temps été réalisée en souterrain (à partir semble-t-il de 1910), et s'est poursuivie jusqu'en 2003 (déclaration de fin de travaux datée du 17 février 2003 et procès-verbal de recollement daté du 4 janvier 2006). La figure 4 présente l'emprise des zones exploitées selon le plan des servitudes de la commune.

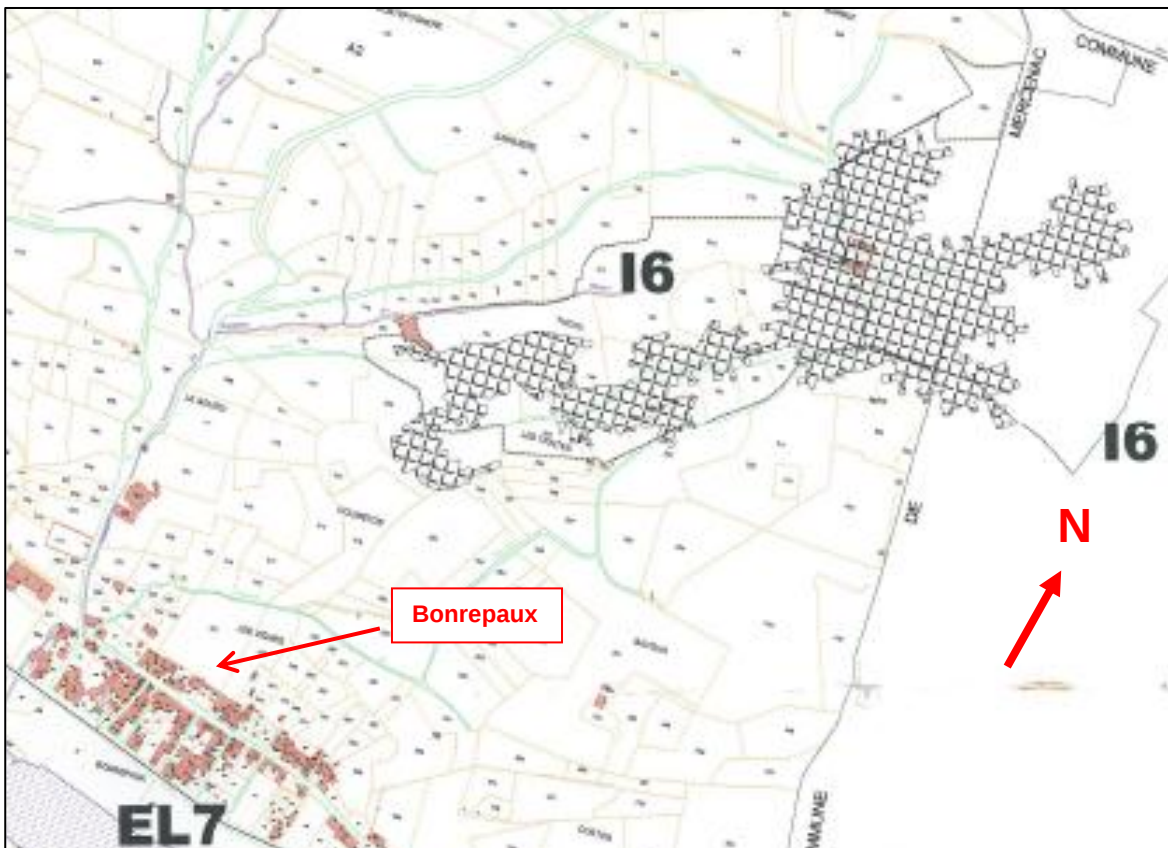


Figure 4 : Emprise de la zone exploitée selon le plan des servitudes de la commune

Sur la base des données d'archives consultées (et plus particulièrement le dossier de demande d'autorisation de réouverture d'exploitation produit en 2001 et le dossier de mise en sécurité de 2003), la carrière (exploitée par abattage à l'explosif, selon la méthode dite des chambres et piliers abandonnés) pourrait être scindée en trois parties distinctes (cf. figure 5) présentant les caractéristiques suivantes :

- Au Sud-Ouest, galeries anciennement creusées sur plusieurs niveaux superposés, avec des piliers de fort élancement disposés de manière désordonnée. Une partie des galeries se serait effondrée (date non connue) tandis que le réseau serait en partie ennoyé ;
- En partie centrale, une zone ancienne aujourd'hui effondrée et qui aurait été partiellement remblayée en surface. Un passage en sous-niveau aurait été réalisé sous ces galeries anciennes pour permettre l'accès depuis l'entrée sud-ouest à la zone d'exploitation plus récente située au Nord-Est (cf. ci-après). Ce passage en sous-niveau aurait été exploité avec la création des piliers massifs de faible élancement. Il serait aujourd'hui noyé ;
- Au nord-est, zone d'exploitation récente. Cette partie, située dans le prolongement de la zone centrale effondrée, est semble-t-il caractérisée par un seul niveau de galeries maillées présentant une hauteur de voûte de 6 m, une largeur de 8 m et séparées les unes des autres d'une distance de 12 m (largeur des piliers). Certaines galeries auraient fait l'objet en fin d'exploitation d'une reprise en sous-pied (hauteur de voûte atteignant au final jusqu'à 10 m). Sur cette partie de l'exploitation, la hauteur de recouvrement varierait entre 25 m et 45 m environ et le taux de défrètement serait de l'ordre de 65%.

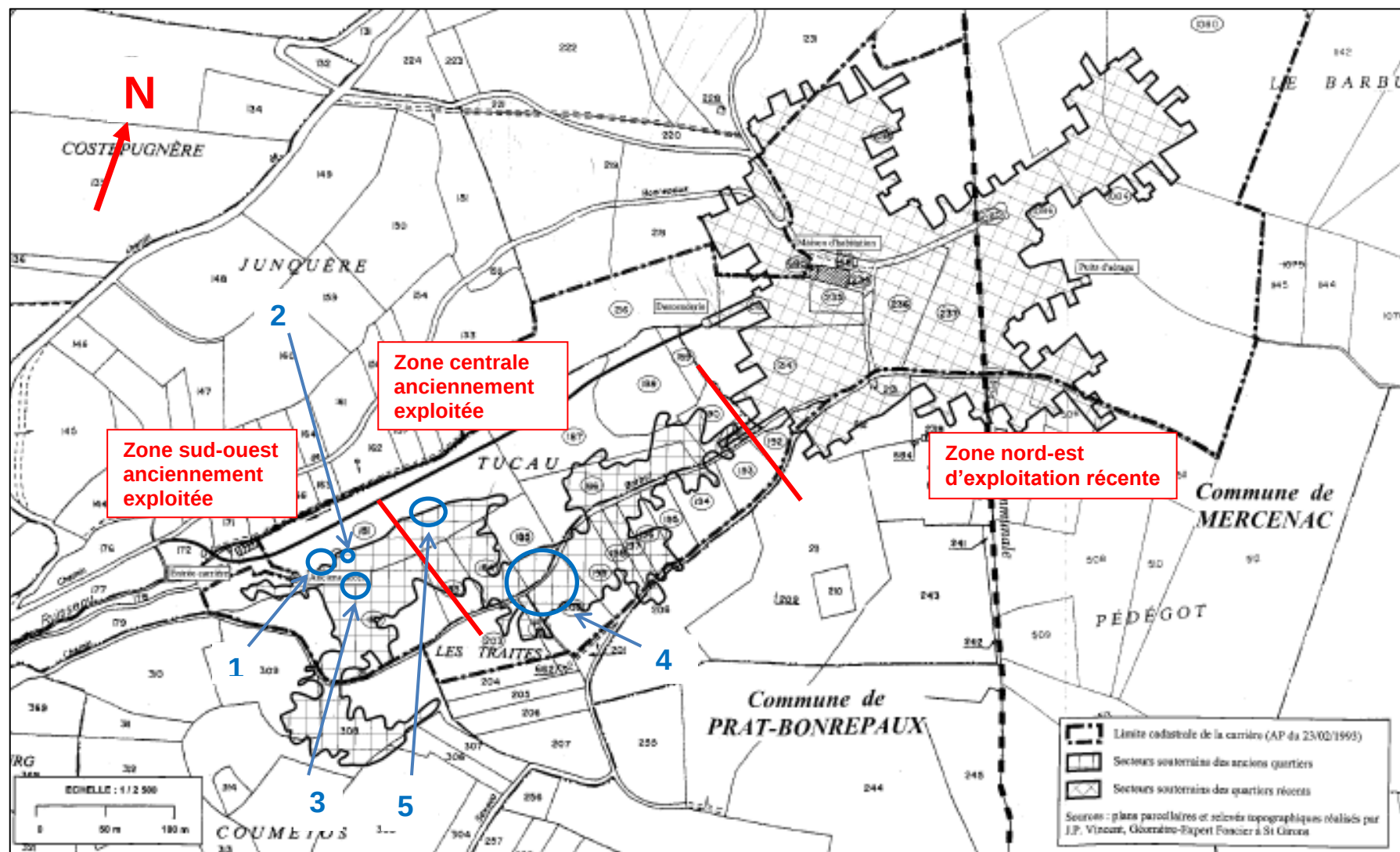


Figure 5 : Emprise et identification des différentes parties exploitées (plan issu du Dossier de mise en sécurité de la carrière – mars 2003), et localisation approximative des instabilités observées (la numérotation renvoie à celle utilisée au paragraphe 3.2)

3. Constats

3.1 COULEE DE « BOUE » DU 29 AOUT 2012

L'effondrement d'une partie de la carrière de « Tucau-Barbut » aurait été à l'origine, dans la nuit du 29 au 30 août 2012, de « l'expulsion » d'une quantité importante d'eau contenue dans les galeries et qui a provoqué une coulée de « boue » qui s'est propagée jusqu'au village de Bonrepaux (cf. figures 6 à 9). L'eau chargée de matériaux rocheux, débris végétaux ainsi que de blocs de béton provenant des anciennes installations de la carrière, a emprunté le lit du ruisseau du Barbut avant de divaguer sur le chemin communal éponyme jusqu'à Bonrepaux. Aucune victime n'a été à déplorer, tandis que les principaux dégâts se sont limités aux ravinements ayant impacté le chemin communal.



Figure 6 : Traces de divagation de la « poche d'eau » expulsée, au niveau de l'ancienne plateforme des installations au Sud-Ouest de la carrière



Figure 7 : Laisses de « crue » sur la végétation légèrement en aval du point d'expulsion de la « poche d'eau » (cliché pris par la mairie)



Figure 8 : Traces de divagation de la « poche d'eau » expulsée, au niveau de l'ancienne plateforme des installations au Sud-Ouest de la carrière



Figure 9 : Laisses de « crue » au niveau du ruisseau du Barbut

3.2 OBSERVATIONS REALISEES DANS LE CADRE DE L'EXPERTISE

Il est rappelé ici que tous les accès à la carrière étant condamnés, seules des observations de surface ont été réalisées. Les indices d'activité relevés lors de la visite réalisée le 19 Octobre 2012 sont les suivants (leur localisation est donnée sur la figure 5 – il s'agit d'une liste non exhaustive, les reconnaissances n'ayant porté que sur une partie restreinte de la carrière):

1. Un orifice de forme ovoïde d'environ 7 m par 4 m (cf. figure 10) a été observé à une vingtaine de mètres environ à l'Est de l'ancienne entrée de la carrière, en limite entre la plate-forme accueillant les anciennes installations et le versant. Cet orifice avait déjà été observé par les services de la mairie dès le lendemain de la coulée de « boue » et correspond selon toute vraisemblance au point de sortie de la « poche d'eau » expulsée suite au coup de bélier provoqué par l'effondrement de terrain. Le niveau d'eau observé en fond de trou se situait à environ -2,50 m/TN, alors qu'il était quasi-affleurant suite à l'événement (cf. figure 11) ;
2. Une dizaine de mètres environ plus à l'Ouest, il a été observé un fontis de plus de 1 m de diamètre pour une profondeur visible d'environ 2,50 m (cf. figure 12). La date d'apparition de cette instabilité n'est pas connue mais il s'agit probablement d'un phénomène récent, dont on ne peut exclure qu'il puisse être lié à l'événement survenu fin Aout 2012 ;



Figure 10 : Orifice provoqué par l'expulsion de la poche d'eau (date 19/10/12)



Figure 11 : Orifice provoqué par l'expulsion de la poche d'eau – cliché pris par la mairie le 31/08/12

3. A une vingtaine de mètres environ dans le versant boisé en contrehaut du point de sortie probable de la poche d'eau (sud-est), un effondrement de terrain de 6-7 m de diamètre et d'une profondeur de l'ordre de 4 m est visible (cf. figure 13). Cette instabilité n'aurait pas été observée lors des visites réalisées par les

services de la mairie fin Août 2012 et semble s'être formée postérieurement. Aucune trace témoignant d'un phénomène d'expulsion d'eau n'a été relevé autour de cet effondrement.



Figure 12 : Fontis récent de l'ordre de 1 m de diamètre environ



Figure 13 : Effondrement récent de 6-7 m de diamètre

4. Au Sud-Est des instabilités précédentes, est présent en partie supérieure du versant un vaste effondrement de terrain vraisemblablement à l'origine – au regard notamment de son ampleur - de la coulée de boue du 29 Août 2012 (cf. figures 14 et 15). Il a été localisé au droit de la partie sud-est de la zone centrale de la carrière. De forme approximativement circulaire, son diamètre a été évalué en première approche à une cinquantaine de mètres. Sa profondeur est difficilement évaluable compte-tenu du remaniement des terrains effondrés.



Figure 14 : Vue partielle de l'effondrement principal à l'origine de la coulée de boue d'Août 2012



Figure 15 : Vue partielle de l'effondrement principal à l'origine de la coulée de boue d'Août 2012

5. En partie inférieure de versant, sensiblement à l'aplomb de l'effondrement « majeur » signalé précédemment, un fontis semble-t-il relativement récent d'une dizaine de mètres de diamètre est observable (cf. figures 16 et 17). Un niveau d'eau est présent en fond de trou, à -8 m/TN environ. Il pourrait s'agir d'un autre point de sortie de l'eau expulsée par l'effondrement principal de fin Août. Des traces d'écoulements sont visibles en aval du fontis (végétation couchée).



Figure 16 : Fontis plus ou moins récent ayant permis l'expulsion de la poche d'eau



Figure 17 : Fontis plus ou moins récent ayant permis l'expulsion de la poche d'eau

4. Diagnostic et risques résiduels

La coulée de « boue » survenue dans la nuit du 29 au 30 Août 2012 est très probablement directement liée à l'effondrement d'une partie des galeries de la zone centrale de la carrière (galeries anciennes du 1^{er} niveau ou galeries exploitées ultérieurement à partir du passage en sous-niveau), l'instabilité ayant provoqué l'expulsion de l'eau ennoyant pour partie l'ouvrage souterrain par le biais de zones de fragilité du terrain naturel. Deux orifices correspondant selon toute vraisemblance aux exutoires de la « poche » d'eau ont ainsi été observés, se situant tous deux au contact entre le massif gypseux et les terrains meubles encaissants. Il est à noter que l'eau « chassée » des galeries n'a pas emprunté l'ancienne entrée de la carrière (obstruée par des matériaux rapportés sur une épaisseur de plusieurs mètres – cf. figure 18).



Figure 18 : Ancien accès aux parties « sud-ouest » et « centrale » de la carrière

Dans le cadre de l'étude des conditions d'exploitation de la carrière, un diagnostic géotechnique des parties anciennes de la carrière avait été réalisé par l'INERIS en février 1991 (réf 71-6139/R01), diagnostic complété ensuite en 2000 (réf DRS-00-26524/R01) et 2001 (réf DRS-01-26524/R02). Les investigations réalisées soulignaient - pour ce qui concernait les parties non encore effondrées - l'état de dégradation avancé des piliers et le risque d'effondrement en masse. Il était également mis en avant la possibilité, au droit de la zone centrale, d'une réactivation des désordres anciens par effondrement localisé dans le sous-niveau ennoyé.

Le diagnostic réalisé insistait par ailleurs sur le rôle majeur de l'eau sur l'évolution des conditions de stabilité des ouvrages souterrains existants, soulignant explicitement la nécessité de maintenir les galeries dénoyées de façon à éviter une dégradation rapide des caractéristiques mécaniques du gypse. D'après les archives, l'exhaure des galeries semble toujours avoir été assurée, au moins pendant la période récente de l'exploitation. Toute opération de pompage étant interrompue depuis la fermeture de la carrière, et en l'absence d'exutoire naturel, il est probable qu'une partie plus ou moins importante des galeries anciennes soit aujourd'hui ennoyée (le niveau d'eau visible au

niveau des fontis 1 et 5 selon la numérotation du paragraphe 3 correspondant en principe au niveau statique de l'eau dans l'ouvrage souterrain). Il est par ailleurs à noter qu'au niveau de l'ancienne entrée de la carrière, aucun drain ou autre aménagement de nature à permettre l'évacuation des eaux n'est visible. Lors de la visite du 19/10/12, il a seulement été observé de modestes venues d'eau à travers le cordon de remblais obstruant l'ouverture.

Même si le massif de gypse exploité ne présente pas de réseau important de circulations souterraines, l'alimentation s'effectue probablement par le biais principalement d'une part de fractures karstifiées affectant le matériel gypseux et d'autre part d'apports superficiels rejoignant les galeries par percolation au travers des terrains de recouvrement – perméabilité de fissures - ou encore en empruntant d'anciens effondrements de terrain ou puits créés pour les besoins de l'exploitation.

En ce qui concerne la partie nord-est de la carrière, exploitée plus récemment, INERIS soulignait dans son diagnostic que, alors que les conditions de stabilité à court terme étaient jugées satisfaisantes, la stabilité des ouvrages souterrains ne pouvaient être assurée à moyen terme dès lors en particulier que le drainage des galeries n'était plus effectif (ce qui est le cas depuis l'arrêt de l'exploitation). Dans l'étude géologique générale (Géobilan, dossier référencé 03.09.027) jointe au Dossier de mise en sécurité de 2003, il était souligné que certaines parties de carrière étaient ennoyées. Le dossier de mise en sécurité prévoyait par ailleurs la mise en place d'un dispositif de drainage des eaux souterraines, dispositif dont la présence n'a pu être constatée en raison de l'impossibilité d'accès jusqu'à la descenderie (dont l'entrée a été condamnée par remblayage). Reprenant les éléments d'étude d'INERIS, Géobilan insistait sur le fait qu'en conditions saturées entraînant une perte significative de résistance mécanique du gypse, la stabilité des parties de carrière récentes n'était plus assurée et que le risque d'effondrement de terrain susceptible de se répercuter jusqu'en surface était réel.

De façon synthétique, l'analyse précédente fait ressortir les principaux points suivants :

- L'état des parties de carrières anciennes laisse craindre de nouveaux phénomènes d'effondrement de terrain d'ampleur variable à plus ou moins court terme (potentiellement au cours des prochains mois) ;
- L'ennoyage prolongé d'une partie des galeries récentes (associé à une hygrométrie élevée de l'air du fait notamment de l'absence d'aération) entraîne une dégradation des caractéristiques du massif gypseux qui rapproche les piliers de leur seuil de rupture, avec un risque d'effondrement de terrain ne pouvant être entièrement exclu à moyenne échéance (dans les années à venir, voire de façon plus rapide) ;
- Une partie plus ou moins importante des galeries est actuellement inondée. L'ennoyage des galeries anciennes est signalé dans les documents d'archives consultés. Le niveau d'eau observable au fond des deux orifices par lesquels l'eau des galeries a été chassée suite à l'événement d'Août 2012 témoigne de cet ennoyage probablement généralisé (cf. figures 10 et 11, 16 et 17). En ce qui concerne les galeries récentes, il est probable qu'une large partie d'entre elles sont également ennoyées. Le drainage s'effectuait gravitairement par la galerie creusée en sous-niveau vers le Sud-Ouest (la dénivelée entre la partie « haute » du carreau d'exploitation et l'entrée de la descenderie étant de l'ordre

de 7 m) mais cette partie de l'exploitation est vraisemblablement aujourd'hui saturée ;

- En cas de nouvel effondrement de terrain dans les parties sud-ouest et centrale de la carrière, une coulée de « boue » d'intensité potentiellement comparable à celle de fin août 2012 pourrait se reproduire. Dans l'hypothèse d'un effondrement de terrain affectant la carrière récente, on ne peut exclure de la même façon l'expulsion d'une « poche d'eau », même si la probabilité apparaît cependant moins marquée compte-tenu à la fois de la forte épaisseur de recouvrement, de la dénivelée marquée entre l'exploitation et l'accès aux galeries, et de la communication vraisemblablement difficile entre les galeries récentes et la partie exploitée anciennement (du fait notamment des effondrements survenus dans un passé plus ou moins éloigné).

Par ailleurs, il est souligné :

- la menace pesant sur le bâti implanté au « Barbut » (aujourd'hui semble-t-il occupé de façon non permanente pour les besoins d'une exploitation agricole), au regard du risque d'effondrement de terrain ;
- le risque de déstabilisation de la partie haute du versant en amont de l'effondrement de terrain à l'origine de l'événement de fin Août 2012 (glissement des terrains de couverture d'épaisseur métrique à plurimétrique). Le chemin de Savoua passant en tête de versant pourrait être impacté en cas d'évolution régressive jusqu'en sommet de pente.

5. Recommandations

Sur la base du diagnostic précédemment établi, il est proposé des mesures de sécurisation relevant de trois principes d'action complémentaires :

1. Restreindre au maximum l'accès aux zones de danger ;
2. Minimiser autant que possible le risque de formation d'une coulée de « boue » en cas d'occurrence d'un nouvel effondrement de terrain (phénomène contre lequel il est - du double point de vue technique et économique - difficilement envisageable d'agir) ;
3. Limiter les conséquences potentielles sur le Village de Bonrepaux en cas de coulée de « boue ».

Les mesures de sécurisation recommandées sont les suivantes :

- **Immédiatement :**

- Interdire l'accès au droit de l'ensemble de la carrière et de la zone menacée en cas d'effondrement de terrain (cf. zonage du risque établi par INERIS figurant dans le dossier de mise en sécurité), y compris l'accès aux constructions du *Barbut* ;
- Interdire l'accès au sentier de Savoua sur sa partie exposée en cas de déstabilisation du versant en amont de l'effondrement principal d'Août 2012 ;

- **Dans les meilleurs délais :**

- De façon à lutter contre l'ennoyage et la mise sous pression des galeries, il pourrait être envisagé de créer au niveau des parties anciennes de la carrière, un ou plusieurs exutoires par forage permettant d'évacuer les eaux soit gravitairement soit par remontée artésienne. Les eaux ainsi drainées pourraient être évacuées par le ruisseau de Tucau (il conviendrait au préalable de s'assurer que celui-ci est en mesure de recevoir ces apports). De façon à limiter les problèmes de réalisation et de pérennité de ces ouvrages, il pourrait s'agir de forages inclinés réalisés depuis l'extérieure de l'emprise de la carrière (faisabilité à vérifier notamment selon la topographie) ;
- En complément de la mesure précédente, de façon à limiter les risques d'expulsion brutale d'une grande quantité d'eau en cas de nouvel effondrement important, le « bouchon » de matériaux obstruant l'ancienne entrée de la carrière pourrait être remplacé par une grille (qui continuerait par ailleurs à assurer l'interdiction d'accès à l'ouvrage). La possibilité d'une sortie d'eau par cette ouverture reste toutefois assez limitée au regard de la différence de niveau entre le carreau d'exploitation et l'accès (de l'ordre de 7 m semble-t-il selon un plan de la carrière levé en 1968) ;
- En fonction de la création ou non d'exutoire(s) permettant de drainer la carrière (voire en complément), il sera envisagé de procéder – au moins de façon périodique et selon la saison – à un pompage des galeries, opération qui pourrait être réalisée soit par l'ancienne entrée sud-ouest (la mise en place

d'une grille comme proposée ci-dessus facilitant l'opération) soit par le biais des orifices naturels par lesquels l'eau a semble-t-il été chassée suite à l'effondrement d'Août 2012 ;

- La réalisation d'au moins deux piézomètres nivelés, au droit notamment de la partie ancienne de la carrière, permettrait de suivre précisément l'évolution du niveau d'eau au sien des galeries et ainsi de mieux évaluer la nécessité de procéder notamment à une opération de pompage (cf. mesure précédente) ;
- De façon à limiter les conséquences sur le village de Bonrepaux en cas de nouvelle coulée de « boue », une réflexion pourrait être engagée sur les possibilités de mise en œuvre de travaux de type « correction torrentielle » dans le ruisseau du Tucau (en aval de l'ancienne plate-forme de la carrière), permettant de freiner les flux expulsés de la carrière et de favoriser le dépôt des matériaux charriés (bassin tampon, plage de dépôt, seuils en gabions ou autres).



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

BRGM Aquitaine
Parc Technologique Europarc
24, avenue Léonard de Vinci
33600 – Pessac - France
Tél. : 05 57 26 52 70