



Permis de VAREILLES (23)

NS

ORA-BAS-b-2006

Version 2

Plan de Gestion des Risques Miniers

[Commentaires]

Version	Date	Corrections et modifications
1	15/06/2020	Première édition
2	01/10/2020	Deuxième édition

MINELIS SAS

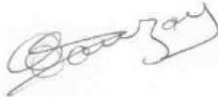


8 rue Paulin Talabot - 31100 TOULOUSE

Tél : 05 61 16 54 71 - Fax : 01 73 64 69 87 - Email : contact@minelis.com

Concession de Saint Sylvestre
Plan de Gestion des Risques Miniers
 [Commentaires]

Auteurs : MINELIS Nicolas SAUZAY	Code du document : ORA-BAS-b-2006 Numéro de version : 2 Date : 01/10/2020
--	--

Identification du client : ORANO 2 route de Lavaugrasse 87250 - BESSINES / GARTEMPE	Référence du contrat : Responsable du projet : MINELIS Nicolas SAUZAY, Directeur Général
---	--

CONTRÔLE INTERNE		
Responsable du document : MINELIS	Nom et fonction : Nicolas SAUZAY	Date et signature : 01/10/20 
Relecture : MINELIS	Nom et fonction : Harold LEFEVRE	Date et signature : 01/10/20 
Contrôle qualité : MINELIS	Nom et fonction : Nicolas SAUZAY	Date et signature : 01/10/20 

PRÉAMBULE

Le présent rapport est rédigé à l'usage exclusif du client et est conforme à la proposition commerciale de MINELIS. Il est établi au vu des informations fournies à MINELIS et des connaissances techniques, réglementaires et scientifiques connues au jour de la commande. La responsabilité de MINELIS ne peut être engagée si le client lui a transmis des informations erronées ou incomplètes.

Toute utilisation partielle ou inappropriée des données contenues dans ce rapport, ou toute interprétation dépassant les conclusions émises, ne saurait engager la responsabilité de MINELIS.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	9
1 Présentation du site	10
1.1 Présentation du titre minier	10
1.1.1 Permis d'exploitation de Vareilles	10
1.1.2 Périmètre du plan de gestion	11
1.2 Présentation des travaux miniers.....	13
1.3 Présentation des aléas d'effondrement de terrain localisé	16
1.4 Méthodologie d'évaluation de l'aléa d'effondrement de terrain localisé.....	17
1.5 Identification des zones devant faire l'objet de mesures de gestion spécifique	19
1.6 Synthèse des zones et ouvrages à gérer	20
<i>Localisation :</i>	20
<i>Géologie :</i>	20
<i>Enjeux actuels :</i>	20
2 Présentation des mesures de gestion des risques liés à l'aléa d'effondrement localisé	20
2.1 Réduction/Suppression des aléas.....	20
2.1.1 Comblement de cavité souterraine	21
<i>Investigations et travaux à réaliser :</i>	21
<i>Incertitudes :</i>	22
<i>Avantages</i>	22
<i>Inconvénients</i>	22
<i>Coût de gestion</i>	22
2.1.2 Confortement du toit de la cavité souterraine	22
<i>Avantages</i>	23
<i>Inconvénients</i>	23
<i>Coût de gestion</i>	24
2.2 Suppression/réduction des enjeux.....	24
2.2.1 Restriction d'usage.....	24
<i>Porter à Connaissance</i>	24
<i>Application au site de Basseneuille</i>	25
<i>Avantages</i>	25
<i>Inconvénients</i>	25
<i>Coût de gestion</i>	25
2.2.2 Délocalisation et démantèlement de bâtiments et ou d'ouvrages	26
<i>Acquisition amiable</i>	26
<i>Expropriation</i>	26
<i>Application au site de Basseneuille</i>	26
<i>Avantages</i>	26
<i>Inconvénients</i>	26
<i>Coûts</i> 27	
2.3 Mesure de gestion mixte.....	27
<i>Avantages</i>	27
<i>Inconvénients</i>	28
3 Avantages et inconvénients des différentes mesures de gestion	31
4 Conclusion	33
ANNEXES.....	35

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1	: Fiches techniques imagerie de paroi optique ou sonar	37
ANNEXE 2	: Fiches techniques Levé de cavité optique, Laser ou sonar	38
ANNEXE 3	: Fiches techniques Géogrille de renforcement	39

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Situation du site minier dans le périmètre du permis d'exploitation de Vareilles (Source DADT)	10
Figure 2 : Plan des travaux miniers.....	12
Figure 3 : Plan des travaux miniers 1962.....	14
Figure 4 : Vue frontale de la formation minéralisée en 1963.....	15
Figure 5 : Illustration de la propagation d'un fontis	16
Figure 6 : Carte de l'aléa « effondrement localisé » sur le site de BASSENEUILLE (Source DADT)	18
Figure 7 : Carte des aléas d'effondrement résiduels suite aux travaux de la mesure de gestion mixte avec acquisition foncière.....	30
Tableau 1 : Synthèse des aléas d'effondrement localisé sur le site de BASSENEUILLE	17
Tableau 2 : Coût de gestion pour la solution de comblement	22
Tableau 3 : Coûts de gestion pour la solution de confortement	24
Tableau 4 : Parcelle et surface concernées par l'acquisition des biens.....	26
Tableau 5 : Coûts de gestion pour la solution de délocalisation	27
Tableau 6 : Coûts de gestion pour la solution mixte	28
Tableau 7 : Évaluation des différentes mesures de gestion	32

INTRODUCTION

Dans le cadre de l'arrêt des travaux du site minier de Basseneuille (Permis de Vareilles), la société ORANO doit procéder à une évaluation des risques miniers et proposer des moyens pour les supprimer ou à défaut les réduire. Ces derniers sont principalement induits par la présence en souterrain d'ouvrages d'exploitation (galerie ou chantiers) dont l'instabilité du toit pourrait provoquer des désordres en surface par la remontée de fontis.

Pour cela, elle souhaite évaluer les différentes mesures de gestion possibles des aléas et risques miniers identifiés et présents sur l'emprise des travaux souterrains. Cette analyse est conduite préalablement au rendu de la DADT pour permettre de choisir de manière raisonnée la méthode de gestion la plus adaptée.

Ce rapport passe en revue les différents aléas et principaux risques associés. Il liste les mesures de gestion envisageables en insistant sur les avantages et inconvénients de chacune d'entre elle.

1 Présentation du site

1.1 Présentation du titre minier

1.1.1 Permis d'exploitation de Vareilles

Un permis exclusif de recherches de mines d'uranium, autres métaux radioactifs et substances connexes, dit « Permis de Vareilles » a été accordé par décret du 19 octobre 1959 au profit de la Compagnie Française des Minerais d'Uranium (CFMU). La parution au Journal Officiel en page 10138 date du 21 octobre 1959.

Ce permis d'environ 1 570 hectares porte sur le territoire des communes de Naillat, Saint-Agnant et Vareilles dans le département de la Creuse. Ce permis a été accordé pour une durée de trois ans. Par décret du 6 avril 1963, la validité du permis a été prolongée pour une durée de trois ans.

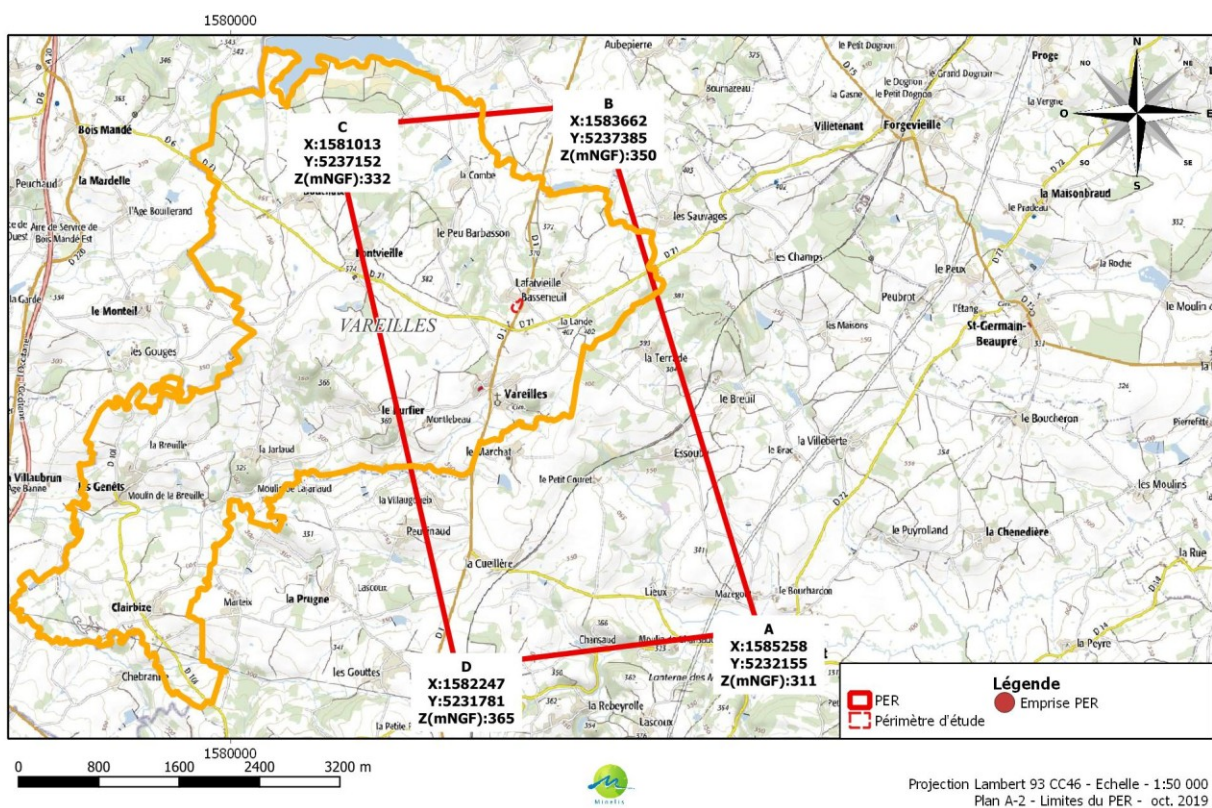


Figure 1 : Situation du site minier dans le périmètre du permis d'exploitation de Vareilles (Source DADT)

1.1.2 Périmètre du plan de gestion

La Déclaration d'Arrêt Définitif des Travaux miniers concerne les anciens travaux du site minier de BASSENEUILLE situés sur la commune de Vareilles (Creuse), à savoir :

- ⇒ Emprise des travaux miniers souterrains ;
- ⇒ Carreau minier et chemins d'accès au carreau ;
- ⇒ Ouvrages de liaison fond-jour (ouvrages débouchant au jour).

Les installations de surface nécessaires à l'exploitation de la mine ont été démantelées à l'arrêt de l'exploitation. La mine a été fermée en 1963, les puits et montages ont été remblayés en fin d'exploitation. Le site de BASSENEUILLE est situé sur la commune de Vareilles. L'emprise foncière du site est présentée sur fond cadastral sur le plan ci-après. Le plan gestion du présent rapport a pour objectif d'évaluer les mesures à mettre en place pour gérer les aléas d'effondrement du site.

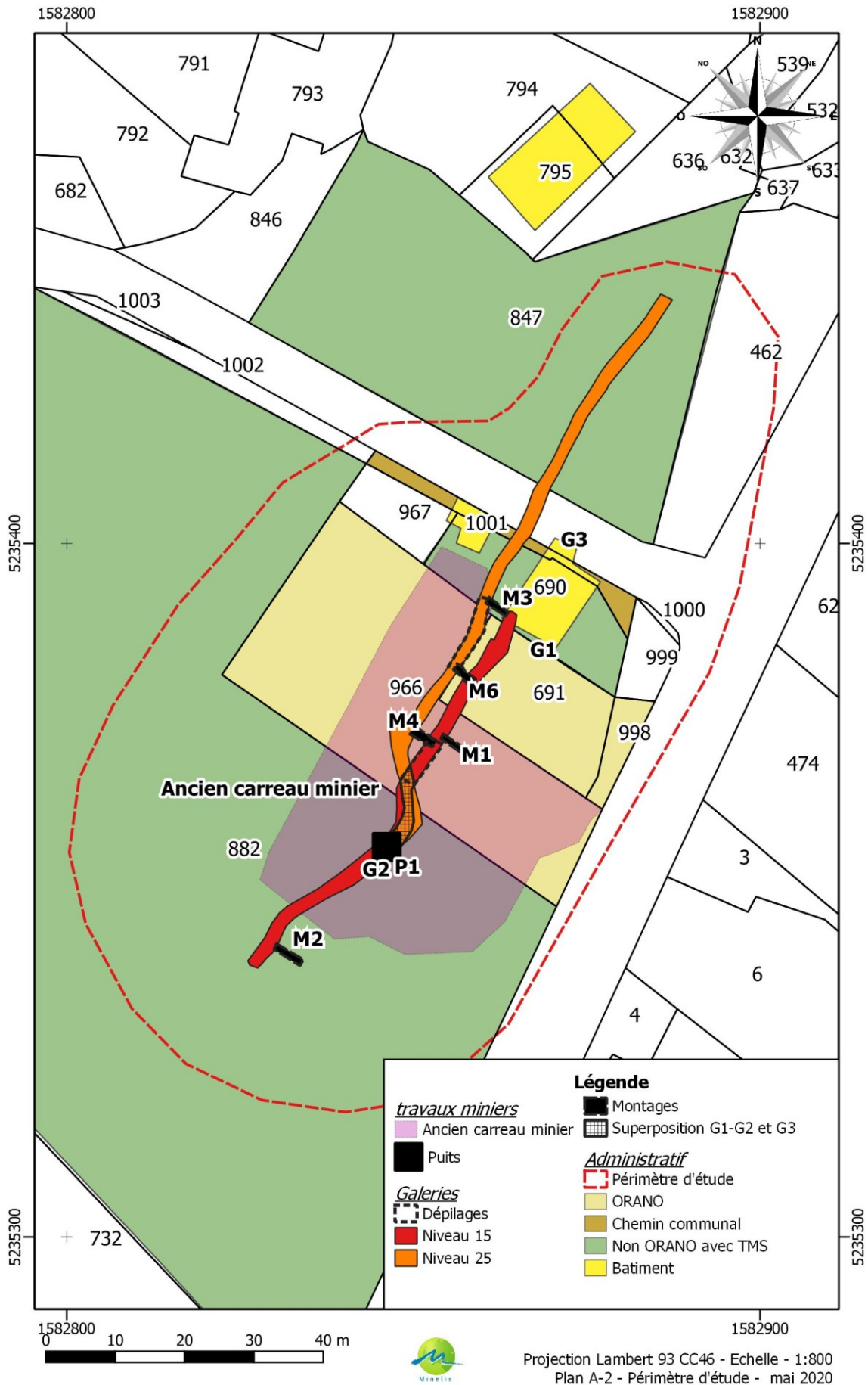


Figure 2 : Plan des travaux miniers

1.2 Présentation des travaux miniers

Nous ne reprendrons pas ici la description détaillée de l'ensemble des travaux miniers. Il convient ici de se référer à la déclaration d'arrêt de travaux miniers (ARE-BAS-a-1905). Les travaux miniers et infrastructures concernés par la présente DADT correspondent à l'emprise définie dans le périmètre d'étude. Il s'agit du puits P1 et des différents montages entre niveaux miniers perçant au jour, les galeries d'extraction (G1-G2 du niveau -15 et G3 du niveau -25) et les dépilages.

Les galeries ont des dimensions de 2 m de large par 4 m de hauteur et le puits une section de 6.25 m² pour une profondeur de 28 m.

L'ensemble est synthétisé sur les **Figure 3, Figure 4** ci-dessous.

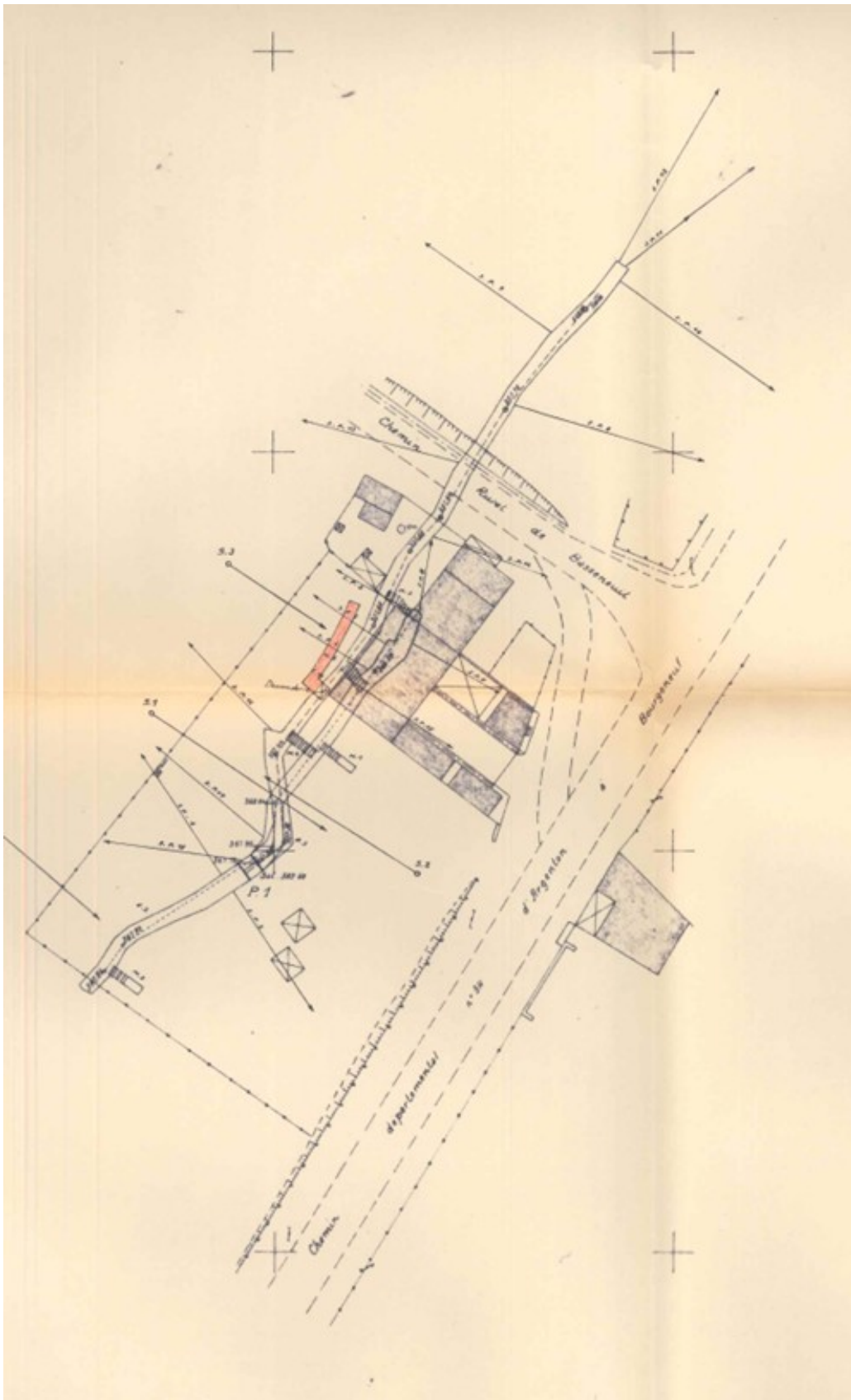


Figure 3 : Plan des travaux miniers 1962

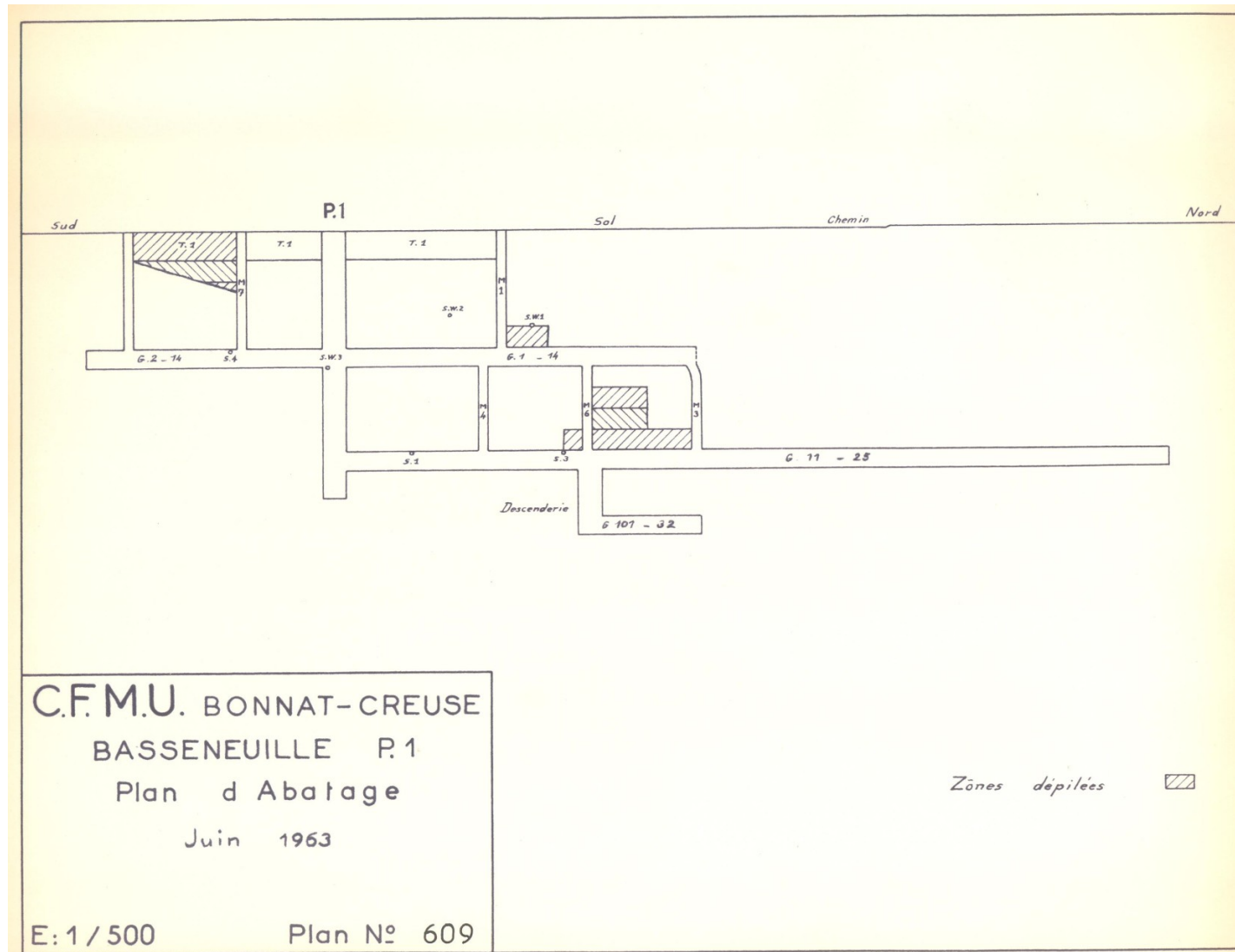


Figure 4 : Vue frontale de la formation minéralisée en 1963

1.3 Présentation des aléas d'effondrement de terrain localisé

L'effondrement de terrain localisé peut admettre plusieurs causes. Il peut tout aussi bien s'agir :

- De la remontée puis de la rupture de la voûte d'une cavité souterraine, aboutissant à la formation d'un fontis ;
- De la rupture de scellement d'une tête de puits ou de sondage (débouillage) ;
- De la rupture d'une tête de filon ou rupture en tiroir (détachement du matériel filonien de son encaissant dans le plan du filon).

La combinaison de ces phénomènes peut bien entendu survenir selon la configuration des ouvrages et du terrain. Dans le cas du site minier de Basseneuille situé dans un contexte granitique et filonien :

- Un fontis peut se former à l'aplomb de galeries, descenderies et carrefours de galeries ;
- Un fontis associé à la rupture d'une tête de filon peut se former dans le cas des dépilages ;

Un effondrement de la tête des ouvrages, reliant le fond au jour, peut avoir lieu dans la mesure où les terrains environnants la tête de puits pourraient s'écouler dans un éventuel vide, créé sous le bouchon de béton de surface par tassement des stériles ayant servi au remblaiement du puits.

L'effondrement de terrain localisé conduit le plus souvent à la formation d'un entonnoir de quelques mètres à quelques dizaines de mètres de diamètre en surface. Le foisonnement des matériaux éboulés dans la cavité tend à combler progressivement le volume de la cavité. C'est pour cette raison que la création de fontis liés à des galeries ou des cavités de faibles dimensions (tranches de tête de dépilages) ne survient qu'à faible profondeur (lorsque les couches de protection sus-jacente permettent la remontée de la voûte jusqu'en surface sans que le foisonnement ne parvienne à autocomblant la cavité).

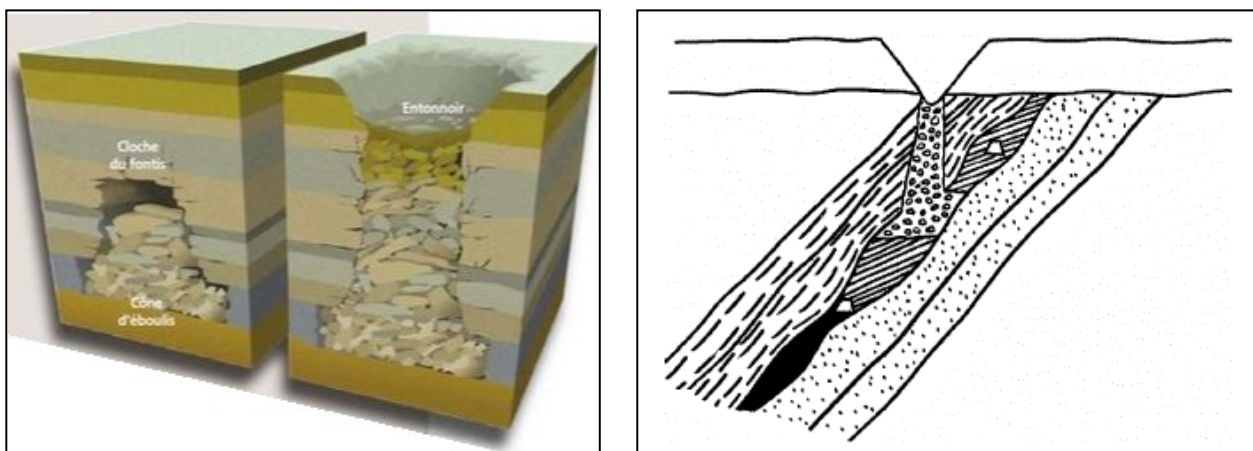


Figure 5 : Illustration de la propagation d'un fontis

Cas générique de couches horizontales à gauche et cas d'une formation filonienne pentée à droite.

1.4 Méthodologie d'évaluation de l'aléa d'effondrement de terrain localisé

L'évaluation des aléas liés à l'effondrement des ouvrages miniers a été réalisée dans la déclaration d'arrêt de travaux minier. Cette analyse a été conduite d'une part à partir des documents historiques (plans, archives, comptes rendus de travaux de mise en sécurité...) permettant d'évaluer les volumes de vides résiduels, et d'autre part à partir de l'estimation de la profondeur des ouvrages et de la tenue des terrains. Le résultat de cette analyse est reporté sur la carte d'aléas sur la Figure 6.

La méthode de calcul détaillée de l'aléa effondrement localisé est reprise dans la DADT au chapitre D auquel il convient de se référer pour plus de détail.

Phénomène		Ouvrage concerné	Classe de l'aléa
Mouvements de terrain	Effondrement localisé	G1-G2 niveau -15	Moyen
		G3 niveau -25	Faible
		Superposition galeries	Fort
		Dépilages niveau -15	Faible
		Dépilages niveau -25	Moyen
		Puits P1 (Débourrage du puits remblayé)	Moyen
		Montage M2	Faible
		Montage M1	Faible

Tableau 1 : Synthèse des aléas d'effondrement localisé sur le site de BASSENEUILLE

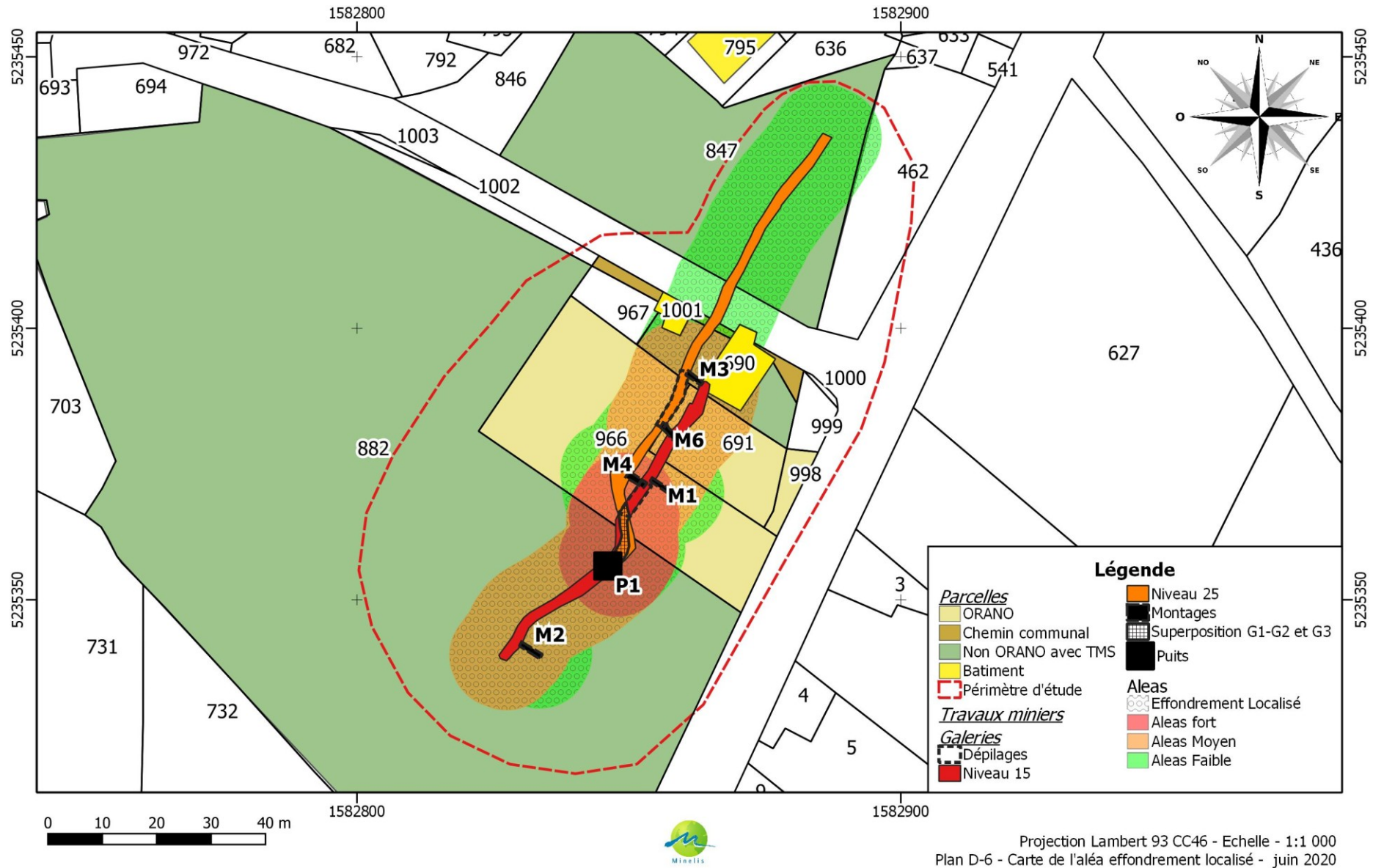


Figure 6 : Carte de l'aléa « effondrement localisé » sur le site de BASSENEUILLE (Source DADT)

1.5 Identification des zones devant faire l'objet de mesures de gestion spécifique

Le présent dossier s'attache à étudier les mesures de gestion liées à l'aléa d'effondrement localisé lorsque celui-ci met en péril des ouvrages de surface tels que des bâtiments, routes, etc.

La carte suivante représente l'intersection entre les zones de réalisation des aléas d'effondrement localisé et les zones de sensibilité des bâtiments.

Une maison d'habitation, située sur la parcelle n° 690, est concernée par l'aléa effondrement localisé de niveau moyen en lien avec la présence de la galerie du niveau -15 et de niveau faible avec la présence de la galerie du niveau -25. L'habitation se trouve en limite de l'aplomb de la galerie -15 et est déportée de quelques mètres (4 m) vers le sud-est par rapport au niveau -25, cependant elle est concernée par la marge d'incertitude de localisation des ouvrages miniers qui a été fixée dans le cadre de l'étude à 5 mètres (cf. § D4.3 de la DADT). Il ressort que le risque causé par l'effondrement sur le bâti est faible.

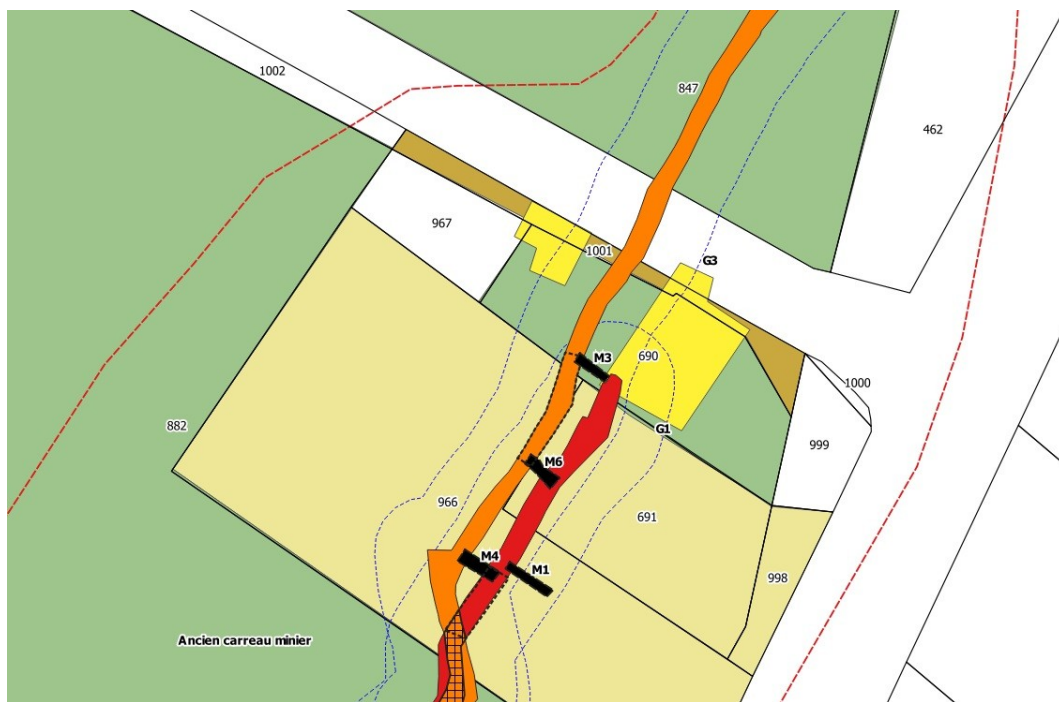


Figure 7 : localisation des ouvrages miniers avec la marge d'incertitude

Les zones soumises à l'aléa d'effondrement minier mais pour lesquelles aucun enjeu significatif n'est présent peuvent faire l'objet de mesures de gestion afin de prévenir toutes constructions ultérieures et l'apparition de nouveaux risques.

Elles peuvent soit prendre la forme de travaux pour réduire l'intensité des aléas voire les supprimer, soit consister à mettre en œuvre des restrictions d'usage par la réalisation de **Porter à Connaissance (PAC)** pour conserver de façon pérenne la mémoire des terrains impactés à l'issue des travaux de réaménagement du site au niveau des documents d'urbanisme.

1.6 Synthèse des zones et ouvrages à gérer

Les ouvrages à gérer correspondent aux galeries G1, G2, G3 et dépilages et les ouvrages de liaison fond-jour : puits, montages .

Localisation :

Les galeries G1 et G2 correspondent au niveau -15 et s'étendent de par et d'autres du puits P1, elles sont localisées principalement sous les parcelles 882, 966, 690 et 691. La galerie G3 correspond au niveau -25 et s'étend au nord-est à partir du puits P1, elle est localisée principalement sous les parcelles 882, 966, 690, 691, 1001 et 847. La zone d'aléa d'effondrement est présente longitudinalement le long de la galerie. La section de galerie est de 2 mètres de large par 3,5 de haut.

Géologie :

La géologie locale est composée d'un encaissant de granite sain recoupé par un réseau dense de diaclases et failles à remplissage argileux centimétriques à pluridécimétriques.

Enjeux actuels :

- ⇒ La maison est localisée en bordure de la zone d'aléas d'effondrement.

2 Présentation des mesures de gestion des risques liés à l'aléa d'effondrement localisé

Le croisement de la gravité des aléas et de la sensibilité des enjeux permet de définir les niveaux de risques.

Ainsi, pour réduire le niveau de risque, il convient d'agir :

- ⇒ Soit sur l'aléa :
 - En affinant sa caractérisation ;
 - En le réduisant et/ou le supprimant ;
- ⇒ Soit sur les enjeux en restreignant les usages (porter à connaissance, rachat, expropriations...);

Le présent chapitre s'attache à évaluer les différentes solutions de gestion envisageables pour gérer les risques.

2.1 Réduction/Suppression des aléas

L'aléa correspond à la probabilité qu'un phénomène donné (affaissement, effondrement, etc.) se produise sur un site donné, au cours d'une période de référence (généralement le long terme), en atteignant une intensité qualifiable ou quantifiable. La caractérisation d'un aléa repose donc sur le croisement de l'intensité prévisible du phénomène avec sa probabilité d'occurrence. Les travaux de renforcement de cavité souterraine ont pour but de mettre en sécurité des enjeux (bâtiments, routes, paysages, etc.) qui pourraient être impactés par l'affaissement ou l'effondrement d'anciennes activités minières souterraines de faible profondeur.

2.1.1 Comblement de cavité souterraine

Le comblement de cavité souterraine peut se réaliser depuis la surface par la réalisation de forages – parfois inclinés, afin d’atteindre la cavité à combler. Du béton est alors injecté gravitairement ou par pompage jusqu’à la remontée du béton dans les forages afin de supprimer ou réduire les vides résiduels. Si les ouvrages sont à une profondeur suffisante, un clavage complet n’est pas nécessairement requis et un comblement partiel peut être envisagé limitant d’autant les coûts de réalisation. Cette option pourra être étudiée et les coûts affinés une fois les investigations préliminaires réalisées.

Si la mise en œuvre de cette solution ne pose rarement pas de difficulté, il convient de vérifier plusieurs points :

- ⇒ Si la zone à sécuriser est à l’aplomb d’une galerie ou d’un croisement de galerie, il convient de réaliser des murs de barrage en béton permettant de circonscrire la zone traitée et limiter les volumes de matériaux/béton consommés.
- ⇒ Il est nécessaire de prendre en compte le schéma de circulation des eaux dans le réservoir minier pour ne pas perturber le régime hydraulique. Dans le cadre du site minier de Basseneuille, aucune circulation d’eau n’a été mise en évidence mais le réservoir minier est vraisemblablement saturé.
- ⇒ Si la zone à sécuriser est un chantier d’exploitation ou dépilage, cette solution sera plus compliquée à mettre en œuvre. En effet plusieurs aléas peuvent se produire :
 - La surcharge entraînée par le coulis sur les planchers et dalles éventuels est susceptible d’entraîner la rupture de ces derniers. Ce point peut éventuellement être géré par un remplissage progressif dans lequel le comblement final n’est réalisé qu’une fois la prise d’une première passe survenue.
 - Les chantiers d’extraction ne sont pas des volumes clos, ils comprennent de nombreux accès par recoupes, trémies dans les dalles et planchers servant de passage ou pour l’aéragé... L’identification de toutes ces ouvertures peut s’avérer délicate et le risque d’une surconsommation significative de béton est non négligeable.

Investigations et travaux à réaliser :

L’inspection de l’ouvrage souterrain par forage et vidéo ou sonar est un préalable. Elle doit être réalisée avec soin pour permettre la bonne définition des travaux à réaliser (volumétries, remblaiement déjà réalisé ou non, barrages ...) et limiter les incertitudes en phase chantier. Pour cela il convient de prévoir :

- ⇒ La réalisation de forages :
 - Trois forages tubés en 115 mm au toit de l’ouvrage pour atteindre les galeries G1, G2 et G3 (soit 42 ml de forage);
 - Une inspection vidéo et/ou sonar des trois galeries ;
- ⇒ La définition d’un projet de mise sécurité (définition des barrages à réaliser, évaluation des volumes et coûts de mise en sécurité) ;
- ⇒ La réalisation des travaux de comblement.

Afin de réaliser ce comblement une dizaine de sondages seront réalisés, sur toute la longueur des galeries, afin d'injecter le béton pour un volume estimé à environ 850 m³. Les dimensions des ouvrages sont définies dans le § 1.2.

Incertitudes :

Cette solution présente, dans le cas d'un traitement intégral, l'avantage de mettre définitivement le site en sécurité et ce de manière pérenne.

À ce stade, une difficulté, restera la gestion des eaux du réservoir qui seront nécessairement expulsées lors de l'injection du béton. Il est préférable d'en réaliser un prélèvement au préalable lors des forages pour en évaluer la qualité et vérifier si elles peuvent être rejetées au milieu naturel. Le cas échéant, il faudra prévoir de les récupérer et de les traiter.

Avantages

- Suppression complète de l'aléa ;
- Permet de supprimer les risques sans changer la morphologie des terrains de surface ;
- Bonne acceptation sociale malgré le dérangement lié aux travaux et un simple accord avec les propriétaires suffit pour accéder aux parcelles privées.

Inconvénients

- Demande de fortes quantités de matériaux qui ne seront pas nécessairement à proximité du site ;
- Précaution seront à prendre quant à la gestion des eaux.

Coût de gestion

Tâche	Unité	Quantité estimée	Prix unitaire HT	Prix total HT
Travaux Préliminaire				
Installation/repli du matériel	F	1	6 500	6 500 €
Forage	ml	42	120	5040 €
Inspection Laser/vidéo	U	3	8 000	24 000 €
Géomètre	U	1	2 000	2 000 €
Sous-Total				41 040 €
Travaux de comblement				
Installation/repli du matériel	F	1	5 000	5 000 €
Forage	ml	210	120	25200 €
Comblement des galeries G1/G2 et G3	m ³	854	100	85400 €
Études diverses suivi des travaux	F	1	20 000	20 000 €
TOTAL				173 140 €

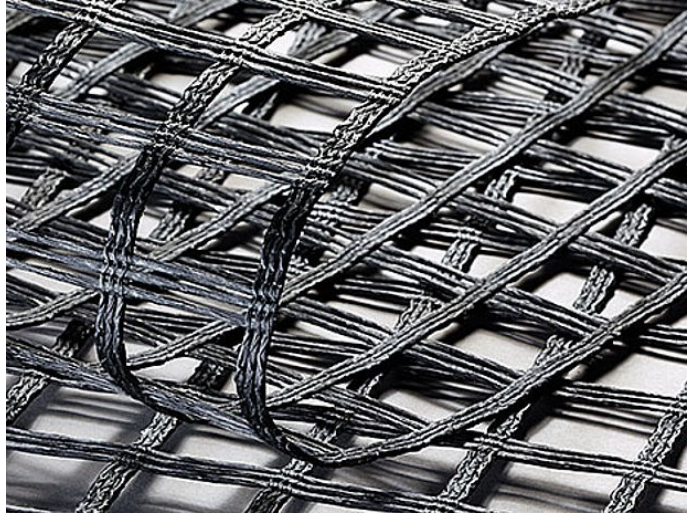
Tableau 2 : Coût de gestion pour la solution de comblement

2.1.2 Confortement du toit de la cavité souterraine

Les méthodes de confortement/consolidation d'ouvrages souterrains ont pour objectifs d'améliorer l'état des ouvrages dégradés et d'augmenter la portance de certaines parties importantes de la cavité (toit). La plupart des techniques de confortement utilisées sont limitées par l'accessibilité en souterrain et les conditions de sécurité et de salubrité des ouvrages dans la cavité à traiter. Il existe plusieurs méthodes de confortement tel que la

création de paroi clouée, le boulonnage, ou mise en place d'une nappe de géogrille de renforcement des terrains.

Sur le site de BASSENEUILLE compte tenu de la faible profondeur des travaux et des faibles volumes concernés, toute solution de boulonnage, cloutage semble disproportionnée aux enjeux. Nous évaluerons en revanche la solution de renforcement par une nappe géogrille. Cette solution consiste à venir dérouler à une profondeur de 0,5 à 1 mètre environ une nappe de géogrille tissées ou tricotées en PET sur la superficie de la galerie en venant s'ancrer latéralement dans des tranchées d'ancrage. En cas de formation de fontis, cette nappe permet d'éviter un effondrement complet des terrains et réduit ainsi l'aléa lié à l'effondrement de terrain. La géogrille fera environ 10 m de large pour 60 m de long au droit des galeries.



Il est important de noter que, à l'opposé du comblement, cette solution réduit l'intensité de l'aléa sans le supprimer complètement. Un PAC devra donc être réalisé en complément.

Avantages

- Facilité de mise en œuvre et faible consommation de matériaux ;
- Pertinent pour des ouvrages souterrains de volume significatif ou le comblement ne semble pas adapté ;
- Permet de réduire les risques sans changer la morphologie des terrains de surface même si la phase travaux peut être lourde ;
- Un simple accord avec les propriétaires suffit pour accéder aux parcelles privées.

Inconvénients

- Suppression partielle de l'aléa
- Pérennité de la technique difficile à garantir à très long terme
- Ne permet pas de traiter le bâti et les aléas d'effondrement faibles
- Même si les travaux libèrent la zone, la persistance de l'aléa et la lourdeur des travaux peuvent impacter les riverains.

Coût de gestion

Tâche	Unité	Quantité estimée	Prix unitaire HT	Prix total HT
Travaux de confortement				
Installation/repli du matériel	F	1	3 000	3 000 €
Décapage	m ²	600	10	6000 €
Mise en place de la nappe	m ²	600	50	30000 €
Ancrage	ml	100	30	3000 €
Recouvrement/végétalisation	m ²	600	20	12000 €
Études diverses et suivi des travaux	F	1	20 000	20 000 €
TOTAL				74 000 €

Tableau 3 : Coûts de gestion pour la solution de confortement

2.2 Suppression/réduction des enjeux

L'autre axe permettant de réduire les risques consiste non pas à travailler sur les aléas mais à réduire les enjeux. Un enjeu correspond à une activité humaine (personne, habitation, infrastructure), à une occupation du sol ou des usages de celui-ci, à des réseaux ou bien encore à du patrimoine qu'il soit environnemental, archéologie ou autre. Le travail sur les enjeux peut consister :

- ⇒ À les réduire par la mise en place de restriction d'usages ;
- ⇒ À les supprimer par la délocalisation, le rachat et/ou l'expropriation.

2.2.1 Restriction d'usage

La réduction des enjeux peut passer la mise en place de restrictions d'usages par la réalisation de porter à connaissance pour préciser les zones :

- ⇒ De non-constructibilité au droit des zones d'aléas d'effondrement ;
- ⇒ De non-accessibilité ;

Porter à Connaissance

Le porter à connaissance est un dispositif de prévention des risques prévu par le code de l'urbanisme. Ainsi L'alinéa 5° de l'article L. 101-2 de ce code précise que les risques miniers relèvent bien de ce code :

« Dans le respect des objectifs du développement durable, l'action des collectivités publiques en matière d'urbanisme vise à atteindre les objectifs suivants :

[...]

5° La prévention des risques naturels prévisibles, **des risques miniers**, des risques technologiques, des pollutions et des nuisances de toute nature ;

[...]»

Le Porter à Connaissance (PAC) est l'un des outils mis en place pour assurer cette gestion. Il est réalisé de l'État vers les collectivités en application des articles L. 132-1 à L. 132-3 du

code de l'urbanisme dans le chapitre II¹ dédié à l'élaboration des documents d'urbanisme. Ces derniers stipulent que :

L132-2 : L'autorité administrative compétente de l'État porte à la connaissance des communes ou de leurs groupements compétents :

- 1° Le cadre législatif et réglementaire à respecter ;
- 2° Les projets des collectivités territoriales et de l'État en cours d'élaboration ou existants.

*L'autorité administrative compétente de l'État leur transmet à titre d'information **l'ensemble des études techniques** dont elle dispose et qui sont nécessaires à l'exercice de leur compétence en matière d'urbanisme.*

Tout retard ou omission dans la transmission de ces informations est sans effet sur les procédures engagées par les communes ou leurs groupements.

L'article L132-3 du code de l'urbanisme précise quant à lui que :

« Les informations portées à connaissance sont tenues à la disposition du public par les communes ou leurs groupements compétents. En outre, tout ou partie de ces pièces peut être annexé au dossier d'enquête publique. »

Le PAC est mis en œuvre par l'État et les informations portées à connaissance doivent être intégrées dans les documents d'urbanisme par les communes ou groupements compétents.

Application au site de Basseneuille

Le PAC s'appliquera à l'ensemble des parcelles concernées par un aléa résiduel d'effondrement.

Avantages

- Réduction des enjeux futurs ;
- Les propriétaires gardent un usage de leur terrain ;
- Solution administrative sans impact environnement et conservation de la mémoire.

Inconvénients

- L'aléa n'est pas modifié ;
- L'acceptation des propriétaires sera difficile.

Coût de gestion

Aucun coût spécifique n'est à prévoir pour cette solution, Cette dernière étant mise en œuvre par l'état.

2.2.2 Délocalisation et démantèlement de bâtiments et ou d'ouvrages

La délocalisation et les travaux de démantèlement ont pour but la mise en sécurité de parcelles impactées par un risque d'effondrement dû à la présence d'anciennes activités minières à faibles profondeurs.

L'article L. 174-6 du code minier dispose qu'« en cas de risque minier menaçant gravement la sécurité des personnes, les biens exposés à ce risque peuvent être expropriés par l'État, dans les conditions prévues par le code de l'expropriation pour cause d'utilité publique, lorsque les moyens de sauvegarde et de protection des populations s'avèrent plus coûteux que l'expropriation ».

La délocalisation permet de transférer la propriété (habitations, foncier, etc.) à un tiers après paiement à l'ayant droit d'une indemnité. Cela permet ensuite de réaliser des travaux de mise en sécurité du site par la mise en place de clôtures adaptées et éventuellement de démantèlement de bâtiment. Le site est alors débarrassé de toute construction et réaménagé en espace vert.

Acquisition amiable

C'est la solution à privilégier du fait de la facilité de mise en œuvre et de la rapidité de la procédure par rapport à l'expropriation. Cependant, cette solution n'est pas possible si le propriétaire refuse la proposition qui lui est faite.

Expropriation

Cette solution n'est à envisager qu'en dernier recours, suite à un blocage ou un refus de la part de propriétaire, à un désaccord sur l'estimation de la valeur des biens ou face à des situations complexes (périmètre étendu, multiples propriétés).

Cette solution est souvent utilisée lorsque les moyens de sauvegarde et de protection des populations s'avèrent plus coûteux que l'expropriation.

Application au site de Basseneuille

Plusieurs parcelles et propriétés devront être acquises pour la mise en œuvre de cette mesure de gestion :

Type	Parcelle	Section	Surface (m ²)
Maison et cabanon	690 et 1001	B	140
Terrain	690 et 1001	B	420
Champ agricole	882 (pour partie)	B	1 000
Jardin	847 (pour partie)	B	760
Jardin	462 (pour partie)	C	50

Tableau 4 : Parcelles et surfaces concernées par l'acquisition des biens

Avantages

- Suppression des enjeux ;
- Solution administrative sans impact environnement et conservation de la mémoire.

Inconvénients

- L'aléa n'est pas modifié ;

- Difficile de faire accepter aux propriétaires l'abandon de leur propriété et la procédure peut être longue en cas de désaccord entre les parties.

Coûts

Le coût de cette méthode est délicat à évaluer. En effet, il varie selon plusieurs facteurs :

- ⇒ Le coût du terrain et des biens présents sur l'emprise de la zone de risque ;
- ⇒ La qualité de la construction éventuelle des biens ;
- ⇒ Les coûts de remise en état des parcelles (démolition et végétalisation...).

À ce stade de l'étude une estimation de ces coûts a été réalisée par rapport aux prix constatés à proximité pour un bien équivalent.

Il est important de noter que le recours à ce type de solution présente des implications en termes de communication publique et d'image non négligeables.

Tâche	Unité	Quantité estimée	Prix unitaire HT	Prix total HT
Acquisition				
Jardin (parcelle 847)	F	1	15 000	15 000 €
Jardin (parcelle 462)	F	1	3 000	3 000 €
Maisons et terrains associés	F	1	80 000	80 000 €
Démolition du bâtiment	F	1	10 000	10 000 €
Champ agricole	F	1	3 000	3 000 €
TOTAL				111 000 €

Tableau 5 : Coûts de gestion pour la solution de délocalisation (frais de notaire inclus)

2.3 Mesure de gestion mixte

Une mesure de gestion dite « mixte » pourrait également être appliquée en combinant le comblement des galeries afin de supprimer l'aléa au niveau du bâti, l'acquisition foncière et le PAC.

Le comblement sur la galerie G1 se fera sur une longueur de 10 m à partir de l'extrémité nord de la galerie. Pour la galerie G3, le comblement se fera sur toute la longueur du bâti plus 10 mètres de part et d'autre. La procédure sera identique à celle définie dans le §2.1.1.

Une partie de la parcelle 882 (environ 1 000 m²) devra être acquise, à l'amiable de préférence. Environ 110 m de clôture seront installés afin de supprimer les enjeux. Un porter à connaissance sera appliqué sur l'intégralité des parcelles concernées par un aléa résiduel.

Avantages

- Suppression complète de l'aléa au niveau du bâti et suppression des enjeux pour le reste de la zone ;
- Permet de supprimer les risques sans changer la morphologie des terrains de surface ;
- Bonne acceptation sociale malgré le dérangement lié aux travaux de comblement et un simple accord avec les propriétaires suffit pour accéder aux parcelles privées.

Inconvénients

- L'aléa n'est pas modifié hors zone de comblement ;
- Précaution quant à la gestion des eaux pour le comblement ;
- Perte d'une partie de l'exploitation pour le propriétaire de la parcelle 882.

Tâche	Unité	Quantité estimée	Prix unitaire HT	Prix total HT
Travaux Préliminaire				
Installation/repli du matériel	F	1	5 000	5 000 €
Forage	ml	42	120	5040 €
Inspection Laser/video	U	2	8 000	16 000 €
Géomètre	U	1	2 000	2 000 €
Sous-Total				28 040 €
Travaux de comblement				
Installation/repli du matériel	F	1	5 000	5 000 €
Forage	ml	40	120	4800 €
Comblement des galeries G1/G2 et G3	m ³	294	100	29400 €
Acquisition				
Pose d'une clôture	ml	110	50	5500 €
Acquisition champ agricole (parcelle 882)	F	1	3 000	3 000 €
Études diverses suivi des travaux	F	1	20 000	20 000 €
TOTAL				95 740 €

Tableau 6 : Coûts de gestion pour la solution mixte

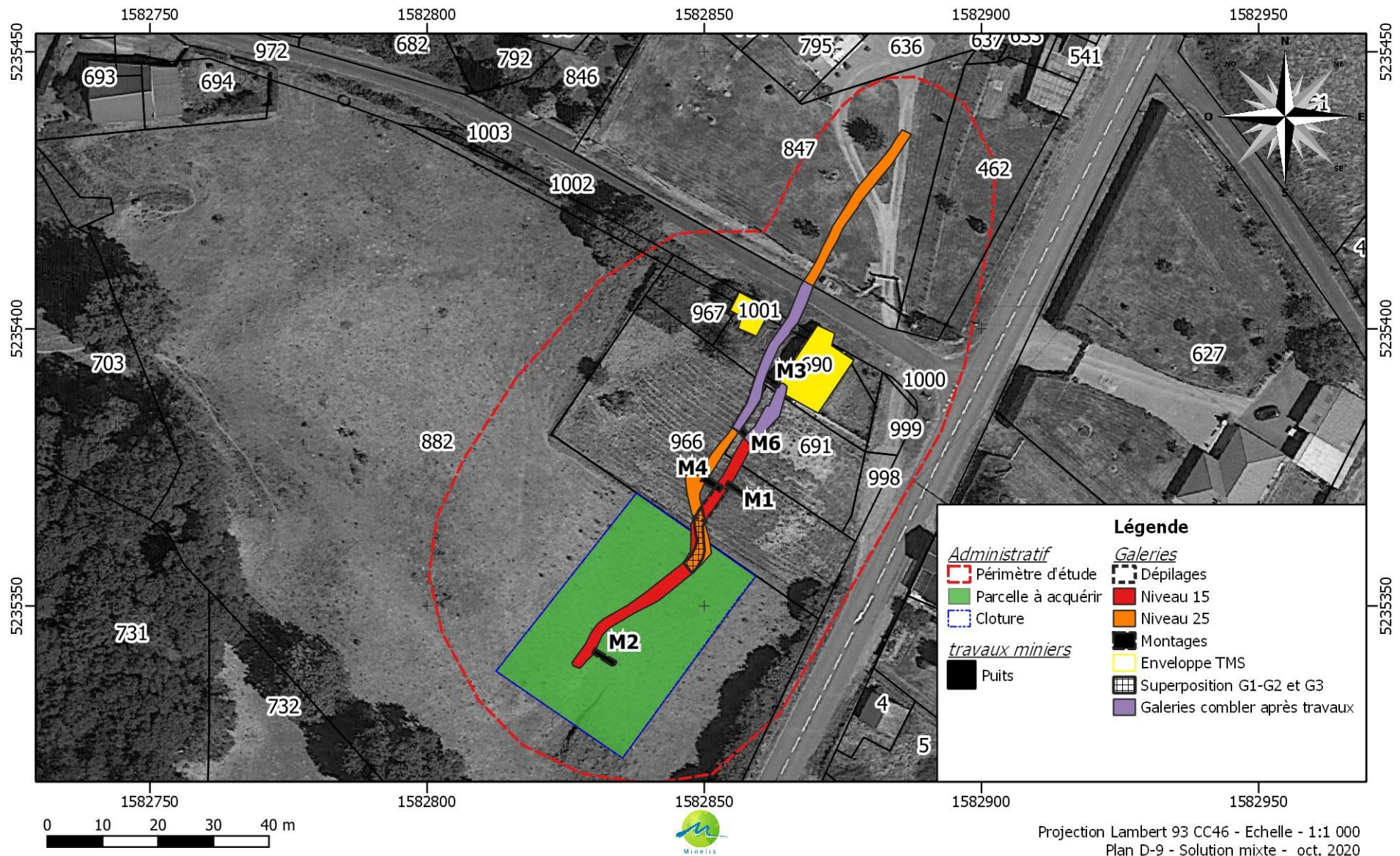


Figure 8 : Carte des zones de comblement et d'acquisitions foncière

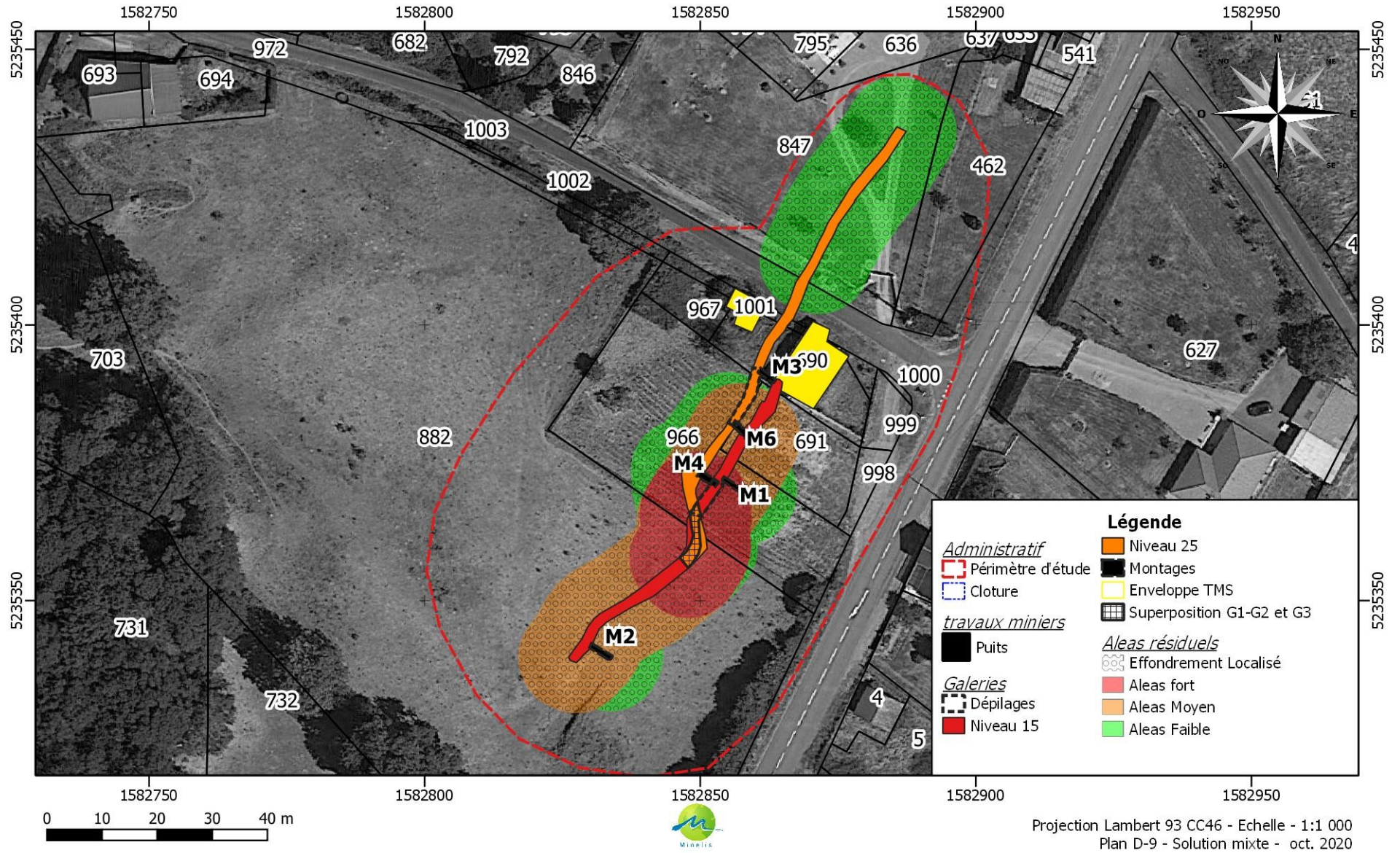


Figure 9 : Carte des aléas d'effondrement résiduels suite aux travaux de la mesure de gestion mixte

3 Avantages et inconvénients des différentes mesures de gestion

Chaque mesure de gestion a été évaluée suivant 6 critères notés de 1-Mauvais/difficile/impact fort à 10-Bon/facile/peu d'impact – impact positif (critères non normés). La moyenne des notes correspond à la moyenne de la moyenne de chacun des critères. Les avantages et inconvénients des différentes solutions sont repris dans le tableau ci-dessous :

Impact et risques	Suppression de l'aléa		Suppression/réduction des enjeux		Mesure de gestion mixte
	Confortement par géogridde	Comblement	PAC	Délocalisation/Expropriation	
Technique	<ul style="list-style-type: none"> - Suppression partielle de l'aléa + Facilité de mise en œuvre - Pérennité de la technique difficile à garantir à très long terme +Pertinent pour des ouvrages souterrains de volume significatif ou le comblement ne semble pas adapté. - Ne permet pas de traiter le bâti et les aléas d'effondrement faibles <p style="text-align: center;">⇒ 5</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Suppression complète de l'aléa <p style="text-align: center;">⇒ 6</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Réduction des enjeux futurs + Conservation de la mémoire - L'aléa n'est pas modifié + Les propriétaires gardent un usage de leur terrain <p style="text-align: center;">⇒ 8</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Suppression des enjeux + Conservation de la mémoire - L'aléa n'est pas modifié <p style="text-align: center;">⇒ 10</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Suppression complète de l'aléa au niveau du bâti + Suppression des enjeux pour le reste de la zone - L'aléa n'est pas modifié <p style="text-align: center;">⇒ 6</p>
Environnemental	<ul style="list-style-type: none"> +Permet de réduire les risques sans changer la morphologie des terrains de surface même si la phase travaux peut être lourde + Consommation de matériaux faible + l'impact reste temporaire (terrassment) et peu de matériaux sont mobilisés <p style="text-align: center;">⇒ 7</p>	<ul style="list-style-type: none"> +Permet de supprimer les risques sans changer la morphologie des terrains de surface - Demande de fortes quantités de matériaux qui ne sont pas nécessairement à proximité du site étudié - Précaution quant à la gestion des eaux. <p style="text-align: center;">⇒ 5</p>	<ul style="list-style-type: none"> +Solution administrative sans impact environnemental <p style="text-align: center;">⇒ 10</p>	<ul style="list-style-type: none"> +Solution administrative sans impact environnemental <p style="text-align: center;">⇒ 10</p>	<ul style="list-style-type: none"> +Permet de supprimer les risques sans changer la morphologie des terrains de surface - Précaution quant à la gestion des eaux pour le comblement. +Solution administrative sans impact environnemental <p style="text-align: center;">⇒ 7</p>

Social	-Même si les travaux libèrent la zone, la persistance de l'aléa et la lourdeur des travaux peuvent impacter les riverains ⇒ 4	+Bonne acceptation sociale malgré le dérangement lié aux travaux ⇒ 6	- Acceptation des propriétaires difficile ⇒ 2	- Difficile de faire accepter aux propriétaires de devoir quitter leur propriété ⇒ 3	+Bonne acceptation sociale malgré le dérangement lié aux travaux de comblement - Perte d'une partie de l'exploitation ⇒ 6
Administratif	+Un simple accord avec les propriétaires doit avoir lieu pour accéder aux parcelles privées ⇒ 8	+Un simple accord avec les propriétaires doit avoir lieu pour accéder aux parcelles privées ⇒ 8	- Aucune contrainte administrative pour ORANO - Réalisation du PAC par l'administration ⇒ 6	- Procédure très longue en cas de désaccord entre les parties ⇒ 4	+Un simple accord avec les propriétaires doit avoir lieu pour accéder aux parcelles privées ⇒ 8
Incertitudes	-Incertitude sur la pérennité à long terme de la tenue de la grille Ne permet pas de prévenir les risques ultérieurs liés au bâti Un PAC reste nécessaire ⇒ 5	- Coût à prévoir en fonction des volumes à combler - Coûts additionnels si les eaux doivent être traitées ⇒ 5	-Risque sur la réelle mise en œuvre et sur l'efficacité de cette solution -Difficile à évaluer ⇒ 4	- Coût important à prévoir en fonction de la valeur des terrains Difficile à évaluer ⇒ 7	- Coûts additionnels si les eaux doivent être traitées pour la partie comblement Un PAC reste nécessaire ⇒ 7
Cout	74 000 € ⇒ 6	173 140 € ⇒ 2	Pas de coût à prévoir ⇒ 10	111 000 € ⇒ 4	95 740€ ⇒ 5
Note finale	5.8	5.3	7	6.3	6.5

Tableau 7 : Évaluation des différentes mesures de gestion

4 Conclusion

Le présent rapport présente les différentes mesures de gestion de l'aléa minier d'effondrement lié aux galeries et débouillage de puits pour le site de BASSENEUILLE en comparant leurs avantages, leur inconvénient et leur coût respectif.

L'étude a consisté à analyser les différentes solutions envisageables pour traiter le site. Les modalités de gestion analysées ont permis soit de réduire la caractérisation de l'aléa pour le rendre faible (a minima), soit de réduire les enjeux impactés. Ainsi différentes techniques ont été analysées voir combinées, elles consistent au :

- Traitement de l'aléa d'effondrement :
 - Traitement par comblement partiel ;
 - Traitement par géogrille ;
- Traitement des enjeux :
 - Porter à Connaissance ;
 - Acquisition / expropriation.
- Traitement d'une partie de l'aléa d'effondrement et des enjeux

Analysé au prisme d'une évaluation multicritère, il semble plus opportun de travailler sur un porter à connaissance plutôt qu'une solution de confortement ou d'un comblement. La gestion par comblement présente un coût très élevé et le confortement ne supprime pas l'aléa.

ANNEXES

ANNEXE 1	: Fiches techniques imagerie de paroi optique ou sonar	37
ANNEXE 2	: Fiches techniques Levé de cavité optique, Laser ou sonar	38
ANNEXE 3	: Fiches techniques Géogrille de renforcement	39

ANNEXE 1 : Fiches techniques imagerie de paroi optique ou sonar



pour





FICHE TECHNIQUE

ACOUSTIQUE

FULL WAVE

FWS

Généralités

Grandeurs mesurées

Enregistrement d'un train d'ondes.

Principe

Emission d'une onde sonore à l'aide d'un émetteur piézo-électrique situé sur la sonde. Mesure des temps d'arrivée, des amplitudes et des atténuations des ondes (P et S) directes, réfléchies et réfractées à l'aide de 3 récepteurs piézo-électrique situés sur la sonde.

Résultat

VDL, courbe des vitesses des ondes P, courbe de lenteur sismique (Δt).

Intérêt

Calcul des modules mécaniques, analyse spectrale, atténuation d'amplitude et d'énergie, estimation de la densité et de la porosité, état de fracturation du milieu, etc...

Option

Détecteur gamma naturel, Vitesse et lenteur sismique des ondes S, calcul des modules mécaniques.

Contraintes / trou de forage

- remplissage : en eau en boue sec
- tubage : PVC acier nu
- forage : carotté destructif
- profondeur max : 2000 m
- diamètre utile : 70 mm – 400 mm
- température : 0 °C – 70 °C
- pression max : 200 bars

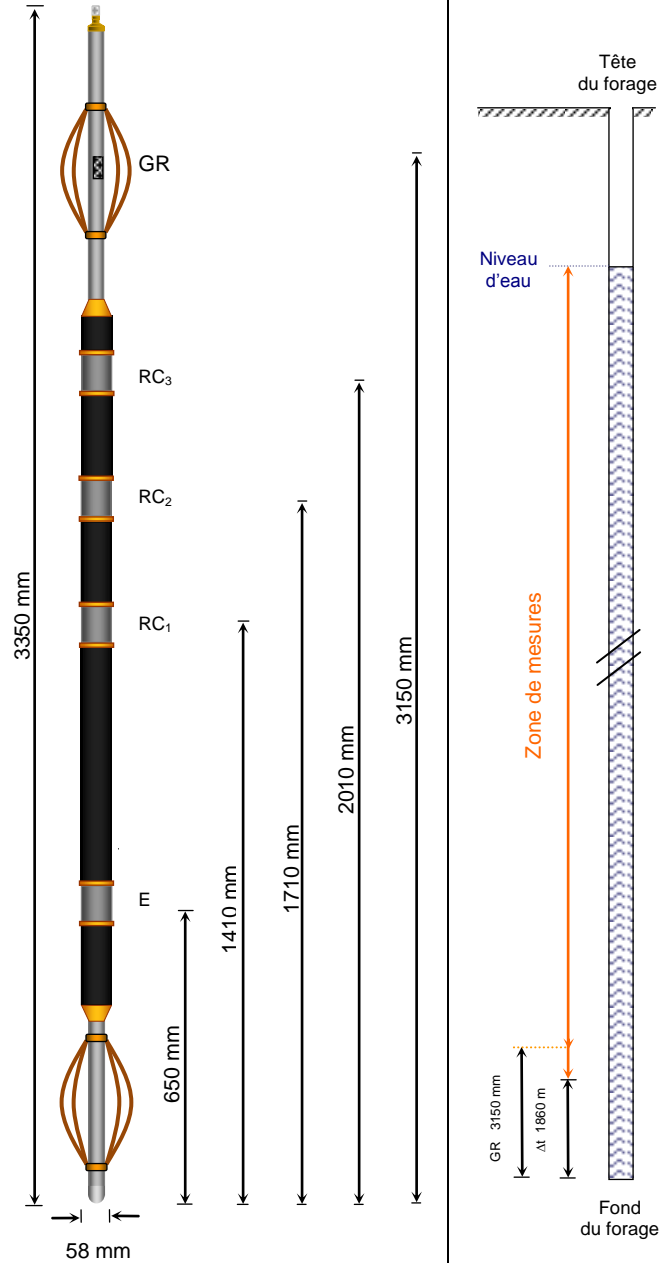
Caractéristiques de la sonde

Dimensions

- longueur : 3350 mm
- diamètre : 58 mm
- poids : 25 kg

Eléments

- 1 émetteur (14 kHz) : E
- 3 récepteurs (2 ft, 3 ft et 4 ft) : RC₁, RC₂, RC₃
- 1 détecteur gamma ray : GR



Enregistrements / Mesures

Enregistrement

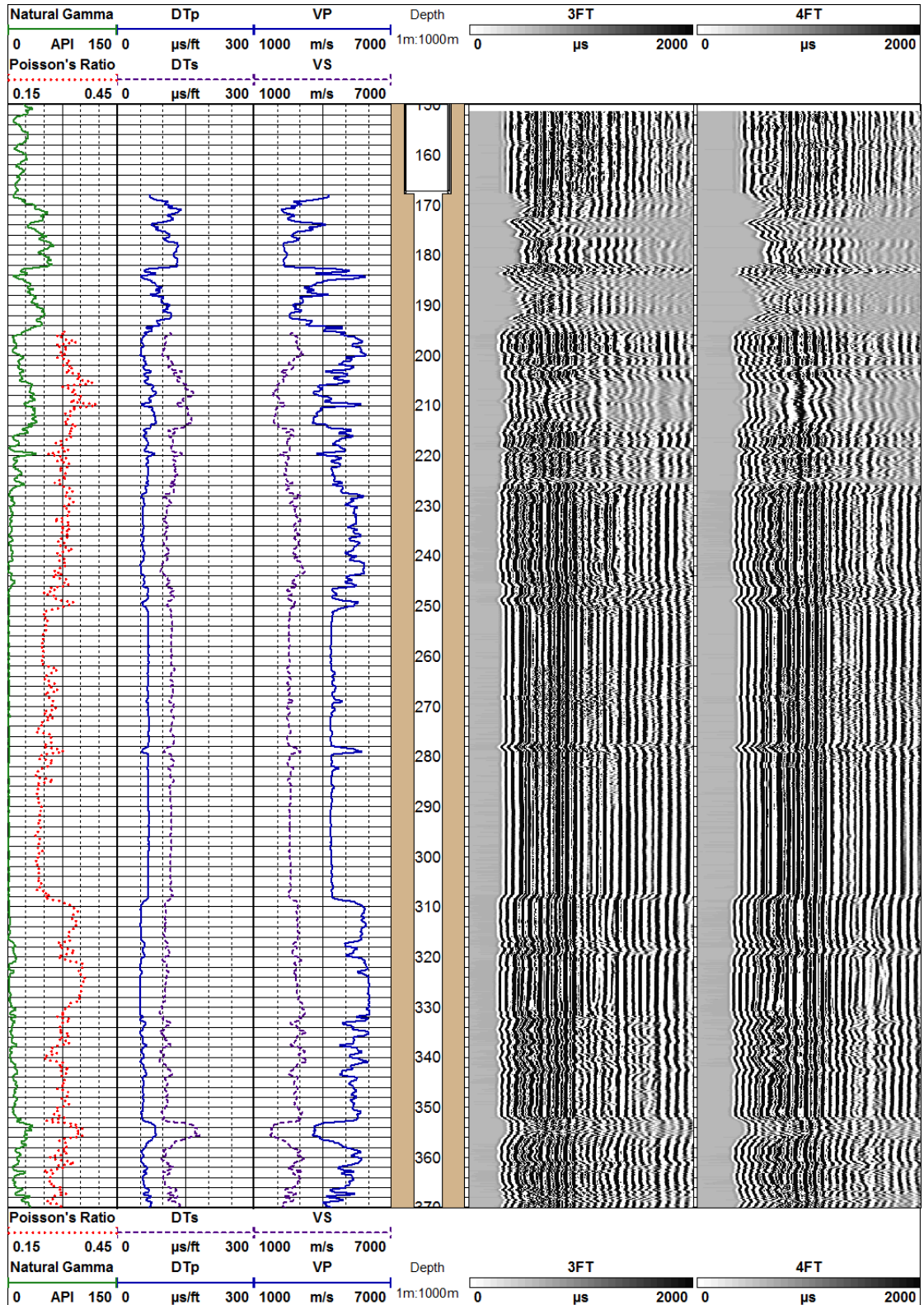
- Sonde : centrée excentrée
- Mesure : descente remontée
- Pas échant. : 5 cm (spatial) ; 4 μ s (temporel)
- Vitesse enreg. : 8 m/min

Mesures

- Gamme (P) : 40-200 μ s/ft - 1500-7500 m/s
- Gamme (S) : 80-200 μ s/ft - 1500-3800 m/s
- Résolution : 0.25 μ s
- Résolution vert. : 30 cm
- Précision : 0.5 à 2 % de la mesure



Exemple





FICHE TECHNIQUE

CAMERA

RADIALE

DTR 65

Généralités

Principe

La caméra de forage à visée radiale est un outil qui, permet de filmer en temps réel, la paroi du forage grâce à un capteur CCD orientable, situé en bout de sonde.

Résultat

Visualisation directe sur moniteur et enregistrement sur support numérique DVD + Photos des zones présentant un intérêt pour le client.

Intérêt

- En forage tubé : vérification de l'état du tubage et des crépines.
- En forage nu : mise en évidence de cavités et fractures.

Contraintes / trou de forage

remplissage	: <input checked="" type="checkbox"/> en eau	<input type="checkbox"/> en boue	<input checked="" type="checkbox"/> sec
tubage	: <input checked="" type="checkbox"/> PVC	<input checked="" type="checkbox"/> acier	<input checked="" type="checkbox"/> nu
forage	: <input checked="" type="checkbox"/> carotté	<input checked="" type="checkbox"/> destructif	
profondeur max	: 1500 m (voir abaque)		
diamètre utile	: entre 95 – 700 mm		
température	: 0 °C - 60 °C		
pression max	: 150 bars (voir abaque)		

Caractéristiques de la sonde

Dimensions

- longueur : 1250 mm
- diamètre : 65 à 86 mm
- poids : 7.1 Kg

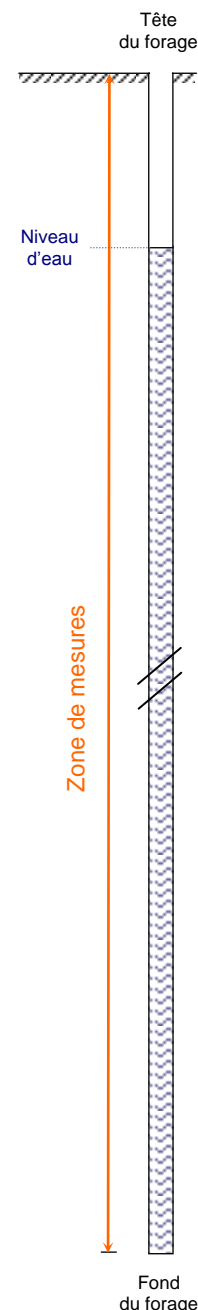
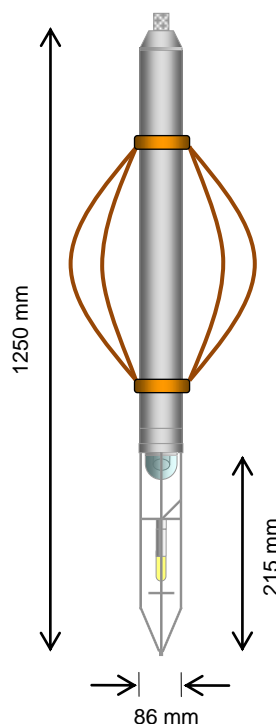
Eléments

- Capteur : CCD 1/3"
- Eclairage : LED blanche haute luminosité

Caractéristiques capteur

- focale : 3.8 mm à F/2.0
- visée : ± 110°
- rotation : 360°
- mise au point : télécommandée

Option : Eclairage supplémentaire Ø 132 mm
6 lampes halogènes (24V – 15W)



Enregistrements / Mesures

Enregistrement

- Sonde : centrée excentrée
- Mesure : descente remontée
- Vitesse d'enreg. : selon besoin

Mesures

- Résolution horiz. : > 460 lignes TV
- Résolution vert. : < 2 mm
- Sensibilité : 4 luxs

Exemples



SONAR SURVEY INSTRUMENT 2 - 7/8"

State of the art Cavity Survey System

MAINS:

Our cavity sonar instrument has the highest Temperature and Pressure ratings. It holds the current records in the most severe conditions of surveys ever completed.

The latest version incorporates additional and upgraded sensors to bring our technology up to the highest standards with capability to run deviation, depth correlation, P/T versus depth, and then to survey the cavity through horizontal and tilted sections, until a network is built with our engagement to have no unexplored area left.

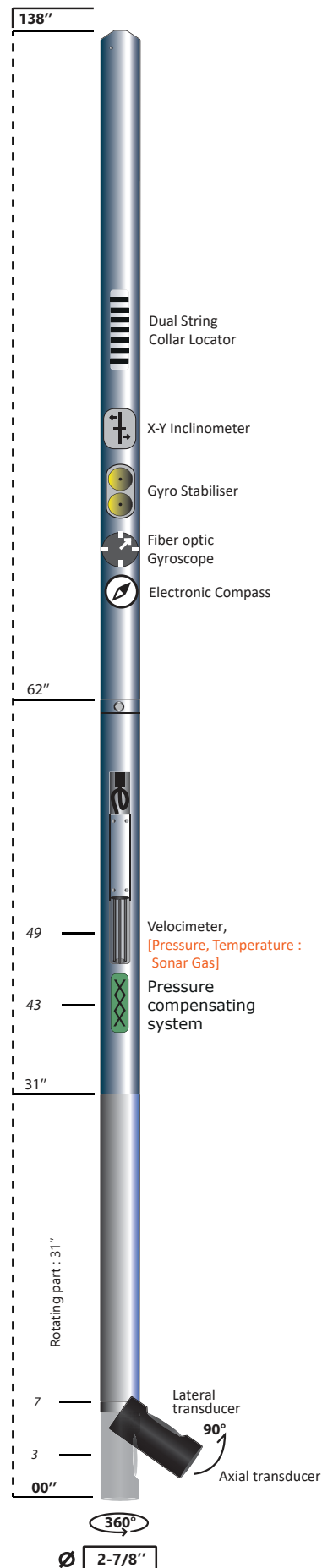
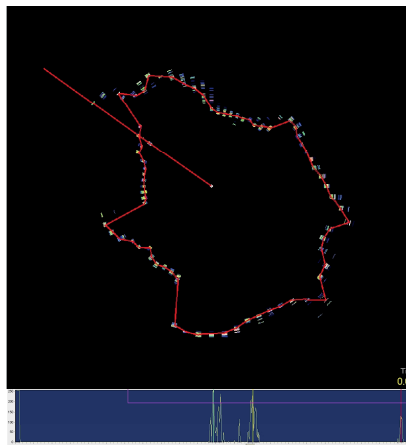
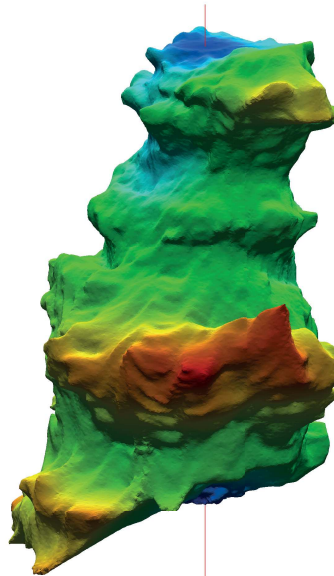
Ultrasonic optimization of the full acoustic chain is made by our field specialists in order to deliver the right burst at the right frequency, to control emission while engines are stopped and to listen to the reflected waves until presentation of the finest details.

Whatever the fluid (water, brine, liquid hydrocarbons or gas), whatever the casing conditions (no pipe, one pipe or two pipes), echoes are displayed with distinctive colors according to their intensity.

Real time data validation with already pinpointed echoes is run in order to demonstrate correlation between points issued from horizontal and tilted sections. If matching is proven, then the validity of each survey parameter (velocity, orientation, inclination, distance) is confirmed.

With color assistance, interpretation is made efficient, friendly and intuitive, making it possible to supply field reports in time and final reports in the best conditions of accuracy, clarity and quality.

Our 3D viewer - available to all our customers - completes the package and allows to compare operations from any Survey provider, to display underground cavern fields and to better anticipate any evolution with regard to the new Integrity Management Systems.



APPLICATIONS

- // Brine production cavities
- // Liquid hydrocarbons storage cavities
- // Gas storage cavities
- // Old mines and quarries
- // Deviation
- // Mechanical Integrity test

SPECIAL FEATURES

- // High Pressure and Temperature capabilities
- // Fully integrated system
- // Gyro Stabilization system
- // Navigation system (high precision positioning)
- // Optimized acoustic system
- // 3D viewer

SONAR SURVEY INSTRUMENT 2"

State of the art Cavity Survey System

MAINS:

The 2" SONAR probe is the latest instrument of our "Cavity Suite". Even with its small diameter and overall dimension, it is designed to run Well Logging, Cavity Survey and to monitor long duration operations up to the state of the art, whatever the well and the fluid conditions.

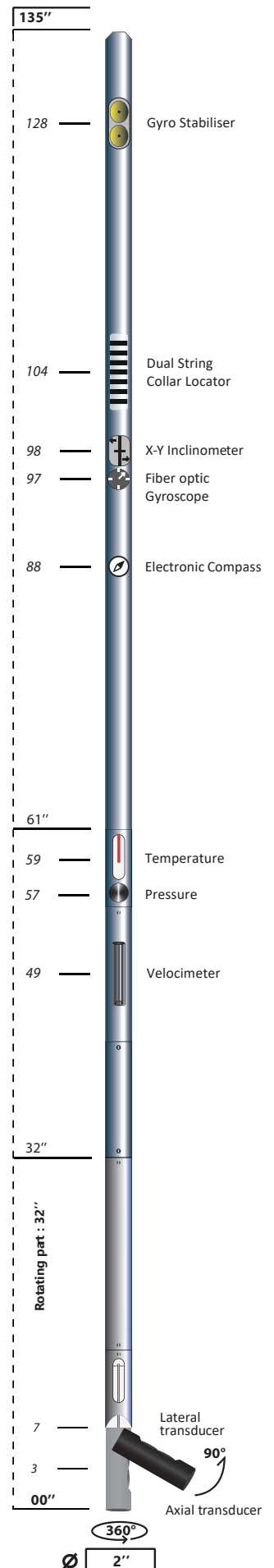
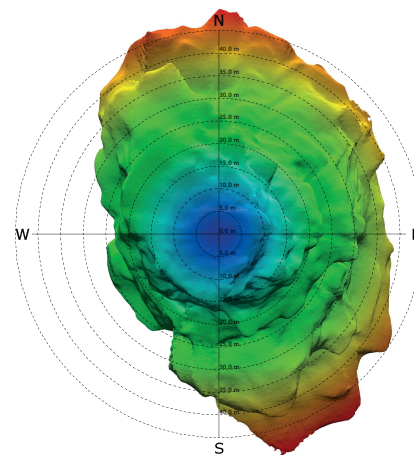
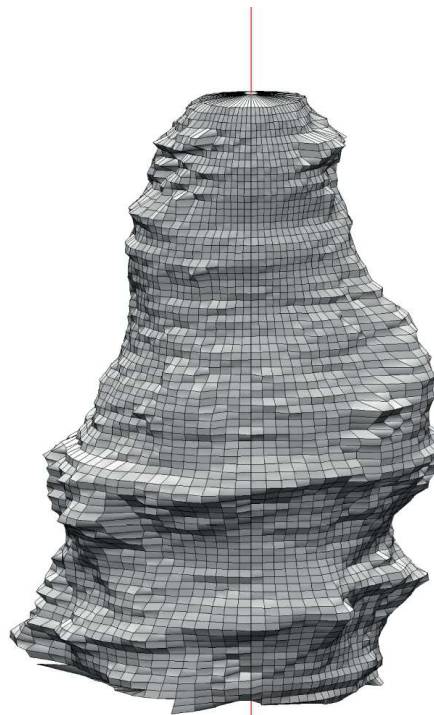
If initial design was to develop capability to accommodate small size casings, reductions in completions, bent or deformed pipes, new additional features concern anchoring in order to monitor blanket surveys versus time or high precision acoustics to better control -supposed to be- non significant evolutions.

Numerous sensors (Pressure, Temperature, Velocity, Electronic Compass, Inclinometer, Stabilization Gyro, Mems Gyro, Rotation and Tilt control) are incorporated in order to run Depth Correlation at Cemented Casing shoe, to later improve Mechanical Integrity Tests with advanced acoustic capabilities and of course to survey the cavity through horizontal and tilted sections, until a network is built with no unexplored area left.

Ultrasonic optimization of the full acoustic chain is made by our engineers to develop both the best possible emission and the finest tuned reception, and by our field specialists in order to deliver the right burst at the right frequency, to control emission while engines are stopped and to listen to the reflected waves until presentation of the most relevant details.

Whatever the fluid, the depth or the casing conditions, the 2" SONAR supplies comparable results to larger size instruments.

Color assistance while running acquisition, validation or interpretations task, make the specialists work easier and more intuitive to deliver field reports in time and final reports in the best conditions of clarity and quality.



APPLICATIONS

- /// Brine production cavities
- /// Old mines and quarries
- /// Liquid hydrocarbons storage cavities
- /// Deviation
- /// Gas storage cavities
- /// Mechanical Integrity test

SPECIAL FEATURES

- /// High Pressure and Temperature capabilities
- /// Navigation system (high precision positioning)
- /// Fully integrated system
- /// Optimized acoustic system
- /// Gyro Stabilization system
- /// Color assistance at all steps

SPECIFICATIONS:

Technical Specifications

	imperial	metric
Max. OD	2" ... 2-7/8"	52 ... 73 mm
Length	135" ... 138"	3.43 ... 3.50 m
Weight	62 ... 115 lbs	28 ... 52 kg
Max. Temperature	250° F	120° C
Max. Pressure	10 000 psi	690 bar

Survey Parameters

Cable Compatibility	mono or multi-conductor
Operating Voltage	90 - 150 VDC
Centralizers	Blade centralizers when surveys through casing(s)
Rotating System	0 - 360°, with adjustable step (2°, 3°, 5° or more)
Tilt System	0 - 90°, fully adjustable
Orientation	Electronic Compass & Fiber-Optic Gyroscope
Stabilization	Gyro-stabilizers

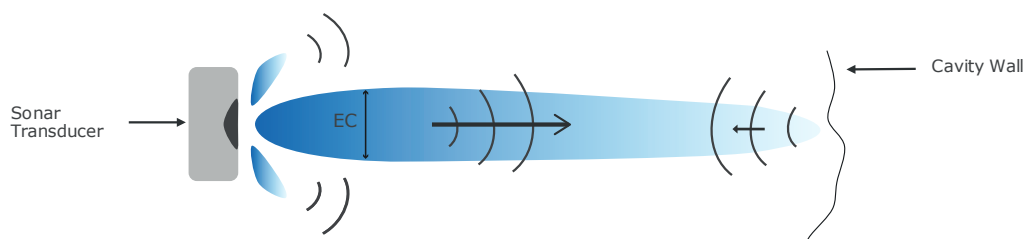
Measuring Configurations, SONAR

	Brine	HP Gas	LP Gas / Hydrocarbons
Measuring Range	0.15m - 250m ¹	>80 m ³	>70 m ³
Emission Cone ² (EC), solid angle	2.5 °	5-6 °	8-9 °

¹ Measurement is possible through one or two tubing strings, range depends on strings, brine and cavity well

² Echo focalization technique reduces noise and increases precision at low frequencies

³ Measuring Range for Gas and Hydrocarbon storage cavities has been proven up to 80m



Sensors Specifications

	Tool	Acoustic head
Inclination Range	0-30° ⁴	0-90°
Inclination Accuracy // Resolution	+/- 0.1°	+/- 0.5°

⁴ Inclination >30° possible with reduced accuracy

Electronic Compass

Compass Accuracy	+/- 1°
Compass Repeatability	+/- 1°

Fiber-Optic Gyroscope

Gyroscope Accuracy	+/- 0.05° (from defined reference)
Gyroscope bias (typical)	+/- 1°/hr

	Range	Accuracy	Resolution
Velocimeter sensor	700 - 2000 m/s	+/- 1m/s	0.01 m/s
Pressure sensor ⁵	0 - 700 bar	0.05% FS	0.002 % FS
Temperature sensor ⁵	0 - 120 °C	0.05 % FS	0.1°C

⁵ Pressure and Temperature sensors for velocity correlation in gas filled cavities

DIMCAV SOFTWARE

After Flodim's data post processing, DIMCAV viewer is available to our clients and allows to view, analyze and import data from Flodim or any other surveyed cavity. Amongst its main viewing features, it includes:

Horizontal & Vertical Sections

Global & Partial Volumes

Distances between single caverns

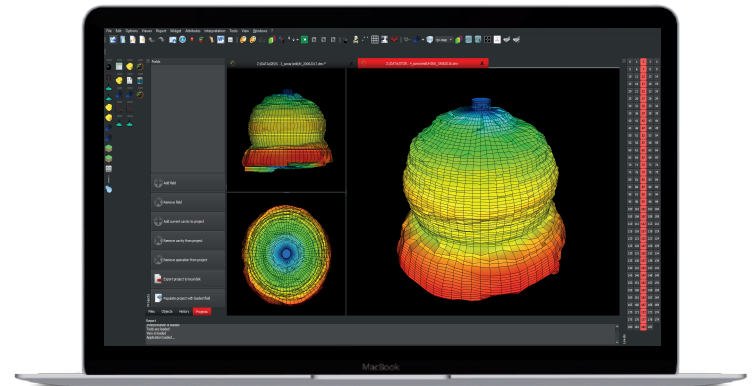
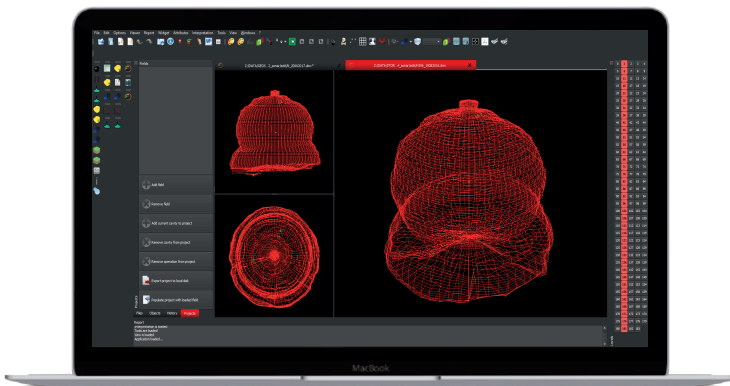
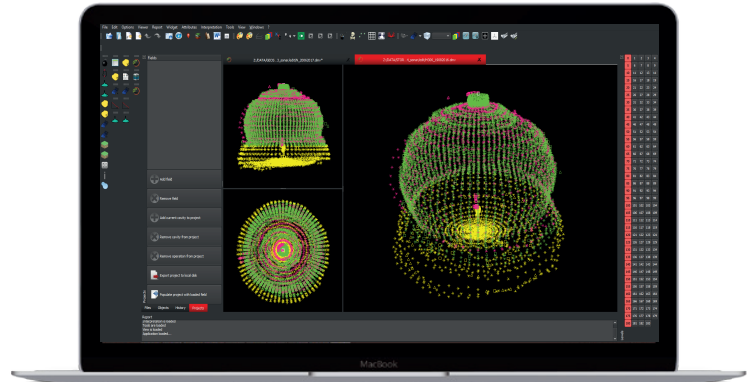
Wire-framed, Shaded & Colored Solids

Velocity, P&T, DSCL logs versus Depth or Time

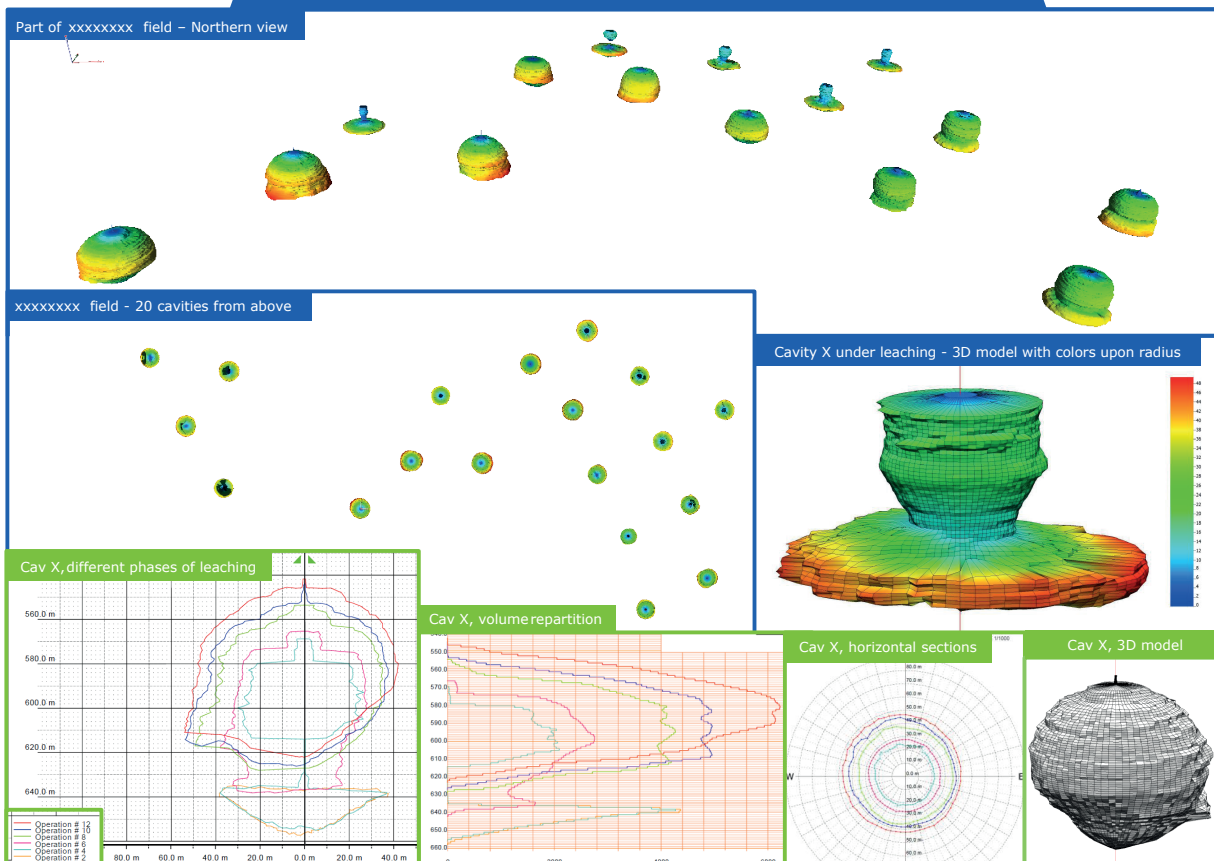
Trajectory Surveys

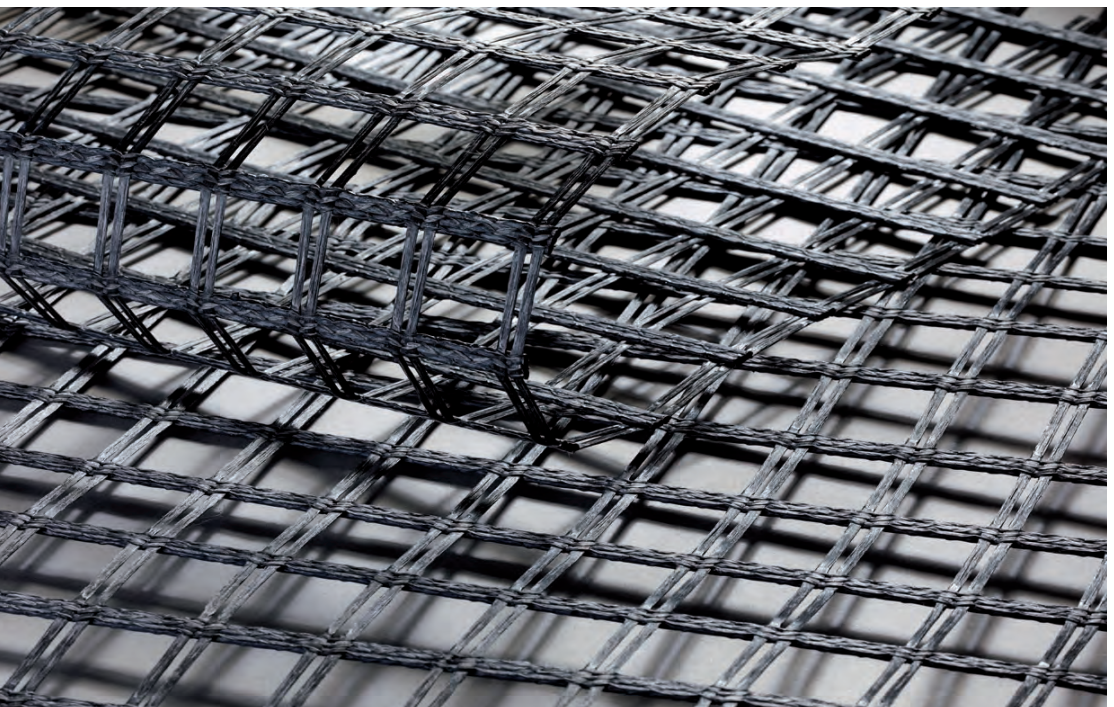
Cavity history & Evolution

Cavity Field vPresentation



CAVITY 3D VIEWER





Fortrac®

Une polyvalence exceptionnelle pour les ouvrages en sols renforcés

 **HUESKER**
Ideen. Ingenieure. Innovationen.



Géogridle Fortrac

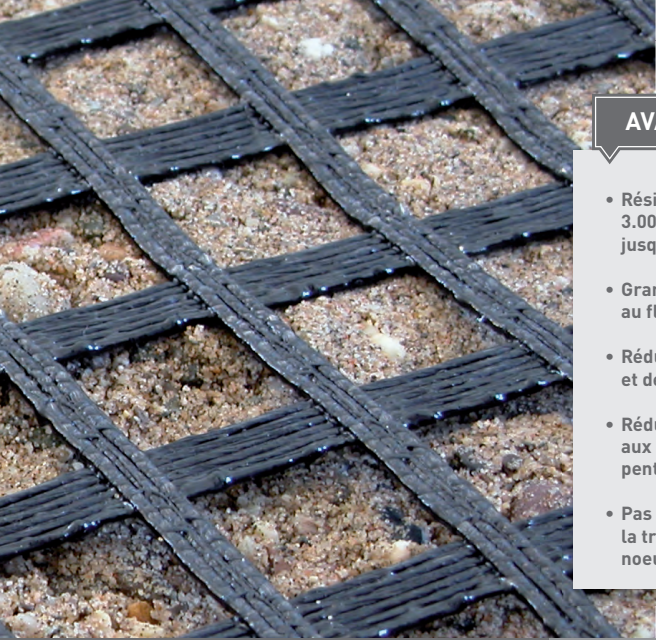
Une polyvalence exceptionnelle pour les ouvrages en sols renforcés.

Utilisée sur le terrain depuis plus de trente ans, Fortrac est un véritable multitalent quand il s'agit de renforcer des ouvrages en terre. Nos géogridles Fortrac sont fabriquées à partir de matières premières synthétiques à module élevé et fluage réduit, protégées par une gaine polymère.

Vous avez le choix entre trois matières premières différentes, ce qui assure une palette d'utilisations sans équivalent, même pour les projets les plus complexes. Les exigences de certains projets nous ont conduits à utiliser des polymères de haute technicité tels que le polyvinyle d'alcool (PVA) et l'aramide (AR). L'aramide garantit une très grande raideur en traction. Le PVA se distingue quant à lui par sa grande raideur en traction combinée avec une inertie chimique supérieure. Ainsi le PVA est particulièrement intéressant en cas de contact avec des substances chimiques en milieu alcalin ou acide. Le polyester (PET) à module élevé est notre composant standard depuis plus de 30 ans pour ce qui est des matières premières synthétiques.

Fortrac est proposé avec différentes tailles de maille et des résistances à la traction allant jusqu'à 800 kN/m en version standard et même 3 000 kN/m pour certaines applications spécifiques.

Fortrac	
Matériau	PET, PVA, Aramide
Résistance à la traction	jusqu'à 3 000 kN/m
Enduction	Polymère
Fonction	Renforcement



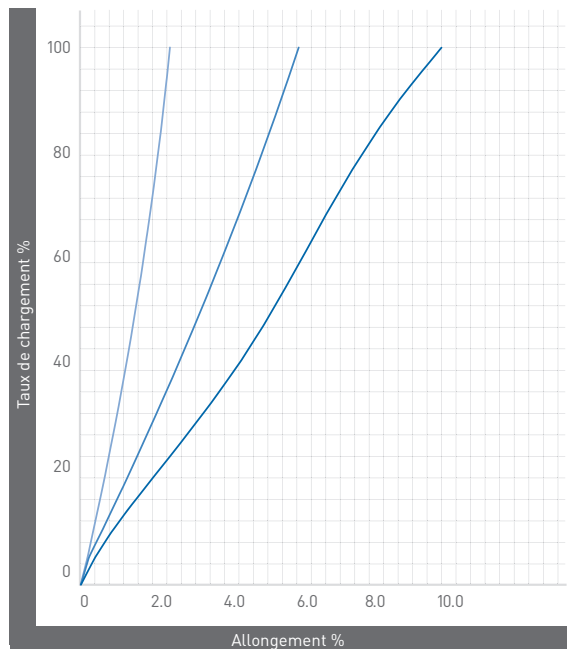
AVANTAGES

- Résistance à la traction jusqu'à 3.000 kN/m et ouverture de maille jusqu'à 100 mm
- Grande raideur et faible tendance au fluage
- Réduction du volume d'excavation et des coûts de construction
- Réduction d'emprise au sol grâce aux possibilités de construction à pente très raide
- Pas de faiblesse en résistance à la traction, même au niveau des noeuds



Courbe effort-allongement

selon la norme EN ISO 10319



- Fortrac A
- Fortrac M
- Fortrac T

Caractéristiques clé des géogrilles



Pour choisir la géogrid adaptée à un projet précis, il est important de vérifier les caractéristiques adéquates déterminantes qui vont garantir un renforcement optimal et donc une parfaite sécurité de l'ouvrage.

Les paragraphes suivants se penchent sur les trois caractéristiques essentielles:

Raideur en traction

- Importante pour absorber les forces avec une déformation minime.
- Un renforcement pas assez raide va se traduire par des déformations non admissibles.
- Un renforcement trop raide empêche le sol de mobiliser toute sa résistance au cisaillement.

Résistance à la traction

- Le renforcement doit être capable d'absorber des efforts de traction afin de compenser un déficit de forces au sein de l'ouvrage.
- Les résistances à la traction nécessaires pour garantir une sécurité adéquate varient selon l'ouvrage.

Intime interaction

Nous entendons par là les facultés combinées d'un produit de renforcement à:

- absorber les forces du sol grâce à l'effet d'interaction. Pour cela, il convient de choisir les caractéristiques d'interaction les mieux adaptées (micro-imbrication, méso-imbrication et macro-imbrication).
- épouser les aspérités du sol afin d'éviter la formation de vides

Raideur en traction suffisante	+	Intime interaction optimale	+	Résistance à la traction suffisante	=	Renforcement optimal / ouvrage sûr et stable
		Intime interaction optimale		Résistance à la traction suffisante	+	Allongement du renforcement / légères déformations de l'ouvrage possibles
Raideur en traction suffisante	+			Résistance à la traction suffisante	=	Activation insuffisante du renforcement / défaillance de l'ouvrage possible
Raideur en traction suffisante	+	Intime interaction optimale			=	Défaillance du renforcement / défaillance de l'ouvrage

=

Micro-imbrication	+	Méso-imbrication	+	Macro-imbrication	+	Adaptabilité à la surface
--------------------------	---	-------------------------	---	--------------------------	---	----------------------------------

Fortrac dans le sol compacté

Les géogrilles Fortrac forment une intime interaction avec le sol

La technologie de tissage utilisant des fils multifilaments enduits assure, du fait de la rugosité en surface, des imbrications remarquables avec les particules du sol au niveau microscopique. Une excellente interaction est également atteinte aux échelles mésoscopiques et macroscopiques grâce, respectivement, à l'enduction polymère élastique et à la taille des mailles. La flexibilité de Fortrac résulte de son excellente faculté d'adaptation à la surface support générant une pré-tension de la géogrille en trois dimensions lors de sa mise en oeuvre. La flexibilité est par conséquent un grand avantage pour mobiliser les efforts de traction.



Méso-imbrication



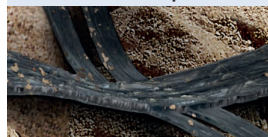
Imbrication des particules du sol avec les fibres de la géogrille en raison de la structure de la surface

Macro-imbrication



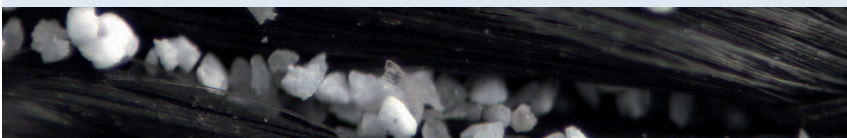
Pénétration des particules et graviers dans les ouvertures de maille (imbrication des particules de sol à travers la grille)

Faculté d'adaptation



Capacité de la géogrille à s'adapter aux irrégularités du sol lors du compactage

Micro-imbrication



Synonyme de frottements/d'adhérence: imbrication microscopique des particules du sol avec la surface de la grille.

Grossissement x20: structure rugueuse en surface de Fortrac, représentée par des grains de sable de 0,1 à 0,3 mm qui s'imbriquent au niveau microscopique et accroissent les frottements.

Caractéristiques déterminantes des géogrilles

« Le renforcement en PET soudé est de manière générale moins efficace qu'avec les grilles tissées en PET. Cela tient à l'interaction réduite entre la géogrille et le sol. »

(Lackner, C. [2012] Prestressed reinforced soil - Concept, investigations and recommendations, Dissertation, Université technique de Graz)

Géogrilles souples en flexion comparées à des géogrilles rigides en flexion

Effets	Grilles tissées ou tricotées	Grilles soudées	Grilles extrudées
Micro-imbrication*	 ✓	 ✗	 ✗
Méso-imbrication	Surface entièrement rugueuse et élastique ✓	La dureté de la surface réduit l'imbrication ✗	La dureté de la surface réduit l'imbrication ✗
Macro-imbrication	Ouverture de maille suffisante ✓	Ouverture de maille suffisante ✓	Ouverture de maille suffisante ✓
Adaptabilité à la surface	Extrêmement flexibles et pliables ✓	Très rigides en flexion, en particulier en cas de résistances à la traction importantes ✗	Très rigides en flexion ✗

*Vues au microscope de géogrilles en vente sur le marché avec un grossissement identique

« L'interaction entre le sol et le renforcement est améliorée quand la géogrille peut s'adapter à la forme de la surface et aux particules du sol afin d'éviter la formation de vides dans la structure du sol. En d'autres termes, la mise en oeuvre de géogrilles très rigides peut avoir des effets négatifs sur l'interaction. »

(Lackner, C. [2012] Prestressed reinforced soil - Concept, investigations and recommendations, Dissertation, TU Graz)



Avantages de Fortrac

Très bonne faculté d'adaptation à la surface de pose

- génère un système porteur «en trois dimensions» et compense les problèmes d'homogénéité
- réduit le nombre de vides dans la zone de contact de la géogridde
- mise en oeuvre aisée, dégradations minimales lors de la mise en oeuvre

Forme avec le sol un **système global flexible**

Pas de prétension de la grille requise lors du renforcement de la couche de forme

Protection supplémentaire contre les UV grâce à **l'enduction polymérique**

Excellente intime interaction avec le sol même en cas de résistances à la traction très élevées

Fortrac – Le produit adapté pour chaque application



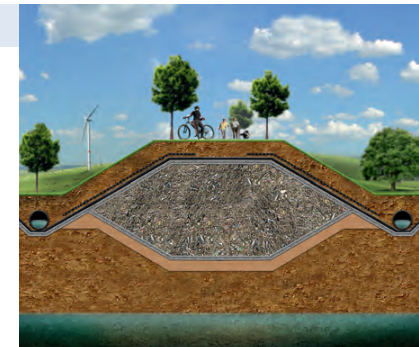
Murs et talus de soutènement

- Réduction d'emprise au sol grâce aux possibilités de construction très raides
- Pose aisée, sans effet mémoire de la géogridde (ne se replie pas sur elle-même, ne forme pas de plis)
- Dimensionnement optimisé et adaptation au projet grâce à la grande variété de matières premières et de résistances à la traction de la gamme Fortrac



Installations de stockage de déchets

- Gain de volume de stockage en permettant la construction de talus raides grâce aux résistances à la traction élevées
- Grande capacité d'interaction avec le sol pour des résistances à la traction très élevées
- Géogrids agréés par le BAM (institut fédéral allemand) pour la recherche et les essais de matériaux) pour des résistances à la traction jusqu'à 1.300 kN/m



Renforcement de la couche de forme

- Minimise les frais et durées de construction grâce aux besoins réduits en matériau pour la couche de forme (optimisation des épaisseurs)
- Certifié pour une utilisation en construction ferroviaire par l'EBA (Autorité fédérale allemande pour les chemins de fer)
- Utilisable dans des milieux agressifs avec une grande variété de choix de matières premières





Système parachute anti-effondrement

- Système de pontage de larges cavités avec une déflexion minimale au niveau de la surface
- Pose aisée sans effet mémoire grâce à la flexibilité de la géogridde
- Économie de matériau grâce à l'excellente interaction avec les matériaux adjacents (optimisation des ancrages)



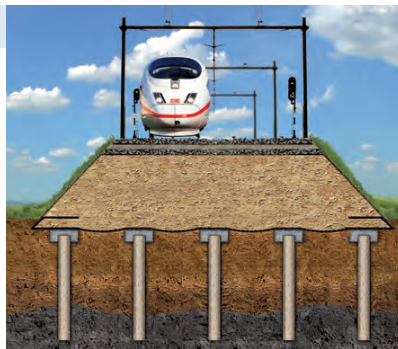
Plates-formes

- Économies grâce à la réduction ou à l'élimination de la phase de substitution du sol
- Idéalement adapté à des contraintes extrêmes
- Renforcement en une couche possible même en cas de charge élevée



Remblais sur inclusions rigides

- Optimisation du maillage des inclusions rigides et têtes d'inclusions grâce à des résistances à la traction extrêmement élevées
- Frais minimaux de mise en œuvre grâce à la pose en une couche dans chaque direction
- Certifications garantissant des standards de sécurité stricts



Fortrac à l'œuvre



Effet membrane à la base du matelas de répartition d'un remblai sur pieux
(ligne de chemin de fer Bidor-Rawang, Malaisie)



Mise en œuvre d'un système parachute anti-effondrement
(nœud autoroutier ouest de Bochum, A 52, Allemagne)



Mise en œuvre d'un renforcement géosynthétique sur inclusions rigides (autoroute N 210, Pays-Bas)



Mur en gabions avec nappes de renforcement (A3 au niveau de la vallée Haseltal, Allemagne)



Les services HUESKER

Les services HUESKER englobent l'ensemble du projet, depuis la phase de conseil initiale jusqu'à la mise en œuvre sur le terrain. Cela permet d'élaborer des solutions sûres et personnalisées qui sont pertinentes à la fois d'un point de vue écologique et économique.

Prestations de nos ingénieurs

- **Dimensionnement géotechnique**
Nos ingénieurs aident les bureaux d'études en fournissant des notes de calcul et des justificatifs établis selon les normes en vigueur.
- **Conseil technique**
Vous recevez des recommandations pour choisir les types de produits les mieux adaptés à votre application.
- **Calepinage sur mesure**
Nous vous soumettons des recommandations pour la mise en œuvre et le calepinage, ainsi que des schémas de mise en œuvre.

Documents

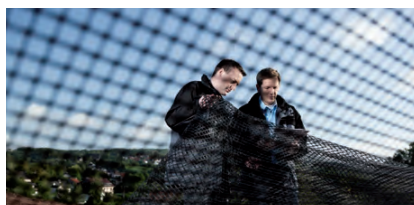
- **Certificats**
Nos produits bénéficient des certifications BBA, IVG, BAM, EBA et SVG.
- **Instructions de mise en œuvre**
Les instructions techniques personnalisées vous aident à mettre en œuvre votre produit de manière optimale.
- **Appels d'offres**
Nous mettons à votre disposition des cahiers des charges à intégrer aux appels d'offres et conformes à la réglementation en vigueur.

Services en liaison avec les produits

- **Solutions personnalisées**
Nous élaborons en concertation avec vous des produits conçus sur mesure pour répondre à vos attentes.
- **Autres solutions**
Nous établissons pour vous des suggestions de construction et nous vous soumettons des recommandations d'ajustements et d'optimisations.

Sur le chantier

- **Assistance sur le chantier**
Lorsque cela est nécessaire, nos spécialistes peuvent se déplacer et vous expliquer sur le chantier les points particuliers à observer et à respecter pour la mise en œuvre optimale et adéquate de nos produits.
- **Aide à la pose**
Nous vous proposons des systèmes pratiques d'aide à la pose pour une mise en œuvre optimale de notre produit.
- **Formations**



Fortrac® est une marque déposée de la société HUESKER Synthetic GmbH.
HUESKER Synthetic est certifiée ISO 9001, ISO 14001 et ISO 50001.

HUESKER France SAS

Rue Jacques Coulaux
67190 GRESSWILLER
Tél: +33 3 88 78 26 07
Fax: +33 3 88 78 26 19
Courriel: info@HUESKER.fr
Internet: www.HUESKER.fr

HUESKER
Ideen. Ingenieure. Innovationen.



www.minelis.com



pour

