

Antenne SUD
40 Rue Pinville
CS 40045
34060 MONTPELLIER CEDEX 2
Tél : +33 (0)4 11 75 72 53

**Concession de lignite de Saint-Victor (83)
Commune de Saint-Zacharie
Révision des aléas « mouvements de terrain »
liés à l'ancienne activité minière**

RAPPORT S 2018/119DE – 19PAC36050

Date : 17/07/2019

**Concession de lignite de Saint-Victor (83)
Commune de Saint-Zacharie
Révision des aléas « mouvements de terrain »
liés à l'ancienne activité minière**

RAPPORT S 2018/119DE – 19PAC36050

Diffusion :

Pôle Après-Mine Sud

Philippe CHOQUET


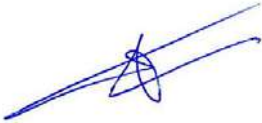

Marie-Hélène BOUISSAC

DREAL Provence-Alpes-Côte-D'azur
4 ex. papier : 2 DREAL, 1 commune, 1 DDTM
5 CD : 2 DREAL, 1 commune, 1 DDTM, 1 Préfecture

Hubert FOMBONNE

GEODERIS

Rafik HADADOU

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	T. DELAUNAY	O. LEFEBVRE	T. DELAUNAY
Visa			

SOMMAIRE

1	Définitions et méthodologie.....	6
1.1	Définitions de l'aléa et du risque	6
1.2	Incertitudes cartographiques	6
1.3	Méthodologie mise en œuvre.....	7
2	Travaux réalisés et démarche adoptée.....	11
2.1	Documents consultés.....	11
2.2	Visites des sites	11
3	Géographie et hydrologie du secteur d'étude	12
4	Contextes géologique et gîtologique.....	12
4.1	Géologie du gisement de lignite de Saint-Victor.....	12
4.2	Gîtologie du lignite de Saint-Victor	15
5	Hydrogéologie minière.....	17
6	Historique et description des travaux miniers.....	18
6.1	Historique administratif et d'exploitation	18
6.1.1	Période de 1826 à 1933.....	18
6.1.2	Période de 1941 à 1946.....	18
6.2	Descriptions des travaux miniers et méthodes d'exploitation	19
7	Production	21
8	Etat actuel des sites.....	22
8.1	Ouvrages débouchant au jour.....	22
8.2	Les désordres.....	25
8.2.1	Les mouvements de terrain.....	25
8.2.2	Feux souterrains	26
8.2.3	Venues d'eau au fond : les mouillères.....	26
8.3	Les dépôts.....	26
8.4	Bâtiments.....	27
9	Cartographie informative	28
9.1	Supports cartographiques et incertitudes de localisation.....	28
9.2	Système d'information géographique.....	29
10	Liste des phénomènes.....	33
11	Aléas écartés.....	34
11.1	Les phénomènes de type « mouvements de terrain ».....	34
11.1.1	L'effondrement généralisé.....	34
11.1.2	Les phénomènes d'instabilités de pente.....	34
11.2	Les phénomènes autres que les mouvements de terrain	34
11.2.1	L'inondation.....	34
11.2.2	Gaz de mine.....	35
12	Aléas retenus.....	36
12.1	L'affaissement.....	36
12.2	L'effondrement localisé	36
12.3	Le tassement	37
12.4	L'échauffement	37
13	Aléas non évalués	38
13.1	Pollution des eaux et des sols.....	38
13.2	Rayonnements ionisants.....	38
14	Evaluation de l'aléa affaissement.....	39
14.1	Description du phénomène	39
14.2	Evaluation de l'aléa.....	40
15	Evaluation de l'aléa effondrement localisé	43
15.1	Description du phénomène	43

15.2	Zone d'altération superficielle.....	44
15.3	Effondrement localisé lié aux puits.....	45
15.3.1	Evaluation de la prédisposition.....	45
15.3.2	Evaluation de l'intensité.....	46
15.3.3	Evaluation du niveau de l'aléa.....	46
15.4	Effondrement localisé lié aux galeries ou aux travaux d'exploitation	47
15.4.1	Evaluation de la prédisposition.....	47
15.4.2	Evaluation de l'intensité.....	50
15.4.3	Evaluation du niveau de l'aléa.....	50
16	Evaluation de l'aléa tassement	51
17	Evaluation de l'aléa échauffement sur dépôts miniers	52
18	Cartographie des aléas.....	53
18.1	Cartographie de l'aléa effondrement localisé	53
18.2	Cartographie de l'aléa affaissement.....	55
18.3	Cartographie de l'aléa tassement.....	56
18.4	Cartographie de l'aléa échauffement.....	56
19	Conclusions.....	57

Mots-clés : Provence-Alpes-Côte-D'azur ; Var ; Saint-Zacharie ; Saint-Victor ; EDA ; mise à jour aléa ; effondrement localisé ; tassement ; échauffement ; lignite

Préambule

L'historique administratif des titres miniers synthétisé dans ce rapport à partir des documents d'archives à disposition est donné à titre indicatif. Cet historique relève de la compétence de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL).

Introduction

Le gisement de lignite sur la commune de Saint-Zacharie a été exploité sur deux périodes, à la fin du XIX^{ème} siècle puis vers la mi-XX^{ème} siècle.

En 2008, dans le cadre de la prévention des risques miniers, conformément à la loi du 30 mars 1999 et au Décret du 16 juin 2000, la DRIRE (aujourd'hui DREAL) de Provence-Alpes-Côte-D'azur, par l'intermédiaire du Pôle de Compétence Après-Mine Sud, a sollicité GEODERIS pour l'évaluation des aléas miniers résiduels de la concession de Saint-Victor (n° BDSTM¹ 83SM0045). Une étude des aléas a été produite en 2009 (cf. [1]²).

Depuis cette étude, plusieurs guides méthodologiques, validés par l'administration et conformes aux textes réglementaires, ont été produits (cf. [2] à [7]). Ces documents ont incité la DREAL Provence-Alpes-Côte-D'azur, à demander à GEODERIS d'inscrire dans son programme de travail la révision de l'étude des aléas conformément aux guides.

L'objectif de ce rapport est de formaliser ce travail ainsi que la révision de l'étude des aléas. Il conduit à une mise à jour des cartes informatives et d'aléas liées aux anciennes exploitations. Pour le rendu final de ces cartes, nous utilisons des fonds topographiques ou photographiques géoréférencés (Scan 25[®] IGN et BD Ortho[®] IGN, prise de vue de 2008).

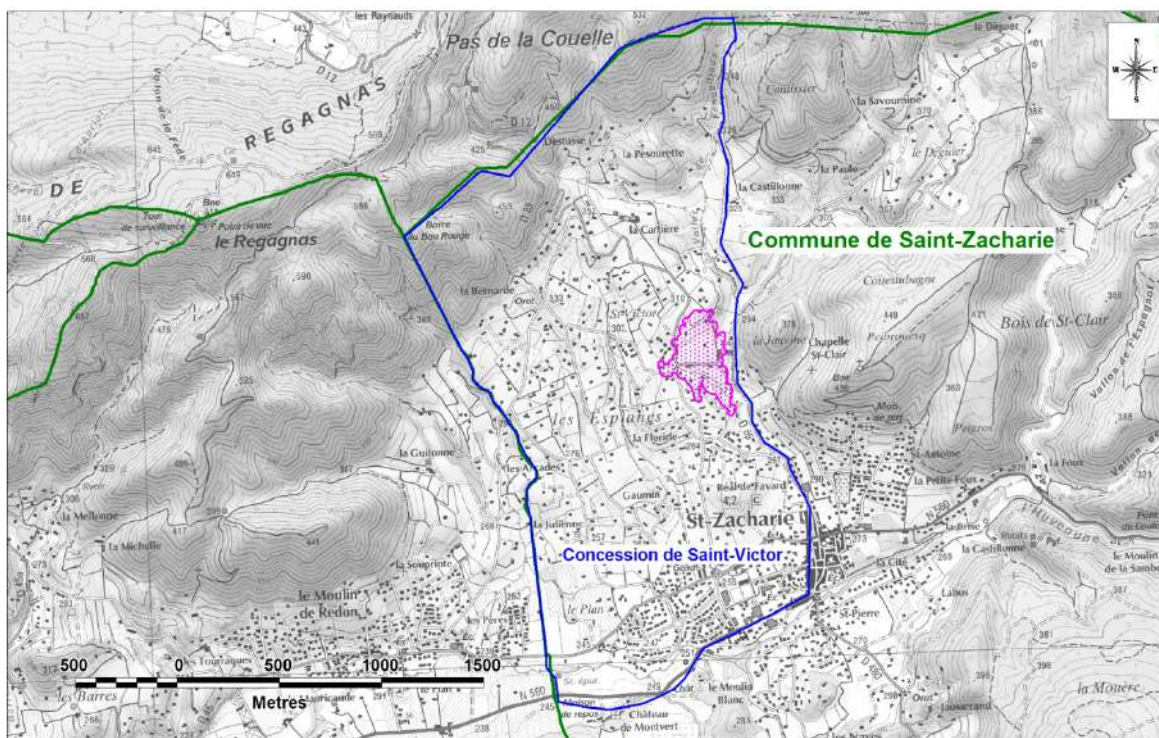


Figure 1 : Situation géographique de la commune de Saint-Zacharie et de la concession de Saint-Victor sur fond SCAN25[®] IGN (en rose figure l'emprise des travaux miniers)

¹ Base de Données des Sites et Titres Miniers de Geoderis

² Références en fin de document, chapitre bibliographie.

1 DEFINITIONS ET METHODOLOGIE

1.1 Définitions de l'aléa et du risque

L'**aléa** est un concept qui correspond à l'éventualité qu'un phénomène d'intensité qualifiable ou quantifiable, se produise sur un site donné. Dans le domaine du risque minier comme dans celui du risque naturel, l'aléa résulte du croisement de l'intensité d'un phénomène redouté et de l'éventualité ou de la prédisposition de sa survenance (cf. figure 2).

Intensité	Prédisposition		
	Peu sensible	Sensible	Très sensible
Limitée	Faible	Faible	Moyen
Modérée	Faible	Moyen	Fort
Élevée	Moyen	Fort	Fort

Figure 2 : Exemple de grille de croisement intensité/prédisposition aboutissant aux niveaux d'aléa (cf. [6])

L'aléa est hiérarchisé. On utilise les termes « **aléa fort** », « **aléa moyen** » et « **aléa faible** ». Cette hiérarchisation peut signifier :

- Que les zones concernées par l' « aléa fort » sont davantage prédisposées à l'apparition de dégradations en surface que les zones d' « aléa moyen » ou d' « aléa faible » ;
Et/ou,
- Que les phénomènes susceptibles de se produire dans les zones d' « aléa fort » sont d'un niveau plus élevé que dans les zones d' « aléa moyen » ou d' « aléa faible ».

Une zone de **risque** est définie comme la partie de la zone d'aléa dans laquelle se trouve un enjeu en surface (habitation, infrastructure...).

1.2 Incertitudes cartographiques

La première étape de l'étude d'aléa, appelée « phase informative » consiste, entre autres, à positionner sur fond cartographique, les anciens travaux et autres éléments utiles (ouvrages débouchant au jour, indices de désordres, dépôts de surface) dans leur environnement.

Le positionnement des travaux miniers, des ouvrages et désordres qui n'ont pas été retrouvés sur le terrain est affecté d'une incertitude globale pouvant être décomposée de la manière suivante :

- Incertitude de localisation de l'ouvrage minier : elle dépend des éléments ayant mené à son positionnement. Si les ouvrages relevés sur le terrain au DGPS se voient attribuer une très faible incertitude (de quelques décimètres à quelques mètres), ceux dont la position est tirée d'anciens plans portant peu de points de repère se voient attribuer l'incertitude de ces plans ;
- Incertitude liée à la reproduction du plan : par exemple, photographier un plan provoquera une incertitude plus grande que de le scanner ;

- Incertitude liée à l'opération de géoréférencement du plan : elle dépend principalement de l'incertitude des points de repère utilisés pour son calage ;
- Incertitude liée au choix du support cartographique : le support cartographique, la BD Ortho® de l'IGN dans le cas présent, de par sa précision est lui-même vecteur d'une erreur de positionnement indépendante des ouvrages miniers. Elle est estimée à 3 m pour la BD Ortho® de l'IGN.

Ces incertitudes sont incluses dans les **marges** prises en compte pour la cartographie des travaux miniers et des aléas. En effet, la cartographie de l'aléa lié à un élément minier intègre l'extension du phénomène ainsi que l'incertitude globale décomposée ci-dessus.

1.3 Méthodologie mise en œuvre

Les différentes investigations ont été réalisées dans le cadre méthodologique retenu pour les études des anciens sites miniers, conformément aux textes réglementaires. Le déroulement de l'étude des aléas s'appuie donc sur la démarche établie dans le guide méthodologique d'évaluation des aléas (cf. [6]). La réalisation d'une étude des aléas comprend deux phases successives, qui se traduisent chacune par un ou plusieurs documents cartographiques :

- **Une phase informative**, présente la synthèse des données minières, le repositionnement des travaux dans leur environnement et les éléments utiles et nécessaires à l'évaluation des aléas résiduels (géologie, hydrogéologie, indices de désordres...), l'ensemble s'appuyant sur une enquête de terrain. Le produit de cette phase est une **carte informative**, positionnant les différents éléments sur la BD Ortho® de l'IGN.
- **Une phase d'évaluation et de cartographie de l'aléa**. Sur la base des données acquises lors de la phase informative, les différents phénomènes potentiellement envisageables, compte tenu de la nature des travaux, sont étudiés et évalués à la lumière des paramètres spécifiques au site. Enfin, l'enveloppe des zones affectées par les différents aléas est reportée sur fond cartographique.

PHASE INFORMATIF

2 TRAVAUX REALISES ET DEMARCHE ADOPTEE

2.1 Documents consultés

Une étude des aléas débute par une phase de collecte d'informations orientée principalement sur la recherche des plans miniers ainsi que toutes autres informations concernant les exploitations minières du secteur étudié. Cette phase s'est basée sur les documents issus des fonds des archives de la DREAL, des Archives Départementales et Nationales ainsi que du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM).

2.2 Visites des sites

Les recherches sur le terrain ont été menées à partir des documents d'archives et des premiers calages des plans miniers.

Ces recherches ont eu pour objet :

- D'observer la nature et l'état des ouvrages débouchant en surface (galeries et puits), localisés après calage de plans ou indices visibles sur le terrain ;
- D'observer et de caractériser les désordres de surface récents ou anciens correspondant à des mouvements de terrains déjà connus ou non ;
- D'observer la nature et l'état des dépôts miniers résiduels ainsi que les éventuels désordres sur ces derniers.

Les levés de terrain ont été réalisés en couplant les levés GPS au fond IGN, en particulier le SCAN25® et la BD ORTHO®.

3 GEOGRAPHIE ET HYDROLOGIE DU SECTEUR D'ETUDE

Le domaine d'étude est situé dans la région Provence-Alpes-Côte-D'azur dans le département du Var (83). La commune étudiée sur laquelle des travaux miniers ont été répertoriés est Saint-Zacharie (cf. figure 1) située à environ 25 km à vol d'oiseau à l'est de Marseille et Aix-en-Provence.

Le gisement de lignite exploité à Saint-Zacharie (concession de Saint-Victor) est situé dans un contexte général à morphologie douce. Les travaux miniers se situent au niveau d'une zone plate entre des vallons peu marqués traversés par des ruisseaux de direction globalement N-S (Le Vallat, etc.) affluents de la rivière de L'Huveaune. L'altitude moyenne est comprise entre 280 et 300 m NGF.

4 CONTEXTES GEOLOGIQUE ET GITOLOGIQUE

4.1 Géologie du gisement de lignite de Saint-Victor

Le secteur d'étude fait géologiquement partie d'un bassin tertiaire (Stampien) encadré par deux bassins lignitifères plus anciens (cf. figure 3) :

- au nord le bassin de Provence encaissant les mines de lignites de Gardanne ;
- au sud le bassin du Beausset contenant la mine de la Cadière.

Au plan régional, ce bassin est soumis à une fracturation NE-SW, dans un contexte d'écaillés tectoniques du Jurassique sur le Crétacé avec une semelle de Trias.

Les formations composant le petit bassin tertiaire sont isolées (en rose clair sur la figure 4) au milieu des reliefs jurassiques qui l'entourent (en bleu clair et mauve). Le bassin se présente sous forme d'une cuvette globalement symétrique en NS et EW et est constitué de trois formations principales dont le pendage vers l'ouest est compris entre 20 et 40° et la puissance totale estimée est comprise entre 150 et 200 m (cf. figure 5) :

- à la base, au mur des lignites, des argilites et des formations bréchiques. Les couches de lignites sont encaissées par des argilites de cette formation ;
- au toit, des calcaires en plaquettes qui ont une puissance d'une cinquantaine de mètres en intercalation avec des marnes et argilites. Ces bancs calcaires correspondent aux calcaires reportés sur la carte géologique ;
- des argilites et poudingues qui terminent le remplissage du bassin.

Les couches renfermant le lignite sont surmontées par un niveau de calcaire coquillier lacustre décrit comme solide et compact en mine, mais localement fracturés et karstifiés. On notera que ces calcaires n'affleurent en aucun site dans le contexte de la mine ce qui laisserait penser qu'il n'est pas aussi résistant que décrit en mine. C'est sans doute un caractère de tenue relatif par rapport aux argilites. Il semble peu probable qu'il puisse donc armer le toit de la mine de façon notable.

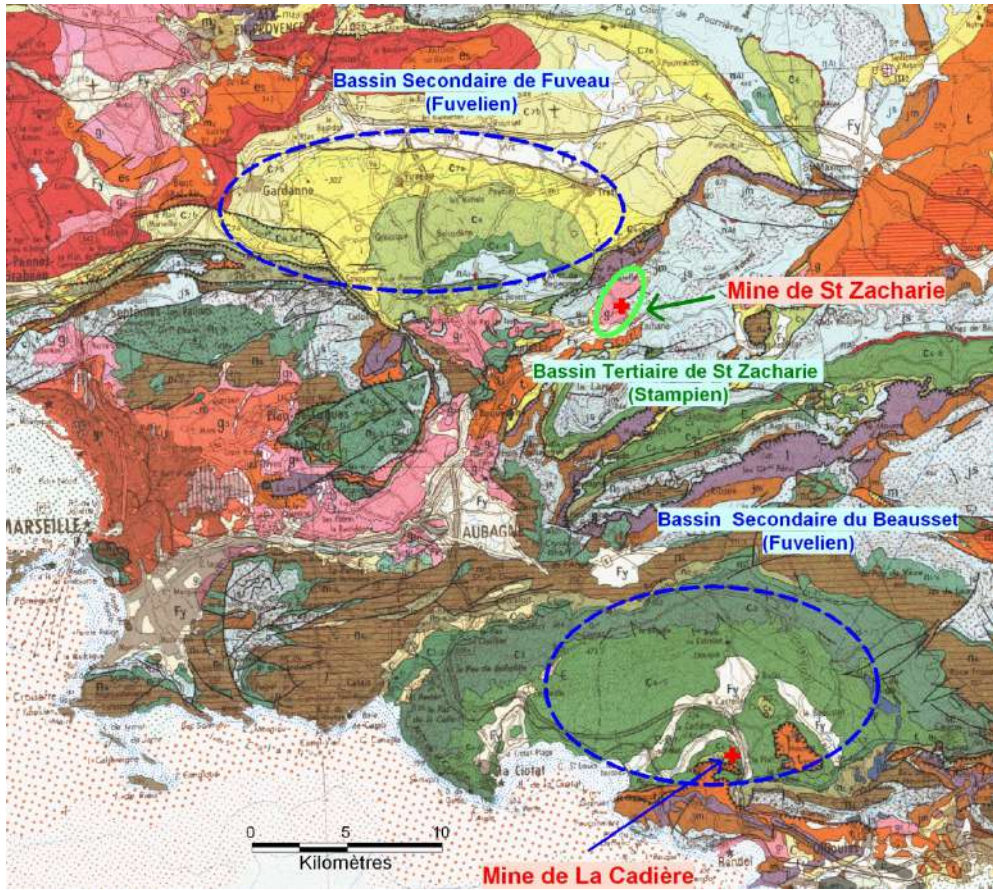


Figure 3 : Situation géologique des travaux miniers de Saint-Victor étudiés sur fond carte géologique 1/1 000 000 BRGM.

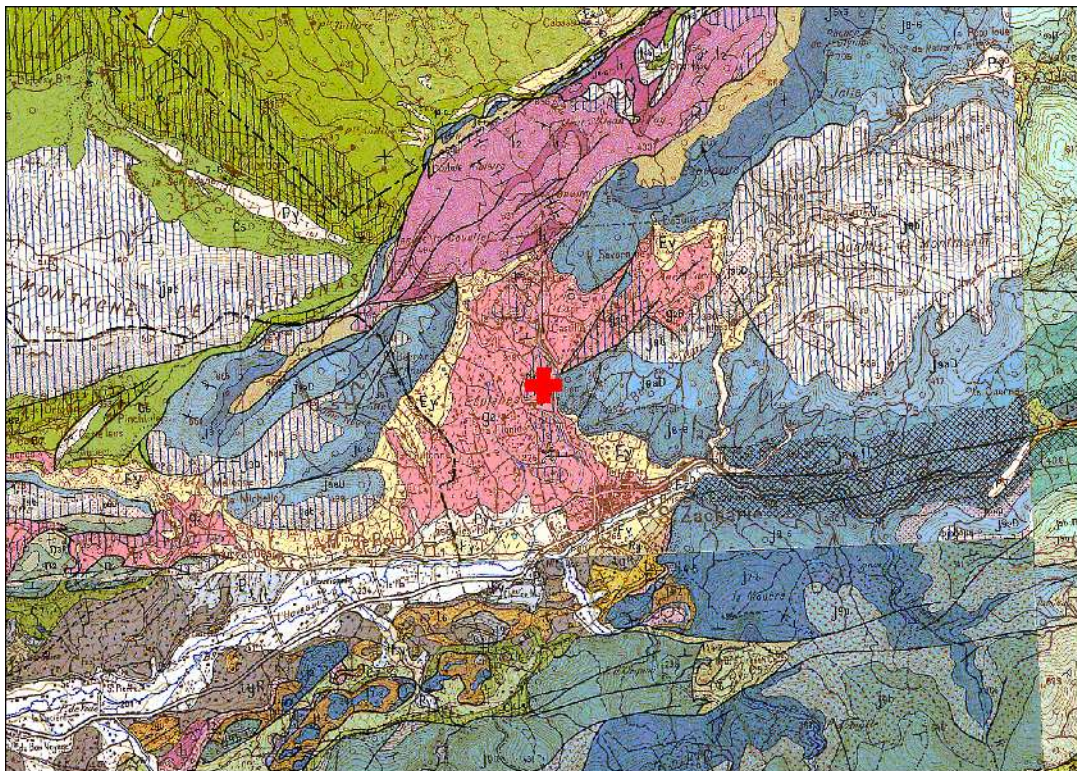


Figure 4 : Situation géologique des travaux miniers de Saint-Victor étudiés sur fond carte géologique 1/50 000 BRGM

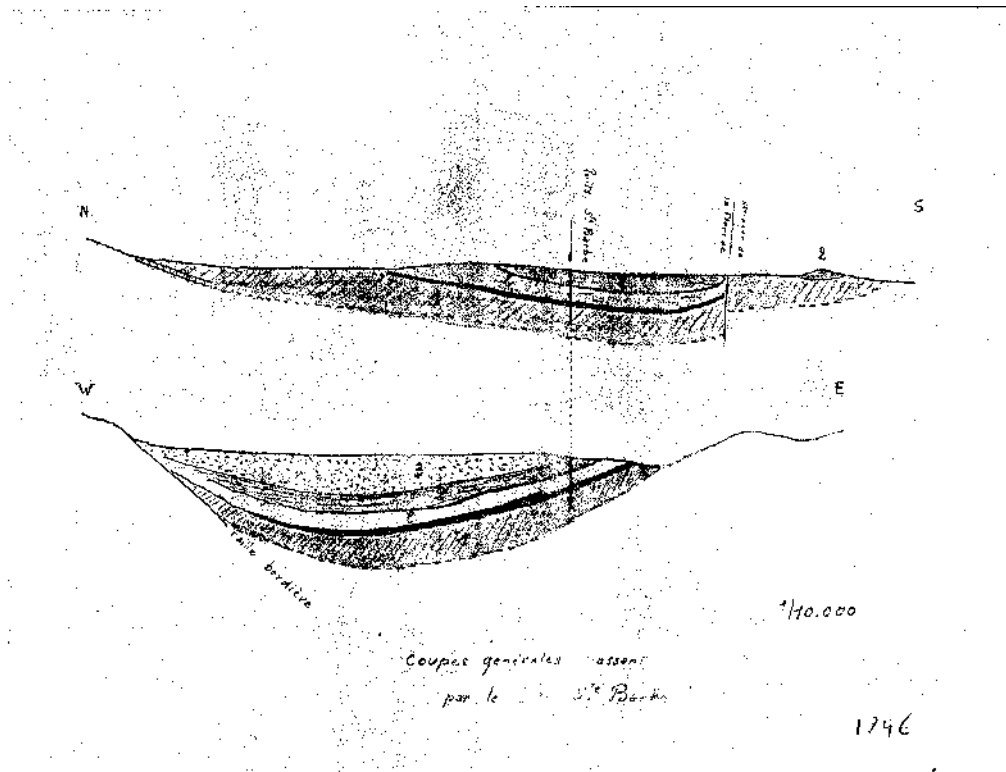


Figure 5 - Coupe géologique du bassin de Saint-Victor (légende figure suivante)

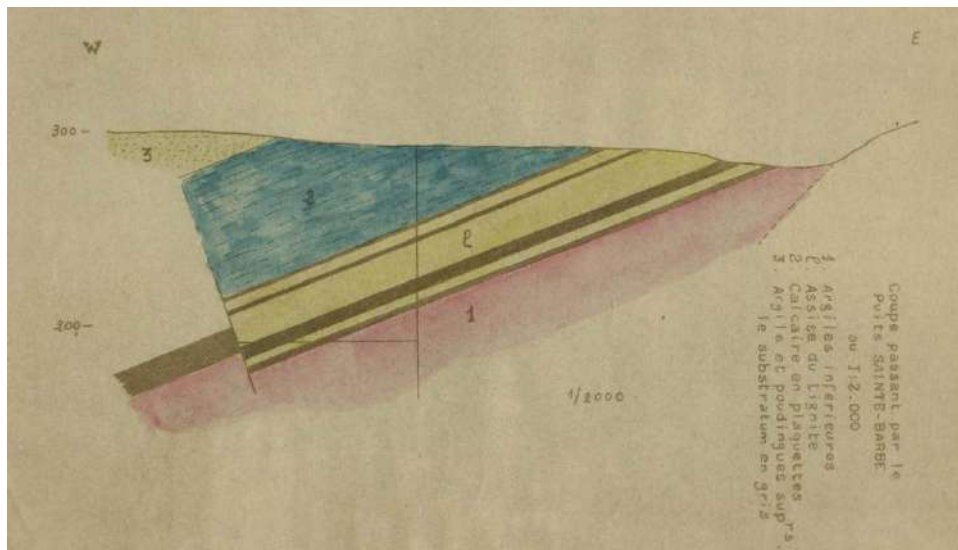


Figure 6 - Morphologie générale du flanc est du bassin de Saint-Victor (source Archives DREAL).

4.2 Gîtologie du lignite de Saint-Victor

Le faisceau de lignite de Saint-Victor, encaissé par des formations lithologiques décrites au paragraphe précédent, est constitué par cinq couches principales énumérées ci-après constituées de lignite et d'intercalaires d'argilites (cf. figure 7) :

- couche Quatre pans ;
- couche Marguerite ;
- couche Grand'Mine ;
- couche n°4 ;
- couche Venette

Les couches présentent un pendage moyen de 25° vers l'ouest-nord-ouest, une épaisseur comprise entre 1 et près de 9 m dans lesquelles les veines de lignite évoluent respectivement entre 0,6 et 5 m (cf. tableau 2). Comme le montre la figure 7, la couche Grand'Mine et la couche n° 4 semblent se fusionner en profondeur. D'après les coupes, l'épaisseur de l'intercalaire entre la couche Quatre Pans et Marguerite est d'environ 4 à 6 m. Une vingtaine, voire trentaine de mètres, séparent ensuite la couche Marguerite de la couche Grand'Mine.

Couche	Epaisseur couche (m)	Epaisseur veine lignite (m)	Epaisseur intercalaire (m)
Quatre Pans	1	0.6	-
Marguerite	2.2	1.8	Int Q- M = 5
Couche Grand'Mine	2.2	1.6	Int GM - Q = 30
Couche n° 4	1.75	1.45	Int 4 - GM = 15
Grand'Mine + n° 4	8.45	5.2	-
Venette			Int V - 4 = 15

Tableau 2 : Puissance des couches de lignite.

Par manque d'informations précises, il est difficile de savoir si ces différentes couches ont été exploitées ou pas et où dans la mine. Selon les plans miniers, les exploitations « récentes » ont concerné les couches Quatre pans, Marguerite, Grande Mine et localement la veine n°4. La couche Venette n'aurait été que reconnue. Les plans des travaux « anciens » ne différencient pas les couches exploitées. Il semble néanmoins que la couche Grand Mine fut la principale voire la seule couche exploitée.

Le lignite de Saint-Victor présente des teneurs d'environ 56% en matières volatiles, 12% de cendres et 33% de carbone. A noter que ce lignite s'associe à des schistes bitumineux ayant fait l'objet de test de distillation en 1893 à une échelle pilote sur le site.

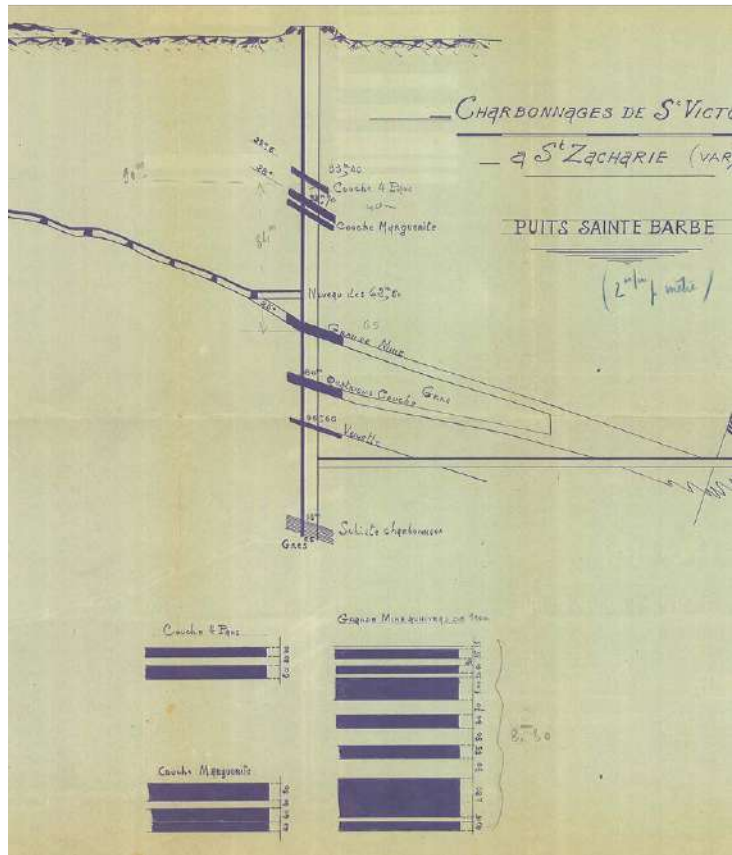


Figure 7 : Coupe schématique du faisceau lignitifère (source Archives DREAL)



Figure 8 : Affleurement du faisceau lignitifère

5 HYDROGEOLOGIE MINIERE

La nature argileuse des terrains n'est *a priori* pas favorable au développement d'un aquifère. La circulation des eaux souterraines ne peut se faire que dans les formations carbonatées fracturées. Dans la mine, elle est effectivement décrite comme étant de nature karstique. Les venues d'eaux sont irrégulières, imprévisibles et généralement associées à des karsts décrits lors de l'exploitation comme des failles dont les épontes sont argilisées et de véritables réservoirs d'eau baptisées « Mouillères ». Parfois, ces venues d'eau sont associées à des coulées boueuses. Lors de l'exploitation, les débits d'exhaure, assurée par bennes, sont notés comme étant d'en moyenne 15 m³/h en été et 30 m³/h l'hiver, pouvant aller jusqu'à 80 m³/h.

Les ouvrages repérés sur le terrain sont à sec, notamment le puits Sainte-Barbe, en tout cas en saison sèche. Bien qu'aucune étude hydrogéologique ne soit disponible, l'ensemble de ces informations laissent suggérer qu'une partie non négligeable de la mine n'est pas ennoyée.

6 HISTORIQUE ET DESCRIPTION DES TRAVAUX MINIERS

6.1 Historique administratif et d'exploitation

6.1.1 Période de 1826 à 1933

La concession de Saint-Victor a été instituée par ordonnance royale le 20/12/1826 à la compagnie des Produits Chimiques et Electro-Métallurgique Alais-Frogès et Camargue dont le siège social était à Lyon (9, avenue Grolée).

Entre 1826 et 1892, la mine a été exploitée de façon discontinue. En 1852, le puits Sainte-Barbe est foncé jusqu'à 130 m de profondeur. Cette même année, un éboulement se produit à l'étage 100 obligeant l'exploitation à se maintenir jusqu'au niveau 67 et ceci jusqu'en 1872. A cette période, une importante venue d'eau dans la mine rend l'extraction et l'épuisement (exhaure) impossibles. Une reprise est entamée en 1882 mais s'arrête dès 1883. En 1893, le pompage et l'exploitation sont repris au niveau 67 avec une production de 20 à 25 tonnes. En 1894, un incendie au sein des travaux miniers n'est éteint qu'après l'arrêt de l'exhaure. En 1896, l'exploitation est reprise mais est de nouveau rapidement interrompue par un nouvel incendie qui engendra la destruction des boisages.

La mauvaise qualité du lignite, l'irrégularité des couches, les venues d'eau et la mauvaise qualité de tenue des terrains, les incendies amènent l'exploitant à la faillite.

En 1917, la mine est vendue à la Société Electro-Métallurgique Française, avec approbation par décret du 17 avril 1920. L'activité reprend avec l'installation d'un treuil à vapeur sur le puits Sainte-Barbe. En 1919, devant les difficultés rencontrées les travaux sont définitivement arrêtés. La renonciation à la concession est accordée par décret du 1er novembre 1935.

Durant cette première période, il a été foncé la descenderie dite « ancienne » dans les archives, le puits du Noyer et le puits Sainte-Barbe, ainsi que quelques cheminées d'aération non dénombrées et non décrites. En surface, des bâtiments de tailles réduites ont été construits abritant une bascule, le treuil à vapeur, les bureaux et des ateliers.

Le lignite était transporté par charrette jusqu'à la gare d'Auriol d'où il était acheminé vers Marseille pour un usage domestique. A noter qu'en 1893 des essais de distillation du lignite pour en extraire des « huiles » de graissage ont été réalisés sur le site.

6.1.2 Période de 1941 à 1946

L'activité reprend entre 1941 et 1946, sous le couvert d'une autorisation de recherches dénommée « Saint-Zacharie ». Les infrastructures du projet d'exploitation alors établi sont réalisées à savoir une descenderie et une galerie de sortage. Aucune production n'est déclarée durant cette période dans les archives. Néanmoins, les plans des travaux miniers laissent supposer une exploitation au moins partielle, avec une production de lignite (non déclarée en période de guerre ?).

En parallèle, des bâtiments « modernes » sont construits. Mais durant cette période, des problèmes d'exploitation identiques à ceux de la première période sont rencontrés et les travaux sont alors stoppés.

6.2 Descriptions des travaux miniers et méthodes d'exploitation

Les travaux miniers se sont étendus entre la surface et 100 m de profondeur environ.

Il n'existe pas de documents (ni texte, ni plan) faisant la synthèse du déroulement de l'exploitation de la mine durant ses deux périodes majeures. Le recoupement des plans permet cependant de reconstituer cette histoire mais sans certitude.

Avant les années 1940, l'exploitation aurait débutée sur la partie sud du gisement depuis l'affleurement à l'est puis en s'approfondissant vers l'ouest (cf. figure 9). A ce niveau, l'exploitation peu profonde aurait été réalisée autour du puits du Noyer et de la galerie P16. La progression vers l'ouest aurait été conduite à partir de l'« ancienne descenderie » puis à partir du puits Sainte-Barbe (cf. figures 10 et 11).

A partir des années 1940, l'exploitation a été menée sur la partie nord du gisement depuis les affleurements à l'est en superposition avec les travaux anciens et toujours en s'approfondissant vers l'ouest mais à partir d'infrastructures nouvelles ; la descenderie Sainte-Berthe et le plan de sortage (cf. figure 12).

Selon les rares évocations dans les rapports d'ingénieurs des mines, l'exploitation était menée par chambres et piliers abandonnés avec remblayage total. L'observation des plans miniers confirme simplement l'absence de schéma d'exploitation et la présence de piliers résiduels de tailles variables, en particulier dans la partie de l'exploitation ancienne de l'est-sud-est. En raison de l'ancienneté des travaux (1826 à 1933), le schéma d'exploitation ne devait probablement pas être régulier. Quant à la pratique du remblayage, elle apparaît cohérente avec le faible volume des versées observées. Néanmoins, toujours en raison de l'ancienneté des exploitations, il est probable que le remblayage n'ait pas été systématique.

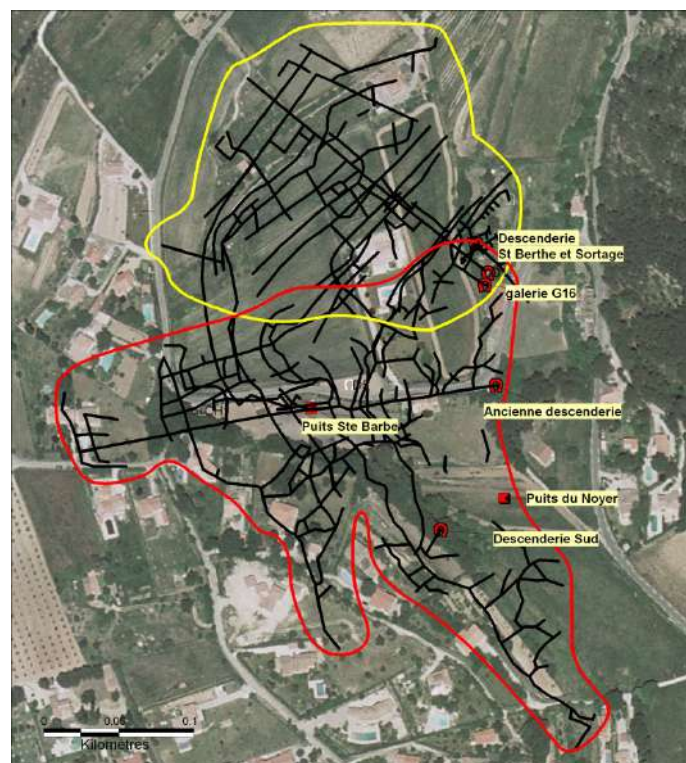


Figure 9 : Enveloppe des travaux : en rouge avant 1940, en jaune après 1940

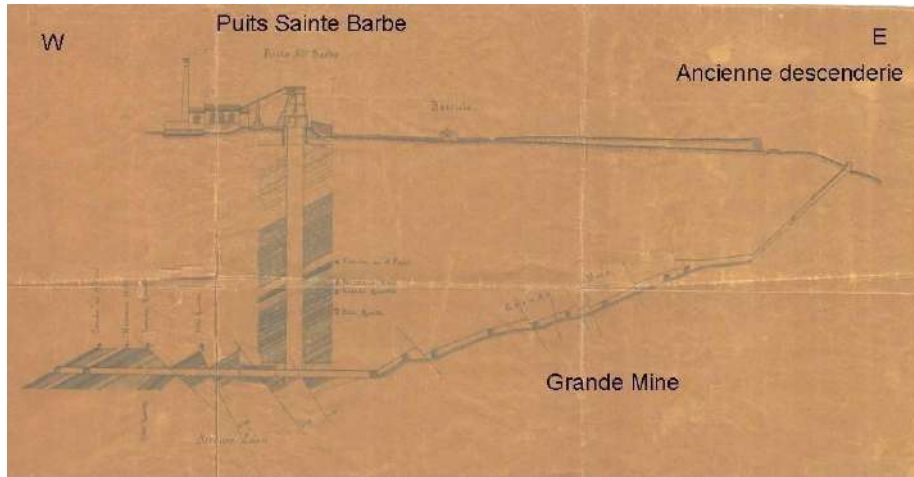


Figure 10 : Coupe EW de l'exploitation avant 1940

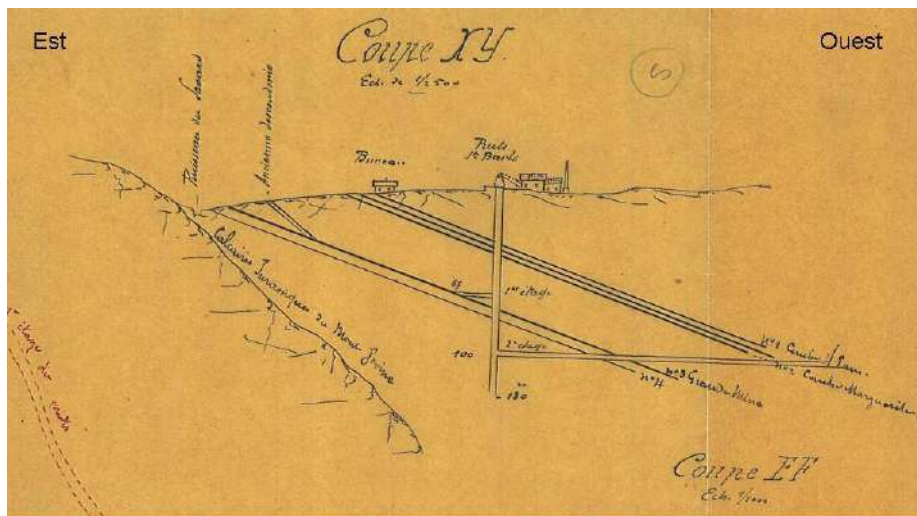


Figure 11 : Coupe EW inversée de l'exploitation avant 1940

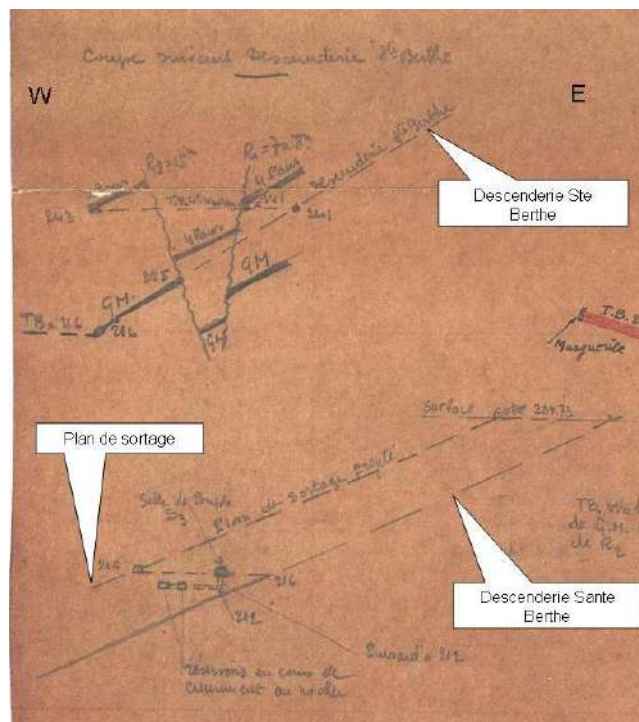


Figure 12 : Coupe EW de l'exploitation après 1940

7 PRODUCTION

La production totale notée au sein des archives de la DREAL est d'environ 20 000 tonnes (cf. tableau 3).

Année de production	tonnes
1892	1 776
1893	5 672
1894	1 191
1895	3 974
1896	4 762
1897	636
1898-1917	néant
Période 1941-1945	néant
Tonnage total	20 000 t

Tableau 1 : Estimation des tonnages produits par la concession de Saint-Victor.

La production était écoulee principalement sur la région marseillaise pour le chauffage domestique. Elle était transportée par charrette jusqu'à la gare d'Auriol sur une distance de 8 km, puis par train jusqu'à Marseille sur une distance d'une trentaine de kilomètres.

Le test pilote d'essais *in situ* (carreau de la mine) de distillation du lignite pour en extraire des « huiles » réalisé en 1893 n'a jamais été poursuivi. Il n'a donc pas dû donner une quelconque production.

8 ETAT ACTUEL DES SITES

8.1 Ouvrages débouchant au jour

Au total, 16 ouvrages débouchant au jour (ODJ) ont été répertoriés sur le secteur étudié ; 2 puits, 3 cheminées d'aérage, 3 entrées de galeries et 8 descenderies. Parmi ces 16 ODJ, 5 ont été matérialisés en surface et 11 n'ont pu être localisés uniquement qu'à l'aide des plans disponibles.

Les caractéristiques des ouvrages débouchant au jour sont indiquées dans le tableau 4 suivant et les photographies des ouvrages matérialisés ou localisés sont présentées en annexe 1.

Préalablement à la renonciation de la concession, le Services des Mines avait demandé à l'exploitant de réaliser des travaux de mise en sécurité, notamment par la fermeture définitive des ODJ. C'est alors que furent réalisés en 1933 :

- sur le puits Sainte-Barbe la mise en place d'une dalle de béton de 3 x 4 m, d'une épaisseur de 0,2 m dans laquelle ont été noyés 11 rails Vignole de 38 kg/m. Cette dalle était entourée par un muret pour éviter à tout véhicule d'y circuler. Aujourd'hui, le muret n'est plus visible et autour de cette dalle a été construit un mur en parpaing de deux mètres de haut, équipé d'une porte fermée par un cadenas. La dalle constitue sans doute encore le plancher de cet enclos ;
- la fermeture de la descenderie Sainte-Berthe par une grille. À ce jour, cette grille est fermée par un cadenas ;
- la fermeture de la galerie de sortage par un mur en briques ;
- la fermeture de la descenderie dite « Ancienne » (D3) par un mur en maçonnerie de 0,5 m d'épaisseur en retrait de l'entrée. Cette dernière fut ensuite comblée et talutée.

Aucune autre donnée sur le traitement des autres ouvrages débouchant au jour n'a été répertoriée dans les archives.

Id. ODJ	CH1	CH2	D1	D2	D3	D4	D5	D6	G1	P1	P2	D6	D7	G2	G3	CH3
Nom	Cheminée	Cheminée nord	Descenderie Sainte-Berthe	Plan de sortage	Ancienne descenderie	Descenderie Sud	Descenderie P13	Descenderie P13bis	Galerie P16	Puits St Barbe	Puits du Noyer	Ancienne descenderie	Ancienne descenderie	Galerie Neuve	Galerie ancienne	Puits d'aerage
X (RGF93)	918 757	918 964	918 948	918 942	918 954	918 916	918 869	918 900	918 948	918 830	918 975	918 920	918 914	918 961	918 974	918 930
Y (RGF 93)	6 258 614	6 258 753	6 258 704	6 258 724	6 258 629	6 258 533	6 258 630	6 258 646	6 258 696	6 258 615	6 258 546	6 258 581	6 258 568	6 258 710	6 258 683	6 258 517
Z NGF (m)	298	292	290	290	285	286	296	296	290	296	275	286	286	290	285	287
Visible (Oui/Non)	oui (supposée)	non	oui	oui	non	oui	non	non	non	oui	non	non	non	non	non	non
Source position	GPS	Plan n°14	GPS	GPS	Plan n°6	GPS	Plan n°1	Plan n°13	Plan n°6	GPS	Plan n°6	Plan n°18	Plan n°18	Plan n°16	Plan n°16	Plan n°18
Incertitude	10 m	10 m	2 m	2 m	10 m	2 m	10 m	10 m	10 m	2 m	10 m	10 m	10 m	10 m	10 m	10 m
Type	cheminée	cheminée	descenderie	descenderie	descenderie	descenderie	descenderie	descenderie	galerie	puits	puits	descenderie	descenderie	galerie	galerie	cheminée
Date de fonçage (estimation)	1890 ?	1890 ?	1941	1941	1890	1890	1890	1890	1890	1852	1890	1890	1890	1890	1890	1890
Section	∅ = 1 m	∅ = 1 m	6 m ² 2.6 x 2.1 m	6 m ² 2.6 x 2.1 m	? (4 m ²)	? (4 m ²)	? (2 à 3 m ²)	? (2 à 3 m ²)	? (2 à 3 m ²)	4 m x 3 m (=dimension de la dalle)	? (2 à 3 m ²)	? (2 à 3 m ²)	? (2 à 3 m ²)	? (2 à 3 m ²)	? (2 à 3 m ²)	? ∅ = 1 m
Profondeur	< 50 m	< 25 m	-	?	-	-	-	-	-	47 m (130 m à l'origine)	10 m	-	-	-	-	< 25 m
Emergence	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non
Observations	Supposé ou bien puits à eau ??	Tassement des remblais d'après un témoignage oral	Inclinaison 40° Bétonnée sur 80 m Obturée par grille en fer cadencée	Inclinaison 40° Obturée par béton à l'entrée et mur en parpaing °	Mur en maçonnerie, d'après archives	Obturée par mur et remblais	Possible même descenderie mais emplacement distant de 35 m entre plans 1 et 13		Eboulé à 100 m en 1852. Profondeur de 47 m mesurée. Maçonné au moins au début.	-	-	-	-	-	-	-
Photographie en annexe 1	-	-	Photos 3 et 4	Photos 5 à 8	-	Photo 2	Photo 9		-	Photo 1	Photo 10	-	-	-	-	-

Tableau 4 : liste et caractéristiques des ouvrages débouchant au jour recensés

8.2 Les désordres

8.2.1 Les mouvements de terrain

Durant l'exploitation, les procès-verbaux de visite constatent de nombreux éboulements qui perturbent l'activité. A noter en particulier, l'éboulement du puits Sainte-Barbe en 1852 avec un auto-remblaiement ne permettant la reprise de l'exploitation qu'à l'étage 67 (au niveau de la couche Grande Mine).

Ces phénomènes traduisent une mauvaise tenue des terrains encaissant les couches de lignite. Néanmoins, seulement 5 désordres ont été recensés. Ils sont de deux types (cf. tableau 5), à savoir des effondrements localisés et des cuvettes d'affaissement.

Effondrement localisé :

Deux effondrements (Fo1 et Fo2) sont décrits dans un procès-verbal d'un ingénieur des TPE du 04/12/1941. Il était à proximité immédiate l'un de l'autre et présentaient 5 m de diamètre pour 5 à 8 m de profondeur. Situés à l'est de la descenderie de sortage, aucune trace de ces effondrements n'est visible à ce jour.

Un troisième effondrement a été observé sur le terrain (Fo3 - photo 11 annexe 1). Il s'agit d'un petit cratère de 2 m de diamètre et de 1 m de profondeur qui semble être un fontis en partie comblé en contrebas de l'ancien chemin. Sa liaison avec les travaux miniers n'est pas évidente.

Affaissement

Deux cuvettes d'affaissement (Aff 1 et Aff 2) d'amplitude d'environ 1 m sont observables dans un champ à l'ouest du groupe des descenderies D1 et D2 et de la galerie P16. Elles sont de forme allongées (20 m de longueur, 10 m de largeur) et globalement orientées NE-SW (photo 12 annexe 1). Elles se marquent dans le paysage par une bande de végétation plus verdoyante et sont nettement matérialisables l'hiver sans végétation.

Type de désordres	Réf	Observable	Dimensions	Prof. des travaux	X (RGF93)	Y (RGF93)
Effondrement localisé	Fo1	non	Diam = 5 m P = 5 à 8 m	< 15 m	918 949	6 258 724
Effondrement localisé	Fo2	non	Diam = 5 m P = 5 à 8 m	< 15 m	918 949	6 258 724
Effondrement localisé	Fo3	oui	diam 2 m P = 1 m	< 25 m	918 935	6 258 757
Affaissement	Aff 1	oui	L = 20 m l = 10 m P = 1 m	25 - 30 m	918 922	6 258 691
Affaissement	Aff 2	oui	L = 20 m l = 10m P = 1 m	25 - 40 m	918 910	6 258 737

Tableau 5 : caractéristiques des désordres recensés

8.2.2 Feux souterrains

Des feux de couche spontanés nombreux et importants sont signalés durant toute l'activité de la mine et dans tous les secteurs. Ils sont décrits comme provenant d'un banc d'argile au toit des couches de lignite renfermant quelques minces filets de lignite dont l'inflammabilité est extrême. L'exploitant considérait qu'il était illusoire d'essayer d'éteindre ces feux. Ils se déclaraient principalement dans les quartiers de la mine déjà exploités, sans doute en conséquence de l'invasion d'air frais. Le blocage de leur développement et de l'envahissement par les gaz de combustion était réalisé par la construction de barrages de cendres brûlées provenant des haldes.

A noter qu'en 1894 puis en 1896, des incendies nécessitant l'envoyage de la mine pour les éteindre avaient eu pour conséquence la faillite de la mine. D'autres incendies sont aussi décrits en 1944 et 1945.

8.2.3 Venues d'eau au fond : les mouillères

Les caisses de faille correspondent à des zones, les mouillères, de roches altérées et argilisées, sont des secteurs de circulation privilégiée des eaux nécessitant au fond des travaux de soutènement particulier. En 1872, des venues d'eau par les mouillères importantes nécessitaient l'arrêt de l'exploitation.

8.3 Les dépôts

Il existe sur la concession trois sites où des verses peuvent être observées et un site présumé. Il s'agit de matériaux de couleur grise, fins constitués d'un mélange de « terre » et de lignite sortis de la mine et déversés à proximité des ODJ. Ces verses ne représentent que de faibles volumes d'épaisseur estimée entre 2 et 3 m. Sont distingués :

- la verse du puits Sainte-Barbe (V1 - photo 13 annexe 1) qui se développe sur une surface d'environ 25 x 170 m. Elle est remodelée, plate et occupée par un jardin ;
- la verse du puits de la descenderie sud (V2 - photo 14 annexe 1) qui se limite à une surface de 15 x 15 m. Terreuse grise avec de débris charbonneux, elle est située sur le talus en rive droite du ruisseau et recouverte en partie par la végétation naturelle arborée ;
- la verse de l'ancienne descenderie (V3) qui se développe sur environ 35 x 75 m vers le nord Les bâtiments de la mine ont sans doute été construits en partie sur cette verse. De même composition que les deux précédentes, elle est recouverte par une végétation de ronces impénétrables et en partie d'une pinède ;

- la verse du puits du Noyer (V4) qui n'est dessinée qu'à partir de la couleur plus sombre des terrains observés sur une surface d'environ 20 x 20 m ;
- la verse V5 matérialisée par la présence des scories éparses sur une surface de 15 x 15 m environ au sein de petites carrières de calcaire massif jurassique à proximité du site de la mine. Ce dépôt ne présente pas un volume notable.

8.4 Bâtiments

Les bâtiments de la mine construits ou restaurés dans les années 1940, ou vendus et transformés en habitation sont globalement en bon état. Ils sont constitués par :

- **B1** (photos 15, 16 et 17 annexe 1) : les bâtiments des machines du puits Sainte-Barbe qui comprennent des bâtiments en briques, la partie inférieure d'une cheminée carrée, le puits de mine aménagé en puits pour eau inclus dans des murs en parpaings ;
- **B2** (photo 15 annexe 1, bâtiment de gauche) : la forge et les bureaux (dits « ferme Martinez ») aujourd'hui transformés en habitation ;
- **B3** (photo 18 annexe 1) : la salle des machines de la descenderie Sainte-Berthe correspondant à des bâtiments utilisés comme entrepôts agricoles ;
- **B4** (photos 19 et 20 annexe 1) : les petits bâtiments annexes tels que la lampisterie... construits dans les années 1940 ;
- **B5** (photo 22 annexe 1) : le bassin de récupération des eaux d'exhaure bâti par des murs en blocs de roche cimentés et observé vide ;
- **B6** (photo 21 annexe 1) : les tremies, imposant bâtiment d'environ 10 m de haut en béton armé surmonté par des murs en parpaings.

9 CARTOGRAPHIE INFORMATIVE

9.1 Supports cartographiques et incertitudes de localisation

Les informations cartographiques relatives au site (fond et surface) sont disponibles à plusieurs échelles, entre autres :

- BD Ortho[®] de l'IGN (PVA de 2008) avec une résolution de l'ordre de 50 cm et une précision de l'ordre de 3 m ;
- SCAN 25[®] de l'IGN à l'échelle du 1/25 000 ;
- plans papiers issus des archives.

Pratiquement, sur le secteur d'étude, 29 plans et coupes à échelle diverses et datant du XIX^{ème} siècle et du XX^{ème} siècle ont été recensés dans les archives. Ils renseignent de façon relativement complète sur les différentes phases de la vie de la mine.

Ils ont été numérisés, intégrés dans les archives GEODERIS, et leur synthèse digitalisée et reportée sur la planche hors texte à l'échelle du 1/2 500.

On y distingue en particulier :

- des galeries dessinées sur six niveaux d'exploitation ;
- des ouvrages débouchant au jour avec descenderies, puits, galeries ;
- des verses ;
- des bâtiments liés à l'exploitation.

Les cotes des ouvrages de la mine sont peu abondantes, pas toujours cohérentes et souvent incorrectes sur les plans. Seules leurs valeurs relatives seront valorisables.

Ces plans ne sont que très peu renseignés. Un seul d'entre eux semblerait correspondre à la période de travaux récents de 1941-1946, bien que l'absence de tonnage décrite dans les archives ne corresponde pas aux secteurs de traçage reproduit sur le document.

Les plans de la concession de Saint-Victor à l'échelle du 1/1 000 des deux périodes, jugés les plus pertinents, ont été géoréférencés en appliquant une transformation d'ordre 1 (rotation / translation). Les relevés GPS des ouvrages débouchant en surface (GEODERIS) consolidés sur la BD Ortho[®] de l'IGN, dont l'incertitude de positionnement a été estimée à 3 m, ont constitué les principaux points de calage du plan. A défaut d'ouvrage matérialisé en nombre suffisant pour caler les plans, ce sont les repères topographiques du SCAN 25[®] de l'IGN ou des photographies aériennes (routes, carrefours, anciens bâtiments...) qui ont été utilisés comme points de référence.

Bien que peu de points d'amer (3 à 4 par plan) sont utilisables, la comparaison des calages des plans les uns par rapports aux autres basée sur les points d'amer montre un ensemble cohérent avec des écarts inférieurs ou égaux à 10 m. Par conséquent, l'incertitude de localisation des travaux miniers est estimée à **10 m**.

Afin d'obtenir un rendu suffisamment précis des informations et des futurs résultats, l'échelle de restitution cartographique choisie est le 1/2 500 sur fond BD Ortho[®] de l'IGN (prise de vue de 2008) pour l'ensemble des travaux (cf. annexe 5). Cette échelle, conforme aux données disponibles (tout agrandissement serait inadapté), permet de rendre compte de façon lisible les informations les plus complètes (plans d'exploitation, ouvrages débouchant en surface, désordres de surface, etc.) et référençables sur la BD Ortho[®].

9.2 Système d'information géographique

Les éléments reportés sur la carte informative sont disponibles sous la forme d'un Système d'Informations Géographiques (SIG) établi sous un environnement MapInfo 8.5[®]. Le système de coordonnées est le France Lambert 93. Ce SIG est composé des couches cartographiques suivantes :

- BD Ortho[®] de l'IGN (prise de vue de 2008) ;
- les limites des communes ;
- les limites des concessions ;
- les ouvrages débouchant au jour (puits ou entrées de galeries) en précisant s'ils sont matérialisés ou localisés (cf. remarque ci-après) ;
- les courbes topographiques ;
- le tracé estimé des affleurements des couches minéralisées ;
- les désordres en surface ;
- les zones de dépôts ;
- l'enveloppe des travaux ;
- les travaux miniers souterrains digitalisés à partir des plans des travaux miniers géoréférencé ;

Remarque : les définitions des ouvrages débouchant au jour matérialisés, localisés et non localisés sont issues de la circulaire ministérielle du 6 janvier 2012 (NOR : DEVP1134619C) relative à la prévention des risques miniers résiduels, à savoir :

- Un ouvrage « matérialisé » : *ouvrage qui a effectivement été retrouvé en surface et dont les coordonnées ont pu être relevées au GPS ou dGPS ;*
- Un ouvrage « localisé » : *ouvrage qui n'a pas été retrouvé sur le terrain mais dont les coordonnées sont connues (archives ou exploitant) et comportant une incertitude de positionnement ;*
- Un ouvrage « non localisé » : *ouvrage répertorié dans les archives qui n'a pas été retrouvé sur le terrain et qui n'a aucune coordonnée connue.*

PHASE D'ÉVALUATION DES ALÉAS

10 LISTE DES PHENOMENES

L'étude détaillée des aléas est réalisée selon le guide méthodologique (cf. [6]) validé par l'administration et est conforme aux textes réglementaires qui précisent notamment la nature des aléas et risques pris en compte :

Les risques pris en compte (...) sont notamment, les suivants : affaissements, effondrements, fontis, inondations, émanations de gaz dangereux, échauffement, pollutions des sols ou des eaux.

On notera que la mention, dans la réglementation, de l'adverbe « notamment » implique que la liste, quoique largement représentative des risques miniers, n'est pas strictement exhaustive et peut éventuellement être complétée.

Les informations rassemblées lors de la phase informative nous permettent d'identifier les différents aléas qui seront à retenir pour la deuxième phase de l'étude (analyse détaillée des aléas). D'après les connaissances acquises et la rétroanalyse effectuée sur d'autres districts miniers très similaires, les scénarii accidentels ont été examinés pour en déterminer les intensités potentielles, les crédibilités de survenance et évaluer, ainsi, les niveaux d'aléas qui leur incombent.

11 ALEAS ECARTES

11.1 Les phénomènes de type « mouvements de terrain »

11.1.1 L'effondrement généralisé

Un effondrement généralisé correspond à un abaissement brutal de la surface qui se traduit par une rupture franche des terrains. On parle d'effondrement en masse ou généralisé lorsqu'il concerne une zone étendue en surface (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres d'extension).

Ce type d'effondrement se produit dans des exploitations partielles ayant laissé des vides résiduels conséquents et dont l'extension latérale est suffisante (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres d'extension), dans des gisements en plateaux ou faiblement pentés.

Sur le site étudié, l'absence de schéma d'exploitation régulier et les dimensions variables des piliers résiduels mis en évidence localement par les plans miniers ne favorisent pas une rupture en masse de piliers, puisque les sollicitations ne sont, de ce fait, pas réparties de manière homogène au fond.

De plus, un effondrement généralisé ne peut se produire que dans le cas d'une rupture brutale des terrains de recouvrement, ce que ne permet pas la nature argileuse de la majorité du recouvrement. Concernant le niveau de calcaire coquillier lacustre, la carte géologique localise des lentilles de calcaires qui seraient susceptibles de correspondre à ces bancs calcaires. Ils ne surplombent les travaux que localement.

L'aléa effondrement généralisé est donc écarté pour le site étudié.

11.1.2 Les phénomènes d'instabilités de pente

Les instabilités de pente regroupent plusieurs phénomènes :

- Les glissements de terrain, qui concernent principalement les massifs de matériaux meubles ou faiblement cohérents. L'intensité dépend généralement des quantités de matériaux déplacés, mais aussi de la profondeur de la surface de glissement ;
- Les coulées boueuses, qui sont des glissements superficiels pour lesquels, du fait de leur quasi-liquidité, les matériaux peuvent se propager sur de très grandes distances ;
- Les effondrements, éboulements, écroulements et chutes de blocs associées qui concernent plus spécifiquement les falaises ou talus rocheux (fronts de mine à ciel ouvert).

Les dépôts du secteur d'étude ne représentent que de faibles volumes dont l'épaisseur est estimée entre 2 et 3 m. Les modifications du terrain naturel observées ne sont pas d'ampleur à induire des instabilités de pentes. Cet aléa n'est donc pas retenu sur la mine de lignite de Saint-Victor.

11.2 Les phénomènes autres que les mouvements de terrain

11.2.1 L'inondation

Les éléments décrits au paragraphe relatif à l'hydrogéologie permettent de conclure à la stabilité des eaux suite à l'envoyage partiel des travaux. De plus, lors de l'exploitation,

l'exhaure était assurée mécaniquement et non par un écoulement gravitaire assuré par une galerie dédiée. Le puits Sainte-Barbe exploité pour l'eau d'arrosage est sec en saison sèche. Pour ces raisons, l'aléa inondation est écarté sur le site étudié.

11.2.2 Gaz de mine

Il n'est jamais fait allusion à du grisou (CH_4) dans la mine de Saint-Victor. Le souci permanent des mineurs était d'assurer un équilibre entre une ventilation qui les mettait à l'abri d'asphyxie due à la concentration de CO/CO_2 produit par les combustions souterraines et une ventilation trop importante qui permettait le développement de feux de travaux.

En effet, dans la descenderie Sainte-Berthe il a été mesuré une augmentation de la concentration en CO_2 pour atteindre 1 % à 50 m de profondeur.

Considérant qu'une partie des vides miniers n'est pas ennoyée, et en l'absence potentielle de ventilation naturelle, il est possible que ces derniers puissent néanmoins accumuler de petites poches de CO_2 . L'étude des aléas de 2009 avait retenu à titre conservatoire la possibilité de migration et d'émission de ce gaz par les ouvrages débouchant au jour ouverts. Un manque de retour d'expérience sur les anciennes exploitations minières a amené à engager une réflexion sur le sujet. En 2015, un guide méthodologique d'évaluation de l'aléa gaz de mine a été produit (cf. [7]).

Selon ce guide, la configuration du site minier étudié ne prédispose pas à être émettrice de gaz de mine (volume de vides non ennoyés restreints, topographie très peu marquée et absence de CH_4). L'aléa « gaz de mine » y est écarté. Néanmoins, la présence d'air désoxygéné et de gaz carbonique au sein des travaux est à garder en mémoire car elle peut présenter un risque corporel en cas de pénétration dans ces derniers, comme toute cavité non ventilée. Un rapport relatif à ce type de conditions de site comporte des préconisations adaptées au risque corporel (cf. [12]).

12 ALEAS RETENUS

Plusieurs phénomènes prévisibles sont retenus sur le secteur d'étude. Ils sont de type « **mouvements de terrain** » (affaissement, effondrement localisé, tassement) et « **échauffement** ».

12.1 L'affaissement

L'affaissement se manifeste par un réajustement des terrains de surface induit par la rupture de quartiers miniers souterrains. Ce type de manifestation concerne souvent les exploitations menées à grande profondeur et sur des extensions horizontales importantes. Les désordres en surface, généralement lents et progressifs, prennent la forme d'une dépression topographique qui présente une allure de cuvette, sans rupture cassante importante.

Ce phénomène est limité dans le temps (quelques années) lorsqu'il est volontairement provoqué par la méthode d'exploitation. En revanche, les désordres peuvent se produire plusieurs années ou décennies après la fermeture des mines lorsque l'exploitation est « partielle » (présence de piliers ou de massifs de maintien de l'édifice souterrain qui peuvent se dégrader avec le temps).

Peu de documents précisent la méthode d'exploitation employée sur la mine de Saint-Victor. À la lecture des plans et des archives, l'exploitation a été partielle. Dans le cas où le remblayage est partiel ou inexistant, l'occurrence de phénomènes d'affaissement liés à la rupture au fond des piliers et/ou du toit des cavités ne peut *a priori* être exclue. D'autre part, deux cuvettes topographiques, qui pourraient s'apparenter à ce mode de rupture, ont été identifiées sur le terrain. L'aléa affaissement est donc à évaluer.

12.2 L'effondrement localisé

Un « effondrement localisé » se caractérise par l'apparition soudaine en surface d'un cratère d'effondrement dont l'extension horizontale (diamètre) varie généralement de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres. La profondeur du cratère dépend principalement de la profondeur et des dimensions des travaux souterrains.

Les effondrements localisés peuvent se produire à l'aplomb de deux types de travaux miniers :

Les puits :

L'effondrement localisé est généré par le débouillage des remblais au sein de la colonne du puits et/ou la rupture de la tête de puits. Cet aléa est à évaluer pour les puits.

Les galeries isolées et/ou les zones de travaux situées à faible profondeur :

Sur le secteur étudié, des travaux ont été réalisés à faible profondeur.

D'une part, les galeries, creusées depuis la surface dans le but d'accéder aux veines, peuvent entraîner, lorsqu'elles se situent à faible profondeur, un phénomène d'effondrement localisé. Cet aléa est donc à évaluer pour cette configuration.

D'autre part, l'exploitation a été menée de manière partielle y compris à faible profondeur. Le niveau de remblayage réel est inconnu, bien que décrit comme total dans les archives. Cela n'exclut pas la présence de vides résiduels. Cet aléa est donc à évaluer pour cette configuration.

12.3 Le tassement

Le phénomène de tassement correspond à un mécanisme bien connu en géotechnique. Il se manifeste par la réduction de volume d'une couche de matériaux, du fait notamment d'une diminution de sa porosité.

Dans le cadre de l'après-mine, le terme de tassement regroupe des phénomènes distincts liés au réarrangement des terrains de surface, du fait de la présence de travaux miniers souterrains, d'ouvrages de dépôt, de découvertes remblayées, ou encore du fait de perturbations hydrogéologiques liées à l'ancienne activité minière.

Les conséquences redoutées sont limitées, sans préjudice pour la sécurité publique. Elles résultent principalement du fait que les terrains de surface peuvent être affectés par des tassements différentiels qui sont susceptibles d'engendrer des effets sur les bâtiments et les infrastructures.

Sur le secteur étudié, le phénomène de tassement ne concerne que les terrains remaniés de surface à savoir les dépôts constitués de matériaux déversés gravitairement sans compaction. En effet, la configuration des travaux souterrains (exploitations partielles) n'est pas compatible avec le phénomène de tassement mais relève de celui de l'affaissement.

12.4 L'échauffement

Depuis la fin de l'exploitation aucun évènement de ce type n'a été recensé.

Toutefois, le lignite exploité est décrit comme « *pyriteux* ». Cette nature constitue un des critères favorables à l'inflammation du minerai. De plus, les quartiers souterrains de la concession de la Bastide Blanche ont été le siège feux de mine au cours des phases de travaux. Le lignite avait une tendance à s'enflammer mais cela n'avait pas été constaté au niveau des affleurements. En conséquence, l'aléa échauffement sur dépôts miniers doit être évalué.

13 ALEAS NON EVALUES

13.1 Pollution des eaux et des sols

L'exploitation de gisement minier peut faire redouter la présence éventuelle d'éléments indésirables tels des métaux dans les eaux et les sols à proximité immédiate des ouvrages miniers et des dépôts observés et/ou recensés.

En ce qui concerne les eaux souterraines, le lignite est associé à de la pyrite dont l'oxydation peut libérer des métaux et être à l'origine d'un abaissement du pH. Cependant, les eaux de la mine de Saint-Victor n'émergent en aucun point en surface, ce qui rend négligeable leur capacité « d'émission » de pollution en surface. A ce jour, aucun élément ne permet d'envisager un impact significatif sur les eaux souterraines.

Par ailleurs, un inventaire national relatif à l'impact environnemental potentiel des sites miniers réalisé dans le cadre de la Directive sur les Déchets de l'Industrie Extractive (DDIE), a été mené entre 2012 et 2014 (cf. [2]). Dans ce cadre, le site n'a pas été considéré comme prioritaire et aucune étude environnementale n'est programmée à ce jour.

13.2 Rayonnements ionisants

L'aléa lié aux émissions de rayonnements ionisants n'a pas été évalué mais la susceptibilité des terrains à émettre des rayonnements est relativement faible compte tenu du contexte géologique des mines. On notera que cet aléa n'est pas spécifiquement minier en raison de la substance exploitée (pas d'exploitation de minerai d'uranium). L'évaluation de cet aléa n'entre pas dans le cadre des missions de Geoderis.

14 EVALUATION DE L'ALEA AFFAISSEMENT

14.1 Description du phénomène

L'affaissement se manifeste par un réajustement des terrains de surface induit par l'éboulement de cavités souterraines résultant de l'extraction du minerai. Les désordres, dont le caractère est généralement lent, progressif et souple, prennent la forme d'une dépression topographique qui présente une allure de cuvette (cf. figure 13), sans rupture cassante importante (des fractures ouvertes sont possibles dans la zone en extension, située sur la bordure de l'affaissement).

Les exploitations concernées par les affaissements possèdent généralement quatre points communs : exploitation dite « partielle » en plateure à faiblement pentée où des vides sur des superficies importantes ont été maintenus, grande profondeur (valeur dépendant du contexte mais en général une centaine de mètres au moins), extensions horizontales importantes (ratio largeur exploitée / profondeur) et recouvrement capable de se déformer de manière « souple » sur des amplitudes importantes.

L'amplitude maximale de l'affaissement est directement proportionnelle à l'ouverture des travaux souterrains. Le coefficient de proportionnalité dépend notamment de la profondeur des travaux, de la méthode d'exploitation (défruitement) et de traitement des vides (remblayage). Dans la majorité des cas, les amplitudes maximales observées sont d'ordre décimétrique à métrique.

Généralement, ce ne sont pas tant les déplacements verticaux qui affectent les bâtiments et infrastructures de surface, que les déformations du sol (déplacements différentiels horizontaux, flexions, mise en pente, etc.). En fonction de leur position au sein de la cuvette d'affaissement, les déplacements différentiels horizontaux peuvent prendre la forme de raccourcissements (zones en compression vers l'intérieur de la cuvette) ou d'extension (zones en traction vers l'extérieur de la cuvette).



Figure 13 : Photographie d'une cuvette d'affaissement Bray-en-Cinglais – Soumont (14)

Plusieurs configurations peuvent être à l'origine de ce phénomène :

- les exploitations totales (tout le minerai est enlevé dans les tailles), menées à moyenne ou grande profondeur et présentant des extensions horizontales importantes. Il se produit dans les cinq ans suivant l'arrêt de l'exploitation. Ce phénomène a été observé dans le cadre d'exploitations de gisements houillers

(Bassin de Provence) ou ferrifères (Bassin Ferrifère Lorrain) menées par ce type de méthode (dépilages ou foudroyages) ;

- Les exploitations partielles (chambres et piliers) présentant des configurations de profondeur, d'exploitation et de pendage favorables au déclenchement de ce type de phénomène (gisements pentés avec possibilité de débourages de remblai, ou suffisamment profonds pour menacer la stabilité des piliers). C'est le cas du Bassin de May-sur-Orne.

Sur la mine de Saint-Victor, la présence d'exploitations partielles plus ou remblayées rend nécessaire l'évaluation de l'aléa lié à ce phénomène.

14.2 Evaluation de l'aléa

Peu de documents précisent la méthode d'exploitation employée sur la mine de lignite. Il est évoqué des méthodes de dépilage inorganisé. Le remblayage est partiel, sans doute localement complet mais aussi parfois inexistant. Il ne nous est donc pas permis d'exclure totalement l'occurrence de phénomènes d'affaissement liés à la rupture au fond des piliers et/ou du toit des cavités quand les remblayages ne sont pas complets. Les terrains de recouvrement de nature argileuse sont susceptibles d'accompagner la rupture au fond dans un mouvement plastique.

Prédisposition

Afin d'évaluer la potentialité de survenue d'un aléa de type affaissement, il est nécessaire de s'interroger sur la stabilité à long terme des piliers. Pour cela, on utilise le modèle de l'aire tributaire. Il permet d'évaluer la résistance à la rupture des piliers, en comparant les efforts qu'ils supportent à leur capacité d'y résister. Cette méthode, couramment employée, consiste à estimer la charge (ou la contrainte) que supporte chaque pilier en équirépartissant le poids des terrains de recouvrement et ensuite, à comparer cette charge à celle de la résistance ultime des piliers.

La charge (ou la contrainte) exercée sur un pilier s'exprime selon :

$$\sigma = \rho g H / (1 - \tau)$$

où :

- ρg est le poids volumique des terrains. Sa valeur est prise à 25 kN/m³ (valeur usuelle pour un recouvrement marno-calcaire) ;
- H est la profondeur de la zone exprimée en mètres ;
- τ est le taux d'exploitation appelé aussi taux de défrètement de la zone.

Les hypothèses nécessaires sont pour les exploitations de Saint-Victor :

- le taux de défrètement, probablement supérieur à 80% dans les quartiers exploités par chambres et piliers abandonnés ;
- la résistance à long terme à la compression simple des piliers de charbon³ prise égale à 3 MPa.

³ cette valeur de résistance à long terme est tirée des nombreux retours d'expérience sur des cas de rupture de piliers de charbon. Elle tient également compte de l'envoyage partiel des travaux miniers qui conduit à la diminuer en particulier au niveau de la zone de battement de la nappe où les piliers se trouvent annuellement plus ou moins saturés.

Les résultats des calculs indiquent que pour un taux de défrèvement de 80 %, au-delà d'une profondeur de 25 m, la stabilité à long terme ne peut être assurée.

Par ailleurs, deux cuvettes topographiques qui pourraient s'apparenter à ce phénomène, ont été identifiées sur le terrain. Les travaux sous-jacents se situeraient entre 20 et 40 m de profondeur et aucun dépilage dans ces secteurs n'est mentionné sur les plans.

Par conséquent, la stabilité à long terme des exploitations ne peut être assurée au-delà de 25 m de profondeur. Le niveau de prédisposition est évalué peu sensible à sensible en raison des deux événements recensés et attribués à ce type de phénomène.

Intensité

Les caractéristiques d'affaissement qui matérialisent les dégâts les plus dommageables pour les biens situés en surface sont les déformations différentielles horizontales et, en particulier, les mouvements de mise en pente du sol plutôt que l'affaissement maximal en lui-même. C'est pourquoi c'est ce dernier paramètre qui est choisi pour évaluer l'intensité de l'aléa affaissement. Le tableau suivant donne des valeurs indicatives des pentes qui permettent d'évaluer l'intensité du phénomène.

Classe d'intensité	Mise en pente (en %)
Très limitée	$0 < P < 1$
Limitée	$1 < P < 3$
Modérée	$3 < P < 6$
Elevée	$P > 6$

Tableau 6 : Classes d'intensité de l'aléa « affaissement » (cf. [6])

Les effets de mise en pente (et des déformations) apparaissent sur les bords de la cuvette d'affaissement. Ils sont proportionnels à l'amplitude de l'affaissement maximum, mais d'autant plus faibles que l'exploitation est profonde (H). Ainsi, les valeurs maximum de la pente (Pm), exprimées en %, sont atteintes à l'aplomb des bords de l'exploitation selon :

$$P_m = \beta A_m / H$$

où :

- A_m est l'amplitude d'affaissement maximum exprimée en mètres ;
- H est la profondeur de la zone exprimée en mètres ;
- β est un coefficient qui dépend de la nature de recouvrement. La valeur de ce coefficient est retenue entre 1,5 et 2, déduite des retours d'expérience effectués sur des bassins aux configurations similaires et pour son aspect sécuritaire (cf. [10] et [11]).

L'amplitude d'un affaissement maximum (A_m) au centre de la cuvette est proportionnelle, directement liée au volume de vides exploités. Elle s'exprime selon :

$$A_m = K \tau W$$

où

- W est l'ouverture exploitée exprimée en mètres ;
- τ est le taux de défrèvement ;
- K est un coefficient de réduction de l'affaissement dépendant de la nature du recouvrement, en particulier sa raideur, et de son épaisseur. Selon les retours d'expérience des études de bassins aux configurations similaires, il est considéré que

pour des exploitations peu profondes (moins de 100 m) à recouvrement argileux à marneux, le coefficient K n'excède pas 0,5.

Sur la mine de Saint-Victor, la puissance des veines ligniteuses atteint au maximum 1,8 m justifiant une ouverture (hauteur) d'exploitation maximale de 2 m (sans tenir pas compte d'un éventuel remblayage). L'amplitude d'environ 1 m des deux cuvettes observées sur le terrain accompagnée d'une mise en pente calculée à 3 % (intensité limitée) relèverait selon les relations précédentes d'un maximum (cf. tableau 6).

Taux de défruits (τ)	80 %
Ouverture exploitée (W)	2 m
Affaissement maximal (Am)	0,8 m
Profondeur (H)	40 m
Mise en pente (Pm)	~ 3 %
Niveau d'intensité	Limité

Tableau 6 : Valeurs des pentes d'affaissement et niveau d'intensité maximaux retenus pour l'aléa affaissement de la mine de Saint-Victor

Par ailleurs, pour qu'un effondrement d'un quartier d'exploitation (au fond) puisse provoquer un affaissement perceptible en surface, il est nécessaire que la largeur de la zone au fond soit au moins égale à 70 % de sa profondeur. Dans ce cas, la largeur de la zone est dite « critique » puis devient « sur-critique » lorsqu'elle est supérieure à sa profondeur. Dans le cas présent, la largeur totale des panneaux exploités et entourés de bords fermes n'excède pas 50 m. Ainsi au-delà de 60 m de profondeur, l'effondrement d'un panneau engendrerait un affaissement dont les effets ne seraient pas perceptibles en surface.

Evaluation de l'aléa

Par croisement des niveaux de prédisposition et d'intensité, un aléa « affaissement » de niveau faible est retenu à l'aplomb des secteurs exploités de la mine de Saint-Victor situés entre 25 et 60 m de profondeur.

15 EVALUATION DE L'ALEA EFFONDREMENT LOCALISE

15.1 Description du phénomène

Un effondrement localisé correspond à une rupture des terrains qui ne concerne qu'une zone d'extension limitée en surface (quelques mètres). L'apparition des effondrements localisés en surface est brutale.

Le phénomène d'effondrement localisé est causé par l'instabilité locale d'une cavité souterraine. Cette instabilité peut se propager au travers des couches situées au-dessus et créer de cette manière un cratère en surface. Les matériaux impliqués sont donc déplacés et déstructurés dans le recouvrement. La figure suivante schématise les processus possibles à l'origine de ce type de phénomène.

La vitesse de propagation de l'effondrement souterrain peut varier en fonction de plusieurs facteurs. Pour analyser la progression du phénomène et surtout son apparition en surface, deux conditions doivent être analysées :

- La stabilité des cavités qui se créent au cours de la progression du phénomène ;
- La possibilité d'un autocomblement de la cavité du fait de l'augmentation de volume des matériaux entre leur état « en place » et leur état « effondré ». Ce phénomène d'augmentation de volume est aussi appelé foisonnement.

En général, pour la majorité des massifs, l'altération et la fracturation augmentent lorsqu'on se rapproche de la surface. La stabilité d'une excavation de dimension équivalente est donc souvent moindre lorsqu'on se rapproche de la surface. Toutefois, la présence de couches compétentes ou ayant des propriétés spécifiques peut stopper la propagation de l'effondrement.

Le foisonnement des matériaux géologiques est un phénomène connu. Il n'est cependant pas mesuré de manière systématique et il n'existe aucun standard reconnu pour sa détermination. Le phénomène d'autocomblement est donc difficile à évaluer de manière rigoureuse, mais on admet le plus souvent que la probabilité d'apparition d'un fontis en surface diminue (à cavité de dimension égale) avec la profondeur de la cavité. Pour les galeries isolées de dimensions habituelles (de 6 à 12 m² de section), les retours d'expérience permettent d'affiner la limite d'apparition du fontis en surface, qui se situe autour de 50 m de profondeur pour la cavité initiale. En revanche, des cavités de plus grandes dimensions comme des chantiers non-remblayés par exemple, peuvent créer des fontis même si elles sont situées à plus grandes profondeurs.

S'il existe des approches basées sur l'évaluation naturaliste des coefficients de foisonnement, elles doivent également s'appuyer sur l'observation d'un nombre suffisant d'instabilités, survenues dans les mêmes conditions géomécaniques pour pouvoir être validées.

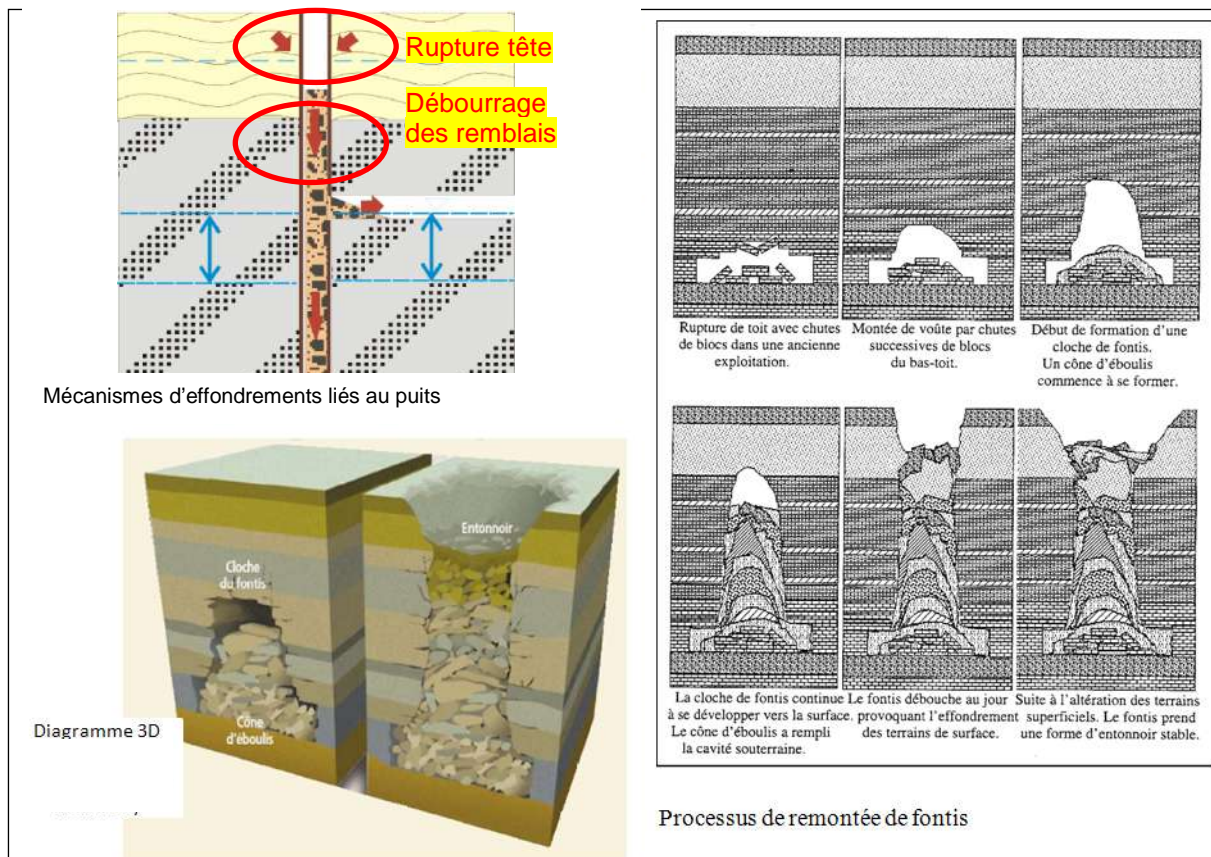


Figure 14 : Schématisations des trois processus à l'origine des effondrements localisés retenus

Les mécanismes retenus à l'origine d'instabilités susceptibles d'engendrer un effondrement localisé en surface sont multiples :

- Rupture des ouvrages débouchant au jour : puits ;
- Rupture du toit d'une galerie isolée (phénomène de « fontis ») ou rupture du toit de l'exploitation consécutive à la ruine d'un pilier isolé.

15.2 Zone d'altération superficielle

La zone d'altération superficielle correspond aux terrains de très faible cohésion et donc facilement mobilisables, susceptibles d'être immédiatement affectés par une instabilité. L'épaisseur de la zone d'altération superficielle est un paramètre déterminant pour les dimensions des désordres potentiels, elle est donc importante pour l'estimation de l'intensité du phénomène d'effondrement localisé.

À l'aplomb des travaux miniers, les terrains de recouvrement sont constitués d'argilites, surplombé localement par des lentilles calcaires. En l'absence de données sur les caractéristiques mécaniques de ces terrains en surface, l'épaisseur de matériaux d'altération sans cohésion et faiblement foisonnants de surface est estimée forfaitairement à **2 m**.

15.3 Effondrement localisé lié aux puits

Les effondrements localisés liés aux puits peuvent être associés à deux mécanismes distincts : le débouillage des remblais au sein de la colonne d'un puits (ou cheminée) et la rupture de la tête du puits.

Dans le premier mécanisme, le remblai mis au sein de la colonne peut évoluer par compaction naturelle, remaniement en présence d'eau, ou encore comblement des vides résiduels de l'ouvrage. En fonction de la vitesse du mouvement, on peut évoquer les termes de tassement, ou de coulissage. Mais le mécanisme le plus brutal est le débouillage soudain du matériau qui migre dans les recettes ou infrastructures connectées au puits et non obturées. La rupture d'anciens planchers peut également conduire au débouillage brutal de remblais sus-jacents.

Dans le second mécanisme, c'est la rupture du revêtement ou de la structure de maintien ou de fermeture mise en place en partie sommitale de l'ouvrage. Cela concerne les puits dont la partie sommitale n'est pas remblayée ou a subi un mouvement de matériau de remblai (débouillage).

15.3.1 Evaluation de la prédisposition

L'aléa est évalué sur la base des facteurs de prédisposition et d'intensité présentés ci-après. Les facteurs de prédisposition retenus pour le débouillage sont :

- Le manque de contrôle lors du remblayage, qui ne permet pas de savoir si la colonne du puits est réellement comblée sur toute la hauteur ;
- La profondeur du puits, et par conséquent la capacité à la présence de vide dans la colonne, qu'il soit déjà présent ou consécutif à un débouillage ;
- Le nombre de recettes, c'est-à-dire de galeries communiquant avec la colonne de puits et où, potentiellement, les remblais peuvent migrer. Un nombre élevé de recettes (4 ou 5), sans précision de traitement spécial (obturation) avant le remblayage est un facteur pénalisant ;
- Le niveau piézométrique, qui est un facteur aggravant s'il n'est pas stabilisé. En effet, la remontée de l'eau dans la colonne de puits peut faciliter les écoulements de matériau dans les recettes et modifier l'organisation des remblais en déstabilisant des voutes stables avant l'arrivée de l'eau.

Les facteurs de prédisposition retenus pour la rupture de tête de puits sont :

- La nature du revêtement. Un revêtement en bois sera plus sensible qu'un revêtement maçonné ;
- Le traitement de la tête de puits. La pose d'un bouchon de béton autoportant constitue une solution pérenne pour éviter une rupture de tête contrairement à la pose d'une dalle en béton.

Au total, 3 cheminées et 2 puits ont été recensés sur le secteur étudié. Selon les caractéristiques des ouvrages et conformément au guide technique d'évaluation de l'aléa effondrement localisé (cf. [4]), le niveau de prédisposition à l'aléa effondrement localisé lié au puits est retenu à un niveau *très peu sensible à peu sensible*.

15.3.2 Evaluation de l'intensité

L'intensité du phénomène d'effondrement localisé est définie à partir des dimensions du cratère susceptible d'apparaître au jour. Ce cratère est issu de « l'évasement » d'une colonne vide. La dimension de la section de cette colonne est directement liée au volume de l'ouvrage (puits, galerie, chantier d'exploitation) et à la nature des matériaux de surface.

Le guide méthodologique d'évaluation des aléas miniers (cf. [6]) propose des indications de classe d'intensité :

- Intensité limitée pour des diamètres < 5 m ;
- Intensité modérée des diamètres compris entre 5 et 10 m ;
- intensité élevée des diamètres > 10 m.

D'une manière générale, la rupture de la tête de puits peut conduire à des effondrements conséquents si le volume pouvant accepter le matériau éboulé au sein d'un puits est élevé et si l'épaisseur des terrains non cohésifs ou altérés en surface est importante, permettant une extension latérale du phénomène.

Les facteurs permettant de déterminer le ou les niveaux d'intensité sont :

- La section du puits, qui intervient directement dans le diamètre de l'effondrement en surface et donc dans le calcul de l'intensité ;
- La présence de terrains très peu cohésifs qui ont un effet aggravant sur les dimensions d'un effondrement en surface ;
- L'intensité des incidents observés ou connus sur le secteur qui permet, le cas échéant, de donner une idée assez juste des phénomènes en surface auxquels on peut s'attendre.

Les dimensions des ouvrages recensés sont généralement disponibles. Le diamètre des cheminées est de l'ordre de 1 m et celui du puits du Noyer est estimé à 1,5 m. La section du puits Sainte-Barbe est de 3 m x 4 m.

En considérant l'épaisseur des terrains altérés superficiels, l'intensité est retenue à un niveau modéré pour le puits Saint-Barbe et limité pour le puits du Noyer et les deux cheminées.

15.3.3 Evaluation du niveau de l'aléa

Le niveau d'aléa « effondrement localisé lié aux puits » est qualifié par croisement de la prédisposition et de l'intensité. L'aléa effondrement localisé sur puits est retenu à un niveau moyen pour le puits Saint-Barbe et faible pour le puits du Noyer et les deux cheminées.

15.4 Effondrement localisé lié aux galeries ou aux travaux d'exploitation

Un effondrement localisé en surface lié à une galerie est au départ causé par la rupture du toit de celle-ci. Pour une exploitation par chambre et piliers abandonnés le mécanisme initiateur à cette rupture peut également être la ruine d'un ou plusieurs piliers isolés.

Dans les deux cas, lorsque la voûte, initiée par la rupture du toit, ne se stabilise pas mécaniquement du fait de la présence de bancs massifs au sein du recouvrement, elle se propage progressivement vers la surface. Si l'espace disponible au sein des travaux est suffisant pour que les matériaux éboulés et foisonnés puissent s'y accumuler sans bloquer le phénomène par « autocomblement », la voûte peut atteindre la surface et engendrer un effondrement localisé (fontis) en surface.

15.4.1 Evaluation de la prédisposition

La prédisposition d'un site à voir se développer un fontis à l'aplomb d'anciens travaux (ou de galeries) dépend de la combinaison de plusieurs facteurs : la présence de vides, la rupture du toit, l'aptitude des terrains à la rupture et la remontée de l'instabilité jusque en surface.

Nature et qualité du recouvrement

D'après les procès-verbaux de visite, de nombreux éboulements ont perturbé l'exploitation souterraine, comme l'éboulement au puits Sainte-Barbe. Ces événements traduisent la mauvaise tenue mécanique du toit (et probablement des épontes) qui nécessitait le boisage des travaux.

La seule méthode d'exploitation évoquée sur la mine de lignite de Saint-Victor est celle par « chambres et piliers abandonnés » de façon impropre, bien que très peu d'informations ne la détaillent précisément. L'observation des quelques plans miniers confirme l'absence de schéma d'exploitation régulier et la présence de piliers résiduels de tailles variables dans les travaux les plus anciens (cf. figure 15). Le remblayage complet de ces travaux, certainement non mécanisés, est évoqué dans les archives mais le retour d'expérience de ce type d'exploitation menées aux mêmes périodes dans d'autres bassins similaires laisse supposer que localement ce remblayage n'ait été que partiel voire inexistant. Quant aux travaux les plus récents, menés pendant la guerre (1941-1946), ils ont été conduits de manière anarchique et probablement localement de manière excessive comme semblent le prouver les deux désordres F02 et F03. Ainsi, l'ensemble de ces conditions associé à une résistance du lignite relativement faible (estimée à 3 MPa), renforce également l'hypothèse du mécanisme de rupture de pilier isolé.

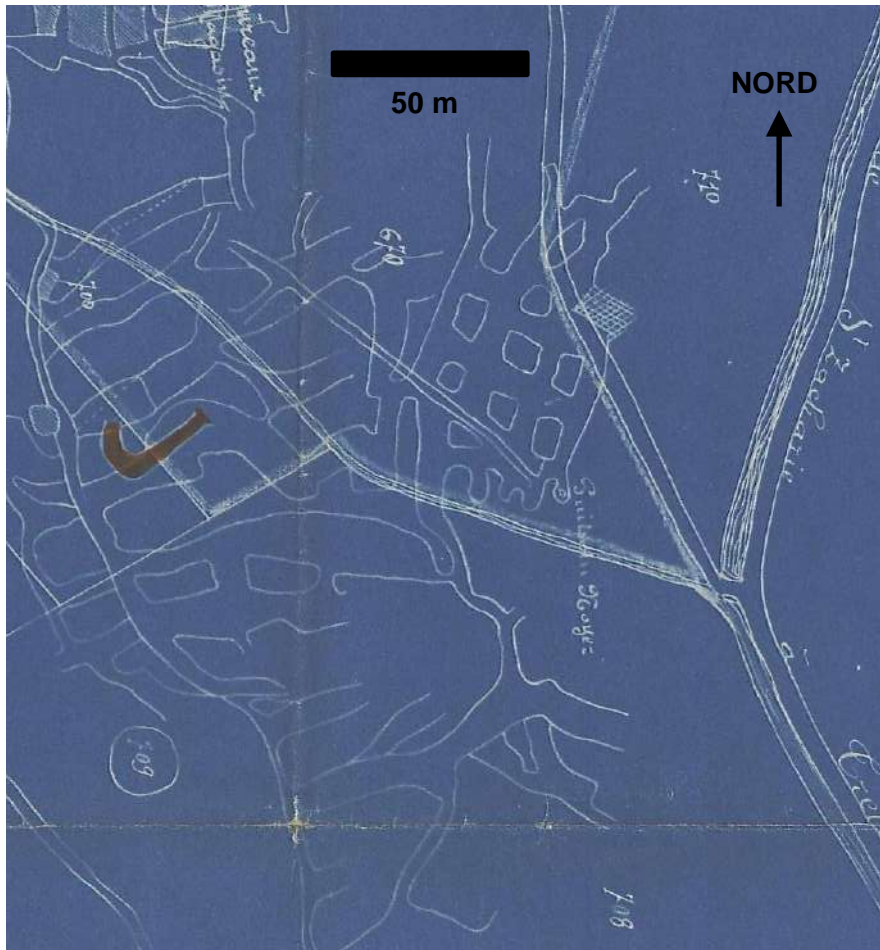


Figure 15 : Extrait du plan des travaux anciens de Saint-Victor (non daté) – Quartier du puits du Noyer exploité par « chambres et piliers abandonnés »

La nature du recouvrement (et notamment son coefficient de foisonnement et sa résistance mécanique) intervient sur la propagation du phénomène suite à la rupture au fond. Ce recouvrement à dominante argileuse⁴ est donc peu résistant et ne présente pas de bancs susceptibles de bloquer une remontée de cloche de fontis. La propagation d'un effondrement ne sera donc pas contenue par ces terrains argileux, qui ont également un angle de frottement et un coefficient de foisonnement limité (non favorable à un auto-comblement). De plus, l'infiltration des eaux est un facteur aggravant le développement d'instabilités au droit de cavités. Des zones de circulation privilégiée probablement liées à des réseaux karstiques dans le recouvrement argilo-calcaire, baptisées « Mouillères » ont conduit à des soutènements particuliers aujourd'hui disparus par pourrissement ou rouille. Bien que ce facteur ne soit pas quantifiable, il reste un catalyseur d'instabilités dont il est tenu compte dans l'évaluation à la prédisposition à la rupture.

Volume des vides

Les vides résiduels liés aux travaux souterrains sont les suivants :

- vides liés aux travaux dont certains secteurs localisés sont susceptibles d'avoir été laissés vides. Il s'agit :

⁴ Concernant le niveau de calcaire coquillier lacustre, la carte géologique les localise au centre du bassin tertiaire de Saint-Victor. Ces calcaires ne surplombent les travaux que très localement et n'influent pas sur la prédisposition à l'effondrement localisé.

- des secteurs de chambres et piliers abandonnés dans les travaux les plus anciens, que les plans schématisent grossièrement (cf. figure 15) ;
- des secteurs exploités dans les travaux récents (1941-1946). Conduits anarchiquement, ils ne sont pas reproduits sur les plans ;
- vides liés aux galeries de traçage probablement non remblayées et aux descenderies.

Le volume des vides est un facteur qui intervient aussi dans la prédisposition des terrains à la rupture. Il est maximal sur les secteurs exploités partiellement décrits précédemment. La puissance des veines atteint au maximum 1,8 m (cf. tableau 2 § 4.2). Aucune archive ne mentionne la prise de l'intercalaire entre les veines 4 Pans et Marguerite. En revanche, cette possibilité est envisageable entre les veines Grande-Mine et n°4 (4 à 6 m de puissance) mais en profondeur, là où elle « fusionne » (cf. § 4.2) et en tenant compte d'une exploitation en deux tranches nécessaires à sa stabilité (soit une ouverture finale maximale de 2 m). L'ouverture de 2 m apparaît donc un maximum. Ceci ne tient pas compte d'un éventuel remblayage (même partiel), qui réduirait d'une part la hauteur de remontée d'une cloche de fontis en surface et d'autre par la contrainte sur les piliers (fretage) dans les exploitations et donc leur prédisposition à la ruine. Sur les secteurs exploités, ni la largeur des cavités ni le taux de défrètement ne sont connus. Quant aux galeries de traçage étant donnée leur ancienneté et leur fonction, leur section est supposée limitée (2 m²).

Profondeur des vides

La profondeur des vides résiduels intervient également dans le niveau de la prédisposition. Bien que les travaux s'étendent jusqu'à 100 m de profondeur environ, à l'endroit des effondrements repérés, l'épaisseur du recouvrement est inférieure à 25 m, voire à 15 m à l'aplomb des effondrements Fo1 et Fo2. La remontée d'une cloche de fontis par dégradation des terrains au-dessus d'une galerie peut se poursuivre tant que le foisonnement n'a pas permis de combler le vide disponible dans celle-ci. Sur ce principe, et en considérant l'absence de remblayage des travaux, un calcul basé sur une approche volumique déterministe s'attachant à la hauteur de remontée de cloche de fontis est réalisé (cf. annexe 4). En comparant cette hauteur à l'épaisseur du recouvrement, il est possible de déterminer si l'effondrement apparaîtra en surface ou non. Selon les résultats du modèle, il est retenu qu'un fontis initié au sein d'une galerie ou d'une exploitation ne débouchera pas au jour si l'épaisseur du recouvrement est supérieure à **30 m**. Très exceptionnellement cette remontée pourrait être légèrement plus importante dans le cas de carrefours de galeries ou si la galerie est haute, étroite et sous des terrains de recouvrement moins foisonnants (cas très défavorables).

Pour tenir compte de l'influence de la profondeur et des événements observés, il a été retenu un niveau de prédisposition plus élevé pour des vides situés entre 0 et 15 m de profondeur par rapport à ceux situés entre 15 et 30 m de profondeur. Au-delà, l'apparition d'un fontis est très peu probable.

Résultats

Selon l'ensemble des éléments décrits ci-dessus, la prédisposition à l'aléa « effondrement localisé » lié à la présence de travaux souterrains est retenu à un niveau :

- très sensible pour les exploitations situées à moins de 15 m de profondeur ;
- sensible pour les exploitations situées entre 15 et 30 m de profondeur ;
- sensible pour les galeries situées à moins de 15 m de profondeur ;
- peu sensible pour les galeries situées entre 15 et 30 m de profondeur.

15.4.2 Evaluation de l'intensité

Les dimensions de l'effondrement Fo3 (2 m de diamètre et 1 m de profondeur) et des deux effondrements Fo1 et Fo2, (5 m de diamètre et 8 m de profondeur) relèvent, selon le guide des aléas miniers d'une intensité limitée (cf. [6] et § 5.3.2).

Les dimensions des fontis Fo1 et Fo2 ne peuvent s'expliquer par les seuls traçages sous-jacents reproduits sur les plans. Situés au droit des travaux dits « récents », effectués pendant la guerre (1941-1946), les caractéristiques de ces effondrements laissent à penser que le volume de vide sous-jacent était plus conséquent que pour l'effondrement Fo3 et certainement lié à une exploitation. Néanmoins, malgré cet élément d'analyse, le retour d'expérience de ce type de travaux miniers (galeries et exploitations) montre que l'intensité des effondrements localisés est de niveau limité.

Rappelons également que lorsque la profondeur de la galerie ou des exploitations augmente, l'intensité prévisible d'un effondrement diminue par le fait du foisonnement des terrains éboulés.

15.4.3 Evaluation du niveau de l'aléa

La caractérisation de l'aléa lié aux effondrements localisés sur galeries repose sur le croisement de l'intensité prévisible du phénomène avec la prédisposition d'une configuration donnée à ce que ce type de phénomène se produise. Ainsi, il est retenu un aléa de niveau :

- moyen pour les exploitations situées à moins de 15 m de profondeur ;
- faible pour les exploitations situées entre 15 et 30 m de profondeur ;
- faible pour les galeries situées à moins de 30 m de profondeur ;

16 EVALUATION DE L'ALEA TASSEMENT

Sur le secteur étudié, le phénomène de tassement ne concerne que les terrains remaniés de surface, à savoir les dépôts.

Parmi les principaux facteurs classiques de prédisposition aux tassements de remblais anthropiques, sont retenus :

- L'épaisseur des remblais ;
- La nature et la granulométrie des matériaux déposés ;
- La méthode de mise en place des remblais (avec ou sans compactage).

La mise en place des dépôts a été assurée par simple déversement gravitaire. Ceci ne garantit donc pas une compaction complète. Sous l'effet de surcharges en surface ou à l'occasion de modifications sensibles des conditions hydriques au sein des matériaux constitutifs de ces ouvrages, des tassements d'extensions et d'amplitudes limitées sont susceptibles d'affecter la surface de ces dépôts.

Ainsi compte tenu de ces éléments et de la composition des remblais (plutôt hétérogène), tant en termes de nature des matériaux qu'en termes de granulométrie et d'épaisseur, un aléa tassement de niveau *faible* est retenu pour l'ensemble des dépôts.

17 EVALUATION DE L'ALEA ECHAUFFEMENT SUR DEPOTS MINIERES

Il s'agit d'échauffements (spontanés ou accidentels) de matière organique persistant au sein des ouvrages de dépôt (verses ou terrils) qui peut initier la combustion du minerai charbonneux. De nombreux incendies souterrains se sont produits au sein de la mine de Saint-Victor durant les exploitations. Ces événements sont dus à la nature inflammable du minerai suite à une réaction exothermique liée à l'oxydation des pyrites framboïdales fines et disséminées dans le gisement lignitifère.

Compte tenu de ces informations, même si une combustion au sein des travaux souterrains et/ou au niveau des affleurements) est « sécuritairement » toujours envisageable et à garder en mémoire, il est jugé que sa probabilité d'occurrence n'est pas suffisamment représentative pour générer un niveau d'aléa. Au niveau des affleurements, une combustion pourrait y être initiée de manière accidentelle par des feux de broussailles, de l'écobuage, des braises de barbecues, des travaux de terrassements (décapage déclenchant une oxygénation des terrains houillers)...

En revanche, les verses bien que de volume réduit sont de nature plutôt terreuse localement riche en lignite. Aucune trace de combustion n'y a été constatée. En l'absence de données plus précises sur la composition des dépôts, le phénomène de combustion en présence de facteurs aggravants (cf. ci-dessus) ne peut pas être considéré avec une prédisposition nulle.

Ce phénomène est donc retenu en aléa de niveau *faible* pour les dépôts de la mine de Saint-Victor. Elle correspondant à :

- une prédisposition peu sensible (en considérant l'absence d'échauffement de dépôt connu) ;
- une intensité limitée, correspondant à un point chaud (en l'absence d'échauffement de dépôt connu de quelle qu'intensité que ce soit).

18 CARTOGRAPHIE DES ALEAS

Le fond utilisé pour le report cartographique est la BD Ortho[®] de l'IGN, correspondant à la photographie aérienne informatisée (ici prise de vue de 2008), orthorectifiée et géoréférencée de la zone d'étude. On considère généralement une incertitude de 3 m pour l'utilisation de la BD Ortho[®] de l'IGN comme fond topographique.

Les marges d'influence et d'incertitude liées à l'extension de l'aléa, et à la précision des levés et des reports cartographiques tels que définies dans les paragraphes respectifs de chaque aléa sont intégrées aux zonages figurés sur la carte.

Il est important de noter que la marge d'incertitude peut être tronquée ou variable selon la direction cardinale impactant de fait la cartographie des aléas. En effet, la présence d'un repère topographique précis permet parfois d'estimer sans ambiguïté la position de l'ouvrage (par exemple, certitude que l'ouvrage se situe en rive droite d'une rivière ou de tel côté d'une route, d'après les documents d'archives, mais position incertaine par ailleurs). Par ailleurs, certains ouvrages repérés sur plans ou mentionnés dans les archives peuvent présenter une cote « z » ou altimétrique. Cette donnée confère à ces ouvrages, lorsqu'ils ne sont pas retrouvés sur le terrain, une incertitude de localisation plus faible dans la direction de la ligne de plus grande pente et une incertitude plus élevée dans la direction de la ligne de niveau correspondant à la cote connue de l'ouvrage.

Les cartes relatives aux aléas retenus sont présentées en annexe 6.

18.1 Cartographie de l'aléa effondrement localisé

Pour les puits, la zone d'aléa est circulaire. Le rayon de la zone d'aléa est défini à partir du centre du puits de la façon suivante (cf. figure 16) :

$$R = R_{\text{puits}} + R_{\text{influence}} + R_{\text{incertitude globale de localisation}}$$

Avec :

- R_{puits} , rayon du puits ;
- $R_{\text{influence}}$, relatif à l'extension latérale du cône d'effondrement, pris égal à 2 m correspondant à l'épaisseur estimée des terrains très peu cohésifs de surface et d'un angle de talus de 45° ;
- $R_{\text{incertitude globale de localisation}}$ est estimée de 5 à 15 m, selon :
 - Ouvrages matérialisés et levés au GPS : 5 m, dus au levé GPS et à l'incertitude du report sur la BD Ortho[®] de l'IGN ;
 - Ouvrages identifiés sur plan d'exploitation : de 15 m, dus au calage du plan et à l'incertitude du report sur la BD Ortho[®] de l'IGN.

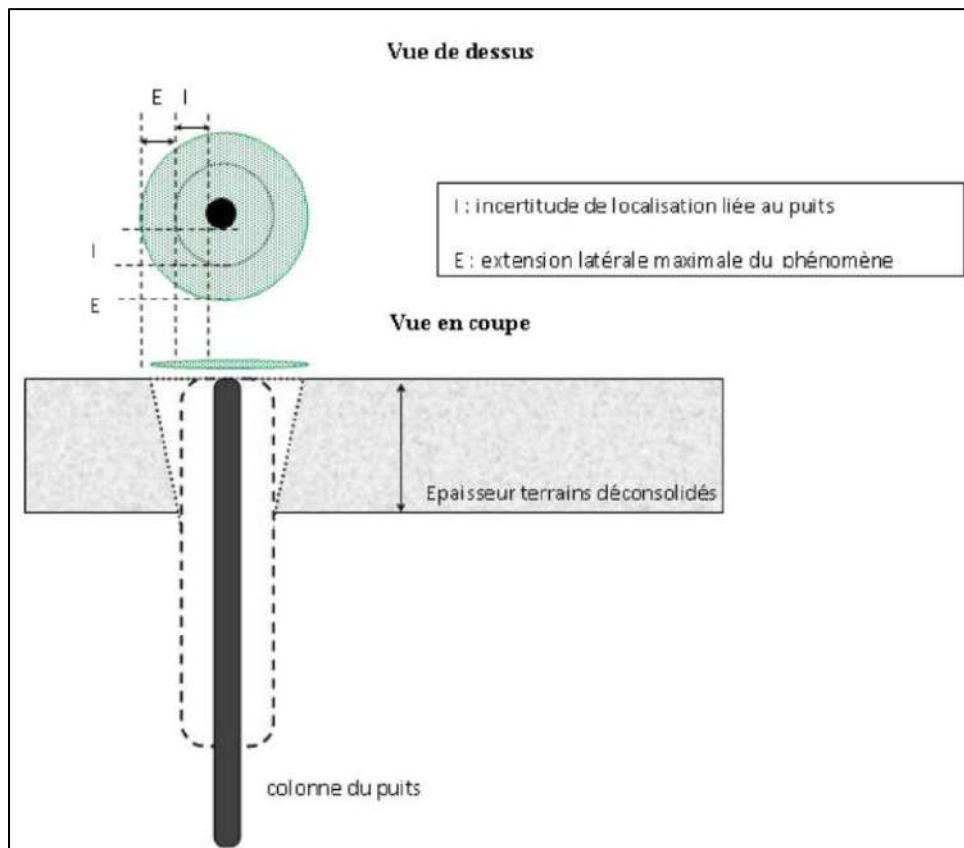


Figure 4 : Zonage de l'aléa effondrement localisé lié aux puits

Pour les galeries isolées, l'extension de la zone d'aléa est définie à partir de la localisation et de l'extension de ces ouvrages. La marge retenue pour cartographier l'aléa se décompose de manière identique à celle des puits (cf. figure 17).

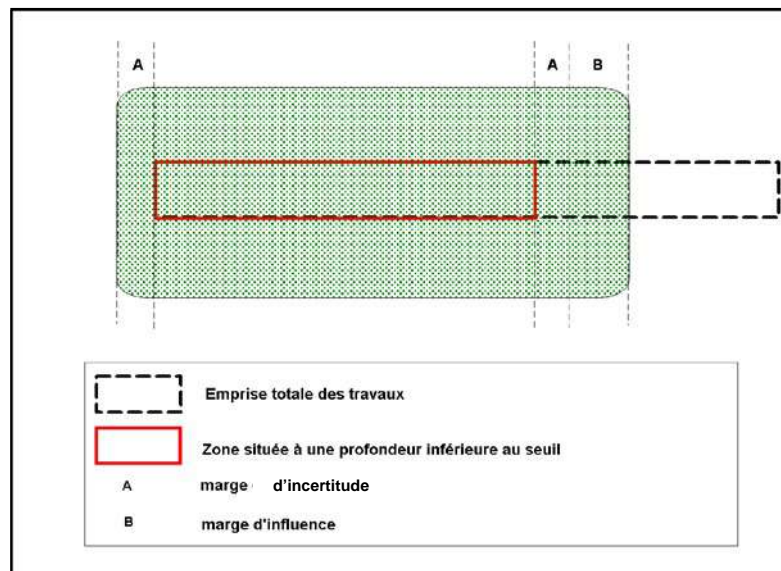


Figure 17 : Zonage de l'aléa effondrement localisé lié à la présence d'une galerie ou d'une descenderie souterraine (vue en plan)

Pour les travaux souterrains, l'extension de la zone d'aléa est définie selon l'emprise des travaux d'exploitations cartographiée à partir des plans d'archives et de leur interprétation. Les emprises tiennent compte de la marge d'incertitude de localisation des

travaux d'exploitation et de la marge d'influence, correspondant à l'extension latérale maximale du phénomène redouté prise identique à celle retenue pour les galeries isolées.

18.2 Cartographie de l'aléa affaissement

L'extension de la zone d'aléa affaissement est définie selon l'emprise des travaux d'exploitations jugés instables. Les emprises tiennent compte de la marge d'incertitude de localisation des travaux d'exploitation concernés qui comprend les incertitudes relatives au géoréférencement des plans et du support cartographique (BD Ortho® de l'IGN).

A ceci s'ajoute une marge d'influence qui varie selon le pendage de la couche exploitée. Cette marge d'influence, qui permet de cartographier les limites en surface de la zone possiblement influencée par un affaissement, est déterminée à partir d'un angle dit « angle d'influence », pris sur la verticale, qui relie l'extrémité du panneau, au fond, aux points de surface où les affaissements, déformations ou pentes sont considérés comme imperceptibles ou nuls (cf. figure 18).

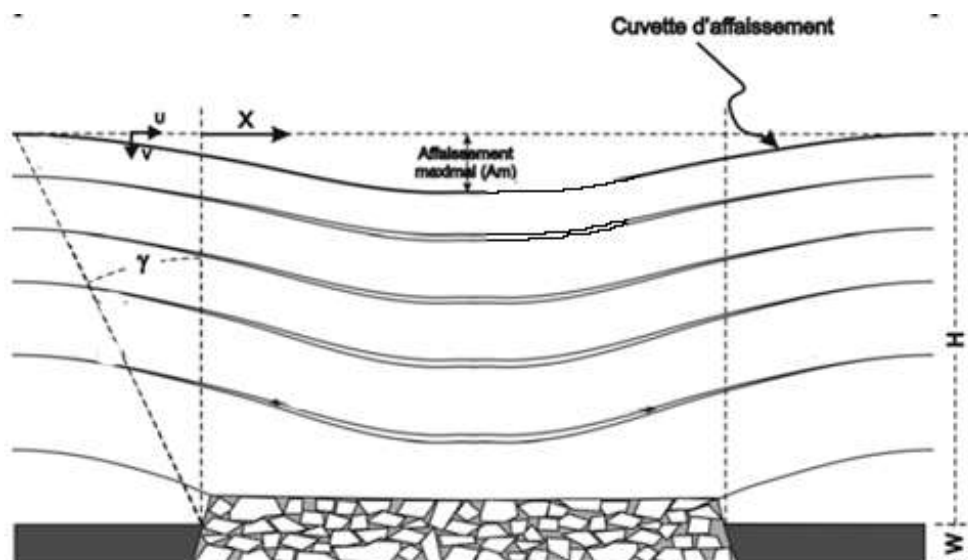


Figure 18 : Profil d'une cuvette d'affaissement lié à la rupture d'une exploitation partielle en plateure

Le choix des valeurs de l'angle d'influence joue donc directement sur l'importance de la zone affectée et doit être pris avec précaution.

Selon les abaques d'affaissement de grands bassins miniers (ex : bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais (cf. [12]), de Lorraine ou de la Sarre) et le retour d'expérience sur ce type de phénomènes (bassin ferrifères de Normandie ou de Lorraine), l'angle d'influence varie entre 20° et 45°, selon le pendage des exploitations, les caractéristiques des exploitations adjacentes à celles jugées comme instables et la nature du recouvrement.

Les exploitations en couche pentée, telle que celle réalisée à la mine de Saint-Victor, se caractérisent par une dissymétrie de la cuvette d'affaissement en fonction du pendage (cf. figure 19). L'existence d'un pendage influe, en effet, directement sur les valeurs des angles d'influence en amont et en aval (β et β'). Trois angles limites qui varient en fonction du pendage :

- l'angle limite (γ), dans la direction de chassage dont la valeur est égale à l'angle limite en plateure (cf. figures 18 et 19);
- l'angle limite « amont » (β), plus petit que l'angle γ ;
- l'angle limite « aval » (β'), toujours plus grand que l'angle γ .

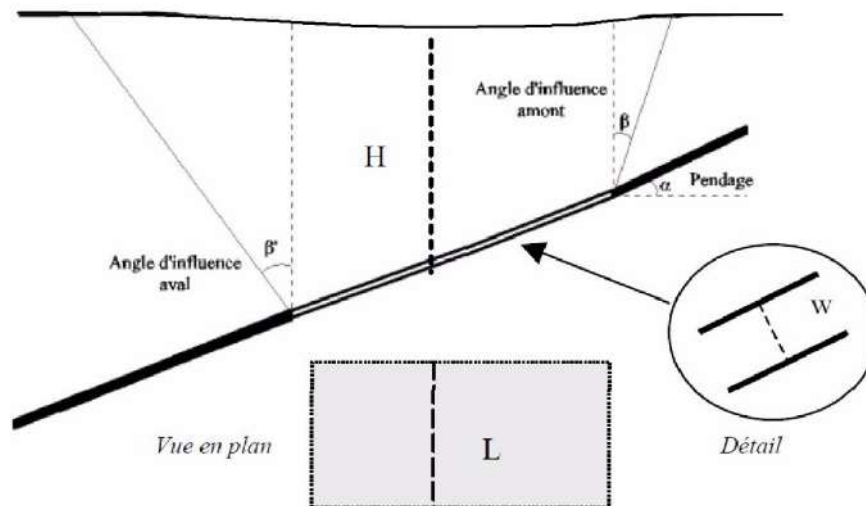


Figure 19 : Profil d'une cuvette d'affaissement lié à la rupture d'une exploitation partielle en gisement penté

Dans le cas de la mine de Saint-Victor, le pendage moyen est de 25°. Les exploitations considérées comme instables sont limitées par des bords fermes (parties non à faiblement exploitées). En considérant un recouvrement essentiellement composé d'argilites peu résistantes, les angles d'influence amont et aval sont respectivement évalués à 20° et 35°.

Ainsi l'extension de la zone d'aléa comprendra une marge de sécurité (marges d'influence et incertitudes) :

- côté aval pendage, de 50 m au-delà de l'aplomb de la limite des exploitations, dont l'instabilité aurait des répercussions en surface, retenue à 60 m de profondeur ;
- côté amont pendage, à 20 m au-delà de l'aplomb de la limite des exploitations instables les plus superficielles retenue à 20 m de profondeur.

18.3 Cartographie de l'aléa tassement

Les zones de dépôts recensées lors de la phase informative sont concernées par ce phénomène. La cartographie de l'aléa tassement concerne les emprises des dépôts définies lors de la phase informative avec une marge d'incertitude sur leurs limites prise égale à 5 m. Aucune marge n'a été ajoutée à leur emprise puisque le phénomène se développe au droit exact des dépôts.

18.4 Cartographie de l'aléa échauffement

Les conséquences des échauffements ou combustion des dépôts se manifestent préférentiellement sur les dépôts eux-mêmes et dans leurs périmètres immédiats.

En croisant l'approche précédemment détaillée par la cartographie de l'aléa tassement sur les dépôts, une marge forfaitaire de 5 m a été retenue sur les dépôts de la mine de Saint-Victor.

19 CONCLUSIONS

A la demande de la DREAL Provence-Alpes-Côte-D'azur, GEODERIS a réalisé la révision de l'étude des aléas sur la commune de Saint-Zacharie située dans le département du Var (83). Cette commune est en partie couverte par les anciennes exploitations de lignite de la concession de Saint-Victor. Le gisement lignitifère a été le siège de travaux d'exploitations en deux périodes comprises entre la fin du XIX^{ème} et la mi-XX^{ème} siècle.

Cette révision fait suite à l'étude des aléas menée par GEODERIS en 2009 et s'appuie sur les derniers guides méthodologiques conformes aux textes réglementaires et validés par l'administration. Elle a permis de confirmer les trois phénomènes de « mouvements de terrain » qui avaient été retenus, à savoir « l'effondrement localisé », « l'affaissement » et le « tassement » ainsi que le phénomène « d'échauffement » sur les dépôts.

L'effondrement localisé peut présenter différentes origines : le débouillage et/ou la rupture de tête de puits, la rupture de toit d'une galerie isolée et la rupture de chantiers d'exploitations situés à moins de 30 m de profondeur. Pour ce phénomène, le niveau d'aléa a été évalué de faible à moyen selon les configurations retenues.

L'affaissement a été retenu en raison de l'instabilité potentielle des zones exploitées de manière partielle située entre 25 et 60 m de profondeur. Le niveau d'aléa a été évalué à faible.

Le tassement lié à la compaction de remblais au droit des dépôts a été retenu. Le niveau d'aléa a été évalué à faible. Pour ces dépôts, un aléa échauffement lié à la capacité de combustion des matériaux charbonneux qui les composent a été retenu à un niveau faible.

La commune de Saint-Zacharie présentent des zones d'aléas. L'examen des cartes d'aléas (sur fond BD Ortho[®] de l'IGN – prises de vue 2008 – cf. annexe 6) permet de constater qu'à l'échelle de cette commune l'emprise des zones d'aléa retenues est de faible superficie.

Bibliographie

- [1] *Mine de lignite de Saint-Zacharie - Concession de Saint-Victor (Var) - Carte informative et cartographie des aléas « mouvements de terrain*. Rapport GEODERIS S2009/51DE-09PAC2230, 2009.
- [2] *Inventaire des dépôts miniers issus des exploitations charbonnières*. Rapport GEODERIS N2013/042_bis – 13NAT2440. Juin 2014.
- [3] *Guide pratique pour l'homogénéisation des études détaillées des aléas miniers – Volet « effondrement localisé »*. Rapport GEODERIS N2012/010DE-12NAT2210, 2012.
- [4] *Annexe technique au guide d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers - Evaluation de l'aléa « effondrement localisé »*. Rapport INERIS DRS-09-103953-12226A. 2009.
- [5] *Nouvelles consignes de cartographie de l'aléa effondrement localisé sur travaux avérés et travaux supposés*. Note GEODERIS N2012/016DI-12NAT2210, 2012
- [6] *Guide d'évaluation des aléas miniers*. Rapport INERIS DRS-17-164640-01944A, 2018.
- [7] *Evaluation de l'aléa « Gaz de mine » dans le cadre de l'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers (PPRM) – Guide méthodologique*. Rapport INERIS DRS-15-149493-10366A, novembre 2015
- [8] Desrousseaux J. (1937). *Les Bassins houillers et lignitifères de la France*. Statistiques de l'industrie minière, Ministère des travaux publics.
- [9] *Synthèse géologique du Sud-Est de la France*. Mémoire du BRGM n° 125 (1984)
- [10] Al HEIB M. et Noirel J.F (2005). *Analyse des mesures d'affaissement et de mouvement horizontal induit par l'exploitation d'une mine de charbon sous un château d'eau*. Symposium International sur la géotechnique dans les villes, Oct 2005, Villeneuve d'Ascq, France.
- [11] Wojtkowiak F. et Pigué Jack-Pierre (1998). *Affaissements et déformations au-dessus des exploitations minières : mécanismes et évolution dans le temps*. Journée technique CdF, Jun 1998, Hombourg-Haut, France.
- [12] *Phénomène d'émission de gaz de mine – Préconisations de gestion en zone à risque corporel*. Rapport GEODERIS 2019/189DE-19NAT21010, juin 2019

ANNEXE 1
Reportage photographique



Photo 1 - Puits Sainte-Barbe aménagé en puits pour eau avec mur d'enceinte.



Photo 2 - Descenderie sud D4 (entrée supposée).



Photo 3 - Descenderie Sainte-Berthe (grille fermée par un cadenas).



Photo 4 - Descenderie Sainte-Berthe : vue intérieure (à travers la grille).



Photo 5 - Plan de sortage « aménagé ».



Photo 6 - Plan de sortage avant aménagement.



Photo 7 - Plan de sortage et vue du mur intérieur.



Photo 8- Plan de sortage, toit de la galerie.

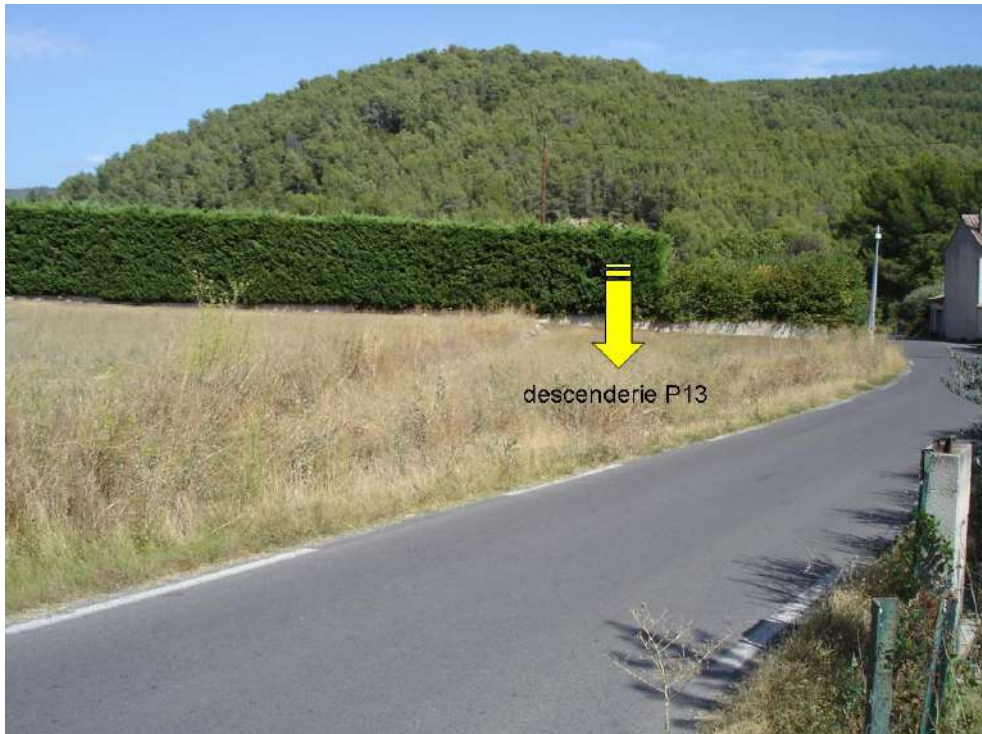


Photo 9 - Emplacement présumé de la descenderie P13.



Photo 1 - Emplacement présumé du puits du Noyer.



Photo 11 – Effondrement localisé Fo3

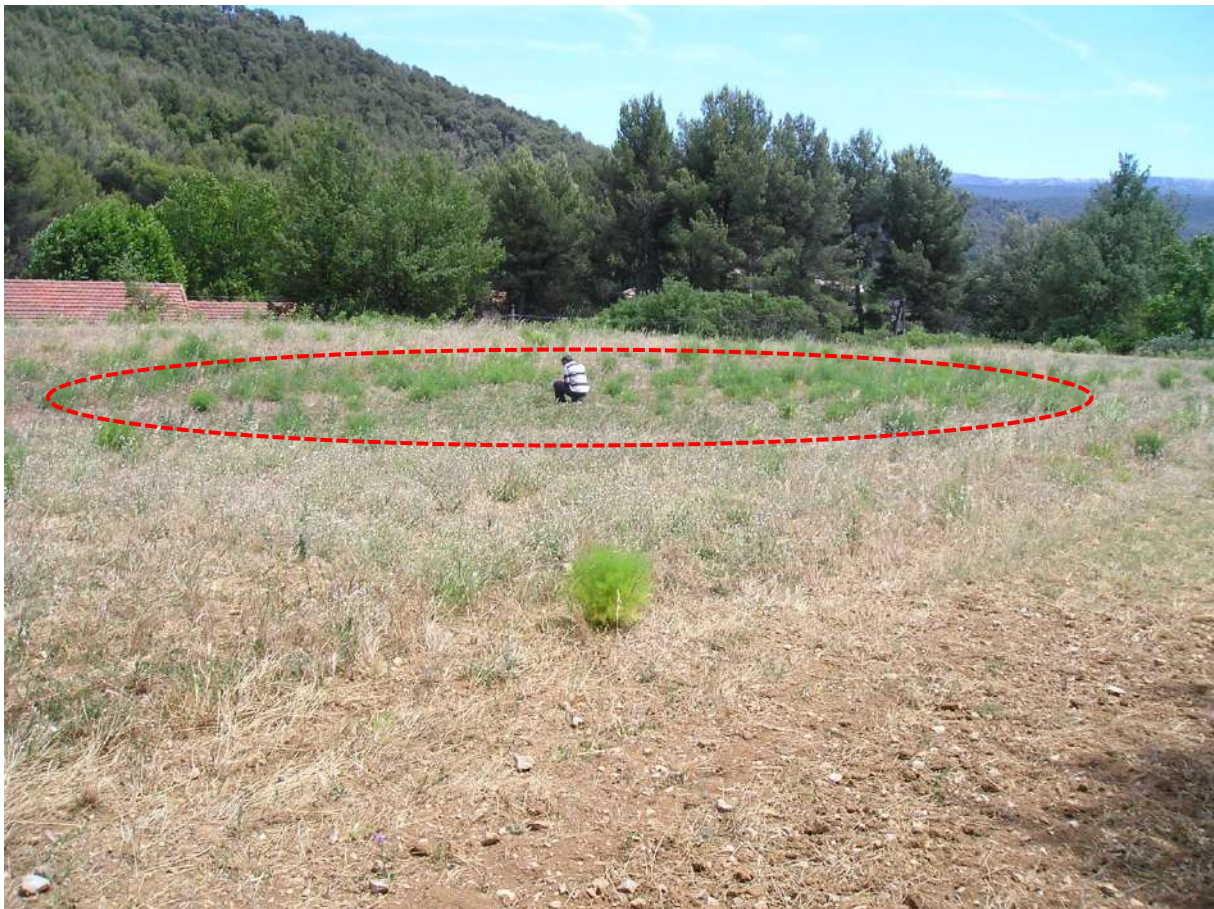


Photo 12 – Cuvette d'affaissement Aff 2



Photo 13 - Verse du puits Sainte-Barbe (V1).



Photo 142 - Verse de la descenderie sud (V2).



Photo 15 - Bâtiments des machines du puits Sainte-Barbe (B1).



Photo 16 - Chevalement du puits Sainte-Barbe et salle des machines.



Photo 17 - Base de la cheminée carrée en briques (puits Sainte-Barbe).



Photo 18 - Locaux techniques de la descenderie Sainte-Berthe.



Photo 19 - Lampisterie et locaux techniques de la descenderie Sainte-Berthe.



Photo 20 - Aisances de la descenderie Sainte-Berthe.



Photo 21 - Trémie de chargement de la descenderie Sainte-Berthe.



Photo 22 - Bassin de réception des eaux d'exhaure de la descenderie Sainte-Berthe.

ANNEXE 2
Plans miniers

Id	Titre	Type	Date	Echelle	Points de calage	Incertitude de calage du plan (hors incertitude BD ORTHO® de l'IGN)	Objets retenus pour cartographie
Plan 1	Société des Charbonnages de St-Zacharie – Mine St-Victor	Plan	1945	1/1 000	Puits St Barbe, Descenderie Ste-Berthe, Descenderie sud	10 m	Positionnement Descenderie P13bis et Digitalisation des travaux « récents »
Plan 2	Charbonnage de St-Victor. Puits Sainte-Barbe	Coupe	Non daté	-	-	-	-
Plan 3	Société des Charbonnages de St-Zacharie	Plan	1958	1/500	-	-	-
Plan 4	Société des Charbonnages de St-Zacharie – Mine St-Victor	Plan	1945	1/1 000	-	-	-
Plan 5	Mine St-Victor	Plan	Non daté	1/500	-	-	-
Plan 6	Mine St-Victor	Plan	Non daté	1/1 000	Puits St Barbe, Ancienne descenderie, Descenderie sud et angles de bâtiments	10 m	Positionnement Puits du Noyer et Digitalisation des travaux « anciens »
Plan 7	Plan et coupe des mines de St-Zacharie	Plan et coupe	05/1853	1/1 000	-	-	-
Plan 8	Concession de St-Zacharie – Mine St-Victor	Plan	31/12/1857	1/1 000	-	-	-
Plan 9	Puits Sainte-Barbe	Coupe	Non daté	-	-	-	-
Plan 10	Concession de St-Zacharie – Mine St-Victor	Plan	31/12/1857	1/1 000	-	-	-
Plan 11	Plan (extrait sur fond bleu)		Non daté	1/1 000	-	-	-
Plan 12	Plan de la Concession des Mines de St-Victor	Plan	Non daté	1/10 000	-	-	-
Plan 13	Plan de surface de la mine St-Victor	Plan	Non daté	1/1 000	Puits St Barbe et angles de bâtiments	10 m	Positionnement Descenderie P13
Plan 14	Mine de St-Victor – Ensemble des travaux	Plan	02/02/1942	1/500	-	-	-
Plan 15	Mine de St-Victor	Plan	Non daté	1/1 000			
Plan 16	Plan (sans titre)		Non daté	-	Puits St Barbe, Ancienne descenderie, Descenderie sud et angles de bâtiments	10 m	Positionnement Galerie Ancienne et Galerie Neuve et Digitalisation des travaux « anciens » autour de ces ouvrages
Plan 17	Plan des travaux de la Mine de lignite de St-Victor	Plan	Non daté	1/1 000			
Plan 18	Plan des travaux de la Mine St-Victor	Plan	31/12/1883	1/1 000	Puits St Barbe, Descenderie sud et angles de bâtiments	10 m	Positionnement Puits d'aération (CH3) et Digitalisation des travaux « anciens » en complément du Plan 6
Plan 19	Société des Charbonnages de St-Zacharie – Plan des tonnages	Plan	Non daté	1/2 000	Puits St Barbe, Descenderie Ste-Berthe et angle de galeries sur plan 1	10 m	Digitalisation du Plan de Sortage
Plan 20	Coupe XY (Puits Ste Barbe)	Coupe	Non daté	1/2 000	-	-	-
Plan 21	Société des Charbonnages de St-Zacharie – Plan n°3	Plan	Non daté	1/2 000	-	-	-
Plan 22	Société des Charbonnages de St-Zacharie – Plan n°1	Plan	Non daté	1/500	Puits St Barbe, Descenderie Ste-Berthe et angle de galeries sur plan 1	10 m	Digitalisation des travaux « récents » en complément du Plan 1
Plan 23	Société des Charbonnages de St-Zacharie – Plan n°2	Plan	Non daté	1/2 000	-	-	-

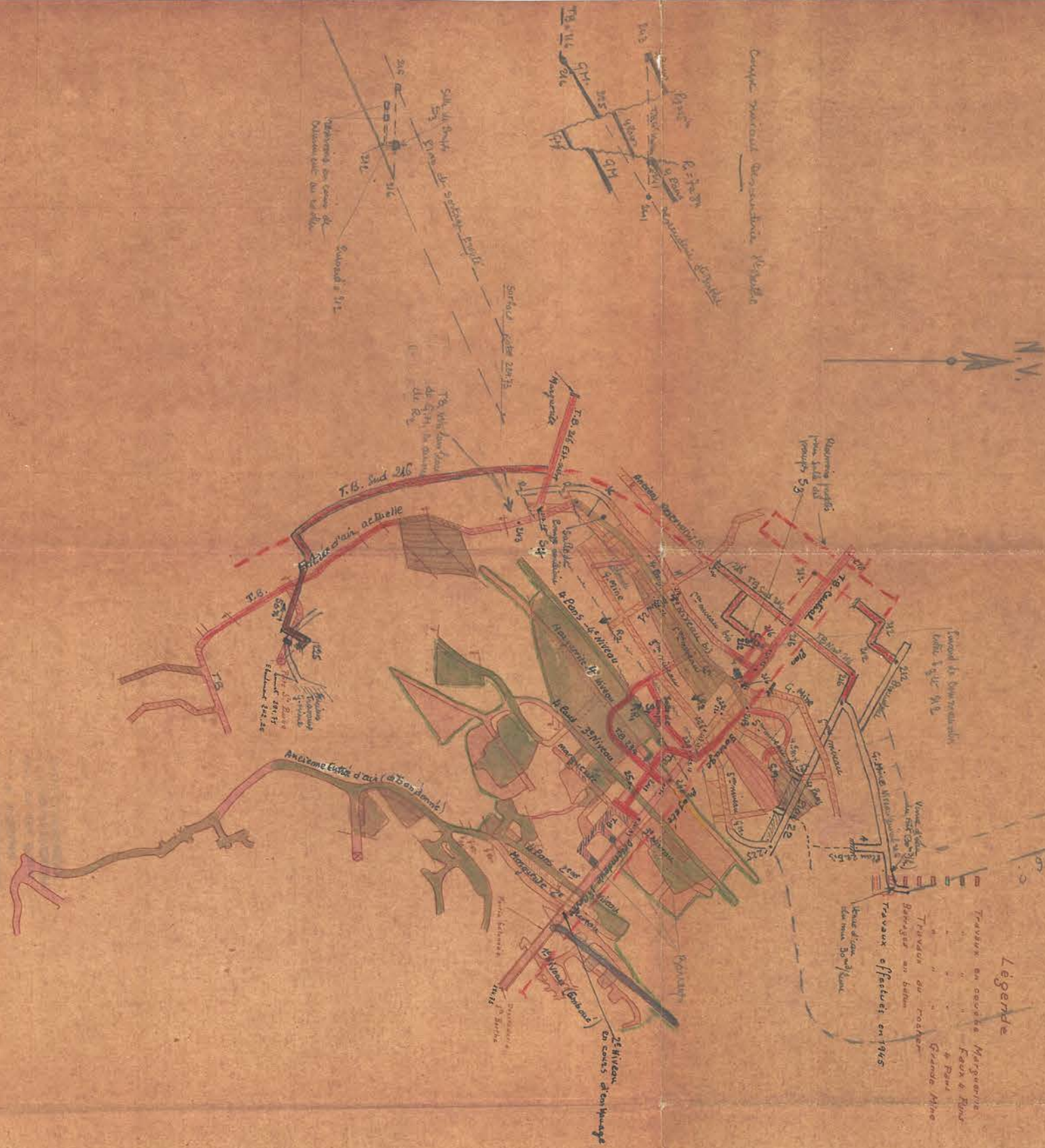
Liste et caractéristiques des plans géoréférencés

SOCIETE DES CHARBONNAGES DE

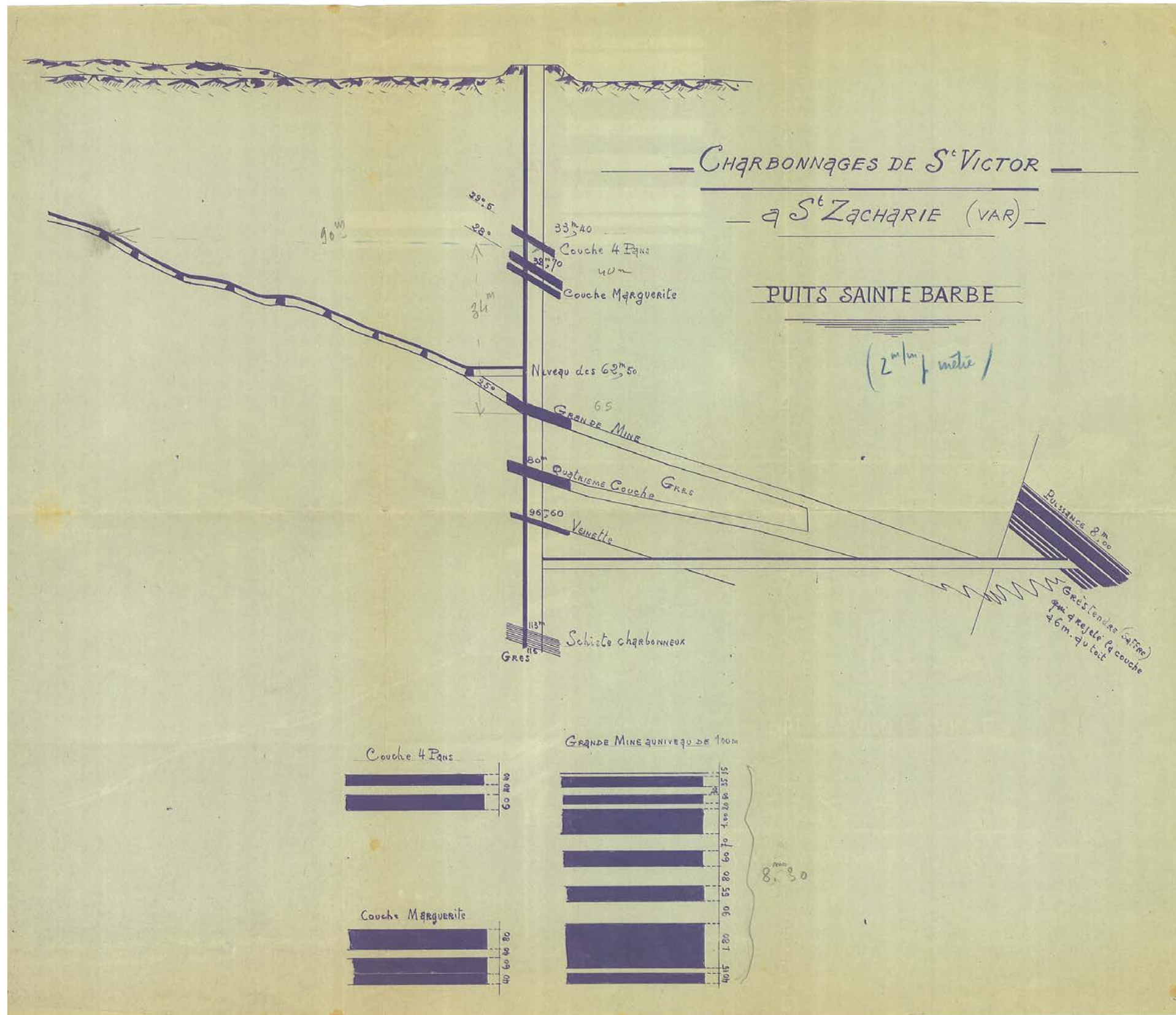
ST ZACHARIE

MINE ST VICTOR

ECHELLE 1/1000



Plan 1



S^TE des CHARBONNAGES DE S^TE ZACHARIE

Echelle: 1/500

Légende.

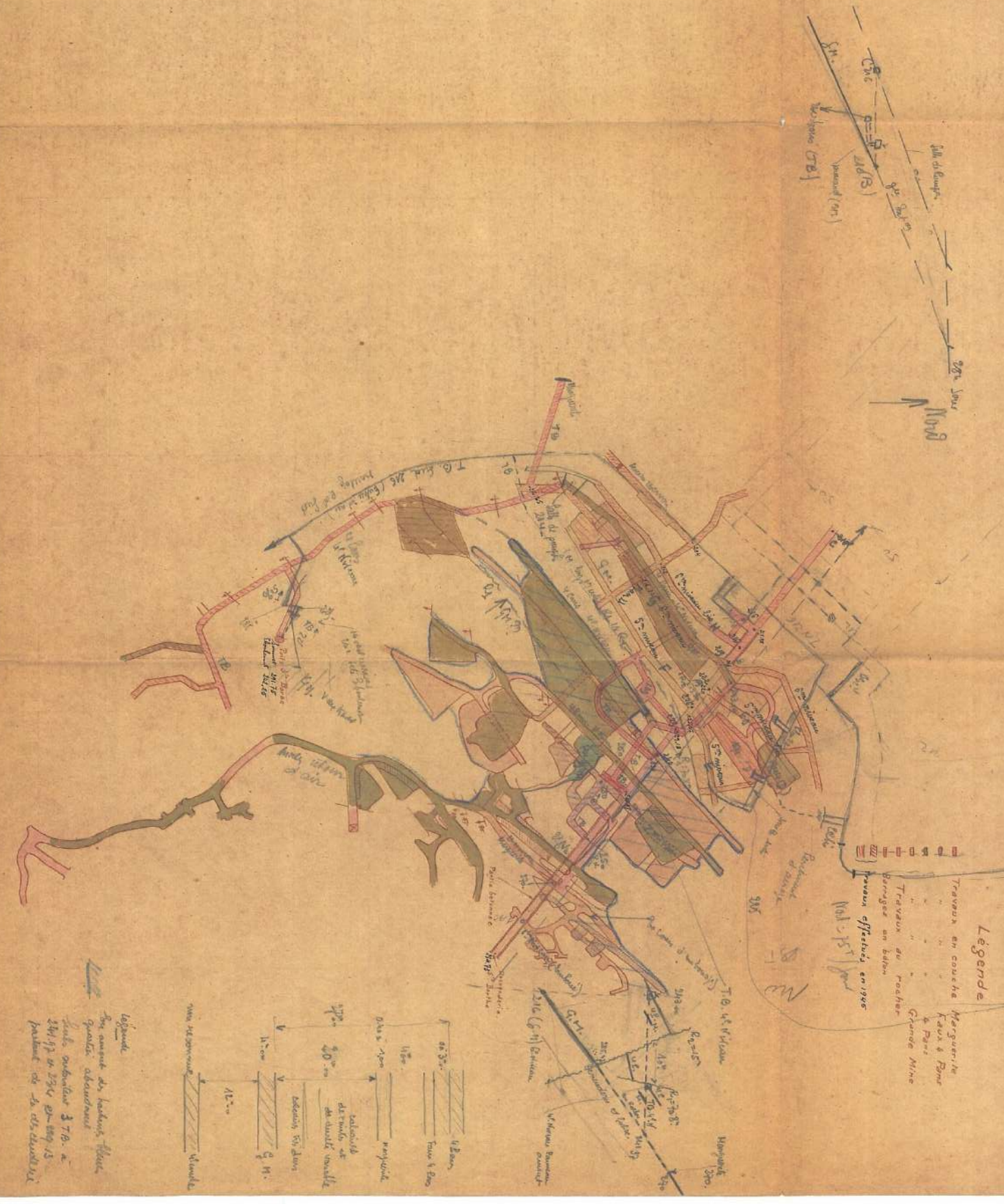
- Travaux au rocher
- Parties défilées. R: remblayées
NR: non remblayées

Plan 3

SOCIETE DES CHARBONNAGES DE ST ZACHARIE

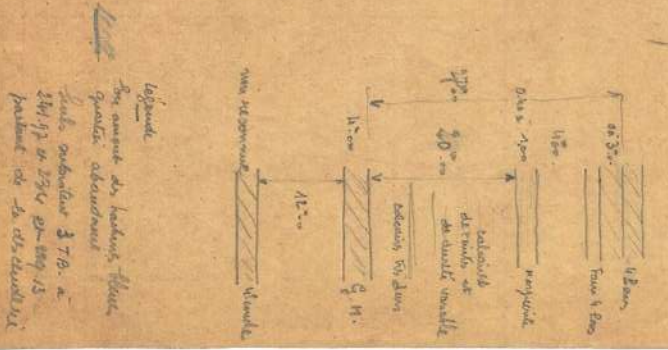
MINE ST VICTOR

ECHELLE 1/1000

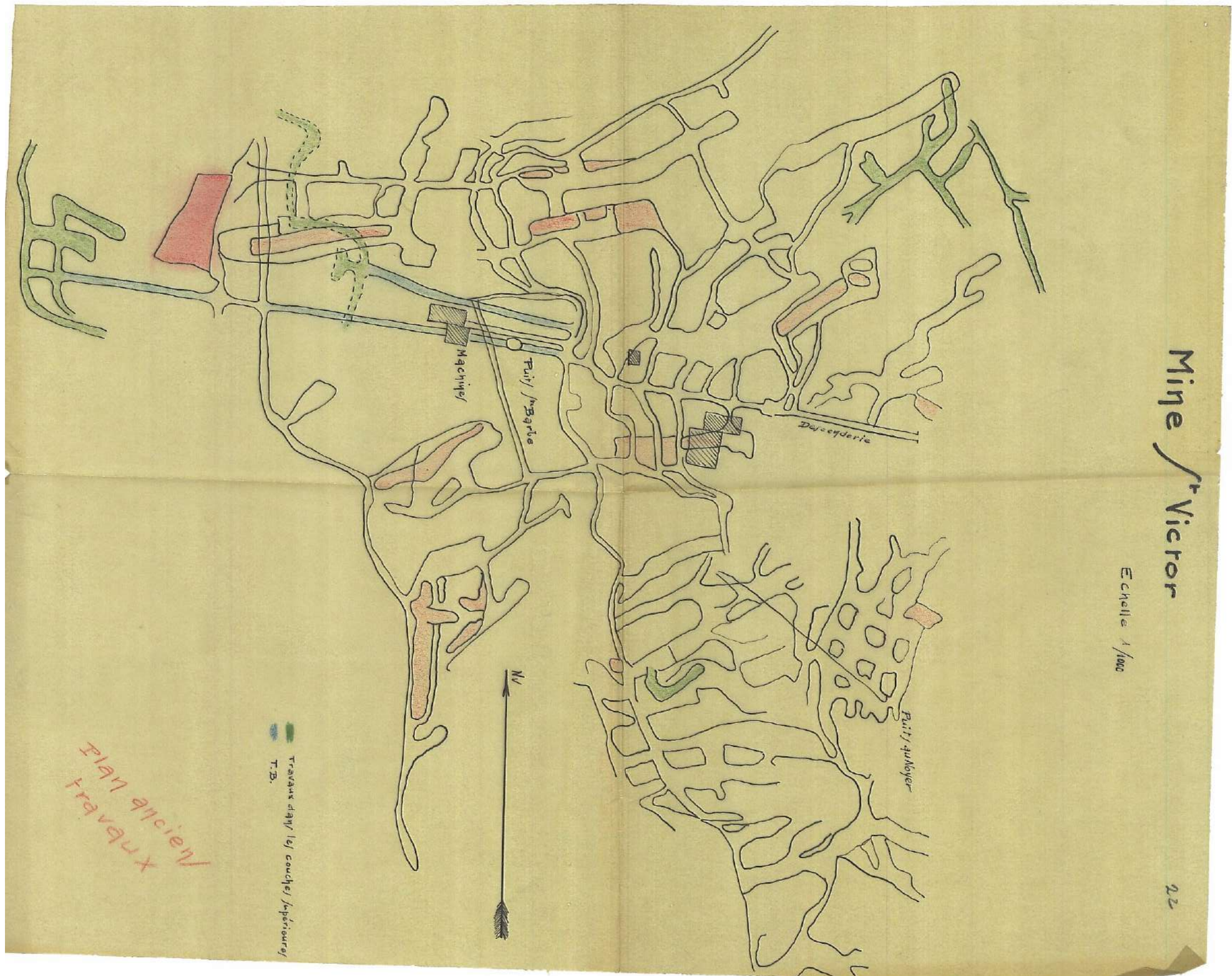


Légende

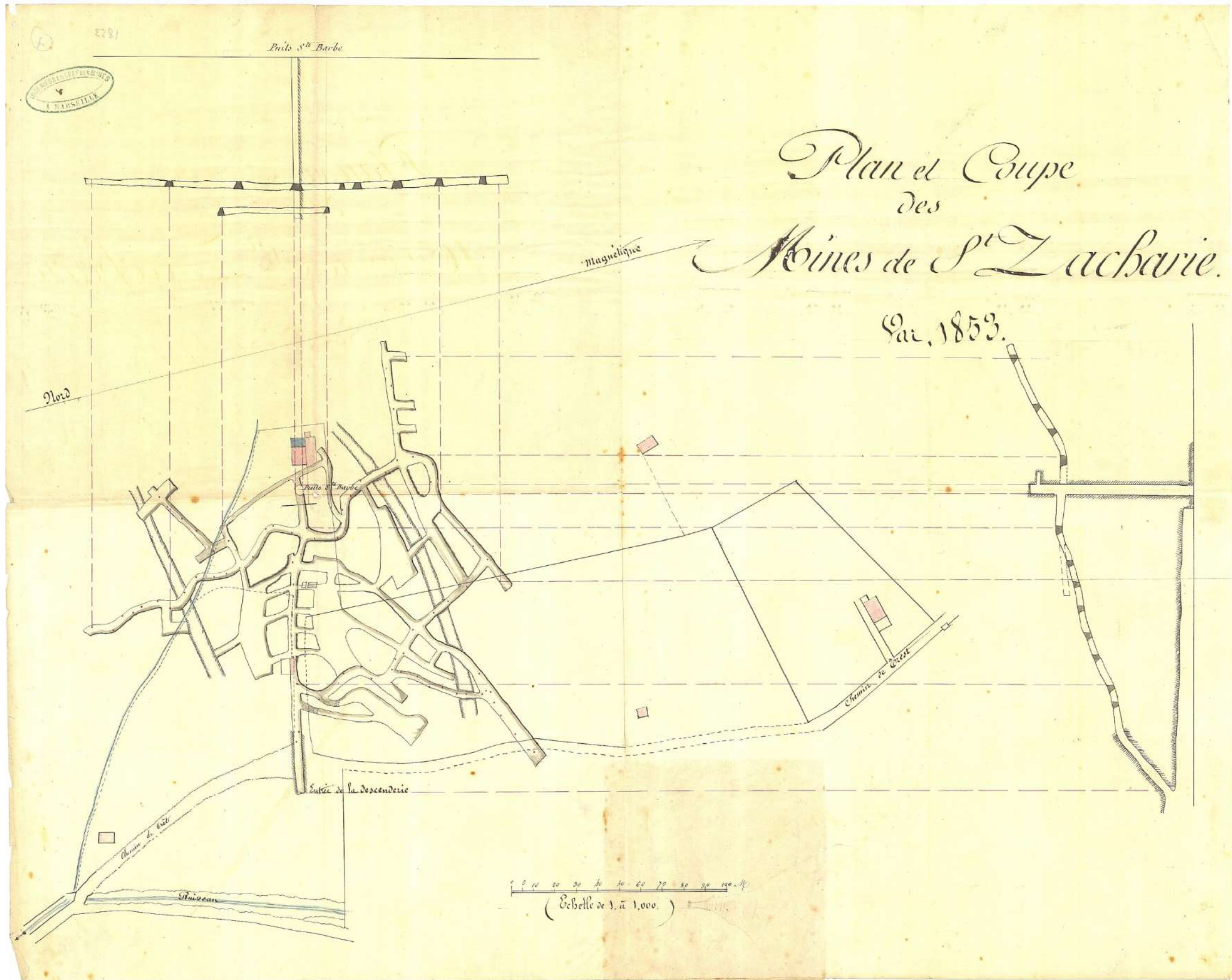
- Travaux en couche
- Marguerite
- Kaux & Pons
- à Paris
- Grande Mine
- Travaux au rocher
- Travaux en bois
- Travaux officiels, en bois
- M. de St Victor



Plan 4

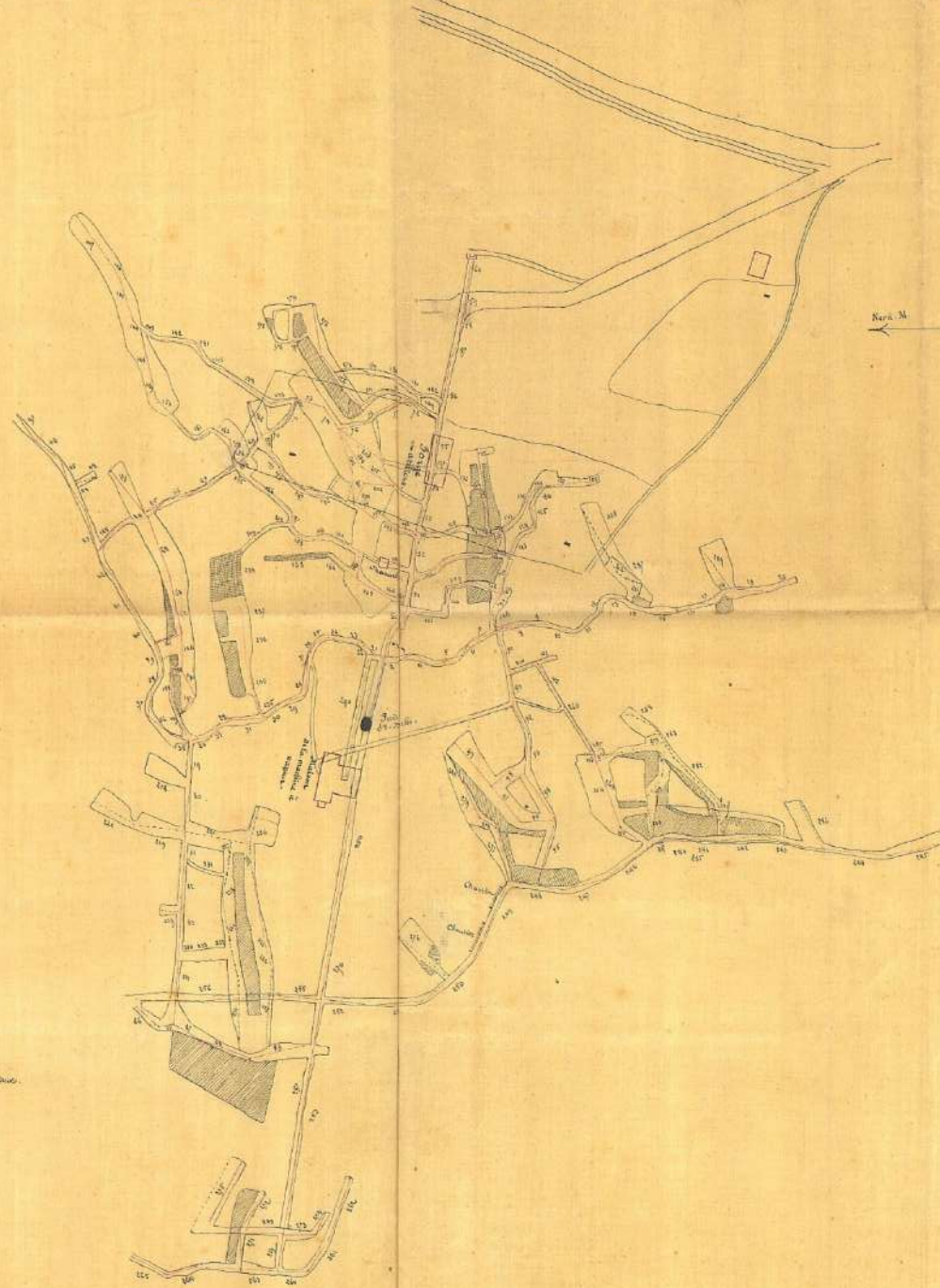


Plan 4



Plan 5

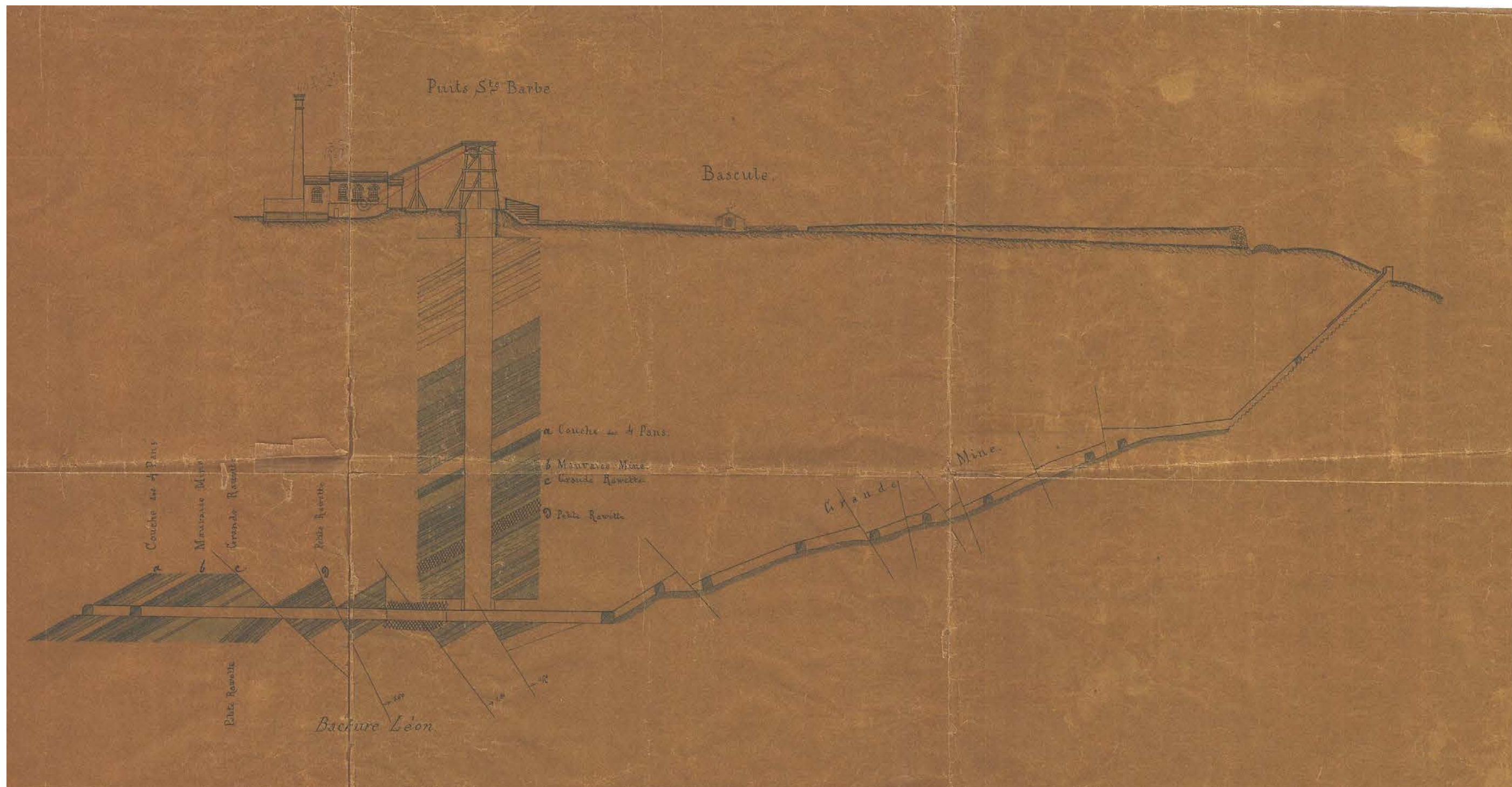
CONCESSION DE S^t - ZACHARIE .
Mines S^t - Victor.



Certifié conforme à l'original.
Paris le 21 Octobre 1897.
J. Dupont-Dutour & Co. Éditeurs.

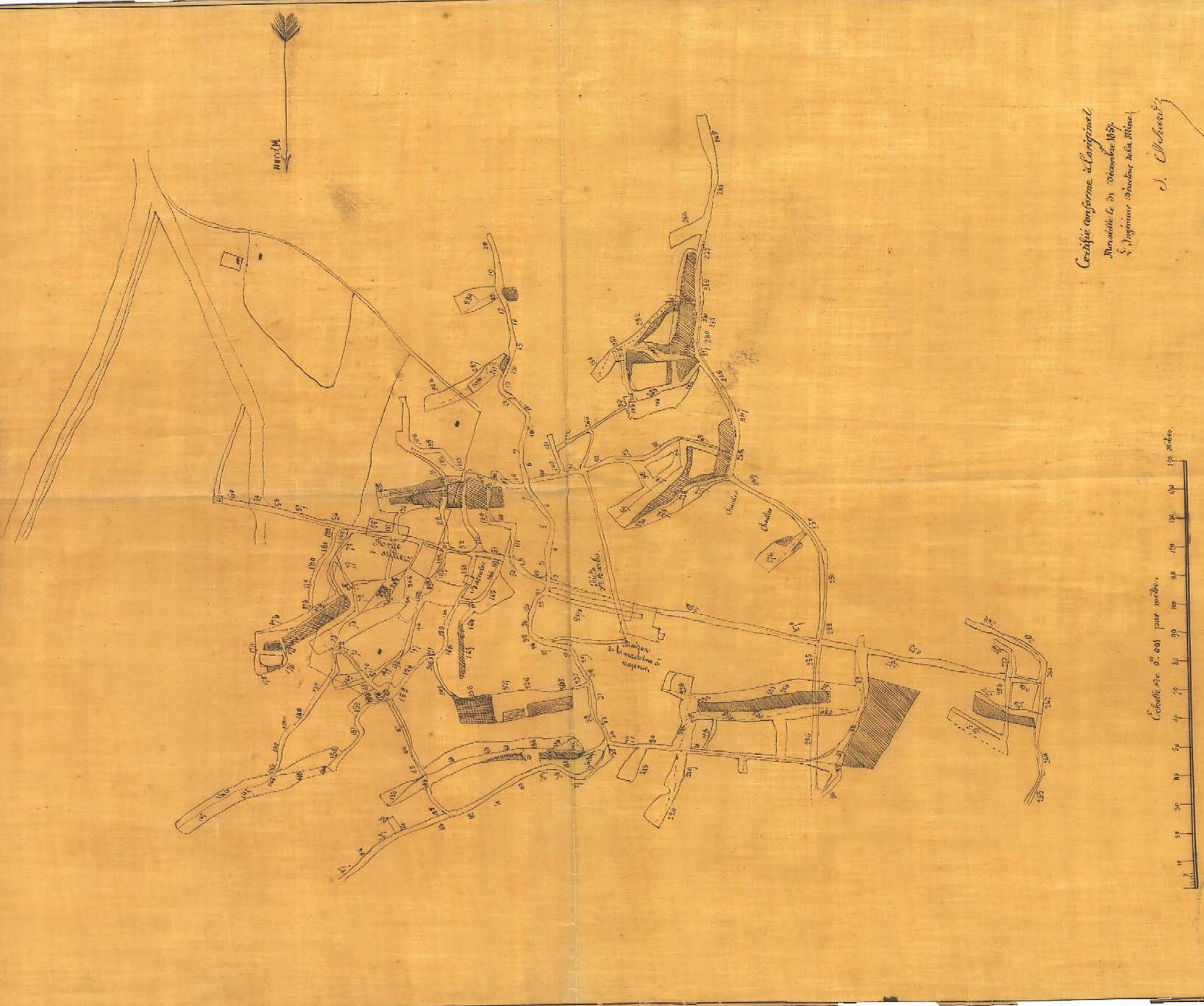
J. Dupont-Dutour

Plan 6



Plan 7

*Concession de S^t Zacharie.
Mines de S^t Victor.*

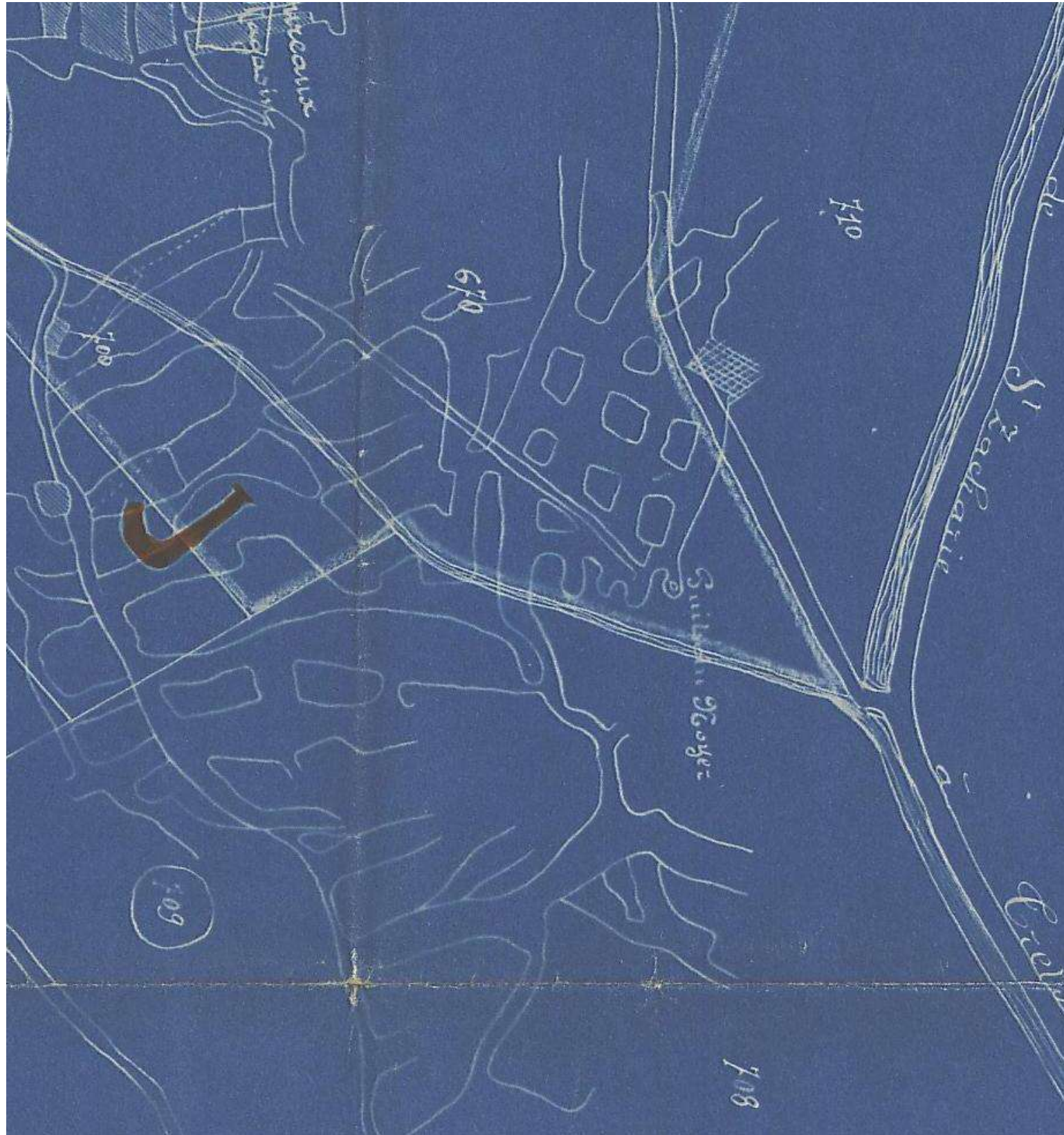


*Certifié conforme à l'original.
Paris le 21 Décembre 1857.
S. Ingénieur Directeur des Mines.*

Échelle de 0^m.001 par mètre.

J. Chéreau

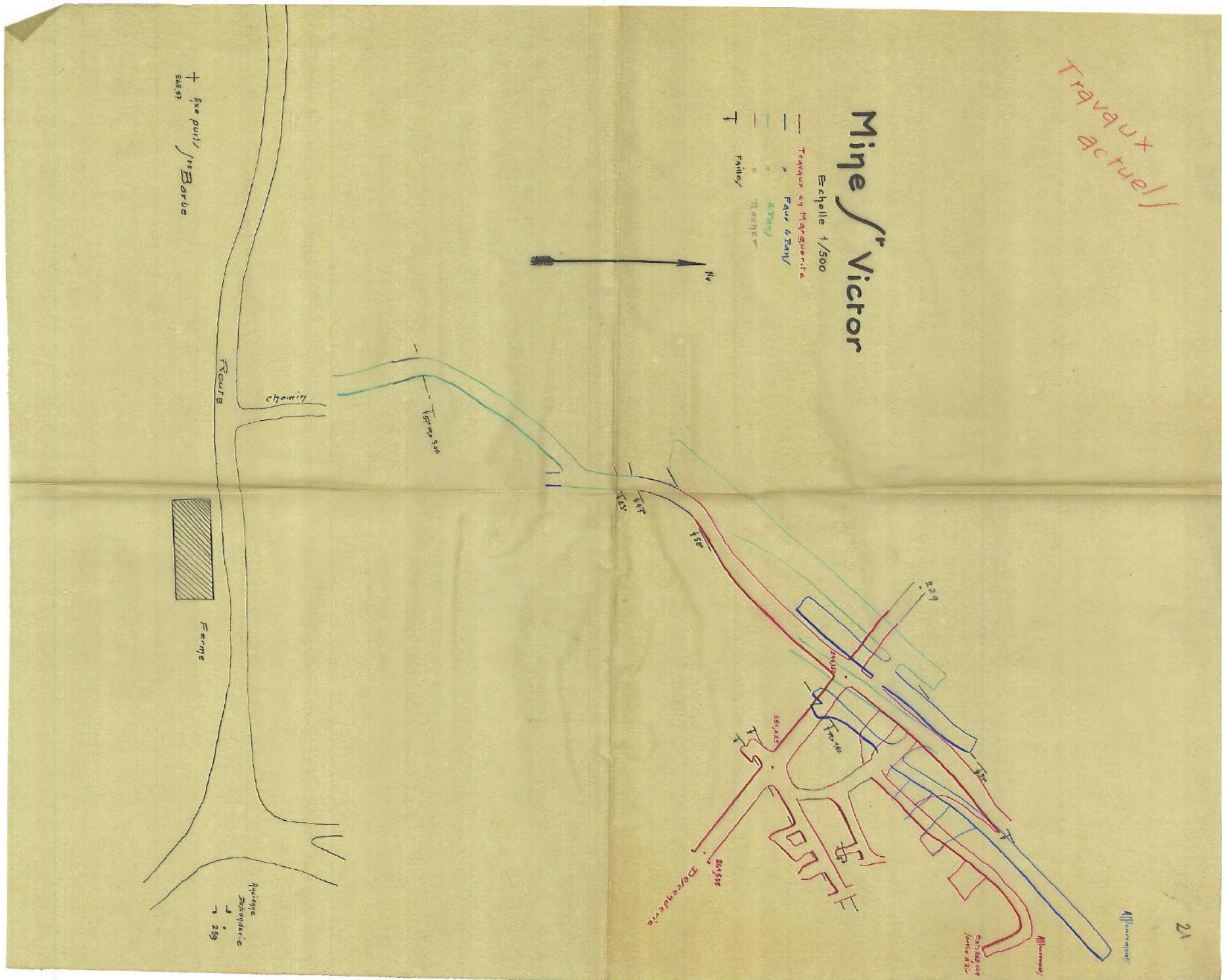
Plan 8



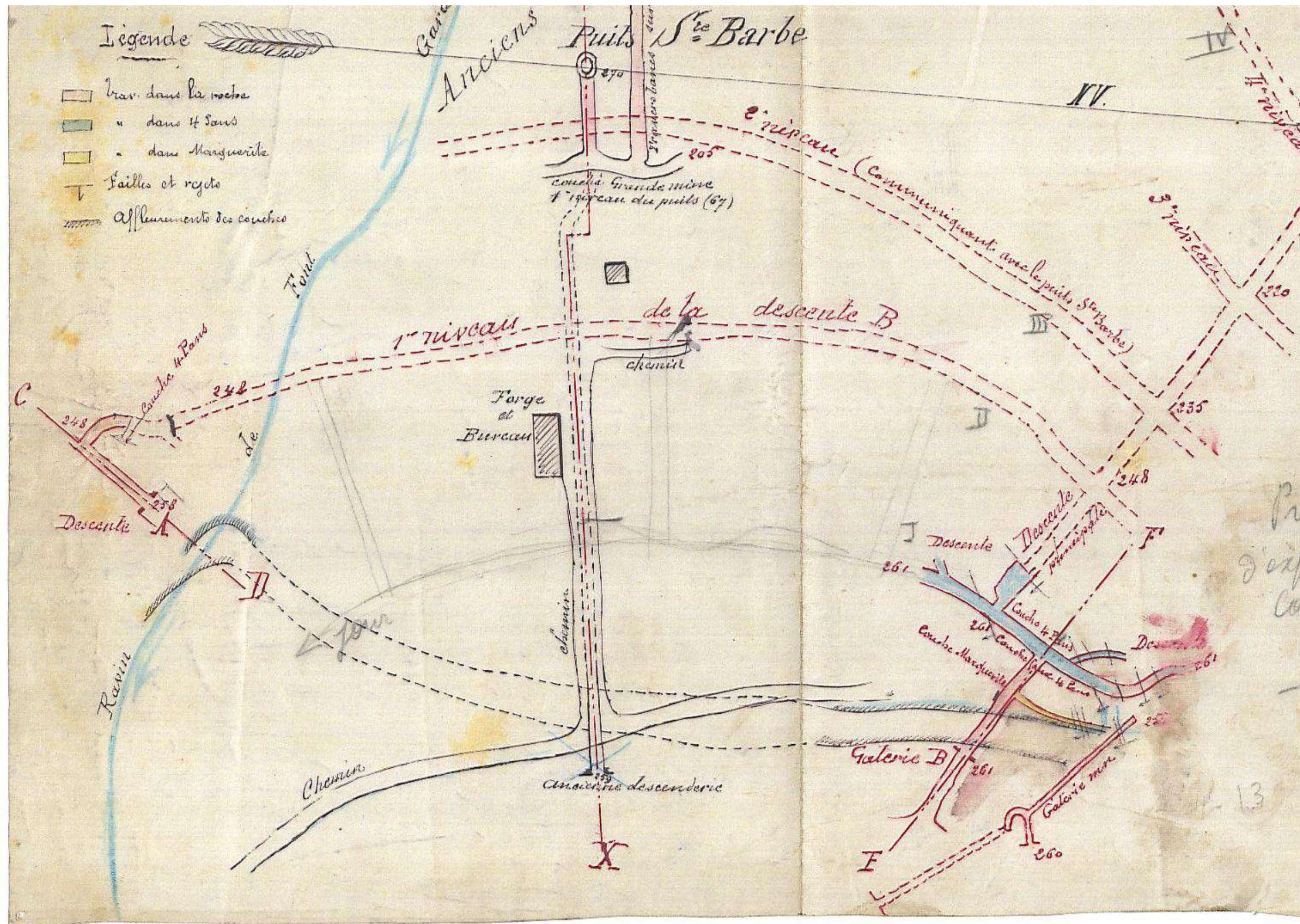
Plan 9(extrait)

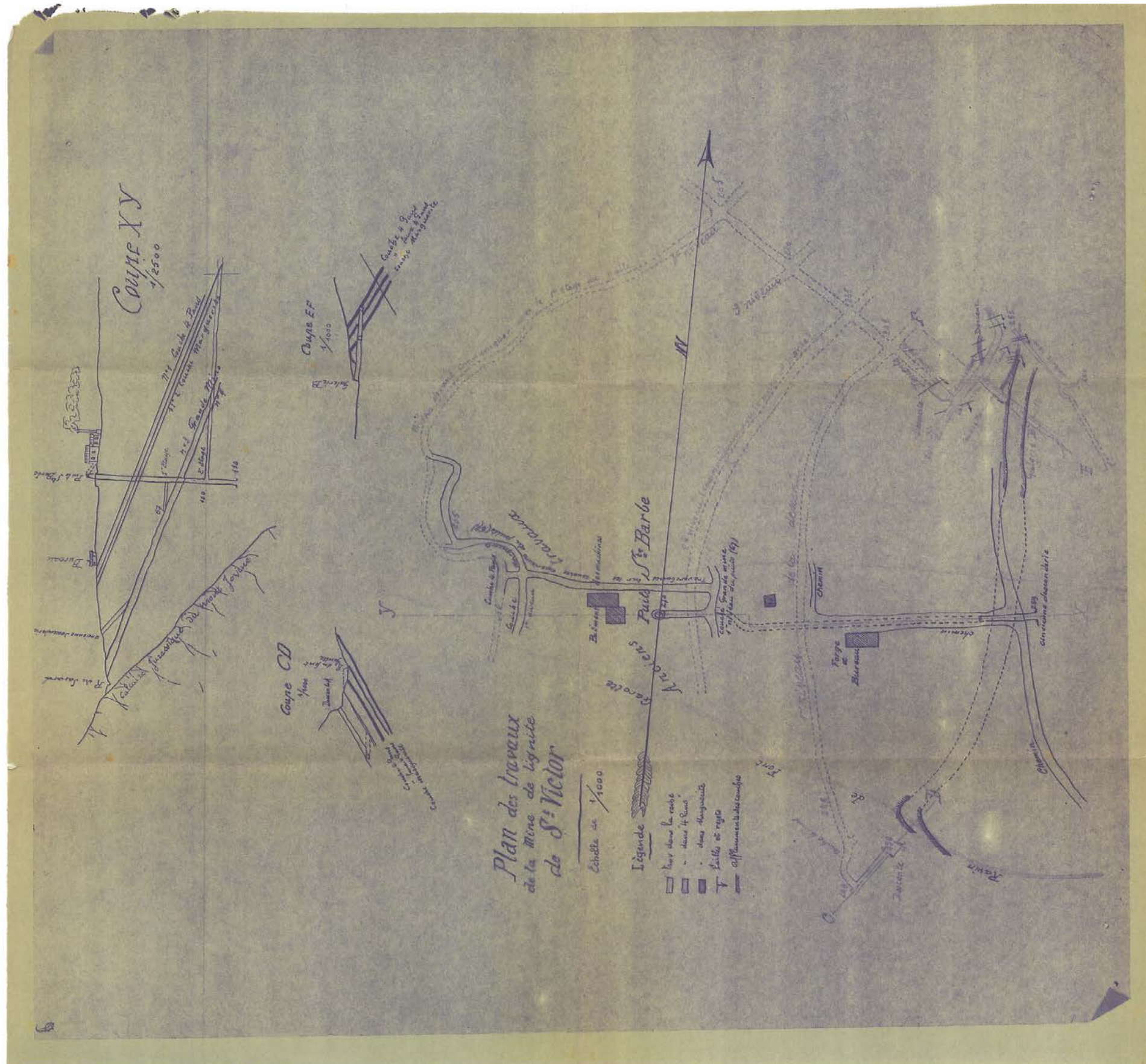


Plan 11



Plan 15





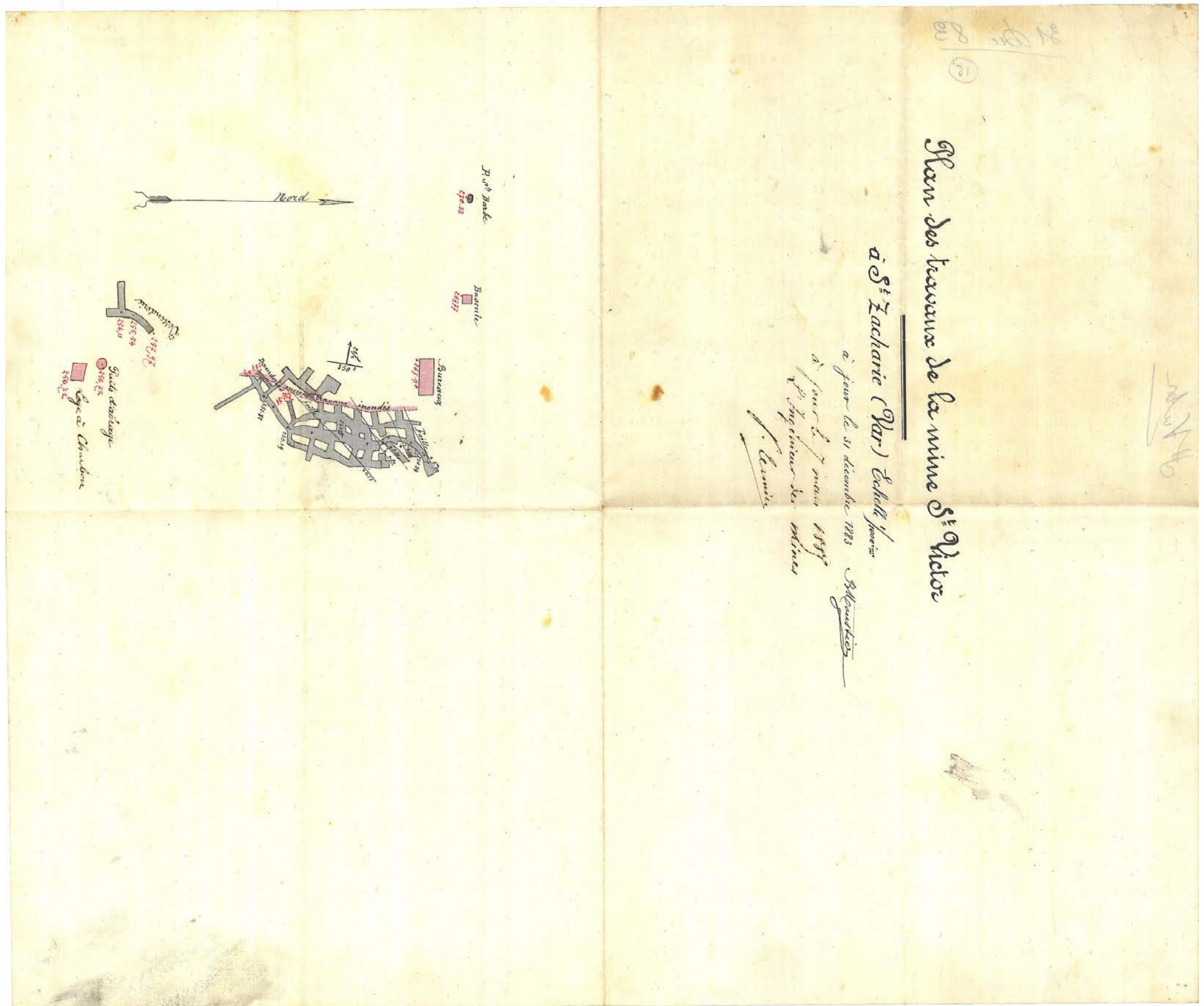
Plan 17

81
80
(12)

Plan des travaux de la mine S^t Victor

à S^t Zacharie (Var) Echelle 1/10000

à jour le 31 décembre 1883
à jour le 7 mai 1884
l'ingénieur des mines
J. Lecomte



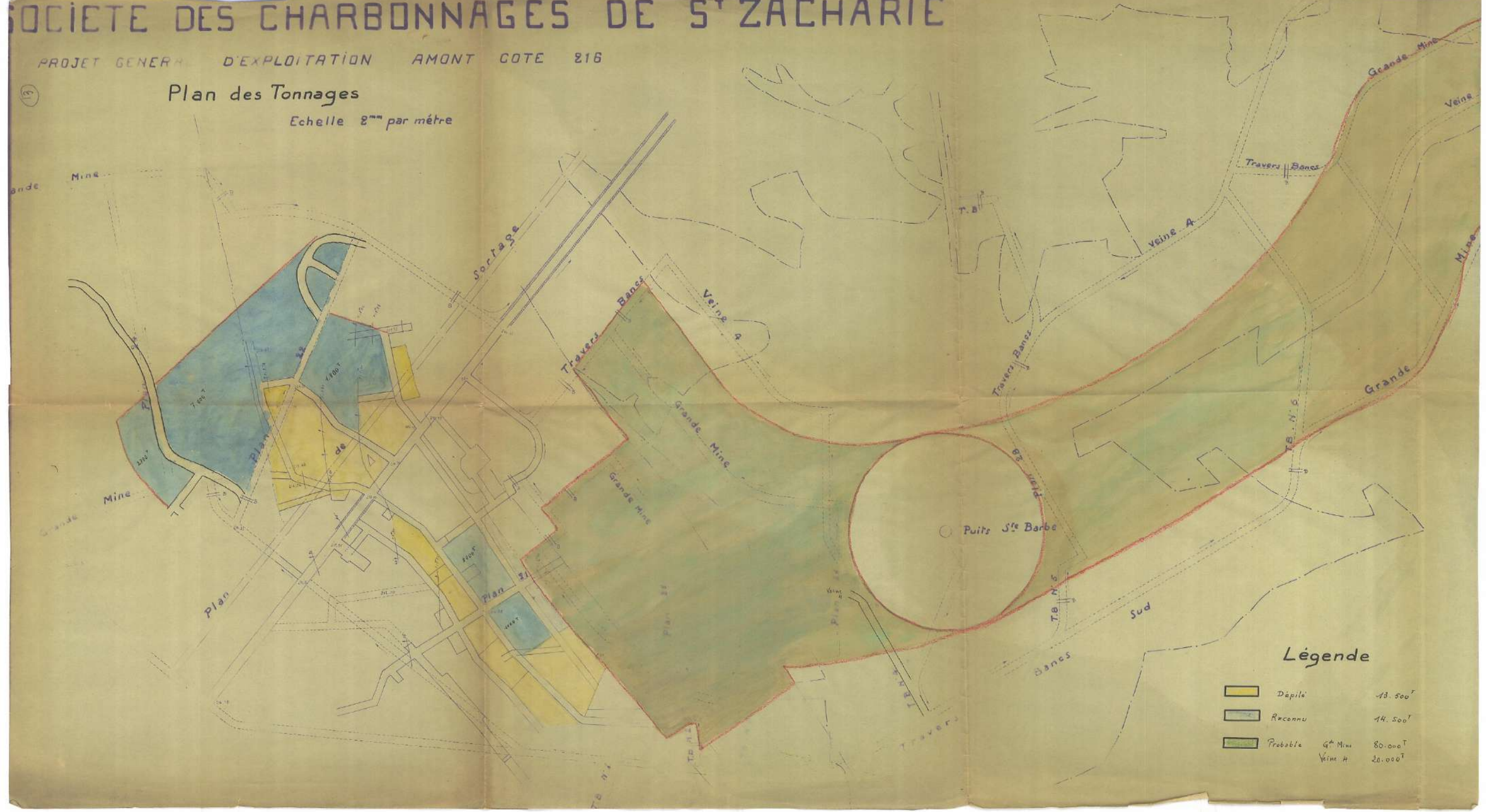
Plan 18

SOCIÉTÉ DES CHARBONNAGES DE S^T ZACHARIE

PROJET GÉNÉRAL D'EXPLOITATION AMONT COTE 216

Plan des Tonnages

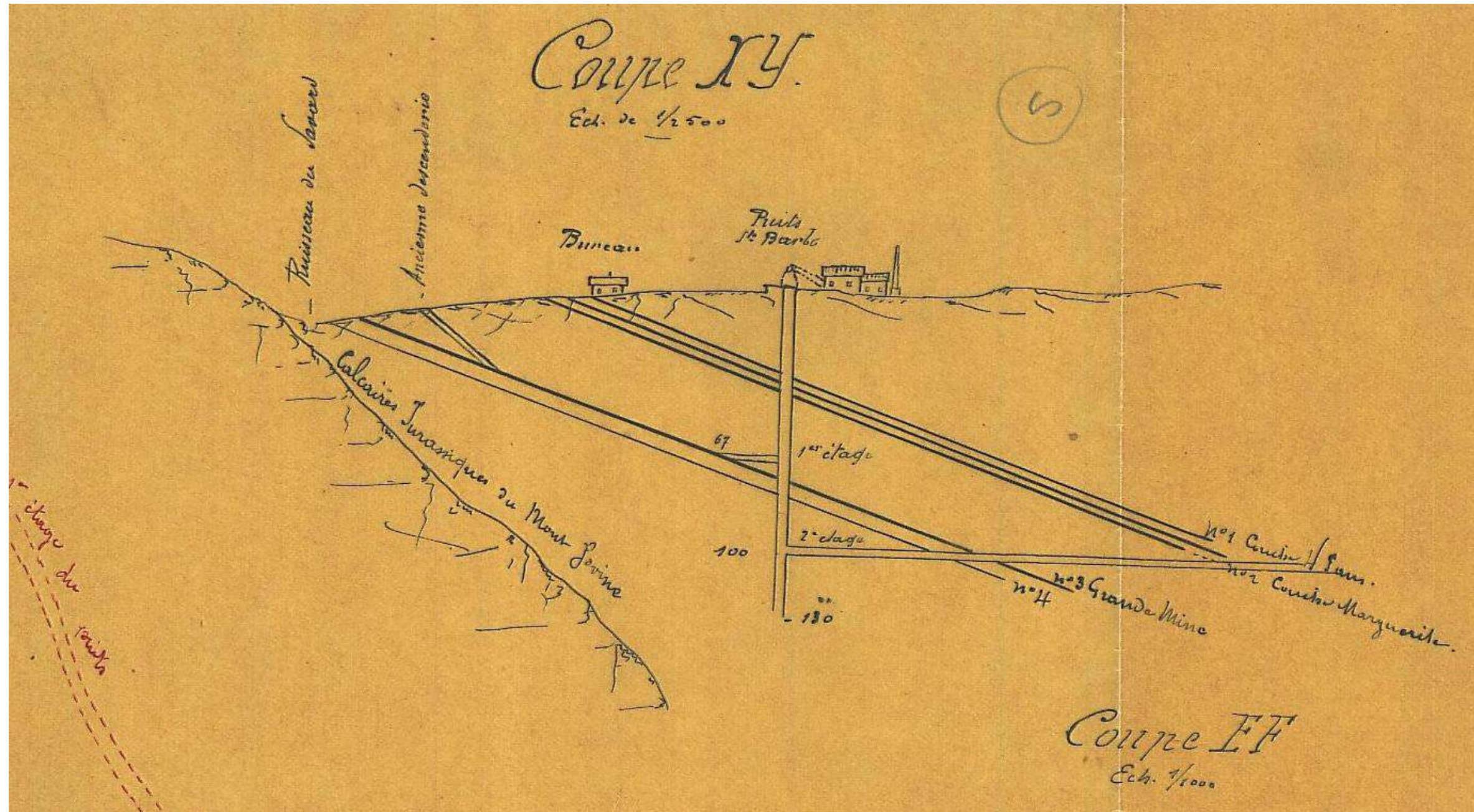
Echelle 2^{mm} par mètre



Légende

	Défilé	13.500 ^T
	Reconnu	14.500 ^T
	Probable	4 ^e Mine 80.000 ^T Veine H 20.000 ^T

Plan 19



Plan 20

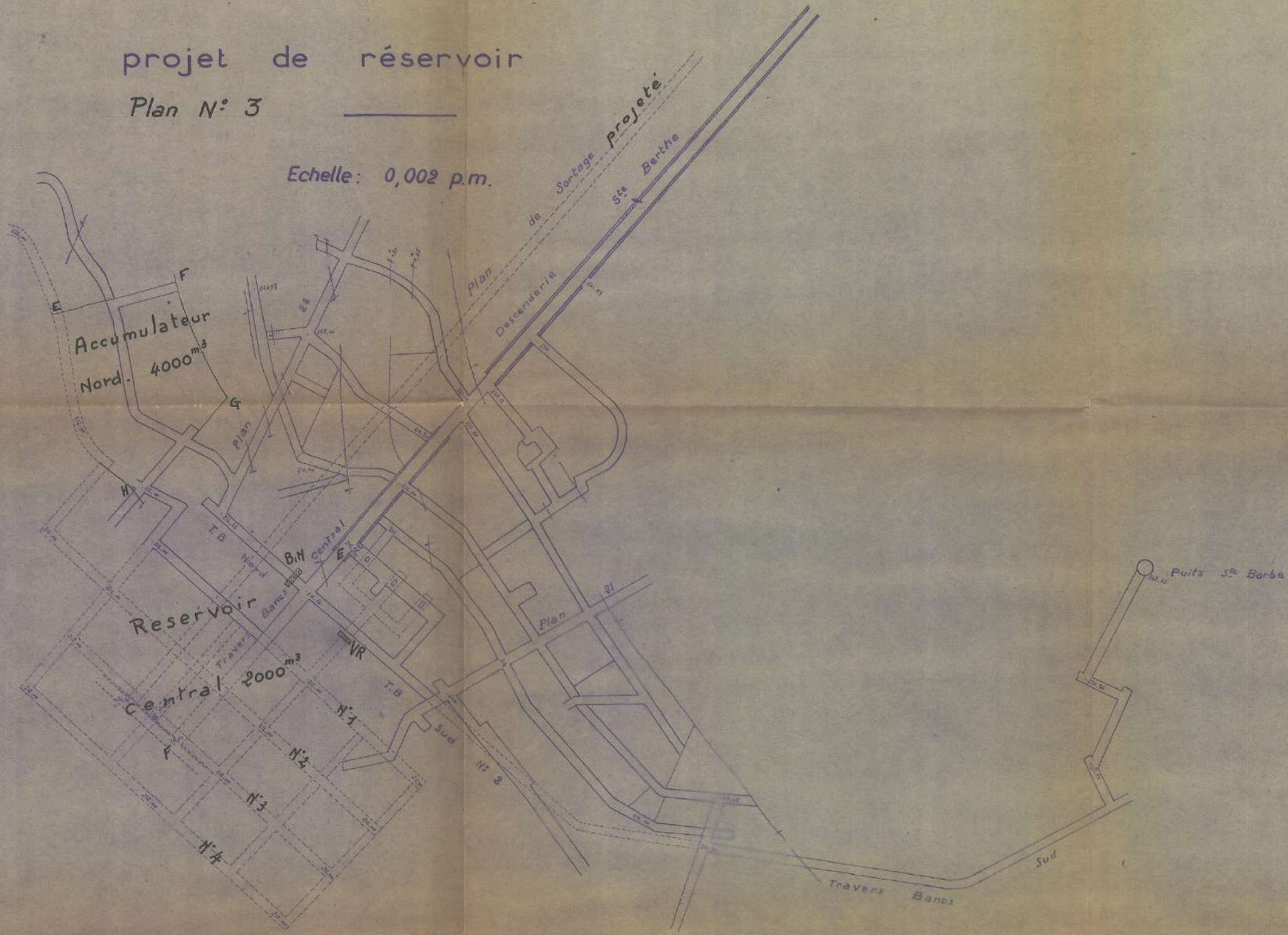
Sté des CHARBONNAGES de St Zacharie

12

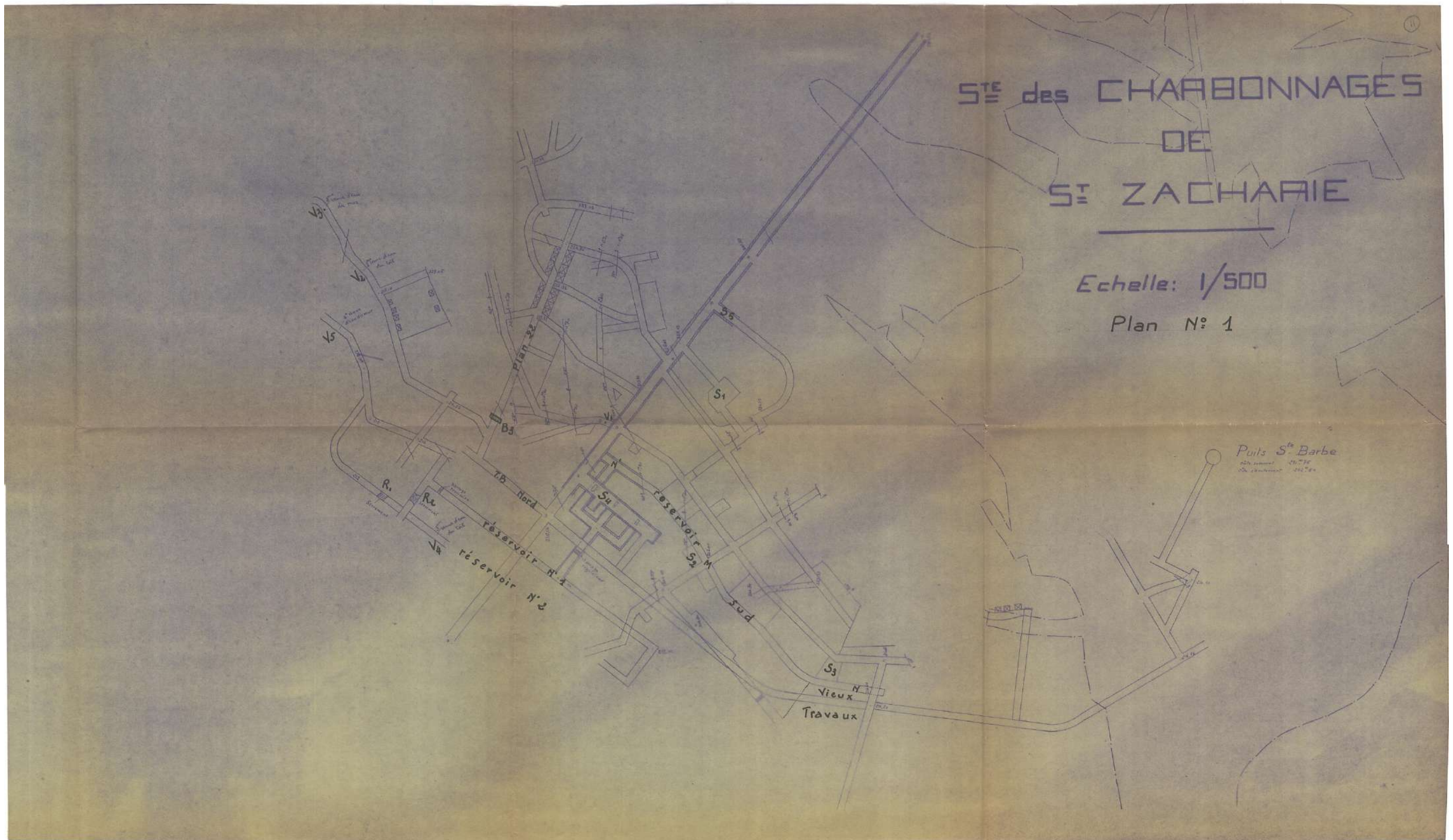
projet de réservoir

Plan N° 3

Echelle: 0,002 p.m.



Plan 21



Plan 22

SOCIETE DES CHARBONNAGES DE S^t ZACHARIE

projet de réservoir

Plan N° 2 Echelle 2^{mm} par mètre



Plan 23

ANNEXE 4

Approche volumétrique déterministe de la hauteur de remontée de cloche de fontis

Dans le cas, où un effondrement du toit d'une excavation souterraine est susceptible de survenir, une montée de voûte peut être initiée. Ce mécanisme peut se propager vers la surface (montée de cloche de fontis ou ruptures de banc successives).

Ce phénomène peut être bloqué par :

- L'existence d'un banc rocheux suffisamment résistant pour supporter la contrainte sans se ruiner ;
- Le phénomène d'autocomblement (les terrains éboulés envahissent les volumes disponibles, ils foisonnent et de fait suppriment les vides nécessaires à la poursuite du mécanisme) ;

Le nombre généralement « restreint » de désordres observés ne permet pas, à lui seul, d'établir la profondeur limite à partir de laquelle le risque de remontée de fontis en surface devient nul.

Il est possible d'estimer 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 (cf. [12]).

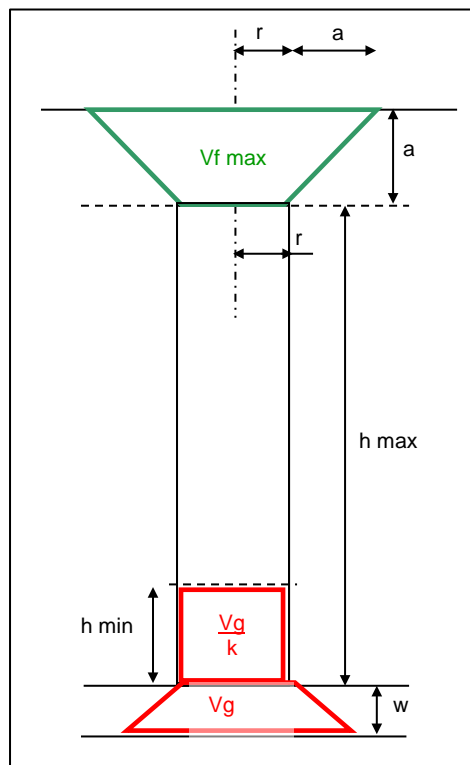


Figure 1 : Modélisation de la formation d'un fontis

Pour ce faire, l'INERIS a développé un outil de calcul s'appuyant sur une modélisation analytique des volumes mis en jeu lors de la propagation d'une cloche d'éboulement ou d'une rupture de bancs successifs (cf. [6]).

Cet outil a été appliqué aux conditions des sites retenues, à savoir :

- Les valeurs du coefficient de foisonnement retenues sont issues de la classification RTR. (Recommandations pour les Terrassements Routiers). SETRA et LCPC. 1976) : 1,3 à 1,4 pour les terrains encaissants (argilites) et de recouvrement des exploitations des cas étudiés ;
- Les valeurs d'angles de talus naturel pour des argiles humides ou sèches sont comprises entre 20° et 30° ;
- La largeur des galeries est prise égale à 2 m ;
- Les largeurs des exploitations sont comprises entre 4 et 8 m ;
- La hauteur des galeries et des exploitations est prise égale à 2 m ;

Les galeries ont été considérées comme non remblayées d'après les archives disponibles.

L'expérience montre que les fontis s'initient sur une largeur égale ou légèrement inférieure à la largeur totale de la galerie (rayon du fontis variant dans une gamme de 80 % à 100 % du rayon maximal possible). Dans le cas de la mine de Saint-Victor, le rayon du fontis est pris à 100 % du rayon maximal en raison du toit constitué d'argilites.

Compte tenu de toutes ces variables, une approche probabiliste de calculs de hauteurs de remontée de voûte a été réalisée selon les configurations des galeries.

Les tableaux suivants présentent pour chaque cas étudié les résultats des calculs de hauteur maximale de remontée de voûte par suite de 1 000 simulations de rupture du toit de galeries ou d'exploitations prises au hasard dans toutes leurs configurations possibles.

Cas	Histogramme de simulations	Hauteur retenue	Critère
Galeries		30 m	> 99 % des hauteurs simulées sont inférieures à 30 m

Figure 2 : Calculs de hauteurs de remontée de cloche de fontis pour le cas des galeries

Cas	Histogramme de simulations	Hauteur retenue	Critère
Exploitations		30 m	> 98 % des hauteurs simulées sont inférieures à 30 m

Figure 3 : Calculs de hauteurs de remontée de cloche de fontis pour le cas des exploitations

ANNEXE 5

Carte informative (1 carte)

(hors texte)

DREAL PROVENCE-ALPES-COTE-D'AZUR

Concession de Saint-Victor (83)

COMMUNE DE SAINT-ZACHARIE

CARTE INFORMATIVE

OUVRAGES DEBOUCHANT AU JOUR

- Puits matérialisé / localisé
- Galerie matérialisée / localisée
- Descenderie matérialisée / localisée

POINTS REMARQUABLES

- Dépôt / Verse
- Bâtiments

GEOLOGIE

- Affleurement Quatre Pans
- Affleurement Marguerite
- Affleurement Grande Mine

LIMITES ADMINISTRATIVES

- Limite Commune
- Limite Concession

TRAVAUX MINIER SOUTERRAINS

- Emprise travaux souterrains avérés
- Travaux "récents" couche Quatre Pans
- Travaux "récents" couche Marguerite
- Travaux "récents" couche Grande Mine
- Travaux "anciens" couches Marguerite ou Quatre Pans
- Travaux "anciens" Grande Mine
- Travers bancs

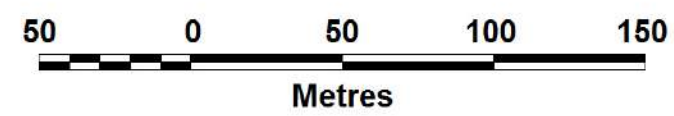
DESORDRES

- Effondrement localisé / affaissement

TOPOGRAPHIE

- 40 Courbe de niveau Intervalle 10 m

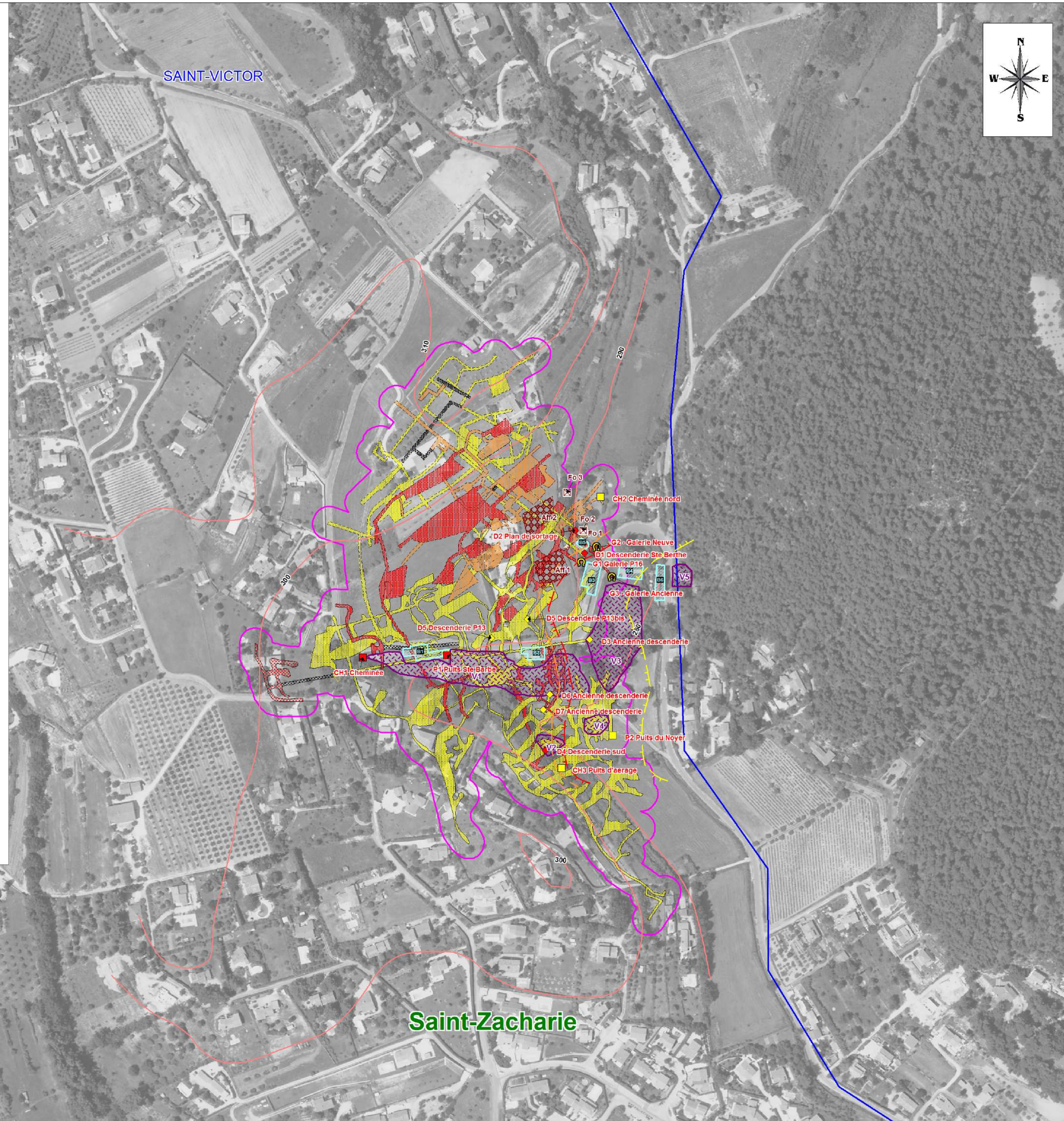
GEODERIS



ECHELLE : 1 / 2 500

Rapport S2018/119DE-19PAC36050 - Juillet 2019

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2006 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007



ANNEXE 6
Cartes d'aléas
(2 cartes)

(hors texte)







DREAL PROVENCE-ALPES-COTE-D'AZUR

Concession de Saint-Victor (83)

COMMUNE DE SAINT-ZACHARIE

CARTE D'ALÉAS "AFFAISSEMENT" ET "ECHAUFFEMENT"

OUVRAGES DEBOUCHANT AU JOUR

-   Puits matérialisé / localisé
-   Galerie matérialisée / localisée
-   Descenderie matérialisée / localisée

TRAVAUX MINIER SOUTERRAINS

-  Emprise travaux souterrains avérés

LIMITES ADMINISTRATIVES



-  Limite Commune
-  Limite Concession

ALEAS

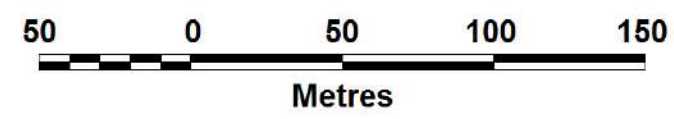
Niveau

-  Faible

Phénomène

-  Affaissement
-  Echauffement

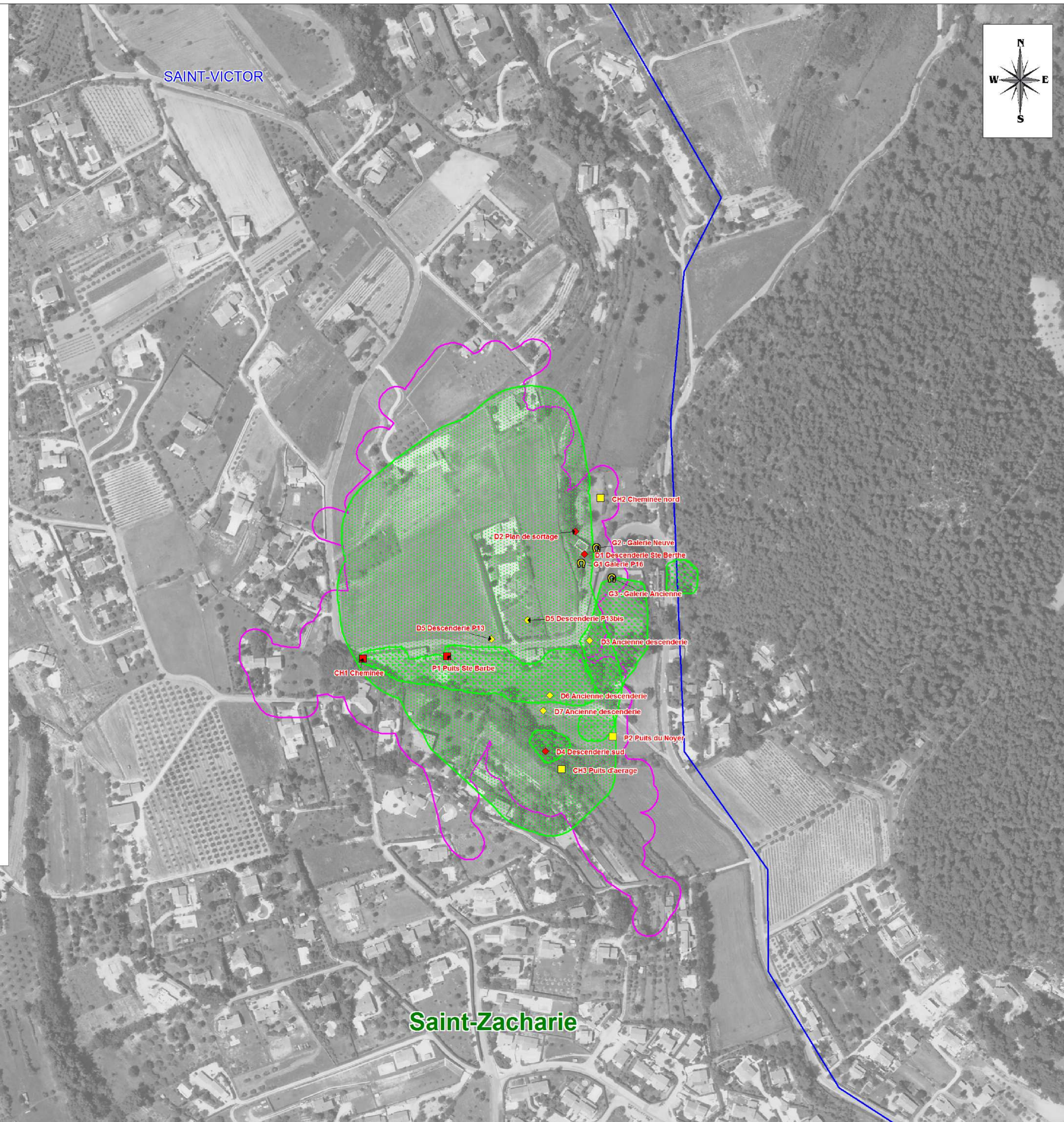
GEODERIS



ECHELLE : 1 / 2 500

Rapport S2018/119DE-19PAC36050 - Juillet 2019

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2006 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007






DREAL PROVENCE-ALPES-COTE-D'AZUR

Concession de Saint-Victor (83)

COMMUNE DE SAINT-ZACHARIE

CARTE D'ALÉAS "EFFONDREMENT LOCALISÉ" ET "TASSEMENT"

OUVRAGES DEBOUCHANT AU JOUR

-   Puits matérialisé / localisé
-   Galerie matérialisée / localisée
-   Descenderie matérialisée / localisée

TRAVAUX MINIER SOUTERRAINS



-  Emprise travaux souterrains avérés

LIMITES ADMINISTRATIVES

-  Limite Commune
-  Limite Concession

ALEAS

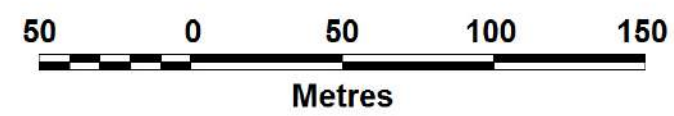
Niveau

-  Faible
-  Moyen

Phénomène

-  Effondrement localisé sur travaux
-  Effondrement localisé sur puits
-  Tassement

GEODERIS



ECHELLE : 1 / 2 500

Rapport S2018/119DE-18PAC36050 - Juillet 2019

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2006 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007

