



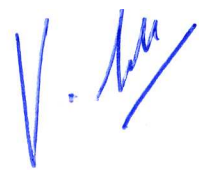
Concession de Pb/Zn/Ag de la Touche (35)
Etude des risques liés à la présence de
travaux miniers souterrains peu profonds :
Synthèse des investigations
Avis sur les risques et propositions de mesures de
prévention ou de mise en sécurité

DIFFUSION :

Pôle Après Mine Ouest - J.-P. Besnard	2 ex
GEODERIS National - H. Baroudi	1 ex
GEODERIS Ouest - Archivage	1 ex

Réf : GEODERIS W2009/013DE – 09BRE2420

Date : 28/04/2009

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	T. DELAUNAY	I. VUIDART	C. VACHETTE
			

SOMMAIRE

1	<i>Introduction.....</i>	4
2	<i>Rappel des résultats de l'étude d'aléas 2006.....</i>	4
3	<i>Enjeux de surface et sites investigués.....</i>	9
4	<i>Investigations réalisées</i>	10
4.1	Rappel des objectifs.....	10
4.2	Réalisation de sondages destructifs.....	10
4.3	Auscultations laser et vidéoscopie	13
5	<i>Synthèse des résultats.....</i>	14
5.1.	Site 1 : Rue de la Mine – Habitation	14
5.2.	Site 2 : Rue du Puits.....	18
5.3.	Site 3 : Rue de la Mine – Habitation M. Denis	18
5.3.1.	Galerie du sondage 3035	19
5.3.2.	Chambre d'exploitation du sondage 3036	22
6	<i>Réévaluation des aléas « mouvements de terrain »</i>	24
6.1	<i>Aléa « effondrement localisé »</i>	24
6.1.1	Qualité des terrains de recouvrement.....	25
6.1.2	Niveau de l'aléa	25
6.1.3	Extension en surface de l'aléa.....	28
6.2	<i>Aléa « tassement »</i>	29
6.2.1	Aléa sur travaux entre les niveaux – 40 et – 90	30
6.2.2	Aléa sur fouilles comblées à l'affleurement.....	30
6.3	<i>Synthèse sur les niveaux d'aléa.....</i>	31
7	<i>Analyse des risques résiduels pour les biens et les personnes.....</i>	31

Table des illustrations

Figure 1 : Extrait du zonage de l'aléa effondrement localisé et localisation des 3 sites investigués sur la Touche.....	5
Figure 2 : Coupe schématique longitudinale des travaux souterrains	6
Figure 3 : Méthodes d'exploitation par tailles montantes sur la Colonne Centrale (mine de la Touche - 35).....	7
Figure 4 : Nomenclature utilisée pour l'expertise géotechnique des travaux et zonage de l'aléa effondrement localisé retenu en 2006 à l'aplomb de travaux peu profonds sur la Touche (cf. [1])	8
Figure 5 : Photographie de la foreuse en cours de préparation d'un sondage rue de la Mine (Site 1 – concession La Touche)	11
Figure 6 : Log foreur du sondage TOU4 Site 1 – Vieux-Vy-sur-Couesnon (35)	12
Figure 7 : Vue 2D orientée de la cavité depuis le sondage TOU 4 (Site 1 - La Touche) correspondant à la galerie de Niveau – 40	16
Figure 8 : Vue 3D de la cavité (galerie Niveau – 40) depuis le sondage TOU4 (Site 1 - La Touche).....	16
Figure 9 : Photographie de la cavité TOU4 (Site 1 – La Touche) - vue vers le nord.....	17
Figure 10 : Photographie de la cavité TOU4 (Site 1 – La Touche) - vue vers le sud	17
Figure 11 : Photographie de la cavité 3035 (Site 3 – La Touche) - Galerie niv -25 vue vers le nord.....	20
Figure 12 : Photographie de la cavité 3035 (Site 3 – La Touche)	21
Figure 13 : Vue 3D de la galerie du sondage 3035 (Site 3 – La Touche).....	21
Figure 14 : Photographie de la cavité 3036 (Site 3 – La Touche) - Chambre vue vers le nord.....	23
Figure 15 : Photographie de la cavité 3036 (Site 3 – La Touche) - Chambre vue vers le sud	23
Figure 16 : Vue 3D de la chambre du sondage 3036 (Site 3 – La Touche).....	24
Figure 17 : Coupe schématique du nouveau tracé de l'aléa sur les sites investigués	29
Tableau 1 : Liste des sites d'enjeux bâtis retenus en zone d'aléa – concession de la Touche – commune de Vieux-Vy-sur-Couesnon (35).....	9
Tableau 2 : Caractéristiques des sondages du site 1 de la concession de la Touche.....	14
Tableau 3 : Caractéristiques des sondages du site 2 de la concession de la Touche.....	18
Tableau 4 : Caractéristiques des sondages du site 3 de la concession de la Touche.....	19
Tableau 5 : Dimensions de la cavité du sondage 3036 (Site 3 – La Touche).....	22
Tableau 6 : Niveaux d'aléa nouvellement retenus pour les sites d'enjeux bâtis sur la concession de la Touche (35).....	31

Table des annexes

<i>Annexe 1 : Logs et coupes détaillés des sondages réalisés sur les sites de Vieux-Vy-sur-Couesnon (concession la Touche -35)</i>
<i>Annexe 2 : Localisation et report des données de reconnaissance sur les sites investigués</i>
<i>Annexe 3 : Approche volumétrique déterministe de la hauteur de remontée d'une cloche de fontis</i>
<i>Annexe 4 : Grilles de hiérarchisation des zones de risques</i>
<i>Annexe 5 : Nouveau zonage de l'aléa sur le secteur investigué</i>
<i>Annexe 6 : Synthèse cartographique de l'aléa « mouvements de terrain » sur la concession de la Touche</i>

1 INTRODUCTION

Lors de l'établissement de la carte d'aléas « mouvement de terrain » sur la concession de la Touche (cf. [1]¹), ont été mises en évidence trois zones à risque dont deux jugées prioritaires. A la demande de la DRIRE de Bretagne, Géoderis s'est vu confié l'analyse des risques résiduels sur ces zones. En particulier, un aléa correspondant au phénomène d'effondrement localisé a été évalué de niveau moyen à fort et peut affecter deux sites d'habitations.

A la demande de la DRIRE de Bretagne et en vue d'un Porté à Connaissance aux communes concernées, il a donc été décidé d'engager des travaux permettant de présenter un nouvel état géotechnique des lieux et de préciser, à proximité des zones d'enjeux bâtis existants, l'aléa et le risque.

Deux campagnes de reconnaissances par sondages destructifs et des auscultations par laser et vidéoscopie ont été réalisées en 2007 et 2008. Ces investigations et leur analyse permettent d'affiner les aléas retenus. L'éventuel maintien d'enjeux existants en zones d'aléa conduit à une analyse de risques dépendant de leur vulnérabilité et de la configuration des travaux miniers souterrains. Le cas échéant, cette analyse de risques permet de constituer un outil d'aide au choix des dispositions de prévention ou de protection qui pourraient être prises.

Ce document constitue une synthèse de l'ensemble des données issues des investigations et présente la mise à jour de la cartographie des aléas « mouvements de terrain » ainsi que l'analyse des risques résiduels.

2 RAPPEL DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE D'ALÉAS 2006

La carte d'aléas « mouvements de terrain » de la concession de la Touche, établie par Géoderis [1], a mis en évidence l'existence de zones d'aléas avec des niveaux évalués, sur bases documentaires, comme étant faible à fort sur l'ensemble du site (cf. Figure 1).

La définition des aléas s'appuie sur les retours d'expériences acquis sur des gisements aux configurations géologiques et minières similaires confrontés aux observations d'événements passés (anciens ou plus récents) sur le site de la concession de la Touche.

¹ Références en fin de document, chapitre bibliographie

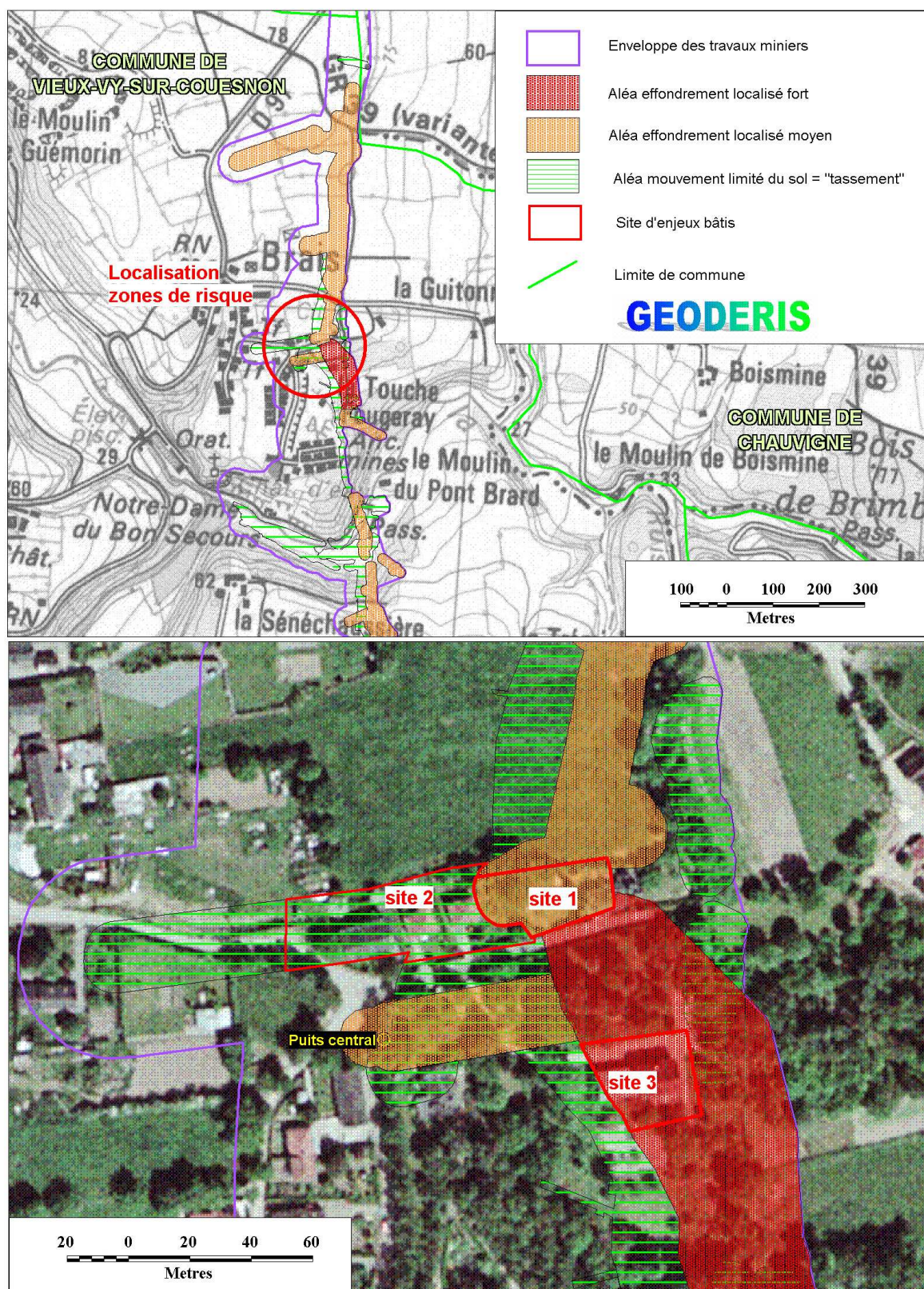


Figure 1 : Extrait du zonage de l'aléa effondrement localisé et localisation des 3 sites investigués sur la Touche

Sur la zone investiguée par sondages, objet de la présente étude, les niveaux d'aléa « **effondrement localisé** » ont été retenus comme moyen et fort. Ils sont expliqués par la présence à faible profondeur (inférieure à 50 m) de travaux miniers réalisés dans une couche de fort pendage (environ 70° vers l'ouest) et de puissance comprise entre 1 et 2 m. L'exploitation en chambres très inclinées a engendré la création de vides sur une hauteur relativement importante, avec des volumes défilés pouvant être conséquents (cf. figures 2 et 3). Ce niveau d'aléa tient également compte du fait que les travaux ont été menés dans une formation granitique de résistance mécanique très variable, d'autant plus dans sa partie la plus superficielle altérée voire localement arénisée. De plus, la présence de fractures au sein du massif affaiblit cette résistance qui, plus est, lorsque ces discontinuités drainent les eaux d'infiltrations.

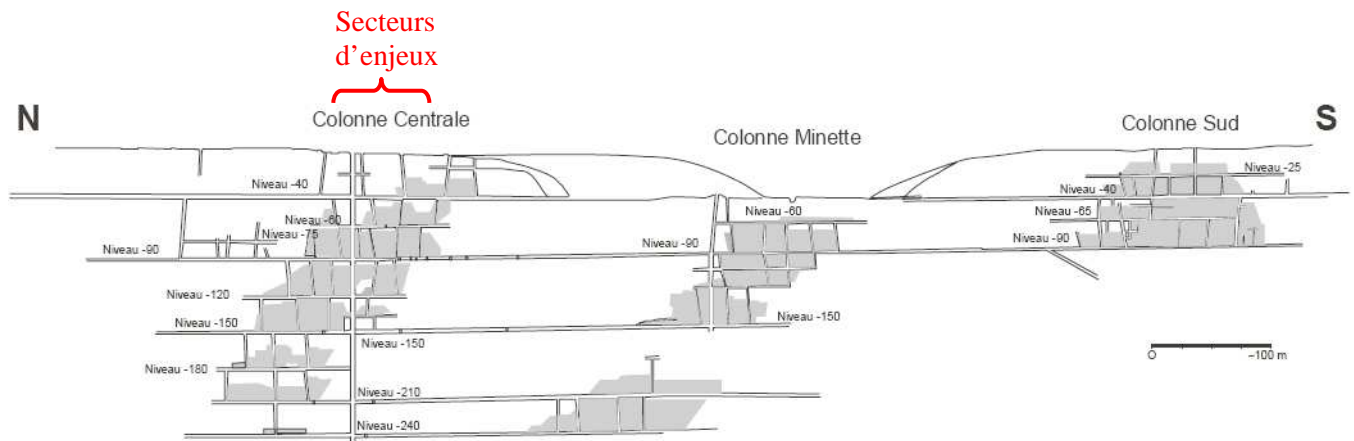


Figure 2 : Coupe schématique longitudinale des travaux souterrains

Par ailleurs, un aléa « **mouvement limité du sol** » faible a été retenu sur l'ensemble des travaux situés entre la surface et le niveau - 90² ainsi que sur les anciennes fouilles à l'affleurement comblées et les zones de dépôts des rejets de traitement du minerai. En référence au guide d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers (cf. [2]), cet aléa correspond pour les travaux souterrains à un mécanisme d'« affaissement » de niveau très faible qui se traduit en surface par des phénomènes de « tassement ». De même, pour les travaux superficiels (zones de fouilles et de dépôts), cet aléa correspond à un phénomène de « tassement » différentiel des terrains non compactés en cas de surcharge. Pour conserver une cohérence dans la terminologie des aléas employée par Géodéris à l'échelle nationale, **le terme de « tassement » sera désormais employé pour qualifier cet aléa dans la suite de ce document.**

² Les niveaux indiqués (- 90, - 40, - 25, etc.) correspondent aux profondeurs des galeries de niveau définies par rapport au niveau du puits Central dont la cote NGF est égale à + 70 m.

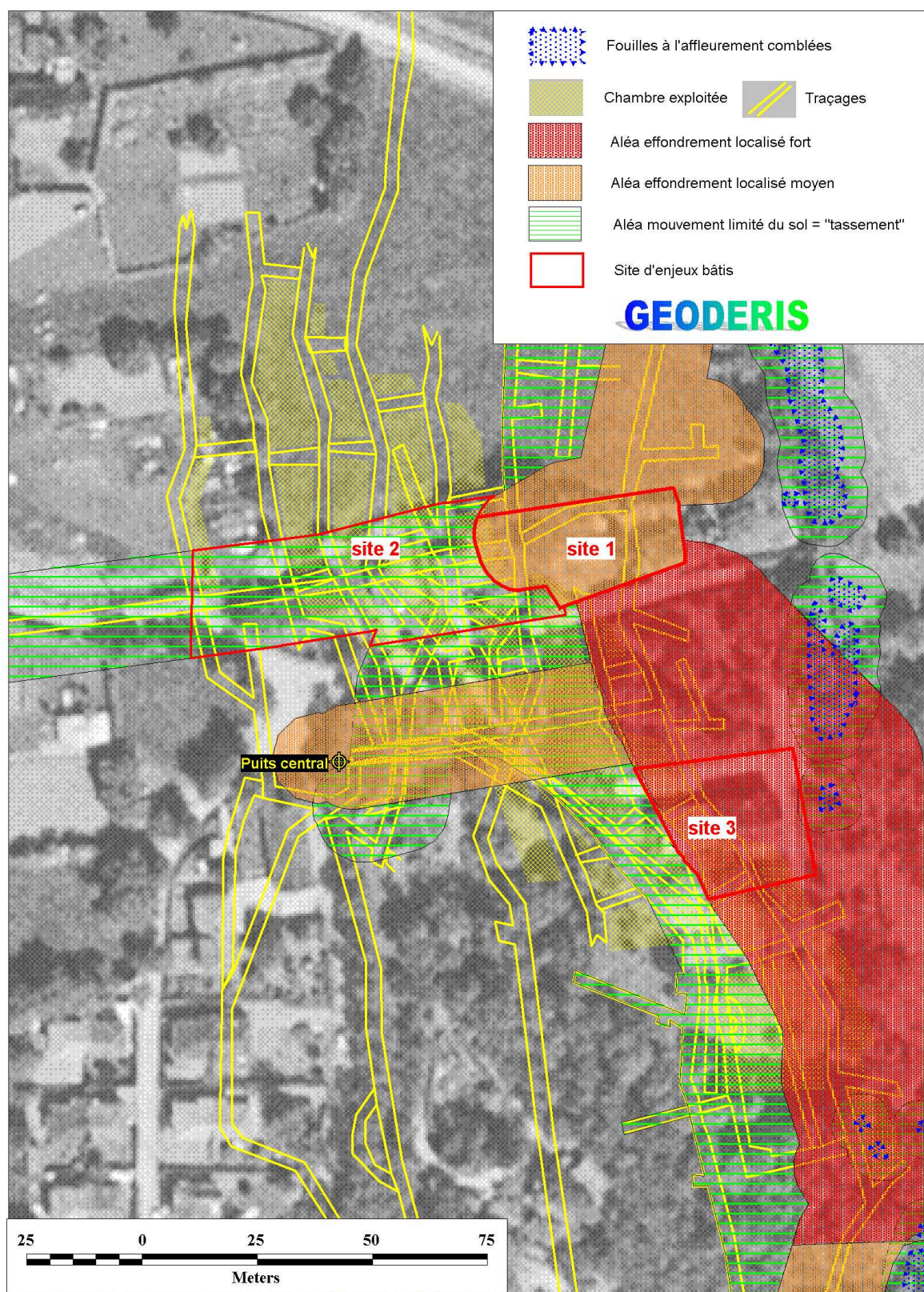


Figure 3 : Méthodes d'exploitation par tailles montantes sur la Colonne Centrale (mine de la Touche - 35)

La cartographie des aléas (cf. Figure 4) établie en 2006 (cf. [1]) a tenu compte d'une **marge d'incertitude** sur la position réelle des travaux miniers (entre 10 et 20 m selon la zone, valeur évaluée pour le calage fond/jour des plans d'exploitations) et d'une **marge dite d'influence** correspondant à l'emprise en surface pouvant être affectée par les phénomènes d'effondrement localisé dont le rayon dépend essentiellement de l'épaisseur des terrains altérés de surface (égale à 10 m en l'absence d'élément sur celle-ci).

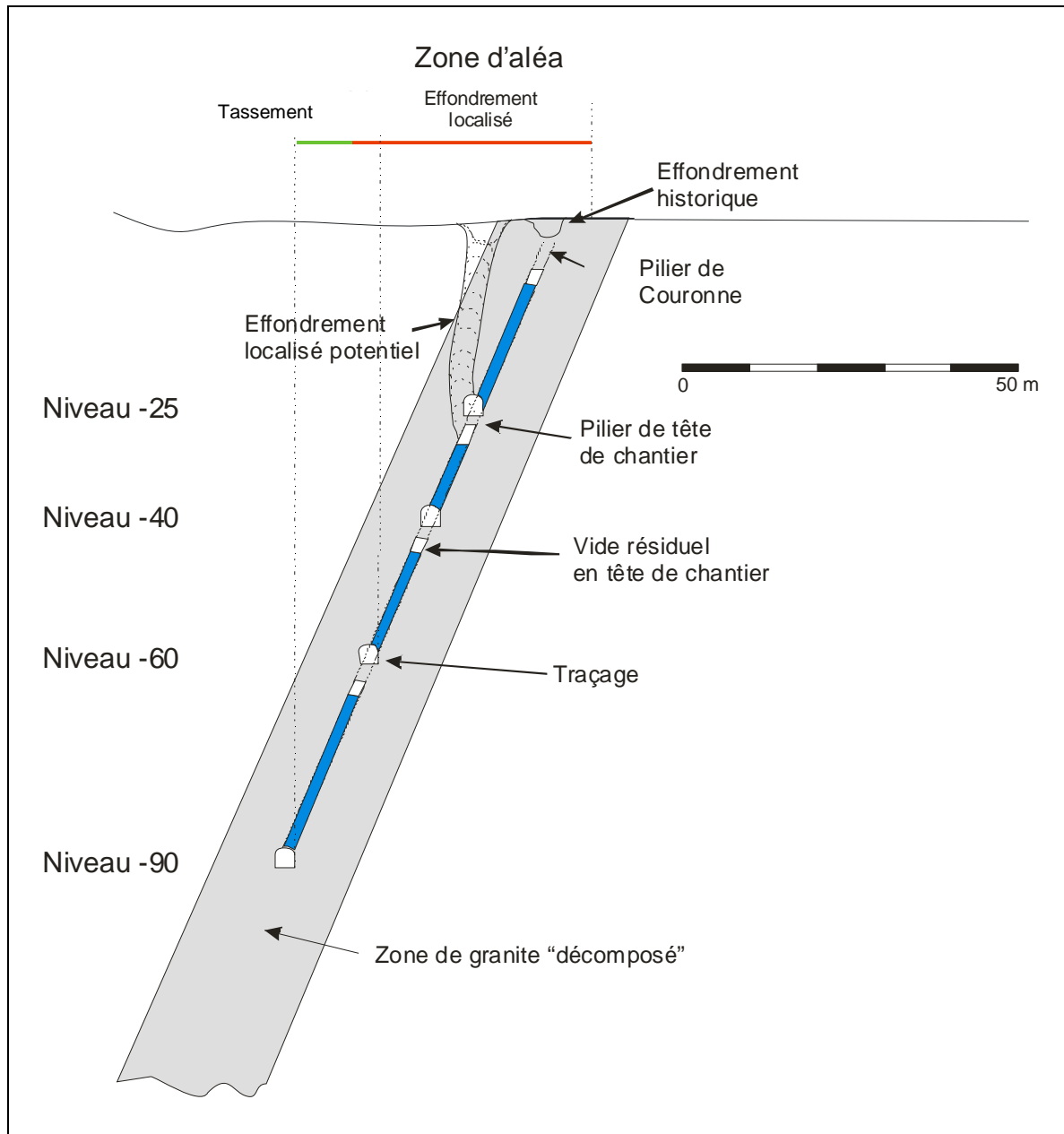


Figure 4 : Nomenclature utilisée pour l'expertise géotechnique des travaux et zonage des aléas retenus en 2006 à l'aplomb de travaux peu profonds sur la Touche (cf. [1])

3 ENJEUX DE SURFACE ET SITES INVESTIGUÉS

Une **zone à risque** « mouvement de terrain » est définie comme la partie de la zone d'aléa dans laquelle se trouvent des enjeux de surface (habitation, infrastructure, aire de concentration de personnes...).

Deux maisons d'habitation, sur la commune de Vieux-Vy-sur-Couesnon (hameau de Brais), sont en partie ou totalement impliquées en zone d'aléa moyen ou fort. Compte tenu de cette vulnérabilité, l'aléa retenu en terme de phénomène, à savoir l'effondrement localisé, peut constituer un risque pour la sécurité publique. Pour la concession de la Touche, il s'agit exclusivement d'effondrements localisés liés aux exploitations superficielles (inférieures au niveau de base – 40 à moins de 50 m de profondeur), dont l'évènement peut être d'intensité importante, dommageable, et/ou qu'il y ait des raisons de penser qu'il se produise à court ou moyen terme, sans qu'il soit possible d'en évaluer la probabilité d'occurrence. La présence d'anciens effondrements plus ou moins importants ainsi que les incertitudes sur les données ayant conduit à la qualification de l'aléa ont nécessité de procéder à une reconnaissance spécifique (sondages et auscultations) pour apprécier, dans ce cas, la localisation, la géométrie et l'état précis des exploitations, ainsi que la qualité mécanique des terrains de recouvrement.

Par ailleurs, d'autres investigations ont été également réalisées pour trois autres habitations, rue de la Mine (site 2 - cf. Figure 1), concernées par un aléa « tassement » lié à la présence d'un travers bancs de recherche situé au niveau – 90. En effet, l'interprétation des plans d'origine laisse apparaître un doute quant à la présence de ce travers bancs non pas au niveau – 90 mais au niveau – 40.

A noter que l'ensemble de ces enjeux se localise dans le secteur nord de la mine, au droit de la colonne centrale (cf. Figure 2), là où l'exploitation était la plus importante.

N° Site	Lieu-dit	Nom propriétaire	Travaux miniers	Niveau d'aléa	Type Enjeu
1	Hameau de Brais rue de la Mine	?	Galerie niv – 40 + chambres ?	moyen	1 habitation
2	Hameau de Brais rue du Puits	?	Galerie niv – 90 ou – 40 ?	« tassement » faible	3 habitations
3	Hameau de Brais rue de la Mine	M. Denis	Galeries niv – 25/– 20 et – 40 + chambres ?	fort	1 habitation + garage

Tableau 1 : Liste des sites d'enjeux bâtis retenus en zone d'aléa – concession de la Touche – commune de Vieux-Vy-sur-Couesnon (35)

4 INVESTIGATIONS RÉALISÉES

4.1 RAPPEL DES OBJECTIFS

Pour des raisons d'inaccessibilité aux travaux souterrains, les investigations ont été réalisées par sondages destructifs depuis la surface. Une auscultation des cavités rencontrées a ensuite été effectuée par laser et vidéoscopie, les vides superficiels étant non envoyés.

Les objectifs de ces investigations étaient multiples :

- reconnaître les travaux souterrains peu profonds et inaccessibles à proximité des enjeux (galeries et/ou chambres et leurs dimensions, état, remblayage,...) ;
- permettre un meilleur calage fond/jour des travaux souterrains peu profonds pour diminuer l'incertitude cartographique de la zone d'aléa à proximité des enjeux ;
- apprécier la résistance mécanique des terrains de recouvrement au-dessus d'une cavité reconnue ;
- permettre, si possible et le cas échéant, de réaliser des inspections et surveillances ultérieures.

4.2 RÉALISATION DE SONDAGES DESTRUCTIFS

Deux campagnes ont été effectuées. Tout d'abord, la société CEBTP-SOLEN a réalisé, entre le 28 juin et le 13 juillet 2007, 9 sondages destructifs dans l'optique de rechercher des vides sur voirie communale à proximité des maisons d'habitations des sites 1 et 2 (cf. [3]). Les reconnaissances du site 3 (zone à risque de niveau fort), prévues dans la propriété de M. Denis, n'ont pas pu être effectuées durant cette campagne en raison de son refus. Après discussion avec la mairie de Vieux-Vy-sur-Couesnon, la DRIRE de Bretagne et les services de la Préfecture de l'Ille-et-Villaine, M. Denis a accepté en septembre 2008 la réalisation des travaux sur sa propriété. La société FUGRO a donc réalisé, entre les 27 et 31 novembre 2008, 4 sondages destructifs dans l'optique de rechercher des vides à proximité de la maison d'habitation du site 3 (cf. [4])



Figure 5 : Photographie de la foreuse en cours de préparation d'un sondage rue de la Mine
(Site 1 – concession la Touche)

Les sondages des deux campagnes ont été implantés et suivis par Géoderis. Ils ont été réalisés au marteau fond de trou à l'air. Leur localisation et les logs géotechniques sont détaillés en annexe 1. Trois forages (n° TOU4, 3035 et 3036 – cf. Figure 6 et annexe 2) ont rencontré des cavités (une sur le site 1 et deux sur le site 3). Ils ont été équipés par tubage PVC (\varnothing 125 mm) pour permettre les auscultations par laser et vidéoscopie.

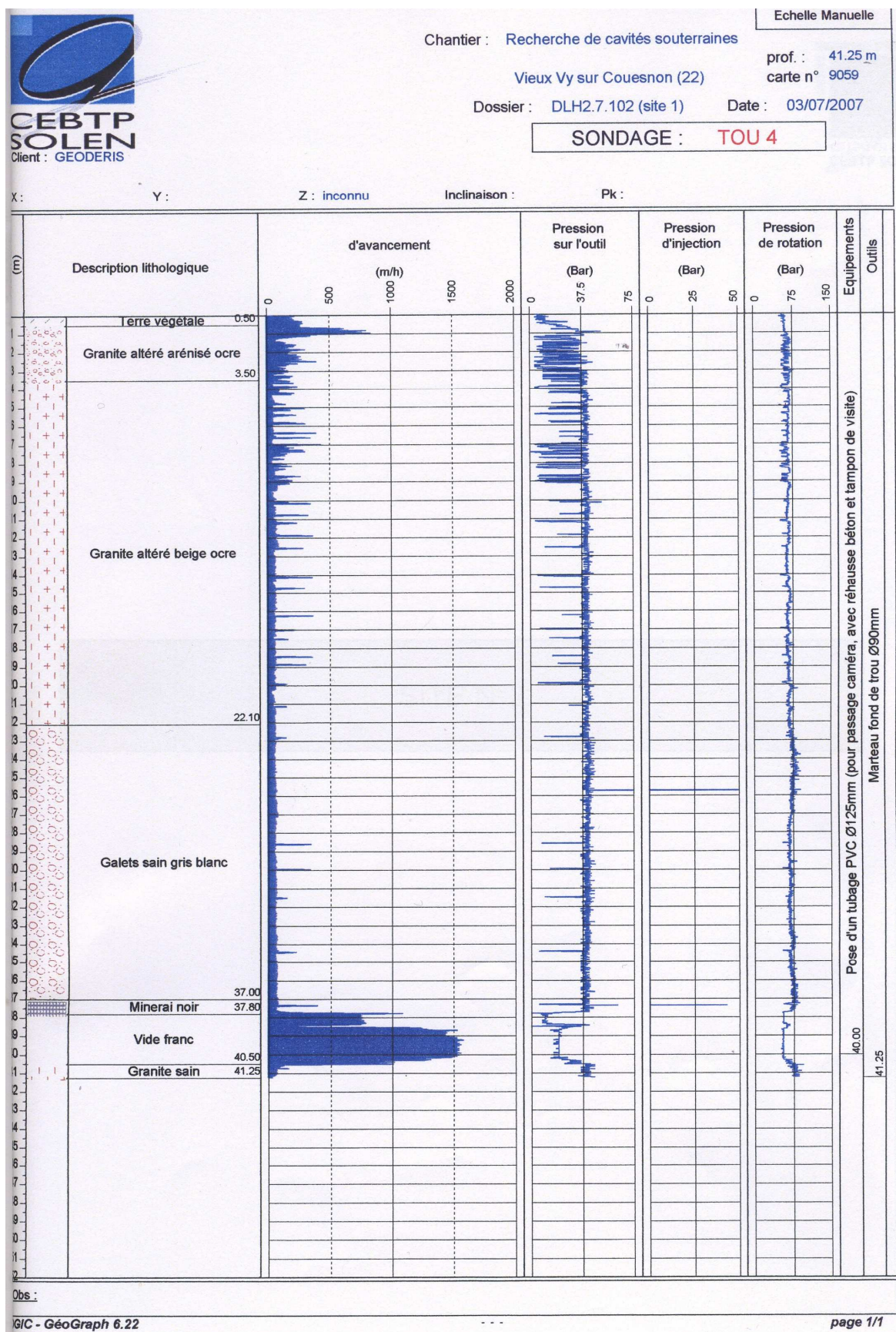


Figure 6 : Log foreur du sondage TOU4 Site 1 – Vieux-Vy-sur-Couesnon (35)

4.3 AUSCULTATIONS LASER ET VIDÉOSCOPIE

Les investigations par laser (entreprise Flodim, cf. [5] et [6]) ont été menées à l'issue de chacune des campagnes de sondages, respectivement en septembre 2007 et novembre 2008. Les coupes sériées obtenues ont permis de positionner au mieux les cavités par rapport à la surface et de connaître précisément leur dimension (largeur, hauteur, volume) ainsi que leur orientation.

La compilation des coupes 2D et 3D laser d'une cavité permet de vérifier (cf. figures 7 et 8 ci-après) :

- la profondeur de la cavité ;
- l'orientation de la cavité en termes de direction et pendage ;
- la localisation de la cavité par sa géométrie restituée sur le plan de mine (présence d'un pilier, présence de remblais en pied, niveau d'eau,...)
- les dimensions de la cavité, en particulier son volume et la puissance réelle exploitée.

Dans certaines conditions, l'état général d'une cavité peut être également apprécié par interprétation des coupes laser. En effet, une importante régularité de ces coupes sur des distances importantes (non rencontré à la Touche) peut permettre d'émettre l'hypothèse du bon état géotechnique d'une cavité (toit et/ou mur relativement « lisses »). Cependant, la précision des enregistrements laser rend difficilement interprétable la géométrie de la cavité au-delà d'une simple évaluation de son état général. Pour cette raison, ces auscultations laser sont couplées avec une vidéoscopie de la cavité. Un passage caméra vidéo (entreprise FLODIM, cf. [5] et [6]) a donc été réalisé sur les trois cavités en parallèle des levés laser. Les images obtenues ont permis d'observer l'état géotechnique (mur, toit et couronne) des cavités (cf. figures 9 à 12 ci-après).

5 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Les investigations et auscultations menées permettent de préciser les caractéristiques de l'exploitation minière et des terrains à proximité des habitations. Ce chapitre constitue la synthèse des données issues des investigations. Leur analyse et les conclusions sur les aléas et le risque sont présentées en chapitre 6.

5.1. SITE 1 : RUE DE LA MINE – HABITATION

Quatre forages (TOU 1 à TOU 4) ont été réalisés sur le chemin communal rue de la Mine à proximité de l'habitation. Les objectifs étaient de :

- vérifier la position de la galerie de niveau -40 ;
- vérifier l'absence de chambres d'exploitations au-dessus de ce niveau ;
- apprécier la qualité des terrains de recouvrement.

Le tableau 2 suivant récapitule les principales caractéristiques des 4 sondages destructifs réalisés sur ce site. Les logs et les coupes de chacun des sondages sont détaillés en annexe 1.

Sondage	Coordonnées X (m)	Coordonnées Y (m)	Incertitude GPS (m)	Profondeur (m)	Tubé (oui/non)	Profondeur vide (m)	Profondeur Minéral (m)
TOU 1	317263,6	2379804,5	3	50,3	Non	Sans objet	33,1
TOU 2	317264,6	2379804,9	3	50,8	Non	Sans objet	32,0
TOU 3	317262,4	2379804,1	3	49,1	Non	Sans objet	35,8
TOU 4	317261,4	2379803,6	3	41,2	Oui	38,3	Sans objet

Tableau 2 : Caractéristiques des sondages du site 1 de la concession de la Touche

Remarque : Les coordonnées sont en Lambert 2 Etendu. L'incertitude sur les coordonnées des sondages est relative au fond cartographique, égale à 3 m pour la BD ORTHO® de l'IGN.

Sur le site 1, un total de 191,4 m a été foré en destructif au marteau fond de trou à l'air en diamètre 90 mm. Les terrains « mobilisables » de surface à faible cohésion (remblais et granite altéré de surface) rencontrés sur les 4 sondages sont de l'ordre de 3 m.

Les sondages TOU1, TOU2, et TOU3 situés en amont pendage n'ont pas trouvé de cavité, mais ont recoupé le minéral respectivement à 33,1 - 32 et 35,8 m. Ceci exclut à cet endroit la présence de chambre au-dessus de la galerie de niveau – 40 mais permet de confirmer le pendage du filon minéralisé entre 55° et 60° vers l'ouest (légèrement plus faible que celui indiqué dans les données d'archives cf. [1]).

Le sondage TOU 4 a trouvé une cavité, il a été alésé (diamètre 190 mm) et tubé (PVC diamètre 125 mm) jusqu'au toit de la cavité (38,3 m) afin de permettre une inspection laser et vidéo (cf. figures 7 à 10). La géométrie observée au laser de cette cavité confirme que ce vide correspond à la galerie de niveau - 40. Elle présente une section globalement carrée de 1,5 m

de côté et un allongement d'axe N165°. Le géoréférencement des coupes horizontales montre un décalage de la galerie par rapport au plan de l'ordre de 3 m vers l'ouest, ce qui améliore la valeur de l'incertitude de calage évaluée à 10 m lors de l'établissement des cartes informative et de l'aléa effondrement localisé (cf. annexe 2).

L'état général de la galerie semble relativement bon. Néanmoins, son observation est limitée en raison de la présence de déblais à 5 m vers le nord et 9 m vers le sud. Ces déblais pourraient correspondre à des remblais de cheminée d'aérage non répertoriée sur les plans. Cependant, la faible distance entre les deux (14 m) et l'orientation globale des éboulis (verticale pour les déblais nord et suivant le filon pour les déblais sud – cf. figures 9 et 10) laisse à penser qu'au moins l'un des deux correspond à un éboulement. Aucun effondrement ni indice en surface n'étant répertorié, ce ou ces éboulements sont soit en cours d'évolution soit, **plus vraisemblablement**, compte tenu des dimensions de la galerie en tenant compte du foisonnement des terrains éboulés, **auto-comblés** (cf. § 6.1.2.1 et annexe 3).

Par ailleurs, les coupes laser montrent qu'au niveau du sondage, le parement ouest est éboulé ainsi que le toit sur 1 m de hauteur (cf. figure 8). L'origine de cet éboulement peut être la déstabilisation de la roche lors de l'opération de forage. Il semble en effet que le toit et les parements immédiats de la galerie sont altérés. Ceci semble se confirmer sur les images par une apparente dégradation des travaux. Néanmoins, les données enregistrées pendant les opérations de forage montrent que le recouvrement rocheux se comporte comme une roche résistante et saine jusqu'à l'approche du toit immédiat (50 derniers centimètres, cf. § 6.1.1.). Ces constatations seront également valables pour les autres cavités reconnues du site 3.

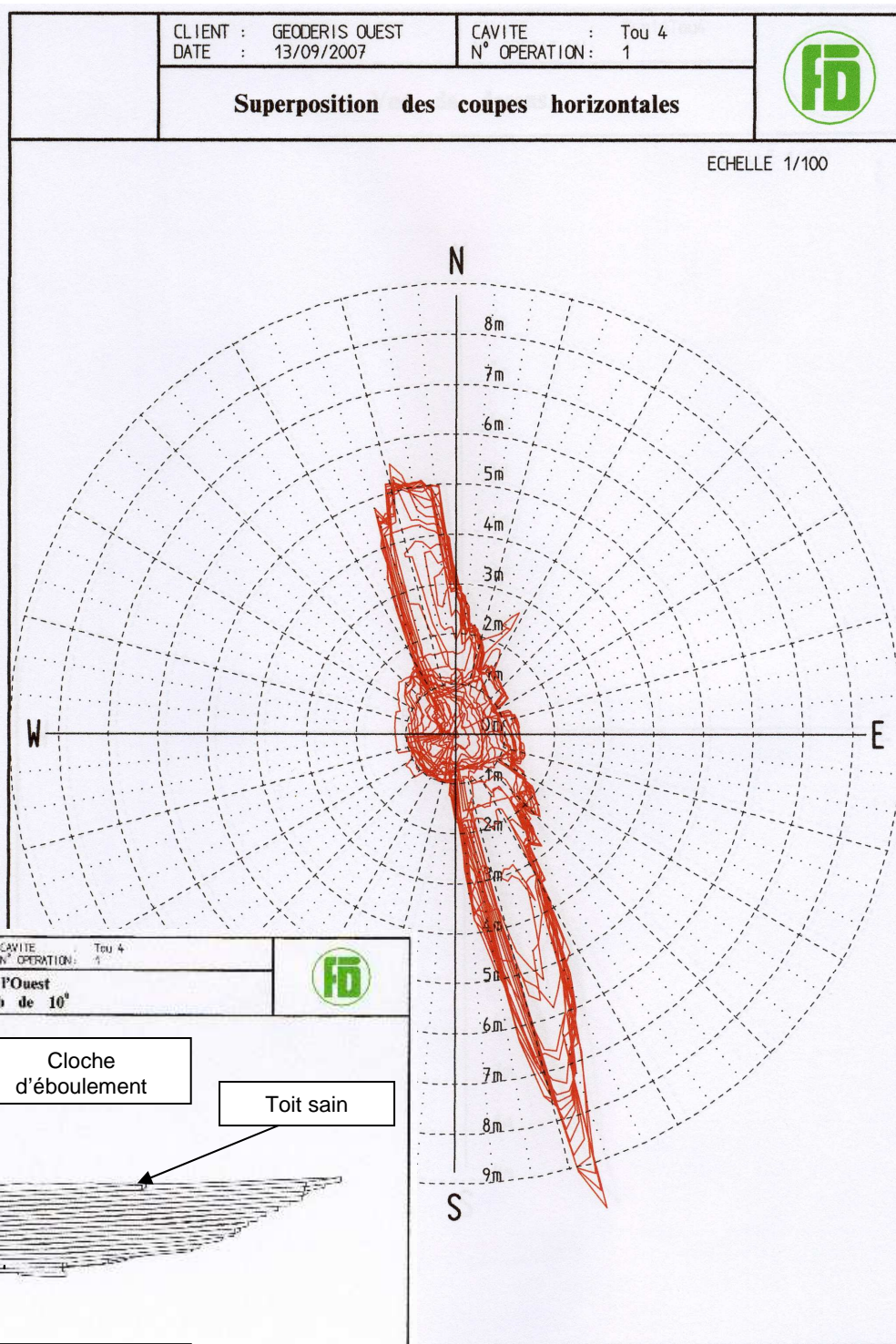


Figure 8 : Vue 2D orientée de la cavité depuis le sondage TOU 4 (Site 1 - La Touche) correspondant à la galerie de Niveau - 40

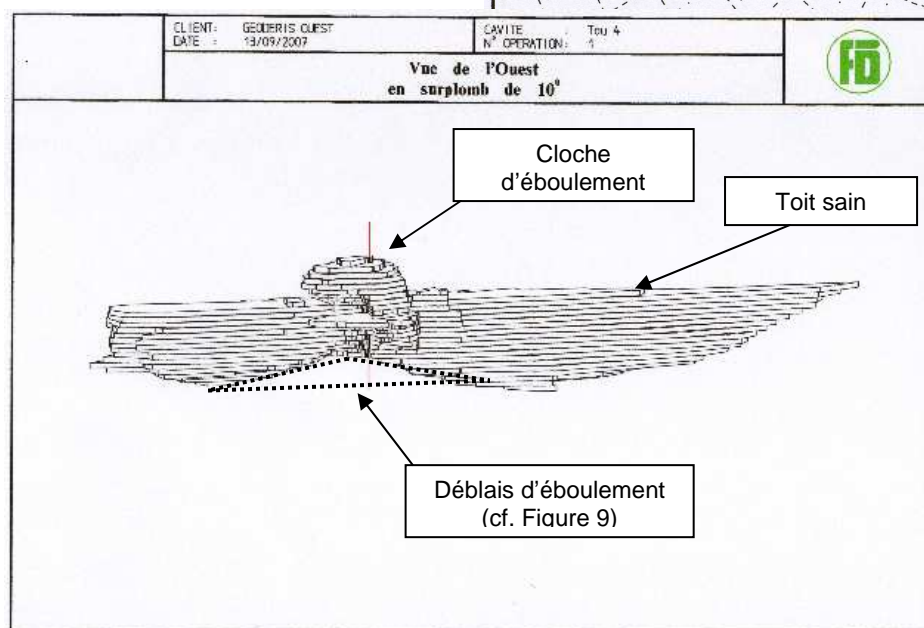


Figure 7 : Vue 3D de la cavité (galerie Niveau - 40) depuis le sondage TOU4 (Site 1 - La Touche)

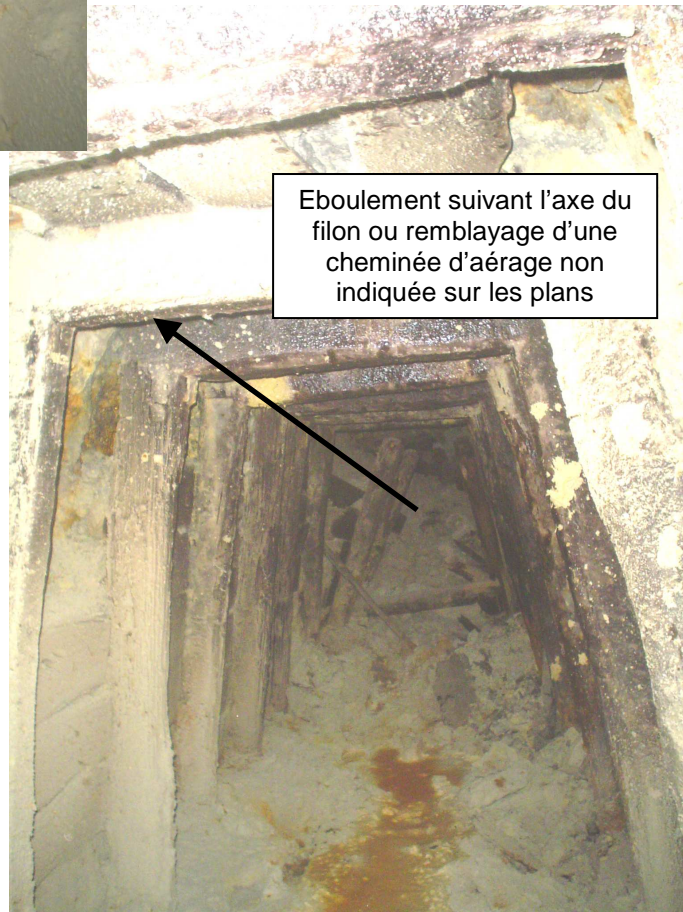


Eboulement suivant un axe vertical ou remblayage d'une cheminée d'aérage non indiquée sur les plans

Figure 9 : Photographie de la cavité TOU4 (Site 1 – La Touche)
Vue vers le nord

Déblais d'éboulement venant dans l'axe du forage (cf. figure 8)

Figure 10 : Photographie de la cavité TOU4 (Site 1 – La Touche)
Vue vers le sud



Eboulement suivant l'axe du filon ou remblayage d'une cheminée d'aérage non indiquée sur les plans

5.2. SITE 2 : RUE DU PUIITS

Cinq forages (TOU 5 à TOU 9) ont été réalisés en bordure de la rue du Puits (intersection des rues du Puits et de la Mine). L'objectif était de vérifier l'absence d'une galerie de recherche au niveau -40 et ainsi confirmer sa localisation au niveau - 90, l'interprétation des plans d'origine laissant apparaître un doute quant à sa présence à ce niveau.

Le tableau 3 suivant récapitule les principales caractéristiques des 5 sondages destructifs réalisés sur ce site. Les logs et les coupes de chacun des sondages sont détaillés en annexe 1.

Sondage	Coordonnées X (m)	Coordonnées Y (m)	Incertitude (m)	Profondeur (m)	Tubé (oui/non)	Profondeur vide (m)	Profondeur Minéral (m)
TOU 5	317177,5	2379807,5	3	43,1	Non	Sans objet	Sans objet
TOU 6	317177,5	2379806,4	3	47,8	Non	Sans objet	Sans objet
TOU 7	317177,5	2379805,3	3	47,9	Non	Sans objet	Sans objet
TOU 8	317177,5	2379804,2	3	47,8	Non	Sans objet	Sans objet
TOU 9	317177,5	2379803,1	3	48,1	Non	Sans objet	Sans objet

Tableau 3 : Caractéristiques des sondages du site 2 de la concession de la Touche

Remarque : Les coordonnées sont en Lambert 2 Etendu. La position des sondages a été levée par des mesures sur site par rapport à des points de repères (habitation,...). L'incertitude sur les coordonnées des sondages est relative au fond cartographique, égale à 3 m pour la BD ORTHO® de l'IGN.

Sur le site 2, un total de 234,7 m a été foré en destructif au marteau fond de trou à l'air en diamètre 90 mm. Aucun des 5 sondages n'a rencontré de cavité. De même, aucune couche minéralisée n'a été recoupée.

Les sondages répartis largement de part et d'autre de la galerie, associés à la faible incertitude du calage du plan vérifiée sur le site 1, laissent à penser que la galerie recherchée se trouve bien au niveau - 90 et non au niveau - 40.

5.3. SITE 3 : RUE DE LA MINE – HABITATION M. DENIS

Quatre sondages (n°3033 à 3036) ont été réalisés autour et à proximité de l'habitation de M. Denis. Les objectifs étaient de :

- vérifier la position de chambres d'exploitations au dessus du niveau - 40 ;
- vérifier la position de la galerie de niveau - 25 / -20 ;
- vérifier l'absence de chambre d'exploitation au-dessus de ce niveau ;
- apprécier la qualité des terrains de recouvrement.

Le tableau 4 suivant récapitule les principales caractéristiques des 4 sondages destructifs réalisés sur ce site. Les logs et les coupes de chacun des sondages sont détaillés en annexe 1.

Sondage	Coordonnées X (m)	Coordonnées Y (m)	Incertitude (m)	Profondeur (m)	Tubé (oui/non)	Profondeur vide (m)	Profondeur Minéral (m)
3033	317301,1	2379748,0	3	34,8	Non	Sans objet	31
3034	317301,1	2379743,6	3	35	Non	Sans objet	32
3035	317288,4	2379769,3	3	20,8	Oui	17	Sans objet
3036	317282,9	2379768,6	3	29	Oui	26	Sans objet

Tableau 4 : Caractéristiques des sondages du site 3 de la concession de la Touche

Remarque : Les coordonnées sont en Lambert 2 Etendu. L'incertitude sur les coordonnées des sondages est relative au fond cartographique, égale à 3 m pour la BD ORTHO® de l'IGN.

Sur le site 3, un total de 119,6 m a été foré en destructif au marteau fond de trou à l'air en diamètre 191 mm. Les terrains « mobilisables » rencontrés sur les 2 premiers sondages sont de l'ordre de 4 m (principalement des remblais de très mauvaise tenue obligeant l'entreprise de forage à tuber la tête des sondages). Les 2 autres sondages ont été réalisés directement sur l'affleurement de granite non altéré.

Les sondages 3033 et 3034 situés au sud-est de l'habitation et forés en amont pendage du niveau – 40 n'ont pas trouvé de cavité, mais ont recoupé le minéral respectivement à 31 et 32 m. Par calcul géométrique ceci permet de confirmer le pendage du filon minéralisé entre 50° et 55° vers l'ouest. Néanmoins, le report du sondage 3034 sur le plan de mine montre qu'il aurait dû rencontrer une cavité. Ainsi, sans exclure à cet endroit la présence d'une chambre au-dessus de la galerie de niveau – 40, la relevée de cette chambre doit être moins importante que ce qui est indiqué sur le plan.

Les sondages 3035 et 3036, situés au nord de l'habitation et également forés en amont pendage du niveau – 40, ont trouvé deux cavités **non répertoriées sur les plans**. Il ont été tubés (PVC diamètre 125 mm) jusqu'au toit des cavités (17 et 26 m) afin de permettre une inspection laser et vidéo.

5.3.1. GALERIE DU SONDRAGE 3035

La géométrie observée de cette cavité confirme que ce vide correspond à la galerie de niveau – 20 / – 25 (cf. figures 11 et 12). Elle présente une section globalement carrée de 2 m de côté et un allongement d'axe NW-SE (N145-N165°). Le géoréférencement des coupes horizontales montre que ces travaux ne figurent pas sur les plans, le prolongement de galerie au sud de la cheminée d'aérage étant manquant (cf. annexe 2). En considérant ce prolongement, il apparaît un décalage de l'ordre de 5 m vers l'est entre la galerie prolongée et celle du plan. Ceci confirme l'amélioration de la valeur de l'incertitude de calage initialement prise à 10 m dans ce secteur (cf. § 5.1. et annexe 2).

Les observations laser et vidéo montrent que l'extension totale de cette galerie est de l'ordre de 18 m mais est limitée vers le sud (vers l'habitation) à 8 m par son arrêt (terrain naturel). Ainsi, seule une portion de la façade nord de l'habitation se situe sur l'extrémité sud de la galerie. Vers le nord l'inclinaison de la galerie (elle « monte » de 3 m, le point le plus haut de la cavité observée étant à la profondeur de 14 m, cf. figure 13) et la présence de

déblais/remblais limitent les observations. On peut noter, que le toit au droit des remblais semble en partie éboulé et qu'une « excavation » est visible au-dessus et légèrement au-delà des éboulis. Cette excavation pourrait correspondre au déboucher de la cheminée d'aérage connue et dallée en surface, une partie des déblais visibles correspondant certainement à des remblais déversés à l'intérieur de celle-ci (cf. figure 11, M. Denis nous ayant signalé qu'il en avait effectivement déversés).

L'état général de la galerie semble relativement médiocre. Il apparaît effectivement que le toit est en partie éboulé, le délitement de la roche se faisant sous forme de dièdres (cf. figure 12 et § 6.1). De même la galerie s'est élargie vers l'ouest (aval pendage) par écaillage des épontes.

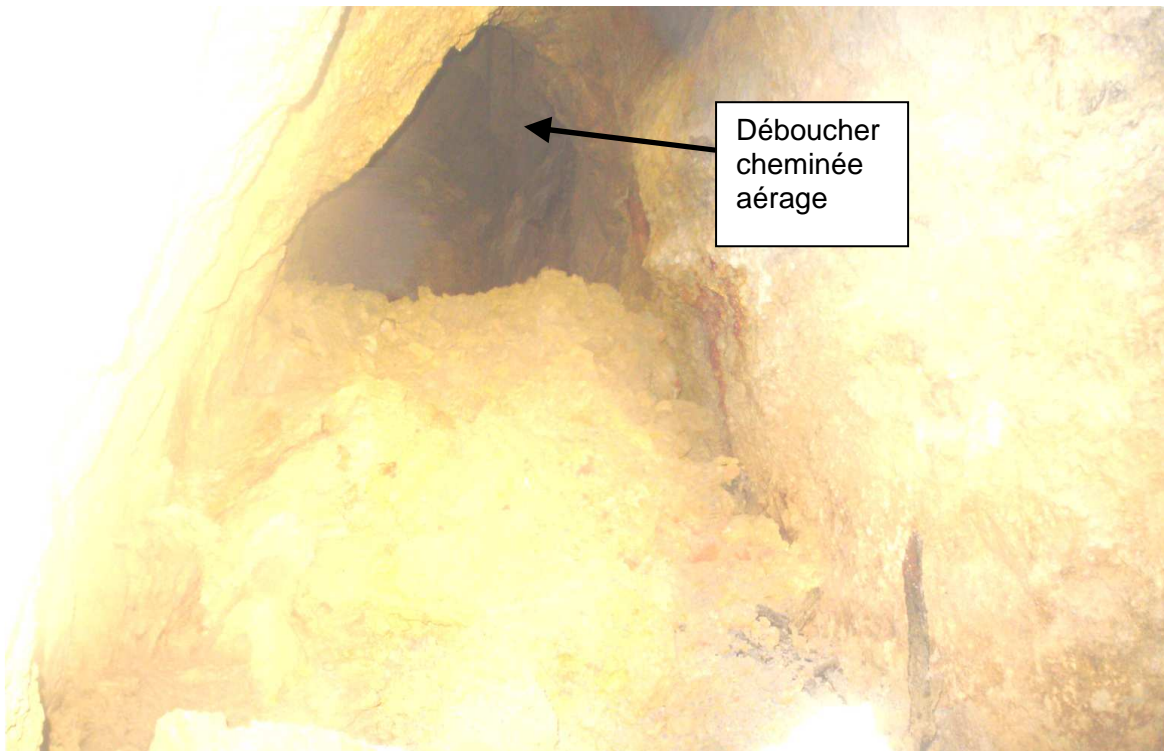


Figure 11: Photographie de la cavité 3035 (Site 3 – La Touche) - Galerie niv – 25 vue vers le nord

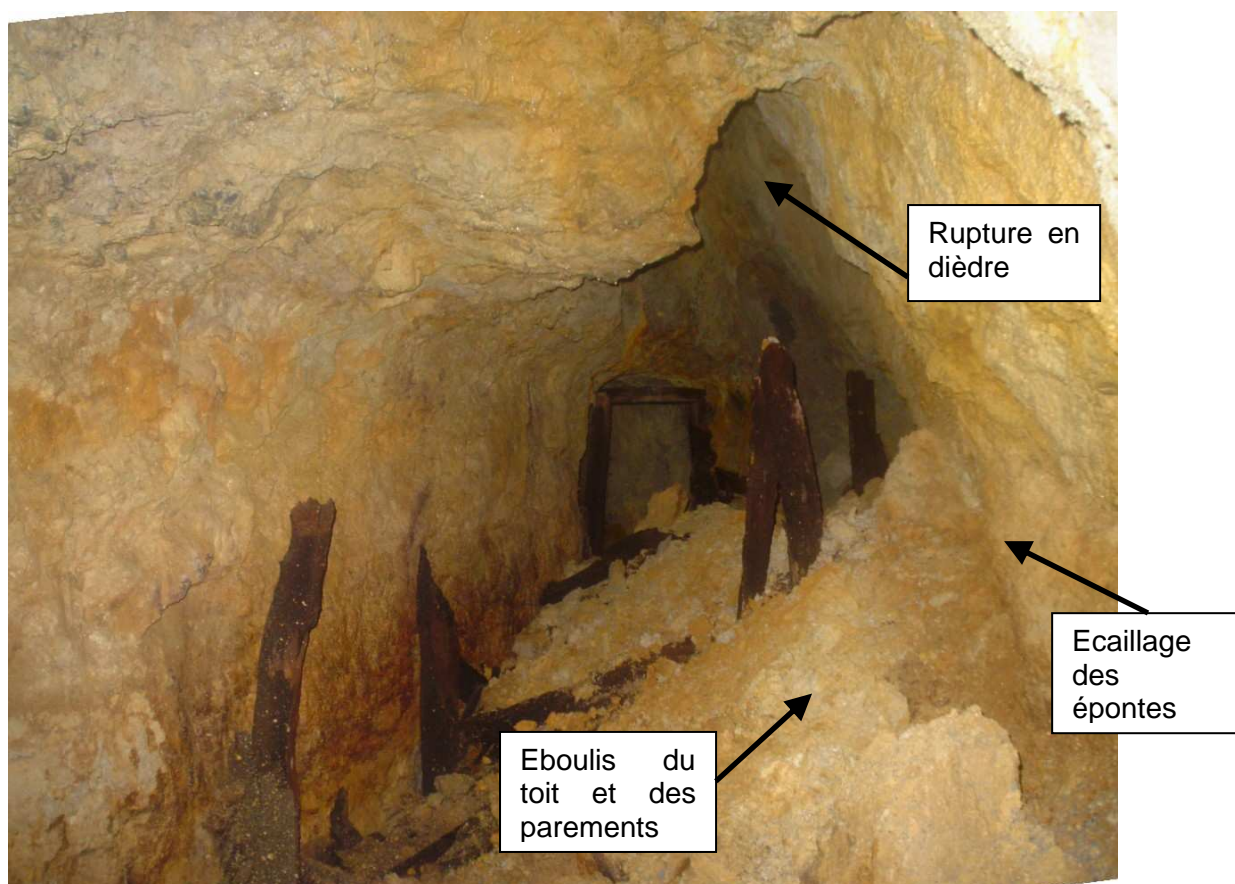


Figure 12: Photographie de la cavité 3035 (Site 3 – La Touche)
- Galerie niv – 25 vue vers le sud (vers l’habitation de Mr Denis)

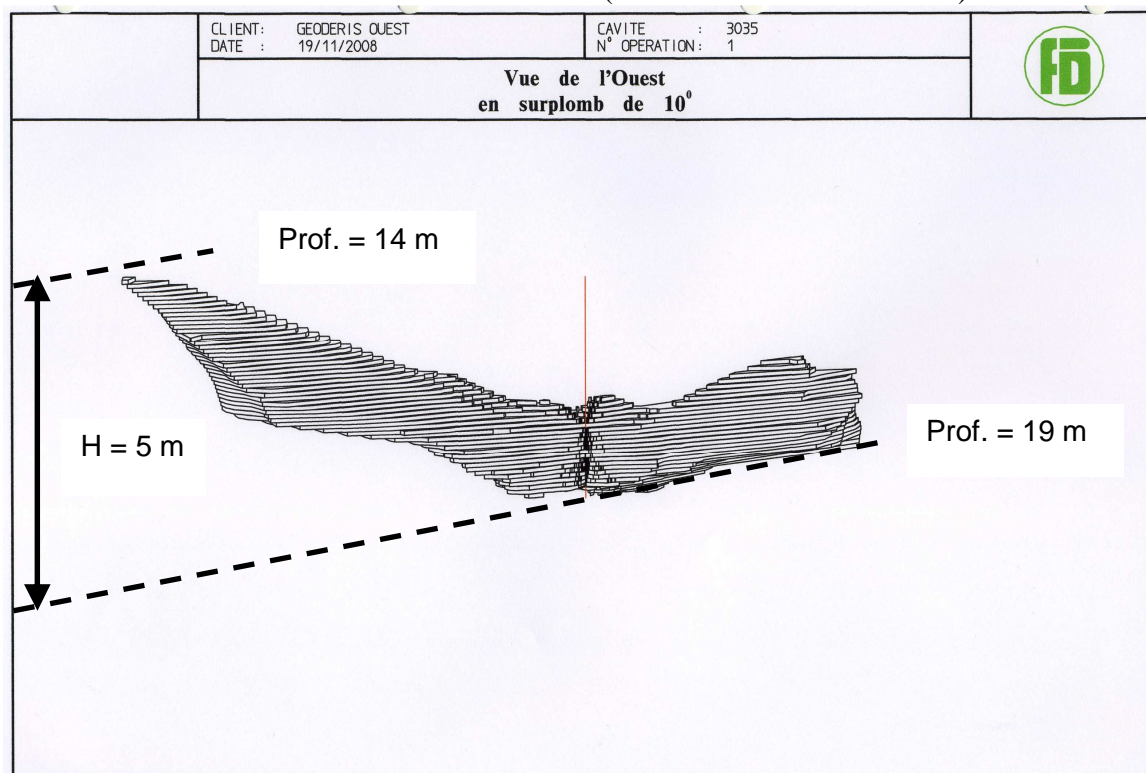


Figure 13: Vue 3D de la galerie du sondage 3035 (Site 3 – La Touche)

5.3.2. CHAMBRE D'EXPLOITATION DU SONDAGE 3036

La géométrie observée de cette cavité confirme que ce vide correspond à une chambre d'exploitation située entre le niveau – 25 et le niveau – 40. Ses dimensions mesurées sont présentées dans le tableau suivant.

Largeur horizontale maximale	3 m
Hauteur verticale maximale	3 m
Développée ou relevée maximale	7 m pour la partie principale et 13 m en y ajoutant le haut de chambre non clavé observé vers le sud
Pendage	50°
Puissance calculée perpendiculairement au pendage	2 – 2,5 m
Direction principale	N165°
Extension maximale dans la direction principale	8 m au nord et 7 m au sud en tenant compte de la partie non clavée observée

Tableau 5 : Dimensions de la cavité du sondage 3036 (Site 3 – La Touche)

Le géoréférencement des coupes horizontales montre que ces travaux ne figurent pas sur les plans (cf. annexe 2). Il apparaît néanmoins que cette chambre s'insère bien entre les niveaux – 40 et – 25 confirmant ainsi l'amélioration de la valeur de l'incertitude de calage déjà évoquée.

Les premières observations montrent que cette chambre est à moitié comblée (remblais ou plutôt éboulis ?). Son état général semble relativement médiocre. Le toit immédiat apparaît chaotique (non lisse) et diaclasé. Le granite est localement oxydé. Des blocs tombés attestent des phénomènes d'éboulements anciens ou récents (cf. figure 14). Vers le nord, la photographie (cf. figure 15) montre que la cavité est obstruée par des déblais (éboulis ?). Le fond observable de la cavité présente l'aspect d'un débouché d'une cheminée pouvant correspondre à une galerie de montage entre les niveaux – 40 et – 25. Vers le sud, la cavité « principale » s'interrompt au bout de 2 m, soit à 4,5 m de l'habitation. Ensuite, les coupes laser indiquent que la cavité se poursuit sous forme d'un « montage » dans le filon et incliné à 45° sans pour autant atteindre l'aplomb de l'habitation. Il pourrait s'agir du haut d'une chambre exploitée (sa partie basse non visible par le laser) ou d'un montage vers la galerie de niveau supérieure – 20 (cf. figure 16).

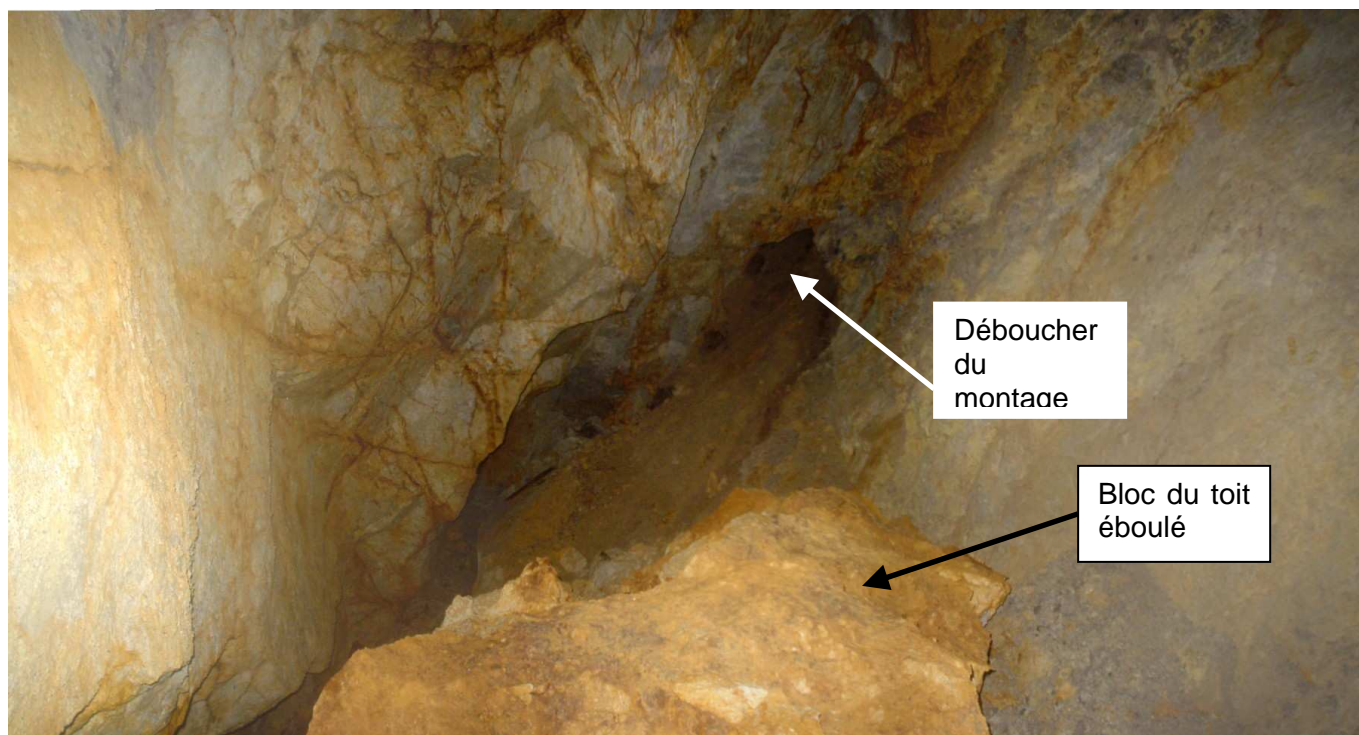


Figure 14 : Photographie de la cavité 3036 (Site 3 – La Touche) - Chambre vue vers le nord

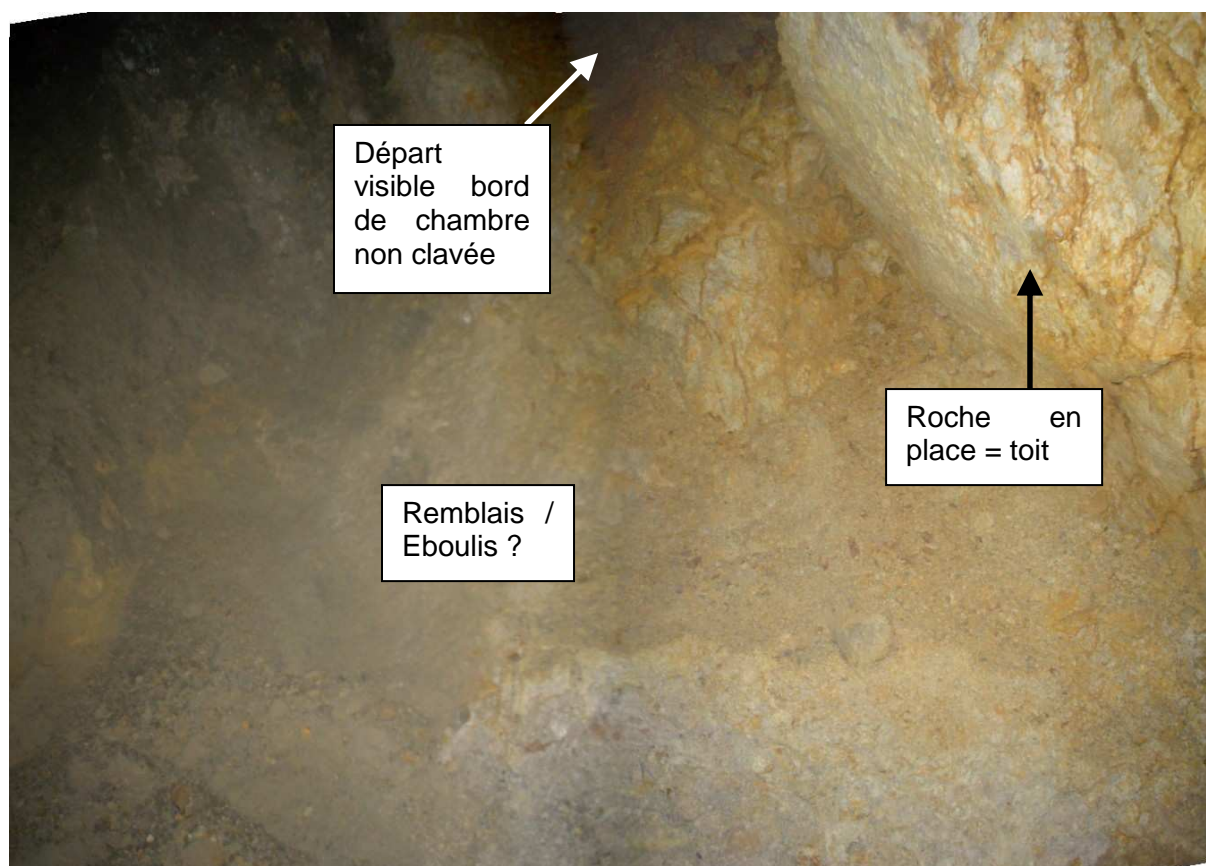


Figure 15: Photographie de la cavité 3036 (Site 3 – La Touche) - Chambre vue vers le sud

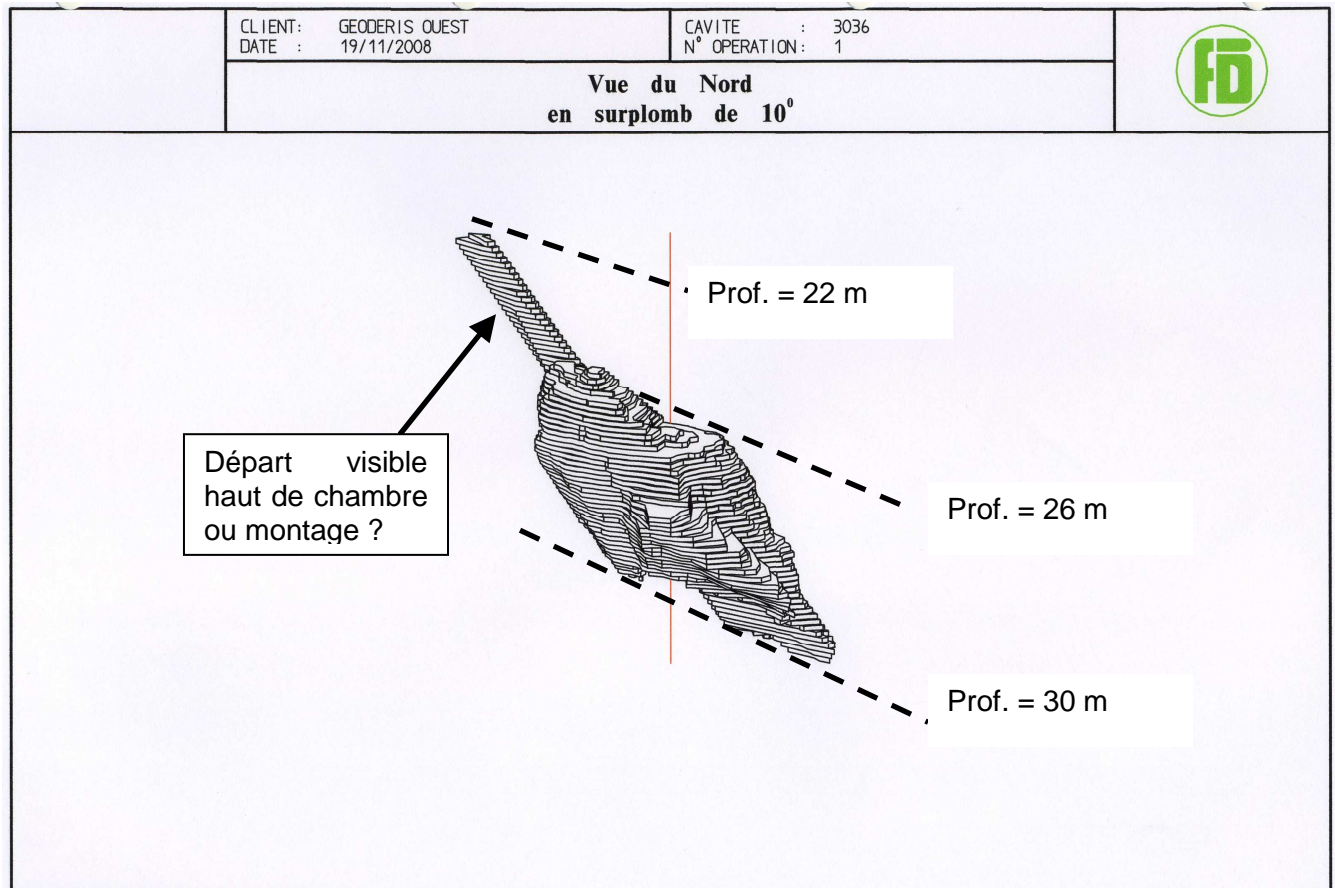


Figure 16 : Vue 3D de la chambre du sondage 3036 (Site 3 – La Touche)

6 RÉÉVALUATION DES ALÉAS « MOUVEMENTS DE TERRAIN »

6.1 ALÉA « EFFONDREMENT LOCALISÉ »

On rappelle que sur les sites étudiés, l'aléa effondrement localisé sur travaux retenu en 2006 avait été jugé moyen à fort sur bases documentaires (plan de mine, etc...) selon que l'on soit au droit du niveau - 40 ou d'une chambre plus superficielle. Les mécanismes retenus, pour cet aléa étaient :

- la rupture du toit des galeries du niveau - 40 générant la remontée d'une cloche de fontis jusqu'en surface ;
- la rupture de la tête d'une chambre ou « couronne » très proche de la surface ;
- la rupture de la tête d'un puits ou d'une cheminée d'aérage.

L'évolution notable de la connaissance sur les caractéristiques des travaux miniers et des terrains encaissants permet à ce jour de réévaluer l'aléa à proximité des sites étudiés en terme d'emprise et de niveau.

6.1.1 QUALITÉ DES TERRAINS DE RECOUVREMENT

Bien qu'ils ne remplacent pas des mesures réalisées à partir d'échantillons issus de sondages carottés (RQD, essais mécaniques,...), les sondages destructifs permettent en partie d'apprécier, par une approche qualitative, la résistance d'un massif rocheux. Les sondages destructifs réalisés sur les sites ont permis de constater la bonne tenue de l'encaissant granitique (très peu altéré voire sain) par une résistance de la roche à la foration mais aussi un état de fracturation faible qui traduit l'absence de discontinuités régulières.

De plus par sa nature géologique, cet encaissant est globalement « homogène » ne présentant aucune stratification en bancs telle qu'il est rencontré dans des roches sédimentaires. Le délitement d'un massif granitique est ainsi essentiellement guidé par la fracturation (diaclasses, fissures, failles,...). Cette dernière classiquement tridirectionnelle et par laquelle les circulations d'eau sont privilégiées permet l'oxydation et l'altération du granite (voire à l'extrême son arénisation) qui se débite alors en dièdres autrement appelé « débit en boules ». Ainsi, cet encaissant a un comportement mécanique et une résistance de massif présentant au niveau des travaux miniers un délitement par blocs de manière progressive et lente. Il est à noter que le toit immédiat (50 premiers cm) des cavités forées est très altéré et peu stable, caractéristique trahie par l'éboulement systématique au percement de l'outil de foration. Il est probable que ce toit immédiat (mineral pauvre et sans intérêt pour l'exploitant) possédait dès l'exploitation des propriétés mécaniques médiocres compte tenu de la présence d'un soutènement par boisage dans les galeries de niveau observées (soutènement au premier abord inutile dans ce type d'encaissant résistant). En effet, cette caractéristique est évoquée dans les archives en tant que « zone décomposée » du granite (cf. [1]).

Les paramètres de sondages ne montrent pas de différences mécaniques significatives entre le mineral en place et l'encaissant granitique. Néanmoins, la couche minéralisée constituant une discontinuité à fort pendage dans le massif rocheux additionnée d'une capacité à s'altérer plus rapidement (cf. paragraphe précédent), il est probable qu'une rupture initiée au fond évoluera de manière plus privilégiée par le mineral plutôt que par le granite homogène.

Ainsi, l'ensemble de ces constatations permet de caractériser l'état géomécanique du recouvrement, compte tenu des épaisseurs de terrains sains restants, comme relativement **bon**. Néanmoins, il reste prématuré de penser, à ce jour, qu'un éventuel fontis initié au sein des travaux miniers, en-dehors du secteur reconnu, puisse ne pas atteindre à court terme la surface.

6.1.2 NIVEAU DE L'ALÉA

Le **niveau** de l'aléa est fonction de la prédisposition et de l'intensité du phénomène redouté. L'étude d'aléas 2006 avait considéré sur la concession de La Touche (cf. [1]) :

- une intensité limitée à modérée d'après les observations de désordres, les configurations de travaux considérés comme vides (non remblayés) et aux volumes susceptibles d'être importants et,
- une prédisposition sensible à très sensible selon la profondeur des chantiers et la configuration des travaux. L'évaluation de la prédisposition a tenu également compte

de facteurs aggravants en particulier la présence de nombreux désordres survenus dans le secteur étudié (surtout le site 3).

Les investigations réalisées en 2007 et 2008 sur les sites reconnus ont confirmé :

- la géométrie attendue des travaux miniers, en terme d'orientation, de profondeur, de dimensions et de puissance exploitée ;
- la présence d'un recouvrement rocheux résistant et peu fracturé.

En tenant compte de ces nouvelles données une nouvelle analyse de l'**aléa « effondrement localisé »** peut être alors proposée **sur le seul secteur investigué** (englobant les 3 sites). En effet, compte tenu des incertitudes liées à l'exploitation et la géologie, les données acquises sur les sites reconnus ne peuvent être extrapolées à l'ensemble de la mine.

Pour plus de clarté, nous distinguons trois mécanismes de rupture définissant cet aléa : la rupture de galeries isolées, la rupture de chantiers ou chambres d'exploitation et la rupture de tête de puits.

6.1.2.1. LA RUPTURE DE GALERIES ISOLÉES

Sont considérées comme « isolées » toutes les galeries dites d'infrastructures (travers-bancs, traçage, roulage, etc...) non directement associées ou suffisamment distinctes de chambres d'exploitations. Pour ces galeries isolées, l'effondrement localisé (ou fontis) est lié à une rupture du toit de la galerie progressant jusqu'en surface par remontée de voûte dans le recouvrement rocheux. Le débouché en surface du fontis sera contraint par le volume de vide disponible au fond confronté à sa profondeur et au foisonnement des terrains s'effondrant. Ainsi, compte tenu des dimensions des galeries reconnues, nous avons réalisé un calcul basé sur une approche volumique déterministe s'attachant à évaluer la hauteur de remontée de cloche de fontis (cf. annexe 3). En comparant cette hauteur à l'épaisseur du recouvrement, il est possible de dire si l'effondrement apparaîtra en surface ou non.

Il en ressort qu'au maximum, dans le cas d'un recouvrement inférieur à 26 m, une rupture au niveau des travaux remonterait probablement jusqu'à la surface, le phénomène d'auto-comblement ne pouvant être garanti. Pour conserver une approche sécuritaire, nous retenons toutefois la valeur de 30 m comme limite d'une prédisposition à la remontée d'un fontis. Cela exclut donc toute remontée jusqu'en surface d'un fontis initié dans la galerie du niveau - 40 dès lors qu'elle est isolée (sans chambres reliées sus ou sous-jacentes) et que le recouvrement excède 30 m. Sur le secteur investigué, c'est le cas :

- de la portion de niveau - 40 du site 1 en l'absence de chambres d'exploitation reliées ;
- du travers-bancs au niveau - 40 reliant le puits central distinct et non influencé par les travaux miniers sous-jacents beaucoup plus profonds ;
- du travers-bancs de recherche au niveau - 90 du site 2 également distinct et non influencé par les travaux miniers sous-jacents beaucoup plus profonds.

Pour ces travaux, l'aléa effondrement localisé est nouvellement évalué comme **négligeable à nul**.

Par contre, nous ne pouvons exclure l'éventualité d'un effondrement localisé au droit du niveau - 25 même quand ce dernier est isolé comme il semble être le cas (d'après le plan d'exploitation) de sa branche au nord du sondage 3036 au-delà de la cheminée d'aérage (cf. annexe 2). Dans ce cas, la prédisposition au phénomène est évaluée comme peu sensible à sensible au regard de l'état globalement médiocre des travaux observés. Ce niveau de prédisposition tient également compte de l'incertitude de présence d'une chambre sous-jacente à la galerie - 25 qui ne serait pas cartographiée sur le plan, à l'image de celle retrouvée par le sondage 3036. Par ailleurs, compte tenu de la bonne qualité des terrains de surface, l'intensité d'un éventuel désordre serait, au moment de son apparition, probablement limitée (c'est-à-dire un diamètre de cratère de l'ordre de 3 m maximum dont les flancs s'évaseraient de quelques mètres par la suite). Cette analyse permet de conclure à un niveau d'aléa évalué comme **faible** au droit de la portion isolée du niveau - 25 sur le site 3.

6.1.2.2. LA RUPTURE DE CHAMBRES D'EXPLOITATION

Le mécanisme de rupture associée aux chambres d'exploitations est similaire à celui retenu pour les galeries isolées. Néanmoins, les volumes de vides étant beaucoup plus important, le phénomène d'auto-comblement tel qu'il évoqué pour les galeries isolées ne fonctionne pas dès lors de la profondeur des travaux est inférieure à 50 m (valeur retenue d'expérience pour des configurations de travaux et de gisements similaires). De plus, bien que moins probable du fait des faibles dimensions des travaux, un autre mécanisme rencontré dans le type d'exploitation filonien de la Touche pourrait être à l'origine d'un effondrement localisé. Il s'agit de la rupture du pilier couronne (bande de terrains séparant les chambres de la surface) à la suite d'un élargissement des chambres, la portée de toit augmentant, le pilier ne pouvant alors plus supporter son propre poids.

Sur le secteur investigué, les configurations de travaux retenues pour cet aléa sont toutes les chambres d'exploitations au niveau -40 en présence ou non du niveau - 25. Pour le site 3, la prédisposition est évaluée comme peu sensible à sensible compte tenu du faible volume de vides résiduels dans les chambres, soit pour celle observée du sondage 3036 soit pour celle au sud de l'habitation qui semble-t-il présenterait une relevée beaucoup moindre que celle cartographiée sur les plans. Pour ce qui concerne l'intensité, les arguments déjà évoqués précédemment permettent d'évaluer son niveau comme limité. Ainsi, le niveau d'aléa pour l'habitation du site 3 est retenu comme **faible**.

Pour les configurations d'exploitation similaires jouxtant le site 3 (jardin sud de l'habitation), l'absence de données précises sur ces travaux ne permet pas d'étendre les conclusions précédemment définies (aléa faible) jusqu'à ce secteur. Le niveau fort initialement retenu a néanmoins été réévalué à **moyen** au regard des nouveaux éléments apportés par les reconnaissances et globalement transposables (bonne qualité générale des terrains de recouvrement). Par contre, pour les secteurs non investigués, éloignés des sites de reconnaissance et donc méconnus, le niveau et l'emprise de l'aléa sont maintenus.

6.1.2.3. LA RUPTURE DE TÊTE DE PUITS

La rupture d'une tête de puits ainsi que le débouillage de remblais éventuellement présents dans sa colonne se traduisent également par un effondrement localisé. Les puits et les cheminées d'aérage sur les sites étudiés sont fermés. Ils ont été dallés (le puits étant vide en-dessous) ou remblayés. Cependant, plusieurs effondrements historiques laissent à penser à une assez mauvaise qualité de remblayage ne permettant pas d'exclure des débouillages. De même, bien qu'il ait été montré que la qualité des terrains de surface était bonne, la rupture de tête d'un ouvrage consécutive ou non à un débouillage ne peut être exclue. Pour ces raisons, la prédisposition à ce type de phénomène est évaluée comme **sensible**. Compte tenu des dimensions des ouvrages (de 2 à 4 m de diamètre) et des désordres observés, l'intensité d'un effondrement localisé serait limitée voire, le plus souvent, **modérée**.

L'aléa effondrement localisé pour les ouvrages situés sur les sites étudiés est donc maintenu à un niveau **moyen**. Concernant, la cheminée d'aérage récemment comblée par le BRGM (DPSM), située le long du chemin (angle sud-est de la propriété de M. Denis) qui descend vers la rivière Minette, un aléa tassement faible est maintenu par suspicion de tassement résiduel des anciens remblais non compactés et sous-jacents à ceux qui ont été rajoutés (c'est d'ailleurs la raison de la présence aujourd'hui du tumulus sur ce puits).

A signaler qu'un puits initialement non cartographié situé juste derrière la « cabane » en bois du site 2 (cf. annexe 2) a été observé durant les investigations. Cet ouvrage, d'environ 1,5 m de côté et recouvert d'une maçonnerie en parpaings pourrait être une cheminée d'aérage.

6.1.3 EXTENSION EN SURFACE DE L'ALEA

Le report des coupes laser des trois sondages auscultés sur le plan des travaux miniers confirme (cf. annexe 2) :

- le schéma général des travaux miniers ;
- le bon calage du plan réduisant, dans ce secteur, la marge d'incertitude de 10 m à 5 m.

L'**extension** en surface des zones d'aléa a pu être réévaluée grâce à une meilleure précision :

- de la position exacte des travaux les plus proches de la surface **au niveau des sites investigués**. La marge d'incertitude associée a donc été ramenée de 10 m (2006) à **5 m** (valeur correspondant au maximum d'écart observé entre le plan et les coupes laser) ;
- de l'épaisseur des terrains altérés en surface. Sur le secteur investigué, le granite est, quand il est affleurant, quasiment sain dès la surface. Localement des remblais allant parfois jusqu' à 2 m ont été observés sur les sondages. En présence de remblais, le granite sous-jacent est altéré sur le premier mètre. Pour ces raisons, la marge d'influence a donc été ramenée de 10 m (2006) à **3 m**.

Les autres paramètres de l'étude d'aléas (largeur, pendage et profondeur des travaux - cf. § 5.2.2.) ont été pris en considération dans le traçage de la nouvelle zone d'aléa. Conservant les mêmes mécanismes de rupture (rupture de la couronne et zone de rupture

potentielle du toit), l'emprise de l'aléa effondrement localisé a été réévaluée en considérant le schéma suivant (cf. Figure 17) :

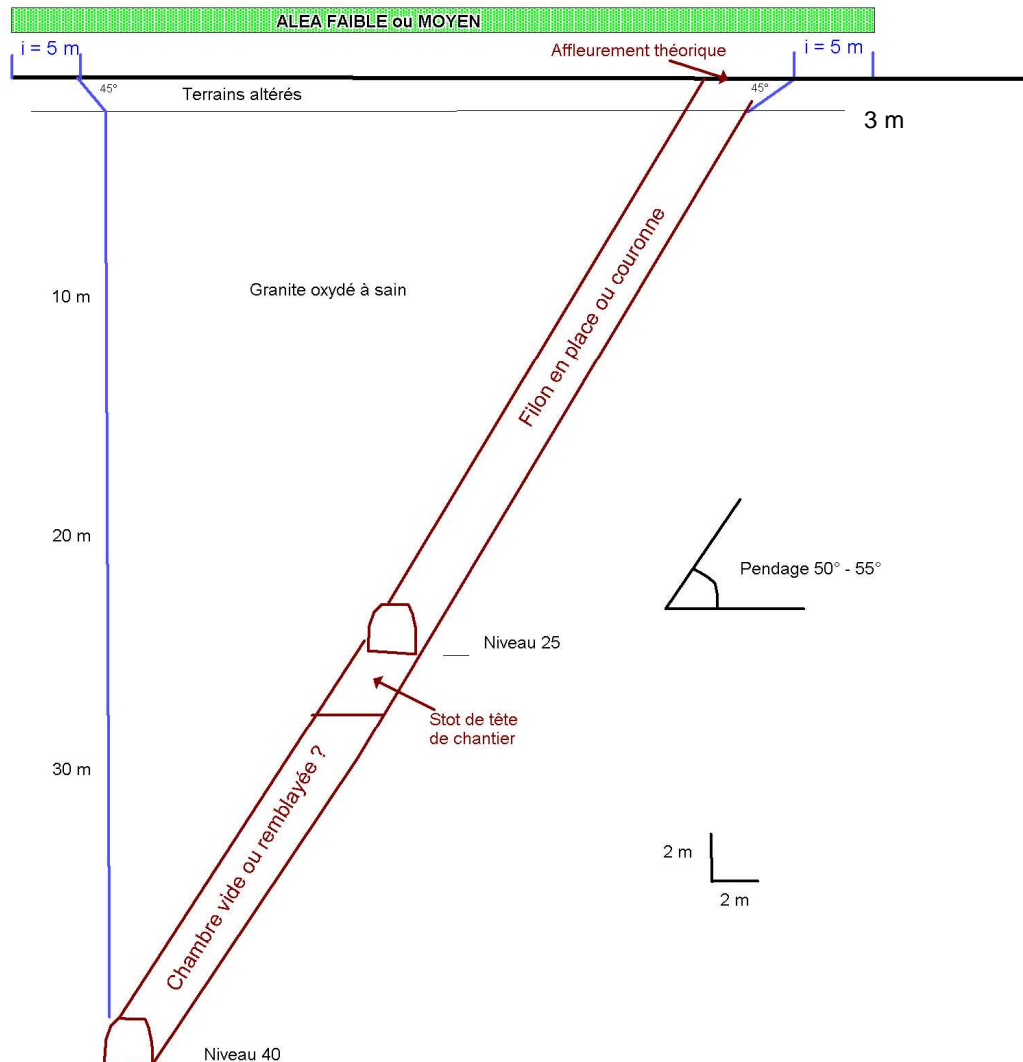


Figure 17 : Coupe schématique du nouveau tracé de l'aléa sur les sites investigués

En surface, ces modifications engendrent pour l'ensemble des sites une réduction du zonage de l'aléa « effondrement localisé » en terme d'emprise et de niveaux. La nouvelle cartographie de l'aléa « mouvement de terrain » est présentée en annexes 5 et 6 de ce rapport.

6.2 ALÉA « TASSEMENT »

Trois types de travaux ont été retenus dans la définition de l'aléa « tassement » (cf. § 2). Deux d'entre eux concernent le secteur investigué : les travaux situés entre les niveaux – 40 et – 90 et les fouilles à l'affleurement comblées.

6.2.1 ALEA SUR TRAVAUX ENTRE LES NIVEAUX – 40 ET – 90

L'analyse précédente a montré qu'en cas de rupture et d'effondrements des travaux miniers au fond au delà de 50 m de profondeur, aucun phénomène d'effondrement localisé ni d'affaissement des terrains ne pourrait se traduire en surface. En effet, les retours d'expérience et des modélisations sur des configurations de travaux similaires indiquent que pour une exploitation par tailles montantes (partiellement remblayées) d'un filon d'une puissance maximale de 2 m et d'un pendage supérieur à 50°, le phénomène d'affaissement peut être exclu. Ceci est d'autant plus vrai que le recouvrement granitique se comporte d'un point de vue mécanique comme un massif homogène, et non comme une succession de bancs, n'engendrant qu'exceptionnellement le phénomène d'affaissement.

L'aléa « tassement » sur l'ensemble des travaux entre les niveaux – 40 et – 90 peut donc être écarté.

6.2.2 ALÉA SUR FOUILLES COMBLÉES À L'AFFLEUREMENT

Sur le secteur investigué, les fouilles à l'affleurement ont été cartographiées entre 30 m et 40 m à l'est du niveau – 40. Les calculs effectués à partir des données de sondages confirment un pendage de 50 à 55° sur le secteur investigué. La régularité des travaux souterrains laisse à penser que ce pendage est globalement constant. De plus, ces fouilles présentent une direction nord-sud, oblique à celle du filon (N165°), et s'alignent le long du chemin agricole situé à l'est de la propriété de M. Denis. Ces éléments semblent indiquer que les fouilles observées sur le terrain ne peuvent pas être associées à l'affleurement. Elles correspondraient vraisemblablement à d'anciennes excavations creusées pour l'empierrage et la mise à niveau du chemin ou pour une ancienne voie ferrée minière (rails encore visibles sur le chemin).

Ainsi, l'aléa « tassement » sur d'anciennes fouilles peut être écarté. Ceci ne concerne que les fouilles situées sur le site investigué, aucun élément ne permettant de remettre en cause la présence d'autres fouilles à l'affleurement identifiées ailleurs.

Notons que le nouveau tracé de l'aléa « effondrement localisé » intègre la position calculée de l'affleurement considérant le phénomène de rupture du pilier couronne (cf. § 6.1.3.). Ce tracé permet, sur le site investigué, de prendre également en compte d'éventuelles fouilles comblées à l'affleurement plus visibles aujourd'hui.

En surface, ces modifications engendrent pour l'ensemble des sites une réduction du zonage de l'aléa « tassement » en terme d'emprise et de niveaux. La nouvelle cartographie de l'aléa « mouvement de terrain » est présentée en annexes 5 et 6 de ce rapport.

6.3 SYNTHÈSE SUR LES NIVEAUX D'ALÉA

Les nouvelles données acquises sur les 3 sites investigués ont permis la réévaluation des niveaux d'aléa comme suit.

Site	Type de travaux	Type d'aléa	Niveau d'aléa 2006	Nouveau niveau d'aléa 2009
SITE 1	Galerie isolée niveau – 40	Effondrement localisé	moyen	négligeable à nul
	Chambres d'exploitation supérieures au niveau – 40	Effondrement localisé	fort	faible
	Galeries niveau – 25	Effondrement localisé	fort	faible
	Chambres d'exploitation inférieures entre niveaux – 40 et – 90	tassement	faible	nul
	« Fouilles comblées » à l'affleurement	tassement	faible	nul
SITE 2	Galerie isolée niveau – 90	tassement	faible	nul
	Galerie isolée Niveau – 40	Effondrement localisé	moyen	nul
	Chambres d'exploitation inférieures entre niveau – 40 et niveau – 90	tassement	faible	nul
SITE 3	Chambres d'exploitation supérieures au niveau – 40	Effondrement localisé	fort	faible à moyen
	Galeries niveau – 25	Effondrement localisé	fort	faible
	Puits	Effondrement localisé	moyen ou fort	moyen
	« Fouilles comblées » à l'affleurement	tassement	faible	nul

Tableau 6 : Niveaux d'aléa nouvellement retenus pour les sites d'enjeux bâtis sur la concession de la Touche (35)

7 ANALYSE DES RISQUES RÉSIDUELS POUR LES BIENS ET LES PERSONNES

Les investigations complémentaires ont permis de préciser le zonage de l'aléa « mouvements de terrains » à proximité des enjeux. Dans le cas de La Touche, dans le sens global d'une réduction de son extension et/ou de son niveau. Ainsi les maisons d'habitation des sites 1 et 2 ne sont plus incluses dans le zonage : **tout risque est donc écarté pour celles-ci**. Néanmoins, en considérant la maison d'habitation de M. Denis (site 3) comme un type d'enjeu vulnérable, ce site maintenu en zone d'aléa « effondrement localisé » de niveau faible se situe en zone de risque. Par croisement de l'aléa et de cette vulnérabilité, **le niveau de risque peut être évalué comme faible (cf. annexes 4 et 5)**.

Le maintien du site 3 en aléa faible conserve ainsi une source de risque pour l'habitation concernée. Néanmoins, les résultats des investigations permettent de conclure qu'il n'existe pas de danger imminent pour celle-ci. De plus, rappelons que la progression du mécanisme conduisant à l'effondrement localisé est très lente en raison de l'épaisseur de recouvrement sain au-dessus des cavités (plusieurs mètres). Pour ces raisons, il ne semble pas nécessaire de réaliser des actions immédiates de prévention ou de protection. En revanche, il pourrait être intéressant sur le long terme d'observer l'évolution de l'état des cavités. Si cette option est retenue, un passage caméra dans les 2 sondages auscultables sur la propriété de M. Denis (n° 3035 et 3036) pourrait être envisagé tous les 5 à 10 ans.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Rapport GEODERIS W2006/035DE-5BRE2300 du 12/06/2006. Concession de la Touche (35). Etude préliminaire à la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques Miniers (PPRM) – Evaluation des risques résiduels liés à l'activité minière.
- [2] Rapport INERIS DRS-06-51198/R01 du 04 mai 2006. L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers – Guide Méthodologique – Volet relatif à l'évaluation de l'aléa – Les risques de mouvements de terrain, d'inondations et d'émissions de gaz de mine.
- [3] Rapport CEBTP-SOLEN DLH2.7.102-1 du 23/07/2007. Missions d'investigations géotechniques du 28 juin au 13 juillet 2007 (cf. norme NF P 94-500 de décembre 2006 relative aux missions géotechniques) – Sites 1 et 2 - Vieux-vy-sur-Couesnon (35).
- [4] Rapport FUGRO n°08N-038-a01 du 05/12/2008. Réalisation de sondages destructifs pour recherche de cavités minières.
- [5] Rapports FLODIM 07-114. Campagne laser image - septembre 2007, Vieux-Vy-sur-Couesnon – Brais.
- [6] Rapports FLODIM 08-119 et 08-120. Campagne laser image – novembre 2008, Vieux-Vy-sur-Couesnon – Brais.

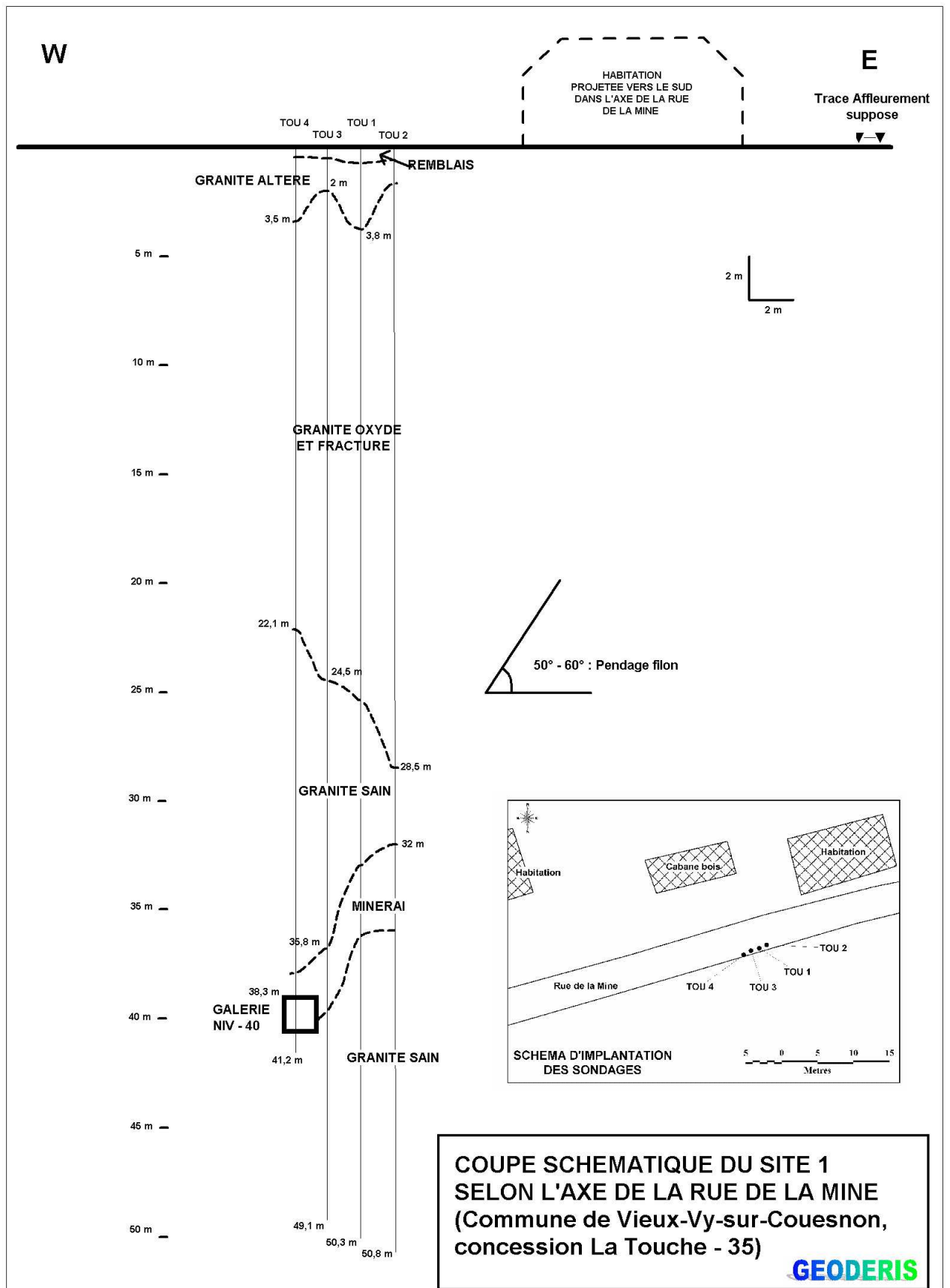
A N N E X E 1

**Logs et coupes détaillés des sondages réalisés
sur les sites de Vieux-Vy-sur-Couesnon (35)**

Logs et coupes détaillés des sondages réalisés sur les sites de Vieux-Vy-sur-Couesnon (concession la Touche -35).

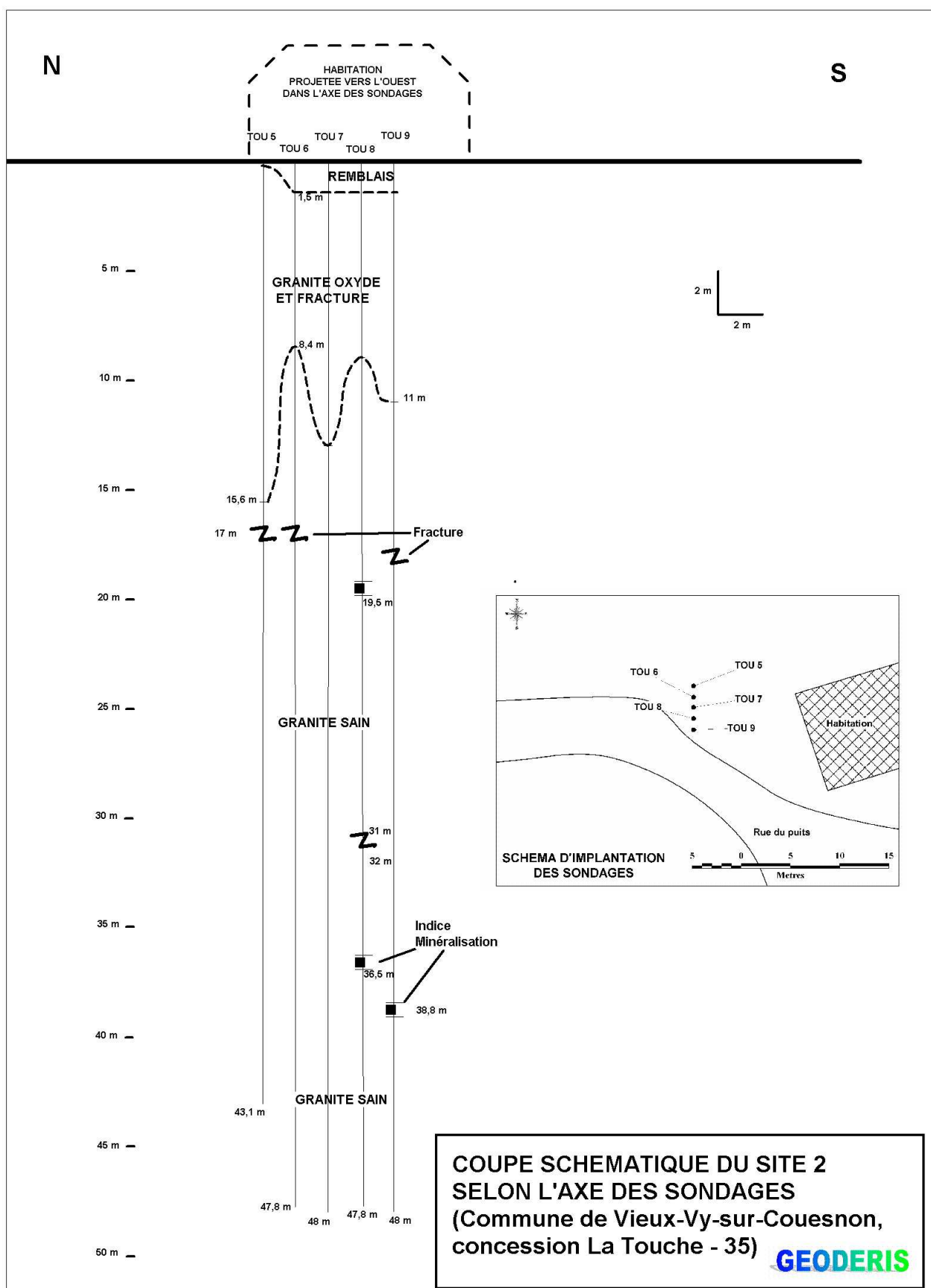
SITE 1 : Rue de la mine

Sondage	Profondeur (m)	Lithologie	Autres observations
TOU 1	0 – 0,8	Remblais	Passages fracturés jusqu'à 7 m puis entre 14,5 et 16,5 m et entre 18,5 et 21 m avec venue d'eau
	0,8 – 3,8	Granite altéré	
	3,8 – 25,5	Granite oxydé beige - ocre	
	25,5 – 33,1	Granite sain gris - bleu	
	33,1 – 36,0	Minerai noir	
	36,0 – 50,3	Granite sain gris - bleu	
TOU 2	0 – 0,7	Remblais	Passages fracturés à 8 m puis entre 12 et 14 m et entre 25 et 27 m
	0,7 – 1,6	Granite altéré proche arène	
	1,6 – 28,5	Granite oxydé beige - ocre	
	28,5 – 32,0	Granite sain gris - bleu	
	32,0 – 36,1	Minerai noir	
	36,0 – 50,8	Granite sain gris - bleu	
TOU 3	0 – 0,5	Remblais	Passages fracturés jusqu'à 8 m
	0,5 – 2,0	Granite très altéré	
	2,0 – 24,5	Granite oxydé beige - ocre	
	24,5 – 24,9	Minerai noir	
	24,9 – 35,8	Granite sain gris - bleu	
	35,8 – 39,5	Minerai noir	
	39,5 – 49,1	Granite sain gris - bleu	
TOU 4	0 – 0,5	Remblais	Passages fracturés jusqu'à 8 m puis entre 19 m et 20 m
	0,5 – 3,5	Granite très altéré	
	3,5 – 22,1	Granite oxydé beige - ocre	
	22,1 – 37,8	Granite sain gris - bleu	
	37,8 – 38,3	Minerai noir (toit décomprimé)	
	38,3 – 40,5	Vide franc	
	40,5 – 41,2	Reprise forage en roche = Granite	



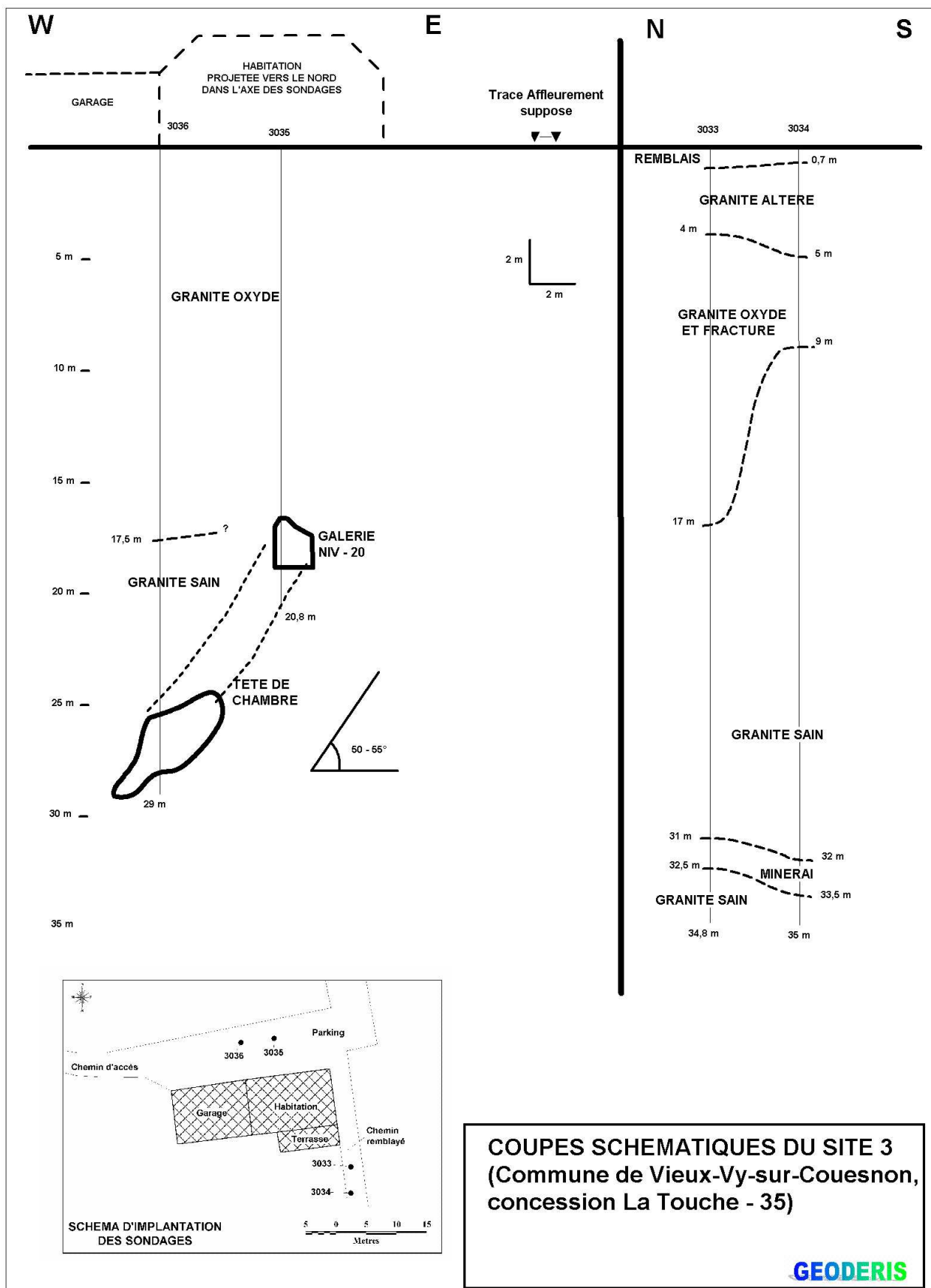
SITE 2 : Rue du puits

Sondage	Profondeur (m)	Lithologie	Autres observations
TOU 5	0 – 0,1	Remblais	Fracture à 17 m avec perte d'air et arrivée d'eau au retour d'air Passages fracturés à 23 m et 28 m
	0,1 – 15,6	Granite oxydé beige - ocre	
	15,6 – 43,1	Granite sain gris - bleu	
TOU 6	0 – 1,5	Remblais	Fracture à 17 m avec perte d'air et arrivée d'eau au retour d'air Passages fracturés à 28 m
	1,5 – 5	Granite altéré	
	5 – 8,4	Granite oxydé beige - ocre	
	8,4 – 47,8	Granite sain gris - bleu	
TOU 7	0 – 1,5	Remblais	Passages fracturés à 5 m et 8 m puis entre 34 et 38 m
	1,5 – 13,0	Granite oxydé beige - ocre	
	13,0 – 48,0	Granite sain gris - bleu	
TOU 8	0 – 1,5	Remblais	Fracture à 31 m avec perte d'air et arrivée d'eau au retour d'air
	1,5 – 9,0	Granite oxydé beige - ocre	
	9,0 – 19,4	Granite sain gris - bleu	
	19,4 – 19,5	Passage noir : Minerai ?	
	19,5 – 36,5	Granite sain gris - bleu	
	36,5 – 36,6	Passage noir : Minerai ?	
	36,6 – 47,8	Granite sain gris - bleu	
TOU 9	0 – 1,5	Remblais	Fracture à 4,5 m Fracture à 18 m avec légère perte d'air et arrivée d'eau au retour d'air
	1,5 – 11,0	Granite oxydé beige - ocre	
	11,0 – 38,8	Granite sain gris - bleu	
	38,8 – 39,0	Passage noir : Minerai ?	
	39,0 – 48,0	Granite sain gris - bleu	



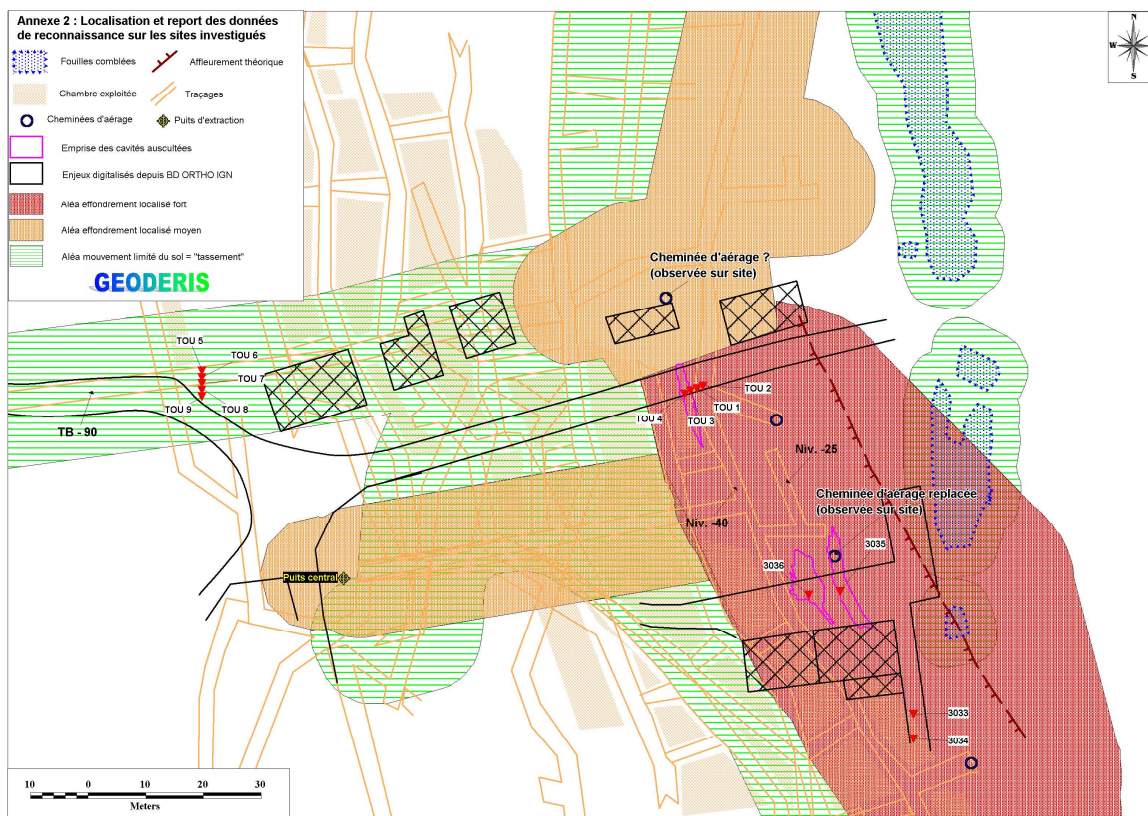
SITE 3 : Rue de la Mine – Habitation de Mr Denis

Sondage	Profondeur (m)	Lithologie	Autres observations
3033	0 – 1,0	Remblais	Pas d'enregistrements de paramètres à partir de 5 m Très mauvaise tenue des terrains sur les 7 premiers mètres obligeant à tuber les 4 premiers mètres avec retour frappe de l'outil à 7 m Fractures dm à 13, 15 et 17 m
	1,0 – 4,0	Granite très altéré = quasi arène	
	4,0 – 17,0	Granite oxydé beige	
	17,0 – 31,0	Granite sain gris - bleu	
	31,0 – 32,5	Minerai noir	
	32,5 – 34,8	Granite sain gris - bleu	
3034	0 – 0,7	Remblais	Mauvaise tenue des terrains entre 3 et 5 m obligeant à tuber les 6 premiers mètres Fractures dm à 13, 14,5 m
	0,7 – 3,0	Granite oxydé beige	
	3,0 – 5,0	Granite très altéré	
	5,0 – 9,0	Granite oxydé beige	
	9,0 – 32,0	Granite sain gris - bleu	
	32,0 – 33,5	Minerai noir	
3035	33,5 – 35,0	Granite sain gris - bleu	Roche affleurante. Entre 17,0 et 17,5 m = toit de la cavité en mauvais état
	0 – 6,0	Granite oxydé beige/ocre.	
	6,0 – 17,0	Granite oxydé beige/blanc.	
	17,0 – 18,8	Vide franc	
3036	18,8 – 20,8	Reprise forage en roche = Granite	Roche affleurante. Entre 25,5 et 26,0 m = toit de la cavité en mauvais état
	0 – 17,5	Granite oxydé beige	
	20,5 – 26,0	Granite sain gris - bleu	
	26,0 – 28,7	Vide franc	
	28,7 – 29,0	Reprise forage en roche = Granite	



A N N E X E 2

Localisation et report des données de reconnaissance sur les sites investigués



A N N E X E 3

Approche volumétrique déterministe de la hauteur de remontée d'une cloche de fontis

Nous avons estimé la hauteur maximale de remontée de fontis à partir d'un modèle de calcul prenant en compte en particulier les caractéristiques géométriques des cavités résiduelles (V_g), le coefficient de foisonnement (k) et l'angle de talus naturel des terrains constituant le recouvrement.

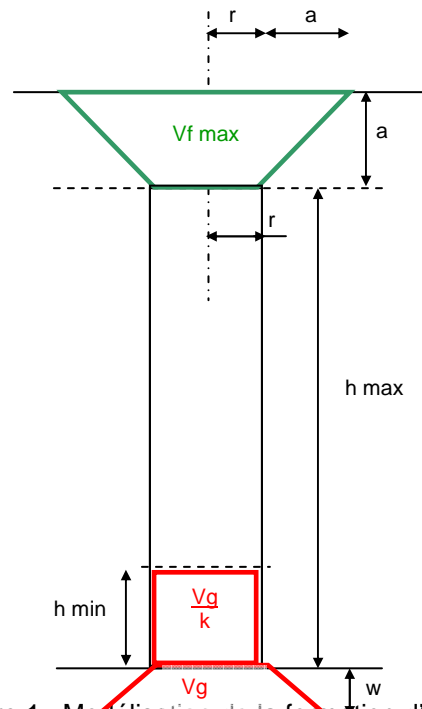


Figure 1 : Modélisation de la formation d'un fontis

Les hypothèses retenues sont les suivantes :

1. Dimensions des vides résiduels

- l'ouverture des galeries (W), paramètre essentiel pour l'évaluation de la hauteur de remontée de fontis, varie entre 1,5 et 2 m maximum.
- la largeur des galeries varie de 1,5 à 2 m ;
- l'absence de remblayage.

2. comportement du matériau éboulé

- le coefficient de foisonnement (k) est un paramètre qui caractérise l'augmentation du volume des matériaux remaniés ou éboulés. Pour un matériau granitique tel qu'il est présent dans le recouvrement, le coefficient de foisonnement est compris entre 1,4 et 1,6 d'après le Guide des Terrassements Routiers (reprenant la classification RTR³ du LCPC). Nous retenons la valeur de 1,4 correspondant à une approche sécuritaire.
- un angle de talus naturel de 35°. Cela caractérise la mise en place du matériau une fois éboulé dans la galerie.

L'expérience montre que le fontis s'initie sur une largeur très proche de la largeur totale de la galerie. Pour rester sécuritaire, la valeur prise en compte sera comprise entre 80% de la largeur de la galerie et la largeur totale.

³ Recommandations Terrassements Routiers
[GEODERIS W2009/013DE – 09BRE2420](#)

Le tableau suivant présente les résultats obtenus en faisant varier différents paramètres.

Largeur de galerie (en m)	Hauteur de galerie (ouverture) (en m)	Rayon au toit du fontis (en m)	Hauteur de remontée ou Hmax (en m)
1,5	1,5	0,75	11,2
1,5	1,5	0,6	15,9
1,5	2	0,75	18
1,5	2	0,6	26,1
2	2	1	14,9
2	2	0,8	21,2

Ces résultats indiquent qu'il est peu probable mais non exclu qu'un fontis débouche au jour si le recouvrement est supérieur à 20 m, exceptionnellement 26 m pour une galerie haute dont le fontis s'initierait que sur une portion du toit.

A N N E X E 4

Grilles de hiérarchisation des zones de risques

Grilles de vulnérabilité des enjeux et d'évaluation des niveaux de risque

<i>Vulnérabilité</i>	<i>Types d'enjeux</i>	<i>Infrastructures</i>	<i>Bâtiments</i>
Très vulnérable (TV)	Villes très denses Bâtiments très importants <i>Villages très denses à denses en zone d'aléa affaissement</i>	Autoroutes Voies ferrées fort trafic Ouvrages d'art importants	Bâtiments grande hauteur Immeubles grande hauteur Bâtiments élancés Villes, cœurs de village Collège, lycée, hôpitaux, usine Bâtiments publics <i>Lotissements et zones d'habitat dense en zone d'aléa affaissement</i>
Vulnérable (V)	Villages très denses à denses Bâtiments individuels Petits collectifs	Routes nationales Routes départementales fort trafic (à proximité des agglomérations) Voies ferrées Ouvrages d'art peu important	Maisons, petits collectifs Lotissement, villages extérieurs
Peu vulnérable (PV)	Peu denses Bâtiments individuels dispersés	Routes départementales faible circulation (éloignées des agglomérations) <i>Ensemble des infrastructures routières et ferrées (aléa gaz)</i>	Bâtiments industriels, entrepôts, remises, garages, habitations très espacées

Tableau 1 - Evaluation de la vulnérabilité

		<i>Type de vulnérabilité</i>		
<i>Type d'aléas</i>		<i>Peu vulnérable (PV)</i>	<i>Vulnérable (V)</i>	<i>Très vulnérable (TV)</i>
<i>Peu significatifs (PS)</i>	<i>Faible (FA)</i>	<i>Très faible (TFA)</i>	<i>Faible (FA)</i>	<i>Moyen (M)</i>
<i>Significatif (S)</i>	<i>Moyen (M)</i>	<i>Faible (FA)</i>	<i>Moyen (M)</i>	<i>Fort (F)</i>
	<i>Fort (F)</i>	<i>Moyen (M)</i>	<i>Fort (F)</i>	<i>Fort (F)</i>

Tableau 2 – Evaluation du risque

A N N E X E 5

Nouveau zonage de l'aléa sur le secteur investigué



A N N E X E 6

**Synthèse cartographique de l'aléa « mouvement de terrain »
sur la concession de la Touche**

