Antenne SUD
Pist Oasis 3 – Bât A
Rue de la Bergerie
30319 ALES CEDEX
Tél : +33 (0)4.66.61.09.80
Fax : +33 (0)4.66.25.89.68

Compte rendu de visite sur un désordre – commune de Saint-Félix-de-Pallières (Gard)

RAPPORT S 2013/096DE – 13LRO3503

Date : 24 octobre 2013

SOMMAIRE

1 Cadre 3
2 Analyse des données disponibles 4
3 Observations 8
4 Conclusion - propositions 11
4.1 Le remblayage 11
4.2 La pose d'un bouchon autoportant 11

Mots clés : concession de La-Croix-de-Pallières, désordre, puits, mine, Saint-Félix-de-Pallières, Gard, visite et préconisations

1 CADRE

Le lundi 7 octobre 2013, apprenant l'existence d'un désordre découvert le samedi 5 octobre 2013, la DREAL Languedoc-Roussillon a demandé à GEODERIS d'établir un diagnostic sur l'origine de ce désordre et de proposer des mesures de mise en sécurité le cas échéant.

Ce désordre est situé sur la commune de Saint-Félix-de-Pallières (Gard), plus précisément sur l'ancien site minier de La-Croix-de-Pallières (Illustration 1, Photo 1) rattaché à la concession de La-Croix-de-Pallières (titre n° 30SM0049) pour argent, plomb, zinc et substances connexes. La presse locale a mentionné que le désordre correspondait à l'effondrement de la dalle qui recouvrait l'accès au puits n°1.

La concession de La-Croix-de-Pallières a été instituée en 1848 et renoncée en 2004.

Le gisement de La-Croix-de-Pallières est connu depuis l'Antiquité. Il a été exploité sur les trois périodes connues suivantes :

- ✓ de 1844 à 1888,
- ✓ de 1911 à 1931,
- ✓ de 1948 à 1971 (principale période d'exploitation).

Durant ces périodes, la production a été d'environ 80 000 tonnes de zinc, 34 000 tonnes de plomb, 30 tonnes d'argent.

Sur ce secteur minier, une étude détaillée des aléas est actuellement menée par GEODERIS.

2 ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES

Le désordre est situé dans l'emprise de l'ancien site minier de La-Croix-de-Pallières, à l'aplomb du puits n°1 (Illustrations 1 et 2).

Selon les archives consultées, la tête du puits n°1 était située à la cote 328,784 ; il a un diamètre de trois mètres et une profondeur d'environ 130 mètres. Il desservait deux niveaux de galerie, dont le niveau 244 visible sur l'illustration 2.

Ce puits aurait été mis en sécurité, à la fin de l'exploitation, de la façon suivante (Extrait de l'arrêté préfectoral du 16 juillet 1971 et Photos 1 et 5) :

« *Tous les orifices mettant en communication des travaux miniers souterrains anciens ou récents et la surface seront obturés par des dispositifs propres à assurer en permanence la sécurité publique. Ces derniers seront au minimum les suivants :*

a) *Les têtes de puits seront obturées par une dalle en béton armé de 0,30 m d'épaisseur (armature en fer rond de ⌀ 10 mm et béton dosé à 350 kg/m^3) reposant sur une grille faite de rails de 12 kg/m posés à 0,30 m d'intervalle et profondément ancrés dans les parois bétonnées du puits. Cette dalle sera traversée par trois évents constitués par des tronçons de tubes métalliques de ⌀ 40 mm.*

Pour le puits n°1 de la mine de la Croix de Pallières une première dalle réalisée comme indiqué ci-dessus sera coulée dans la partie inférieure du faux carré. Une deuxième dalle identique à la première sera coulée à la partie supérieure du faux carré. Les vides entre les deux dalles et entre la dalle supérieure et le niveau du sol seront soigneusement remblayés. Trois tubes évents de ⌀ 40 mm, traverseront les deux dalles et les parties remblayées pour mettre en communication les travaux abandonnés et l'atmosphère. »

La photo 1 de la tête de l'ouvrage, après le désordre, nous incite à penser que cette sécurisation a bien été mise en place, les restes de dalles (ferraillage et béton), la présence des remblais, entre les deux dalles et sur la partie supérieure en attestent.

L'origine minière du désordre d'octobre 2013 est incontestable. Il est en relation avec la présence du puits n°1 et montre la disparition des dalles mises en place.

Illustration 1 – Position du désordre d'octobre 2013 sur fond de BD Ortho® de l'IGN, année 2006

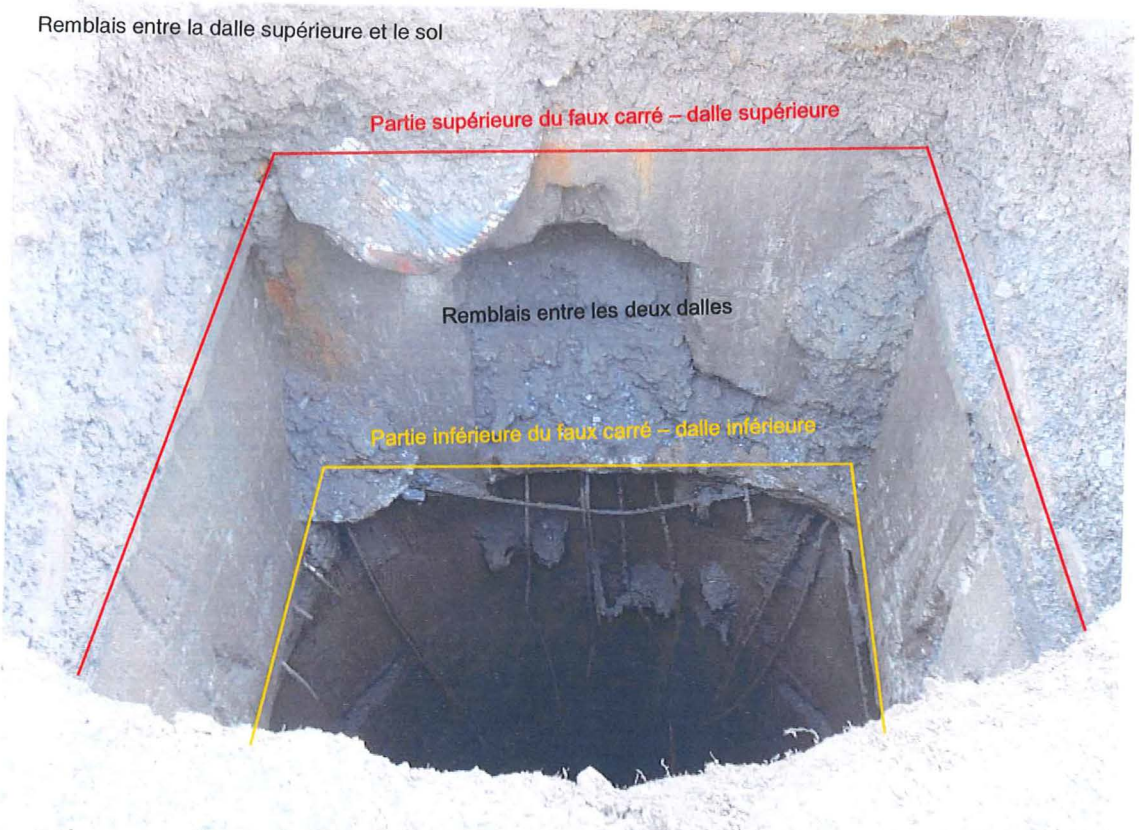

Photo 1 (source : gendarmerie de Lasalle) – Cavité en profondeur – disparition de la sécurisation initiale

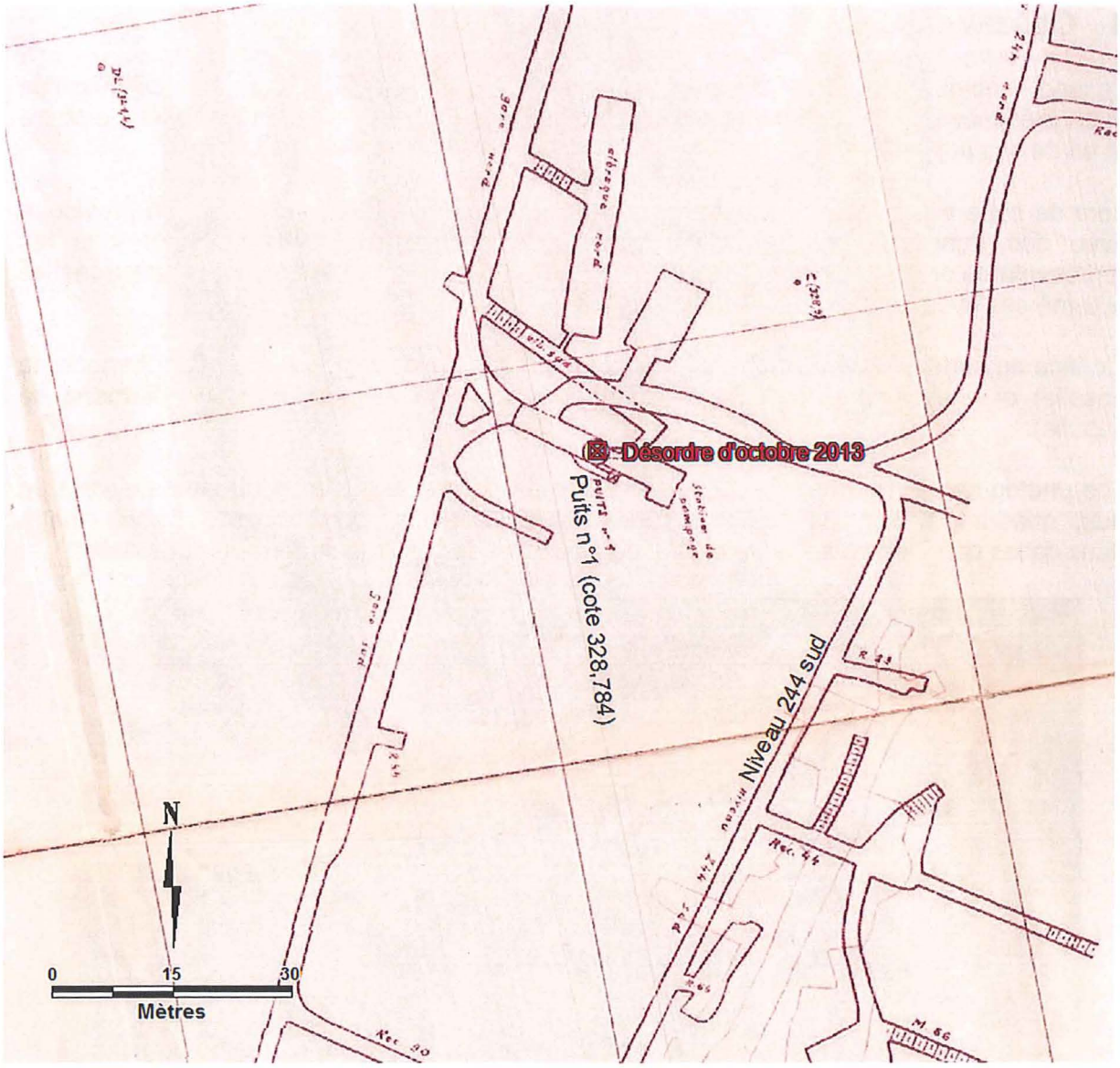

Illustration 2 – Situation du désordre d'octobre 2013 par rapport au plan des galeries minières mis à jour le 31/12/1970

3 OBSERVATIONS

Le lundi 7 octobre, GEODERIS s'est rendu sur place avec la DREAL Languedoc-Roussillon et en présence des représentants de la mairie de Saint-Félix-de-Pallières (Monsieur le Maire et un de ses adjoints).

Lors de cette visite, il a été constaté que l'orifice avait déjà été obturé de façon provisoire avec des troncs d'arbres et trois couches de grillage (Photos 2 et 3), ce que les représentants présents de la municipalité de Saint-Félix-de-Pallières ont indiqué avoir réalisé eux-mêmes avec les moyens disponibles.

L'orifice en surface a un diamètre d'environ trois mètres (Photo 4 – source : gendarmerie de Lasalle) et une centaine de mètres de profondeur (Photo 5 – source : gendarmerie de Lasalle).

Les photographies du désordre communiquées par la gendarmerie montrent clairement un puits quadrangulaire dans sa partie supérieure et un ancien comblement suspendu entre deux dalles dont rien ne subsiste en place autre que des vestiges de ferraillage de dalle.

Photo 2 – Désordre d'octobre 2013 sur la commune de Saint-Félix-de-Pallières – mise en securité provisoire réalisée par la mairie

Photo 3 – Désordre d'octobre 2013 sur la commune de Saint-Félix-de-Pallières – mise en sécurité provisoire réalisée par la mairie

Photo 4 (source : gendarmerie de Lasalle) – Orifice du désordre en surface

Photo 5 (source : gendarmerie de Lasalle) – Cavité en profondeur

4 CONCLUSION - PROPOSITIONS

Ce désordre, clairement d'origine minière est situé sur une zone ouverte, facilement accessible et passante et nécessite donc une sécurisation pérenne.

Deux solutions de sécurisation pérenne sont envisageables : le remblayage ou la pose d'un bouchon autoportant.

4.1 Le remblayage

Usuellement, dans ce type d'environnement **sans enjeux vulnérables**, le **remblayage contrôlé** est préconisé.

Avant cette sécurisation, nous préconisons que le puits soit sondé afin de déterminer de façon précise, sa profondeur.

Il s'agit d'un remblayage complet de l'ouvrage. Vue la présence de deux niveaux de recettes, il est impératif de s'assurer que les produits de comblement soient stabilisés dans la colonne du puits.

Dans ces conditions, nous préconisons la mise en place de blocs de roches de dimensions métriques jusqu'à une dizaine de mètres minimum au-dessus de la recette supérieure (niveau 244), puis un remplissage des vides jusqu'à la surface avec des matériaux de granulométrie plus fine ne se désagrégeant pas à l'eau.

La quantité de remblais mise en place devra tenir compte du phénomène de tassement avec la réalisation d'un tumulus en tête de puits (Illustration 4).

Avant la mise en œuvre de ce remblayage contrôlé, il est impératif de curer le puits car les matériaux actuellement accumulés au fond (probablement sur une trentaine de mètres d'épaisseur) ne sont vraisemblablement pas adaptés.

4.2 La pose d'un bouchon autoportant

Dans le cas présent, malgré l'absence d'enjeux vulnérables, mais au vu des difficultés de mise en œuvre du remblayage contrôlé, notamment à cause de la présence des recettes, la réalisation d'un **bouchon autoportant** est intéressante.

La cohésion entre le bouchon autoportant et le revêtement du puits est essentiellement assurée par le contact béton-revêtement dont la résistance au cisaillement dépend de l'état et de la nature du revêtement ainsi que des propriétés mécaniques du matériau constituant le bouchon.

Le bouchon béton devra être ancré dans la roche saine, avoir un élancement suffisant. Il sera recouvert par une colonne de remblais.

La mise en place d'un bouchon béton impose la détermination de plusieurs paramètres : la profondeur d'ancrage, la hauteur du bouchon béton et de la colonne de remblais, le choix du mode de mise en place du bouchon autoportant.

- Détermination de la profondeur d'ancrage du bouchon autoportant :

Le bouchon devra être ancré dans la roche saine. Pour cela, il est indispensable de réaliser, au préalable, un sondage vertical situé dans l'environnement immédiat du puits, avec essais pressiométriques tous les mètres afin de déterminer la profondeur d'ancrage. Il faudra une valeur de pression limite [1] minimale de 5 MPa sur toute la hauteur du bouchon béton.
Une fois que la profondeur d'ancrage sera déterminée, la hauteur du bouchon béton pourra être calculée.

- Dimensionnement du bouchon autoportant :

On considère h la hauteur du bouchon béton coulé dans la colonne de puits. Le contact latéral béton-revêtement présente une résistance au cisaillement q_s. Conformément à l'étude réalisée par l'INERIS pour le compte de Charbonnages de France traitant des principes de fermeture des anciens ouvrages miniers débouchant au jour (INERIS SSE-Cdi/CS-97-25EP35/R04 de mars 1997), nous retenons une valeur moyenne de la résistance au cisaillement à 180 kPa.

Outre son propre poids, on suppose que le bouchon est soumis à une charge de surface P_1, de l'ordre de 100 kPa, une contrainte de succion en pied P_2, de l'ordre de 100 kPa, ainsi qu'au poids de la colonne de matériau mise en place à son sommet.

Dans le cas général, le poids volumique du béton g_b est considéré de l'ordre de 25 kN/m^3, le poids volumique des matériaux mis en place en haut de la colonne du puits est de l'ordre de 20 kN/m^3. Avec cette valeur, on considère qu'il s'agit de remblais humides.

Le bouchon est dimensionné pour être autoportant, c'est-à-dire que sa stabilité n'est pas tributaire de la présence de matériaux qui lui servent d'appui en pied. En cas de disparition de ces matériaux, la structure est capable d'assurer sa propre stabilité par effet de frottement latéral. On note K, le coefficient de sécurité de l'ouvrage.

Usuellement, nous considérons un coefficient de sécurité K égal à 3 pour un bouchon autoportant.

Pour un puits de section circulaire et de rayon r, le coefficient de sécurité intervient dans le calcul (1) des différents efforts s'exerçant sur le bouchon. Les différents paramètres sont explicités dans l'illustration 3.

$$K\,\pi r^2(\gamma_b h + P_1 + P_2 + \gamma_r h_r) = 2\pi h q_s \qquad (1)$$

Hauteur du bouchon béton (m)	h	?
Rayon du puits (m)	r	1,5
Surcharge de surface (kPa)	P_1	100
Effet de succion (kPa)	P_2	100
Poids volumique du remblai (kN/m^3)	g_r	20
Hauteur des remblais sur le bouchon (m)	h_r	?
Poids volumique du béton (kN/m^3)	g_b	25
Résistance au cisaillement béton/revêtement (kPa)	q_s	180
Coefficient de sécurité pour le bouchon autoportant	K	3
Coefficient de sécurité pour le pré-bouchon	K	1,5

Illustration 3 – Valeur des paramètres utilisés pour le dimensionnement du bouchon autoportant

[1] La pression limite caractérise la résistance de rupture du sol

Dans le cas présent, les deux inconnus sont h (hauteur du bouchon béton) et h_r (hauteur des remblais mis en place entre le bouchon béton et la surface du sol). Cette dernière valeur sera déterminée grâce aux essais pressiométriques. A l'issue de ces investigations, nous serons en mesure de déterminer h.

Exemple (Illustration 5):

→ En supposant que les essais pressiométriques révèlent une zone d'altération superficielle de 10 mètres de puissance, il y aura 10 mètres de remblais au-dessus du bouchon béton (h_r = 10 m).

Avec un coefficient de sécurité K = 3, l'application de la formule (1) aboutit à un bouchon béton d'environ 7 mètres de hauteur.

→ En supposant que les essais pressiométriques révèlent une zone d'altération superficielle de 5 mètres de puissance, il y aura 5 mètres de remblais au-dessus du bouchon béton (h_r = 5 m).

Avec un coefficient de sécurité K = 3, l'application de la formule (1) aboutit à un bouchon béton d'environ 6 mètres de hauteur.

- Mise en place du bouchon autoportant :

Pour sa mise en place, deux possibilités sont usuellement envisageables :

✓ le remblayage du puits afin que, lors de sa mise en place, le bouchon béton soit supporté par ces remblais,

✓ la réalisation d'un pré-bouchon dont les calculs de dimensionnement sont identiques à ceux du bouchon béton proprement dit, mais avec un coefficient de sécurité de 1,5. La mise en place de ce pré-bouchon nécessite la création d'un coffrage préalable (packer ou plancher bois selon les contraintes du chantier).

Dans le cas présent et vu la présence de recettes et l'incertitude concernant la qualité des matériaux actuellement accumulés au fond du puits, nous préconisons la réalisation d'un pré-bouchon.
L'objectif de ce pré-bouchon est de supporter la coulée du reste du bouchon avant que ce dernier n'atteigne ses caractéristiques mécaniques optimales pour être autoportant. Il faudra donc que le pré-bouchon, puisse supporter le poids du bouchon. On utilise la formule (1) en négligeant les contraintes verticales dues aux surcharges, la succion et le poids des remblais.

Exemple : Nous reprenons les deux mêmes exemples que précédemment. Rappelons que, dans le cas d'un pré-bouchon, le coefficient de sécurité est de 1,5.

→ La mise en place d'un bouchon béton de 6 à 7 mètres de hauteur nécessite un pré-bouchon d'environ 1 mètre de hauteur.

- Caractéristiques du béton :

Le béton devra présenter le moins de retrait possible et être mis en place à l'aide d'une pompe pour limiter la ségrégation. Le béton devra posséder les caractéristiques minimales du type B25 et être coulé en plusieurs passes successives.

Attention : En attendant la sécurisation pérenne, il faudra que la Municipalité veille à ce que la sécurisation provisoire persiste et que l'accès à proximité de l'orifice soit interdit.

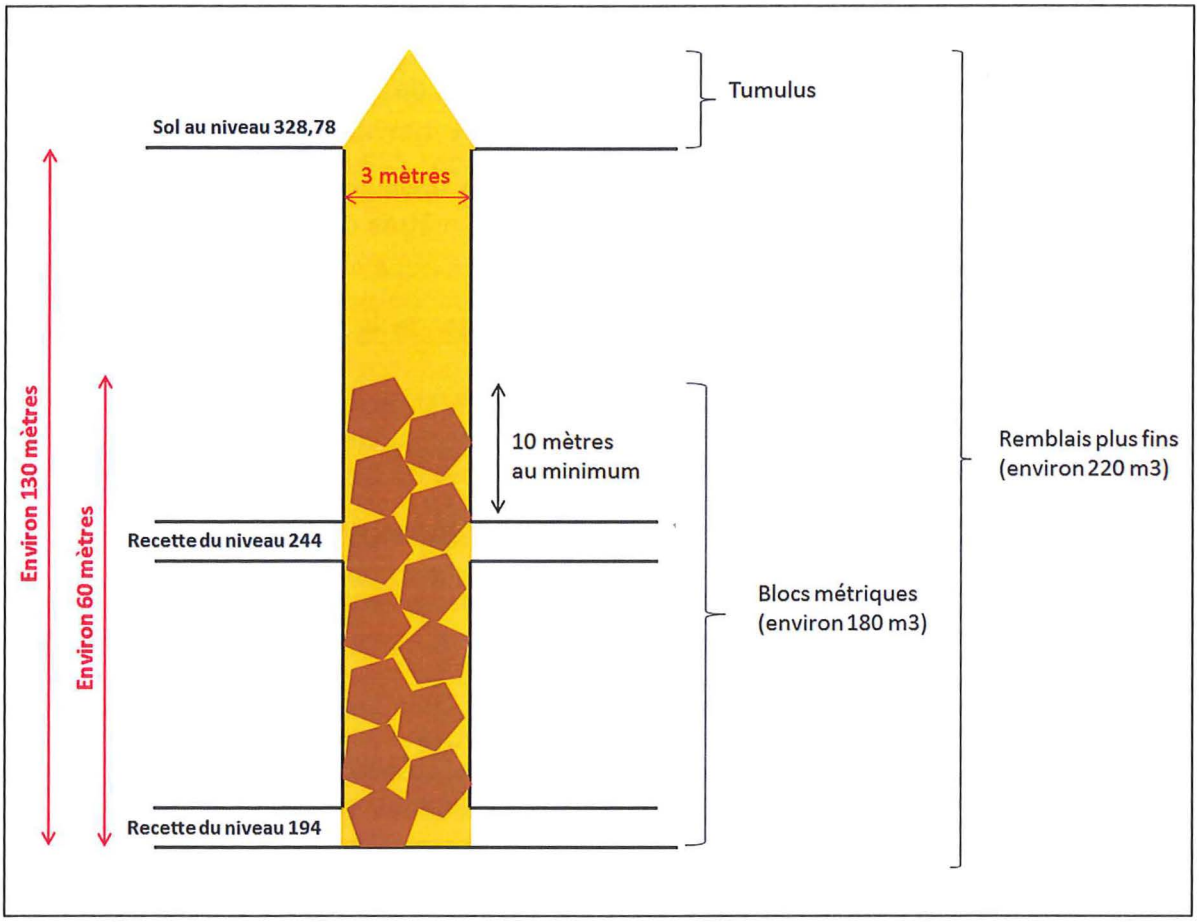

Illustration 4 – Schéma indicatif de comblement du puits n°1 (ce schéma n'est pas à l'échelle)

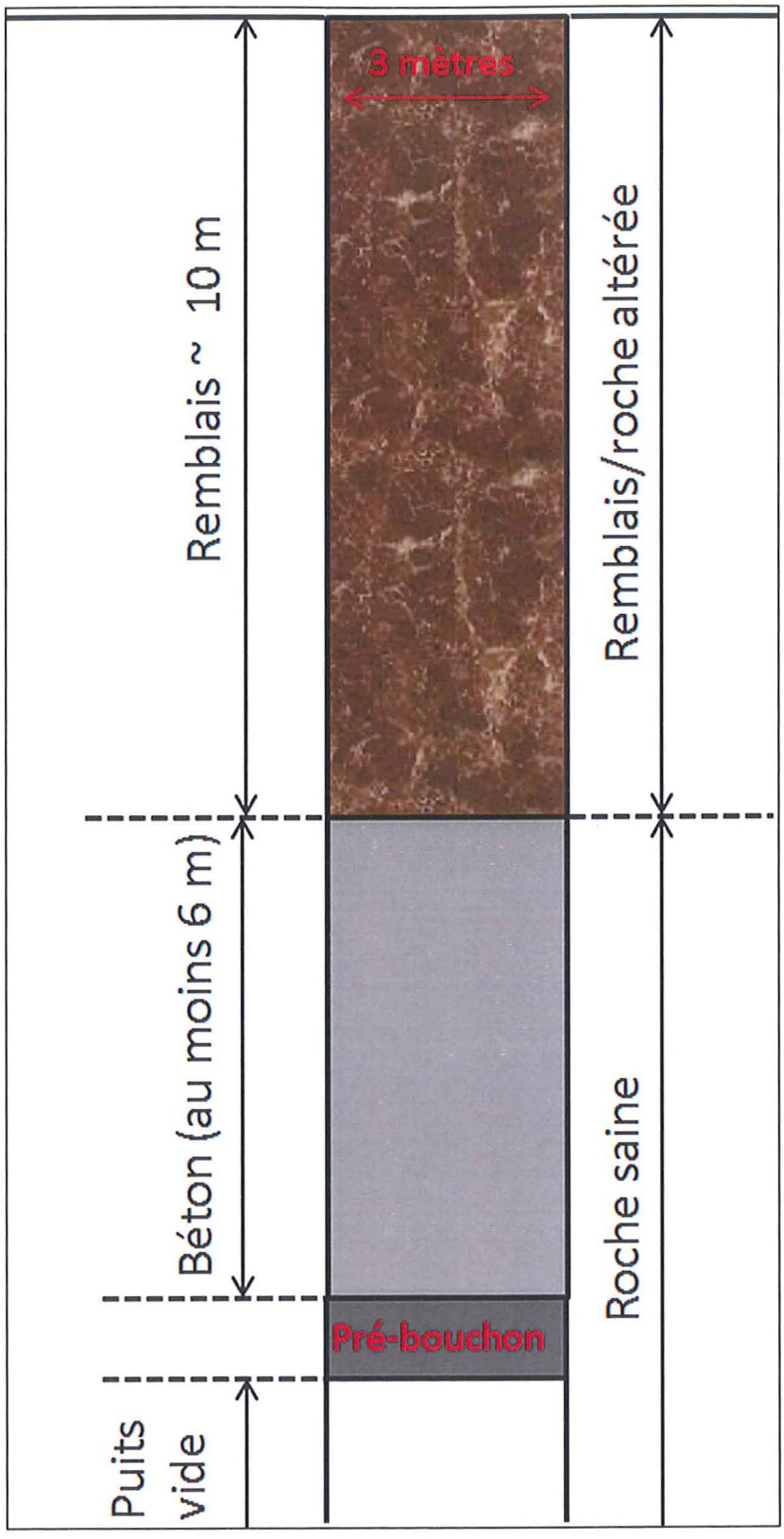

Illustration 5 – Schéma indicatif de positionnement du bouchon du puits n°1