

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

# **Concessions polymétalliques de La Môle et Faucon-l'Argentière (83) Révision des aléas « mouvements de terrain » liés à l'ancienne activité minière**

**RAPPORT S 2018/069DE – 18PAC36020**

Date : 27/06/2018



# Concessions polymétalliques de La Môle et Faucon-l'Argentière (83)

## Révision des aléas « mouvements de terrain » liés à l'ancienne activité minière

RAPPORT S 2018/069DE – 18PAC36020

Diffusion :

Pôle Après-Mine Sud

Jehan GIROUD

DREAL Provence-Alpes-Côte-d'Azur)

Hubert FOMBONNE

4 ex. papier □

5 CD

GEODERIS

Rafik HADADOU

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	T. DELAUNAY	R. HADADOU	C. VACHETTE
Visa			



## SOMMAIRE

1	Définitions et méthodologie.....	7
1.1	Définitions de l'aléa et du risque .....	7
1.2	Incertitudes cartographiques.....	7
1.3	Méthodologie mise en œuvre.....	8
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	Filon de Notre-Dame-des-Anges (commune de Cogolin).....	13
4.2	Filon de Courchet (commune de Cogolin).....	13
4.3	Filon de Magnan (commune de Cogolin).....	14
4.4	Filon Saint-Marc (commune de La Môle) .....	14
4.5	Filon Rouvière (les Rossignols) (commune de La Môle) .....	14
5	Hydrogéologie minière.....	15
6	Historique et description des travaux miniers.....	16
6.1	Historique administratif et d'exploitation .....	16
6.2	Descriptions des travaux miniers et méthodes d'exploitation .....	17
6.2.1	Filon de Notre-Dame-des-Anges.....	17
6.2.2	Filon de Courchet.....	18
6.2.3	Filon Magnan .....	20
6.2.4	Filon Saint-Marc.....	22
6.2.5	Filon Rouvière.....	22
6.2.6	Autres sites de recherches.....	23
6.2.6.1	Prolongement du filon Courchet.....	23
6.2.6.2	Filons d'Ollioules, de Lavagne et de la Laverie .....	24
6.2.6.3	Filons de la concession de La Môle.....	26
7	Production .....	28
8	Données environnementales .....	29
9	Etat actuel des sites.....	31
9.1	Ouvrages débouchant au jour.....	31
9.2	Les désordres .....	31
9.3	Les tranchées et fouilles .....	31
9.4	Les dépôts .....	31
10	Cartographie informative .....	33
10.1	Supports cartographiques .....	33
10.2	Incertitudes de localisation.....	34
10.3	Système d'information géographique .....	36
11	Liste des phénomènes.....	39
12	Aléas écartés.....	41
12.1	Les phénomènes de type « mouvements de terrain ».....	41
12.1.1	L'effondrement généralisé.....	41
12.1.2	L'affaissement.....	41
12.1.3	Les phénomènes d'instabilités de pente.....	41
12.2	Les phénomènes autres que les mouvements de terrain .....	42
12.2.1	L'échauffement sur travaux souterrains et dépôts miniers.....	42
12.2.2	L'inondation.....	42
12.3	Gaz de mine .....	42
13	Aléas retenus.....	43
13.1	L'effondrement localisé .....	43

13.2	Le tassement .....	43
14	Aléas non évalués .....	44
14.1	Pollution des eaux et des sols.....	44
14.2	Rayonnements ionisants.....	44
15	Evaluation des aléas.....	45
15.1	L'effondrement localisé .....	46
15.1.1	Description du phénomène .....	46
15.1.2	Rappel des conclusions de l'étude préliminaire sur l'aléa effondrement localisé (cf. [1])	47
15.1.3	Révision de l'aléa effondrement localisé .....	49
15.1.3.1	Zone d'altération superficielle.....	49
15.1.3.2	Effondrement localisé lié aux puits .....	50
15.1.3.3	Effondrement localisé lié aux galeries isolées .....	51
15.1.4	Effondrement localisé lié aux travaux d'exploitation souterraine.....	53
15.1.4.1	Evaluation de la prédisposition.....	53
15.1.4.2	Evaluation de l'intensité.....	55
15.1.4.3	Evaluation de l'aléa .....	55
15.2	Le tassement .....	56
16	Cartographie des aléas.....	57
16.1	Cartographie de l'aléa effondrement localisé .....	57
16.2	Cartographie de l'aléa tassement.....	59
17	Conclusions.....	61

**Mots-clés : Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Var, Cogolin, La Môle, Faucon l'Argentière, étude aléa, EDA, cartographie aléa, mise à jour aléa, effondrement localisé, tassement, plomb, zinc, fluorine**

## **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

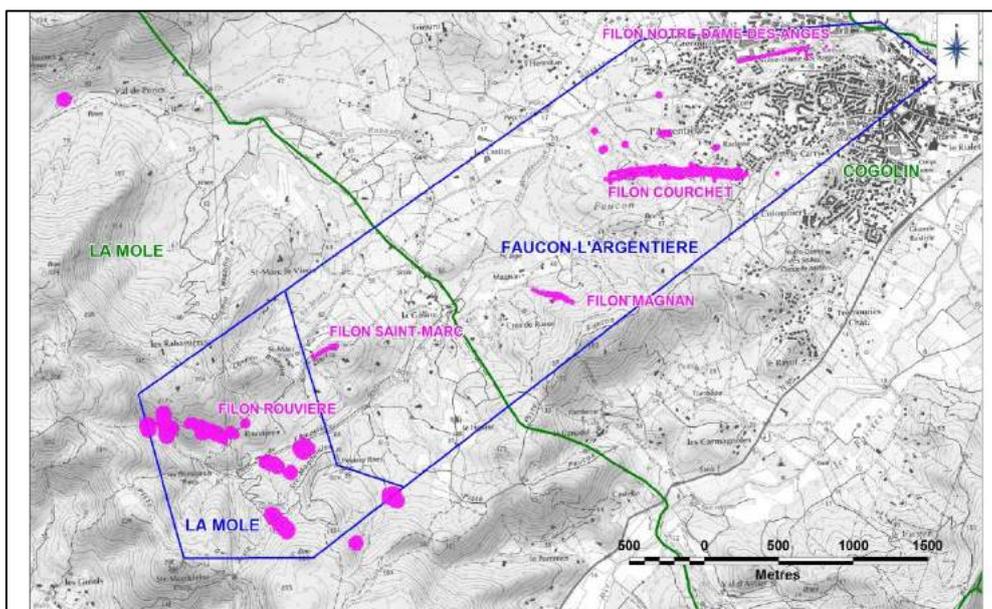
La découverte des filons minéralisés en plomb de la région de Cogolin daterait du VIII<sup>ème</sup> siècle par les Sarrasins. A partir de la Révolution, des travaux de recherches ont été conduits mais c'est entre la seconde moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle et le début du XX<sup>ème</sup> siècle que l'essentiel des exploitations a été mené. De nouvelles prospections ont été engagées dans les années 1950 mais n'ont pas abouti.

En 2002, 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 des concessions de La Môle (n° BDSTM<sup>1</sup> 83SM0031) et Faucon L'argentière (n° BDSTM 83SM0022). Une étude préliminaire des aléas a été produite en décembre 2002 (cf. [1]<sup>2</sup>). A ce stade, le travail a été réalisé essentiellement selon les éléments informatifs et les données issus du dossier de Déclaration d'Arrêt Définitif des Travaux (DADT) de l'ancien exploitant.

Depuis cette étude, plusieurs guides méthodologiques, validés par l'administration et conformes aux textes réglementaires, ont été produits (cf. [2], [4], [5], [6] et [8]). 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.

Pour ce faire, un travail de collecte d'informations, d'exploitation des archives anciennes et d'analyse précise des plans miniers sources (méthodes, dimensions et profondeurs d'exploitation par couche) a été engagé.

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<sup>®</sup> IGN et BD Ortho<sup>®</sup> IGN, prise de vue de 2008).



**Figure 1 : Situation géographique des communes et des sites et titres miniers étudiés sur fond SCAN25<sup>®</sup> IGN (en rose figurent l'emprise des travaux miniers et les noms des sites d'exploitations)**

<sup>1</sup> Base de Données des Sites et Titres Miniers de Geoderis

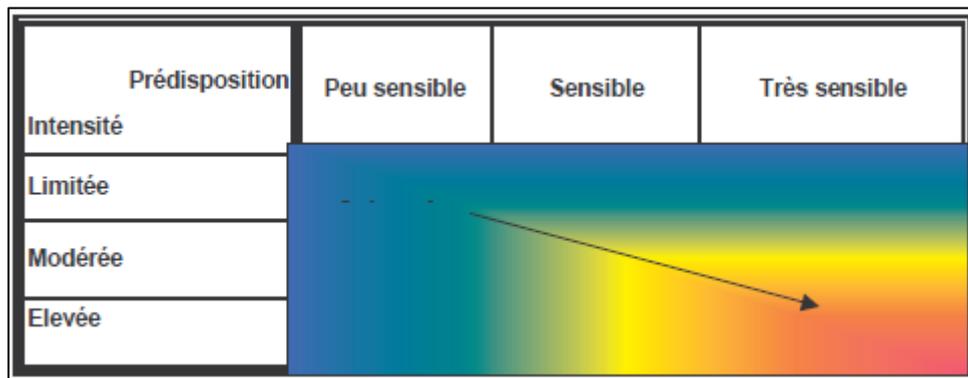
<sup>2</sup> Références en fin de document, chapitre bibliographie.



# 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 de sa survenance (cf. **Figure 2**).



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

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<sup>®</sup> 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<sup>®</sup> 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'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers (cf. [4]). 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<sup>®</sup> 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. En 2002, cette phase s'était essentiellement basée sur les informations fournies par l'exploitant dans son dossier de Déclaration d'Arrêt Définitif des Travaux (DADT) et, en particulier, sur l'utilisation des cartes des travaux miniers annexées au dossier.

Afin de compléter les informations de la DADT, les fonds des Archives Départementales et de la DREAL ont été consultés et exploités. En parallèle, les plans sources contenus dans les archives de la DREAL ont été numérisés et géoréférencés.

Par ailleurs, la DREAL a fourni à GEODERIS un rapport d'une étude géotechnique de sol menée par la Société Sol-Essais en 2016 dans le cadre d'un projet de construction sur la commune de Cogolin au droit des anciennes exploitations souterraines du filon de Notre-Dame-des-Anges.

### **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.

Le levé sur le terrain des ouvrages et des désordres miniers a été réalisé en 2002. Il n'a pas été actualisé en 2018.

### 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). Les communes étudiées sur lesquelles des travaux miniers ont été répertoriés sont Cogolin et La Môle (cf. **Figure 1**).

Le secteur est situé dans le massif des Maures à quelques kilomètres du Golfe de Saint-Tropez. Le relief est vallonné avec des pentes peu abruptes (entre + 50 m NGF et + 200 m NGF). Le secteur est traversé par les ruisseaux de la Sainte-Magdeleine et de Grenouille qui s'écoulent globalement du Sud-Ouest au Nord-Est. L'essentiel du secteur se situe en domaine agricole ou forestier, à l'exception du Nord-Est qui est constitué de la périphérie Ouest du bourg de Cogolin.

### 4 CONTEXTES GEOLOGIQUE ET GITOLOGIQUE

Le secteur d'étude fait géologiquement partie du massif des Maures, avec des terrains cristallophylliens à dominante métamorphiques gneissiques ou micaschisteuses (cf. **Figure 3**) décrivant des bandes approximativement orientées N-S.

Ces bandes sont recoupées par des accidents transversaux E-O d'âge Permien et par des accidents hercyniens N-S. Le secteur d'étude se trouve au point de convergence des failles permiennes de Collobrières et de la Môle et au Sud de Grimaud, dans le prolongement du grand accident hercynien du Plan de la Tour.

Les gîtes minéraux du secteur d'étude appartiennent à un faisceau filonien.

Les filons minéralisés, à gangue de quartz ou de quartz et fluorine, sont d'orientation générale E-O à SE-NO, de pendages sensiblement verticaux. Leur genèse est liée à la mise en place d'un petit massif granitique intrusif d'âge Hercynien. Ils sont essentiellement minéralisés en blende et galène argentifère. Les proportions approximatives de minéralisation sont de 1 de plomb pour 3 de zinc.

Dans le plan des filons, cette minéralisation a tendance à former des concentrations plus riches.

Sur le secteur étudié cinq filons ont fait l'objet d'une exploitation minière. Du Nord au Sud<sup>3</sup>, on rencontre successivement :

- Le filon de Notre-Dame-des-Anges, essentiellement minéralisé en fluorine ;
- Le filon Courchet, qui a fait l'objet de d'exploitation de plomb, de zinc et accessoirement de fluorine ;
- Le filon Magnan, exploité pour le plomb et le zinc (peu de fluorine) ;
- Le filon Saint-Marc, exploité uniquement pour la fluorine ;
- Le filon Rouvière (les Rossignols), exploité pour le plomb et le zinc.

Ces filons sont recoupés de nombreuses failles N-S, de rejet variable pouvant aller jusqu'à 20 m au filon Courchet. Leur puissance peut atteindre jusqu'à 4 m. Le filon le plus long connu est celui de Courchet (2 km).

Par ailleurs, d'autres filons ont été reconnus par puits, galeries et/ou tranchées mais n'ont fait l'objet que de travaux de recherches en raison d'une minéralisation pauvre et discontinue : filons d'Ollioules, de Lavagne et de la Laverie, de Pelassy, du Mûrier, n°1, 2, 3 et 4 du TB de Baghié ou encore sur des filons le long du ruisseau de Sainte-Magdeleine.

---

<sup>3</sup> Les 4 premiers filons se situent sur la concession de Faucon-L'Argentière et le dernier sur la concession de La Môle.

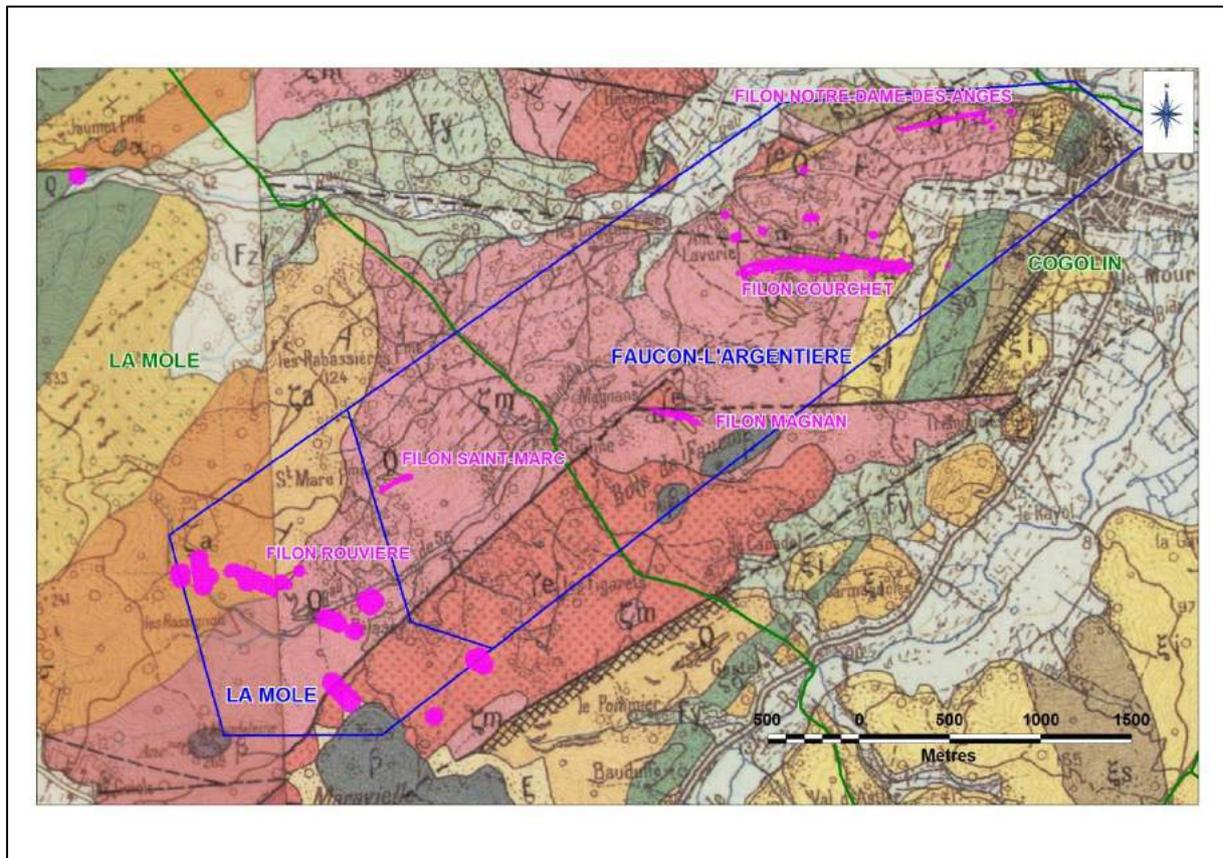


Figure 3 : Situation géographique des communes et des sites et titres miniers étudiés sur fond carte géologique 1/50 000 BRGM. En rouge, rose et orange : formations cristallophylliennes (gneiss, micaschistes). En rose figurent l'emprise des travaux miniers et les noms des sites miniers

#### 4.1 Filon de Notre-Dame-des-Anges (commune de Cogolin)

Le filon de Notre-Dame-des-Anges est situé en périphérie Nord du bourg de Cogolin. Orienté E-NE/O-SO, il affleure sur 500 m de longueur avant de disparaître sous le recouvrement superficiel de terres cultivées. Constitué d'un remplissage de fluorine massive, sa puissance varie de 1 à 2,5 m. Son pendage est subvertical. Aux épontes du filon, quelques mouches de galène et blende sont présentes. Ce filon a essentiellement été exploité pour la fluorine (cf. § 6.2.1).

#### 4.2 Filon de Courchet (commune de Cogolin)

Le filon de Courchet est situé en périphérie Ouest du bourg de Cogolin. Orienté globalement E-O, son pendage est subvertical (légèrement vers le Sud). Constitué d'un remplissage de quartz et fluorine (et un peu de calcite), sa puissance est de l'ordre de 3 m. Il est minéralisé en blende et galène. Vers l'Ouest, il se divise en plusieurs branches moins minéralisées (blende, galène, pyrite et marcassite). Ce filon a fait l'objet d'une exploitation essentiellement menée entre 1903 et 1906, sur un allongement d'environ 800 m (cf. § 6.2.2)

### **4.3 Filon de Magnan (commune de Cogolin)**

Le filon de Magnan est situé à proximité du hameau du même nom au Sud de la commune de Cogolin. Orienté O-NO/E-SE, son pendage est de 72° vers le N-NE. Encaissé dans un granite, il est constitué d'un remplissage de quartz (très peu de fluorine). Sa puissance est d'environ 2,5 m (observé dans le ruisseau de la Sainte-Magdeleine). Il est minéralisé en blende, galène, pyrite, chalcopryrite et mispickel. Ce filon n'a fait l'objet que de travaux de recherches par galeries et puits sur un allongement d'environ 250 m (cf. § 6.2.3).

La minéralisation en blende et galène se disposait en deux colonnes.

La première a été reconnue sur 215 m d'allongement et 50 m d'aval pendage. La puissance des dépôts minéralisés variait de 0,6 à 2,5 m pour le niveau supérieur. Au niveau inférieur, la colonne marquait une tendance nette à l'élargissement atteignant localement une puissance de 4 m.

La seconde colonne a été reconnue sur seulement 30 m d'allongement au niveau supérieur. Elle fut retrouvée au niveau inférieur sans être suivie de façon notable (15 m de galerie). Au front des traçages, cette colonne qui allait en s'élargissant, possédait une puissance de 0,8 à 1 m.

Les archives indiquent une teneur sur le tout-venant de 2,5 % en plomb et 8,5% en zinc, et la teneur en argent de 1 000 g/ tonne de galène.

### **4.4 Filon Saint-Marc (commune de La Môle)**

Le filon Saint-Marc est situé à proximité du hameau du même nom à l'Est de la commune de La Môle. Orienté NE-SO, le filon est constitué principalement de quartz et fluorine avec très peu de sulfures. Sa puissance varie de 20 cm à plusieurs mètres. Ce filon n'aurait été exploité que pour la fluorine sur un allongement d'environ 200 m (cf. § 6.2.4).

### **4.5 Filon Rouvière (les Rossignols) (commune de La Môle)**

Le filon Rouvière est situé au centre de la commune de La Môle, entre le hameau de Rouvière et les ruines dites de « Rossignols ». Orienté globalement E-O, il affleure sur 300 m de longueur dans un encaissant de micaschistes à biotite. Constitué d'un remplissage de calcite et fluorine, son pendage est de l'ordre de 70° vers le Sud. Ce filon peu minéralisé (pyrite, marcassite, chalcopryrite) n'a fait l'objet que de travaux de recherches par galeries et puits sur un allongement d'environ 250 m (cf. § 6.2.5).

## 5 HYDROGEOLOGIE MINIERE

Les filons sont encaissés dans des formations cristallophylliennes (gneiss et micaschistes) à cristallines (granite) où la perméabilité en profondeur est liée à la fracturation (porosité matricielle très faible). Les parties altérées (arénisées) de surface sont en revanche connues pour renfermer de petites nappes qui sont, ou ont été, localement exploitées par de petits puits (3 à 5 m de profondeur) pour l'alimentation des habitations et le jardinage.

Dans ce contexte, les travaux miniers agissent comme des drains préférentiels des eaux de ces petites nappes superficielles et constituent également des réservoirs. Durant les exploitations, le pompage et l'exhaure était nécessaire. A ce jour, l'ennoyage des travaux est réalisé.

Au filon Notre-Dame-des-Anges, et selon les archives, les travaux drainent les eaux superficielles qui peuvent émerger le long des parties exploitées à ciel ouvert en tranchées.

Au filon Courchet, durant les travaux, le débit d'exhaure se situait entre 12 et 17 m<sup>3</sup>/h. A ce jour, l'ennoyage atteint la galerie d'écoulement (niveau I cote + 30 m NGF) et émerge à l'extrémité Ouest. L'écoulement présentait à la date de l'établissement de la DADT par l'exploitant (1996-1997) un débit moyen de 12,5 m<sup>3</sup>/h (étiage 1,5 à 3 m<sup>3</sup>/h, période de pluie 10 à 15 m<sup>3</sup>/h). A noter que l'eau du puits Courchet est pompée par le propriétaire à usage d'irrigation d'espaces verts.

Au filon Magnan, durant les travaux, le débit d'exhaure se situait entre 7 et 30 m<sup>3</sup>/h. Elle se faisait par pompage au fond du puits et refoulement dans la galerie de niveau I (cote + 56 m NGF) qui débouche au jour. A la date de l'établissement de la DADT (1996-1997), l'exploitant n'avait pas observé d'eau en sortie de la galerie de niveau I, ni au fond du puits qui était éboulé à 25 m.

Au filon Saint-Marc, les travaux drainent une petite nappe perchée. Le puits a été amené à déborder lors de forts épisodes pluvieux. Le pompage d'un particulier au niveau de ce puits permet de rabattre le niveau d'eau jusqu'à son tarissement durant les périodes sèches estivales.

Au filon Rouvière, durant les travaux, le débit d'exhaure était de l'ordre de 3,5 m<sup>3</sup>/h. A la date de l'établissement de la DADT, l'ennoyage atteignait la cote + 85 m à + 90 m NGF, juste en dessous du cuvelage du puits) à 24 m de profondeur. Les variations saisonnières du niveau d'eau étaient de 3 à 4 m.

## 6 HISTORIQUE ET DESCRIPTION DES TRAVAUX MINIERS

### 6.1 Historique administratif et d'exploitation

Le secteur est concerné par deux titres miniers : les concessions de Faucon-l'Argentière et La Môle.

Les filons de la région de Cogolin auraient été découverts par les Sarrasins qui occupaient cette partie de la Provence entre le VIII<sup>ème</sup> et le X<sup>ème</sup> siècle. Plus tard, sous la Révolution, les Anglais travaillaient sur ces gisements mais ils durent abandonner leurs travaux après la prise de Toulon par Napoléon Bonaparte. A cette époque, il a été constaté que les travaux exécutés n'avaient consisté qu'en des recherches par quelques galeries tracées dans les portions affleurantes les plus riches des filons.

A partir de 1819, de très nombreuses concessions ont été demandées dans toute la région, dont celle de Faucon-l'Argentière qui fut instituée par décret le 17 décembre 1862 pour plomb argentifère, zinc et métaux connexes. Après cette institution, la concession a été peu active (uniquement des travaux de recherches par fonçages de puits ou traçages de galeries), le plus souvent inexploitée, et ce jusqu'en 1884. Ces quelques travaux sont suspendus jusqu'en 1893, date à laquelle la Société Civile des Mines de Faucon-l'Argentière reprend la concession. Cette société travaille alors en association avec la Société de Malfidano, laquelle effectue de nombreux travaux de recherches sur la concession et sur la future concession de La Môle (galerie Rouvière et en rive droite du ruisseau de Sainte-Magdeleine).

C'est à cette époque que le filon principal de la concession, le filon du « Courchet », est mis en exploitation. Entre 1903 et 1906, l'exploitation est confiée à la Société des Mines des Bormettes, non concessionnaire, qui verse des redevances au deux sociétés associées. C'est durant cette période que l'exploitation fut la plus intensive. Environ 100 000 tonnes de minerai y furent extraits.

Le 05 juillet 1906, la Société de Malfidano devient seule concessionnaire, alors que tous les travaux miniers sont suspendus. A cette même date, la concession de La Môle (écrit également « La Molle ») est instituée par décret et accordée à cette société pour le plomb et le zinc. L'histoire de la concession de La Môle sera étroitement liée à celle de Faucon-l'Argentière, notamment avec les mêmes concessionnaires successifs. Elles furent réduites en superficie à deux reprises ; le 28 juin 1913 (1 217 ha pour Faucon-l'Argentière et 413 ha pour La Môle) et le 31 décembre 1938 (586,5 ha pour Faucon-l'Argentière et 157 ha pour La Môle).

Le 23 février 1910, les deux concessions changèrent de titulaire par échange entre la Société de Malfidano et la Société Anonyme des Mines de Poullaouen. Cette dernière sera ainsi concessionnaire jusqu'au 22 novembre 1917 date à laquelle la Société Minière et Métallurgique de Peñarroya (SMMP) repris les deux concessions.

Entre 1918 et 1920, des travaux (essentiellement des recherches) furent à nouveau menés, en particulier sur les filons de Magnan (concession de Faucon-l'Argentière) et de Rouvière (concession de la Môle). Toute activité cesse alors jusqu'en 1954, date à laquelle la SMMP s'intéresse à nouveau aux mines de Cogolin notamment en raison de l'évolution des procédés de flottation<sup>4</sup> des minerais, dont les minerais sulfurés.

---

<sup>4</sup> Le processus de flottation est l'action de mise en suspension des particules solides par agitation dans de l'eau après qu'un broyage humide, plus ou moins poussé, ait libéré de la gangue l'espèce minérale valorisable. Ce mélange solide-eau (ou pulpe) est conditionné avec un réactif chimique appelé collecteur, dont le rôle est de rendre hydrophobe la surface du minéral à flotter, afin de lui conférer une affinité plus grande pour la phase gazeuse que pour la phase liquide.

En 1955, une remise en état complète de la mine et des installations du filon Courchet (puits Courchet et les quatre premiers niveaux), nécessitant en particulier le dénoyage des travaux, fut réalisée en vue d'une nouvelle mise en exploitation. Jusqu'à fin 1958, des travaux de recherches sont entrepris, en particulier par approfondissement du puits Courchet et allongement des galeries des niveaux IV et V accompagné de sondages, mais aucune exploitation ne fut engagée par la suite. Le maintien du pompage et l'entretien des installations furent poursuivis jusqu'en 1961 mais les cours du plomb et du zinc se dégradant toujours de plus en plus mirent fin, en 1962, à l'intention d'une reprise de l'exploitation.

Le 30 juillet 1964 (JORF du 07 août 1964), un décret étend les concessions à la fluorine, mais aucuns travaux ne seront réalisés par la suite. En 1973, quelques travaux de mise en sécurité sont réalisés. En 1989, Peñarroya devient Metaleurop qui restera le titulaire des deux concessions jusqu'à leur renonciation. En 1997, Metaleurop dépose son dossier de Déclaration d'Arrêt Définitif des Travaux miniers (DADT), établi dans le cadre de l'abandon des concessions et qui intègre en particulier les derniers travaux de mise en sécurité.

La renonciation des concessions de Faucon l'Argentière et de La Môle sont acceptées par arrêtés ministériels du 28 septembre 2006 (JORF du 12 octobre 2006<sup>5</sup>).

Remarque : En ce qui concerne les exploitations de fluorine antérieures à la concessibilité de cette substance octroyée en 1964, la Société Metaleurop stipule dans sa DADT que « *comme la SMMP détenait des concessions pour plomb et zinc englobant les travaux (sous-entendu pour fluorine), des géologues les visitaient pour s'assurer que seule la fluorine était extraite...Du fait de l'extension des deux concessions à la fluorine, la SMMP, de par le code minier, est devenue responsable de travaux qu'elle n'a pas exécutés* ». Pour cette raison, la société Metaleurop a également réalisé les travaux de traitement et/ou de mise en sécurité sur les sites exploités pour la fluorine.

## 6.2 Descriptions des travaux miniers et méthodes d'exploitation

Le filon des concessions de Faucon-l'Argentière et de La Môle n'a essentiellement été le siège que de travaux de recherche. Seuls les filons de Courchet, Saint-Marc et Notre-Dame-des-Anges ont fait l'objet d'une « réelle » exploitation, le premier pour plomb argentifère et zinc, le deuxième pour fluorine et le dernier pour toutes les substances.

### 6.2.1 Filon de Notre-Dame-des-Anges

Antérieurement à 1900, le filon de Notre-Dame-des-Anges (concession de Faucon l'Argentière) était nommé filon « Couloni ». A 40 m au Sud un autre filon, le filon « Piazzi » était également cité comme exploité dans les archives.

Les premiers travaux sur ces filons sont antérieurs à 1860. Le rapport de l'Ingénieur des Mines de 1861 lié à la demande en concession de Faucon l'Argentière décrit que les travaux de la galerie Piazzi ont produit 60 tonnes de minerai et que les travaux du filon Couloni sont inondés. Jusqu'en 1879, ces filons ont fait l'objet de recherches et d'exploitations artisanales pour plomb et zinc jusqu'à 30 m de profondeur et sur une longueur d'une centaine de mètres. Les divers PV de visite des Ingénieurs des Mines mentionnent les travaux sans les décrire car ils se focalisent sur les difficultés de traitement du minerai, à savoir la séparation mécanique entre la galène et la fluorine<sup>6</sup>. Le dernier PV qui relate des travaux pour plomb sur le filon date de 1879. Il y décrit les travaux suivants :

<sup>5</sup> Consultable sur [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr)

<sup>6</sup> La Fluorine extraite était utilisée comme fondant aux fonderies de plomb de Marseille

- « Le filon Couloni, de direction E-O, a été « ouvert » à l’affleurement et au mur un puits vertical de 21 m au fond duquel le filon a été rencontré. Quatre travers-bancs de recherches seront creusés dans les 4 directions méridiennes » ;
- « Le filon Piazzi, de direction E-O, est situé 40 m au sud du filon Couloni. Il est peu exploité pour le spath fluor (fluorine). Souvent le spath fluor renferme quelques traces de galène mais la partie exploitée en 1879 n’en contenait pas ».

Un rapport d’Ingénieur des Mines de 1938 relatif à la demande en réduction de la concession de Faucon-l’Argentière, décrit les travaux pour plomb du filon Couloni : « Le filon a été attaqué par 2 puits profonds respectivement de 18 et 30 m et distants de 64 m. Ces puits sont réunis par une galerie intermédiaire, en amont de laquelle, le gisement paraît avoir été complètement dépilé. En aval de ce niveau, un second niveau a été amorcé correspondant à la partie inférieure de chacun des 2 puits ».

Quelques recherches par fouilles et un puits (P7) ont également été réalisés dans le prolongement Ouest du filon (cf. plan 13, annexe 2).

Compte tenu de la présence de fluorine massive, cette exploitation a été reprise par la suite sous régime des carrières pour en extraire cette substance. Une première descenderie a été creusée dans le plan du filon jusqu’à 20 m de profondeur. Eboulée, une seconde descenderie (pente 35° et longueur 70 m), également creusée dans le plan du filon (au mur de la première), a atteint les anciens travaux miniers à 15 m de profondeur. Compte tenu du pendage du filon légèrement incliné vers le Nord, le pied de la descenderie (cote – 9,9 m NGF soit à la profondeur de 24 m) est situé à 12 m au Sud du filon. De là, un travers-banc la relie au filon. A ce niveau et jusqu’en surface, le panneau a été dépilé.

En 1958, le bas de la descenderie a été prolongé horizontalement de 20 m.

A cette extrémité, un travers-banc a été tracé vers le Sud pour retrouver en profondeur un autre filon parallèle qui avait fait l’objet d’une recherche par un premier travers-banc tracé à la cote + 14 m NGF au sommet de la descenderie. En parallèle, une tranchée de reconnaissances de 1 m de profondeur et sur 20 m de long (direction non précisée) a été effectuée. L’ensemble de ces recherches n’ont pas abouti à une nouvelle exploitation même après l’extension de la concession de Faucon-l’Argentière à la fluorine en 1964.

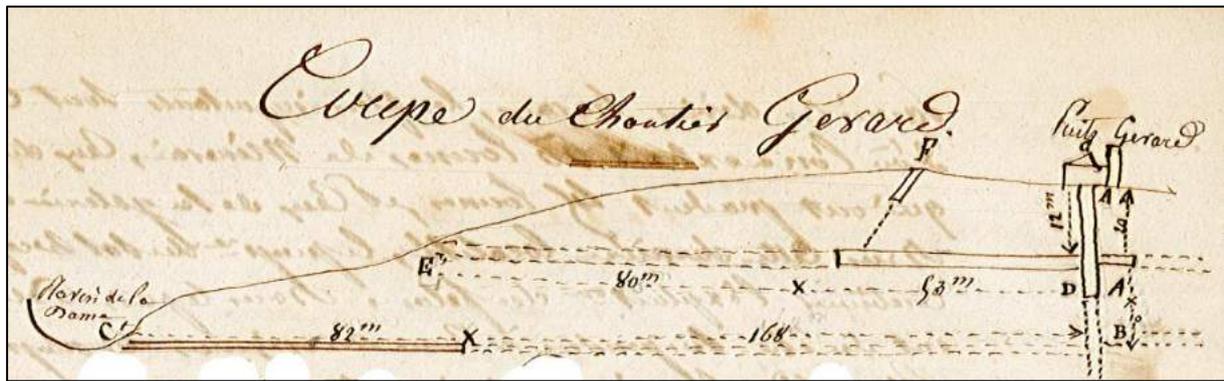
Selon les documents d’archives, la stabilité des terrains durant l’exploitation était très mauvaise, en particulier au niveau des descenderies, en raison de la présence de salbandes<sup>7</sup> argileuses.

## 6.2.2 Filon de Courchet

Les premiers écrits sur les travaux du filon Courchet sont relatés dans le rapport de l’Ingénieur des Mines de 1861 lié à la demande en concession de Faucon-l’Argentière.

Dans ce rapport, le filon est nommé « filon Gérard » (cf. remarque suivante). A cette époque, une galerie (future galerie d’écoulement – niveau I) est creusée dans l’axe du filon sur 82 m de longueur (cf. **Figure 4**). Le puits Gérard (qui sera nommé ensuite puits Courchet) n’atteignait qu’un niveau intermédiaire à 20 m de profondeur. Le creusement d’une descenderie (point F sur la figure 4) était entamée afin de rejoindre et d’assurer l’aéragé de ce niveau intermédiaire.

<sup>7</sup> Bancs peu épais d’argiles aux épontes d’un filon.

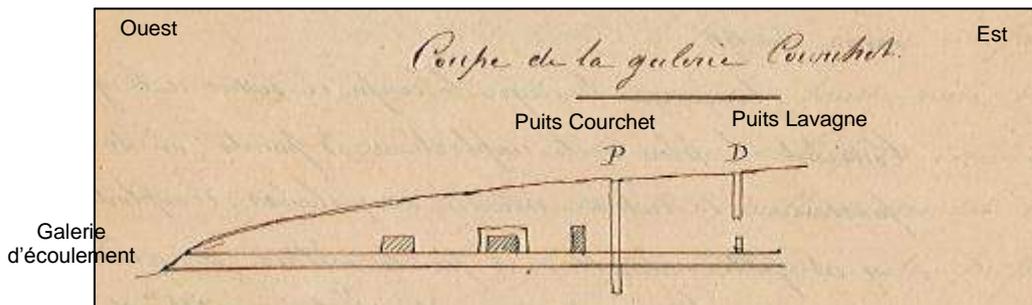


**Figure 4 : Coupe du chantier Gérard (future mine de Courchet) en 1861**

Remarque : Figurant en annexe du rapport de l'Ingénieur des Mines de 1861, le plan de demande en concession de 1860 représente les filons et les puits le long de ces filons (cf. **Figure 8**). L'examen de ce plan montre qu'il est à considérer avec précaution car les orientations et les distances entre puits ne correspondent pas aux descriptions et coupes fournies dans le rapport, ni à géologie et la gîtologie qui seront beaucoup plus précises quelques dizaines d'années plus tard.

En 1880, le puits Bourguignon (P15) est foncé à l'affleurement du filon Courchet à environ 430 m à l'Est du puits Courchet. Probablement resté au stade de recherches, les archives ne font plus mention de ce puits après ce fonçage (puits abandonné ?).

Le filon de Courchet a ensuite fait l'objet d'une première période d'exploitation entre 1863 et 1883 dates à laquelle ils avaient atteint le niveau III (cf. ci-après). En 1892, les travaux, trouvés ennoyés, ainsi que la laverie, ont été remis en état avant de débiter une seconde période d'exploitation en 1895. Durant cette remise en état, les sables (10 000 à 12 000 tonnes titrant à 7 à 8% de plomb) et laissés en dépôts sur le site depuis 1883 ont été de nouveau traités (des difficultés sont néanmoins mentionnées liées à la teneur élevée en fluorine et à l'oxydation des sulfures exposés au jour depuis dix ans). Cette seconde période d'exploitation pris fin en 1906. Finalement, en 1958, une remise en état des travaux a été réalisée mais n'a pas donné lieu à une reprise de l'exploitation.



**Figure 5 : Coupe schématique des travaux du filon Courchet en 1879**

Le puits Courchet, dont l'orifice est sur le carreau de la mine, à la cote + 63,5 m NGF, a été foncé avant 1881 jusqu'au niveau II (+ 19,75 m NGF). Il a été approfondi une première fois en 1881 jusqu'au niveau III (+ 9,86 m NGF) puis en 1901 jusqu'au niveau IV (- 40,1 m NGF) puis en 1958 jusqu'au niveau V (- 80,8 m NGF).

Les parements du puits sont formés de gneiss, granite et micaschistes compacts. Sa section est de 3 m x 2,15 m. Il est bétonné entre le jour et le premier niveau, et entre les niveaux IV et V. Entre le niveau I et le niveau IV, il était boisé.

Le niveau I (+ 39,9 m NGF), débouche au jour par ses deux extrémités. Creusée indépendamment, la jonction entre les deux galeries de niveau I a été réalisée en 1898.

La galerie Ouest servait de galerie d'exhaure pour l'épuisement des eaux assuré par le puits Courchet. La galerie Est, ou galerie Poupiat, servait d'accès de l'exploitation Est du filon.

Le niveau I s'étend à l'Ouest du puits sur 250 m, et à l'Est sur 597 m.

Le niveau II (+ 19,75 m NGF), s'étend vers l'Ouest sur 150 m et vers l'Est sur 616 m.

Le niveau III (+19,75 m NGF) s'étend vers l'Ouest sur 297 m et vers l'Est sur 668 m.

Le niveau IV (- 40,1 m NGF) s'étend vers l'Ouest sur 112 m et vers l'Est sur 638 m.

Le niveau V (- 80,1 m NGF) a été tracé en 1958 vers l'Est sur 101 m, mais sa rencontre avec le filon ne s'est faite qu'à 69,5 m.

Les anciens puits Lavagne et Guillabert (à l'Est du puits Courchet), déjà inutilisés à partir de 1882 et probablement comblés en 1906, servaient d'accès à la partie Ouest du niveau I et à l'exploitation de la zone comprise entre le niveau I et la surface. Ces travaux, à part le niveau I, ont été partiellement remblayés.

L'exploitation de la mine (avant 1906) a été conduite par tranches montantes remblayées. Les abattages étaient boisés et les remblais clavés jusqu'au ciel des tranches. Le boisage était perdu dans les remblais. Ces abattages sélectifs accompagnés de scheidage<sup>8</sup> ont été réalisés dans les parties les plus riches des traçages de niveaux laissant ainsi en remblais les « stériles » constitués de minerai considéré « pauvre », dont la fluorine.

### 6.2.3 Filon Magnan

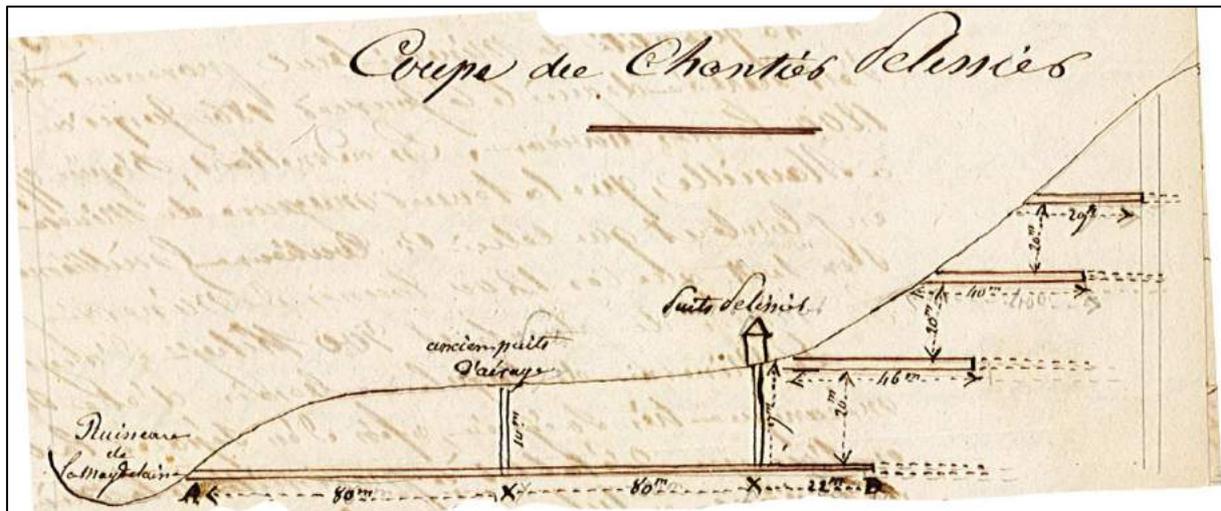
Selon la DADT de Metaleurop, le filon de Magnan n'a fait l'objet que de travaux de recherches jusqu'en 1920. Le minerai extrait était resté sur place (encore visible en 1996 à l'entrée du chemin d'accès) et n'a fait l'objet d'aucun traitement.

Comme pour le filon Courchet, les premiers écrits sur les travaux du filon Magnan sont relatés dans le rapport de l'Ingénieur des Mines de 1861 lié à la demande en concession de Faucon-l'Argentière. Dans ce rapport, le filon est nommé « filon Pelissier » (cf. **Figure 6**).

A cette époque, les travaux comprennent quatre étages de galeries ouvertes dans le filon destinées à découper le gîte en plusieurs massifs d'exploitation (cf. **Figure 6**). A noter que l'une de ces galeries située à la cote + 97,8 m NGF (G16), a été décrite dans un rapport de visite de l'exploitant en 1940 comme « *effondrée à 30 m de l'entrée. Sa longueur totale est inconnue* ». La galerie d'écoulement (cote + 54,86 m NGF) reliée au puits Pelissier atteint 182 m de longueur en 1861. Elle sera poussée par la suite jusqu'à 250 m.

---

<sup>8</sup> Concentration d'un minerai par triage manuel, avec éventuellement concassage au marteau



**Figure 6 : Coupe du chantier Gérard (future mine de Magnan) en 1861**

En 1918, la galerie d'écoulement est remise en état ainsi que deux cheminées (qui comprend le puits Pelissier) aboutissant au jour, percées également par les anciens à 80 et 160 m de l'entrée. Le puits de Magnan, de 4 m x 2 m de section utile, est foncé entre 1918 et 1919 à 179 m de l'entrée de la galerie d'écoulement et à 11 m à l'ouest du filon. Son orifice est à la cote + 78,1 m NGF et il descend jusqu'à la cote + 7,5 m NGF (profondeur totale 70,6 m). Les parements du puits sont constitués de gneiss, granite et micaschistes compacts. Il est maçonné jusqu'à 23 m. Il dessert, par l'intermédiaire de travers-bancs, deux galeries de niveaux aux cotes + 56,5 m NGF et 16,5 m NGF.

Le premier niveau passe au Nord du puits, avec lequel il est relié par un travers-banc de 20 m de long à la cote + 56,1 m. Ce premier niveau débouche au jour, un peu au-dessus du chemin qui longe le vallon de Sainte-Magdeleine, et servait pour l'écoulement des eaux pompées dans les niveaux inférieurs.

Le second niveau creusé à la cote + 16,5 m NGF, est relié au puits par un travers-banc de 35 m. Ce second niveau reconnaît le filon sur 70 m vers l'Est et 65 m vers l'Ouest.

En 1955, une tentative de réouverture du premier niveau a été réalisée (tranchée de 30 m de long au niveau de l'entrée). En 1958, il était constaté que le puits était noyé jusqu'au premier niveau dont l'entrée était obstruée par un petit éboulement, lequel recoupait l'ancien chemin d'accès au carreau de la mine.

Le tableau suivant synthétise les travaux sur le filon Magnan.

Niveau	Cote (m NGF)	Longueur tracée	Puissance du filon (m)	Observations
	+ 97,8	30 m au moins	-	Galerie effondrée non reliée au puits
	+ 78,1m	30m	-	Galerie effondrée, débouche à côté du puits
I	+ 56,5m	260m	0,4 à 2,5	Une extrémité débouche au jour
II	+ 16,5m	130m	0,4 à 4	Les fronts d'avancement sont au minerai
Fond	+ 7,5m	-	-	-

**Tableau 1 : Caractéristiques des travaux miniers du filon Magnan**

Les travaux n'étaient que rarement boisés, laissant à penser que la tenue mécanique des terrains était bonne.

#### 6.2.4 Filon Saint-Marc

Le filon Saint-Marc n'aurait été le siège que de travaux d'exploitation de fluorine durant la première moitié du XX<sup>ème</sup> siècle sous le régime des carrières (antérieurement à l'extension de la concession de Faucon-l'Argentière à la fluorine en 1964). Ce filon aurait été reconnu par galeries sur un allongement d'environ 200 m et sur une hauteur de 48 m.

Les travaux ont consisté en une descenderie creusée dans le filon sur 20 m de longueur entre + 99,85 m NGF (surface) et + 93,6 m NGF. Au pied de cette descenderie part une galerie de 135 m de longueur. Entre la descenderie et une faille située à 100 m à l'Est, la partie du filon située à l'amont de la galerie a fait l'objet d'une exploitation jusqu'à la surface, soit sur 20 m de relevé.

A 12 m au S-O de l'orifice de la descenderie, et à la même cote, un puits de 4 m x 2 m de section a été foncé sur 43 m de profondeur. Il est bétonné sur 21 m depuis le jour, le reste tient sans soutènement. Ce puits, en 1958, était sans chevalement, et n'aurait probablement jamais été équipé pour l'extraction du minerai. A la cote + 61,85 m NGF, une galerie a été creusée à partir du puits en direction du Nord. Elle rejoint le filon à 11 m du puits.

Au total, l'exploitation a été conduite sur environ 20 m de hauteur et sur un allongement de 150 m. En revanche, un doute subsiste sur la possibilité que le filon ait été tracé à partir de la cote + 61,85 m NGF et s'il existe des dépilages entre cet éventuel traçage, et la galerie de la cote + 93,6 m NGF elle-même dépilée jusqu'à la surface (cote + 110 m NGF).

#### 6.2.5 Filon Rouvière

Le filon Rouvière n'a fait l'objet que de travaux de recherches. Ils se sont déroulés sur deux périodes :

- La période précédant l'institution de la concession de La Môle où les travaux de recherches ont été effectués sur les deux rives du ruisseau de la Sainte-Magdeleine, entre 1899 à 1904 ;
- La période où la SMMP, titulaire de la concession, a réalisé des travaux exclusivement sur la mine Rouvière jusqu'en décembre 1920.

La première période de recherches a vu le traçage du premier niveau, le niveau I rentrant à flanc de coteau à la cote + 127 m NGF. Ce niveau suit le filon sur 250 m du S-E vers le N-O.

Au cours de la deuxième période, les travaux menés ont conduit à la réalisation d'un puits dont l'orifice est à la cote + 134 m NGF, creusé au S-O du filon et qui descend à la cote + 37 m NGF. Les parements du puits sont formés de gneiss, granite et micaschistes compacts et sont maçonnés sur environ 25 m. La section du puits est de 4 m x 2 m.

De ce puits partent deux niveaux :

- Le niveau II, à la cote + 87 m. Il longe le filon sur 190 m ;
- Le niveau III, à la cote + 47 m. Il longe le filon sur 155 m.

Les niveaux I et II sont en outre en communication par deux descenderies internes, percées à 65 et 130 m du puits. Le minerai extrait n'a donné lieu à aucun traitement, et il subsistait en 1954 sur le carreau un stock d'environ 1 800 tonnes de minerai en partie concassé, et dont l'échantillonnage donnait une teneur de 9,71 % en Plomb et 10,8 % en Zinc.

Le tableau suivant synthétise les travaux sur le filon Rouvière.

Niveau	Cote (m NGF)	Longueur tracée	Puissance du filon (m)	Observations
I	+ 127	240m	0,2 à 0,4	Débouche au jour, extrémité au stérile, et a dépassé de 75 mètres la dernière colonne minéralisée
II	+ 87	190m	0,05 à 0,6	Front d'avancement au stérile, reconnaît 2 colonnes d'un allongement respectif de 50 et 60 mètres
III	+ 47	160m	0 à 0,1	Front d'avancement au stérile, reconnaît les extrémités d'enracinement des deux colonnes.
Fond	+ 37	-	-	-

**Tableau 2 : Caractéristiques des travaux miniers du filon Rouvière**

Les travaux n'étaient que rarement boisés laissant à penser que la tenue mécanique des terrains était bonne.

## 6.2.6 Autres sites de recherches

Antérieurement et en parallèle des exploitations menées jusqu'au début du XX<sup>ème</sup> siècle, des travaux de recherches étaient réalisés dans le prolongement des filons connus ou sur d'autres filons. Ces recherches étaient menées par tranchées et/ou puits et/ou galeries. Dans les années 1950, de nouvelles recherches ont été entreprises mais uniquement par tranchées de surface.

Peu d'archives font état de ces recherches. Les éléments ont été recueillis dans :

- Les PV de visites annuelles des Ingénieurs des Mines entre 1863 et 1883, entre 1892 et 1904, entre 1918 et 1922 et entre 1955 et 1958 ;
- Un rapport d'Ingénieur des Mines du 14 novembre 1905 concernant la demande en concession de La Môle, par la société de Malfidano ;
- Un rapport de l'Ingénieur des Mines de 1861 concernant la demande en concession de Faucon l'Argentière.

### 6.2.6.1 Prolongement du filon Courchet

Un puits de recherche (puits Carpentras – P11) a été foncé dans le prolongement du filon Courchet à environ 250 m à l'Est de la galerie Poupiat (cf. **Figure 7**). Le rapport de la DADT identifie un ouvrage à margelle dans une vigne, de profondeur 5,5 m, rempli d'eau et d'un diamètre d'1 m environ.

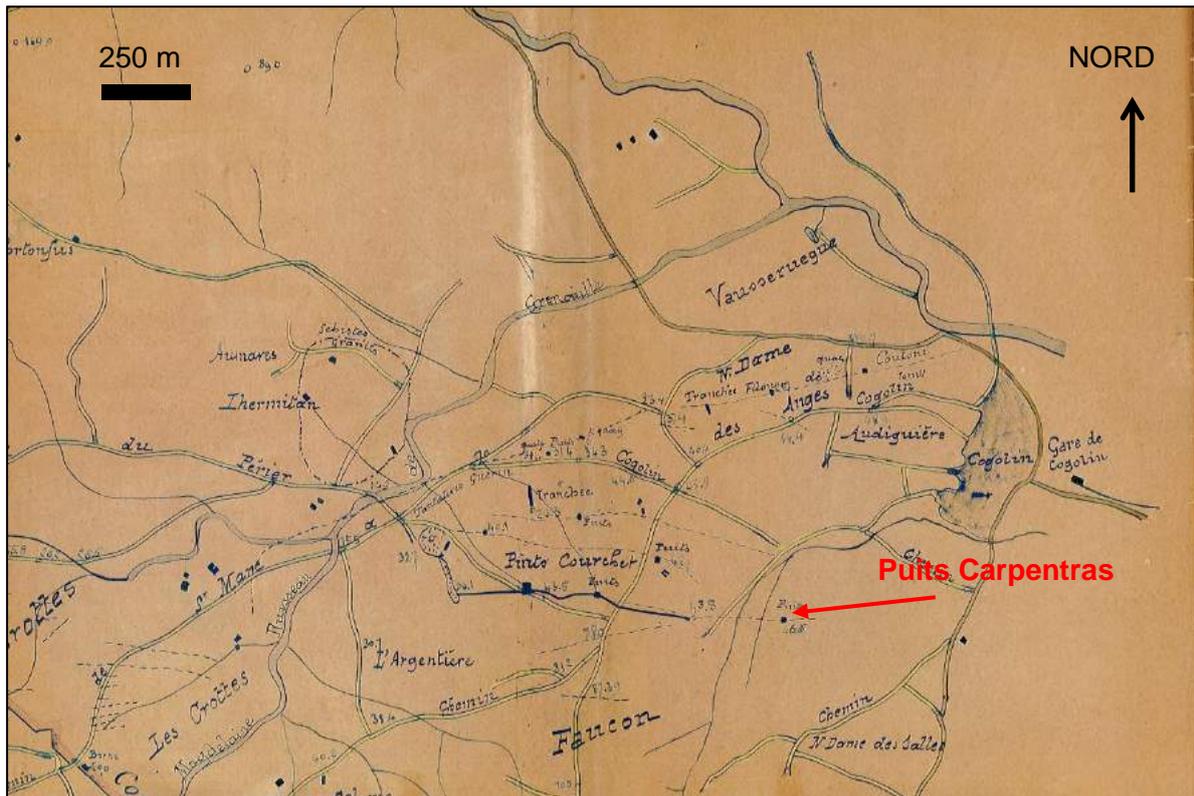
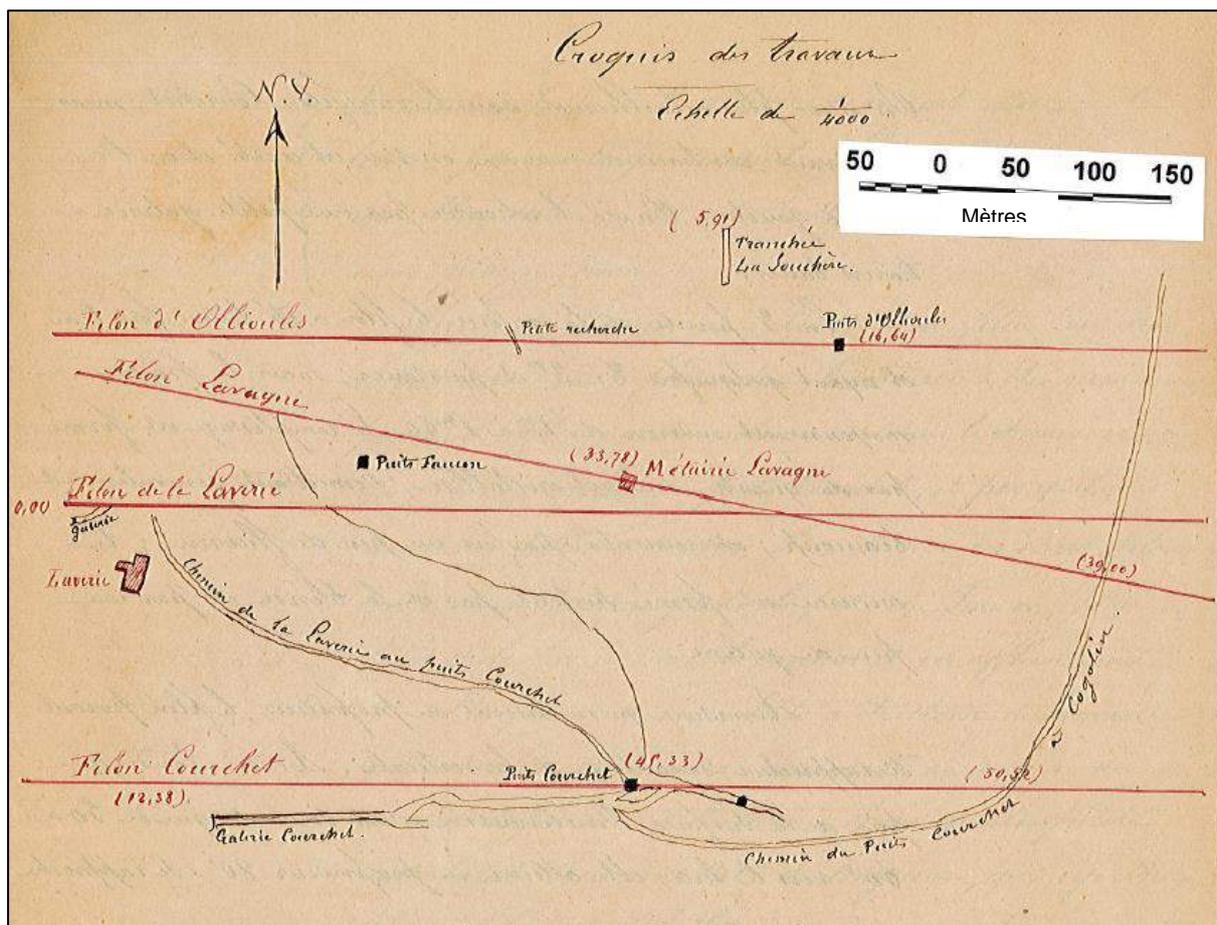


Figure 7 : Extrait du plan de demande en concession de 1906

#### 6.2.6.2 Filons d'Ollioules, de Lavagne et de la Laverie

En 1879, le PV de l'Ingénieur des Mines mentionne le fonçage d'un puits dit de « Faucon » dans les environs des affleurements de filons connus des anciens et situés au Nord du filon Courchet (cf. **Figure 8**). Ce puits a été foncé à environ 150 m à l'Est de la laverie et a atteint 30 m de profondeur. Au fond de ce puits le creusement de deux travers-bancs était envisagé, le premier en direction du Sud pour recouper le filon Courchet situé à 210 m, et le second vers le Nord pour rencontrer le filon d'Ollioules (ou « Daullioules » selon les archives) situés à 15 ou 20 m.

En 1881, le puits d'Ollioules, qui avait été antérieurement abandonné à 8 m de profondeur, a été repris et approfondi jusqu'à 26 m. Au fond de ce puits, un travers-banc de 8 m a été creusé pour recouper le filon dans lequel une galerie a ensuite été tracée sur une longueur de 36 m vers l'Est et de 12 m vers l'Ouest.



**Figure 8 : Plan schématique des recherches menées en 1879 sur différents filons au Nord du filon Courchet**

En 1860 et 1861, le plan et le rapport de l'Ingénieur des Mines de demande en concession de Faucon-l'Argentière, répertorient les recherches sur le filon dit de « Dubernad » (cf. **Figure 9**). Trois puits ont été foncés le long de ce filon : Puits de La Souchère, Dubernad et Ballon.

Le puits de La Souchère atteint 25 m (ou 29 m ?) de profondeur au fond duquel un travers-banc était attaqué en 1861 pour reconnaître le filon. Les travaux des puits Dubernad et Ballon (profondeur et dimensions non précisées) avaient produit cette même année respectivement 45 et 50 tonnes de minerai.

Comme indiqué au paragraphe 6.2.2 de ce rapport, l'interprétation de ce plan laisse à penser que la continuité du filon Dubernad n'existait pas mais qu'il s'agit des portions des filons d'Ollioules, de Lavagne et/ou de Courchet. Le non-respect des orientations des filons et des distances entre ouvrages sur ce plan rend la localisation des puits de La Souchère, Dubernad et Ballon très imprécise.

Dans ce secteur, le plan de 1931 localise trois ouvrages de recherches. Selon l'interprétation de ce plan, l'hypothèse retenue est que les puits Ballon et de la Souchère correspondraient respectivement au puits Carpentras (cf. § 6.2.6.1) et au puits d'Ollioules. Le puits Dubernad, également localisé mais non nommé serait dans le prolongement Est du filon de la Laverie, à environ 150 m au Nord du puits Bourguignon (filon Courchet). C'est sur cette position que le puits Dubernad est cartographié.

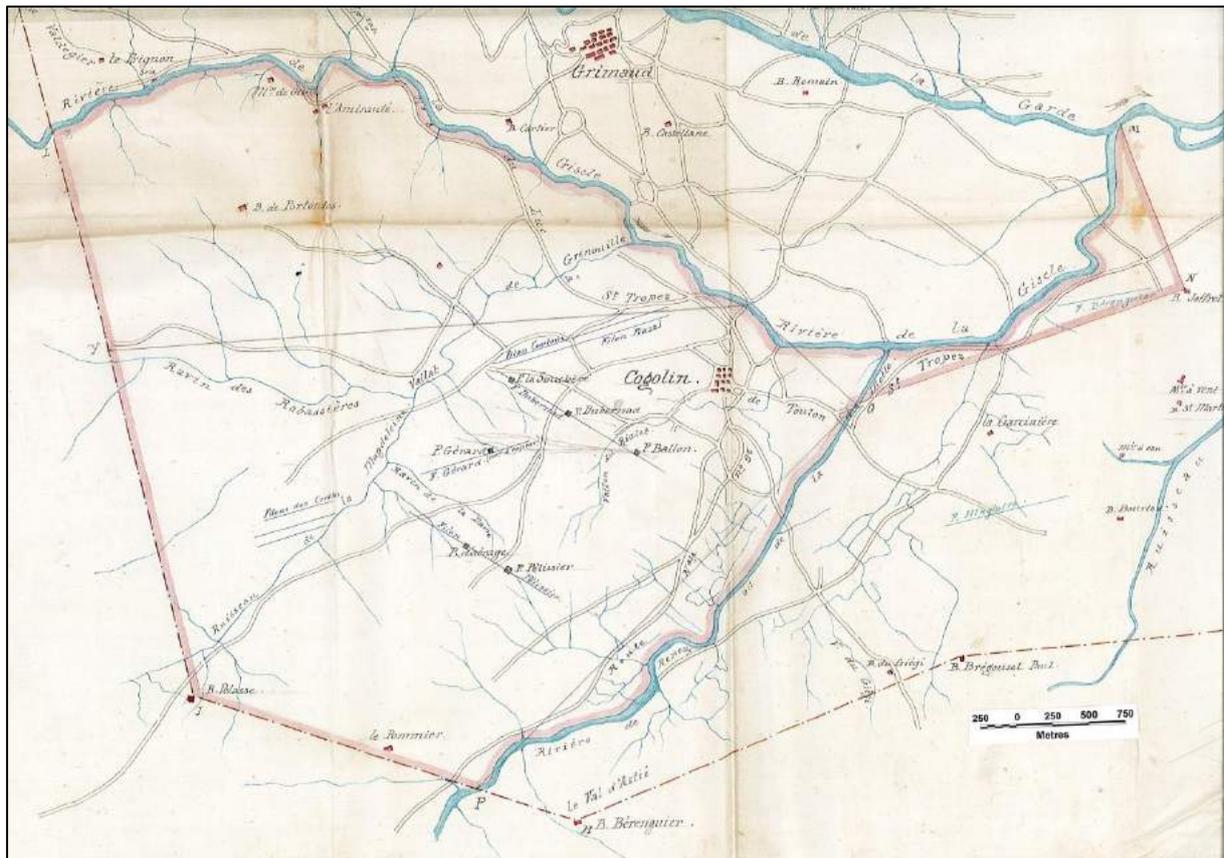


Figure 9 : Extrait du plan de demande en concession de Faucon-l'Argentière de 1860

### 6.2.6.3 Filons de la concession de La Môle

Le rapport de l'Ingénieur des Mines du 14 novembre 1905 fait état des recherches de la société Malfidano menées depuis 1899 dans l'emprise de la future concession de La Môle (cf. **Figure 10**).

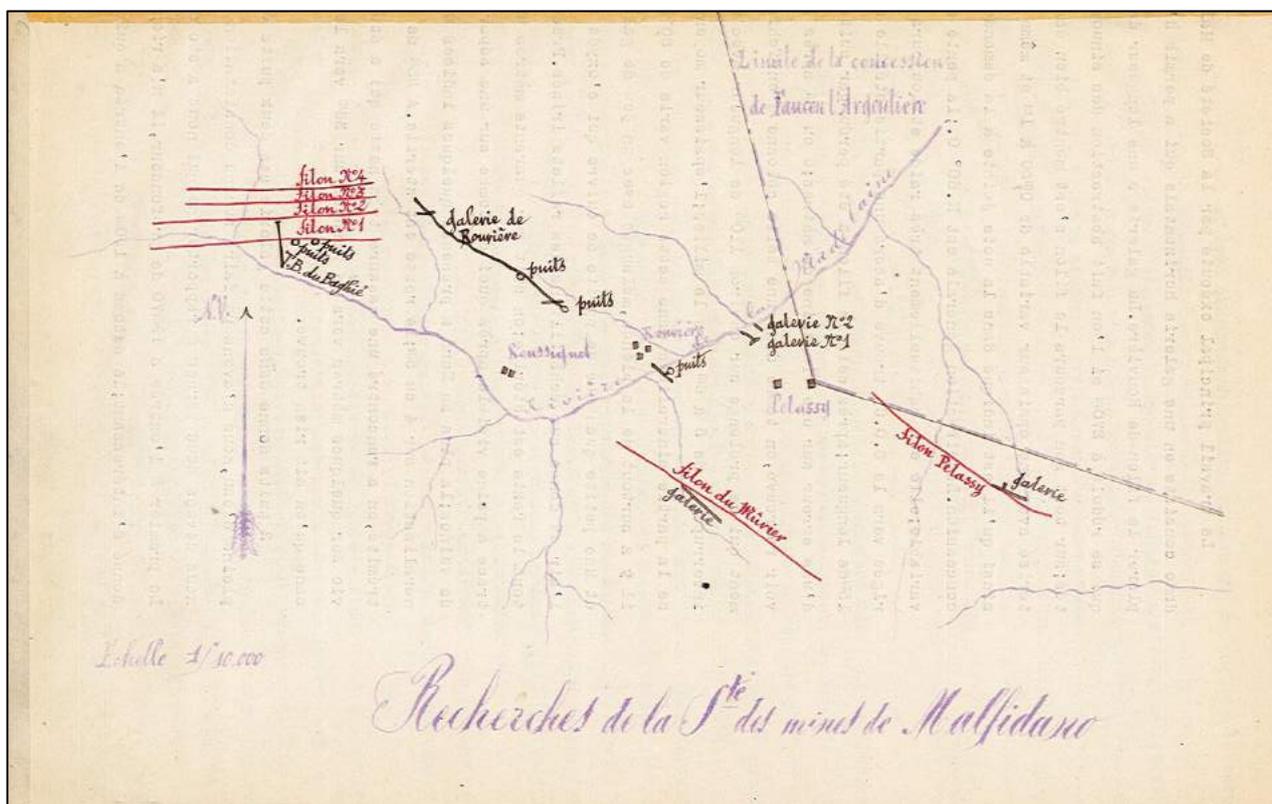


Figure 10 : Plan synthétique des recherches menées entre 1899 et 1905

#### Quatre filons du « TB du Baghié »

Il s'agit d'un groupe de quatre filons orientés E-O correspondant probablement aux filons dits des « Crottes » reportés sur les plans de demandes et de la concession de Faucon-l'Argentière respectivement de 1860 et 1862.

Les trois premiers (en partant du Sud) ont été reconnus par un travers-banc (T.B. du Baghié – G23) qui ferait 103 m de longueur (cf. **Figure 10**). Le plan des recherches de Rouvière de 1901 le trace néanmoins sur 150 m de longueur jusqu'au filon n°4. (cf. plan 11 annexe 2).

Le filon le plus méridional (filon n°1) a été recoupé à 62 m de l'entrée du TB puis reconnu par une galerie de 6,8 m vers l'Ouest et 7,8 m vers l'Est. Deux puits (P27 et P28) respectivement de 7,3 m et 14 m de profondeur ont été par ailleurs été foncés sur ce même filon.

Ces travaux ont été abandonnés faute de minéralisations. Les deux puits ont été remblayés.

A 300 m à l'Ouest du TB du Baghié, une recherche exécutée sur un affleurement dans le prolongement du filon n°1 a été menée par une courte galerie (G24) le long d'un ruisseau.

#### Recherches le long du ruisseau de la Sainte-Magdeleine

Dans l'axe du filon Rouvière, un puits de 19 m de profondeur a été foncé dans le gneiss en rive droite du ruisseau de la Sainte-Magdeleine à une dizaine de mètres de celui-ci.

A 3 m au-dessus du fond du puits part un travers-banc de 7,5 m de longueur qui a recoupé trois veines légèrement minéralisées. Dans la dernière veine deux traçages ont été creusés, le premier long de 50 m en direction du N-O et le second de 27 m vers le S-E. Ces recherches se sont avérées stériles.

En aval du ruisseau, à environ 300 m du puits, deux galeries ont été creusées. La première (Galerie 1) se situe au niveau de l'ancien mas de Rouvière, au bord du ruisseau.

De direction N30°O, sa longueur est de 38 m. Elle a rencontré un filon minéralisé penté à 45° vers le S-W. 18 tonnes de minerais ont été extraites et stockées devant l'entrée. La DADT de

la société Metaleurop de 1997 mentionne qu'aucune trace de ces matériaux n'a été observée (« *les crues du ruisseau ont pu emporter les déblais* »). La seconde (Galerie 2) a été creusée à partir du lit du ruisseau et a suivi un filon orienté N40°O et penté de 45°S-O sur une longueur de 30 m. La société Metaleurop n'a relevé aucune trace de ces travaux dans le cadre de l'établissement de la DADT.

### **Filon de Pelassy**

Dans le prolongement Sud-Est d'un des deux filons explorés par les galeries 1 et 2 de la Sainte-Magdeleine, et à 650 m de ces derniers, le filon de Pelassy a été reconnu depuis son affleurement le long d'un affluent du ruisseau. A proximité de cet affleurement, un travers-banc de 22 m puis un traçage de 76 m en direction N40°O ont été réalisés. La société Metaleurop n'a relevé aucune trace de ces travaux dans le cadre de l'établissement de la DADT.

### **Filon du Mûrier**

A environ 750 m à l'Ouest du filon de Pelassy, le filon du Mûrier a été reconnu par une galerie d'une longueur de 130 m. Quelques tonnes de minerai ont été extraites entre 87 et 90 m mais le reste de la galerie s'est avéré stérile. Pour cette raison, ajoutée à l'abondance des eaux rencontrées lors du creusement de la galerie, les travaux ont été abandonnés. La DADT de Metaleurop de 1997 mentionne qu'elle sert de captage et que son entrée est effondrée et inaccessible. Des haldes auraient été observés dans le vallon au débouché de la galerie.

## **7 PRODUCTION**

Aucune des archives consultées ne fait mention de la production totale de minerai de plomb/zinc des exploitations menées sur les concessions de Faucon-l'Argentière et de La Môle. En ce qui concerne la fluorine, l'essentiel de l'exploitation a été réalisé sous régime des carrières, dont la production n'est pas connue. Quelques éléments permettent néanmoins d'estimer la production.

Dans sa DADT, Metaleurop estime qu'entre les niveaux I à IV du filon Courchet l'exploitation a créé un vide de 30 000 m<sup>3</sup> environ, ce qui correspondrait à un tonnage de 80 000 tonnes de minerai mais dont une partie était triée sur place dans les chantiers, les « déchets » servant de remblais.

En 1920, un PV de visite de l'Ingénieur des Mines mentionne un stock de minerai brut de 1 000 tonnes à 20% de métal situé sur le carreau du filon Magnan.

Par un calcul similaire à celui de la DADT, il est estimé que la production totale, tout minerai confondu, des exploitations menées sur les concessions de Faucon-l'Argentière et de La Môle est comprise entre 150 000 et 200 000 tonnes.

## 8 DONNEES ENVIRONNEMENTALES

Seul le filon Courchet disposait d'une laverie située à environ 150 m au Nord de la galerie d'écoulement. Elle a été fonctionnelle jusqu'à approximativement 1895. Le minerai scheidé (en partie au fond) était enrichi mécaniquement (par gravimétrie<sup>9</sup>) à la laverie pour séparer la blende et la galène du reste considéré comme le stérile (y compris la fluorine). En sortie de la laverie, les sables millimétriques titraient à 45% de zinc et 10 à 12 % de plomb (et 5,2 kg d'argent à la tonne de plomb). Il n'est pas exclu qu'une partie des résidus de traitement puissent avoir été réutilisés en remblais des vides souterrains.

A partir de 1895, le coût de remise en état de la laverie est jugé trop onéreux et elle ne sera plus opérationnelle jusqu'à la fin de l'exploitation. Le minerai brut était alors envoyé à la laverie de la Société des Bormettes à Bormes-les-Mimosas pour y être enrichi.

Le minerai de fluorine extrait dans les filons sous régime des carrières n'a donné lieu à aucun traitement. Il était envoyé aux fonderies de Marseille pour y être utilisé comme fondant.

Selon la DADT de Metaleurop, en 1954, il restait sur le carreau de la mine de Courchet environ 15 000 tonnes de résidus de traitement, qui titraient à 1,5 % de plomb et 1,08 % de zinc, ainsi que de la fluorine. De même, cette même année :

- Sur le carreau de la mine de Magnan, il restait une partie des 1 000 tonnes de minerai brut à 20% de métal laissés en 1920 ;
- Sur le carreau de la mine de Rouvière, il restait environ 1 800 tonnes de minerai en partie concassé dont la teneur en plomb et en zinc était respectivement comprise entre 9 et 10 % et entre 10 et 11 %.

---

<sup>9</sup> Le PV d'Ingénieur des Mines de 1879 détaille le procédé de traitement utilisé à la laverie du filon de Courchet.



## 9 ETAT ACTUEL DES SITES

### 9.1 Ouvrages débouchant au jour

Au total, 60 ouvrages débouchant au jour (ODJ) ont été répertoriés sur le secteur étudié ; 33 puits, 23 entrées de galeries et 4 descenderies. Parmi ces 60 ODJ, quatre ont été matérialisés en surface et 56 ont pu être localisés à l'aide des plans disponibles.

Les caractéristiques des ouvrages débouchant au jour sont indiquées dans le tableau de l'annexe 1.

### 9.2 Les désordres

Durant les exploitations, il n'est que rarement fait mention de phénomène d'instabilité des travaux souterrains. De même, les PV de visite relatifs aux tentatives de reprises d'exploitations à la moitié du XX<sup>ème</sup> siècle ne mentionnent pas de difficultés sur les remises en état des travaux effectués. Seul en 1940, un rapport de visite de l'exploitant (postérieurement à l'arrêt des travaux) décrit l'une de ces galeries située à la cote + 97,8 m NGF du filon Magnan comme « *effondrée à 30 m de l'entrée* ».

Dans le cadre de l'élaboration de la DADT, la société Metaleurop inventorie un certain nombre de désordres. Elle les nomme « *affaissement*<sup>10</sup> » alors qu'il s'agit d'effondrements localisés. Au total, 17 effondrements localisés sont répertoriés au droit des travaux peu profonds de différents filons ou sur des têtes de puits. Avant leur mise en sécurité, les désordres les plus remarquables sont d'une part l'effondrement du pilier couronne au ciel des exploitations du filon Saint-Marc sur une dizaine de mètres de longueur et plusieurs mètres de profondeur (D15) et, d'autre part, le débouillage du puits Guillabert (P16 sur le filon Courchet) sur 10 m de profondeur (D8). Les caractéristiques des autres désordres ne sont pas mentionnées mais les faibles volumes de remblais décrits dans les fiches de mise en sécurité laissent à penser qu'ils étaient de faibles dimensions (< 5 m de diamètre).

### 9.3 Les tranchées et fouilles

L'essentiel des travaux de recherches et les exploitations à ciel ouvert se matérialisent sur le terrain par des fouilles de surface et/ou des tranchées. Onze tranchées d'accès de recherche ou d'exploitations à ciel ouvert ont été répertoriées ainsi que 51 fouilles. La plus importante tranchée est l'exploitation à ciel ouvert d'une portion du filon Notre-Dame-des-Anges où elle faisait environ 60 m de long pour 5 m de large (profondeur inconnue).

### 9.4 Les dépôts

Huit dépôts ont été recensés sur le secteur d'étude (cf. **Tableau 3**). Ils sont composés de résidus de traitement physique du minerai et/ou de creusement. Pour l'essentiel d'entre eux, ils sont formés par des versées diffuses faiblement épaisses (quelques décimètres, rarement quelques mètres) d'éléments de faible granulométrie. A noter que les dépôts des carreaux de Notre-Dame-des-Anges (V1), de Saint-Marc (V7) et de la galerie Poupiat (V6) ont été probablement arasés. A ce jour, une habitation se situe sur l'emprise de ce dernier dépôt.

---

<sup>10</sup> En géotechnique minière, l'affaissement est un phénomène spécifique qui est relatif à la rupture de travaux miniers menés par des méthodes d'exploitation partielles sur de grande extension (cf. § 12.1.2)

Id.	Nom	Type de matériaux	Granulométrie	Surface	Hauteur (m)	Pente terrain	Végétalisation	Observations
V1	Carreau de Notre-Dame-des-Anges	Produits de creusement et/ou de traitement physique	inconnu	0,5 ha	< 1	Nulle	Nulle	Enveloppe tracée à partir des photos aériennes de 1960. Dépôt probablement arasé, En parti construit aujourd'hui
V2	Galerie cote 14	Produits de creusement	mm - cm	50 m <sup>2</sup>	< 5	< 20%	totale	Enveloppe tracée à partir des plans de la DADT
V3	MCO Filon Piazzi	Produits de creusement	mm - cm	80 m <sup>2</sup>	< 5	< 20%	totale	Enveloppe tracée à partir des plans de la DADT
V4	Laverie Courchet	Produits de traitement physique	mm - cm	1,5 ha	5 à 10	< 20%	Partielle	Enveloppe tracée à partir des photos aériennes de 1960
V5	Carreau du puits Courchet	Produits de creusement et/ou de traitement physique	mm - cm	0,7 ha	< 5	< 20%	Partielle	Enveloppe tracée à partir des photos aériennes de 1960
V6	Carreau Galerie Poupiat	Produits de creusement et/ou de traitement physique	mm - cm	0,3 ha	< 1	Nulle	Partielle	Enveloppe tracée à partir des photos aériennes de 1945. Dépôt probablement arasé, En parti construit aujourd'hui
V7	Aire de stockage de Saint-Marc	Produits de creusement et/ou de traitement physique	mm - cm	500 m <sup>2</sup>	< 1	Nulle	Partielle	Enveloppe tracée à partir du plan du filon Saint-Marc
V8	Carreau Rouvier	Produits de creusement et/ou de traitement physique	cm - dm	900 m <sup>2</sup>	< 5	> 50 %	Nulle	Enveloppe tracée à partir de la BD ORTHO® de l'IGN

**Tableau 3 : Liste des dépôts recensés**

## 10 CARTOGRAPHIE INFORMATIVE

### 10.1 Supports cartographiques

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

- BD Ortho<sup>®</sup> 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<sup>®</sup> de l'IGN à l'échelle du 1/25 000 ;
- plans papiers issus des archives.

Pratiquement, sur le secteur d'étude, trente plans et coupes ont été recensés dans les archives puis numérisés. Treize de ces plans, jugés pertinents, ont été géoréférencés sous le logiciel QGIS en appliquant une transformation d'ordre 1 de type Helmert<sup>11</sup>. Les relevés des ouvrages débouchant en surface (Metaleurop ou GEODERIS) ont constitué les principaux points de calage des plans des travaux miniers. A défaut d'ouvrage matérialisé en nombre suffisant pour caler les plans, ce sont les repères topographiques du SCAN 25<sup>®</sup> de l'IGN ou des photographies aériennes (routes, carrefours, anciens bâtiments...) qui ont été utilisés comme points de référence. L'annexe 2 synthétise l'opération de géoréférencement et les incertitudes résiduelles retenues.

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<sup>®</sup> 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<sup>®</sup>.

---

<sup>11</sup> La transformation d'Helmert permet de réaliser des rotations, translations ou homothéties. Sans déformation, elle minimise l'écart quadratique moyen entre les positions des points connus dans le système cible et leurs transformées depuis le système source.

## 10.2 Incertitudes de localisation

Sur la cartographie finale, l'emprise des différents zonages tient compte de l'incertitude cartographique de la **BD Ortho®** de l'IGN, soit **3 m**.

Dans le cadre de l'étude préliminaire des aléas (cf. [1]), l'incertitude globale des ouvrages et des travaux miniers souterrains retenue était prise forfaitairement selon les configurations retenues, entre 10 et 30 m. L'exploitation des archives, la numérisation et le géoréférencement des plans généraux et de détail des recherches et d'exploitations réalisés pour cette étude permettent d'adapter la position des ouvrages et travaux miniers et leur marge d'incertitude de localisation.

### Ouvrages débouchant au jour (ODJ)

60 ODJ ont été répertoriés. Ils sont identifiés par « Pn » pour puits ou « Gn » pour galerie/descenderie où « n » est un numéro compteur.

L'incertitude de localisation des ouvrages débouchant au jour est de :

- **3 m** pour ceux matérialisés sur le terrain et relevés au GPS ;
- **5 m** pour ceux matérialisés par Metaleurop et dont les coordonnées ont été reprises de la DADT ;
- **10 à 50 m** pour ceux localisés à partir des plans.

### Travaux miniers souterrains

Parmi les plans recensés, treize ont été jugés pertinents pour être géoréférencés. L'incertitude globale des travaux digitalisés à partir de plans calés est principalement liée aux incertitudes intrinsèques et de géoréférencement des plans. Pour la digitalisation, le choix s'est porté sur les plans les plus complets et précis en termes de cartographie des travaux, à savoir les plans sources. Les emprises de travaux souterrains digitalisées à partir de ces plans présentent ainsi des incertitudes variant de **5 à 30 m** (cf. annexe 2).

### Tranchées/Fouilles

Onze tranchées ont été répertoriées. Elles sont nommées « Tn », « n » étant un numéro compteur.

Les tranchées ont été tracées à partir des levés reportés sur les plans annexés à la DADT. Une tranchée de recherche de la Souchère (T8) a été tracée selon le plan source de 1879 dont l'incertitude de géoréférencement a été évaluée à 20 m. Selon le même principe que pour les ODJ, l'incertitude de localisation des tranchées est de **5 m** pour celles issues des plans de la DADT et de **20 m** pour la tranchée de la Souchère (T8).

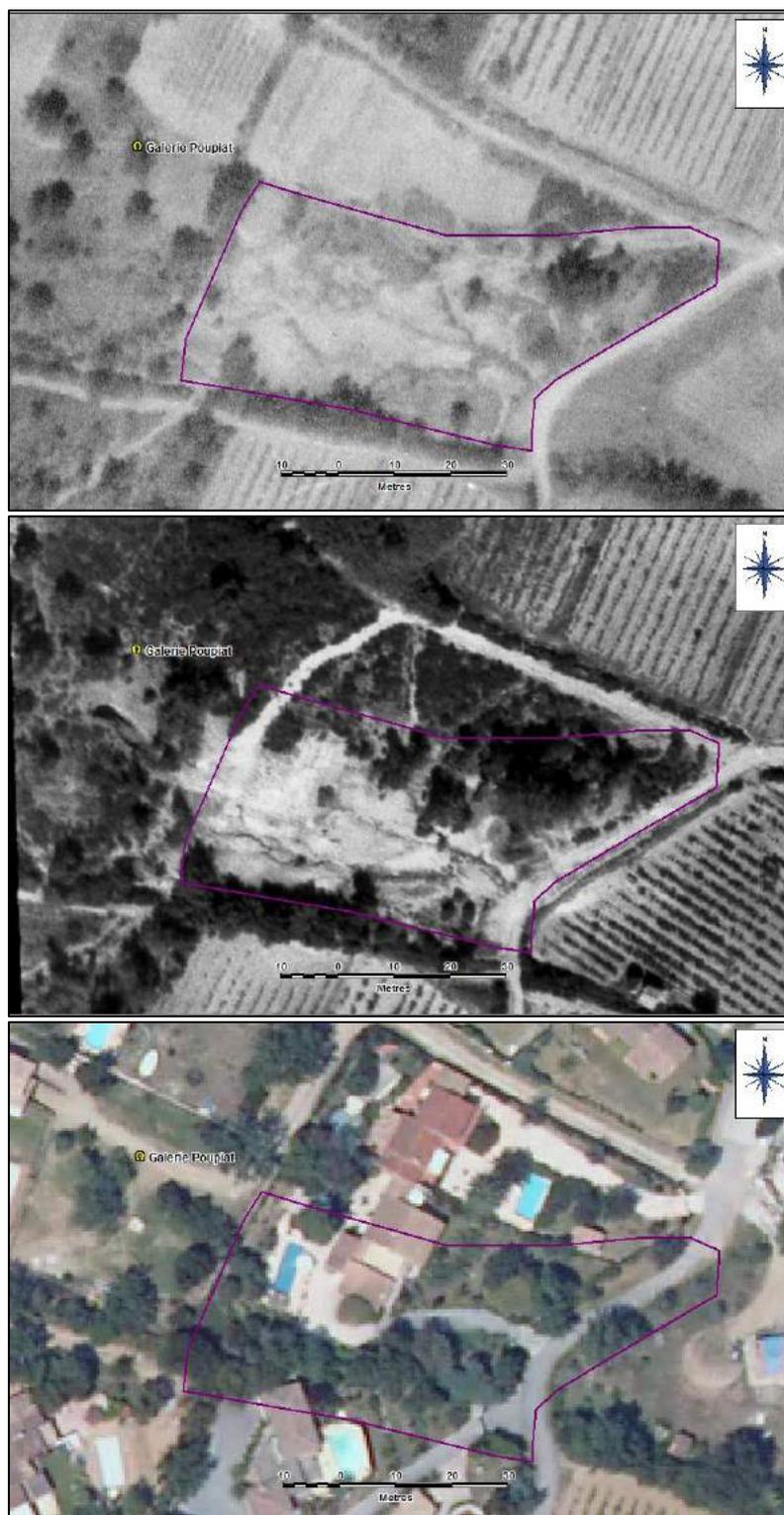
Les fouilles sont figurées sur les cartes sous forme de symboles ponctuels. Ne générant pas d'aléa, la cartographie d'une « emprise de travaux » comprenant une incertitude de localisation n'y a pas été jugée nécessaire.

### Dépôts

Huit dépôts ont été répertoriés. Ils sont identifiés par « Vn », « n » étant un numéro compteur. Leur cartographie de base a été réalisée sur les observations de terrain.

En s'appuyant sur ces observations ponctuelles, les tracés des emprises ont été consolidés à partir des données de l'inventaire DDIE (cf. [3]) et sur la BD Ortho® de l'IGN. Pour certains

dépôts, elle s'est également appuyée sur les photographies aériennes anciennes disponibles sur le site Geoportail de l'IGN<sup>12</sup> (cf. **Figure 11**).



**Figure 11 : Emprise du dépôt du carreau de la Galerie Poupiat (V6) d'après la photographie aérienne de 1945 (en haut), de 1960 (au centre) et report sur la BD Ortho® IGN (PVA de 2008) (en bas)**

<sup>12</sup> <http://geoportail.gouv.fr>

## 10.3 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<sup>®</sup>. Le système de coordonnées est le France Lambert 93. Ce SIG est composé des couches cartographiques suivantes :

- BD Ortho<sup>®</sup> de l'IGN (prise de vue de 2007) ;
- 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 ;
- les désordres en surface ;
- les zones de dépôts ;
- les tranchées/découvertes ;
- les affleurements des filons ;
- les enveloppes de travaux avérés ;
- les enveloppes des zones potentiellement affectées par des travaux miniers
- les axes des travaux miniers souterrains digitalisés à partir des plans de travaux miniers géoréférencés ;

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**



## 11 LISTE DES PHENOMENES

L'étude détaillée des aléas est réalisée selon le guide méthodologique (cf. [2]) 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, pollutions des sols ou des eaux, émissions de rayonnements ionisants.*

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.



## **12 ALEAS ECARTES**

### **12.1 Les phénomènes de type « mouvements de terrain »**

#### **12.1.1 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 les sites étudiés, les filons exploités sont verticaux ou fortement pentés. Le phénomène d'effondrement généralisé n'est pas compatible avec des travaux filoniens verticalisés. L'aléa d'effondrement généralisé est donc écarté pour les sites étudiés.

#### **12.1.2 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).

A l'image de l'effondrement généralisé, on ne retiendra pas l'aléa « affaissement » sur les travaux d'exploitation des sites étudiés dont la configuration géométrique est incompatible avec ce type de phénomène.

#### **12.1.3 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 sont pas suffisamment hauts et pentés pour y retenir ces types de phénomènes. L'aléa lié aux mouvements de pente est donc écarté.

## **12.2 Les phénomènes autres que les mouvements de terrain**

### **12.2.1 L'échauffement sur travaux souterrains et dépôts miniers**

Le minerai exploité (plomb, zinc et fluorine) ne prédispose pas *a priori* à retenir cet aléa comme pertinent.

### **12.2.2 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, sur les sites, les galeries ayant servi à l'exhaure drainent les écoulements souterrains dont les émergences sont de faible débit. Pour ces raisons, l'aléa inondation est écarté sur les sites étudiés. Toutefois, des résurgences temporaires à plus fort débit sont susceptibles d'apparaître à la sortie des galeries d'écoulement en période de forte pluviométrie.

## **12.3 Gaz de mine**

Le minerai exploité et son encaissant dans la région de Cogolin ne constitue pas *a priori* une source potentielle pour l'émission de gaz. Considérant qu'une partie des vides miniers n'est pas envoyée, et en l'absence potentielle de ventilation naturelle, il est possible que ces derniers puissent néanmoins accumuler de petites poches de CO<sub>2</sub>. L'étude préliminaire des aléas de 2002 avait retenu à titre conservatoire la possibilité de migration et d'émission de ce gaz par les ouvrages débouchant au jour en cas de remontée des eaux au sein des travaux liée à de forte pluviométrie. 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. [8]).

Selon ce guide, les configurations des sites miniers du secteur étudié ne prédisposent pas à être émettrices de gaz de mine. L'aléa « gaz de mine » y est donc écarté. Néanmoins, la présence d'air désoxygéné 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.

## 13 ALEAS RETENUS

Les seuls phénomènes prévisibles retenus sur le secteur d'étude sont de type « mouvements de terrain ». Il s'agit de l'« **effondrement localisé** » et du « **tassement** ».

### 13.1 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 débouffage 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 au filon, 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 par dépilages a été menée à très faible profondeur. Aucune archives disponibles ne mentionnent clairement le remblayage de ces exploitations. Cet aléa est donc à évaluer pour cette configuration.

### 13.2 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, plusieurs tranchées de recherche ont été creusées et en partie remblayées. Ces terrains remaniés pourraient être le siège de remobilisation. De même, les dépôts miniers sont constitués de matériaux déversés gravitairement sans compaction. L'aléa tassement est à évaluer au niveau des tranchées remblayées et des dépôts miniers.

## 14 ALEAS NON EVALUES

### 14.1 Pollution des eaux et des sols

Le type de minéralisation qui a été exploité dans ces mines est propice à des pollutions au plomb, zinc et autres métaux ; en général, dans les exploitations de ce type, les dépôts sont particulièrement concernés.

Par ailleurs, les analyses fournies dans la DADT de Metaleurop montrent que les eaux à l'intérieur ou émergentes des travaux miniers sont concentrées, principalement en zinc et fluorures et dans une moindre mesure en plomb. Ces éléments ont été confirmés par les analyses réalisées en 2002 par GEODERIS dans le cadre de l'étude préliminaire des aléas (cf. [1]).

Ces éléments ont été intégrés dans la démarche nationale d'inventaire et de hiérarchisation engagée par GEODERIS depuis 2009 dans le cadre de l'article 20 de la Directive européenne sur les Déchets de l'Industrie Extractive (DDIE). Ces dépôts et ces eaux sont susceptibles de constituer des sources de pollution. Les résultats de la DDIE (cf. [3]) ont classé ce secteur comme « *susceptible de présenter un risque pour l'environnement sans pour autant constituer un risque grave identifié compte tenu des données disponibles. Une étude d'orientation non prioritaire (niveau C -) est nécessaire pour apprécier le niveau de risque éventuel* ». L'étude d'orientation sera prochainement inscrite au programme de GEODERIS.

### 14.2 Rayonnements ionisants

L'aléa lié aux émissions de rayonnements ionisants n'a pas été évalué mais est à garder en mémoire notamment compte tenu du contexte géologique des mines (encaissant métamorphique et granitique potentiellement émetteur). On notera que cet aléa n'est pas spécifiquement minier compte tenu des substances exploitées (pas d'exploitation de minerai d'uranium). Le cadre de la prise en compte de cet aléa n'est pas encore défini.

## 15 EVALUATION DES ALEAS

L'étude préliminaire des aléas produite en 2002 a évalué pour les phénomènes de mouvements retenus, à savoir l'effondrement localisé et le tassement, des aléas de niveau faible et/ou moyen. Le tableau suivant synthétise par phénomènes de mouvements de terrain, les aléas retenus dans le cadre de l'étude préliminaire.

Aléa	Mécanisme	Configuration	Niveau d'aléa retenu
Effondrement localisé	Fontis	Config. I : Travaux d'exploration ou d'exploitation des filons	Faible à Moyen
		Config. II : Travaux de reconnaissance des filons	Faible
		Config. III : Travaux prospection des filons (grattages ou fouilles)	Faible
	Rupture de pilier couronne	Config. I : Travaux d'exploration ou d'exploitation des filons	Moyen
		Config. II : Travaux de reconnaissance des filons	Nul
		Config. III : Travaux prospection des filons (grattages ou fouilles)	Nul
	Débourrage et/ou rupture de tête de puits ou descenderie	Config. I : Travaux d'exploration ou d'exploitation des filons	Négligeable, faible à Moyen
		Config. II : Travaux de reconnaissance des filons	Moyen
		Config. III : Travaux prospection des filons (grattages ou fouilles)	Nul
Tassement	Config. I : Travaux d'exploration ou d'exploitation des filons	Nul	
	Config. II : Travaux de reconnaissance des filons	Nul	
	Config. III : Travaux prospection des filons (grattages ou fouilles)	Faible	

**Tableau 4 : Aléas mouvements de terrain sur le secteur étudié retenus dans le cadre de l'étude préliminaire de 2002 (cf. [1])**

Dans le cadre de cette étude, le travail de collecte d'informations et d'analyse, ainsi que les réflexions sur les mécanismes et phénomènes de mouvements de terrain rencontrés, ayant abouti à l'établissement de guides méthodologiques ou techniques spécifiques (cf. [2], [4], [5] et [6]), conduit à ce jour à une révision des aléas. La synthèse de cette révision est présentée dans la suite du document.

## 15.1 L'effondrement localisé

### 15.1.1 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 12** 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 m<sup>2</sup> 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.

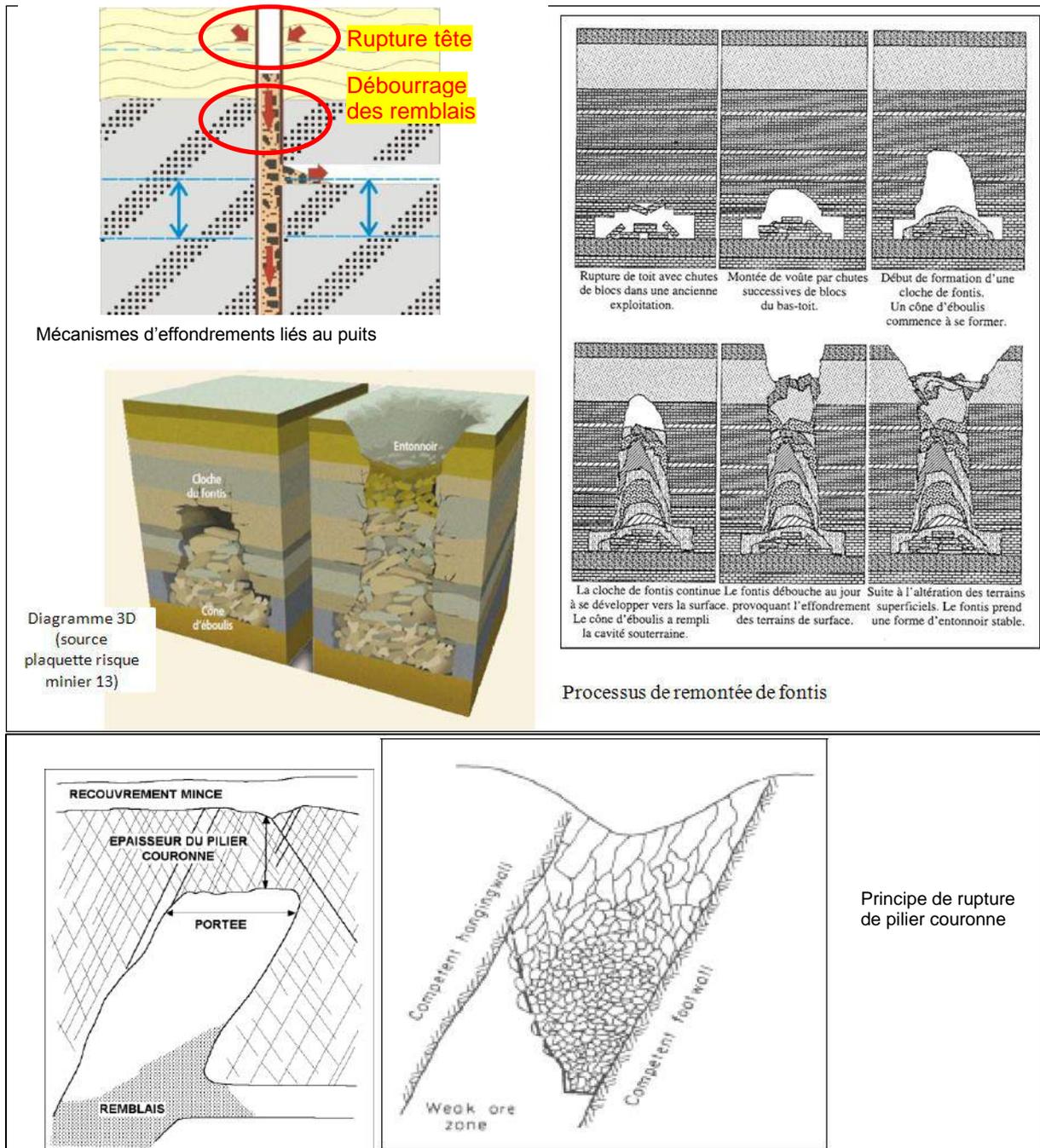


Figure 12 : Schématisations des trois processus à l'origine des effondrements localisés retenus

### 15.1.2 Rappel des conclusions de l'étude préliminaire sur l'aléa effondrement localisé (cf. [1])

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

- Rupture des ouvrages débouchant au jour : puits ;
- Rupture du toit d'une galerie se répercutant jusqu'en surface : c'est le phénomène de « fontis » ;
- Rupture du pilier-couronne au ciel des exploitations superficielles.

### **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).

L'étude préliminaire a distingué plusieurs catégories de puits selon le traitement réalisés (par Metaleurop dans le cadre de l'établissement du DADT) ou supposés (selon les archives disponibles) :

En tenant compte d'une intensité évaluée à un niveau modéré, l'aléa effondrement localisé lié aux puits a été retenu à un niveau :

- Moyen pour les puits traités par remblayage (DADT ou supposé) ;
- Faible pour les puits dallés (avec ou sans remblayage préalable) ;
- « Négligeable » pour le puits Magnan (P20) traité par bouchon autobloquant.

### **Effondrement localisé lié aux galeries**

Un effondrement localisé en surface lié à une galerie est au départ causé par l'instabilité du toit de celle-ci. En effet, 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 vieux 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.

Les observations et le retour d'expérience ont conduit dans l'étude préliminaire à retenir un aléa de niveau faible à moyen pour les portions de galeries dont la profondeur n'excède pas 30 à 50 m suivant la section de la galerie. Ces niveaux résultent d'un croisement :

- D'une prédisposition évaluée à sensible pour l'ensemble des portions de galeries situées à moins de 30 m de profondeur et peu sensible pour celles comprises entre 30 et 50 m de profondeur ;
- D'une intensité estimée à un niveau modéré (diamètre < 10 m) en l'absence de données précises sur le recouvrement des secteurs concernés et sur les dimensions des rares événements recensés.

### **Effondrement localisé lié aux exploitations**

Un autre mécanisme initiateur d'un effondrement localisé en surface peut être la rupture du pilier-couronne au ciel des exploitations. En effet, le phénomène d'effondrement localisé lié à

une exploitation en dressant (pendage > 50°) est dû à des chantiers poussés trop haut vers l’affleurement, laissant une hauteur de stot de protection trop faible au-dessus de la couronne.

Deux mécanismes peuvent être à l’origine d’un effondrement localisé sur une exploitation en dressant.

Le premier, identique à celui des galeries isolées, se fait par remontée de cloche de fontis suite à l’écroulement partiel et localisé du pilier-couronne<sup>13</sup>.

Dans le second mécanisme, compte tenu du pendage important, du poids des terrains sus-jacents (lié à la profondeur d’exploitation) et de la nature des terrains (présence de failles, accidents tectoniques ou altérations), les efforts tranchants (cisailants) s’appliquant aux interfaces minéral/épontes peuvent dépasser la résistance au cisaillement de l’interface et mettre en péril la stabilité du pilier-couronne. Suite à une rupture de ce type, le désordre peut se propager vers la surface, par rupture/glislements successifs, et déboucher, de manière brutale, approximativement dans l’axe de la couche exploitée et de la cavité souterraine. La surface affectée est généralement de forme allongée (suivant l’allongement de l’exploitation).

Les observations et le retour d’expérience ont conduit dans l’étude préliminaire à retenir un aléa de niveau *moyen* pour les exploitations superficielles (profondeur inférieure à 50 m). Ce niveau résulte du croisement d’une prédisposition évaluée, pour les mêmes raisons que pour le fontis, à *sensible* et d’une intensité, également *modérée*.

### 15.1.3 Révision de l’aléa effondrement localisé

#### 15.1.3.1 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.

Sur le secteur d’étude, l’épaisseur de la zone d’altération superficielle a été estimée entre 4 et 5 m dans l’étude préliminaire de 2002 (cf. [1]).

Dans le cadre d’un projet de construction sur la commune de Cogolin, une étude géotechnique de sol a été réalisée par le porteur du projet (cf. [7]). La DREAL Provence-Alpes-Côte-d’Azur a transmis à GEODERIS le rapport de cette étude. Le projet se situe au droit et dans l’environnement immédiat du filon de Notre-Dame-des-Anges.

Huit sondages destructifs de 8 à 8,5 m de profondeur ont été forés. Selon le rapport d’étude, l’épaisseur des terrains altérés de surface varie de 0,5 à 2,7 m. Ces éléments permettent de réduire l’épaisseur de matériaux d’altération sans cohésion et faiblement foisonnants de surface sur le site de Notre-Dame-des-Anges. Cette valeur est prise de manière sécuritaire égale à **3 m** (valeur haute des données de sondages) car le site présente localement d’anciennes fouilles et tranchées remblayées de matériaux meubles sans cohésion.

Les résultats de ces sondages apparaissent cohérents avec le contexte géologique composé de roches mécaniquement résistantes (gneiss, micaschistes ou granite) mais arénisées en

---

<sup>13</sup> Le pilier couronne correspond aux terrains constituant le minéral laissés en place entre la tête l’exploitation et la surface.

surface. Néanmoins, en l'absence de données précises sur les autres secteurs, l'épaisseur de matériaux d'altération sans cohésion et faiblement foisonnants de surface y est maintenu forfaitairement à 5 m.

### 15.1.3.2 Effondrement localisé lié aux puits

#### 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 voûtes 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, 33 puits ont été cartographiés sur le secteur étudié. De manière à définir les niveaux de prédisposition à l'effondrement localisé, la première partie du tableau figurant en annexe 3 renseigne l'ensemble des facteurs pour chaque puits. Pour chaque facteur, il est indiqué si celui-ci tend à augmenter (couleur orange à rouge), être neutre (couleur jaune) ou diminuer (couleur vert) le niveau de prédisposition.

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.

#### 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 (cf. [2]) propose des indications de classe d'intensité :

- Intensité limitée pour des diamètres < 3 m ;
- Intensité modérée des diamètres compris entre 3 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 meubles 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 sont généralement disponibles pour les puits d'exploitation. Lorsqu'ils sont carrés, leur section varie de 1,5 à 2,5 m de côté. Lorsqu'ils sont rectangulaires, leur section est le plus souvent de 2 m x 4 m.

Pour les autres puits (puits d'aération ou de recherche anciens), le retour d'expérience sur les types d'exploitation en gisement filonien, laisse à penser que le diamètre des puits ne devaient probablement pas excéder 2 m. L'épaisseur des terrains non cohésifs de surface a été estimée à 3 m sur le site de Notre-Dame-des-Anges et 5 m ailleurs. Les désordres de type effondrement localisé associé à des puits (D8 - Puits Guillabert (P16), et D17 - Cheminée Est du filon Courchet (P14)) correspondent à des déboulements sans rupture de tête et dont les diamètres sont proches des sections des puits. Compte tenu de ces éléments, le niveau d'intensité pour l'aléa effondrement localisé lié au puits est retenu à un niveau modéré.

Une exception concerne le puits d'aération P22 sur le filon Saint-Marc. En effet, ce puits profond de 16 m, débouchait au fond d'un défilage mené jusqu'en surface sur une relevée de 8 m qui a été remblayée par Metaleurop dans le cadre de la DADT. A ce jour, ce « petit » puits se trouve ainsi sous 8 m de remblais. En cas de rupture de cet ouvrage, il est considéré qu'aucun effet en surface ne serait perceptible.

### **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 faible pour l'ensemble des puits du secteur étudié, à l'exception du puits d'aération P22 pour lequel l'aléa est considéré comme nul.

A noter qu'un aléa de niveau faible a été maintenu sur le puits Magnan (P20), bien que sécurisé par bouchon autoportant, car la profondeur d'ancrage du bouchon n'a pas été confirmée par un sondage pressiométrique.

### **15.1.3.3 Effondrement localisé lié aux galeries isolées**

Sur le secteur d'étude, l'évaluation de cet aléa concerne les galeries de niveau, roulage, d'écoulement et de recherche. Le terme « isolé » signifie qu'il s'agit des portions de galeries non surmontées d'exploitations (défilages).

## Evaluation de la prédisposition

Pour évaluer la prédisposition d'apparition du phénomène d'effondrement localisé relatif aux galeries isolées, il convient de prendre en compte :

- La présence de vides : les archives disponibles et les observations ont montré qu'aucune des galeries n'a été remblayée ;
- La dimension des galeries : les galeries décrites dans les archives présentent une largeur comprise entre 1,5 et 2 m et une hauteur de 2,5 m ;
- La nature et l'état géotechnique de l'encaissant : Les galeries ont été creusées au rocher, pour l'essentiel dans les filons ou dans la roche encaissante à dominante micascisteuses et gneissiques, formations cristallines qui s'avèrent mécaniquement résistantes (bonne tenue des terrains mentionnée dans les archives) mais évolutives à long terme (sensible à l'eau). Dans ce contexte, la roche s'altère et se débite préférentiellement selon le diaclasage et la schistosité (pendage parallèle aux filons) et ne contient donc pas de banc susceptible de s'opposer à la montée de voûte d'un éboulement.

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 galeries, 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. L'apport de cette modélisation permet d'affiner les calculs empiriques réalisés dans l'étude préliminaire.

Selon les résultats du modèle, il est retenu qu'un fontis initié au sein d'une galerie ne débouchera pas au jour si l'épaisseur du recouvrement est supérieure à **25 m** (cf. annexe 4). 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).

Cinq désordres répertoriés dans la DADT (D1, D7, D10, D11 et D16) ont été attribués à l'effondrement du toit d'une galerie isolée. Pour quatre d'entre eux, le fontis est survenu à quelques mètres de l'entrée de la galerie, et pour le dernier (D1 – galerie cote 14 (G2) sur le site de Notre-Dame-des-Anges) la galerie se situait à environ 15 m de profondeur. Ce retour d'expérience tend à confirmer la valeur retenue par le modèle.

Considérant les éléments décrits ci-dessus, il est retenu une prédisposition sensible jusqu'à **25 m** de profondeur. Au-delà, lorsque les galeries s'approfondissent, leur autocomblement permet d'écarter ce phénomène.

## Evaluation de l'intensité

En l'absence de caractéristiques sur les cinq désordres de type fontis répertoriés, l'intensité des effondrements localisés est estimée à partir des dimensions des galeries et de l'épaisseur des terrains altérés superficiels. A l'image des puits où le diamètre est de l'ordre de 3 m (flancs du cratère verticaux non talutés), l'intensité de l'aléa effondrement localisé lié aux galeries isolées est retenue à un niveau modéré. Rappelons également que lorsque la profondeur de la galerie augmente, l'intensité prévisible d'un effondrement diminue par le fait du foisonnement des terrains éboulés.

## 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. Le niveau d'aléa retenu est moyen pour les portions des galeries isolées inférieures à 25 m de profondeur. Au-delà l'aléa est considéré comme nul.

### **15.1.4 Effondrement localisé lié aux travaux d'exploitation souterraine**

Sur le secteur d'étude, l'évaluation de l'aléa lié aux exploitations souterraines concerne les filons ayant fait l'objet de dépilages, à savoir les filons Courchet, Saint-Marc et dans une moindre mesure, Notre-Dame-des-Anges (cf. § ci-après). Les archives disponibles ne font pas mention d'exploitations importantes au niveau des filons Rouvière et Magnan. Néanmoins, la présence de plusieurs niveaux de galeries correspond au schéma classique de traçages préalables au découpage de panneaux à exploiter (cf. **Figure 6** § 6.2.3).

Des dépilages (probablement de moindre extension que pour les trois filons cités comme exploités) ont dû certainement être réalisés sur les filons Rouvière et Magnan. L'aléa sur travaux d'exploitation sera ainsi également évalué pour ces filons.

#### **15.1.4.1 Evaluation de la prédisposition**

Dans le premier mécanisme, à savoir la remontée de cloche de fontis suite à une rupture de la tête d'un chantier d'exploitation, l'évaluation de la prédisposition est réalisée selon les mêmes critères que pour les galeries isolées. La hauteur de remontée de cloche est calculée selon le même principe mais en tenant compte des dimensions des vides laissés par l'exploitation. Les dépilages sont décrits dans les archives comme étant remblayés post-exploitation à l'aide des produits de scheidage du minerai. En revanche, le clavage n'est pas mentionné. Le retour d'expérience sur les exploitations anciennes filoniennes menées en remontant, tel que celui des mines étudiées, montre que le remblayage, réalisé manuellement, n'était pas systématique pour la dernière tranche de minerai prise au sommet du chantier sous la couronne appelée « voie de tête ». Cette voie de tête était généralement laissée vide pour assurer la sortie du minerai abattu et des mineurs.

Dans ce contexte, le modèle de calculs est similaire à celui des galeries isolées en considérant un vide correspondant à une galerie isolée (voie de tête) mais de hauteur plus importante (3 à 4 m) afin de simuler le tassement ou un coulissage partiel des remblais du dépilage.

Selon les résultats du modèle, il est retenu qu'un fontis initié au sein d'une galerie ne débouchera pas au jour si l'épaisseur du recouvrement est supérieure à **40 m** (cf. annexe 4). 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).

Etant dans les mêmes configurations géologiques et géotechniques que les galeries isolées, la prédisposition à l'effondrement localisé sur exploitations par mécanisme de remontée de cloche de fontis est retenue au même niveau, à savoir sensible, pour l'ensemble des exploitations du secteur étudié. Une nuance peut être néanmoins apportée compte tenu de la variance et l'asymétrie de la distribution des résultats du modèle dans les valeurs élevées (cf. annexe 4). Leur analyse permet de diminuer le niveau de prédisposition à peu sensible pour les portions des exploitations comprises entre **30 et 40 m**.

Dans le second mécanisme, à savoir la rupture du pilier-couronne, l'évaluation de la prédisposition dépend :

- Du pendage des exploitations ;
- De la nature des épontes de la couche de minerai ;
- De la profondeur des travaux. Ce phénomène complexe ne « *s'arrête pas uniquement* » par foisonnement des éboulis. Sans information précise (fissuration, résistance des matériaux), il est généralement admis de manière sécuritaire qu'au-delà d'une épaisseur de 40 à 50 m, la prédisposition de la couronne à se rompre devient nulle ;
- Du volume de vides résiduels ;
- De la présence de phénomènes analogues sur le site ou dans des configurations (géologie, conditions d'exploitation...) identiques.

Le volume de vides, en particulier la hauteur des exploitations et le niveau de remblayage, constitue un premier facteur limitant la prédisposition à la rupture du pilier-couronne.

Le pendage des horizons géologiques et des filons du secteur étudié est compris entre 70° et la verticale. La configuration géologique révèle l'existence d'un contact net minerai/encaissant au niveau des chantiers. Le minerai (filon de quartz et/ou de fluorine) et le toit et le métamorphiques (gneiss et micaschistes) sont de nature et de résistance hétérogènes. Par le processus d'écaillage des parements de l'exploitation, la couronne s'élargit perpendiculairement à l'axe du filon. L'augmentation de la portée associée devient de plus en plus favorable aux efforts tranchants et une rupture en cisaillement, simultanément des deux côtés de la couronne, ne peut être ainsi exclue.

L'effondrement des exploitations du filon Saint-Marc (D15), qui a été mis en sécurité dans le cadre de la DADT, relève typiquement de ce phénomène. Il est estimé que la couronne ne devait pas excéder 5 m d'épaisseur. La profondeur des têtes d'exploitations des niveaux superficiels est estimée entre 5 et 20 m. Pour les niveaux inférieurs, cette profondeur est de 40 m minimum. Compte tenu que les dépilages sont en grande partie remblayés, il est considéré que seules les exploitations des niveaux superficiels sont potentiellement concernées par ce phénomène.

En fonction des éléments d'analyse décrits ci-dessus, la prédisposition à l'effondrement localisé des exploitations par le mécanisme de rupture de couronne est évalué à un niveau :

- Sensible pour les exploitations réalisées à partir du niveau le plus superficiel, à savoir :
  - Le niveau I (cote + 49 m) pour le filon Courchet ;
  - Le niveau + 56,5 du filon Magnan ;
  - Le niveau + 127 du filon Rouvière.
- Peu sensible pour les exploitations du filon Saint-Marc remblayées dans le cadre de la DADT ;
- Très peu sensible le long de son affleurement du filon Notre-Dame-des-Anges en l'absence d'informations sur les exploitations qui auraient été menées (cf. ci-après).

En effet, aucun plan d'exploitation et très peu d'informations ont été retrouvés sur les exploitations du filon de Notre-Dame-des-Anges. Seuls une entrée de galerie (G6), un puits (P4) et un effondrement localisé (D5) ont été recensés. Le long de cet affleurement, la présence de travaux miniers à moins de 50 m de profondeur peut être suspectée.

Les guides méthodologiques proposent dans ce cas de figure (cas de travaux connus mais avec une localisation très imprécise – la surface des travaux par rapport à la surface

d'incertitude est très faible) de retenir une prédisposition très peu sensible à l'effondrement localisé.

#### **15.1.4.2 Evaluation de l'intensité**

Les caractéristiques de l'effondrement du filon Saint-Marc (D15) relève d'une intensité modérée à élevée (supérieure ou égale à 10 m de longueur pour 2 m de largeur). Néanmoins, sur les autres filons, la présence de remblais au sein des dépilages laisse à penser que les volumes de vides résiduels sont de plus faibles dimensions. Ainsi, en tenant compte des épaisseurs des terrains altérés de surface, l'intensité de l'aléa effondrement localisé lié aux exploitations est retenue à un niveau modéré, à l'image de celle retenue pour les puits et les galeries. Pour les exploitations supposées du filon de Notre-Dame-des-Anges, le niveau d'intensité est pris équivalent aux autres configurations, à savoir modéré, en l'absence d'information sur l'extension de ces travaux.

#### **15.1.4.3 Evaluation de l'aléa**

Par croisement de niveaux de prédisposition et d'intensité, l'aléa « effondrement localisé » lié aux exploitations souterraines est retenu à un niveau faible ou moyen pour les travaux d'exploitations des sites étudiés, soit :

- Moyen pour les exploitations des filons de Courchet, Magnan et Rouvière ;
- Faible pour les exploitations du filon Saint-Marc et Notre-Dame-des-Anges.

## 15.2 Le tassement

Sur le secteur étudié, le phénomène de tassement ne concerne que les terrains remaniés de surface, à savoir les dépôts et les remblais des tranchées comblées.

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 tranchées comblées et les dépôts, à l'exception de ceux qui ont été probablement totalement arasés (V1, V6 et V7).

## 16 CARTOGRAPHIE DES ALEAS

Le fond utilisé pour le report cartographique est la BD Ortho<sup>®</sup> de l'IGN, correspondant à la photographie aérienne informatisée (ici prise de vue de 2007), orthorectifiée et géoréférencée de la zone d'étude. On considère généralement une incertitude de 3 m pour l'utilisation de la BD Ortho<sup>®</sup> 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 élaborées par commune et présentées en annexe 6.

### 16.1 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 13**) :

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

Avec :

- $R_{\text{puits}}$ , rayon du puits ;
- $R_{\text{influence}}$ , relatif à l'extension latérale du cône d'effondrement, pris égal à 3 m (filon Notre-Dame-des-Anges) ou 5 m (autres sites), 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 6 à 50 m, selon :
  - Ouvrages matérialisés et levés au GPS : 6 m, dus au levé GPS et à l'incertitude du report sur la BD Ortho<sup>®</sup> de l'IGN ;
  - Ouvrages localisés dont les coordonnées sont issues de la DADT de Metaleurop 8 m, dus aux levés Metaleurop et à l'incertitude du report sur la BD Ortho<sup>®</sup> de l'IGN
  - Ouvrages identifiés sur plan d'exploitation : de 13 à 50 m, dus au calage des plans et à l'incertitude du report sur la BD Ortho<sup>®</sup> de l'IGN.

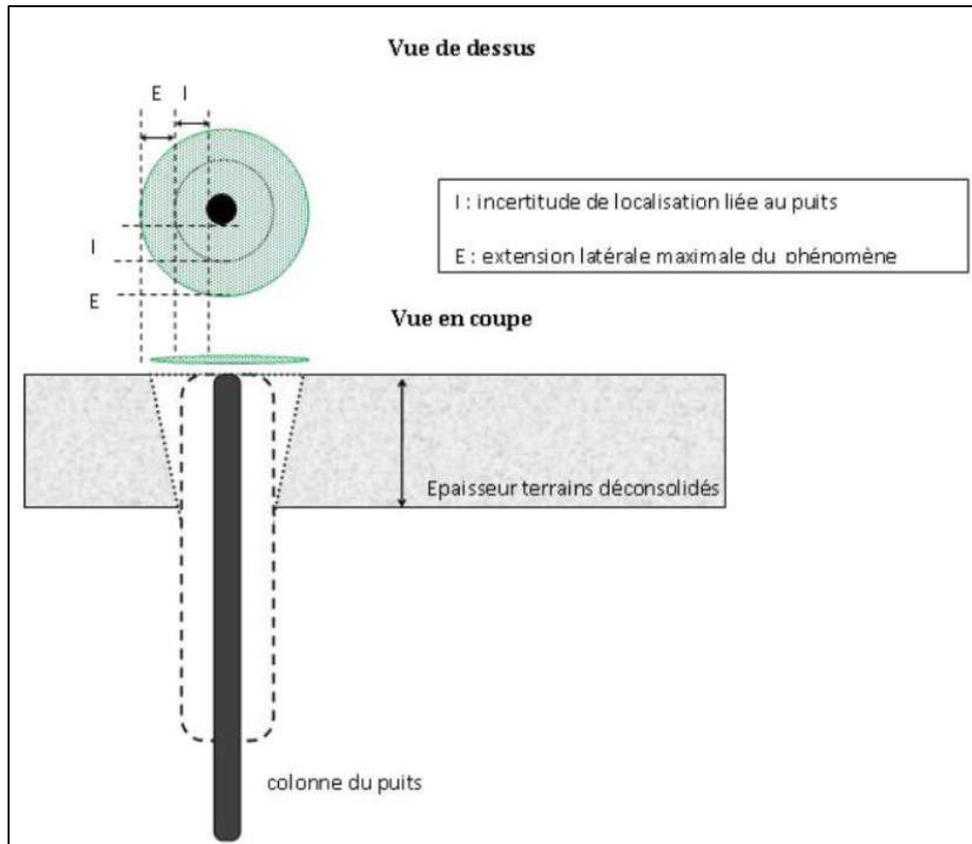


Figure 13 : Zonage de l'aléa effondrement localisé lié aux puits

**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 14**).

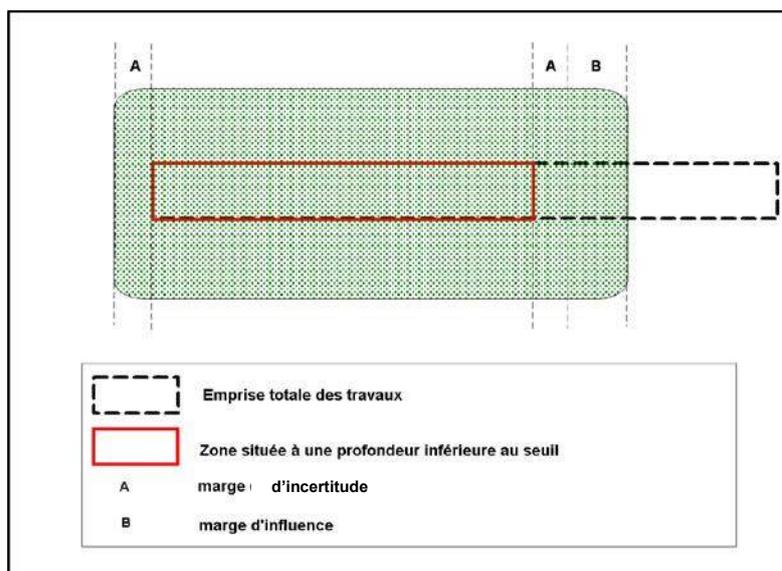


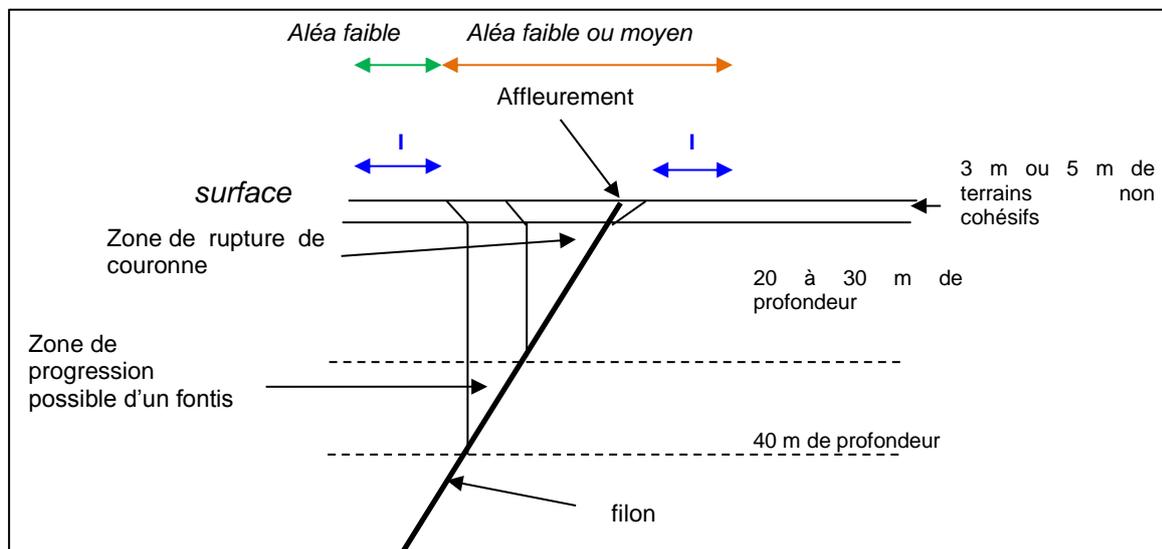
Figure 14 : Zonage de l'aléa effondrement localisé lié à la présence d'une galerie ou d'une descenderie souterraine (vue en plan)

**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.

Pour le fontis, l'extension latérale est identique à celle retenue pour les galeries isolées.

Pour la rupture de couronne, elle tient compte en plus du pendage de l'exploitation. En effet, dans ce mécanisme, l'effondrement tend à « suivre » le filon exploité. Le phénomène se localise ainsi essentiellement sur une bande allongée selon l'axe du filon. La largeur de cette bande est alors définie à partir de la position de l'affleurement en surface du filon puis de l'extension latérale du phénomène, qui est (cf. **Figure 15**) :

- En amont pendage, égale à l'épaisseur des terrains non cohésifs de surface ;
- En aval pendage, définie par la largeur des portions des travaux d'exploitations potentiellement effondrables et celle relative à l'épaisseur des terrains non cohésifs de surface.



**Figure 15 : Mode de construction de l'aléa « effondrement localisé » sur exploitations peu profondes**

Pour la zone potentiellement affectée par les travaux miniers tracés le long du filon de Notre-Dame-des-Anges, les marges d'incertitudes et d'influences sont comprises dans l'emprise de cette zone. Compte tenu du caractère approché et « globalisant » du tracé de cette zone, la cartographie de l'aléa correspond à son emprise exacte.

## 16.2 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 exactes des dépôts définies lors de la phase informative. Aucune marge n'a été ajoutée à leur emprise puisque le phénomène se développe au droit exact des dépôts.



## 17 CONCLUSIONS

A la demande de la DREAL Provence-Alpes-Côte-d'Azur, GEODERIS a réalisé la révision de l'étude des aléas « mouvements de terrain » sur les communes de Cogolin et La Môle situées dans le département du Var (83). Ces communes sont en partie couvertes par les anciennes exploitations de plomb, zinc et fluorine des concessions de Faucon-l'Argentière et de La Môle. Les gisements filoniens ont été le siège de travaux de recherches et d'exploitations entre la moitié du XIX<sup>ème</sup> et le début du XX<sup>ème</sup> siècle. De nouvelles recherches ont été entreprises dans les années 1960, sans suite.

Cette étude fait suite à l'étude préliminaire des aléas menée par GEODERIS en 2002. Elle a permis de rassembler et synthétiser de nouvelles informations issues des archives sources, jusque-là non exploitées, concernant les travaux miniers et leurs conséquences sur le territoire des communes affectées par les anciennes concessions. Elle a néanmoins permis de confirmer les deux phénomènes de « mouvements de terrain » qui avaient été retenus, à savoir « l'effondrement localisé » et le « tassement ».

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. Pour le premier, le niveau d'aléa a été évalué à faible et pour les deux autres types de travaux, le niveau d'aléa a été évalué de faible à moyen.

Le tassement lié à la compaction de remblais au droit des dépôts et des remblais des tranchées a été retenu. Le niveau d'aléa a été évalué à faible.

Les deux communes concernées présentent des zones d'aléas. L'examen des cartes d'aléas (sur fond BD Ortho<sup>®</sup> de l'IGN – prises de vue 2008 – cf. annexe 6) permet de constater qu'à l'échelle de ces communes l'emprise des zones d'aléa retenues est de faible superficie.

Le tableau suivant synthétise par commune les aléas retenus.

Commune	Site minier	Type d'aléa	Configuration	Niveau Prédiposition	Niveau d'intensité	Niveau d'aléa	Nombre bâtis en aléa	
Cogolin	Notre-Dame-des-Anges	Effondrement localisé	puits	Peu sensible	Modéré	Faible	0	
			galeries isolées	Sensible	Modéré	Moyen	0	
			pilier couronne	Très peu sensible	Modéré	Faible	11	
	Courchet et Magnan	Effondrement localisé	Tranchées remblayées	Peu sensible	Modéré	Faible	0	
			puits	Peu sensible	Modéré	Faible	0	
			galeries isolées	Sensible	Modéré	Moyen	5 (Courchet)	
	Sites de recherches	Effondrement localisé	pilier couronne	Sensible	Modéré	Moyen	1 (Magnan)	
			Tassement	Tranchées remblayées et dépôts	Peu sensible	Modéré	Faible	0
			puits	Peu sensible	Modéré	Faible	0	
	La Môle	Saint-Marc	Effondrement localisé	galeries isolées	Sensible	Modéré	Moyen	0
				puits	Peu sensible	Modéré	Faible	0
				pilier couronne	Très peu sensible	Modéré	Faible	1
Rouvière		Effondrement localisé	Tranchées remblayées	Peu sensible	Modéré	Faible	0	
			puits	Peu sensible	Modéré	Faible	0	
			galeries isolées	Sensible	Modéré	Moyen	0	
Sites de recherches		Effondrement localisé	pilier couronne	Sensible	Modéré	Moyen	0	
			Tassement	Tranchées remblayées et dépôts	Peu sensible	Modéré	Faible	0
			puits	Peu sensible	Modéré	Faible	0	
			Effondrement localisé	galeries isolées	Sensible	Modéré	Moyen	0
				puits	Peu sensible	Modéré	Faible	0

**Tableau 5 : Répartition des aléas « mouvements de terrain » sur les communes concernées**

## Bibliographie

- [1] *Concessions minières de La Môle et Faucon-l'Argentière – Communes de Cogolin et La Môle (Var) – Etude préliminaire à la réalisation d'un plan de prévention des risques miniers (PPRM) – Cartographie de l'information minière – Cartographie de l'aléa.* Rapport GEODERIS 02-PACA-2302-R10-RH, 2002.
- [2] *L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers – Guide méthodologique, Volet technique relatif à l'évaluation de l'aléa – Les risques de mouvements de terrain, d'inondations et d'émissions de gaz de mine.* Rapport INERIS DRS-06-51198/R01, 2006.
- [3] *Inventaire des dépôts issus des exploitations minières selon l'article 20 de la directive 2006/21/CE – Synthèse des résultats.* Rapport GEODERIS N2012/009DE-12NAT2120, 2009.
- [4] *Guide pratique pour l'homogénéisation des études détaillées des aléas miniers – Volet « effondrement localisé ».* Rapport GEODERIS N2012/010DE-12NAT2210, 2012.
- [5] *Contribution au développement d'outils d'aide à l'évaluation des aléas dans le cadre des PPRM Aléas « mouvements de terrain » pour les gisements pentés et filoniens – Partie 2 : Typologie des événements redoutés au droit d'exploitations pentées et/ou filoniennes.* Rapport INERIS DRS-05-55102/R02, 2005.
- [6] *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.
- [7] *Cogolin (83) – Projet Immobilier « Notre-Dame-des-Anges » - Rapport d'étude de sol.* Rapport SOL-ESSAIS Etudes Géotechniques n°0-48533-G2-AVP, 17 mars 1016
- [8] *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



## **ANNEXE 1**

### **Liste et caractéristiques des ouvrages débouchant au jour**



Commune	Titre	Identifiant	Nom	Type	Rôle	X L93	Y L93	Matérialisé	Source	Incertitude (m)	Section puits / largeur galerie (m)	Hauteur galerie (m)	Profondeur puits (m)	Etat / Traitement	Remarques
Cogolin	Faucon-L'Argentière	G1	Descenderie	Descenderie	Exploitation	986418.51	6246019.13	non	1958_filon_NDAnges	5	inconnu	inconnu	Sans objet	inconnu	
		G10	Ancienne Poudrière	Galerie	Poudrière	985394.75	6245193.13	non	DADT	5	1.5	2.5	Sans objet	remblayage	ancien défilage réaménagé en poudrière. Enlèvement mur parpaings puis remblayage
		G11	Galerie Ecoulement ouest	Galerie	Exhaure	985100.43	6245156.94	non	DADT	5	1.5	2.5	Sans objet	Enrochement	Entrée observé éboulé en 1996. Eau sort par le toit débit 1,2 à 7 m3/h. Traitement 1997 : Enrochement + remblayage tête + bassin décantation. Ecoulement et dépôt rouges observés en 2002.
		G12	Galerie Poupiat	Galerie	Exploitation	985950.03	6245170.55	non	DADT	5	1.5	2.5	Sans objet	remblayage	tranchée d'accès comblée dans DADT
		G13	Descenderie	Descenderie	Exploitation	985816.03	6245176.11	non	1905_coupe_filon_courchet	10	inconnu	0	Sans objet	inconnu	
		G15	Galerie cote 78,1	Galerie	Exploitation	984719.65	6244318.46	non	1955_Filon_Magnan	5	1.5	2.5	Sans objet	comblement + talutage	Remblais issus des haldes au débouché de la galerie cote 56,5. Coordonnées LIISud DADT Fausses
		G16	Galerie cote 97,8	Galerie	Exploitation	984807.7	6244293.27	non	DADT	5	1.5	2.5	Sans objet	inconnu	
		G17	Galerie cote 56,5	Galerie	Exploitation	984566.59	6244370.54	oui	DADT	5	1.5	2.5	Sans objet	aucun	Galerie observée effondrée en 1958. En 2002, observation de la tranchée dont accès limitée par un grillage
		G2	Galerie cote 14	Galerie	Recherche	986401.49	6245982.94	non	1958_filon_NDAnges	5	1.5	2.5	Sans objet	inconnu	entrée marquée par tranchée d'accès d'une dizaine de mètres de long
		G3	Entrée de galerie	Galerie	recherche	986401.37	6245960.36	non	DADT Plan n°27	5	inconnu	inconnu	Sans objet	inconnu	
		G4	Galerie cote 18	Galerie	Exploitation	986303.46	6245996.1	oui	DADT	3	1.5	2.5	Sans objet	entrée bétonnée	entrée voute bétonnée observée en 2002
		G5	Ancienne entrée galerie	Galerie	recherche	986535.71	6246011.53	non	DADT	5	0	inconnu	Sans objet	comblée	aurait été réalisée du temps de la carrière
		G6	Ancienne entrée galerie	Galerie	Recherche	985953.66	6245915.09	non	DADT	10	0	inconnu	Sans objet	comblée	
		G7	Galerie de la Laverie	Galerie	recherche	985032.24	6245311.93	non	1879_recherches nord Courchet	20	0	inconnu	Sans objet	inconnu	
		G8	Galerie Guérin	Galerie	recherche	984982.2	6245439.57	non	Plan Doc 5 DADT	20	0	inconnu	Sans objet	inconnu	
		G9	Descenderie	Descenderie	Exploitation	985331.32	6245191.54	non	1905_coupe_filon_courchet	10	0	inconnu	Sans objet	inconnu	
		P1	Grand puits ancien	Puits	Recherche	986413.86	6246015.5	non	1958_filon_NDAnges	5	3 x 3	Sans objet	25	inconnu	
		P10	Puits Dubernad	Puits	recherche	985795.38	6245328.83	non	Plan Doc 5 DADT et plan 1860	20	inconnu	Sans objet	inconnu	inconnu	
		P11	Puits Carpentras	Puits	recherche	986207.47	6245155.01	non	DADT Metaleurop	10	1	Sans objet	inconnu	remblayé	
		P12	Puits Courchet	Puits	Exploitation	985359.8	6245191.32	oui	DADT	3	2.15 x 3.04	Sans objet	143.6	dalle	cuvelage béton de cote +64 à +40 puis -40 à -80. reste boisé en 1958. Dalle 30 cm sur maçonnerie puits par propriétaire. Trappe et pompe (niv eau cote +40)
		P13	Puits Lavagne	Puits	Exploitation	985425.83	6245190.98	non	DADT	5	2.5 x 2.5	Sans objet	23	remblayage	grillagé en 2002. remblayage toujours présent
		P14	Cheminée Est	Puits	aération	985872.99	6245175.09	non	DADT	10	1.5 x 1.5	Sans objet	10	remblayage	comblement réalisé avec gros blocs de la carrière de La Môle (40 cm) sur 3 m puis des haldes à proximité
		P15	Puits Bourguignon	Puits	Recherche	985799.01	6245187.69	non	DADT	10	2.5 x 2.5	Sans objet	0	comblement de remblayage	
		P16	Puits Guillaibert	Puits	Exploitation	985604.76	6245176.79	non	DADT	5	inconnu	Sans objet	30	recomblé	ouvert sur 10 m en 1996. Comble avec haldes à proximité
		P17	Puits d'aération	puits	aération	985587.97	6245182.24	non	1905_coupe_filon_courchet	10	inconnu	Sans objet	20	inconnu	
		P18	Puits d'aération	puits	aération	985615.09	6245186.55	non	1905_coupe_filon_courchet	10	inconnu	Sans objet	20	inconnu	
		P19	Puits Péliissier-Cheminée SE galerie cote 56,5	Puits	Extraction - aération	984686.07	6244332.98	non	DADT	10	inconnu	Sans objet	27	recomblé	Comblement de remblais en 1996 (DADT). Remblais observé tassé en 2002
		P2	Petit puits ancien	Puits	Recherche	986395.13	6246007.78	non	1958_filon_NDAnges	5	2.5 x 2.5	Sans objet	38	inconnu	
		P20	Puits Magnan	Puits	Extraction	984712.73	6244304.73	non	DADT	5	2 x 4	Sans objet	70,6	Remblais + bouchon autoportant	comblement blocs de 1,5 à 2 m3 + haldes jusqu'à 6 m + Bouchon béton de 5 m de haut (calcul DADT) et 1 m de terre
		P21	Cheminée NW galerie cote 56,5	Puits	aération	984612.88	6244348.53	non	DADT	10	2.5 x 3	Sans objet	17	Comblement	Comblement intégral en 1996 (DADT) par 3 m de blocs > 40 cm et tout venant (niveau 1 non serré). Remblais observé tassé en 2002
		P3	Puits de recherche	Puits	Recherche	986559.54	6245985.32	non	DADT Plan n°27	5	inconnu	Sans objet	inconnu	inconnu	
		P32	Tentative Guérin	puits	recherche	981422.69	6245653.78	non	1901_recherche et DADT Doc°5	50	inconnu	Sans objet	inconnu	inconnu	
P4	Puits de Recherche	Puits	recherche	986181.37	6245961.49	non	plan 1950 recherches géol.	10	inconnu	Sans objet	inconnu 0	inconnu			
P5	Cheminée d'aération	Puits	Aération	986333.18	6245993.49	non	1958_filon_NDAnges	5	inconnu	Sans objet	25	comblée			
P6	Puits d'aération	Puits	aération	986346.46	6245996.66	non	1958_filon_NDAnges	5	inconnu	Sans objet	25	inconnu			
P7	Puits de recherche	Puits	recherche	985414.71	6245684.87	non	Plan Doc 5 DADT	20	inconnu	Sans objet	inconnu	inconnu			
P8	Puits d'Ollioules	Puits	recherche	985442.97	6245423.69	non	1879_recherches nord Courchet	20	inconnu	Sans objet	26	inconnu			
P9	Puits Faucon	Puits	recherche	985187.22	6245349.59	non	1879_recherches nord Courchet	20	inconnu	Sans objet	30	inconnu			
La Môle		G18	Descenderie Saint-Marc	Descenderie	Exploitation	983103.17	6243924.52	non	DADT Doc 14	10	inconnu	inconnu	Sans objet	inconnue	Inclinaison calculée à 18°
		G19	Galerie Niv 109	Galerie	Roulage	983165.57	6243960.15	non	DADT	5	2	4	Sans objet	Comblement	Galerie au fond d'un défilage/tranchée de 8 m de profondeur comblé
		P22	Puits d'aération	Puits	Aération/Montage	983155.81	6243954.47	non	DADT Doc 14	10	inconnu	Sans objet	16	comble	Puits débouchant en fond de défilage remblayé. Puits sous 8 m de remblais

Commune	Titre	Identifiant	Nom	Type	Rôle	X L93	Y L93	Matérialisé	Source	Incertitude (m)	Section puits / largeur galerie (m)	Hauteur galerie (m)	Profondeur puits (m)	Etat / Traitement	Remarques	
La Môle	Faucon-L'Argentière	P31	Puits de recherche	puits	recherche	983382.06	6242659.77	non	DADT Doc°5	50	inconnu	Sans objet	inconnu	inconnu		
		P33	Puits Saint-Marc	Puits	Recherche	983098.17	6243911.93	oui	BD ORTHO	3	2 x 4	Sans objet	43	dallé	Puits enfermé dans un cabanon. Dallé par le propriétaire avant DADT. Eau utilisée pour alimentation en eau de l'habitation	
	La Môle	La Môle	G20	Galerie de recherche	Galerie	recherche	982568.42	6243394.09	non	1900E_filon Rouvière	30	inconnu	inconnu	Sans objet	inconnu	
			G21	Galerie de recherche	Galerie	recherche	982551.86	6243404.53	non	1900E_filon Rouvière	30	inconnu	inconnu	Sans objet	inconnu	
			G22	Galerie cote 127	Galerie	Exploitation	982521.68	6243390.8	non	DADT	5	1.5	2	Sans objet	inconnu	Tranchée d'accès (180m3) comblée en 1996 avec haldes minières
			G23	TB Baghié	Galerie	recherche	982112.65	6243383.2	non	1901_recherches rouviere_a1	50	inconnu	inconnu	Sans objet	inconnu	
			G24	Recherche Filon n°2	Galerie	recherche	981979.79	6243447.42	non	1901_recherches_rouviere_a1	50	inconnu	inconnu	Sans objet	inconnu	
			G25	Galerie du Murier	Galerie	Recherches	982816.68	6242852.76	non	1901_Recherches Rouviere_a3	50	inconnu	inconnu	Sans objet	Inconnu	
			G26	Galerie n°1 Magdeleine	Galerie	recherche	983004.34	6243301.62	non	1901_recherches rouviere_a2	50	inconnu	inconnu	Sans objet	inconnu	
			G27	Galerie Magdeleine n°2	Galerie	recherche	983035.32	6243319.32	non	1901_recherches rouviere_a2	50	inconnu	inconnu	Sans objet	inconnu	
			G28	Galerie de Pelassy	Galerie	recherche	983630.65	6242994.02	non	calage_1901_recherches rouviere_a2	50	inconnu	inconnu	Sans objet	inconnu	
			P23	Puits Rouvière	Puits	Exploitation	982508.97	6243328.74	non	DADT	5	2	Sans objet	90	recomblé + dalle	puits obstrué à 23 m. Recomblé avec haldes + dalle béton ferrailé (8x4 calcul DADT) à 2 m de profondeur + remblais
			P24	Puits de recherche	Puits	Recherches	982519.64	6243388.98	non	Plan 1901_recherches Rouvière	5	inconnu	Sans objet	20	inconnu	
			P25	Puits d'aérage	Puits	aérage	982385.52	6243434.14	non	plan 1901_recherches Rouvière	30	inconnu	Sans objet	19,3	inconnu	
			P26	Puits de Recherche	Puits	recherche	982640.59	6243466.48	non	1900E_filon Rouvière	30	inconnu	Sans objet	10	inconnu	
			P27	Puits de 7,3 m	Puits	recherche	981991.13	6243421.77	non	1901_recherches rouviere_a1	50	inconnu	Sans objet	7.3	inconnu	puits de recherche sur filon n°1 de Baghié
			P28	Puits de 14 m	Puits	recherche	982146.12	6243434.48	non	1901_recherches rouviere_a1	50	inconnu	Sans objet	14	inconnu	
			P29	Puits de la Rivière	Puits	recherche	982831.2	6243192.13	non	1901_Recherches Rouviere_a3	50	inconnu	Sans objet	19	inconnu	
			P30	Puits de recherche	Puits	recherche	982943.53	6243134.72	non	1901_Recherches Rouviere_a3	50	inconnu	Sans objet	inconnu	inconnu	

**ANNEXE 2**  
**Plans miniers**



<b>Id</b>	<b>Titre</b>	<b>Site</b>	<b>Date</b>	<b>Echelle</b>	<b>Points de calage</b>	<b>Incertitude de calage du plan (hors incertitude BD ORTHO® de l'IGN)</b>	<b>Objets retenus pour cartographie</b>
Plan 1	Situation des travaux miniers – Profil Altimétrique (Doc 16 DADT Metaleurop)	Notre-Dame-des-Anges	1997	1/1 000	Angles de bâtiments	5 m	Tracé du filon et des tranchées. Localisation des désordres
Plan 2	Situation des travaux miniers – Profil Altimétrique (Doc 27 DADT Metaleurop)	Notre-Dame-des-Anges	1997	1/1000	Angles de bâtiments	5 m	Tracé du filon et des tranchées. Localisation des désordres de P3 et G3
Plan 3	SMMP. Plan des Travaux	Notre-Dame-des-Anges	1958	1/500	ODJ et angle de bâtiments sur photo aérienne de 1960	5 m	Tracé des TMS
Plan 4	Mines de Faucon l'Argentière – Plan et coupes	Courchet	1905	1/500	Galerie et Puits Courchet, Puits Lavagne, Puits Guillaibert et Galerie Poupiat	10 m	Tracé des TMS jusqu'au niveau IV
Plan 5	SMMP – Plan des Travaux	Courchet	1955	1/1 000	Puits Courchet et intersection de galeries sur plan de 1905	10 m	Tracé des TMS complément NIV IV et Niv. V
Plan 6	Croquis des Travaux	Recherches Nord Courchet	1879	1/4 000	Puits et galerie Courchet, Métairie Lavagne	20 m	Tracé des filons. Localisation des galeries, puits de recherche et tranchées
Plan 7	Plan des travaux miniers de la mine Saint-Marc (Doc 14 DADT Metaleurop)	Saint-Marc	1997	1/500	Puits Saint-Marc et angles de bâtiments	10 m	Tracé des TMS et ODJ non observés dans DADT
Plan 8	SMMP – Plan des Travaux	Magnan	1955	1/500	Puits et angles de bâtiment	10 m	Tracé des TMS
Plan 9	Mine des Rossignols (Rouvière)	Rouvière	1920	1/2 000	Puits et Galerie Rouvière et calcul d'un autre point. Nord du plan faux et échelle devant être réduite de 8%	30 m	Tracé des TMS
Plan 10	Société des Mines de Malfidano – Recherche de Rouvière	Rouvière	~ 1905	1/1 000	Puits et Galerie Rouvière et intersection de galeries sur plan de 1920	30 m	Tracé des TMS + ODJ de recherche à proximité
Plan 11	Mines de Malfidano – Recherche de Rouvière (Var)	Rouvière ouest, Pelassy, Sainte-Magdeleine, Murier	1901	1/2 500	Plan découpé en 5 morceaux. Points de calage suivant intersections et directions ruisseaux et chemins	50 m	Tracé des filons. Localisation des fouilles et ODJ de recherches
Plan 12	Plan de demande en concession de Faucon l'Argentière	Tous sites	1860	1/20 000	Angles de chemins. Orientations des filons et positions des ODJ très approximative	Sans objet	Contrôle des puits de recherches La Souchère, Dubernad et Ballon au nord du filon Courchet
Plan 13	SMMP. Ensemble de nos concession de la Môle et de Faucon l'Argentière à Cogolin (Var)	Tous sites	1931	1/10000	Puits Courchet et angles de routes et ruisseaux	20 à 50 m selon secteurs	Puits de recherche P7, tracé des filons et nombreuses fouilles

### Liste et caractéristiques des plans géoréférencés



COGOLIN  
NOTRE DAME DES ANGES-LES MOULINS  
Cadastré Sections AL et AM

Filon N.D des ANGES

PROPRIETE de la S.A METALEUROP

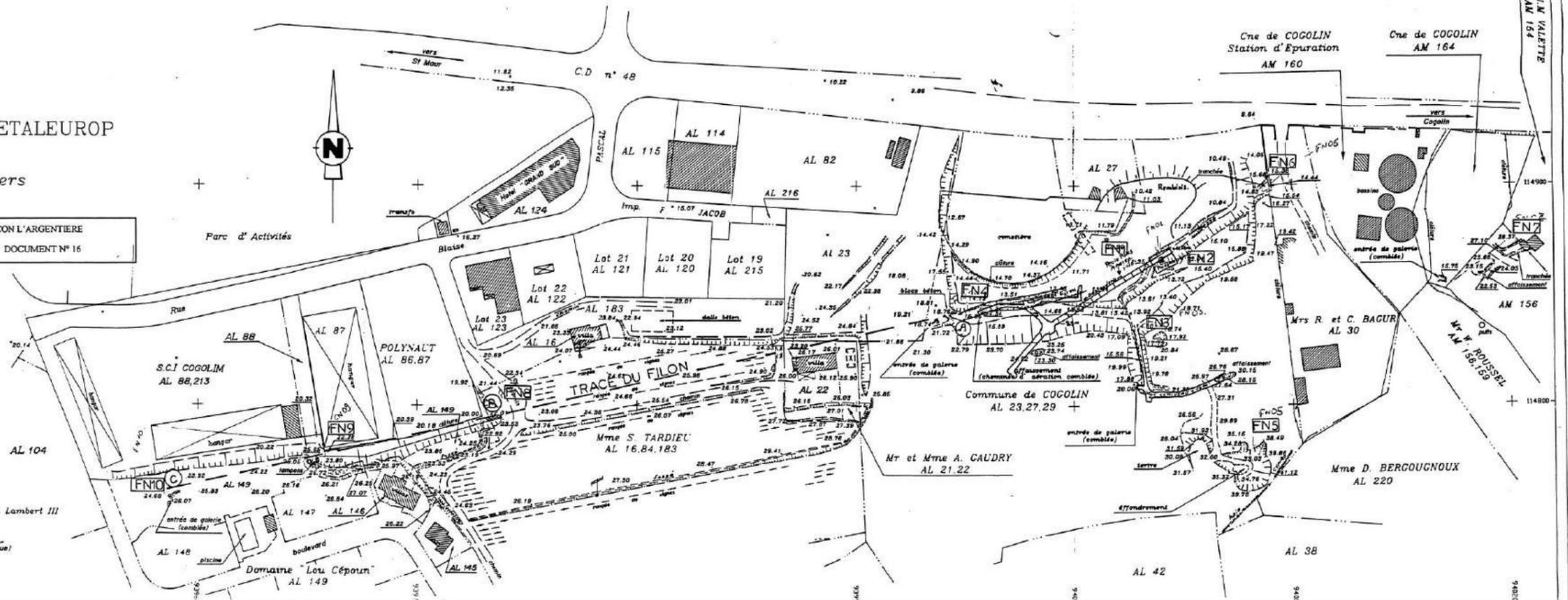
Situation des Travaux Miniers  
Profil Altimétrique

METALEUROP / CONCESSIONS DE LA MÔLE ET DE FAUCON L'ARGENTIERE  
PLAN DES ORIFICES DE LA MINE NOTRE DAME DES ANGES DOCUMENT N° 16

Echelle : 1/1000<sup>e</sup>

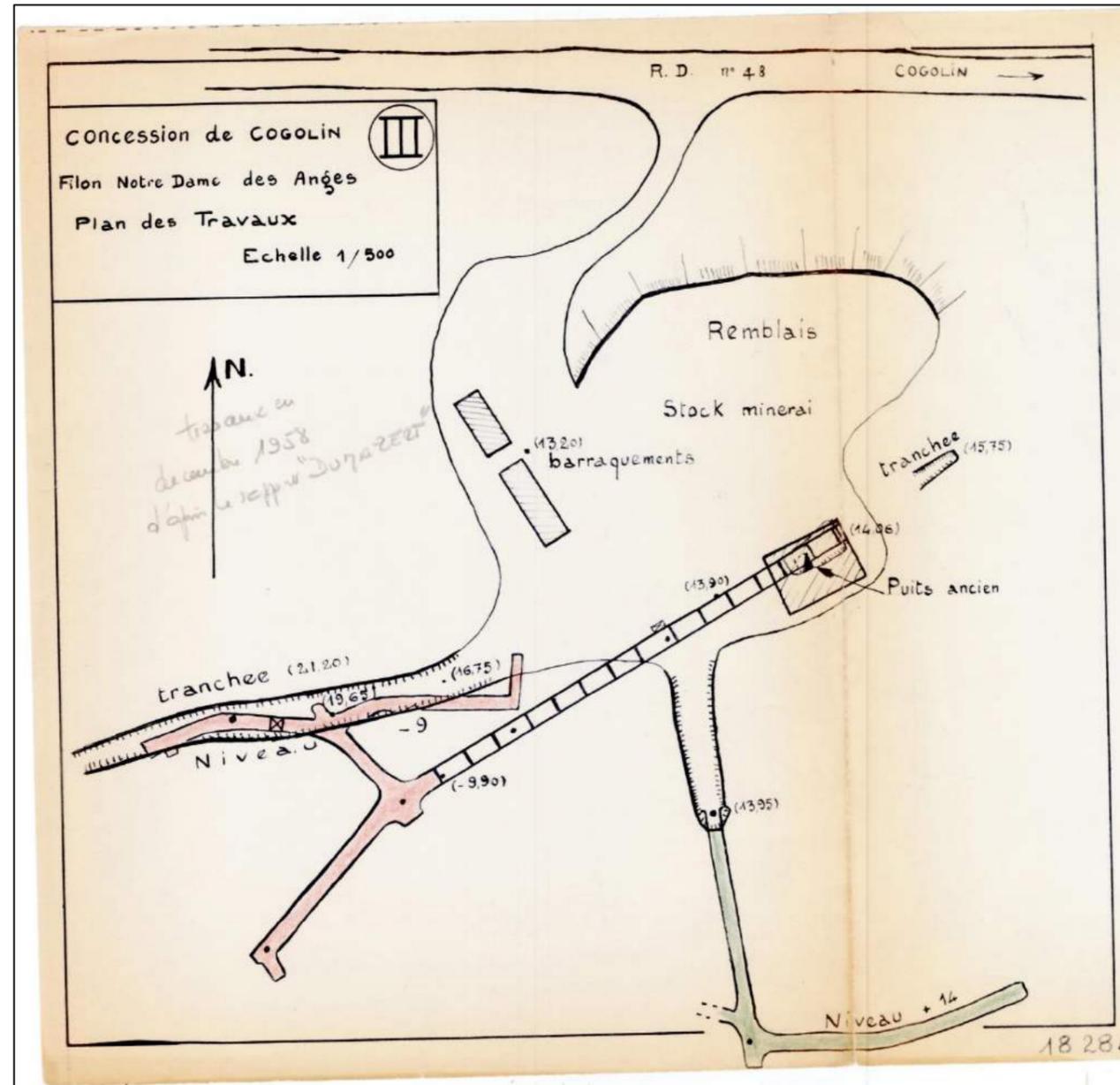
Nota : Altimétrie rattachée à un repère du N.G.P.  
Système de coordonnées rattachées au réseau Lambert III

limite cadastrale (application graphique)

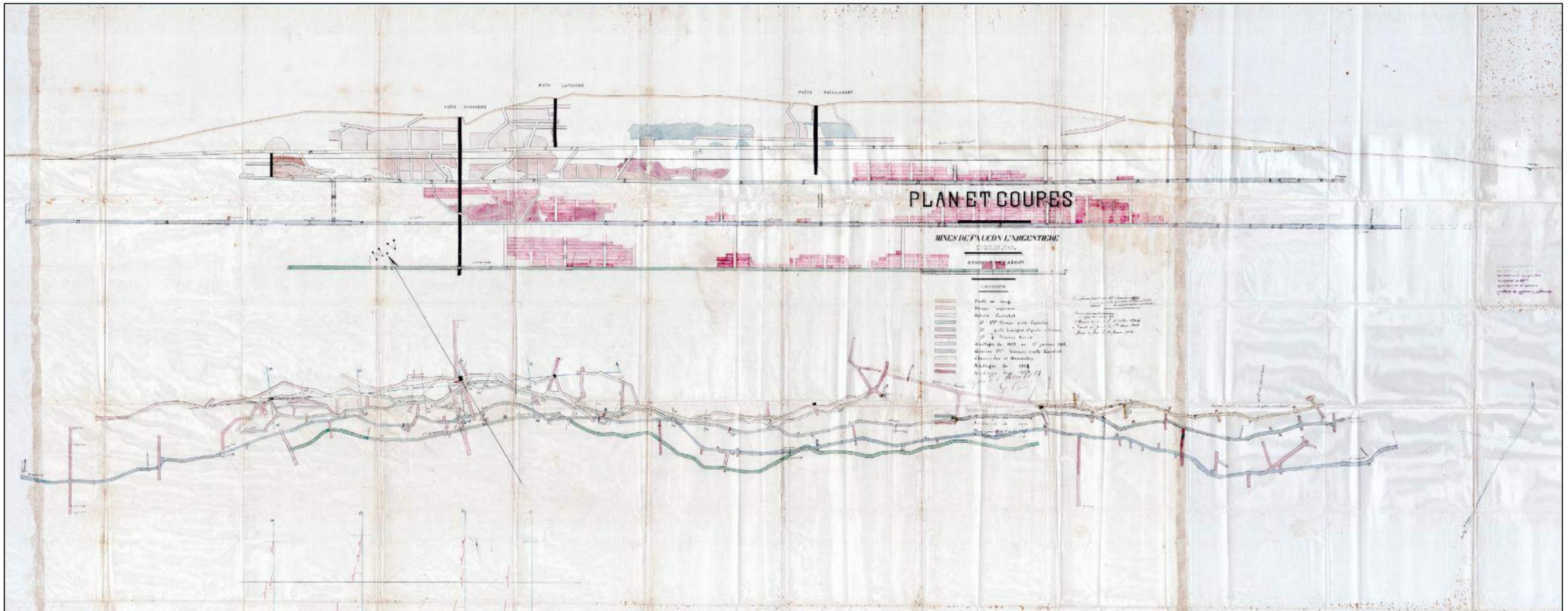


Plan 1

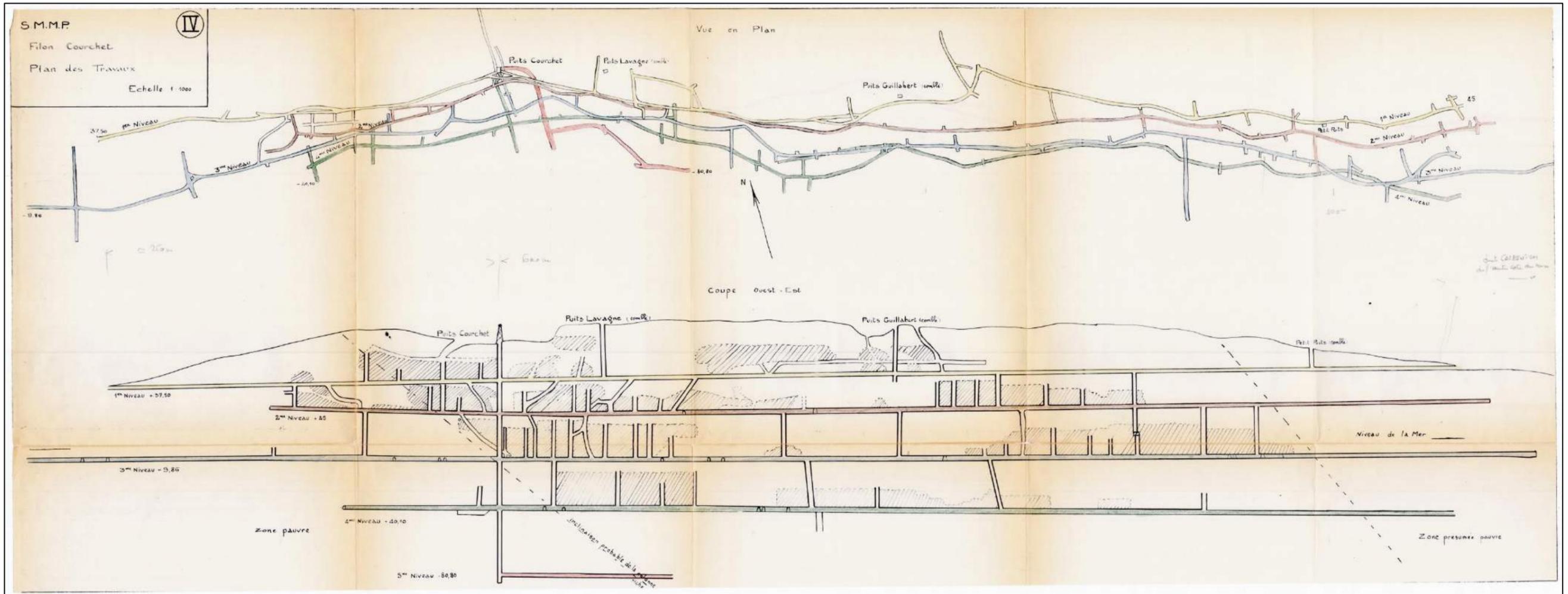




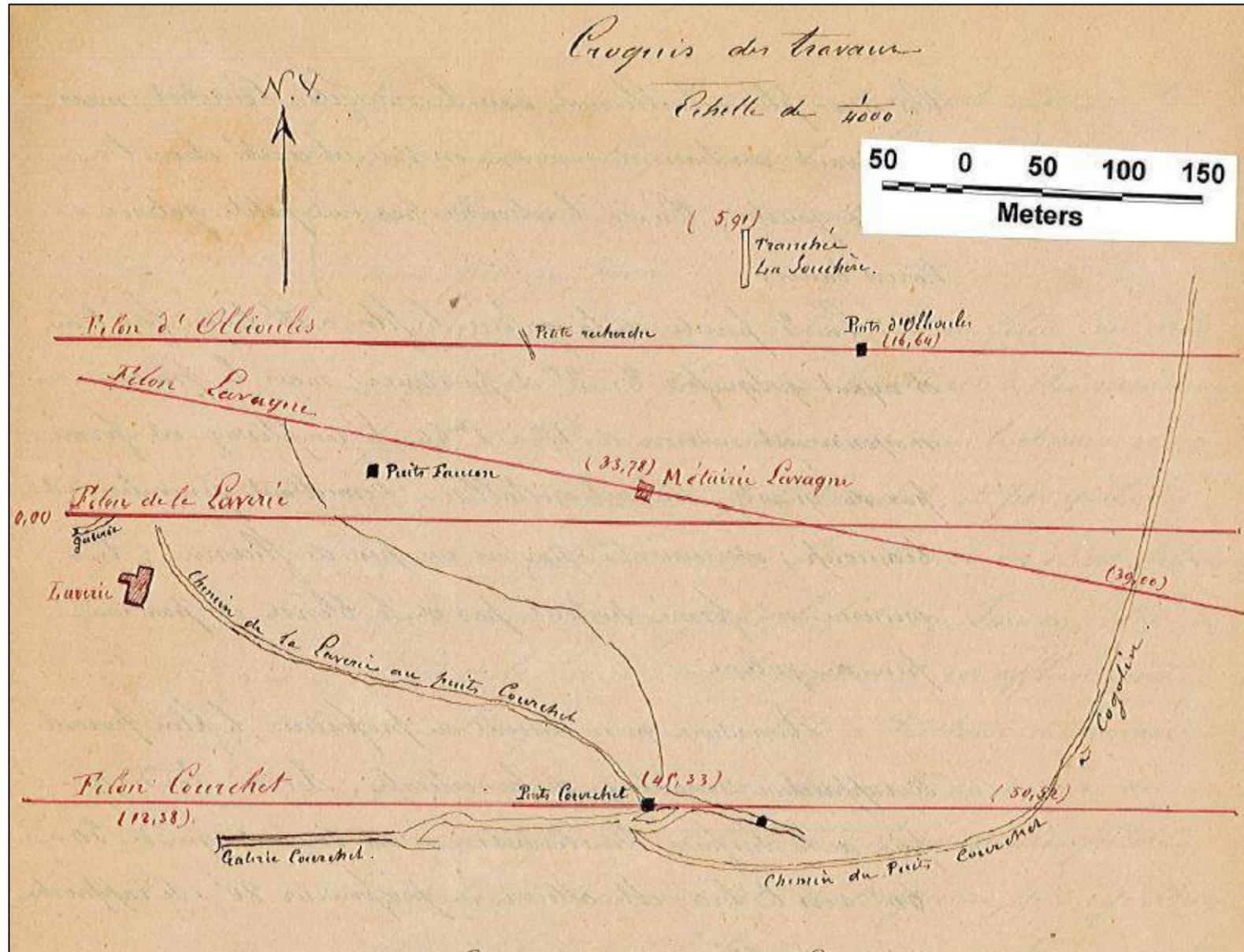
Plan 3

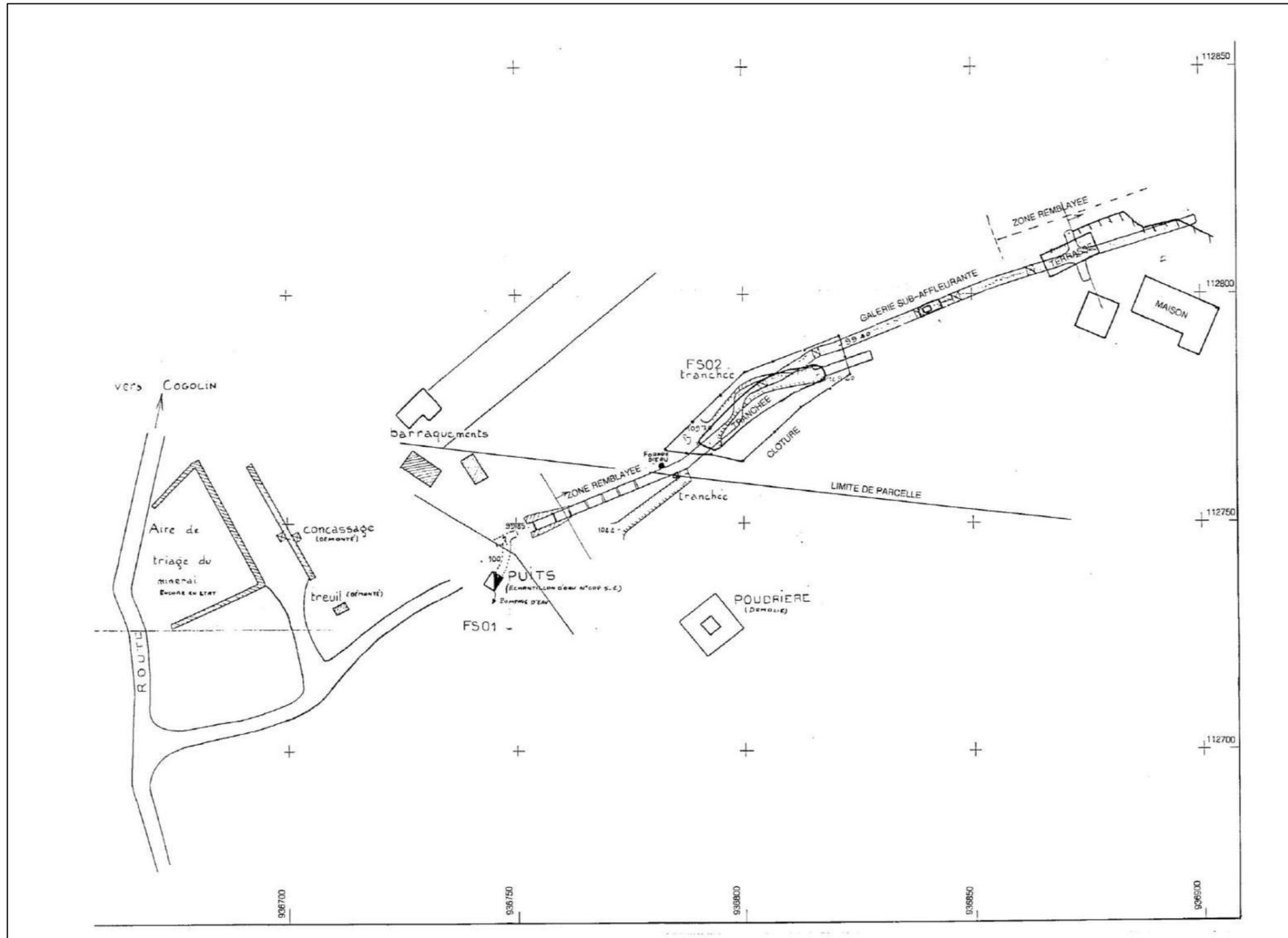


Plan 4

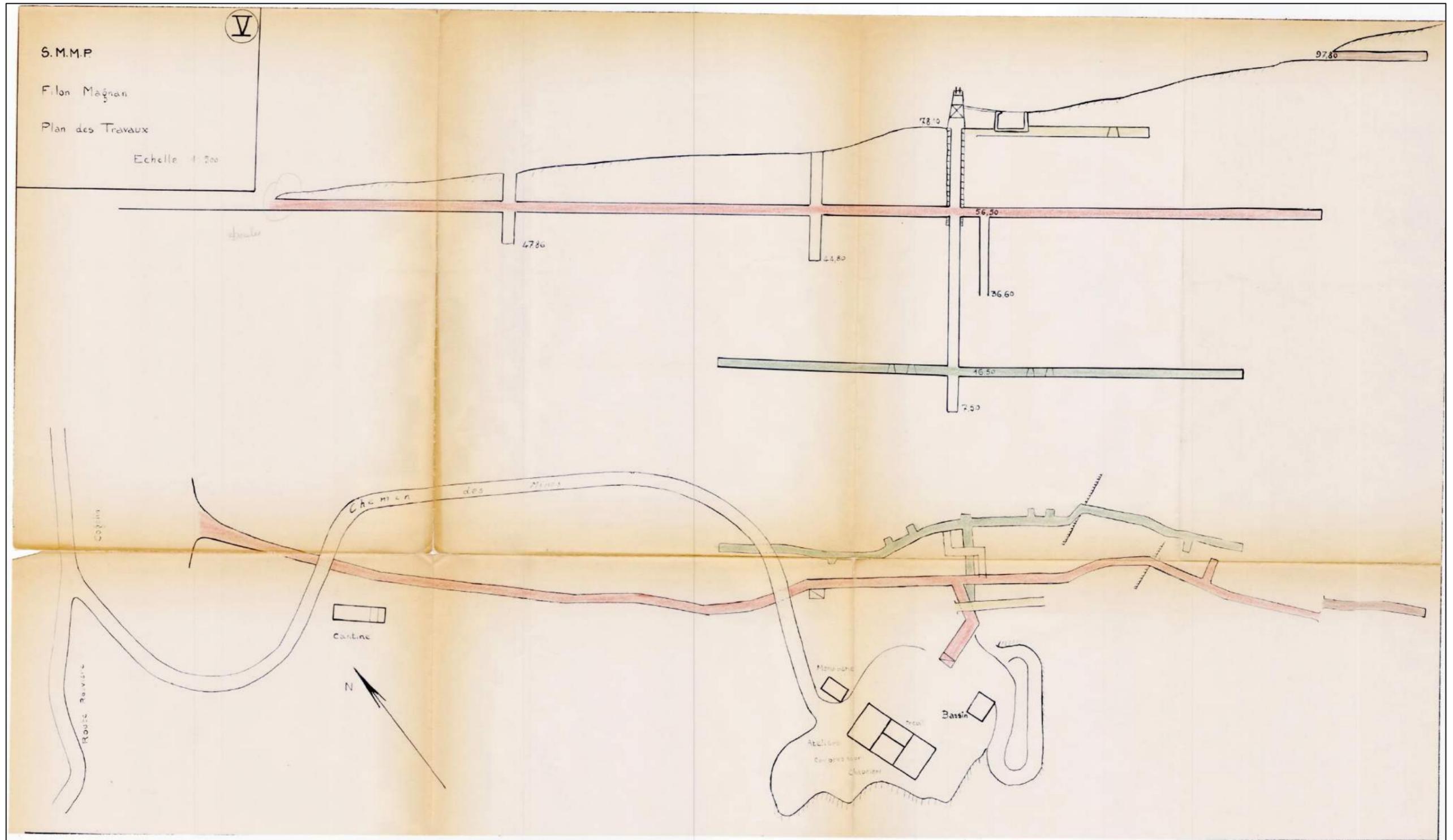


Plan 5

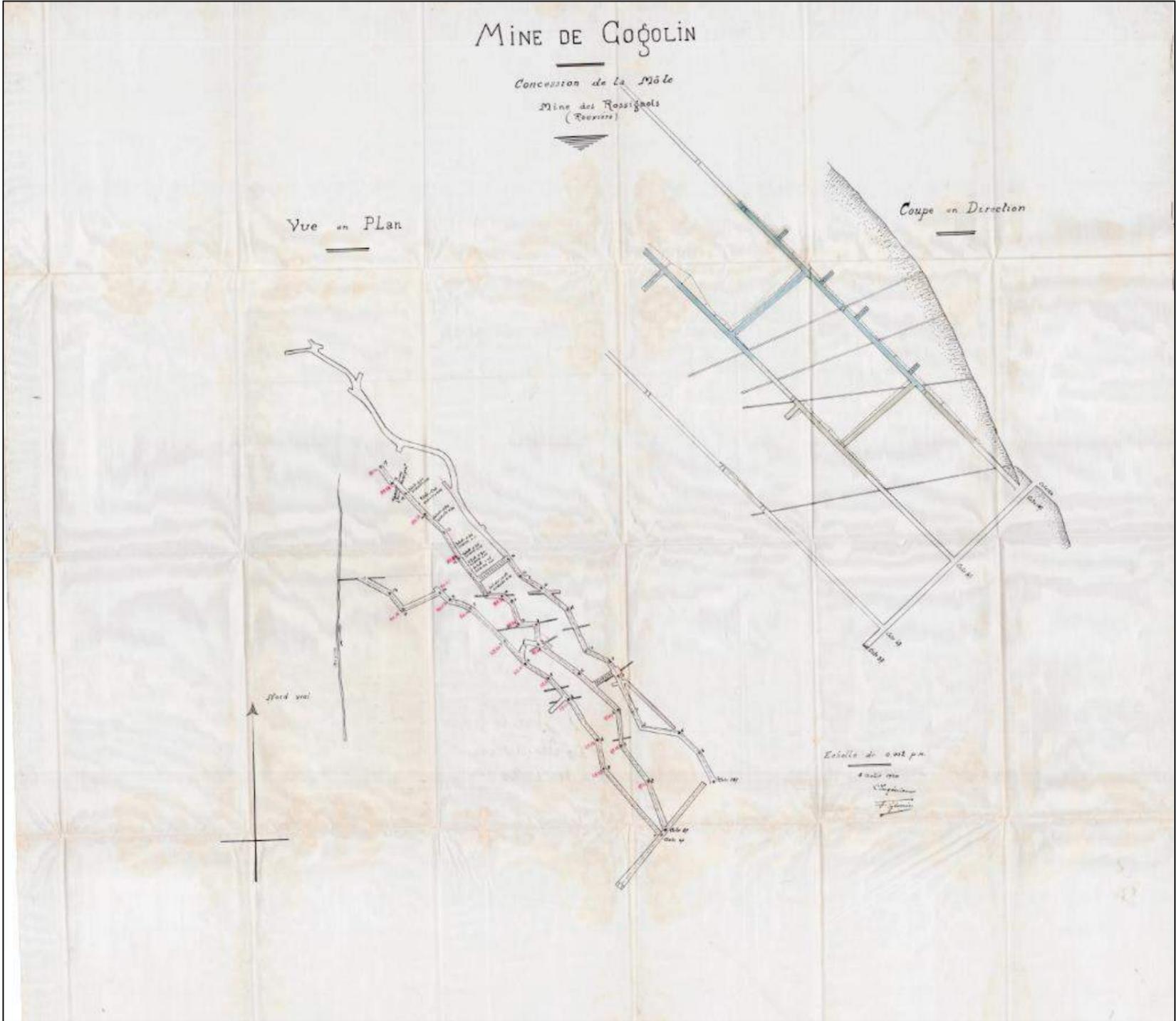




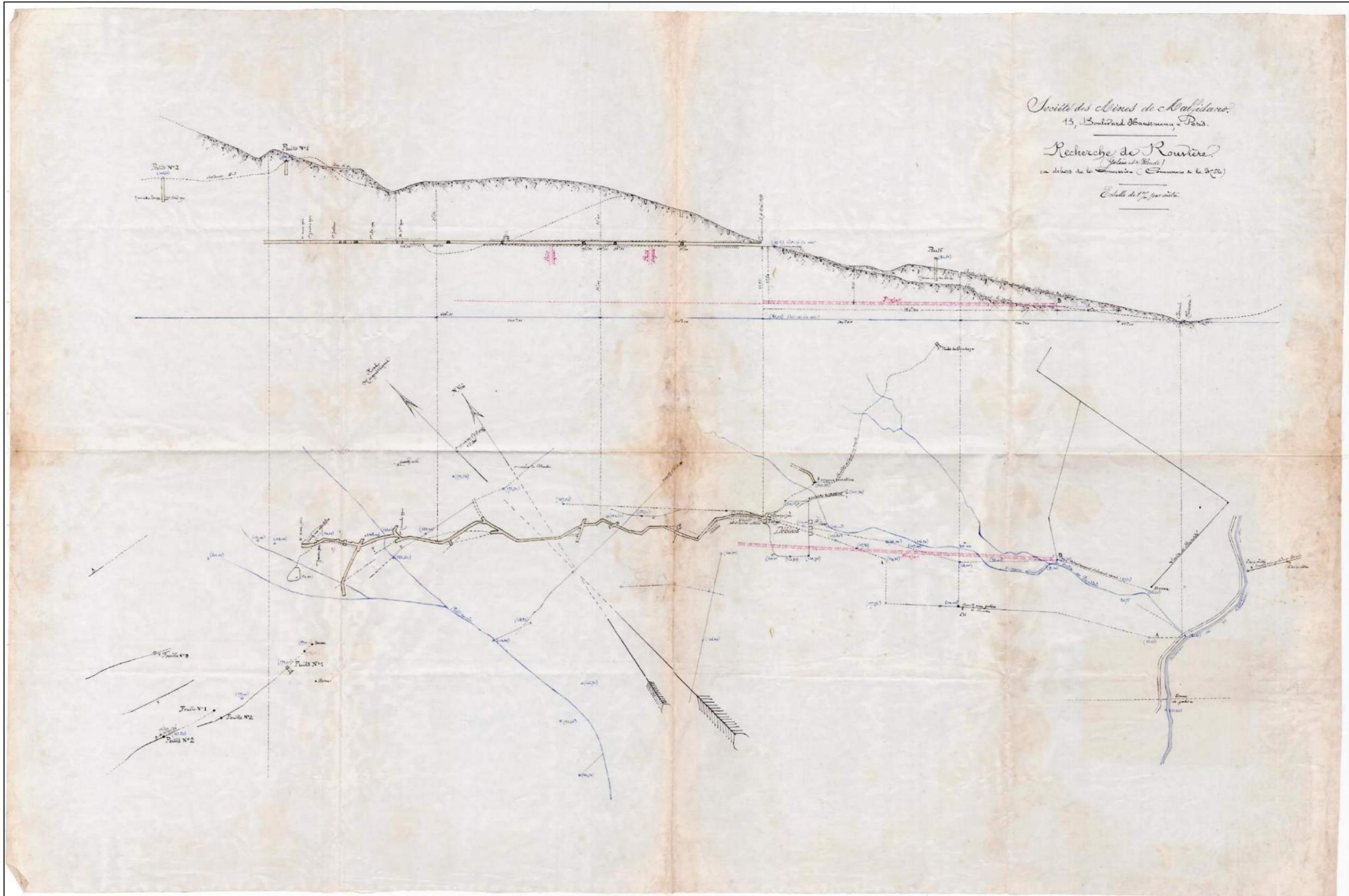
Plan 7



Plan 8



Plan 9

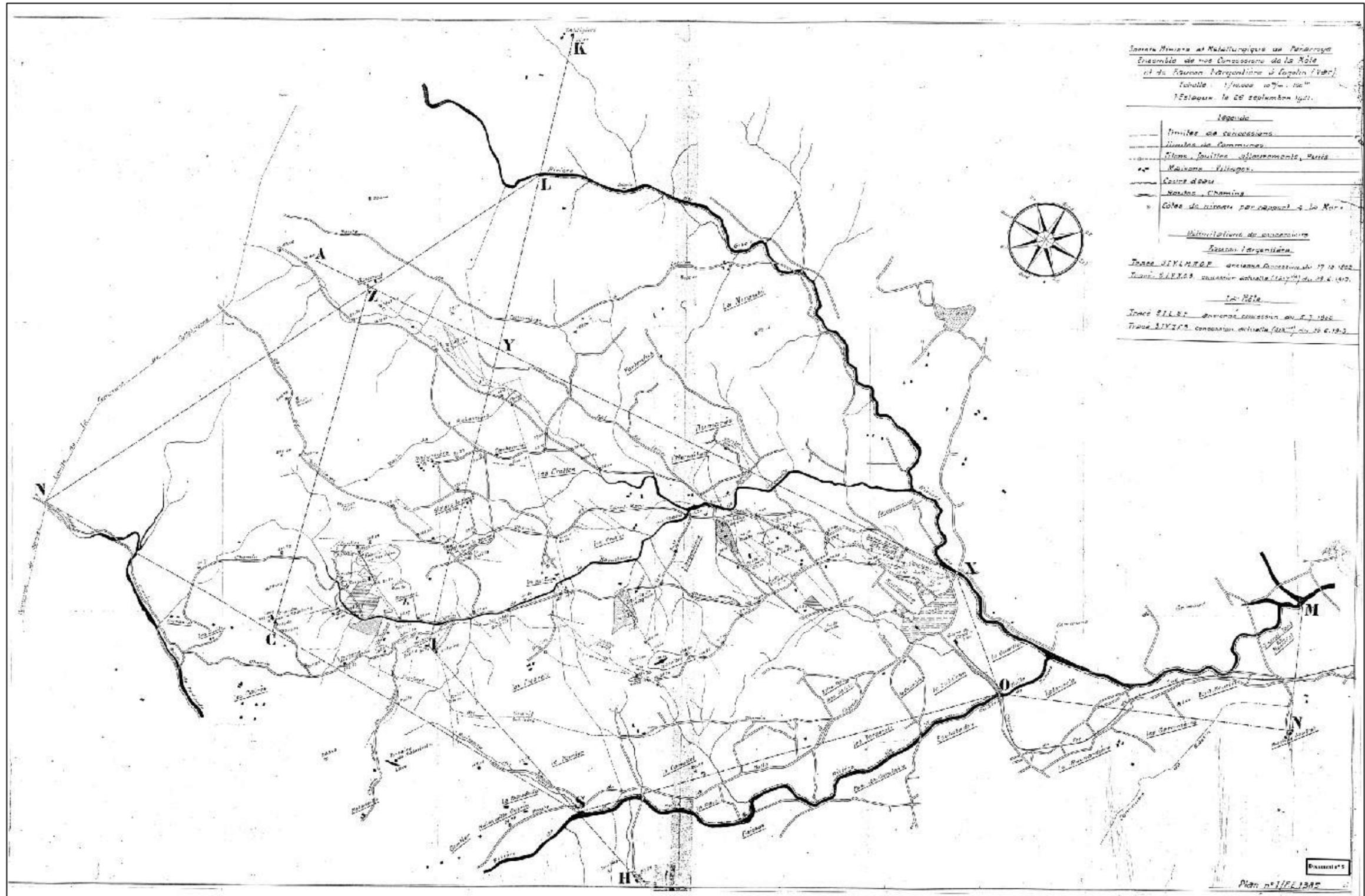


*Société des Mines de Malidaro.*  
 43, Boulevard Haussmann, Paris.  
 Recherche de Rouire.  
 (Plan de Rouire)  
 en deçà de la Lésion (Somme & le 250)  
 Echelle de 1/20000

Plan 10







Plan 13



## **ANNEXE 3**

### **Synthèse de l'évaluation des niveaux d'aléa effondrement localisé lié aux puits**



Id	Nom	Site	Rôle	Mécanisme de débouillage					Mécanisme de rupture de tête			Accidentologie (désordre)	Niveau de prédisposition à l'effondrement localisé	Niveau d'intensité	Niveau d'aléa
				Traitement	Profondeur (m)	Recettes	Eau	Niveau de prédisposition au débouillage	Revêtement	Terrains encaissant	Niveau de prédisposition à la rupture de tête				
P1	Grand puits ancien	Notre-Dame-des-Anges	Recherche	Non connu (supposé remblayé)	25	non connu	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	Faible
P2	Petit puits ancien		Recherche	Non connu (supposé remblayé)	38	> 1	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	Faible
P3	Puits de recherche		Recherche	Non connu (supposé remblayé)	non connu	non connu	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	Faible
P4	Puits de Recherche		recherche	Non connu (supposé remblayé)	non connu	non connu	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	Faible
P5	Cheminée d'aérage		Aérage	Remblayé	25	1	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	Faible
P6	Puits d'aérage		aérage	Non connu (supposé remblayé)	25	1	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	Faible
P7	Puits de recherche	Courchet et recherches à proximité	recherche	Non connu (supposé remblayé)	non connu	non connu	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	Faible
P8	Puits d'Ollioules		recherche	Non connu (supposé remblayé)	26	1	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	Faible
P9	Puits Faucon		recherche	Non connu (supposé remblayé)	30	non connu	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	Faible
P10	Puits Dubernad		recherche	Non connu (supposé remblayé)	non connu	non connu	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	Faible
P11	Puits Carpentras		recherche	Remblayé	non connu	non connu	oui	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible		Peu sensible	Modéré	Faible
P12	Puits Courchet		Exploitation	Dallé	143.6	5	oui	Sans objet	Béton sur 14 premiers mètres puis sur 40 derniers mètres	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible
P13	Puits Lavagne		Exploitation	Remblayé	23	1	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible
P14	Cheminée Est		aérage	Remblayé	10	1	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	Etait ouvert sur 3 m en 1996 avant son traitement par remblayage	Peu sensible	Modéré	Faible
P15	Puits Bourguignon		Recherche	Remblayé	non connu	non connu	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible
P16	Puits Guillabert		Exploitation	Remblayé	30	1	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	Etait ouvert sur 10 m en 1996 avant son traitement par remblayage	Peu sensible	Modéré	Faible
P17	Puits d'aérage		aérage	Non connu (supposé remblayé)	20	1	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible
P18	Puits d'aérage		aérage	Non connu (supposé remblayé)	20	1	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible
P19	Puits Péliissier-Cheminée SE galerie cote 56,5		Magnan	Extraction - aérage	Remblayé	27	1	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	Remblais observés tassés en 2002	Peu sensible	Modéré

Id	Nom	Site	Rôle	Mécanisme de débouillage					Mécanisme de rupture de tête			Accidentologie (désordre)	Niveau de prédisposition à l'effondrement localisé	Niveau d'intensité	Niveau d'aléa
				Traitement	Profondeur (m)	Recettes	Eau	Niveau de prédisposition au débouillage	Revêtement	Terrains encaissant	Niveau de prédisposition à la rupture de tête				
P20	Puits Magnan	Magnan	Extraction	Remblayé + bouchon autobloquant de 5 m de haut ancré à 6 m	70,6	2	oui	Très peu sensible	Maçonné jusqu'à 25 m	gneiss	Très peu sensible à peu sensible (profondeur d'ancrage du bouchon non confirmée par sondage pressiométrique)	Effondré à 25 m avant son traitement	Peu sensible	Modéré	Faible
P21	Cheminée NW galerie cote 56,5		aérage	Remblayé	17	1	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible
P33	Puits Saint-Marc	Saint-Marc	Recherche	Dallé	43	1	oui	Sans objet	Bétonné jusqu'à 21 m	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible
P22	Puits d'aérage		Aérage/Montage	Remblayé	16	1	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Très peu sensible		Très peu sensible à peu sensible	Nul car puits débouchant au fond d'un défilage de 8 m de haut remblayé)	Nul
P23	Puits Rouvière	Rouvière et recherches à proximité	Exploitation	Remblayé + dallé	90	2	oui	Peu sensible	Maçonné jusqu'à 21 m	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible
P24	Puits de recherche		Recherche	Non connu (supposé remblayé)	20	non connu	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible
P25	Puits d'aérage		aérage	Non connu (supposé remblayé)	19,3	1	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible
P26	Puits de Recherche		recherche	Non connu (supposé remblayé)	10	non connu	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible
P27	Puits de 7,3 m		recherche	Non connu (supposé remblayé)	7,3	non connu	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible
P28	Puits de 14 m		recherche	Non connu (supposé remblayé)	14	1	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible
P29	Puits de la Rivière		recherche	Non connu (supposé remblayé)	19	non connu	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible
P30	Puits de recherche		recherche	Non connu (supposé remblayé)	non connu	non connu	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible
P31	Puits de recherche		recherche	Non connu (supposé remblayé)	non connu	non connu	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible
P32	Tentative Guérin		recherche	Non connu (supposé remblayé)	non connu	non connu	non connu	Peu sensible	non connu	gneiss	Peu sensible	-	Peu sensible	Modéré	Faible



## **ANNEXE 4**

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



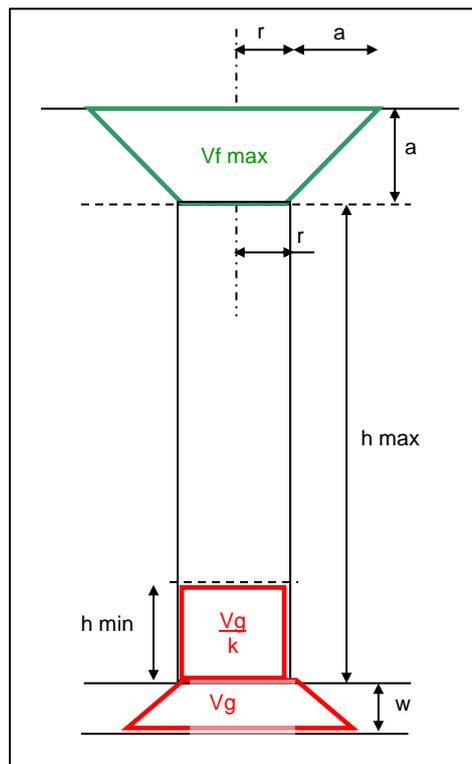
Dans le cas, où un effondrement du toit d'une excavation souterraine est susceptible de survenir, une montée de voûte peut être initiée. Ce mécanisme peut se propager vers la surface (montée de cloche de fontis ou ruptures de banc successives).

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) : 1,4 à 1,6 pour les terrains encaissants (gneiss et micaschistes) et de recouvrement des exploitations des cas étudiés ;
- Les valeurs d'angles de talus naturel pour des roches sèches ou humides sont comprises entre 35° et 50° ;
- Les largeurs des galeries et des exploitations sont comprises entre 1,5 et 2 m ;
- La hauteur des galeries est prise égale à 2,5 m ;
- La hauteur de la portion vide des exploitations est comprise entre 3 et 4 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).

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		20 m	99 % des hauteurs simulées sont inférieures à 25 m et 85 % des hauteurs simulées sont inférieures à 20 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		20 m	95 % des hauteurs simulées sont inférieures à 40 m et 70 % 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**

### **Cartes informatives (2 cartes)**

*(hors texte)*



OUVRAGES DEBOUCHANT AU JOUR

- Puits matérialisé / localisé
- Galerie matérialisée / localisée
- ◆ Descendante localisée

DESORDRES

- ⊗ Désordre

GEOLOGIE ET TRAVAUX DE SURFACE

- Affleurement filon
- Tranchée
- Fouille
- Dépôt

POINTS REMARQUABLES

- Bassin
- Installation de traitement

LIMITES ADMINISTRATIVES

- Limite Commune
- Limite Concession

TOPOGRAPHIE

- Courbe de niveau intervalle 10 m

TRAVAUX MINIERIS SOUTERRAINS

- Emprise travaux souterrains avérés
- Zone potentiellement affectée par des Travaux Miniers

Mine de Notre-Dame-des-Anges :

- Niveau cote +14 m NGF
- Niveau cote -9 m NGF

Mine de Courchet :

- Niveau I cote +39,9 m NGF
- Niveau II cote +19,75 m NGF
- Niveau III cote -3,9 m NGF
- Niveau IV cote -40,1 m NGF
- Niveau V cote -80,8 m NGF

Mine de Magnan :

- Niveau cote +97,8 m NGF
- Niveau cote +78,1 m NGF
- Niveau cote +56,5 m NGF
- Niveau cote +16,5 m NGF

Tous sites

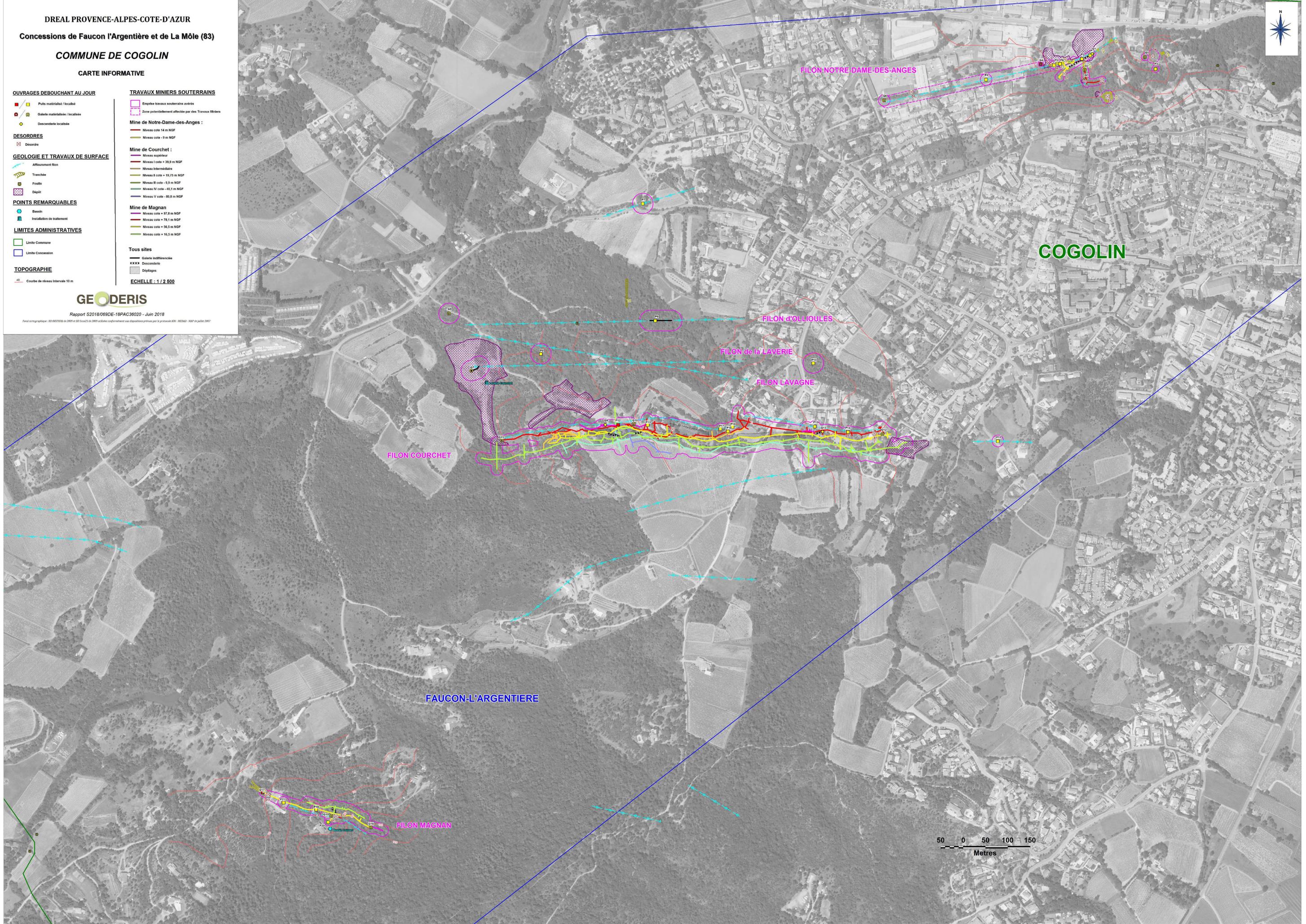
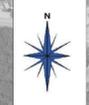
- Galerie indéfinissable
- Descendante
- Dépôts

ECHELLE : 1 / 2 500

GEODERIS

Rapport S2018/069DE-18PAC36020 - Juin 2018

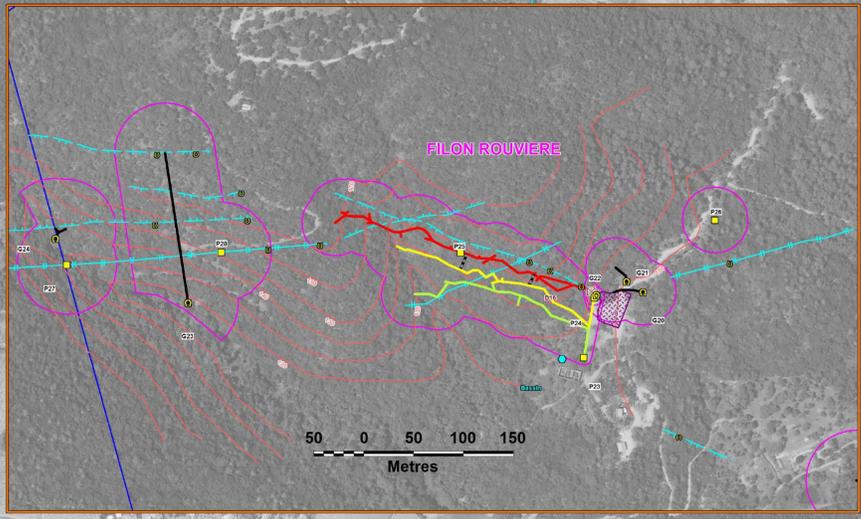
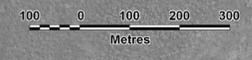
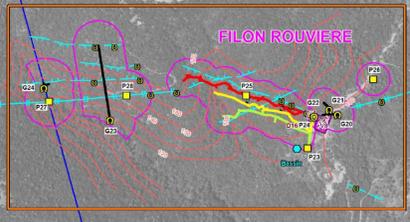
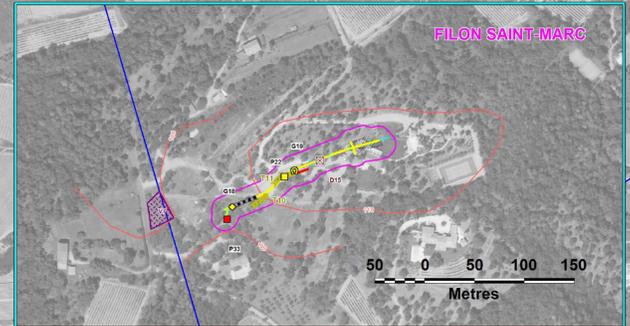
Fond cartographique : SD 6921008 de 2005 et SD 6921023 de 2009 actualisés conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - METAD - MAP de juillet 2007







LA MOLE



DREAL PROVENCE-ALPES-COTE-D'AZUR  
Concessions de Faucon l'Argentière et de La Môle (83)  
COMMUNE DE LA MOLE  
CARTE INFORMATIVE

- OUVRAGES DEBOUCHANT AU JOUR**
  - Puits matérialisé / localisé
  - Galerie matérialisée / localisée
  - Descenderie localisée
- DESORDRES**
  - Désordre
- GEOLOGIE ET TRAVAUX DE SURFACE**
  - Affaissement filon
  - Tranchée
  - Fouille
  - Dépôt
- POINTS REMARQUABLES**
  - Bassin
  - Installation de traitement
- LIMITES ADMINISTRATIVES**
  - Limite Commune
  - Limite Concession
- TOPOGRAPHIE**
  - Courbe de niveau intervalle 10 m
- TRAVAUX MINERS SOUTERRAINS**
  - Emprise travaux souterrains avérés
  - Zone potentiellement affectée par des Travaux Miniers
- Mine de Rouvière**
  - Niveau I cote + 39,9 m NGF
  - Niveau E cote + 19,75 m NGF
  - Niveau III cote + 9,9 m NGF
- Mine Saint-Marc**
  - Niveau cote + 127 m NGF
  - Niveau cote + 87 m NGF
  - Niveau cote + 47 m NGF
- Tous sites**
  - Galerie inutilisée
  - Descenderie
  - Dépôts

ECHELLE CARTE : 1 / 5 000  
ECHELLE ENCARTS : 1 / 2 500

GEODERIS  
Rapport S2018/069DE-18PAC36020 - Juin 2018  
Brest cartographie - 02 98 73 08 20 et 02 53 23 20 20 - 2009 - 2010 - 2011 - 2012 - 2013 - 2014 - 2015 - 2016 - 2017 - 2018



**ANNEXE 6**  
**Cartes d'aléas**  
**(2 cartes)**

*(hors texte)*



- OUVRAGES DEBOUCHANT AU JOUR**
- Puits matérialisé / localisé
  - Galerie matérialisée / localisée
  - ◆ Descendelle localisée
- TRAVAUX MINERS SOUTERRAINS**
- Emprise travaux souterrains avérés
  - Zone Potentiellement Affectée par des Travaux Miniers

**LIMITES ADMINISTRATIVES**

- Limite Commune
- Limite Concession

**NIVEAUX D'ALÉA**

- Moyen
- Faible

**TYPES D'ALÉA**

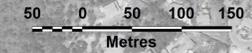
- Effondrement localisé
- Effondrement localisé sur puits
- Tassement

ECHELLE : 1 / 2 500

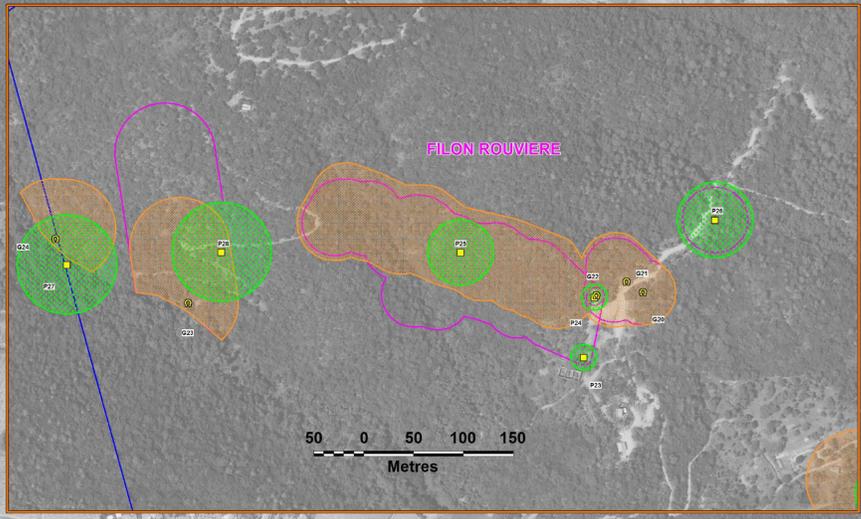
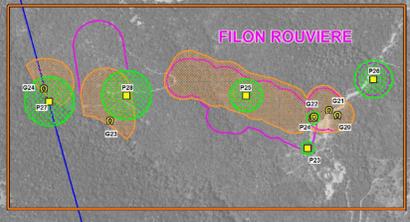
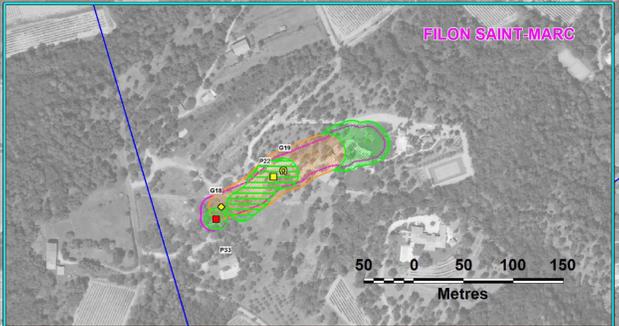
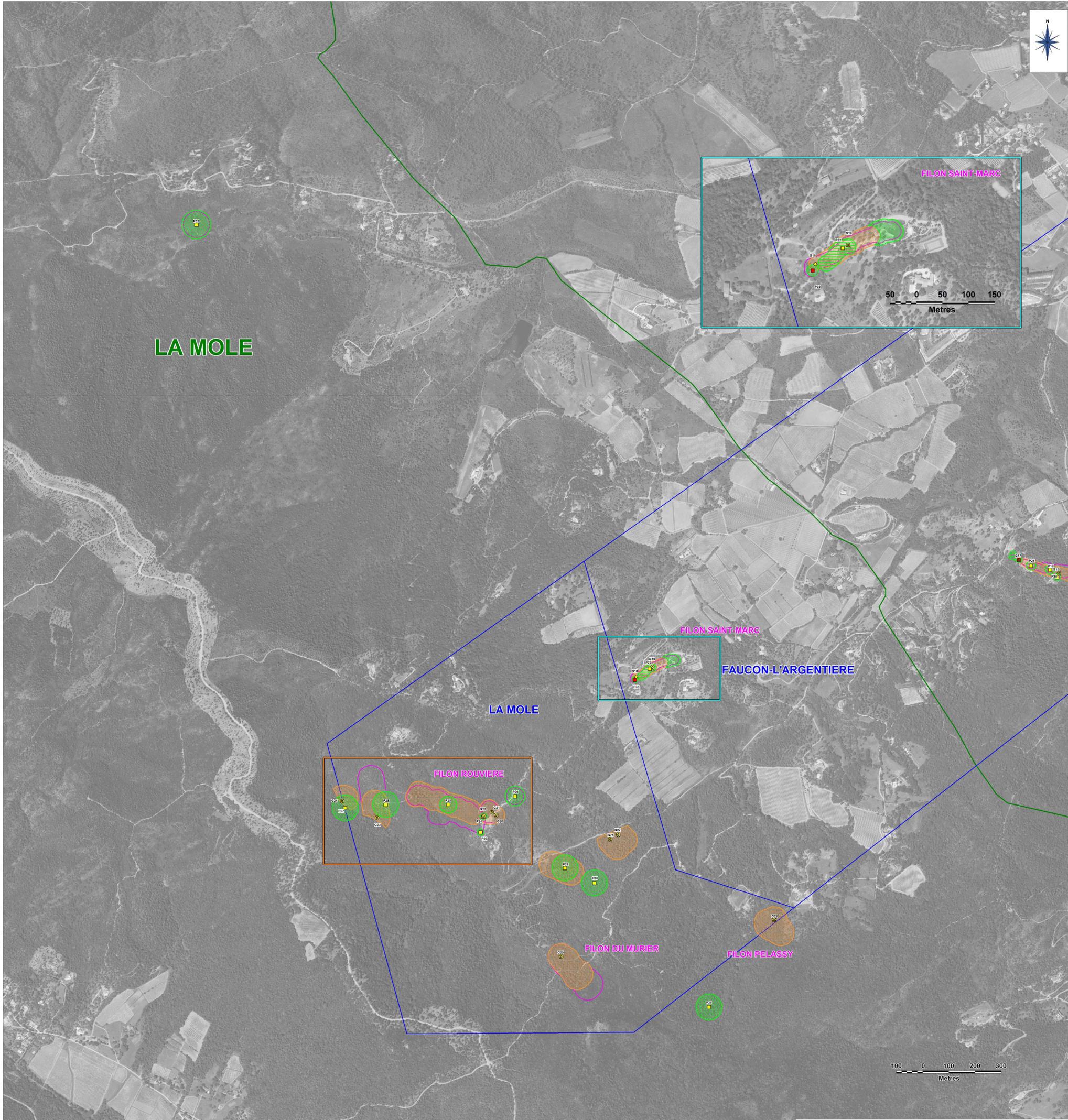
**GEODERIS**

Rapport S2018/0690E-18FAC36020 - Juin 2018

Fond cartographique : IGC 1002/2009 de 2009 et IGC 3002/2009 de 2009 actualisés conformément aux dispositions prises par le géomaticien GSI - IGN/SD - MAP de juillet 2007







**DREAL PROVENCE-ALPES-COTE-D'AZUR**  
**Concessions de Faucon l'Argentière et de La Môle (83)**  
**COMMUNE DE LA MOLE**  
**CARTE D'ALÉAS MOUVEMENTS DE TERRAIN**

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <b>OUVRAGES DEBOUCHANT AU JOUR</b> | <b>TRAVAUX MINERS SOUTERRAINS</b>                       |
| ■ Puits matérialisé / localisé     | ■ Entrées travaux souterrains avérés                    |
| ■ Galerie matérialisée / localisée | ■ Zone Potentiellement Affectée par des Travaux Miniers |
| ● Descendante localisée            |   |

- LIMITES ADMINISTRATIVES**
- Limite Commune
  - Limite Concession

- |                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| <b>NIVEAUX D'ALÉA</b> | <b>TYPES D'ALÉA</b>               |
| ■ Moyen               | ■ Effondrement localisé           |
| ■ Faible              | ■ Effondrement localisé sur puits |
|                       | ■ Tassement                       |

ECHELLE CARTE : 1 / 5 000  
 ECHELLE ENCARTS : 1 / 2 500

**GEODERIS**

Rapport S2018/069DE-18PAC36020 - Juin 2018

Breuil cartographeur - 02 0872008 de 2004 et 02 510023 de 2009 autorisés conformément aux dispositions prévues par le protocole 020 - NEODAS - M&P de juillet 2007