

Antenne EST
1 Rue Claude Chappe
CS 25198
57075 METZ CEDEX 3
Tél : +33 (0)3 87 17 36 60
Fax : +33 (0)3 87 17 36 89

Etude des aléas miniers dans le secteur de Grandfontaine, Bas-Rhin (67) (exploitation polymétallique) Communes de Grandfontaine, Schirmeck et La Broque

RAPPORT E2016/032DE – 16ALS22080

Date : 01/04/2016




**Etude des aléas miniers dans le secteur
 de Grandfontaine, Bas-Rhin (67)
 (exploitation polymétallique)
 Communes de Grandfontaine,
 Schirmeck et La Broque**

RAPPORT E2016/032DE – 16ALS22080

Diffusion :

Pôle Après-mine EST
 GEODERIS

HANOCQ Pascale
 HADADOU Rafik
 MATOT Benoît
 ZORNETTE Nicolas

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	B. MATOT	R. HADADOU	N. ZORNETTE
Visa			

SOMMAIRE

1	Objet et contexte	3
2	Définitions et méthodologie	4
2.1	Définition de l'aléa et du risque	4
2.2	Méthodologie mise en œuvre	5
2.2.1	La phase informative	5
2.2.2	La phase d'évaluation des aléas	6
3	Recherches et investigations sur site	6
3.1	Documents d'archives consultés	6
3.2	Personnes et organismes rencontrés	6
3.3	Visites de site	6
4	Phase informative	7
4.1	Situation géographique	7
4.2	Contexte géologique	8
4.2.1	Stratigraphie	8
4.2.2	Description du gisement	11
4.2.3	Terrains peu cohérents de surface	12
4.3	Contextes hydrogéologique et hydrologique	12
4.4	Historique de l'activité minière	12
4.5	Méthodes d'exploitation	13
4.6	Les productions	14
4.7	Travaux miniers	14
4.7.1	Travaux de la concession de Framont-Grandfontaine	14
4.7.1.1	Secteur des Minières et de la Chapelle	14
4.7.1.2	Secteur de la Mine Grise	16
4.7.1.3	Secteur de la Mine Noire	17
4.7.1.4	Secteur de la Mine de Metzger	18
4.7.1.5	Secteur de la Mine des Engins	19
4.7.1.6	Secteur de la Mine du Sapin	22
4.7.1.7	Secteur de la Mine Rouge	22
4.7.1.8	Secteur de la Mine Jaune	23
4.7.1.9	Secteur de la Mine du Curé	25
4.7.1.10	Secteur des « Mines sans nom »	26
4.7.1.11	Secteur « Mines de Derlingoutte »	30
4.7.1.12	Secteur « Mine du Bas-Donon »	32
4.7.2	Travaux de la concession de Schirmeck	35
4.7.2.1	Secteur de la « Mine de l'Evêché »	35
4.7.2.2	Secteur de Noire-Maison	37
4.8	Etat actuel des sites	39
4.8.1	Les ouvrages débouchant au jour (ODJ) et les tranchées	39
4.8.2	Les travaux miniers souterrains	39
4.8.3	Les dépôts de surface	40
4.8.4	Désordres observés en surface	42
4.9	Cartographie	43
4.9.1	Méthode de dénomination	43
4.9.2	Géoréférencement des plans miniers et incertitude de localisation	43
4.9.3	Incertitude de positionnement des ouvrages	48
5	Phase d'évaluation des aléas	48
5.1	Identification des aléas retenus	48
5.1.1	Effondrement localisé	48
5.1.2	Tassement lié aux ouvrages de dépôt, pingon et mines à ciel ouvert	48
5.2	Identification des aléas écartés	49

5.2.1	Affaissement -----	49
5.2.2	Effondrement généralisé -----	49
5.2.3	Echauffement -----	50
5.2.4	Instabilités de pentes-----	50
5.3	Aléas non étudiés-----	51
5.3.1	Gaz de mine-----	51
5.3.2	Environnement-----	51
5.4	Evaluation de l'aléa effondrement localisé-----	51
5.4.1	Effondrement localisé lié aux puits-----	51
5.4.1.1	Evaluation de l'intensité de l'aléa effondrement lié aux puits-----	52
5.4.1.2	Evaluation de la prédisposition -----	52
5.4.1.3	Evaluation de l'aléa -----	53
5.4.2	Effondrement localisé lié aux entrées de galeries-----	54
5.4.3	Effondrement localisé de type fontis lié aux galeries peu profondes -----	55
5.5	Evaluation de l'aléa tassement lié aux ouvrages de dépôt-----	58
5.6	Evaluation de l'aléa tassement lié aux pingen et aux mines à ciel ouvert-----	59
5.7	Cartographie des aléas-----	59
5.7.1	Effondrement localisé lié aux puits-----	59
5.7.2	Effondrement localisé lié aux corps et aux entrées de galeries-----	60
5.7.3	Tassement lié aux ouvrages de dépôt, pingen et mines à ciel ouvert -----	61
6	Synthèse et conclusion-----	62
6.1	Synthèse globale des aléas -----	62
6.2	Synthèse des aléas par commune-----	62
7	Liste des figures et des tableaux-----	63
7.1	Figures -----	63
7.2	Tableaux -----	64
8	Sigles utilisés -----	65
9	Bibliographie-----	66
9.1	Références citées-----	66
9.2	Références non citées -----	66
10	Liste des annexes -----	67

Mots clés : puits, galerie, pingen, aléa, effondrement, Schirmeck, Grandfontaine, Bas-Rhin, Alsace

1 OBJET ET CONTEXTE

Dans le cadre de son programme technique 2015, GEODERIS a inscrit l'étude des aléas miniers des exploitations du secteur de Grandfontaine (67). Cette étude consiste à évaluer et cartographier les aléas de type « mouvements de terrain » liés aux anciennes exploitations minières de ce secteur.

Le secteur minier de Grandfontaine, situé au niveau de la vallée de la Bruche, dans le département du Bas-Rhin, concerne les communes de La Broque, Grandfontaine et Schirmeck.

La Figure 1 représente la zone d'étude avec les communes et titres miniers concernés.

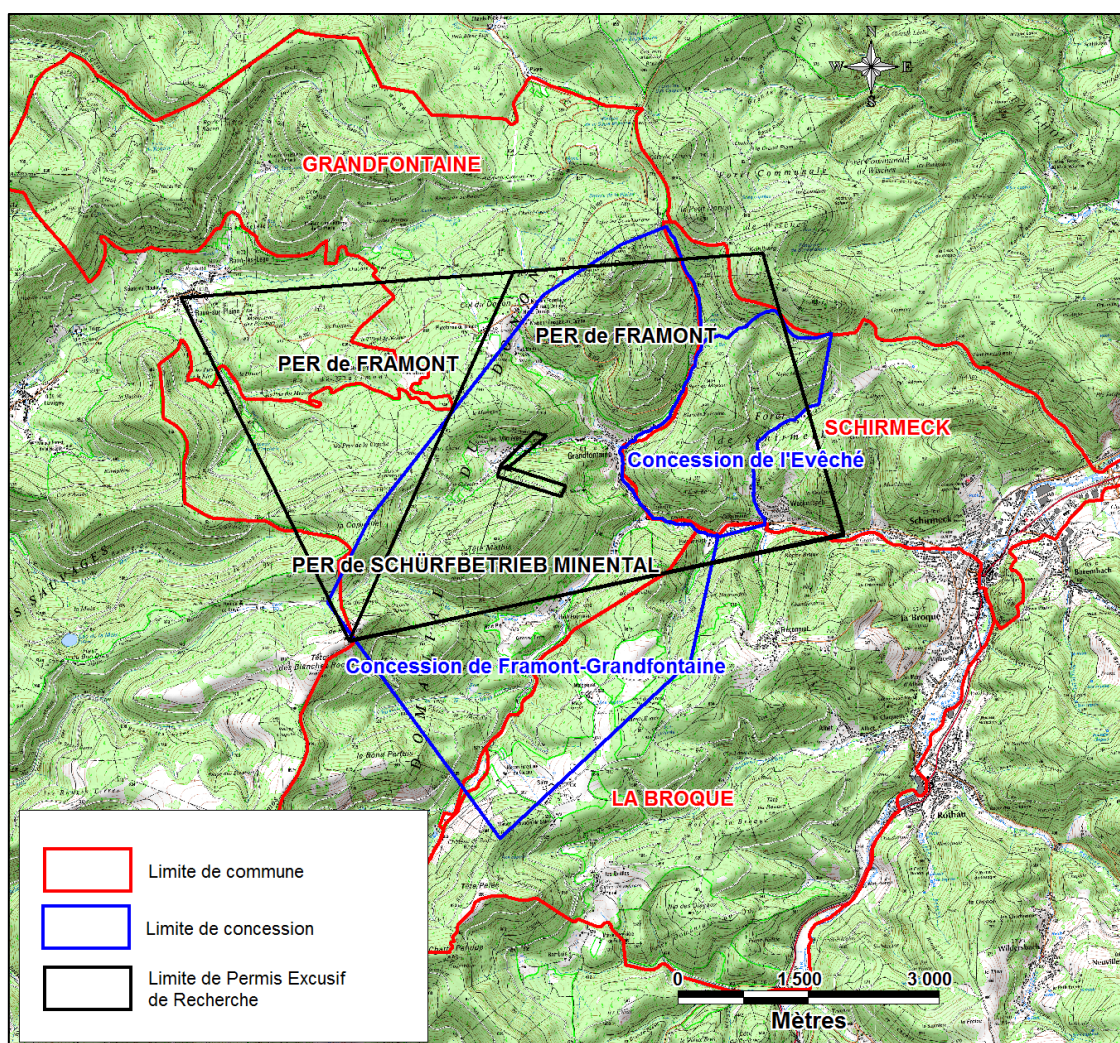


Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude

Le présent rapport porte sur les titres miniers suivants :

- la concession de Framont-Grandfontaine, pour l'exploitation de fer (titre minier n° 67SM0014 de la BDSTM¹) ;
- la concession de l'Evêché, pour l'exploitation de fer (titre minier n° 67SM0530 de la BDSTM) ;

¹ Base de Données des Sites et Titres Miniers

- le Permis Exclusif de Recherche (PER) de tungstène de Framont (titre minier n° 67SM0527 de la BDSTM) ;
- le Permis Exclusif de Recherche (PER) de fer de Schürfbetrieb Minental (titre minier n° 67SM0157 de la BDSTM).

Remarque : dans la suite du rapport, et sur la carte informative et les cartes des aléas, les PER n'apparaîtront pas puisque :

- le PER de Framont, attribué à COMINCO, n'a donné lieu à aucuns travaux, seulement 9 sondages de reconnaissance (pour 1272 m cumulés) ;
- le PER de Schürfbetrieb Minental, attribué à la Société des Produits Chimiques, de 1939 à 1945, a consisté en la reprise des anciennes mines (Mine des Engins, Mine Noire, Mine Metzger, Mine Jaune, Mine Rouge et Mine du Curé) sur les hauteurs de Mathiskopf, qui étaient fermées depuis 1840.

Les recherches préliminaires auprès des archives ont permis de retrouver quelques documents mentionnant les zones où ont eu lieu les travaux souterrains. Le gisement ferrifère de Framont-Grandfontaine se compose d'amas lenticulaires d'hématite et de pyrite qui s'inscrivent dans les dolomies, et de calcaires marmoréens. L'épaisseur des amas peut atteindre 30 m dans la mine de Grandfontaine. Exploité dès le Moyen Âge, le gîte a fourni près de 90 000 t de minerai durant 40 années au cours du XIX^{ème} siècle.

Dans le secteur de Grandfontaine, 130 ouvrages miniers ont été identifiés, dont 38 entrées de galeries, 7 puits et 85 pingen². Ils sont décrits et illustrés (photos, plans si disponibles) dans ce rapport.

L'étude détaillée dans ce rapport, menée en collaboration avec le BRGM (rapport BRGM/RP-65137-FR [1], largement repris), consiste en la réalisation de la phase informative (recherche de plans, archives et inspections de terrain) et de la phase d'évaluation des aléas « mouvements de terrain ».

2 DEFINITIONS ET METHODOLOGIE

2.1 Définition de l'aléa et du risque

Les travaux ont été menés selon des phases d'analyse inspirées du guide méthodologique d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers [2] et du guide pratique pour l'homogénéisation des études détaillées des aléas miniers [3].

L'aléa correspond à la probabilité qu'un phénomène donné se produise, au cours d'une période de référence, en atteignant une intensité qualifiable ou quantifiable. La caractérisation d'un aléa repose donc sur le croisement de l'intensité prévisible du phénomène avec sa probabilité d'occurrence (prédisposition).

² Ouvrage de type grattages superficiels

Prédisposition	Très peu sensible	Peu sensible	Sensible	Très sensible
Intensité				
Très limitée				
Limitée				
Modérée				
Elevée				

Figure 2 : Principe d'évaluation de l'aléa

L'intensité du phénomène caractérise l'ampleur des désordres attendus en surface en cas de déclenchement d'un événement redouté.

La prédisposition d'un site à la manifestation d'un phénomène est évaluée en fonction de paramètres caractérisant l'environnement du secteur considéré et les caractéristiques de l'exploitation minière, autant de facteurs exprimant la sensibilité d'un site.

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 la manifestation d'un phénomène en surface que les zones d'aléa moyen ou d'aléa faible ;
- que les phénomènes susceptibles de se produire dans les zones d'aléa fort sont d'une intensité plus élevée 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 sur laquelle se trouve un enjeu en surface (habitation, infrastructure, etc.).

2.2 Méthodologie mise en œuvre

L'étude se présente en deux phases : une phase informative suivie d'une phase d'évaluation des aléas.

2.2.1 La phase informative

La phase informative présente la synthèse des données minières, l'examen des plans miniers disponibles, le repositionnement des travaux dans leur environnement, et les éléments utiles et nécessaires à l'évaluation des aléas résiduels (géologie, hydrogéologie, indices de désordres, etc.). Les résultats de cette phase sont représentés sur une carte informative positionnant les différents éléments sur fond cartographique, dans le cas présent, le SCAN 25 de l'IGN année 2010 à l'échelle 1/25 000 et la BD ORTHO de 2010 pour quelques zooms au 1/2 500 (Annexe 9).

Dans le cadre de cette opération, nous avons réalisé :

- une consultation des archives d'exploitation ou de tout document susceptible de fournir des informations utiles à la caractérisation du contexte des travaux miniers étudiés (géologie, hydrogéologie, méthodes d'exploitation, etc.) ;

- une campagne d'investigation sur site (repérage des travaux miniers, recherche d'anciens désordres, enquête auprès des populations, etc.).

2.2.2 La phase d'évaluation des aléas

Sur la base des données acquises lors de la phase informative, les différents phénomènes de type mouvements de terrain 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, dans le cas présent, le SCAN 25 de l'IGN année 2010 et la BD ORTHO de l'IGN année 2010 (Annexe 10).

3 RECHERCHES ET INVESTIGATIONS SUR SITE

3.1 Documents d'archives consultés

Afin de rassembler le maximum d'informations, des recherches d'archives ont été effectuées par le BRGM auprès des organismes suivants [1] :

- **les Archives Nationales** à Pierrefitte-sur-Seine, février 2015 ;
- **les Archives Départementales** du Bas-Rhin à Strasbourg, février 2015 ;
- **les Archives de la mairie de Grandfontaine**, février 2015 ;
- **le musée de la mine de Grandfontaine**, septembre 2015.

Par ailleurs, d'autres organismes susceptibles de posséder des archives ont été contactés :

- **le BRGM Alsace** ;
- **les archives du BRGM** à Orléans ;
- **les archives de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Alsace** à Strasbourg ;
- **les Archives municipales** de la commune de Schirmeck.

Aucune donnée informative sur le district minier de Grandfontaine n'a été retrouvée dans ces dernières archives.

3.2 Personnes et organismes rencontrés

Dans le cadre d'une recherche approfondie d'archives sur le secteur minier de Grandfontaine, les personnes suivantes ont été rencontrées [1] :

- **M. REMY Philippe**, maire de Grandfontaine ;
- **M. GEORGE**, ouvrier municipal à Grandfontaine.

3.3 Visites de site

Sur la base des informations fournies par les archives consultées, les reconnaissances de terrain ont été effectuées par le BRGM en mars 2015. Une visite de validation entre GEODERIS et le BRGM a été effectuée les 21 et 22 mai 2015.

La reconnaissance de terrain a eu pour objet :

- la localisation et le levé, au dGPS, des ouvrages débouchant au jour et autres indices miniers identifiés par la recherche documentaire ;
- l'identification, le levé et le positionnement des dépôts de surface significatifs ;

- la recherche et la localisation des désordres de surface.

À l'issue de la phase informative, une carte a été réalisée afin de présenter une synthèse d'ensemble des informations collectées (Annexe 9).

4 PHASE INFORMATIVE

4.1 Situation géographique

Le secteur d'étude se situe à une cinquantaine de kilomètres à l'ouest de Strasbourg. Les trois communes concernées forment un ensemble situé sur la partie ouest de la vallée de la Bruche, secteur qui appartient au domaine montagneux des Vosges du Nord.

Les points culminants du secteur sont, au nord, le Donon (1008 m), au centre, la Tête Mathis (838 m) et, au sud-ouest, la Tête-Pelée (856 m).

Les anciennes exploitations se situent principalement dans le secteur des Minières, à l'ouest du centre de la commune de Grandfontaine. D'autres travaux miniers sont disséminés dans des versants de la forêt de Schirmeck. Il n'y a aucuns travaux sur la commune de La Broque.

La Figure 3 présente la localisation des anciens travaux miniers sur le secteur de Grandfontaine.

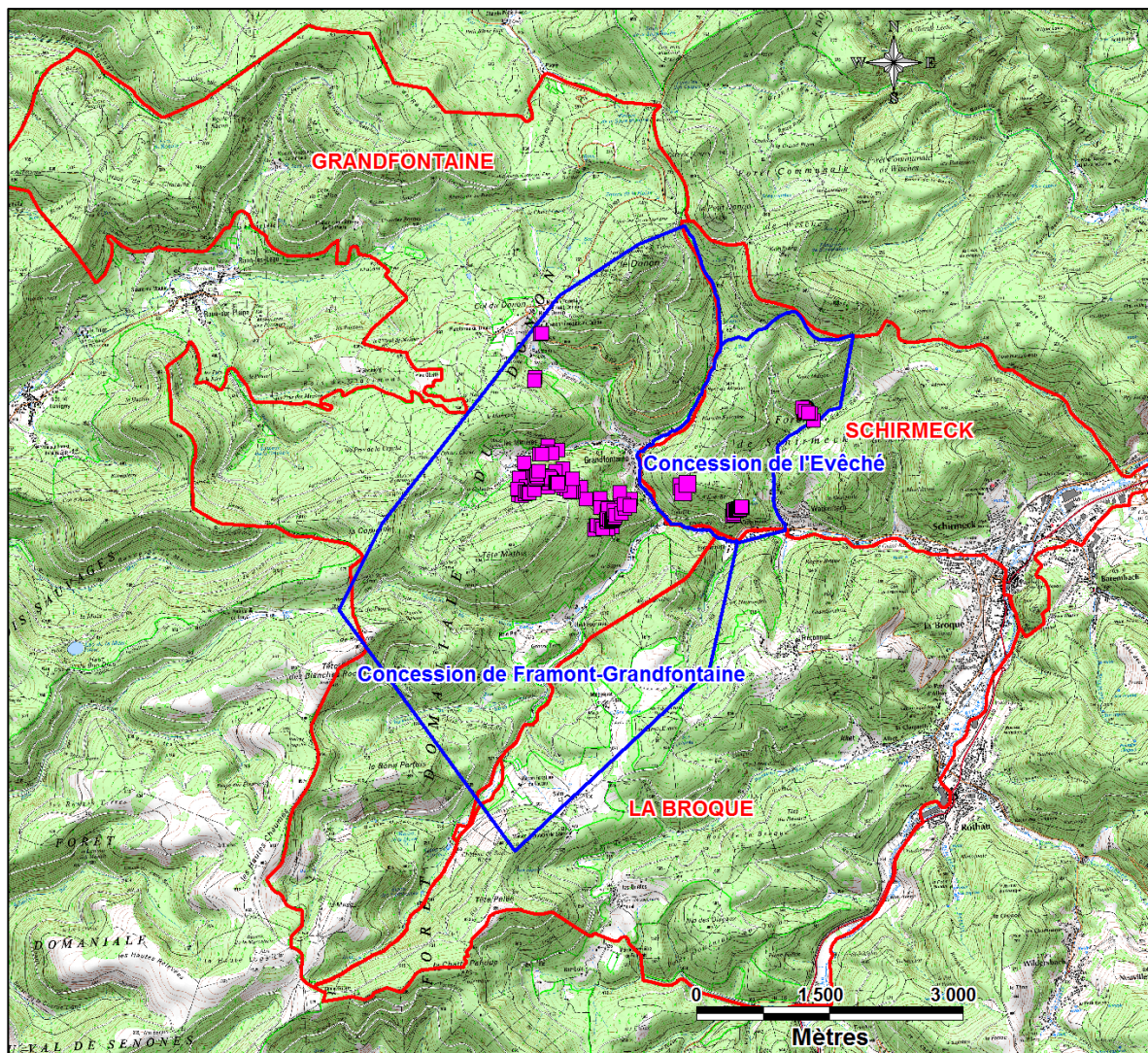


Figure 3 : Localisation des anciens travaux miniers sur le secteur minier de Grandfontaine (les carrés violets représentent les ouvrages débouchant au jour)

4.2 Contexte géologique

4.2.1 Stratigraphie

Le secteur minier de Grandfontaine est situé dans la vallée de la Bruche, dans le massif volcanique de Schirmeck (Figure 4 et Figure 5). Le volcanisme dévonien des Vosges du Nord comprend des roches acides et basiques, effusives, pyroclastiques et intrusives.

Presque tout le substrat du bassin versant de Framont est constitué de brèches volcaniques siliceuses à petits éléments de kératophyres et de quartzites, de teinte sombre, grise à gris bleuâtre. Y sont associés, d'une part, des lentilles de calcaires bréchiques et dolomitiques, plus ou moins recristallisés, se présentant en lentilles d'extension limitée et, d'autre part, le gisement de fer de Framont-Grandfontaine.

Le gisement pyrométasomatique de Grandfontaine est composé par des amas d'hématite et de pyrite qui remplacent des lentilles de calcaires et dolomies dévoniens, et surmontent une formation discontinue de skarns à grenat, hédenbergite, calcite, quartz et mouches de scheelite. Ces deux ensembles minéralisés, d'allure stratiforme, reposent sur une série

volcanique de tufs, andésites et k ratophyres, et sont surmontés par un complexe sédimentaire de schistes, brèches et grauwackes.

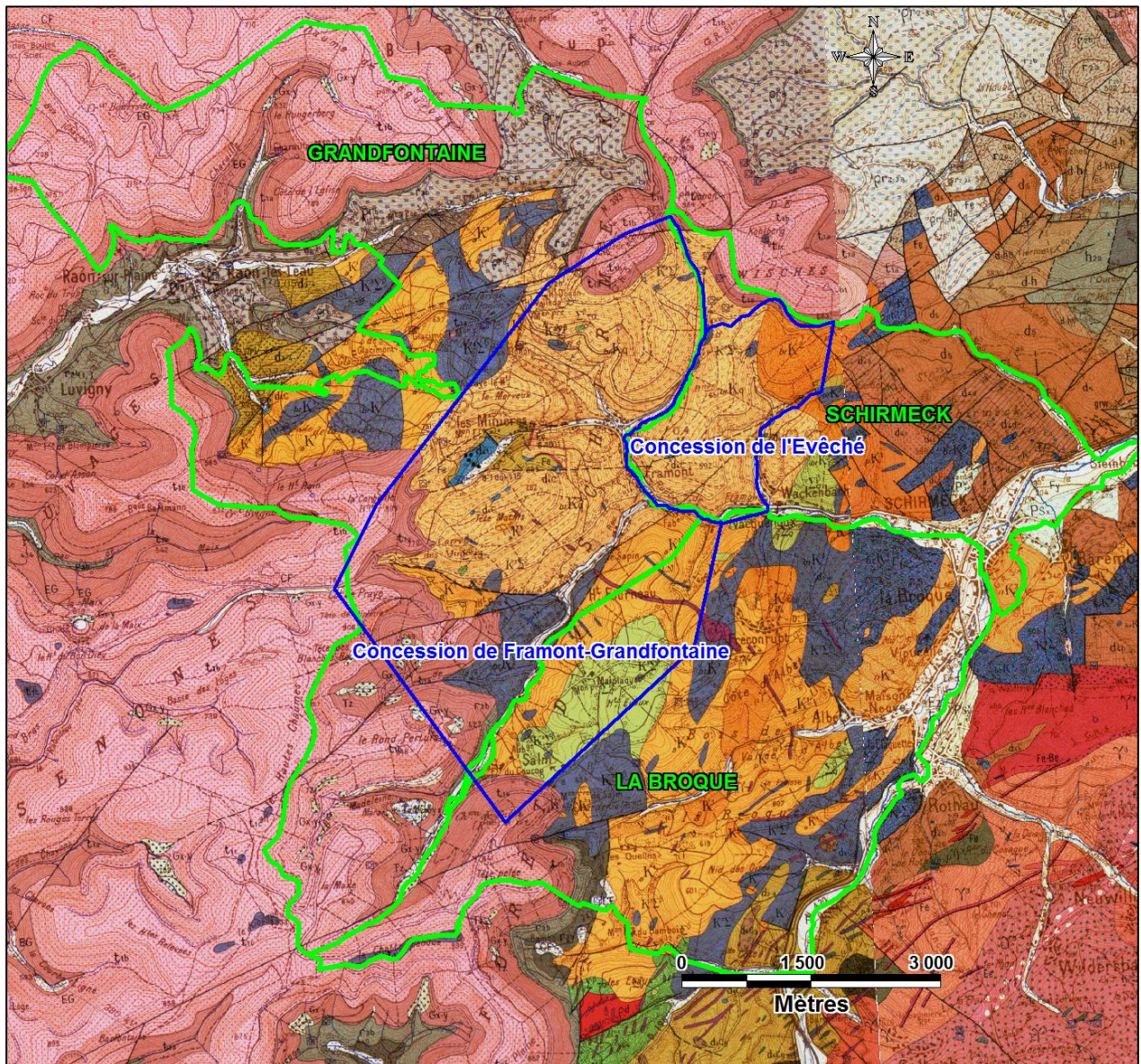


Figure 4 : Environnement géologique du secteur étudié (d'après la carte géologique au 1 / 50 000 du BRGM, feuilles n 270 de Cirey-sur-Vezouze et n 271 de Molsheim)

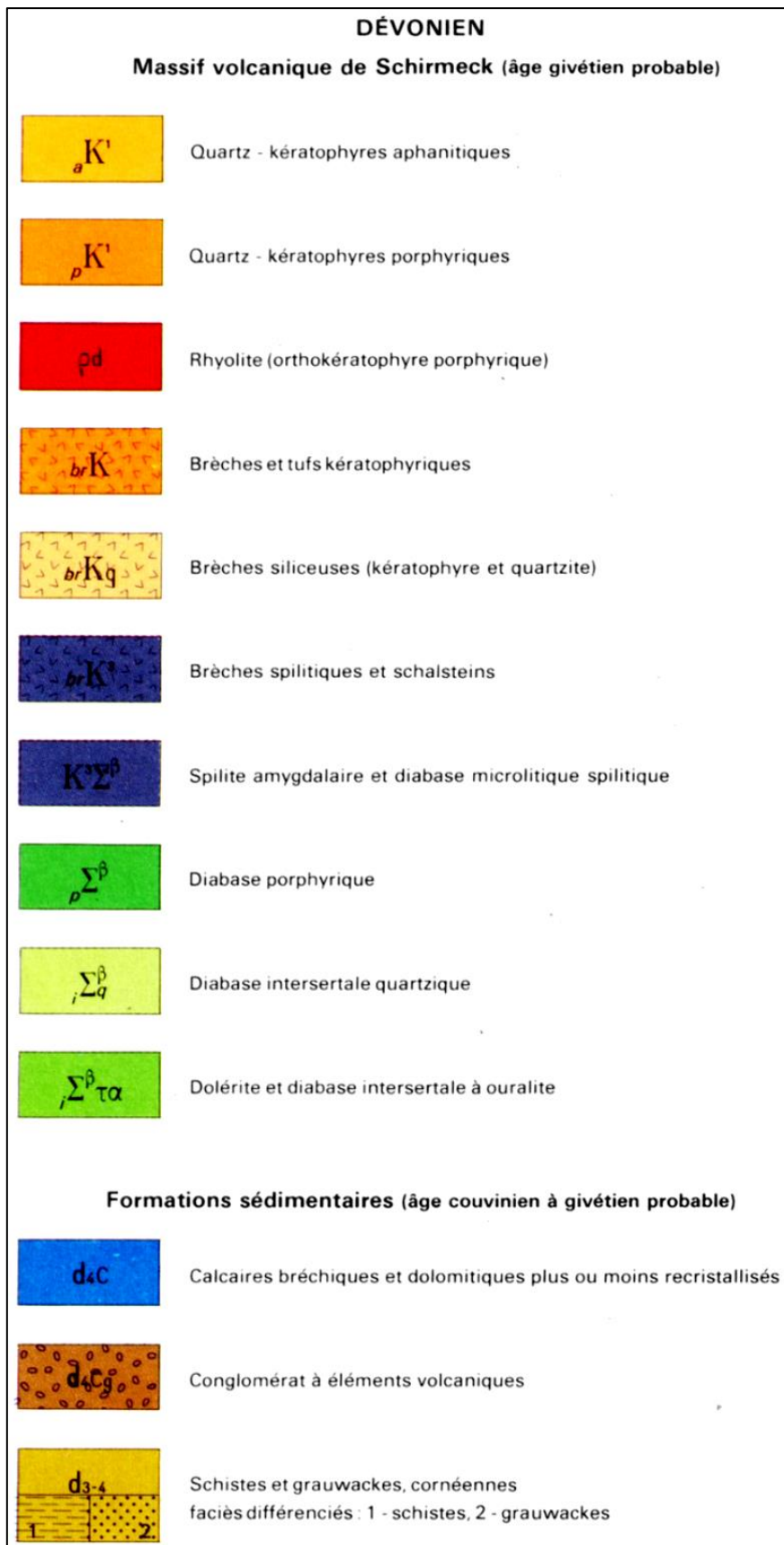


Figure 5 : Extrait de la légende de la carte géologique de Cirey-sur-Vezouze (feuille n 270)

4.2.2 Description du gisement

Le gisement de Framont-Grandfontaine, constitué de skarns d'âge givetien, est particulièrement bien décrit par Bouladon *et al.* (1964) et la notice de la carte géologique du secteur (feuille n° 270, Ménillet *et al.*, 1978).

Les skarns sont des roches issues du métamorphisme de contact des granites qui ont subi une métasomatose (enrichissement en Si, Al, Fe, etc.) et l'influence de fluides pneumatolytiques (enrichissement en Cl, F, Bo, etc.).

Les skarns de Framont-Grandfontaine proviendraient de la transformation d'un sédiment mixte volcano-sédimentaire (dont il ne subsiste aucune trace), vraisemblablement un calcaire (ou une dolomie) impur, contaminé par des éléments pyroclastiques fins remaniés. La formation principale de skarns se situe toujours stratigraphiquement au mur immédiat des calcaires ou dolomies. Ici, les skarns apparaissent en dehors de tout contact granitique ; on ignore où se trouve le granite en profondeur (il affleure 7 km plus à l'est).

L'épaisseur des amas est très variable (quelques mètres jusqu'à 30 m) et l'ensemble est plissé en une structure anticlinale d'axe E-W, limitée par deux failles. Le flanc nord de l'anticlinal constitue le quartier des Minières et le flanc sud les mines Rouge, Jaune et Grise.

On trouve des formations schisteuses au toit des mines Rouge, Jaune, Grise et Noire, la mine Metzger étant entièrement incluse dedans.

« La richesse de la masse est loin d'être uniforme. C'est ce qu'atteste l'extrême irrégularité des anciens travaux, qu'on a toujours dirigés de manière à suivre les parties les plus riches » (Elie de Beaumont, 1822).

« Les dolomies (...) au toit des skarns ont une puissance de l'ordre de 1 à 8 m (...). C'est dans le niveau dolomitique principal, situé au toit même des skarns, bien connu sur le flanc nord de l'anticlinal (La Chapelle, Les Minières) et signalé sur le flanc sud (mines Grise et Jaune) qu'apparaissent les amas d'hématite qui ont fait l'objet des exploitations anciennes (...) » (Bouladon *et al.*, 1964).

Le tungstène a été découvert, sous forme de scheelite, à Framont en 1850. Il est à l'origine de la grande renommée des aciers de Framont au XIX^{ème} siècle.

« Les skarns renferment une minéralisation primaire composée par de la scheelite, de la magnétite, de la pyrrhotite, de la chalcopyrite, de la cubanite et plus rarement de la molybdénite.

Ensuite, une phase hydrothermale, responsable du remplacement des carbonates par l'hématite et la pyrite, a provoqué également le dépôt d'une minéralisation cuprifère et bismuthifère (chalcopyrite, cuivre gris, chalcocite et bornite). On y a signalé, en outre, du cuivre natif, de la phénacite et de la bertrandite » (Ménillet *et al.*, 1978).

Les gisements annexes (Bas-Donon et Noire-Maison) sont constitués de filons à oligiste dont les directions oscillent entre N-S et NW-SE.

Au Bas-Donon, la minéralisation renferme un peu de tétraédrite et d'olivénite, à Noire-Maison, des oxydes de manganèse (pyrolusite et cryptomélane).

4.2.3 Terrains peu cohérents de surface

D'après les observations de terrain, on peut considérer que les roches encaissantes sont relativement fracturées sur les deux premiers mètres depuis la surface. L'épaisseur des terrains peu cohérents de surface sera considérée de l'ordre de 2 m.

4.3 Contextes hydrogéologique et hydrologique

Le secteur minier de Grandfontaine est traversé par de nombreux cours d'eau. Le village de Grandfontaine s'étire le long de différents ruisseaux : le ruisseau des Minières, Framont, Goutte Ferry et Grand Goutty. Le Framont se jette dans la Bruche au niveau du village de Schirmeck.

Les nappes superficielles du complexe volcano-sédimentaire dévonien constituent la principale ressource hydrogéologique de la zone étudiée. Ces nappes sont localisées dans la frange d'altération superficielle des roches du complexe volcano-sédimentaire du Dévonien et dans les secteurs particulièrement fissurés des formations mêmes. L'épaisseur de cette frange d'altération est très variable ; elle dépend de la nature de la roche, du relief et, bien entendu, de la couverture végétale.

L'importance de la nappe est ainsi directement liée à celle de l'altération : plus la formation d'altération a de puissance, plus les réserves en eau sont importantes et le débit d'exhaure régulier. Leur alimentation est essentiellement liée aux précipitations, le mur de l'aquifère étant constitué par la roche saine. Les sources qui en sont issues ont une répartition qui n'obéit à aucun critère bien établi. Elles émergent donc à toutes les altitudes. Les plus importantes d'entre elles ont été captées et alimentent en eau potable des particuliers, des fontaines publiques et des collectivités.

Le secteur des Minières, exploité en profondeur, est quasiment totalement ennoyé ; le niveau le plus superficiel est encore pénétrable, mais on constate des exhaures en sortie des deux galeries d'écoulement (G1 et G2). Les autres secteurs doivent probablement être, eux aussi, en eau. On constate encore des exhaures en sortie de plusieurs galeries (notamment le travers-banc G11).

4.4 Historique de l'activité minière

« Les premiers textes faisant allusion aux mines de fer de Framont (« ferratus mons ») remonteraient aux XII^{ème} et XIII^{ème} siècles (...). Jusqu'à la Révolution, les mines de Framont restèrent en possession de la maison de Salm (...). Les mines de l'Evêché (...) appartenaient à l'Evêque de Strasbourg (lettres patentes de 1682) (...). Pendant la Révolution (...), la propriété de l'ensemble des mines passa à la famille Champy jusqu'en 1834, date à laquelle fut constituée la Société Anonyme des Forges de Framont qui poursuivit les travaux (...) jusqu'à l'arrêt de la dernière exploitation (Les Minières) en 1866 » (Bouladon et al., 1964).

« En 1872, la concession est vendue à Saint-Gobain qui s'intéresse à la pyrite pour la production d'acide sulfurique » (P. Fluck, 1977).

« Avant 1820, les seules données précises que nous ayons sur l'extension des travaux figurent dans un procès-verbal d'estimation de 1796. À partir de 1820, nous disposons de documents précis et réguliers avec les procès-verbaux de visite annuels du Service des Mines (Archives Départementales des Vosges à Epinal).

Par la suite, signalons diverses tentatives de reprise, surtout aux Minières, à l'Evêché et à la Mine Jaune en 1873, 1915 et 1938-1943 (...), avec une exploitation limitée à la lentille pyriteuse des Minières en 1939.

[À la fin des années 1950 et au début des années 1960], en raison de la présence du tungstène signalée dans les textes, le BRGM a procédé à une étude géologique et géophysique du district, puis à une campagne de sondages et à des travaux miniers dans la vallée des Minières » (Bouladon et al., 1964).

« La société COMINCO a repris ensuite des recherches dans la région de Grandfontaine où elle a obtenu le PER de Framont le 5 mai 1981 ; ces recherches portaient (...) sur le cuivre et l'argent ; [les recherches] n'ont pas justifié de suites » (Féraud et Ménillet, 1998).

4.5 Méthodes d'exploitation

On dispose de peu de renseignements concernant les méthodes d'exploitation. Delaunay et Vuillaume (1982) donnent la description suivante des galeries des Minières :

« Les galeries sont de faible largeur : 1,2 à 2 m et, en général, voûtées. On relève peu de soutènement : outre les puits, ceux-ci sont localisés à des zones où les exploitants ont rencontré ou pressenti des instabilités. Localement : galeries plus larges que la moyenne, galeries où la stabilité du toit était douteuse, on trouve des remblaiements semblables aux hagues et bourrages des carriers ».

Concernant les autres secteurs, pour lesquels on ne trouve pas de description des travaux, les méthodes d'exploitation étaient probablement similaires au vu des indices relevés sur le terrain et du contexte géologique comparable.

D'après un procès-verbal d'estimation de 1796, la profondeur atteinte aurait été d'une quarantaine de mètres au secteur des Minières, d'une soixantaine de mètres aux mines Noire et Grise, et d'une dizaine de mètres à la Mine Rouge.

Elie de Beaumont (1822) décrit les travaux d'exploitation comme suit :

« Les travaux exécutés à Framont [il s'agit ici du secteur des Minières] sont plus étendus, plus irréguliers et avaient été jusqu'ici moins bien entendus (...). Il serait difficile de donner une idée de la disposition des travaux. On y entre par une galerie d'écoulement qui sert en même temps à l'airage et au roulage. On exploite à une grande profondeur au-dessous de cette galerie, et les eaux qui sont abondantes sont élevées par des pompes (...). On travaille tantôt au pic, tantôt à la poudre.

La mine grise est d'une exploitation beaucoup plus facile. C'est une couche inclinée de minerai, recouverte par une couche de calcaire nacré très solide. On laisse des piliers de minerai pour soutenir le toit, et on exploite le reste de la masse par banquettes et gradins ; on travaille à la poudre. On exploite en ce moment au-dessous de la galerie d'écoulement, jusqu'au niveau de laquelle on élève, à l'aide de pompes à bras, les eaux qui sont peu abondantes.

Les autres mines de Framont ne présentent rien, dans leur mode d'exploitation, qui paraisse digne de fixer l'attention.

(...) Le roulage s'exécute à l'aide de brouettes. Lorsqu'on a apporté le minerai à l'entrée de la mine, on le casse à coups de marteau (...) et on fait le triage à la main (...). On ne fait ni lavage, ni grillage ».

Bouladon et al. (1964) a fait une synthèse détaillée des travaux d'exploitation exécutés à partir de 1820, à partir des procès-verbaux de visite.

4.6 Les productions

Au cours du XIX^{ème} siècle, la production totale du district s'est élevée à une centaine de milliers de tonnes de minerai de fer, dont 90% pour les gîtes stratiformes de Framont (55% au seul gisement des Minières).

Au meilleur de l'exploitation, la production annuelle s'est élevée à 3 100 tonnes en 1843.

Par ailleurs, le secteur des Minières a fourni 7 000 tonnes de pyrite et le secteur de l'Evêché a fourni 10 000 tonnes de roches pyriteuses.

4.7 Travaux miniers

Les mines du secteur de Grandfontaine se répartissent sur deux concessions : la concession de Framont-Grandfontaine et la concession de Schirmeck.

Dans ce qui suit, les travaux miniers sont présentés par concession. Pour chaque concession, plusieurs secteurs ont été exploités.

4.7.1 Travaux de la concession de Framont-Grandfontaine

4.7.1.1 Secteur des Minières et de la Chapelle

L'affleurement se situe à la cote 575, le premier niveau à la cote 508 (« sole des Anciens »), la galerie d'écoulement à la cote 550 (ancienne galerie des Minières G2 - Figure 7), au-dessus de la galerie nouvelle (galerie des Minières G1 - Figure 6). Y sont aussi exécutés des travaux à ciel ouvert et plusieurs puits.

À partir de 1819 sont exécutés :

- le traçage de la nouvelle galerie d'écoulement à la cote 548 (G1 - Figure 6), encore utilisable en 1964 ;
- le fonçage de deux puits principaux d'extraction : le puits de l'Engin (114 m de profondeur) et le puits du Percement (96 m), qui ne débouchent pas ;
- divers puits secondaires à partir desquels sont tracés trois niveaux inférieurs aux cotes 491, 473 et 458 ;
- un dernier bure de 15 m qui atteint la cote 433 à partir du dernier niveau à la cote 448.

De 1851 à 1857, on exploite l'amas pyriteux oriental, de la cote 465 jusqu'au fond des travaux.

Les travaux sont arrêtés en 1866 après des recherches infructueuses et la reprise de quelques dépilages.

Le secteur de la Chapelle correspond au prolongement ouest du secteur des Minières. Des amas sont visibles dans la galerie de la Chapelle G4 (galerie achevée en 1833).

On note dans ce secteur la présence de l'ancienne mine des Thomas, abandonnée vers 1770.

Le secteur est repris durant la première moitié du XIX^{ème} siècle à partir des niveaux des Minières (galerie de la Fontaine) et de la Chapelle, au moyen de bures et d'un puits au jour encore discernable en 1964 (probablement le puits des Thomas P2).



Figure 6 : Photographies de l'entrée de la galerie des Minières G1
(clichés GEODERIS, 19/09/2015)



Figure 7 : Photographies de l'entrée de l'ancienne galerie des Minières G2
(clichés GEODERIS, 29/09/2015)



Figure 8 : Photographies de l'entrée et du corps de la descenderie du puits de l'Engin G3
(clichés GEODERIS, 29/09/2015)

Travaux de recherche du BRGM

Les recherches du BRGM au début des années 1960 ont exploré la zone intermédiaire entre l'entrée de la galerie de la Chapelle G4 et le puits de l'Engin.

Après une étude géologique préliminaire et une prospection électromagnétique (1953), la réouverture et l'échantillonnage d'anciens travaux (1957) et une campagne de sondages (1958), le BRGM exécute les travaux miniers suivants :

- le fonçage d'un puits de 40 m (puits BRGM P1) ;
- un travers-banc et un traçage à la cote 529 (36 m de profondeur), soit 212 m de galerie avec échantillonnage ;
- plusieurs recoupes.

Une mine à ciel-ouvert, notée MCO7 sur la carte informative, au nord du désordre D1, a été dessinée d'après un plan d'archives. Selon les témoignages des habitants, elle a été remblayée au fil des années par des riverains avec du tout-venant.

La répartition des ouvrages miniers de ce secteur est donnée par le Tableau 1.

Pingen et mines à ciel ouvert		Nombre	1
		Noms	MCO7
Ouvrages débouchant au jour (ODJ)	Galeries	Nombre	4
		Noms	G1 à G4
	Puits	Nombre	2
		Noms	P1 et P2
Dépôts		Nombre	0
		Noms	-
Désordres		Nombre	1
		Noms	D1

Tableau 1 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur des Minières - La Chapelle

4.7.1.2 Secteur de la Mine Grise

Jusqu'au XIX^{ème} siècle, elle est exploitée à ciel ouvert (cote 680) et à partir de la galerie d'écoulement supérieure (galerie supérieure de la Mine Grise G6, cote 650) jusqu'à 60 m de profondeur. Cette mine à ciel ouvert, d'une longueur de 150 m, d'une largeur de 50 m et d'une profondeur d'environ 10 m, est notée MCO1 sur la carte informative.

La galerie inférieure de la Mine Grise G5 (cote 590) est achevée en 1819. L'exploitation atteint alors la cote 565 (galerie et puits intérieurs Clément). Elle porta jusqu'en 1844 sur le fer (production moyenne annuelle d'une centaine de tonnes, production maximale de 550 tonnes en 1825) puis, de 1851 à 1857, sur une zone pyriteuse d'une trentaine de mètres de hauteur située au mur.

De 1837 à 1844, on exploitait, dans le mur de l'ancien ciel ouvert de la Mine Grise du Haut, des zones plus ou moins ferrugineuses (« Soudières » ou « Mine Grise du Haut ») par un puits P3 et galeries. La production moyenne annuelle est de 200 tonnes environ, donnant de 30% à 36% de fonte.

L'amas exploité à la Mine Grise avait 5 à 8 m de puissance moyenne, orienté E.SE et plongeant à 65° vers le sud, entre un mur de grenatite ou de kératophyre et un toit de dolomie. Cet amas s'épaississait jusqu'à 15 m en profondeur.

La production totale au XIX^{ème} siècle étant de l'ordre de 5000 tonnes de minerai de fer et quelques centaines de tonnes de pyrite seulement, on peut supposer à l'amas de la Mine Grise une importance totale de quelques dizaines de milliers de tonnes au maximum.

La Figure 9 représente les travaux miniers du secteur de la Mine Grise.

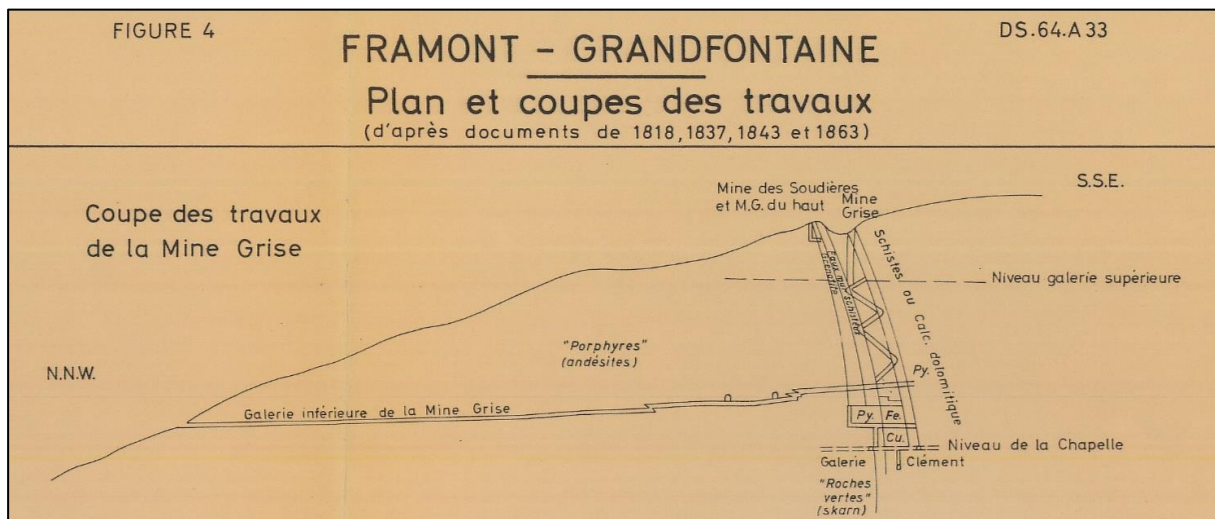


Figure 9 : Coupe des travaux de la Mine Grise (plan 21 bis - Annexe 2)

Il y a ensuite eu plusieurs tentatives de reprise par la galerie de la Chapelle en 1863, 1872 et pendant la Première Guerre mondiale. La réouverture de la galerie de la Chapelle en 1961 n'a pas permis d'examiner les fonds de la Mine Grise en raison d'un éboulement trop important situé entre 250 m et 300 m de l'entrée.

Quatorze pingens ont été retrouvés sur le terrain.

La répartition des ouvrages miniers de ce secteur est donnée par le Tableau 2.

Pingen et mines à ciel ouvert		Nombre	15
		Noms	Pg11 à Pg24 et MCO1
Ouvrages débouchant au jour (ODJ)	Galleries	Nombre	2
		Noms	G5 et G6
	Puits	Nombre	1
		Noms	P3
Dépôts		Nombre	2
		Noms	T3 et T4
Désordres		Nombre	2
		Noms	D2 et D5

Tableau 2 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur de la Mine Grise

4.7.1.3 Secteur de la Mine Noire

Avant le XIX^{ème} siècle, elle est exploitée à ciel ouvert sur 60 m de profondeur (cote 675) avec deux galeries d'écoulement (galerie supérieure de la Mine Noire G8 à la cote 650 et galerie inférieure de la Mine Noire G7 à la cote 625). Cette mine à ciel ouvert, d'une longueur de 150 m, d'une largeur de 50 m et d'une profondeur d'environ 10 m, est notée MCO2 sur la carte informative.

Les deux galeries sont reprises en 1820, pour l'exploitation jusqu'en 1863. C'est surtout à partir de ces deux niveaux que l'exploitation a été menée jusque vers 1863. La production

annuelle moyenne est de l'ordre de 250 tonnes de fer, avec un maximum de 500 tonnes en 1828.

En 1835 est percée la dérivation « Schroeder » depuis la galerie de la Chapelle pour explorer l'aval de la Mine Noire, à environ 50 m sous la galerie inférieure (~ cote 575), sans résultat.

De 1841 à 1844, les abords du ciel ouvert sont explorés par la galerie de la Mine Noire du Haut. Cette dernière n'a pas pu être représentée au niveau de la carte informative du fait de l'absence de plans la positionnant et de l'absence d'indices sur le terrain. Elle sera néanmoins englobée dans l'enveloppe des travaux souterrains.

La Figure 10 représente les travaux miniers du secteur de la Mine Noire.

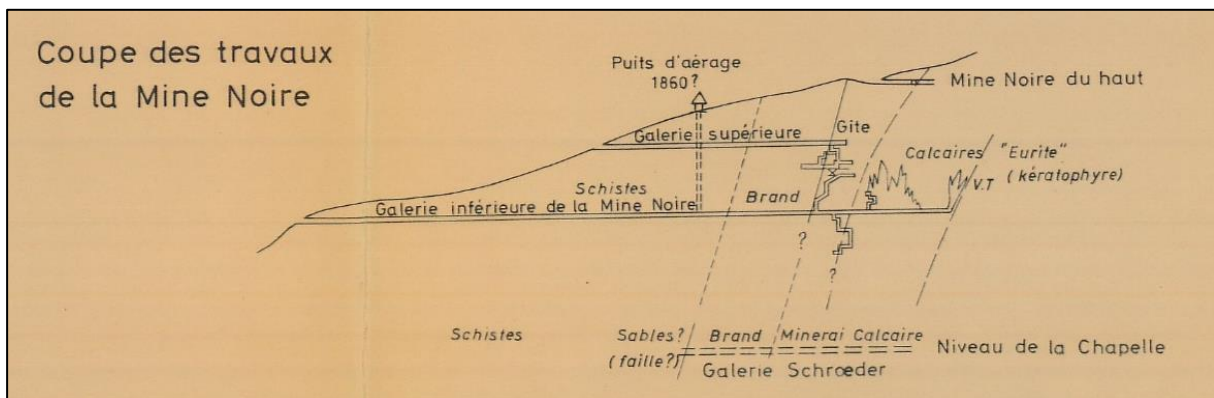


Figure 10 : Coupe des travaux de la Mine Noire (plan 21 bis - Annexe 2)

Dix pingens ont été retrouvés sur le terrain.

La répartition des ouvrages miniers de ce secteur est donnée par le Tableau 3.

Pingen et mines à ciel ouvert		Nombre	11
		Noms	Pg1 à Pg10 et MCO2
Ouvrages débouchant au jour (ODJ)	Galleries	Nombre	2
		Noms	G7 et G8
	Puits	Nombre	0
		Noms	-
Dépôts		Nombre	2
		Noms	T1 et T2
Désordres		Nombre	2
		Noms	D3 et D4

Tableau 3 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur de la Mine Noire

4.7.1.4 Secteur de la Mine de Metzger

La Mine de Metzger est exploitée de 1819 à 1829 ; l'excavation est aujourd'hui à peine visible. Cette mine à ciel ouvert est notée MCO3 sur la carte informative et est positionnée d'après les archives qui la situent 120 m à l'est de la Mine Noire et 140 m au sud de la Mine Grise. Son emprise est celle mentionnée sur le plan 22 : une longueur de 60 m pour une largeur de 30 m environ.

Elle était reliée à la Mine Noire par une galerie est-ouest « creusée dans le filon ».

La répartition des ouvrages miniers de ce secteur est donnée par le Tableau 4.

Pingen et mines à ciel ouvert		Nombre	1
		Noms	MCO3
Ouvrages débouchant au jour (ODJ)	Galeries	Nombre	1
		Noms	G9
	Puits	Nombre	0
		Noms	-
Dépôts		Nombre	0
		Noms	-
Désordres		Nombre	0
		Noms	-

Tableau 4 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur de la Mine de Metzger

4.7.1.5 Secteur de la Mine des Engins

Abandonnés vers 1770, les travaux ont été repris en 1838 dans la partie supérieure, dite « Mine du Sapin », après réouverture de l'ancienne galerie d'écoulement. Pendant trois ans, ces travaux ont produit un millier de tonnes de minerai seulement. Cette mine à ciel ouvert (Figure 11), d'une longueur de 120 m, d'une largeur de 50 m et d'une profondeur d'environ 15 m, est notée MCO4 sur la carte informative.



Figure 11 : Photographie de la mine à ciel ouvert de la Mine des Engins MCO4 (clichés GEODERIS, 30/09/2015)

La section de spéléologie minière du CAES du CNRS, le 11 avril 1976, a ouvert et boisé l'entrée du travers-banc de la Mine des Engins. Cette galerie s'avère très sinueuse. Un éboulement survient à 127 m de l'entrée, à l'endroit où la galerie atteint le gîte. Ce travers-banc de la Mine des Engins (Figure 12) est noté G10 au niveau de la carte informative.



Figure 12 : Photographie de l'entrée du travers-banc de la Mine des Engins G10 (cliché GEODERIS, 30/09/2015)

La Figure 13 montre le tracé de ce travers-banc levé par Pierre FLUCK³.

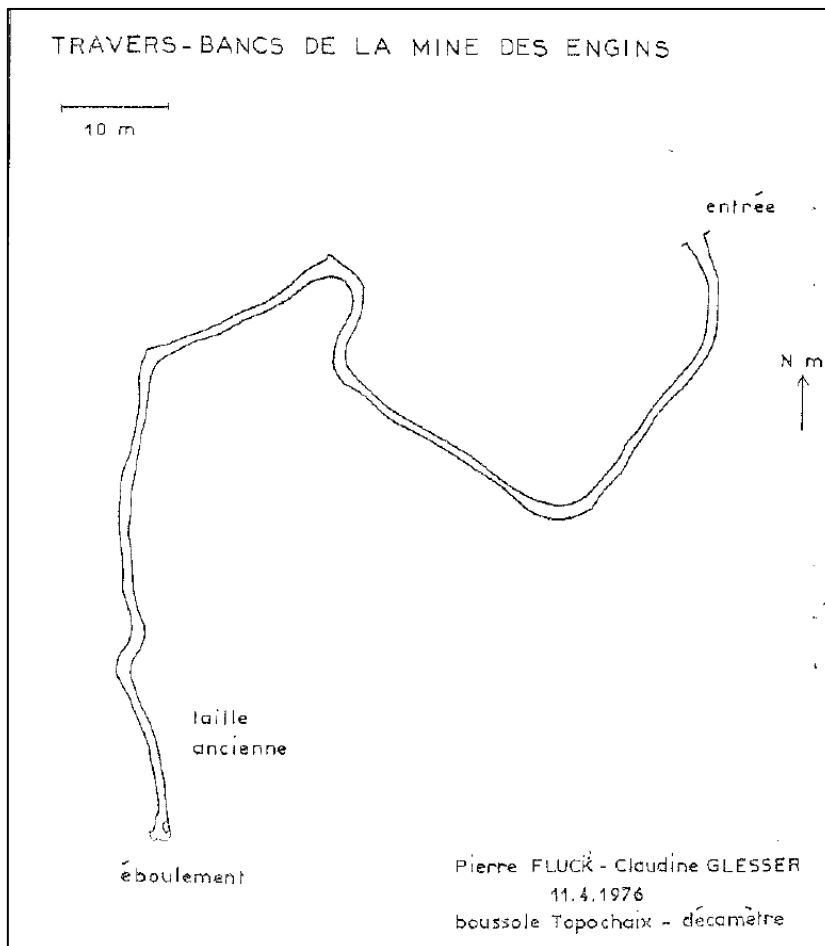


Figure 13 : Tracé du travers-banc de la Mine des Engins - Pierre FLUCK, 11/04/1976

³ Membre de l'Institut Universitaire de France. Université Mulhouse-Colmar de Haute-Alsace.

Lors de la visite de terrain, un puits d'aération, noté P4 sur la carte informative, a été retrouvé (Figure 15). Il pourrait s'agir du puits des Engins mentionné sur une coupe (Figure 14), coupe tirée du plan 21 bis de l'annexe 2. Ce puits serait relié aux travaux souterrains de la Mine des Engins. Vu la topographie du site et la position du travers-banc de la Mine des Engins, ce puits devait avoir une profondeur comprise entre 20 m et 30 m.

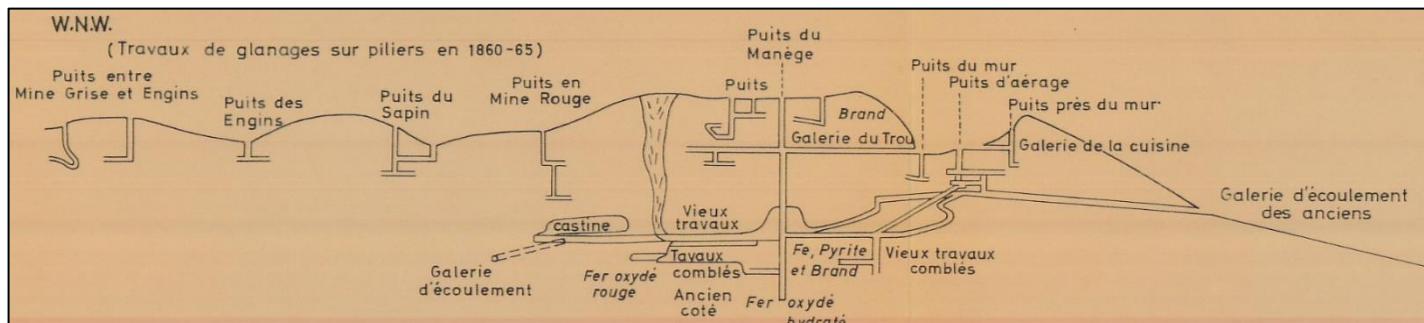


Figure 14 : Coupe des travaux de glanage sur piliers dans les secteurs des Mines Grise, des Engins, Rouge et Jaune (plan 21 bis - Annexe 2)



Figure 15 : Photographie du puits d'aération situé à proximité de la Mine des Engins (cliché GEODERIS, 30/09/2015)

Onze pinges ont été retrouvés sur le terrain.

La répartition des ouvrages miniers de ce secteur est donnée par le Tableau 5.

Pingen et mines à ciel ouvert		Nombre	12
		Noms	Pg25 à Pg35 et MCO4
Ouvrages débouchant au jour (ODJ)	Galeries	Nombre	1
		Noms	G10
	Puits	Nombre	1
		Noms	P4
Dépôts		Nombre	3
		Noms	T5, T6 et T9
Désordres		Nombre	0
		Noms	-

Tableau 5 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur de la Mine des Engins

4.7.1.6 Secteur de la Mine du Sapin

Le plan 21 bis de l'annexe 2 montre la position d'une mine, la mine du Sapin (Figure 16). Elle se situe entre la mine à ciel ouvert de la Mine des Engins (MCO4) et la mine à ciel ouvert de la Mine Rouge (MCO5).

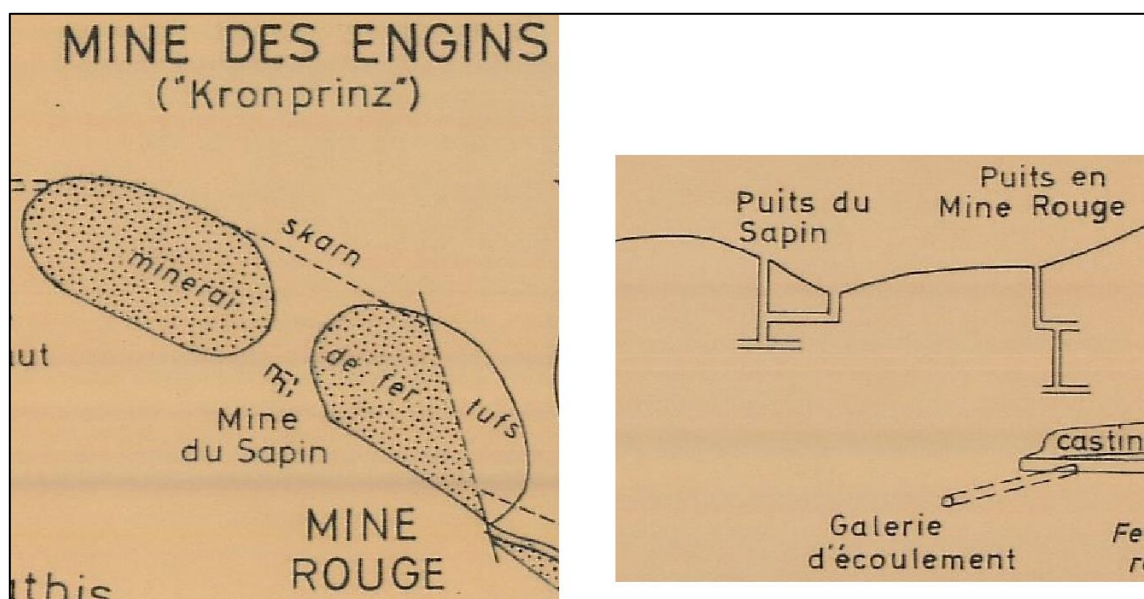


Figure 16 : Coupe et position des travaux de la Mine du Sapin sur le plan 21 bis de l'annexe 2

Connaissant la position de ces deux mines à ciel ouvert, vu le plan 21 bis de l'annexe 2, et en l'absence d'autres informations concernant cette Mine du Sapin, une zone tampon de 50 m de diamètre est représentée sur la carte informative pour prendre en compte les deux puits et les travaux souterrains.

4.7.1.7 Secteur de la Mine Rouge

Il s'agit de travaux plus anciens et plus superficiels que les autres mines de cet alignement, abandonnés vers 1790. Le minerai principal était l'hématite rouge.

Cette mine à ciel ouvert (Figure 17), d'une longueur de 80 m, d'une largeur de 25 m et d'une profondeur d'environ 15 m, est notée MCO5 sur la carte informative.



Figure 17 : Photographies de la mine à ciel ouvert de la Mine Rouge MCO5
(clichés GEODERIS, 30/09/2015)

Les travaux entre 1835 et 1845 ont porté sur la lentille dolomitique découverte en profondeur entre les mines Rouge et Jaune ; ils ont été réalisés à partir du puits du Manège et de la Mine Jaune. Une galerie de 44 m de long desservait, au niveau principal (- 65 m en cote relative), une chambre d'exploitation de 5000 m³ dans la « castine⁴ ». Un petit massif de minerai de fer a été exploité à partir du travers-banc d'écoulement de la Mine Jaune.

Le plan 21 bis de l'annexe 2 montre la position d'un puits, Puits en Mine Rouge (Figure 16). Cependant, aucun plan ne permet de le placer.

La répartition des ouvrages miniers de ce secteur est donnée par le Tableau 6.

Pingen et mines à ciel ouvert		Nombre	2
		Noms	Pg36 et MCO5
Ouvrages débouchant au jour (ODJ)	Galeries	Nombre	0
		Noms	-
	Puits	Nombre	0
		Noms	-
Dépôts		Nombre	2
		Noms	T7 et T8
Désordres		Nombre	0
		Noms	-

Tableau 6 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur de la Mine Rouge

4.7.1.8 Secteur de la Mine Jaune

L'exploitation antérieure au XIX^{ème} siècle s'appuyait sur :

- la mine à ciel ouvert, notée MCO6 sur la carte informative (Figure 19) ;
- la galerie des Anciens (cote 670), notée G14 sur la carte informative ;
- le travers-banc d'écoulement de la Mine Jaune (cote 650), noté G11 sur la carte informative (Figure 18) ;

⁴ Pierre calcaire utilisée en fonderie de fonte comme fondant et épurateur pour le minerai de fer.

- le puits du Manège, noté P5 sur la carte informative, puits de 80 m de profondeur atteignant la cote 610 m.

Au cours du XIX^{ème} siècle et jusqu'en 1834, les principaux travaux se sont cantonnés dans la partie inférieure de la mine, entre les cotes 650 et 610. La production annuelle était de l'ordre du millier de tonnes.

La Mine Jaune produisait essentiellement de l'hématite brune à 40-43% de fer. Selon Müller (1905), l'amas exploité atteignait 140 m de long avec 7 m de puissance moyenne.



*Figure 18 : Photographies du travers-banc d'écoulement de la Mine Jaune G11
(clichés GEODERIS, 30/09/2015)*



*Figure 19 : Photographie de la mine à ciel ouvert de la Mine Jaune MCO6
(clichés GEODERIS, 30/09/2015)*

La répartition des ouvrages miniers de ce secteur est donnée par le Tableau 7.

Pingen et mines à ciel ouvert		Nombre	2
		Noms	Pg37 et MCO6
Ouvrages débouchant au jour (ODJ)	Galeries	Nombre	4
		Noms	G11 à G14
	Puits	Nombre	1
		Noms	P5
Dépôts		Nombre	5
		Noms	T10 à T14
Désordres		Nombre	0
		Noms	-

Tableau 7 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur de la Mine Jaune

4.7.1.9 Secteur de la Mine du Curé

À l'est de la Mine Jaune, des recherches ont été réalisées par le moyen de deux galeries, d'orientation générale est-ouest :

- la galerie inférieure ou « Mine du Curé », autrefois appelée Galerie de Terlingoutte. Cette galerie a été creusée de 1832 à 1855 et reprise par les allemands pendant la guerre de 1914-1918. Cette galerie est aujourd'hui obstruée par un éboulement et en partie noyée ;
- la galerie supérieure ou « Recherche du Curé », dont l'entrée est située à 150 m au nord-ouest de la précédente, se trouve à la cote 600 (Figure 20). Elle semble être exécutée en 1940 pour accéder à la Mine du Curé en évitant les éboulements de l'entrée.

Deux puits, notés P6 et P7 sur la carte informative, d'une profondeur respective de 10 m et 54 m, avaient un rôle d'aérage. Ils sont représentés sur le plan 21 bis de l'annexe 2. Ils n'ont pas été retrouvés sur le terrain.



Figure 20 : Photographie de la galerie éboulée en tête de la « Recherche du Curé » G15 (cliché GEODERIS, 29/09/2015)

La répartition des ouvrages miniers de ce secteur est donnée par le Tableau 8.

Pingen et mines à ciel ouvert		Nombre	1
		Noms	Pg38
Ouvrages débouchant au jour (ODJ)	Galeries	Nombre	2
		Noms	G15 et G16
	Puits	Nombre	2
		Noms	P6 et P7
Dépôts		Nombre	2
		Noms	T16 et T17
Désordres		Nombre	0
		Noms	-

Tableau 8 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur de la Mine du Curé

4.7.1.10 Secteur des « Mines sans nom »

Il s'agit d'un secteur situé 200 m au sud du secteur de la Mine du Curé. Ce secteur a fait l'objet de recherches. On ne retrouve pas de plans ou d'archives mentionnant la longueur de ces travaux ; seuls les plans de P. FLUCK positionnent ces entrées de galeries et dépôts (plans 30, 31 et 32 de l'annexe 2).

Une galerie de recherche, notée G17 sur la carte informative, et son ouvrage de dépôt T18 ont été levés (Figure 21).



Figure 21 : Galerie de recherche G17 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T18
(clichés GEODERIS, 30/09/2015)

Une galerie de recherche, notée G18 sur la carte informative, et son ouvrage de dépôt T19 ont été levés (Figure 22).



Figure 22 : Galerie de recherche G18 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T19
(clichés GEODERIS, 30/09/2015)

Une galerie de recherche, notée G19 sur la carte informative, et son ouvrage de dépôt T20 ont été levés (Figure 23).



*Figure 23 : Galerie de recherche G19 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T20
(clichés GEODERIS, 30/09/2015)*

Une galerie de recherche, notée G20 sur la carte informative, et son ouvrage de dépôt T21 ont été levés (Figure 24).



*Figure 24 : Galerie de recherche G20 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T21
(clichés GEODERIS, 30/09/2015)*

Une galerie de recherche, notée G21 sur la carte informative, et son ouvrage de dépôt T22 ont été levés (Figure 25).



*Figure 25 : Galerie de recherche G21 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T22
(clichés GEODERIS, 30/09/2015)*

Une galerie de recherche, notée G22 sur la carte informative, et son ouvrage de dépôt T23 ont été levés (Figure 26). Trois désordres de type fontis, notés D6, D7 et D8 sur la carte informative, ont été repérés en amont de cette galerie. Leurs photographies sont disponibles à l'annexe 3. Une enveloppe des travaux souterrains supposés est donc tracée, ces fontis étant le signe de la présence d'une galerie.



*Figure 26 : Galerie de recherche G22 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T23
(clichés GEODERIS, 30/09/2015)*

Dans ce secteur, une dernière galerie de recherche, notée G23 sur la carte informative, et son ouvrage de dépôt T24 ont été levés (Figure 27).



Figure 27 : Galerie de recherche G23 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T24 (cliché GEODERIS, 30/09/2015)

La répartition des ouvrages miniers de ce secteur est donnée par le Tableau 9.

Pingen et mines à ciel ouvert		Nombre	4
		Noms	Pg39 à Pg42
Ouvrages débouchant au jour (ODJ)	Galeries	Nombre	7
		Noms	G17 à G23
	Puits	Nombre	0
		Noms	-
Dépôts		Nombre	7
		Noms	T18 à T24
Désordres		Nombre	3
		Noms	D6 à D8

Tableau 9 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur des « Mines sans nom »

4.7.1.11 Secteur « Mines de Derlingoutte »

Il s'agit d'un secteur situé à l'est du secteur de la Mine du Curé. Ce secteur a fait l'objet de recherches. On ne retrouve pas de plans ou d'archives mentionnant la longueur de ces travaux ; seuls les plans de P. FLUCK positionnent ces entrées de galeries et dépôts (plans 30, 31 et 32 de l'annexe 2).

Une galerie de recherche, notée G24 sur la carte informative, et son ouvrage de dépôt T25 ont été levés (Figure 28).



*Figure 28 : Galerie de recherche G24 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T25
(clichés GEODERIS, 30/09/2015)*

Une galerie de recherche, notée G25 sur la carte informative, et son ouvrage de dépôt T26 ont été levés (Figure 29).



*Figure 29 : Galerie de recherche G25 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T26
(cliché GEODERIS, 30/09/2015)*

Une galerie de recherche, notée G26 sur la carte informative, et son ouvrage de dépôt T27 ont été levés (Figure 30).



*Figure 30 : Galerie de recherche G26 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T27
(clichés GEODERIS, 30/09/2015)*

Une galerie semi-ouverte a été repérée sur le terrain. Sa tête présente les dimensions suivantes : 40 cm de hauteur pour 60 cm de largeur. Le corps de la galerie, visible sur une dizaine de mètres, est très fracturé. Un ouvrage de dépôt, nommé T28, associé à cette galerie a été levé.



Figure 31 : Galerie de recherche G27 semi-ouverte et son corps
(clichés GEODERIS, 30/09/2015)

Une galerie de recherche, notée G28 sur la carte informative, et deux ouvrages de dépôt, T29 et T30, ont été levés.

La répartition des ouvrages miniers de ce secteur est donnée par le Tableau 10.

Pingen et mines à ciel ouvert		Nombre	19
		Noms	Pg43 à Pg61
Ouvrages débouchant au jour (ODJ)	Galeries	Nombre	5
		Noms	G24 à G28
	Puits	Nombre	0
		Noms	-
Dépôts		Nombre	6
		Noms	T25 à T30
Désordres		Nombre	0
		Noms	-

Tableau 10 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur des « Mines de Derlingoutte »

4.7.1.12 Secteur « Mine du Bas-Donon »

Les travaux du Bas-Donon ont consisté à l'exécution de :

- deux galeries de recherche, G29 et G30, à proximité de la RN 689 ;
- deux galeries, G31 et G32, en 1849, au sud de la maison forestière. Seule la galerie G31 éboulée en tête et son dépôt T33 ont été retrouvés (Figure 34). La galerie G32 est positionnée sur la carte informative d'après le plan de la Figure 35.

Une galerie de recherche, notée G29 sur la carte informative, et son ouvrage de dépôt T31 ont été levés (Figure 32). Une seconde galerie de recherche, notée G30 sur la carte informative, et son ouvrage de dépôt T32 ont été levés (Figure 33).



*Figure 32 : Galerie de recherche G29 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T31
(clichés GEODERIS, 16/09/2015)*



*Figure 33 : Galerie de recherche G30 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T32
(clichés GEODERIS, 16/09/2015)*



*Figure 34 : Galerie G31 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T33
(cliché GEODERIS, 16/09/2015)*

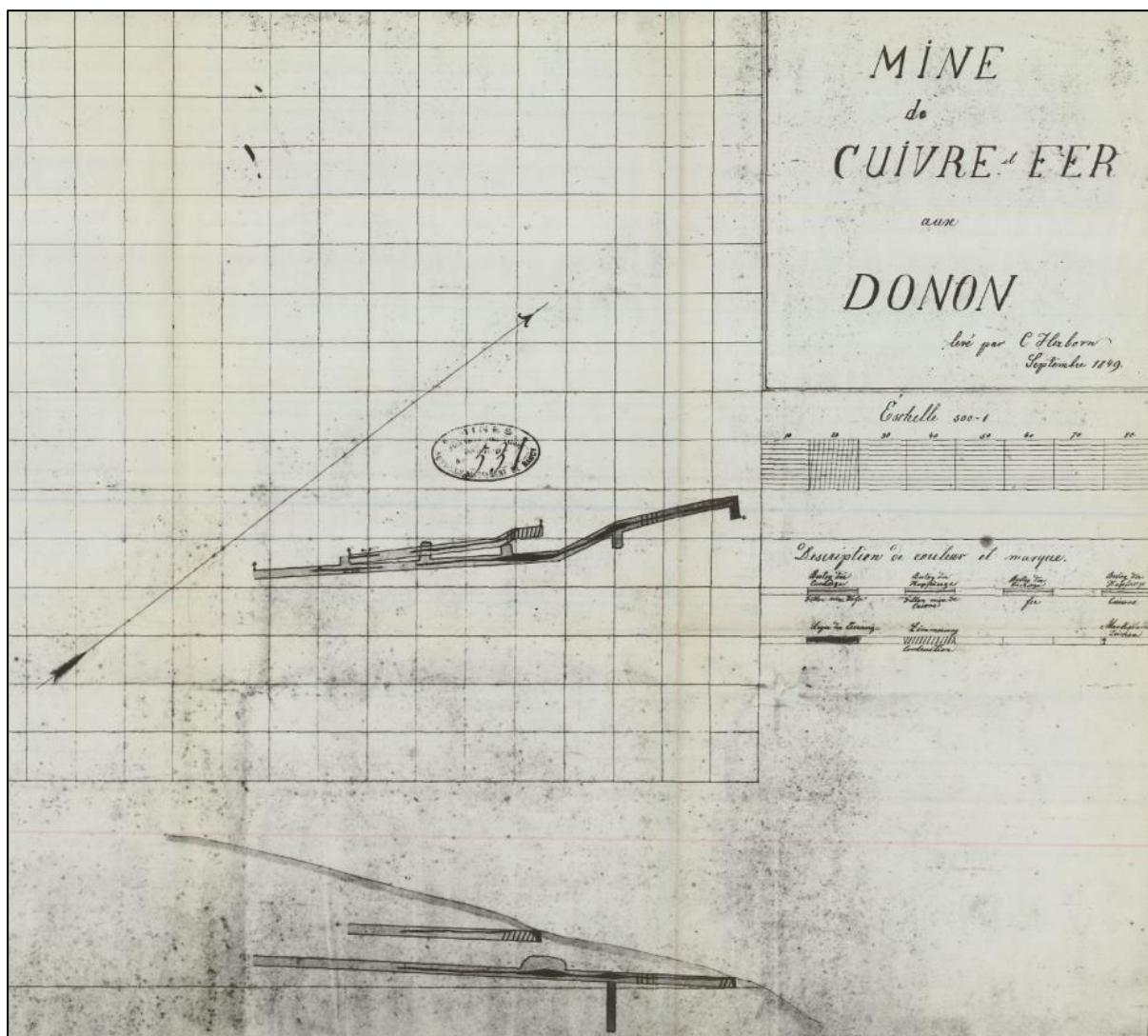


Figure 35 : Plan et coupe de la mine de cuivre et fer du Donon (Herborn, septembre 1849)

La répartition des ouvrages miniers de ce secteur est donnée par le Tableau 11.

Pingen et mines à ciel ouvert		Nombre	0
		Noms	-
Ouvrages débouchant au jour (ODJ)	Galleries	Nombre	4
		Noms	G29 à G32
	Puits	Nombre	0
		Noms	-
Dépôts		Nombre	3
		Noms	T31 à T33
Désordres		Nombre	0
		Noms	-

Tableau 11 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur « Mine du Bas-Donon »

4.7.2 Travaux de la concession de Schirmeck

Les travaux miniers sur la concession de Schirmeck se répartissent en deux sites :

- la Mine de l'Evêché ;
- la Mine de Noire-Maison.

4.7.2.1 Secteur de la « Mine de l'Evêché »

Ce secteur minier est situé sur le mont Evêché, à 1 km à l'est des travaux miniers du secteur du Curé. Cette mine de l'Evêché est exploitée depuis la fin du XVII^{ème} siècle (lettres patentes de 1682) par une galerie de 450 m de long avec dix extensions.

Elle est reprise de 1824 à 1827 au moyen de trois galeries superposées, mais le gisement est épuisé. Elle est à nouveau reprise en 1851 par la Société des Mines de Framont pour l'exploitation de la pyrite. Ces travaux annexes reconnurent un tonnage de 10000 tonnes de roches pyriteuses, dont 3000 auraient été extraites en 1869.

Les deux niveaux inférieurs sont rouverts au cours des deux guerres mondiales, sans autres travaux. Il s'agit de :

- la galerie inférieure, notée G33 sur la carte informative (Figure 36) ;
- la galerie supérieure, notée G34 sur la carte informative (Figure 37).

Elles ont été à nouveau rouvertes par le BRGM en 1957 pour échantillonnage, trois sondages ont également été réalisés avec des résultats négatifs.

Lors de la montée du chemin forestier qui mène à ce secteur, une zone de pingon a été observée. Il s'agit de pingon dont le diamètre n'excède pas 5 m et la profondeur n'excède pas 2 m.



Figure 36 : Galerie inférieure de l'Evêché G33 ouverte et son ouvrage de dépôt T34
(clichés GEODERIS, 29/09/2015)



Figure 37 : Galerie supérieure de l'Evêché G34 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T35 (clichés GEODERIS, 29/09/2015)

Un dépôt a été levé (Figure 38) ; il se situe bien au-dessus du niveau des galeries G33 et G34. Il correspondrait à la halde de la troisième galerie mentionnée dans les archives mais non retrouvée sur le terrain. Cette troisième galerie, notée G35 sur la carte informative, sera positionnée en amont de ce dépôt, avec une incertitude de localisation de 20 m.



Figure 38 : Halde T36 associée à la galerie G35 non retrouvée sur le terrain (cliché GEODERIS, 29/09/2015)

La répartition des ouvrages miniers de ce secteur est donnée par le Tableau 12.

Pingen et mines à ciel ouvert		Nombre	24
		Noms	Pg62 à Pg85
Ouvrages débouchant au jour (ODJ)	Galeries	Nombre	3
		Noms	G33 à G35
	Puits	Nombre	0
		Noms	-
Dépôts		Nombre	3
		Noms	T34 à T36
Désordres		Nombre	0
		Noms	-

Tableau 12 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur « Mine de l'Evêché »

4.7.2.2 Secteur de Noire-Maison

Ce secteur a été exploité à l'aide de trois galeries, comme le montre la Figure 39 ci-dessous. Les travaux sont mentionnés sans indication de dates ni de production. Les trois entrées de galeries retrouvées sur le terrain coïncident parfaitement avec le plan 29 (Annexe 2).

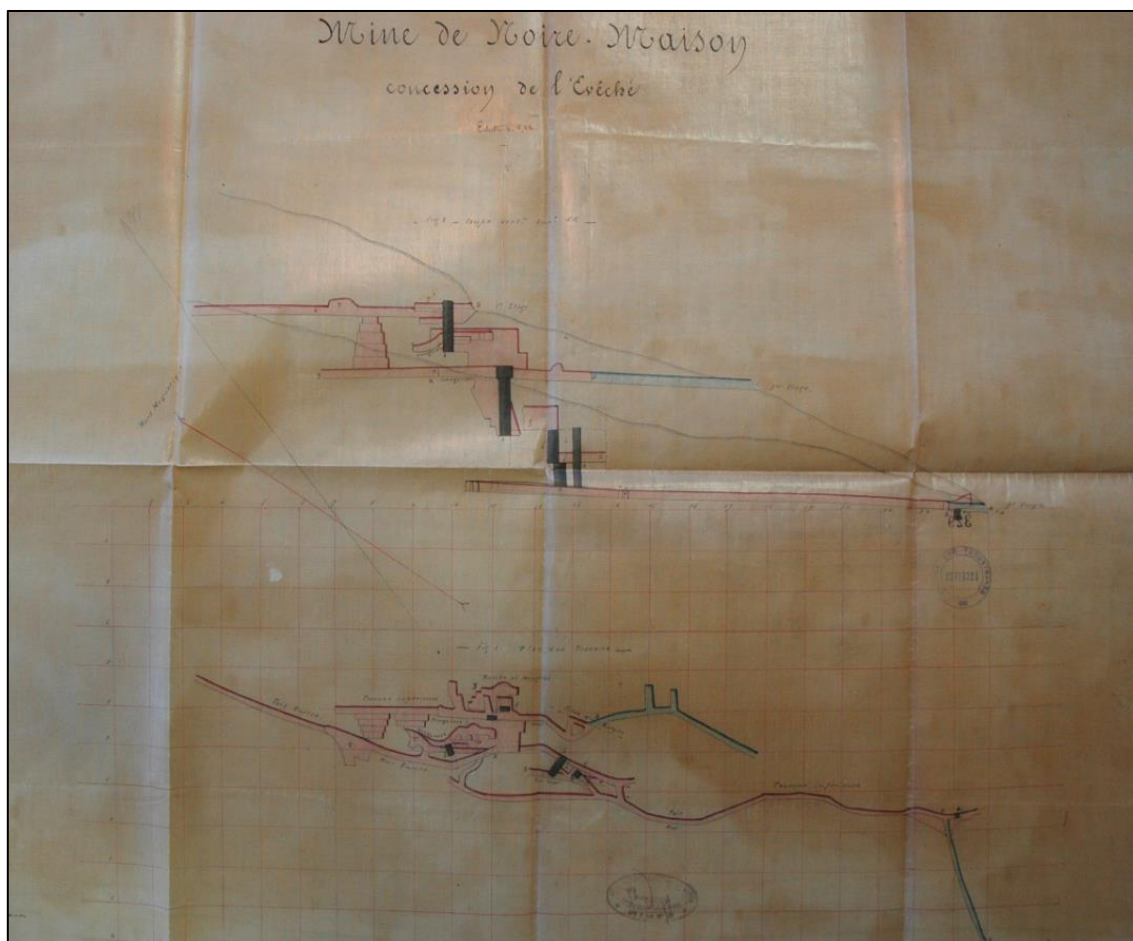


Figure 39 : Plan et coupe de la Mine de Noire-Maison - 1859

Sur le terrain, il a été repéré :

- la galerie du troisième niveau, notée G36 sur la carte informative, qui est éboulée en tête. Associé à cette galerie, un ouvrage de dépôt T37, de 30 m de large, 10 m de long et 4-5 m de haut (Figure 40) ;

- la galerie du deuxième niveau, notée G37 sur la carte informative, qui est éboulée en tête. Associé à cette galerie, un ouvrage de dépôt T38 (Figure 41) ;
- la galerie du premier niveau, notée G38 sur la carte informative, qui est éboulée en tête. Associé à cette galerie, un ouvrage de dépôt T39 (Figure 42).



*Figure 40 : Galerie du troisième niveau G36 et son ouvrage de dépôt T37
(clichés GEODERIS, 30/09/2015)*



*Figure 41 : Galerie du deuxième niveau G37 et son ouvrage de dépôt T38
(clichés GEODERIS, 30/09/2015)*



*Figure 42 : Galerie du premier niveau G38 et son ouvrage de dépôt T39
(clichés GEODERIS, 30/09/2015)*

Un désordre, noté D9 sur la carte informative, a été levé à 40 m de l'entrée de la galerie G36. Deux autres désordres, notés D10 et D11, ont été levés.

La répartition des ouvrages miniers de ce secteur est donnée par le Tableau 13.

Pingen et mines à ciel ouvert		Nombre	0
		Noms	-
Ouvrages débouchant au jour (ODJ)	Galeries	Nombre	3
		Noms	G36 à G38
	Puits	Nombre	0
		Noms	-
Dépôts		Nombre	3
		Noms	T37 à T39
Désordres		Nombre	3
		Noms	D9 à D11

Tableau 13 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur « Mine de Noire-Maison »

4.8 Etat actuel des sites

4.8.1 Les ouvrages débouchant au jour (ODJ) et les tranchées

La liste des ouvrages traités n'est certainement pas exhaustive. En effet, les archives, et notamment les plus anciennes, ne renferment que très peu de données techniques sur les travaux miniers, notamment pour ce qui concerne les galeries d'exploration. Sur l'ensemble des trois communes concernées, nous avons identifié :

- 38 entrées de galeries ;
- 7 puits ;
- 7 mines à ciel ouvert ;
- 85 pingens.

Les données d'archives et les observations de terrain ont permis de renseigner un tableau (Annexe 4) avec les paramètres suivants :

- localisation de l'ouvrage : commune, secteur minier, nom de l'ouvrage ;
- accessibilité et pénétrabilité de l'ouvrage ;
- rôle de l'ouvrage, si cette information est connue : recherche, exploitation, etc. ;
- dimensions de l'ODJ et dimensions du corps de l'ouvrage ;
- état d'envoyage ;
- incertitude sur le positionnement.

La plupart des ouvrages débouchant au jour correspond à des entrées de galerie isolées, le long d'un filon vertical, à flanc de coteau.

4.8.2 Les travaux miniers souterrains

Sept galeries (sur 38 au total) sont encore ouvertes et accessibles. Généralement, elles mesurent quelques dizaines de mètres de longueur pour une ouverture moyenne de 2 m et une largeur moyenne de 1 à 1,5 m. Lorsque les galeries ne sont pas ouvertes, elles sont soit non visibles sur le terrain, soit marquées par une zone remobilisée (effondrée ou tassée).

La galerie des Minières, notée G1 sur la carte informative, d'une longueur de 140 m environ, permet d'accéder aux travaux du secteur des Minières. Le puits de l'Engin, ainsi que plusieurs bures, sont totalement ennoyés.

Le travers-banc d'écoulement G11 de la Mine Jaune est ouvert et pénétrable sur une longueur d'au moins 100 m, jusqu'à arriver à un éboulement. Un niveau d'eau de 20 centimètres est observé dans cette galerie.

Aucun puits n'est visible sur le terrain.

Les photos d'une partie des ouvrages sont présentées en annexe 3.

L'épaisseur des terrains de surface peu cohérents est généralement de l'ordre de 2 m. En effet, les travaux progressent rapidement dans la roche résistante, sauf au passage d'éventuelles failles.

Chaque ouvrage est décrit sur la base des diverses recherches documentaires et d'enquêtes auxquelles s'ajoutent des observations de terrain. Des incertitudes demeurent concernant la longueur de la plupart des travaux car, s'ils sont disponibles, les plans de visite s'achèvent souvent sur des éboulements et les plans anciens issus des archives peuvent avoir été levés lors d'une période transitoire dans la réalisation de l'ouvrage.

Sept mines à ciel ouvert ont été identifiées.

4.8.3 Les dépôts de surface

Au total, 39 dépôts miniers ont été répertoriés dans les archives ou observés lors de la visite de terrain sur le secteur de Grandfontaine. Ces dépôts sont des déblais miniers de produits stériles ou faiblement minéralisés à proximité des ODJ, dont la taille des blocs varie de quelques centimètres à quelques décimètres. Le temps les a stabilisés et intégrés dans les sols et une végétation partielle les recouvre. On ne décèle aucune trace d'instabilité (arrachement ou glissement). Ils suivent la topographie du terrain (20° à 40° en moyenne).

Deux types de dépôts peuvent être distingués sur l'ensemble du secteur :

- de petits dépôts dont la hauteur est inférieure à 5 m et qui correspondent à des travaux de recherche restreints ;
- des dépôts plus importants, dont la hauteur est supérieure à 5 m et une emprise importante qui correspondent à des travaux de recherche ou d'exploitation plus importants.

Les principales caractéristiques des dépôts sont synthétisées dans le Tableau 14.

Nom dépôt	Commune	Nom du dépôt et (site)	Surface (m²)	Hauteur (m)	Pente (°)	Commentaires
T1	Grandfontaine	Halde de la galerie inférieure de la Mine Noire G7	4250	7	40	En secteur boisé, à proximité immédiate de la route et d'une maison d'habitation
T2	Grandfontaine	Halde de la galerie supérieure de la Mine Noire G8	1010	5	40	En secteur boisé
T3	Grandfontaine	Halde de la galerie supérieure de la Mine Grise G6	1890	2	40	En secteur boisé
T4	Grandfontaine	Halde de la mine à ciel ouvert de la Mine Grise MCO1	3670	3	40	En secteur boisé Correspond au regroupement de tous les dépôts situés en aval de la mine à ciel ouvert
T5	Grandfontaine	Halde en aval de la Mine des Engins MCO4	160	3	20-40	En secteur boisé Haltes dessinées d'après le plan de P. FLUCK. Hauteur estimée inférieure à 5 m
T6	Grandfontaine	Halde en aval de la Mine des Engins MCO4	260	3	20-40	
T7	Grandfontaine	Halde en aval de la Mine Rouge MCO5	1630	3	20-40	
T8	Grandfontaine	Halde entre la Mine Rouge MCO5 et la Mine Jaune MCO6	300	3	20	En secteur boisé
T9	Grandfontaine	Halde du travers-banc de la Mine des Engins G10	800	4	30-40	En secteur boisé
T10	Grandfontaine	Halde du travers-banc d'écoulement de la Mine Jaune G11	600	5	20-40	En secteur boisé
T11	Grandfontaine	Halde de la mine à ciel ouvert de la Mine Jaune MCO6	140	3	20-40	En secteur boisé Haltes dessinées d'après le plan de P. FLUCK. Hauteur estimée inférieure à 5 m
T12	Grandfontaine	Halde de la mine à ciel ouvert de la Mine Jaune MCO6	250	3	20-40	
T13	Grandfontaine	Halde de la mine à ciel ouvert de la Mine Jaune MCO6	340	3	20-40	
T14	Grandfontaine	Halde de la mine à ciel ouvert de la Mine Grise MCO1	480	3	20-40	
T15	Grandfontaine	Halde de la galerie des Anciens G14	470	5	20-40	
T16	Grandfontaine	Halde de la galerie « Recherche du Curé » G15	1320	6	20-40	En secteur boisé
T17	Grandfontaine	Halde de la galerie « Mine du Curé » G16	840	6	20-40	En secteur boisé
T18	Grandfontaine	Halde de la galerie de recherche G17	130	5	20-40	En secteur boisé
T19	Grandfontaine	Halde de la galerie de recherche G18	220	6	20-40	En secteur boisé
T20	Grandfontaine	Halde de la galerie de recherche G19	140	5	20-40	En secteur boisé
T21	Grandfontaine	Halde de la galerie de recherche G20	360	5	20-40	En secteur boisé
T22	Grandfontaine	Halde de la galerie de recherche G21	360	5	20-40	En secteur boisé
T23	Grandfontaine	Halde de la galerie de recherche G22	230	6	20-40	En secteur boisé
T24	Grandfontaine	Halde de la galerie de recherche G23	290	5	20-40	En secteur boisé
T25	Grandfontaine	Halde de la galerie de recherche G24	390	4	20-40	En secteur boisé
T26	Grandfontaine	Halde de la galerie de recherche G25	290	4	20-40	En secteur boisé
T27	Grandfontaine	Halde de la galerie de recherche G26	220	5	20-40	En secteur boisé
T28	Grandfontaine	Halde de la galerie de recherche G27	1160	4	20-40	En secteur boisé
T29	Grandfontaine	Halde de la galerie de recherche G28	1980	10	20-40	En secteur boisé
T30	Grandfontaine	Halde de la galerie de recherche G28	290	7	20-40	En secteur boisé
T31	Grandfontaine	Halde de la galerie de recherche G29	180	3	20-40	En secteur boisé
T32	Grandfontaine	Halde de la galerie de recherche G30	360	3	20-40	En secteur boisé
T33	Grandfontaine	Halde de la galerie de recherche G31	220	4	20-40	En secteur boisé
T34	Schirmeck	Halde de la galerie inférieure de l'Evêché G33	1350	4	20-40	En secteur boisé
T35	Schirmeck	Halde de la galerie supérieure de l'Evêché G34	1960	4	20-40	En secteur boisé
T36	Schirmeck	Halde de la troisième galerie non retrouvée secteur de l'Evêché G35	320	4	20-40	En secteur boisé
T37	Schirmeck	Halde de la galerie du 3 ^{ème} niveau de Noire-Maison G36	400	4	20-40	En secteur boisé
T38	Schirmeck	Halde de la galerie du 2 ^{ème} niveau de Noire-Maison G37	450	4	20-40	En secteur boisé
T39	Schirmeck	Halde de la galerie du 1 ^{er} niveau de Noire-Maison G38	375	4	20-40	En secteur boisé

Tableau 14 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des dépôts miniers sur le secteur de Grandfontaine (67)

4.8.4 Désordres observés en surface

Sur l'ensemble du secteur de Grandfontaine, onze désordres ont été recensés. Ces désordres sont situés à l'aplomb d'anciennes galeries.

En mars 2014, GEODERIS a été sollicité pour un désordre apparu dans le secteur des Minières (Figure 43) [4]. Après analyse des documents disponibles et de la visite de site, le désordre correspondait à un effondrement localisé de type fontis au droit d'une galerie minière.



Figure 43 : Désordre D1 de type fontis dans le secteur des Minières (clichés GEODERIS, mars 2014)

Les désordres liés aux galeries sont souvent longitudinaux et suivent le tracé de la galerie. Il s'agit sans doute des conséquences de plusieurs effondrements à l'aplomb de celles-ci. En général, les dix premiers mètres des galeries sont impactés. La largeur observée de ces fontis varie de 4 à 10 m pour une profondeur maximale de 6 m.

Le Tableau 15 présente l'ensemble des désordres relevés dans cette étude ainsi que leurs caractéristiques connues. Les photos référencées dans le tableau sont situées en annexe 3.

Nom	Type	Site	Source	Longueur (m)	Largeur (m)	Profondeur (m)	Remarque
D1	Effondrement localisé	Les Minières	GPS	6	6	3	Effondrement au droit d'une galerie dans le secteur des Minières le 28/03/2014 (photo 4)
D2	Effondrement localisé	Mine Grise	GPS	8	4	2	Effondrement au droit de la galerie supérieure de la Mine Grise G6 (photo 10)
D3	Effondrement localisé	Mine Noire	GPS	5	5	3	Effondrement au droit de la galerie inférieure de la Mine Noire G7 (photo 14)
D4	Effondrement localisé	Mine Noire	GPS	6	6	3	Effondrement au droit de la galerie supérieure de la Mine Noire G8 (photo 16)
D5	Effondrement localisé	Mine Grise	GPS	6	6	3	Effondrement au droit de la mine à ciel ouvert de la Mine Grise MCO1 (photo 11)
D6	Effondrement localisé	Mines sans nom	GPS	4	4	1	Effondrement au droit de la galerie de recherche G22 (photo 41)
D7	Effondrement localisé	Mines sans nom	GPS	6	6	1.5	Effondrement au droit de la galerie de recherche G22 (photo 42)
D8	Effondrement localisé	Mines sans nom	GPS	6	6	1	Effondrement au droit de la galerie de recherche G22 (photo 43)
D9	Effondrement localisé	Mine Noire-Maison	GPS	8	8	3	Effondrement au droit de la galerie du 3 ^{ème} niveau de la mine de Noire-Maison (photo 69)
D10	Effondrement localisé	Mine Noire-Maison	GPS	10	10	6	Effondrement au droit de travaux souterrains (photo 72)
D11	Effondrement localisé	Mine Noire-Maison	GPS	5	5	2	Effondrement au droit de travaux souterrains (photo 75)

Tableau 15 : Recensement des désordres sur le secteur de Grandfontaine

4.9 Cartographie

La cartographie informative (Annexe 9) est établie à l'échelle de 1/25 000 (avec des zooms au 1/2 500) et présente les éléments suivants :

- le SCAN 25 et la BD ORTHO de l'IGN ;
- les travaux souterrains (galeries) : la couleur du graphisme est fonction de leur profondeur ;
- les emprises de travaux avérés et supposés ;
- les ouvrages débouchant en surface (puits, galeries) observés lors de la visite de site et/ou mentionnés dans les archives ;
- les dépôts observés lors de la visite de site ou mentionnés dans les archives ;
- les désordres observés lors de la visite de site ou répertoriés dans les archives ;
- les mines à ciel ouvert observées lors de la visite de site et/ou mentionnées dans les archives ;
- les limites de communes ;
- les limites de concessions.

4.9.1 Méthode de dénomination

Les ouvrages/indices miniers ont été nommés de la manière suivante :

- **Pn** pour les puits (n étant un numéro séquentiel arbitrairement choisi) ;
- **Gn**, numérotation de même principe pour les entrées de galerie et les descenderies ;
- **Dn**, numérotation de même principe pour les désordres ;
- **MCon**, numérotation de même principe pour les mines à ciel ouvert ;
- **Tn**, numérotation de même principe pour les dépôts miniers ;
- **Pgn**, numérotation de même principe pour les pingens.

4.9.2 Géoréférencement des plans miniers et incertitude de localisation

Les plans et schémas miniers sur le secteur de Grandfontaine sont au nombre de trente-quatre (Tableau 16). Vingt-deux plans ont pu être géoréférencés et reportés sur fond cartographique. Il est pris en compte de ce fait une incertitude de calage de ce plan, dont la valeur est retrouvée au Tableau 16.

Ces plans sont disponibles en annexe 2.

N° du plan en annexe 2	Secteur minier	Descriptif	Echelle	Date	Auteur	Nom du plan	Données cartographiées	Fichier géoréférencé	Incertitude de calage (m)
1	Mine de Grandfontaine	Plan montrant les premiers travaux dans le secteur « Les minières »	-	1818	Archives départementales des Vosges	Plan de la minière dite la Mine Rouge ou de Grandfontaine	Descenderie de l'Engin (point A) Galerie des Minières (point D)	Non	-
2	Mine de Grandfontaine	Coupe géologique	-	1818	-	Coupe de la minière dite la Mine Rouge ou de Grandfontaine	Galerie des Minières (point D) Puits de l'Engin (point K)	Non	-
3	Mine Grise et Mine Noire	Plan de position d'ODJ	-	1818	-	Plan des minières dites Mine Grise et Mine Noire	Galerie supérieure de la Mine Noire (point A) Galerie inférieure de la Mine Noire (point D) Galerie inférieure de la Mine Grise (point G) Galerie de la Mine Noire du Haut (point E)	Oui	30 m
4	Mine Grise et Mine Noire	Coupe géologique	-	1818	-	Coupes des minières dites Mine grise et Mine noire	Galerie de la Mine Noire du Haut (point A) Galerie supérieure de la Mine Noire (point D) Galerie inférieure de la Mine Noire (point G)	Non	-
5	Mine Jaune	Plan de position d'ODJ	-	1818	-	Plan de la minière dite de Framont ou Mine Jaune	Travers-banc d'écoulement de la Mine Jaune (point A)	Non	-
6	Mine Jaune	Plan de position d'ODJ	-	1818	-	Plan de la mine du Trou	Galerie principale (point A) Puits d'extraction (point D) Puits du Manège (point G)	Non	-
7	Mine du Morveux	Plan de position d'ODJ	1/50	1818	-	Mine du Morveux	Galerie principale (point A)	Non	-
8	Mine Noire	Plan de position d'ODJ	1/500	1837	-	Mine Noire	Galerie supérieure de la Mine Noire (point A) Galerie inférieure de la Mine Noire (point C)	Non	-
9	Plan d'ensemble	Plan de position d'ODJ	1/2000	1840	-	Figure n°1 Plan géologique des mines de Framont	Galerie des Minières (point A) Galerie de la Chapelle (point B) Galerie inférieure de la Mine Grise (point C) Galerie supérieure de la Mine Grise (point D) Galerie inférieure de la Mine Noire (point E) Galerie de la Mine Metzger (point F) Galerie de Derlingoutte (point H) Mine du Sapin (point N) Mine Grise du Haut (point O) Mine des Soudières (point P)	Oui	100 m
10	Plan d'ensemble	Coupe géologique	-	1840	-	Coupes géologiques des mines de Framont		Non	-
11	Mine de l'Evêché et Mine de Noire-maison	Plan de position d'ODJ	1/10 000	1840	-	Plan topographique	Galerie ancienne de l'Evêché Galerie de Noire-Maison 3 ^{ème} niveau	Oui	200 m

N° du plan en annexe 2	Secteur minier	Descriptif	Echelle	Date	Auteur	Nom du plan	Données cartographiées	Fichier géoréférencé	Incertitude de calage (m)
12	Mine Jaune	Plan de position d'ODJ	1/1 000	1843	-	Mine Jaune	Travers-banc d'écoulement de la Mine Jaune (point A) Galerie d'écoulement des Anciens (point N) Petit puits d'extraction (point 1) Puits du Manège Puits d'extraction Puits d'aérage (point 4) Puits d'exploitation	Oui	50 m
13	Mine du Bas-Donon	Plan de position d'ODJ	1/500	1849	-	Mine de cuivre et fer au Donon	Galerie de recherche n°1 du Bas-Donon Galerie de recherche n°2 du Bas-Donon	Oui	25 m
14	Mine de Noire- Maison	Plan de position d'ODJ	1/500	1861	-	Mine de Noire-Maison, concession de l'Evêché	Galerie de Noire-Maison 1 ^{er} niveau Galerie de Noire-Maison 2 ^{ème} niveau Galerie de Noire-Maison 3 ^{ème} niveau	Non	-
15	Mine de l'Evêché	Plan de position d'ODJ	1/500	1873	-	Plan des travaux de l'Evêché (année 1873)	Galerie inférieure de l'Evêché Galerie supérieure de l'Evêché	Non	-
16	Mine de Grandfontaine et Mine de la Chapelle	Plan de position d'ODJ	1/1 000	1874	-	Plan d'ensemble de la mine de Grandfontaine et de la mine de la Chapelle	Galerie de la Chapelle Galerie des Minières Descenderie du puits de l'Engin	Non	-
17	Mine de Grandfontaine	Plan de position d'ODJ	1/500	1939	-	Mine les Minières, Grandfontaine, Bas-Rhin	Galerie des Minières Descenderie de l'Engin Puits des Thomas Galerie de la Chapelle	Non	-
18	Mine de Grandfontaine	Plan de position d'ODJ	1/500	1939	-	Mine les Minières, plan souterrain	Galerie des Minières (point 01) Ancienne galerie des Minières (point 02) Descenderie du puits de l'Engin Puits Jonas (point d)	Oui	10 m
19	Mine de Grandfontaine	Plan de position d'ODJ	1/500	1939	-	Plan du fond de la mine des Minières	Galerie des minières Descenderie du puits de l'Engin Puits Jonas	Oui	10 m
20	Mine de Grandfontaine et Mine de la Chapelle	Plan de référence pour la mine de Grandfontaine	1/500	1939	-	Mine les Minières, Grandfontaine	Galerie des Minières Puits Jonas Descenderie du puits de l'Engin Puits BRGM Puits des Thomas Galerie de la Chapelle	Oui	5 m
21	Mine du Curé	Plan de référence pour la mine du Curé	-	1964	-	Framont-Grandfontaine, plan et coupe des travaux	Galerie de recherche du Curé Puits d'aérage des recherches Galerie de Terlingoutte n°1 Puits d'aérage de Terlingoutte	Oui	20 m
21 bis	Plan d'ensemble	Plan de référence pour la mine de la Chapelle, Mine Grise et Mine Metzger	-	1964	-	Framont-Grandfontaine, plan et coupe des travaux	Nombreux ouvrages (voir plan)	Oui	50 m

N° du plan en annexe 2	Secteur minier	Descriptif	Echelle	Date	Auteur	Nom du plan	Données cartographiées	Fichier géoréférencé	Incertitude de calage (m)
22	Plan d'ensemble	Plan de référence pour les découvertes	1/5 000	1942	-	Situationsplan, Schürfbetrieb Minental	Grube Minental (découverte de Grandfontaine) Grube Kaiser Waheim (découverte de la mine de la Chapelle) Grube Bismarck (découverte de la Mine Grise) Grube Kronprinz (découverte des Engins et de la Mine Rouge) Grube Louise (découverte de la Mine Jaune) Schwartz Grube (découverte de la Mine Noire) Grube Metzger (découverte de la Mine Metzger) Galerie de recherche du Curé Stollen projeté Stollen Franberg	Oui	30 m
23	Mine du Framont et mine du Curé	Plan de référence pour le secteur Framont	1/1 000	1942	-	Schürfbetrieb Minental - Grundriss und Profil vom Indikationskern	Galerie du Framont (Stollen Framberg) G1 et G2 Galerie de Terlingoutte G1 et G2 Galerie dE recherche du Curé (G16) Stollen projeté (G26)	Oui	50 m
24	Plan d'ensemble	Concession du Framont	1/10 000	Non daté	-	Plan de la concession du Framont		Oui	50 m
25	Mine de Grandfontaine	Travaux BRGM	-	1964	-	Plan géologique des travaux BRGM (cote 529)	Puits BRGM	Oui	10 m
26	Mine de l'Evêché	Plan de référence pour la mine de l'Evêché	-	1964	-	Plan et coupes des travaux de l'Evêché, Bas-Donon et Noire-Maison	Galerie inférieure de l'Evêché Galerie supérieure de l'Evêché	Oui	25 m
26 bis	Mine de Noire-Maison	Plan de position d'ODJ	-	1964	-	Plan et coupes des travaux de l'Evêché, Bas-Donon et Noire-Maison	Galerie de Noire-Maison 1 ^{er} niveau Galerie de Noire-Maison 2 ^{ème} niveau Galerie de Noire-Maison 3 ^{ème} niveau	Oui	25 m
27	Mine Jaune	Plan utilisé partiellement comme plan de référence pour la Mine Jaune	1 / 1 000	1843	-	Mine Jaune	Travers-banc d'écoulement de la Mine Jaune	Oui	50 m
28	Mine des Engins, Mine Rouge et Mine Jaune	Plan de référence pour une partie des ouvrages	1 / 1 000	1863	-	Exploitation sur des piliers laissés par les Anciens	Puits près du mur (point A) Galerie de la Cuisine (point B) Galerie au toit de la Mine Jaune (point C) Puits du Mur (point D) Puits du Manège (point E) Puits d'aérage (point F) Puits Knipiler (point G) Puits en Mine Rouge (point H) Puits du Sapin (point I) Puits du Trou des Engins (point K) Puits entre Mine grise et Engins (point L) Puits des Engins (point M)	Oui	100
29	Mine de Noire-Maison	Plan de référence pour la Mine de Noire-Maison	1 / 50	1859	-	Mine de Noire-Maison, concession de l'Evêché	Galerie de Noire-maison 1 ^{er} niveau Galerie de Noire-Maison 2 ^{ème} niveau Galerie de Noire-Maison 3 ^{ème} niveau	Oui	10 m

N° du plan en annexe 2	Secteur minier	Descriptif	Echelle	Date	Auteur	Nom du plan	Données cartographiées	Fichier géoréférencé	Incertitude de calage (m)
30	Plan d'ensemble	Plan de position d'ODJ	1 / 2 000	1988	P. FLUCK	Carte souterraine des mines de Grandfontaine	Galerie des Minières Ancienne galerie des Minières Puits de l'Engin Descenderie du puits de l'Engin Galerie de la Chapelle Galerie inférieure de la Mine Grise Galerie supérieure de la Mine Grise Galerie inférieure de la Mine Noire Galerie supérieure de la Mine Noire TB de la mine des Engins TB d'écoulement de la Mine Jaune Galerie des Anciens	Oui	20 m
31	Plan d'ensemble	Plan de position d'ODJ	1 / 6 000	1988	P. FLUCK	Carte souterraine des mines de Grandfontaine	Galerie des Minières Puits BRGM Descenderie de l'Engin Puits des Thomas Galerie de la Chapelle Galerie inférieure de la Mine Grise Galerie supérieure de la Mine Grise Galerie inférieure de la Mine Noire Galerie supérieure de la Mine Noire TB de la mine des Engins TB d'écoulement de la Mine Jaune Galerie des Anciens Recherche du Curé Mine du Curé Mines de Derlingoutte	Oui	20 m
32	Secteur de Framont	Plan de position d'ODJ	1/ 10000	1977	P. FLUCK	Plan de situation des mines de Framont (secteur ouest)	Galerie des Minières Puits BRGM et descenderie du puits de l'Engin Galerie de la Chapelle Galerie inférieure de la Mine Grise Galerie supérieure de la Mine Grise Galerie inférieure de la Mine Noire Galerie supérieure de la Mine Noire TB de la mine des Engins TB d'écoulement de la Mine Jaune Galerie des Anciens Recherche du Curé Mine du Curé « Mines sans nom »	Oui	20 m

Tableau 16 : Liste des documents et des plans

4.9.3 Incertitude de positionnement des ouvrages

Une incertitude de localisation des ouvrages miniers a été estimée pour chacun des ouvrages miniers débouchant au jour (puits, galerie) :

- incertitude de 5 m pour les ouvrages matérialisés (retrouvés sur le terrain) et levés au dGPS, possible dans les cas autorisés par la réception satellitaire, délicate sous couvert forestier avec reliefs ;
- incertitude de 5 à 25 m pour les ouvrages localisés (positionnés d'après un plan des archives mais non retrouvés sur le terrain). Cette incertitude est estimée en fonction de l'incertitude de calage du plan qui positionne l'ouvrage

5 PHASE D'ÉVALUATION DES ALEAS

5.1 Identification des aléas retenus

5.1.1 Effondrement localisé

Le phénomène redouté ici correspond à la rupture des terrains au toit d'un ouvrage souterrain pouvant générer en surface un effondrement localisé d'extension variable selon la méthode d'exploitation. Les effondrements localisés peuvent se produire dans des configurations différentes :

Effondrements localisés à l'aplomb de galeries peu profondes

L'événement de type effondrement localisé a été recensé sur le secteur. Il est nécessaire de considérer l'aléa effondrement localisé lié à la rupture du toit de galeries dans les zones exploitées étant donné la présence de vides résiduels à faible profondeur.

Effondrements localisés liés aux puits et entrées de galeries

L'analyse des documents disponibles et les observations de terrain laissent penser que les ouvrages n'ont pas été totalement remblayés ni fermés de manière pérenne (ouvrages ouverts, effondrés ou de traitement inconnu). Il est donc nécessaire d'étudier la possibilité de l'effondrement de la tête de ces ouvrages débouchant en surface.

5.1.2 Tassement lié aux ouvrages de dépôt, pingon et mines à ciel ouvert

Le phénomène de tassement se manifeste par la réduction de volume d'une couche de matériaux du fait notamment d'une diminution de son indice des vides.

Sous l'action de perturbations extérieures (applications de surcharge en surface, mouvements de nappes au sein des terrains concernés, sollicitations vibratoires, etc.) ou sous l'effet de leur propre poids, les terrains qui présentent un indice de vides important peuvent être amenés à se tasser. Dans le cas général, ce phénomène est donc envisageable d'une part, à l'aplomb des travaux souterrains (foudroyés, effondrés, etc.) et, d'autre part, à l'aplomb de terrains de surface remaniés (dépôt minier, pingon, mine à ciel ouvert, découverte remblayée, etc.).

Le phénomène de tassement sera évalué au droit des dépôts miniers de surface ainsi qu'au niveau des pingon et des mines à ciel ouvert. L'aléa tassement lié aux ouvrages de dépôt, des pingon et des mines à ciel ouvert est donc retenu et fait l'objet d'une évaluation.

5.2 Identification des aléas écartés

5.2.1 Affaissement

L'affaissement se manifeste communément par un réajustement des terrains de surface induit par la rupture d'édifices miniers souterrains profonds. 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. Ces phénomènes sont limités dans le temps (quelques années) lorsqu'ils sont volontairement provoqués par une méthode d'exploitation totale. En revanche, les désordres peuvent se produire plusieurs années, voire longtemps après la fermeture des mines, lorsque l'exploitation est partielle et non dimensionnée pour une stabilité à long terme.

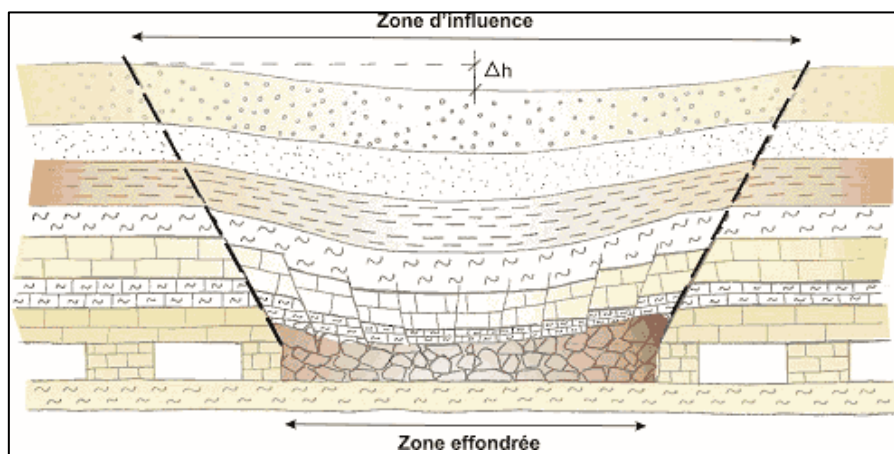


Figure 44 : Principe schématique de formation d'une cuvette d'affaissement (BD cavité - BRGM)

Les conditions pour l'apparition d'affaissements ne sont pas réunies : vides résiduels peu importants et pentés, galeries isolées et recouvrement résistant. Les exploitations se situent systématiquement à faible profondeur et présentent des extensions horizontales réduites. De plus, aucun affaissement n'a été observé ni répertorié sur le secteur minier de Grandfontaine. L'aléa affaissement est écarté.

5.2.2 Effondrement généralisé

Un effondrement généralisé correspond à la rupture de tout ou partie d'une exploitation partielle souterraine conduisant 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).

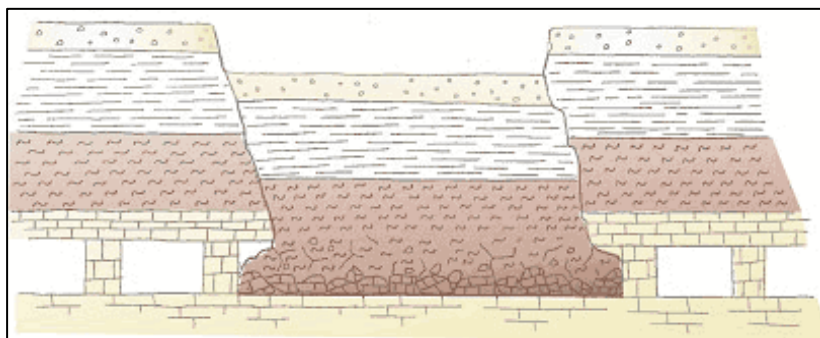


Figure 45 : Principe schématique du mécanisme de l'effondrement généralisé (BD cavité - BRGM)

Le retour d'expérience montre qu'aucun événement de type effondrement généralisé ne s'est produit en gisements pentés ou filoniens (rapport INERIS DRS-05-55102/R02).

De par la configuration des travaux, l'aléa effondrement généralisé est écarté sur le secteur minier de Grandfontaine.

5.2.3 Echauffement

Les exploitations n'incluent *a priori* aucun matériau inflammable. L'aléa échauffement est donc écarté.

5.2.4 Instabilités de pentes

Les instabilités de pentes regroupent plusieurs phénomènes :

- **les glissements de terrain**, qui concernent principalement les matériaux meubles. L'intensité dépend généralement des quantités de matériaux déplacés mais aussi de la profondeur de la surface de glissement. On parlera ainsi de glissement pelliculaire pour les événements ne concernant que la partie la plus superficielle du sol. À l'opposé, on parlera de glissements profonds pour les événements pouvant affecter profondément (quelquefois plusieurs dizaines de mètres) le versant ou le talus sur lequel ils se produisent. Dans la majorité des cas, la présence d'une nappe dans le talus est un phénomène particulièrement aggravant ;
- **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 éboulements et chutes de blocs**, qui concernent plus spécifiquement les falaises ou talus rocheux.

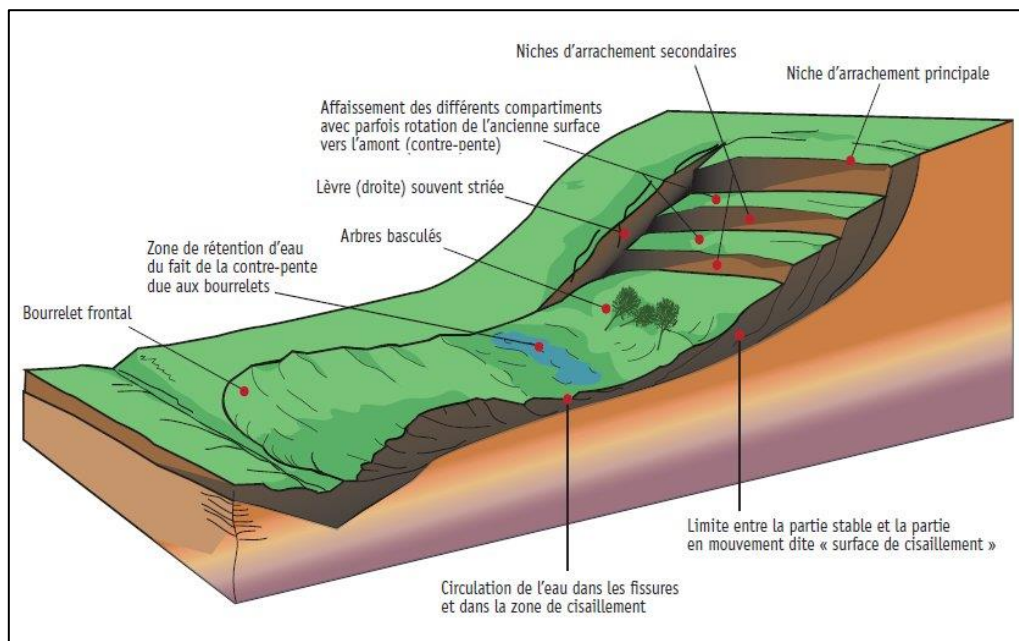


Figure 46 : Schéma de principe du phénomène de glissement profond (MEDD)

Le secteur minier de Grandfontaine présente des dépôts dont les hauteurs sont inférieures à 10 mètres. De plus, les dépôts ne présentent aucune trace de ravinement et sont en majorité végétalisés et boisés.

La possibilité d'un glissement profond ne peut pas être retenue compte tenu des volumes limités des dépôts.

L'aléa instabilité de pente est donc écarté.

5.3 Aléas non étudiés

5.3.1 Gaz de mine

Les archives exploitées ne font état d'aucun événement lié à la présence de gaz pendant la phase d'exploitation. De plus, aucune émission de gaz de mine n'a jamais été indiquée en surface. L'aléa gaz de mine est donc écarté du secteur minier de Grandfontaine.

5.3.2 Environnement

L'aléa environnement n'est pas abordé dans le cadre de cette étude.

5.4 Evaluation de l'aléa effondrement localisé

5.4.1 Effondrement localisé lié aux puits

La formation d'un effondrement localisé à l'aplomb de la tête d'un puits résulte de deux phénomènes :

- le phénomène de remobilisation des remblais au sein de la colonne du puits ;
- la rupture de la tête de l'ouvrage (vide ou après remobilisation du remblai) : le revêtement du puits rompt, entraînant la formation d'un cône d'effondrement dont les dimensions dépendent des caractéristiques géologiques et mécaniques locales des terrains.

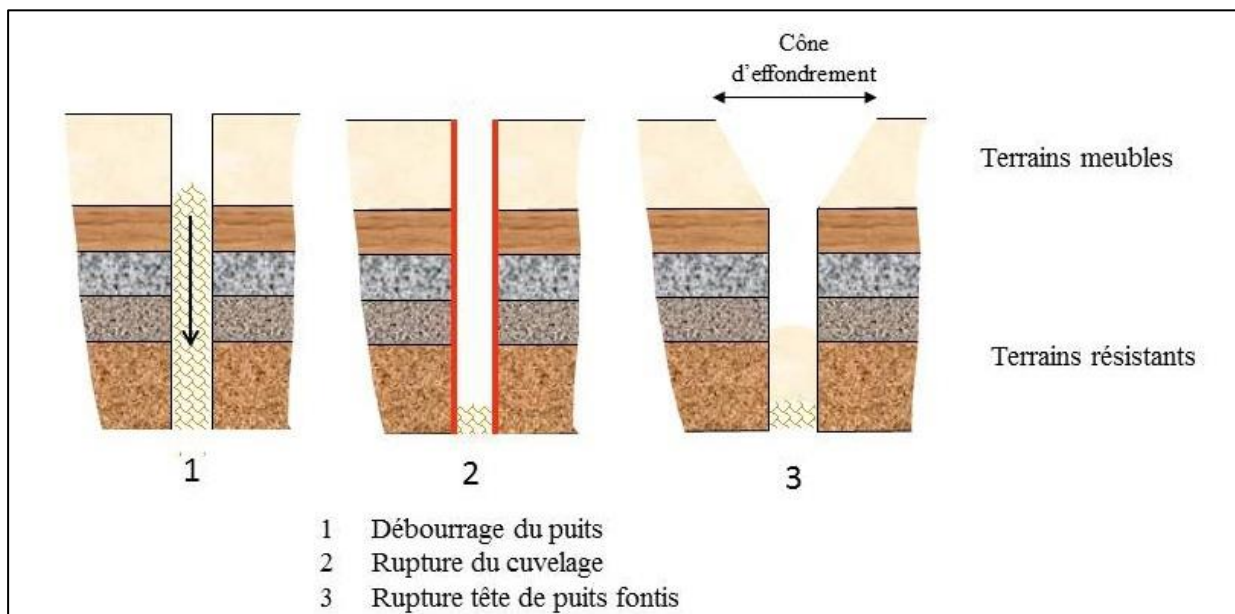


Figure 47 : Schéma de principe du phénomène d'effondrement localisé en tête de puits

Sept puits ont été inventoriés lors de la phase informative :

- P1 : puits du BRGM localisé sur le secteur des Minières ;
- P2 : puits des Thomas localisé sur le secteur des Minières ;
- P3 : puits de la Mine Grise du Haut localisé sur le secteur de la Mine Grise ;
- P4 : puits d'aérage matérialisé sur le secteur de la Mine des Engins ;
- P5 : puits du Manège localisé sur le secteur de la Mine Jaune ;
- P6 : puits d'aérage localisé sur le secteur de la Mine du Curé ;
- P7 : puits d'aérage localisé sur le secteur de la Mine du Curé.

Ces puits sont généralement creusés au rocher et leur profondeur varie de 10 à 100 m. Ces puits sont difficilement observables en surface.

Peu d'informations concernant le remblayage des puits ont été retrouvées dans les archives consultées. Néanmoins, d'après certaines observations de terrain, on peut supposer que ces ouvrages ont vraisemblablement été remblayés à la fin de l'exploitation. Le puits P1 du BRGM a été remblayé.

Aucun désordre n'a été observé au droit des puits.

5.4.1.1 Evaluation de l'intensité de l'aléa effondrement lié aux puits

L'intensité d'un effondrement de puits est principalement tributaire de la géométrie, du volume de l'ouvrage et de la nature des terrains de surface (jusqu'à atteindre la stabilisation par comblement de la colonne). D'une manière générale, le débouillage de remblai est d'intensité plus importante si le puits possède un grand diamètre. D'autre part, l'extension latérale de l'effondrement augmente si l'épaisseur des terrains meubles est importante.

Les sept puits dénombrés sur la zone d'étude sont considérés comme étant des ouvrages de dimension réduite. Disposant de très peu d'informations dans les archives, un diamètre théorique de l'ordre de 2 à 4 m est retenu pour l'ensemble des puits.

Les diamètres en surface des effondrements potentiels ainsi calculés sont de 4 à 8 m. Ces diamètres attendus correspondent à une intensité modérée.

5.4.1.2 Evaluation de la prédisposition

Evaluation de la prédisposition au vide

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

- le nombre de désordres : sur l'ensemble des sept puits présents sur le secteur, aucun ne présente de désordres ;
- le traitement de l'ouvrage : un traitement pérenne de l'ouvrage permet d'assurer la stabilité de sa tête et d'écarter l'aléa. L'absence de documents d'archives détaillant les modes de mise en sécurité des puits après leur fermeture ne permet pas toujours d'obtenir cette information. Aucun des sept puits dénombrés sur la zone d'étude n'a fait l'objet d'un traitement pérenne ;
- la remontée des eaux ou le battement de la nappe : sur l'ensemble du secteur, le niveau d'eau est inconnu mais très certainement stabilisé et revenu à l'équilibre hydrogéologique naturel ;
- la profondeur de l'ouvrage et le nombre de recettes ou galeries qui lui sont reliées.

Ces évaluations conduisent à considérer une prédisposition :

- peu sensible aux puits dont la profondeur est inférieure à 50 m, soit les puits P1, P2, P4 et P6.
- sensible aux puits dont la profondeur est supérieure à 50 m, soit les puits P3, P5 et P7.

Evaluation de la prédisposition à la rupture de la tête de puits

La nature du revêtement de l'ouvrage au niveau des terrains meubles de surface influe sur l'occurrence de l'effondrement de la tête d'ouvrage. Ceci est particulièrement vrai pour les puits remblayés. Elle n'est cependant pas toujours disponible. La prédisposition à la rupture de la tête d'ouvrage sera évaluée comme suit :

- égale à la prédisposition au vide dans la colonne de l'ouvrage diminuée d'un rang dans le cas où le revêtement de la tête de l'ouvrage est en briques ou maçonnerie en bon état ;
- peu sensible dans le cas d'un revêtement en béton.

Dans tous les autres cas, la prédisposition à l'effondrement de la tête d'ouvrage sera identique à la prédisposition au vide dans la colonne de l'ouvrage.

La prédisposition à l'effondrement de la tête d'ouvrage des sept puits de l'étude est donc identique à la prédisposition au vide.

5.4.1.3 Evaluation de l'aléa

Le croisement de la prédisposition et de l'intensité permet de définir l'aléa :

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

Tableau 17 : Evaluation de l'aléa effondrement localisé lié à un puits

L'ensemble des hypothèses retenues ainsi que les résultats du croisement de l'intensité et de la prédisposition sont résumés dans le Tableau 18 suivant.

Commune	Concession	Secteur	Ouvrage	Diamètre (m)	Profondeur du puits (m)	Nombre de niveaux recoupés	Prédisposition finale retenue	Diamètre d'effondrement retenu (m)	Niveau de l'intensité	Niveau de l'aléa
Grandfontaine	Framont-Grandfontaine	Les Minières	P1	2 à 4	40	-	Peu sensible	4 à 8	Modérée	Faible
Grandfontaine	Framont-Grandfontaine	Les Minières	P2	2 à 4	27	-	Peu sensible	4 à 8	Modérée	Faible
Grandfontaine	Framont-Grandfontaine	Mine Grise	P3	2 à 4	100	-	Sensible	4 à 8	Modérée	Moyen
Grandfontaine	Framont-Grandfontaine	Mine des Engins	P4	2 à 4	20 à 30	-	Peu sensible	4 à 8	Modérée	Faible
Grandfontaine	Framont-Grandfontaine	Mine Jaune	P5	2 à 4	80	-	Sensible	4 à 8	Modérée	Moyen
Grandfontaine	Framont-Grandfontaine	Mine du Curé	P6	2 à 4	10	-	Peu sensible	4 à 8	Modérée	Faible
Grandfontaine	Framont-Grandfontaine	Mine du Curé	P7	2 à 4	54	-	Sensible	4 à 8	Modérée	Moyen

Tableau 18 : Evaluation de l'aléa effondrement localisé pour les puits

5.4.2 Effondrement localisé lié aux entrées de galeries

Lors de la phase de recensement des ouvrages débouchant au jour, sur les 38 ouvrages débouchant au jour liés aux galeries, 30 entrées de galeries sont visibles sur le terrain par une zone éboulée en tête ou par une zone de type « dépression » ou par une zone talutée. Ne sachant pas si des travaux de creusement de galeries ont été poussés (lorsque les plans ne mentionnent pas de tracé de galerie), ces 30 entrées de galeries seront évaluées seulement au niveau de leur tête et non au niveau d'un éventuel corps de galerie.

Evaluation de l'intensité

L'intensité de l'aléa dépend directement :

- du retour d'expérience sur les désordres présents dans le secteur ;
- de la nature et l'épaisseur des terrains peu cohésifs de surface (pris dans ce cas à 2 m).

L'intensité de l'effondrement localisé est évaluée en estimant le diamètre de fontis attendu en surface. L'évaluation de ce diamètre dépend de l'épaisseur des terrains peu cohérents de surface (2 m) et de l'angle de frottement des matériaux (45°).

Pour les 33 galeries dont la configuration n'est pas connue, vu les dimensions des galeries pénétrables et visitables (au nombre de 5), peuvent être retenues ces dimensions pour les têtes de galeries : une largeur de 1,5 m et une hauteur de 2,0 m.

Ainsi, pour l'ensemble des entrées de galerie, le diamètre retenu pour un éventuel fontis serait de l'ordre de 4 à 5 m, ce qui correspond à une intensité modérée. Ces valeurs sont cohérentes avec les dimensions des désordres observés sur le terrain (largeur varie en moyenne de 4 à 10 m).

Evaluation de la prédisposition

Concernant les entrées de galeries isolées, les éléments suivants se dégagent de la zone d'étude :

- l'absence de désordres constatés au niveau des entrées de galeries ;
- une largeur des ouvrages faible (< 2 m) ;
- la nature et l'épaisseur des terrains peu cohésifs de surface (pris dans ce cas à 2 m) ;
- aucune entrée de galerie ne présente de soutènement, à l'exception des galeries G1 à G3 dans le secteur des Minières, qui sont maçonnées, et l'entrée du travers-banc de la Mine des Engins G10 boisée (mais éboulée en tête). L'entrée de galerie G6 est quant à elle murée en tête.

Cette évaluation aboutit aux niveaux de prédisposition suivants :

- peu sensible : galeries présentant des soutènements au niveau de leur tête. Cette configuration correspond aux entrées de galeries :
 - G1, G2 et G3 du secteur des Minières ;
 - G6 murée en tête du secteur de la Mine Grise.
- sensible : galeries présentant leur tête ouverte et/ou semi-ouverte. Cette configuration correspond aux entrées de galeries :
 - G10 du secteur de la Mine des Engins, semi-ouverte et éboulée en tête ;
 - G11 du secteur de la Mine Jaune ;
 - G27 du secteur des Mines de Derlingoutte ;
 - G33 du secteur de la Mine de l'Evêché.
- sensible pour les autres galeries.

Evaluation de l'aléa effondrement localisé

La caractérisation de l'aléa lié aux effondrements localisés sur les entrées de galeries résulte du croisement de l'intensité et la prédisposition. Sur l'ensemble du secteur, la répartition des aléas est la suivante :

Entrées de galeries	Prédisposition	Intensité	Aléa
Entrées de galeries G4, G5, G7 à G38	Sensible	Modérée	Moyen
Entrées de galeries G1, G2, G3 et G6	Peu sensible	Modérée	Faible

Tableau 19 : Evaluation de l'aléa au droit des entrées de galeries isolées

Les résultats du croisement de l'intensité et de la prédisposition ainsi que le détail du calcul de l'emprise de l'aléa sont mentionnés en annexe 6.

5.4.3 Effondrement localisé de type fontis lié aux galeries peu profondes

Un effondrement localisé de type fontis se caractérise par l'apparition soudaine en surface d'un cratère d'effondrement à la suite de l'éboulement de travaux miniers peu profonds. La profondeur du cratère dépend principalement de la profondeur et des dimensions des travaux souterrains.

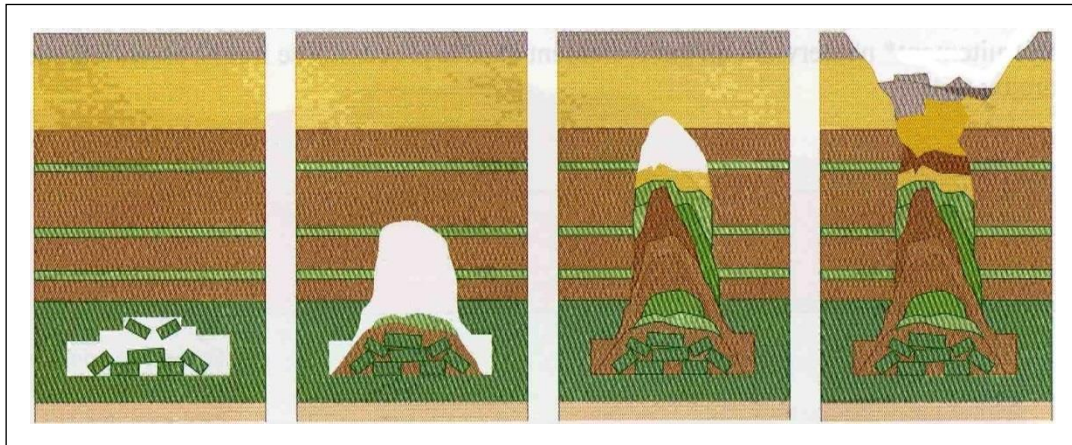


Figure 48 : Schéma de principe d'évolution d'un effondrement localisé
(d'après Evaluation des Aléas liés aux Cavités Souterraines - LCPC, 2002)

Lorsque la voûte, initiée par la rupture du toit de l'excavation, ne se stabilise pas mécaniquement, 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 « auto-comblement », la voûte peut alors atteindre la surface et engendrer un effondrement localisé.

Evaluation de l'intensité

L'intensité de l'aléa dépend directement :

- du retour d'expérience sur les désordres présents dans le secteur ;
- de la nature et l'épaisseur des terrains peu cohésifs de surface (pris dans ce cas à 2 m) ;
- de la connaissance de la géométrie des vides souterrains.

L'intensité de l'effondrement localisé est évaluée en estimant le diamètre de fontis attendu en surface. L'évaluation de ce diamètre dépend de l'épaisseur des terrains peu cohérents de surface (2 m) et de l'angle de frottement des matériaux (45°).

Pour les sept galeries ouvertes et pénétrables, la largeur du corps des galeries est comprise entre 0,6 m (G27) et 2 m (G1), pour des hauteurs comprises entre 0,6 m (G27) et 2 m (G1). Le diamètre d'un éventuel fontis serait compris entre 5 m et 6 m, ce qui correspond à une intensité modérée.

L'ensemble de cette évaluation est synthétisée en annexe 8.

Evaluation de la hauteur limite de remontée de fontis

Pour se placer dans un contexte sécuritaire, nous considérons qu'une montée de voûte ne peut être arrêtée que par un autocomblement des terrains foisonnés dans la galerie. Pour déterminer la profondeur limite d'influence de ce phénomène, nous avons procédé à un calcul de remontée de fontis. Le modèle de calcul prend en considération les paramètres suivants :

- les caractéristiques géométriques des galeries à faible profondeur (largeur, hauteur, angle des parements) ;
- le rayon du fontis ;
- l'angle naturel des terrains ;
- le coefficient de foisonnement des terrains.

Pour la présente étude, des hypothèses sont faites pour les paramètres suivants :

- le rayon au toit du fontis est égal à la demi-largeur de la galerie ;
- l'angle du talus naturel du matériau effondré et le coefficient de foisonnement sont fonction de la lithologie et découlent des valeurs proposés par le document méthodologique « *Recommandations pour les Terrassements Routiers* » édité par le Laboratoire des Ponts et Chaussées en 1976 ;
- les galeries sont ici creusées dans des matériaux résistants. Quelle que soit la galerie considérée, on retiendra donc, de manière sécuritaire, les hypothèses suivantes :
 - angle du talus naturel : 45° ;
 - coefficient de foisonnement : 1,4.

Sur les 38 galeries dénombrées, sept disposent de données suffisantes pour déterminer les autres paramètres (largeur et hauteur du corps de la galerie, angle des parements, hauteur de remblayage, épaisseur de recouvrement).

Les visites des galeries accessibles et pénétrables ont permis de relever les indices suivants :

- les angles des parements de ces galeries sont systématiquement de l'ordre de 90° ;
- aucune galerie ne semble remblayée. Les entrées des galeries sont parfois bouchées sur quelques mètres, résultant de l'érosion des terrains de surface ;
- les terrains étant en pente et les galeries horizontales, le recouvrement est faible à l'entrée de la galerie et augmente rapidement.

L'ensemble des valeurs retenues ainsi que les résultats des calculs de hauteur maximale de remontée de fontis sont synthétisés au niveau du tableau de l'annexe 7.

Par souci de simplification et pour tenir compte des nombreuses incertitudes résiduelles, la hauteur maximale de remontée de fontis est, pour l'ensemble des galeries, retenue égale à 15 m.

Evaluation de la prédisposition

Concernant les galeries isolées, les éléments suivants se dégagent de la zone d'étude :

- une largeur des ouvrages faible (< 2 m) ;
- la nature du recouvrement est considérée altérée ;
- la présence de désordres à proximité des galeries ;
- les galeries sont vides ;
- l'état du toit est peu fracturé pour les quelques galeries dont les entrées ont pu être visitées ;
- aucune galerie ne dispose de soutènement ;
- les venues d'eau sont difficilement estimables, excepté pour quelques galeries dont les entrées ont pu être visitées. Actuellement, sur les sept galeries pénétrables, on remarque que :
 - pour les galeries G1 et G2, une émergence est observée ;
 - pour la galerie G11, qui présente un niveau d'eau d'une vingtaine de centimètres, une émergence est observée ;
 - pour la galerie G27, on note la présence d'un niveau d'eau d'une vingtaine de centimètres ;
 - pour la galerie G33, qui présente un niveau d'eau d'une trentaine de centimètres, une émergence est observée.

Les autres galeries sont sèches ou bien présentent une faible rétention d'eau au niveau de leur entrée.

Cette évaluation aboutit aux niveaux de prédisposition suivants :

- très sensible pour les galeries des Minières (G1, G2 et G3) présentant des terrains très fracturés, un ennoyage des travaux à certains endroits et des hauteurs importantes supérieures à 4 m. Le désordre D1, survenu en 2014, s'est produit au niveau de travaux miniers situés à plus de 15 m de profondeur et s'est manifesté en surface par un fontis de diamètre 6 m ;
- sensible pour les galeries présentant des désordres ou partiellement ennoyées. Cette configuration correspond aux galeries :
 - les galeries G1, G2 et G3 qui présentent des hauteurs inférieures à 2 m et des émergences ;
 - les galeries G11, G27 et G33 qui semblent ennoyées et/ou une émergence est observée ;
 - les galeries G6, G7, G8, G22, G36 et G38 éboulées en tête qui présentent des désordres de type fontis proches de leur entrée ;
- sensible également pour les autres galeries éboulées en tête et qui disposent d'un tracé sur un plan minier (la géologie étant similaire dans le secteur d'étude). Il s'agit des galeries G4, G5, G9, G10, G12 à G16, G31, G32, G34 et G37.

Evaluation de l'aléa effondrement localisé

La caractérisation de l'aléa lié aux effondrements localisés sur les galeries résulte du croisement de l'intensité et la prédisposition. Sur l'ensemble du secteur, la répartition des aléas est la suivante :

Description du zonage	Prédisposition	Intensité	Aléa
Travaux des galeries G1, G2 et G3 de 0 à 30 m de profondeur dont les hauteurs sont supérieures à 4 m	Très sensible	Modérée	Fort
Galeries isolées G1, G2 et G3 dont les hauteurs sont inférieures à 2 m	Sensible	Modérée	Moyen
Galeries G4 à G38 de 0 à 15 m de profondeur	Sensible	Modérée	Moyen
Galeries G4 à G38 > 15 m de profondeur	-	-	Nul

Tableau 20 : Evaluation de l'aléa au droit des galeries isolées

Les résultats du croisement de l'intensité et de la prédisposition ainsi que le détail du calcul de l'emprise de l'aléa sont mentionnés en annexe 8.

5.5 Evaluation de l'aléa tassement lié aux ouvrages de dépôt

Pour rappel, 39 zones de dépôts ont été cartographiées lors de la phase informative. Sur le terrain, ces zones sont peu visibles. Elles sont la plupart du temps étalées dans la pente et recouvertes de végétation.

Au vu de l'absence de tout facteur aggravant constaté sur le terrain, l'aléa tassement est considéré comme faible pour l'ensemble des zones de dépôts.

5.6 Evaluation de l'aléa tassement lié aux pingens et aux mines à ciel ouvert

Pour rappel, 85 pingens et 7 mines à ciel ouvert ont été cartographiés lors de la phase informative. Sur le terrain, ces zones sont stabilisées ; aucune trace de ravinement/glisement n'est observée.

Au vu de l'absence de tout facteur aggravant constaté sur le terrain, l'aléa tassement est considéré comme faible pour l'ensemble des pingens et mines à ciel ouvert.

5.7 Cartographie des aléas

Les marges d'incertitude (précision des levés au GPS, des travaux de calage, des reports cartographiques) et les marges d'influence liées à l'extension des aléas (telles que définies dans les paragraphes suivants) sont intégrées aux zonages figurés sur les cartes d'aléas proposées.

5.7.1 Effondrement localisé lié aux puits

Pour ces ouvrages, la zone d'aléa est circulaire. Le rayon de la zone d'aléa est défini à partir du centre de l'ouvrage de la façon suivante :

- rayon du puits matérialisé ou localisé ;
- marge d'influence qui correspond, en fonction de la profondeur des ouvrages et du volume des vides disponible, à l'extension latérale du cône d'effondrement en surface. D'une manière générale, il est considéré l'épaisseur des terrains peu cohérents de surface (2 m) ;
- incertitudes :
 - incertitude de localisation issue de celle du plan sur lequel se trouve cet ouvrage (ouvrage localisé) ou de localisation GPS (ouvrage matérialisé) ;
 - incertitude liée au support cartographique (BD ORTHO) prise égale à 3 m.

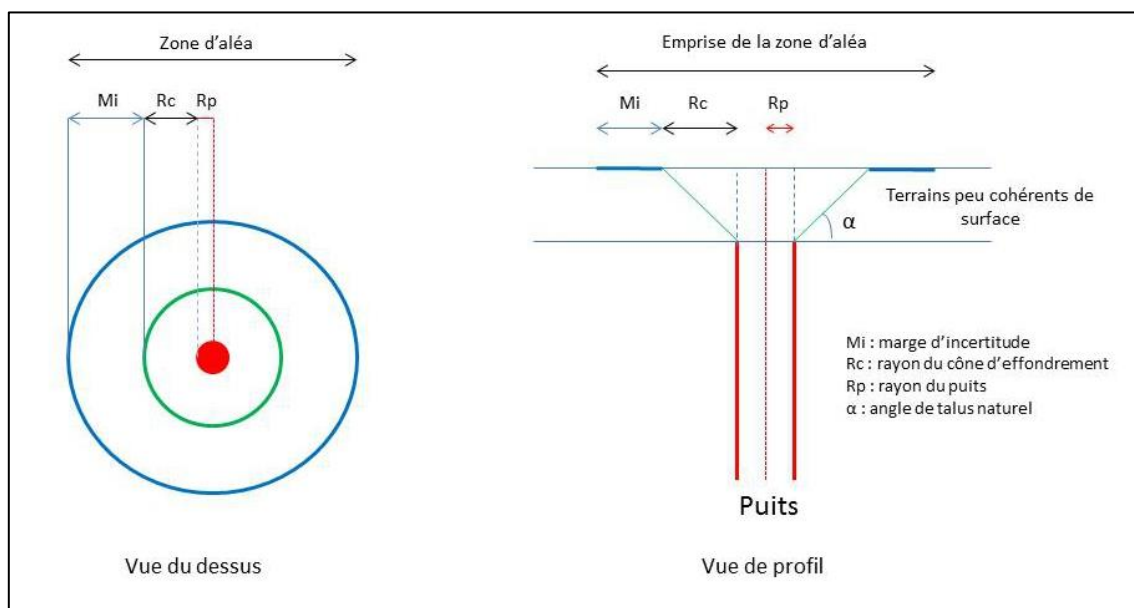


Figure 49 : Cartographie de l'aléa lié au puits

Le Tableau 21 de synthèse suivant présente l'ensemble des valeurs retenues pour les puits de l'étude, ainsi que le rayon de l'aléa tel qu'il est dessiné sur la carte finale des aléas :

Commune	Concession	Secteur	Ouvrage	Prédisposition finale retenue	Niveau de l'intensité	Niveau de l'aléa	Rayon du cône d'effondrement (rayon du puits + rayon d'influence)	Incertitude de positionnement	Incertitude de report cartographique	Rayon final de l'aléa
Grandfontaine	Framont-Grandfontaine	Les Minières	P1	Peu sensible	Modérée	Faible	3	5	3	11
			P2	Peu sensible	Modérée	Faible	3	5	3	11
		Mine Grise	P3	Sensible	Modérée	Moyen	3	20	3	26
		Mine des Engins	P4	Peu sensible	Modérée	Faible	3	5	3	11
		Mine Jaune	P5	Sensible	Modérée	Moyen	3	20	3	26
		Mine du Curé	P6	Peu sensible	Modérée	Faible	3	20	3	26
			P7	Sensible	Modérée	Moyen	3	20	3	26

Tableau 21 : Cartographie de l'aléa puits

5.7.2 Effondrement localisé lié aux corps et aux entrées de galeries

Pour les galeries, l'extension de la zone d'aléa est définie à partir de la localisation et de l'extension de ces ouvrages en fonction de la profondeur-seuil. La marge retenue pour cartographier l'aléa se décompose comme suit :

- emprise de l'ouvrage ;
- marge d'influence qui correspond à l'extension latérale maximale d'un fontis en surface. La valeur de cette marge, prise en aval et de part et d'autre de la galerie, est ici prise égale à 2 m, qui correspond à l'épaisseur des terrains peu cohérents de surface ;
- incertitudes :
 - incertitude de localisation issue de celle du plan sur lequel se trouve cet ouvrage ou de localisation GPS ;
 - incertitude liée au support cartographique (BD ORTHO) prise égale à 3 m.

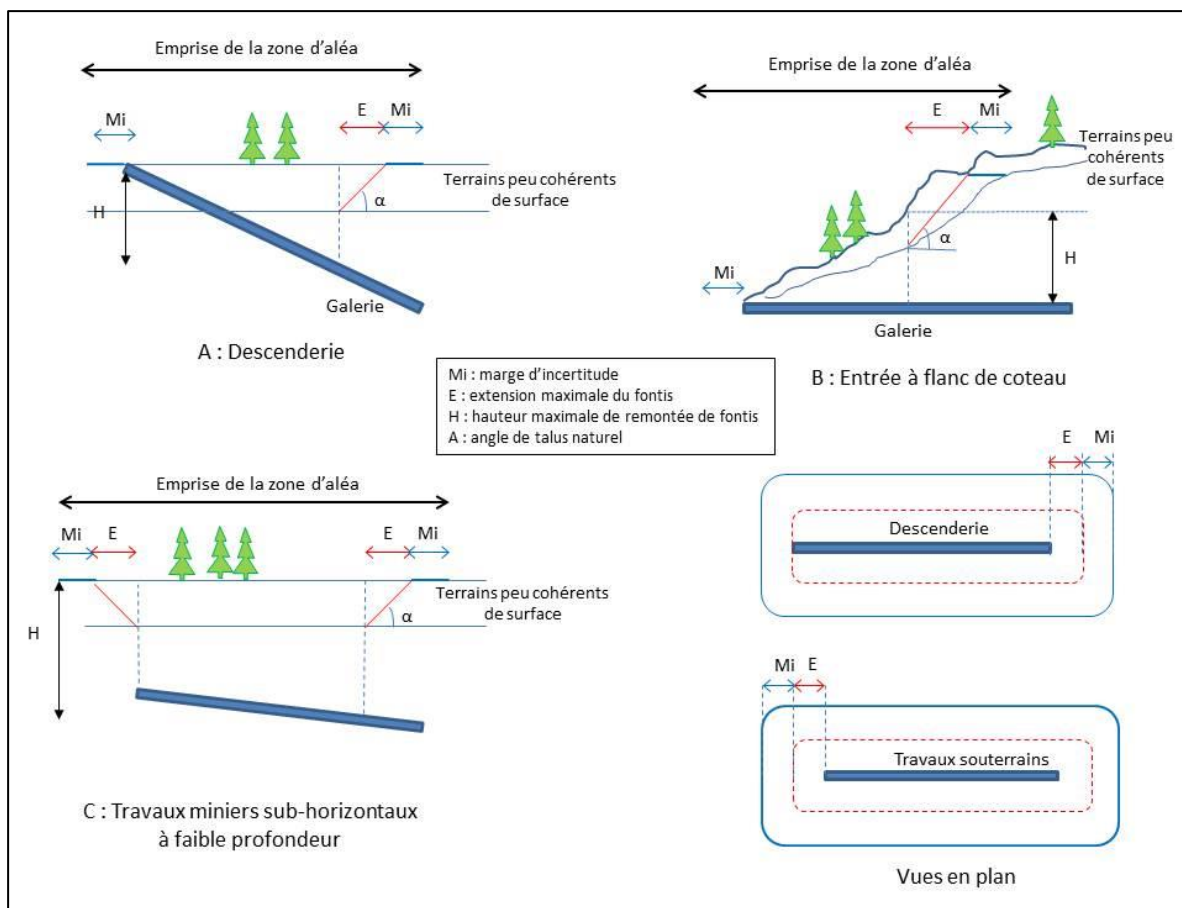


Figure 50 : Cartographie de l'aléa lié aux galeries

5.7.3 Tassement lié aux ouvrages de dépôt, pingon et mines à ciel ouvert

Pour les dépôts, pingon et mines à ciel ouvert, la cartographie des aléas tassement concerne les emprises exactes des ouvrages :

- emprise des dépôts, pingon et mines à ciel ouvert. Pour l'ensemble des pingon, on considère leur diamètre pris égal à 6 m ;
- incertitude de localisation : les pingon ont été tracés sur la base des données de terrain. De la sorte, leur incertitude de localisation est celle du calage du GPS (5 m) ;
- incertitude de localisation : les zones de dépôts ont été tracées sur la base des données de terrain ou des plans d'archives. De la sorte, leur incertitude de localisation est celle du GPS (5 m) ou du calage du plan associé (20 m pour les dépôts T4 à T7 et T10 à T15) ;
- incertitude de localisation : les mines à ciel ouvert ont été tracées sur la base des données de terrain ou des plans d'archives. Le contour des mines à ciel ouvert a été levé au GPS (5 m d'incertitude de localisation), sauf pour :
 - la mine à ciel ouvert du secteur des Minières, notée MCO7 sur la carte informative, qui a été reportée à l'aide d'un plan dont l'incertitude de localisation est de 5 m ;
 - la mine à ciel ouvert du secteur de la Mine Noire, notée MCO2 sur la carte informative, qui a été reportée à l'aide d'un plan dont l'incertitude de localisation est de 30 m ;

- la mine à ciel ouvert du secteur de la Mine Metzger, notée MCO3 sur la carte informative, qui a été reportée à l'aide d'un plan dont l'incertitude de localisation est de 30 m ;
- incertitude liée au support cartographique (BD ORTHO) prise égale à 3 m.

6 SYNTHÈSE ET CONCLUSION

6.1 Synthèse globale des aléas

L'analyse des données obtenues à l'issue de la phase informative a permis d'identifier et d'évaluer plusieurs aléas liés aux anciens travaux miniers du secteur de Grandfontaine. Ils sont synthétisés dans le Tableau 22 suivant :

Type d'aléa	Type	Niveau d'aléa		
		Fort	Moyen	Faible
Effondrement localisé	Puits	-	P3, P5 et P7	P1, P2, P4 et P6
	Entrées de galeries	-	G4, G5, G7 à G38	G1, G2, G3 et G6
	Galeries (profondeur inférieure à 15 m)	-	G1 à G16, G22, G27, G31 à G34, G36 à G38	-
	Travaux miniers souterrains avec des hauteurs supérieures à 4 m (profondeur inférieure à 30 m)	Travaux du secteur des Minières		
Tassement	Ouvrages de dépôt, pingon et mines à ciel ouvert	-	-	T1 à T39 Pg1 à Pg85 MCO1 à MCO7

Tableau 22 : Synthèse des aléas miniers

Deux bâtiments à usage de garage-hangar ainsi qu'une route communale (rue des Minières, commune de Grandfontaine) sont concernés par l'aléa effondrement localisé :

- de niveau moyen (dû à l'entrée de galerie G5) pour le garage ;
- de niveau moyen (dû à l'entrée et corps de la galerie G4) et de niveau faible (dû au puits P2) pour le hangar ;
- de niveau fort (dû aux travaux miniers du secteur des Minières) pour la route communale.

6.2 Synthèse des aléas par commune

Le Tableau 23 récapitule, pour chaque aléa, les communes concernées par cet aléa ainsi que le niveau d'aléa et l'enjeu de surface.

Commune	Niveau d'aléa	Enjeu
Tassement lié aux ouvrages de dépôt, pingon et mines à ciel ouvert		
Grandfontaine	Faible	Aucun enjeu concerné
Schirmeck	Faible	Aucun enjeu concerné
Effondrement localisé lié aux travaux souterrains peu profonds		
Grandfontaine	Faible	Aucun enjeu concerné
Grandfontaine	Moyen	Un hangar (G4) et un garage (G5) et route communale
Grandfontaine	Fort	Route communale
Schirmeck	Moyen	Aucun enjeu concerné
Effondrement localisé lié aux puits		
Grandfontaine	Moyen	Aucun enjeu concerné
Grandfontaine	Faible	Route communale ainsi qu'un hangar (niveau puits P2)

Tableau 23 : Synthèse des aléas retenus par commune

7 LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

7.1 Figures

Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude	3
Figure 2 : Principe d'évaluation de l'aléa	5
Figure 3 : Localisation des anciens travaux miniers sur le secteur minier de Grandfontaine (les carrés violets représentent les ouvrages débouchant au jour)	8
Figure 4 : Environnement géologique du secteur étudié (d'après la carte géologique au 1 / 50 000 du BRGM, feuilles n°270 de Cirey-sur-Vezouze et n°271 de Molsheim)	9
Figure 5 : Extrait de la légende de la carte géologique de Cirey-sur-Vezouze (feuille n°270)	10
Figure 6 : Photographies de l'entrée de la galerie des Minières G1 (clichés GEODERIS, 19/09/2015)	15
Figure 7 : Photographies de l'entrée de l'ancienne galerie des Minières G2 (clichés GEODERIS, 29/09/2015)	15
Figure 8 : Photographies de l'entrée et du corps de la descendrière du puits de l'Engin G3 (clichés GEODERIS, 29/09/2015)	15
Figure 9 : Coupe des travaux de la Mine Grise (plan 21 bis - Annexe 2)	17
Figure 10 : Coupe des travaux de la Mine Noire (plan 21 bis - Annexe 2)	18
Figure 11 : Photographie de la mine à ciel ouvert de la Mine des Engins MCO4 (clichés GEODERIS, 30/09/2015)	19
Figure 12 : Photographie de l'entrée du travers-banc de la Mine des Engins G10 (cliché GEODERIS, 30/09/2015)	20
Figure 13 : Tracé du travers-banc de la Mine des Engins - Pierre FLUCK, 11/04/1976	20
Figure 14 : Coupe des travaux de glanage sur piliers dans les secteurs des Mines Grise, des Engins, Rouge et Jaune (plan 21 bis - Annexe 2)	21
Figure 15 : Photographie du puits d'aération situé à proximité de la Mine des Engins (cliché GEODERIS, 30/09/2015)	21
Figure 16 : Coupe et position des travaux de la Mine du Sapin sur le plan 21 bis de l'annexe 2	22
Figure 17 : Photographies de la mine à ciel ouvert de la Mine Rouge MCO5 (clichés GEODERIS, 30/09/2015)	23
Figure 18 : Photographies du travers-banc d'écoulement de la Mine Jaune G11 (clichés GEODERIS, 30/09/2015)	24
Figure 19 : Photographie de la mine à ciel ouvert de la Mine Jaune MCO6 (clichés GEODERIS, 30/09/2015)	24
Figure 20 : Photographie de la galerie éboulée en tête de la « Recherche du Curé » G15 (cliché GEODERIS, 29/09/2015)	26

Figure 21 : Galerie de recherche G17 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T18 (clichés GEODERIS, 30/09/2015)	27
Figure 22 : Galerie de recherche G18 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T19 (clichés GEODERIS, 30/09/2015)	27
Figure 23 : Galerie de recherche G19 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T20 (clichés GEODERIS, 30/09/2015)	28
Figure 24 : Galerie de recherche G20 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T21 (clichés GEODERIS, 30/09/2015)	28
Figure 25 : Galerie de recherche G21 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T22 (clichés GEODERIS, 30/09/2015)	29
Figure 26 : Galerie de recherche G22 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T23 (clichés GEODERIS, 30/09/2015)	29
Figure 27 : Galerie de recherche G23 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T24 (cliché GEODERIS, 30/09/2015)	30
Figure 28 : Galerie de recherche G24 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T25 (clichés GEODERIS, 30/09/2015)	31
Figure 29 : Galerie de recherche G25 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T26 (cliché GEODERIS, 30/09/2015)	31
Figure 30 : Galerie de recherche G26 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T27 (clichés GEODERIS, 30/09/2015)	31
Figure 31 : Galerie de recherche G27 semi-ouverte et son corps (clichés GEODERIS, 30/09/2015)	32
Figure 32 : Galerie de recherche G29 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T31 (clichés GEODERIS, 16/09/2015)	33
Figure 33 : Galerie de recherche G30 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T32 (clichés GEODERIS, 16/09/2015)	33
Figure 34 : Galerie G31 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T33 (cliché GEODERIS, 16/09/2015)	33
Figure 35 : Plan et coupe de la mine de cuivre et fer du Donon (Herborn, septembre 1849)	34
Figure 36 : Galerie inférieure de l'Evêché G33 ouverte et son ouvrage de dépôt T34 (clichés GEODERIS, 29/09/2015)	35
Figure 37 : Galerie supérieure de l'Evêché G34 éboulée en tête et son ouvrage de dépôt T35 (clichés GEODERIS, 29/09/2015)	36
Figure 38 : Halde T36 associée à la galerie G35 non retrouvée sur le terrain (cliché GEODERIS, 29/09/2015)	36
Figure 39 : Plan et coupe de la Mine de Noire-Maison - 1859	37
Figure 40 : Galerie du troisième niveau G36 et son ouvrage de dépôt T37 (clichés GEODERIS, 30/09/2015)	38
Figure 41 : Galerie du deuxième niveau G37 et son ouvrage de dépôt T38 (clichés GEODERIS, 30/09/2015)	38
Figure 42 : Galerie du premier niveau G38 et son ouvrage de dépôt T39 (clichés GEODERIS, 30/09/2015)	38
Figure 43 : Désordre D1 de type fontis dans le secteur des Minières (clichés GEODERIS, mars 2014)	42
Figure 44 : Principe schématique de formation d'une cuvette d'affaissement (BD cavité - BRGM)	49
Figure 45 : Principe schématique du mécanisme de l'effondrement généralisé (BD cavité - BRGM)	49
Figure 46 : Schéma de principe du phénomène de glissement profond (MEDD)	50
Figure 47 : Schéma de principe du phénomène d'effondrement localisé en tête de puits	51
Figure 48 : Schéma de principe d'évolution d'un effondrement localisé (d'après Evaluation des Aléas liés aux Cavités Souterraines - LCPC, 2002)	56
Figure 49 : Cartographie de l'aléa lié au puits	59
Figure 50 : Cartographie de l'aléa lié aux galeries	61

7.2 Tableaux

Tableau 1 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur des Minières - La Chapelle	16
Tableau 2 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur de la Mine Grise	17
Tableau 3 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur de la Mine Noire	18
Tableau 4 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur de la Mine de Metzger	19
Tableau 5 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur de la Mine des Engins	22
Tableau 6 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur de la Mine Rouge	23
Tableau 7 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur de la Mine Jaune	25
Tableau 8 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur de la Mine du Curé	26

Tableau 9 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur des « Mines sans nom »	30
Tableau 10 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur des « Mines de Derlingoutte »	32
Tableau 11 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur « Mine du Bas-Donon »	34
Tableau 12 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur « Mine de l'Evêché »	37
Tableau 13 : Synthèse des ouvrages miniers sur le secteur « Mine de Noire-Maison »	39
Tableau 14 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des dépôts miniers sur le secteur de Grandfontaine (67)	41
Tableau 15 : Recensement des désordres sur le secteur de Grandfontaine	42
Tableau 16 : Liste des documents et des plans	47
Tableau 17 : Evaluation de l'aléa effondrement localisé lié à un puits	53
Tableau 18 : Evaluation de l'aléa effondrement localisé pour les puits	54
Tableau 19 : Evaluation de l'aléa au droit des entrées de galeries isolées	55
Tableau 20 : Evaluation de l'aléa au droit des galeries isolées	58
Tableau 21 : Cartographie de l'aléa puits	60
Tableau 22 : Synthèse des aléas miniers	62
Tableau 23 : Synthèse des aléas retenus par commune	63

8 SIGLES UTILISES

AD : Archives Départementales

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement

MCO : Mine à Ciel Ouvert

ODJ : Ouvrages Débouchant au Jour

BD ORTHO® : Base de Données ORTHOphotographie numérique

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

GPS : Global Positioning System (géolocalisation)

DGPS : Differential Global Positioning System (géolocalisation différentielle)

DRAC : Direction Régionale des Affaires Culturelles

IGN : Institut Géographique National

IRM : Inventaire des Risques Miniers

NGF : Nivellement Général de la France

9 BIBLIOGRAPHIE

9.1 Références citées

- [1] Rapport d'étude BRGM référencé BRGM/RP-65137-FR. Concessions pour fer et pyrite de Framont-Grandfontaine et Schirmeck (Bas-Rhin). Etude informative et cartographie des aléas mouvements de terrain. Novembre 2015.
- [2] Rapport d'étude INERIS référencé DRS-06-51198/R01 du 4 mai 2006. L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers. Guide méthodologique. Volet relatif à l'évaluation de l'aléa. Les risques de mouvements de terrain, d'inondations et d'émissions des gaz de mine.
- [3] Rapport GEODERIS N2012/010DE – 12NAT2210. Guide pratique pour l'homogénéisation des études détaillées des aléas miniers. Volet « effondrement localisé ».
- [4] Rapport GEODERIS E2014/096DE. Avis sur l'origine des désordres constatés sur la commune de Grandfontaine (67). Avril 2014.

9.2 Références non citées

Tritsch J.J., Toulemont M., Durville J.-L., Pothérat P. (2002) – Guide technique. Evaluation des aléas liés aux cavités souterraines. Collection Environnement - Risques naturels, LCPC/INERIS/MATE, 130 p.

Bétournay M.C. (2005) – Failure mechanisms, stability aspects, and analysis techniques for abandoned Canadian metal mines. Post-Mining 2005, November 16-17, Nancy, France

Elie de Beaumont L. (1822) – Notice sur les mines de fer et les forges de Framont et de Rothau. Annales des Mines, série 1, volume 7, 4^{ème} livre, pp. 521-554.

Bouladon J., Burnol L., Picot P. et Sainfeld P. (1964) – Les skarns métallifères de Framont-Grandfontaine (Bas-Rhin), leur minéralisation en fer et en tungstène. Rapport BRGM DS 64 – A 33.

Fluck P. (1977) – Géologie, minéralogie et spéléologie minière à Framont-Grandfontaine. Saisons d'Alsace n° 63, pp. 73-81.

Ménillet F., Durand M., Maïaux C. et Lougnon J. (1978) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Cirey-sur-Vezouze (270). Orléans : BRGM, 48 p.

Delaunay J. et Vuillaume P. (1982) – Commune de Grandfontaine (67), Mine des Minières. Examen de la stabilité des galeries ouvertes au public. Rapport BRGM.

Féraud J. et Ménillet F. (1998) – Diagnostic des risques des anciens travaux miniers et des anciennes carrières souterraines d'Alsace pour la sécurité publique : campagne 1998. Rapport BRGM R 40410.

10 LISTE DES ANNEXES

Annexe	Intitulé
1	Terminologie / Glossaire
2	Plans miniers
3	Photographies
4	Inventaire et caractéristiques des ouvrages débouchant au jour
5	Ouvrages et travaux miniers vus sur le terrain
6	Evaluation de l'aléa effondrement localisé au niveau des entrées de galeries
7	Calcul de la hauteur de remontée de fontis pour les galeries du secteur minier de Grandfontaine
8	Aléa effondrement localisé au droit des galeries
9	Carte informative
10	Carte des aléas miniers par commune

