ANTENNE SUD
PIST OASIS 3 – Bât A – Rue de la Bergerie
30319 ALES CEDEX
☎ : 04 66 61 09 80 – 🖷 : 04 66 25 89 68

GEODERIS

Concession de houille de Ste Foy l'Argentière
Département du Rhône

Evaluation des aléas

DIFFUSION :

Jean-Paul PETIT	DRIRE Rhône Alpes (2 ex.)
Jacques BUSSET	Pôle de Compétence Sud
Dominique MIDOT	GEODERIS D

Réf : GEODERIS S 2006/72DE - 06RHA2103 **Date : 24/08/06**

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	O. Lefebvre	C. Franck	A. Dommanget
Visa			

Concession de houille de Sainte-Foy-l'Argentière
Département du Rhône

Evaluation des aléas

SOMMAIRE

1. Cadre et objectif 3
2. Methodologie et travaux effectues 4
2.1. Situation miniere 4
2.2. Déroulement de l'étude 4
2.3. Risque et aléa 5
3. Aléas résiduels 5
3.1. Nature des aleas résiduels retenus 5
3.1.1. Mouvements de terrain 5
3.1.2. Gaz de mine 8
3.1.3. Echauffement 9
3.2. Cartographie des aléas 9
4. Conclusion 10

Mots clés : aléa, houille, Sainte Foy l'Argentière, mouvements de terrain, gaz,

1. CADRE ET OBJECTIF

Consciente de l'existence de travaux miniers relativement importants sur la concession de Sainte-Foy-l'Argentière (département du Rhône), la DRIRE Rhône Alpes a souhaité qu'une synthèse des données existantes soit réalisée afin d'ébaucher une carte des aléas résiduels liés à l'exploitation.

Elle a donc confié cette mission à GEODERIS, par l'intermédiaire du Pôle de Compétence Sud.

Pour ce faire, GEODERIS a sollicité la collaboration de l'INERIS afin d'évaluer et de cartographier les aléas miniers de type mouvement de terrain et émission de gaz.

L'emprise de la concession affecte les communes suivantes :

- Saint-Genis-L'Argentière,
- Sainte-Foy-L'Argentière,
- Souzy,
- Aveize.

L'objectif de l'étude est de :

- réaliser la synthèse des données existantes,
- déterminer l'existence et la nature des aléas résiduels après l'arrêt de l'exploitation,
- délimiter les zones concernées par ces aléas.

Ces données devront permettre à la DRIRE d'adopter une démarche adaptée à l'importance des aléas résiduels. Les aléas environnementaux n'ont à ce stade pas été étudiés.
Elles permettront également d'identifier, à partir des fonds topographiques ou photographiques (SCAN 25) utilisés les zones à risques potentiels (présence d'aléas significatifs sous des enjeux existants (habitations, voiries…).

2. METHODOLOGIE ET TRAVAUX EFFECTUES

2.1. SITUATION MINIERE

La concession de houille de Sainte-Foy-L'Argentière, instituée le 16/12/1770, a été renoncée le 15/11/1960. La production totale de houille a été de l'ordre de 2,5 millions de tonnes, extraites principalement de la couche n° 3.

L'exploitation a débuté avant même 1770, les archives mentionnant déjà à cette époque l'existence de nombreux petits puits délimitant autant de champs d'exploitation. Ces travaux concernaient le Nord du gisement, à proximité des affleurements.

L'exploitation industrielle débute aux environs de 1810 et s'approfondit jusqu'à une centaine de mètres dans les années 1870. Elle reste localisée au Nord du bassin.

De 1870 à 1909, la principale période d'exploitation a lieu. Elle concerne l'ensemble du bassin et voit se développer la grande infrastructure liée au puits de l'Argentière. L'approfondissement des travaux se poursuit (600 m). Cette période se termine par l'abandon du puits de l'Argentière.

Jusqu'en 1931, où la crise économique marquera l'arrêt de l'exploitation, de petits travaux sont menés : glanages dans les vieux travaux, fonçage du puits Neuf, tentative d'exploitation par descenderie.

Enfin, une dernière phase d'exploitation sera menée de 1941 à 1948 pour subvenir aux besoins en période de guerre et préserver les jeunes du STO.
1948 marque donc la fin de l'exploitation.

2.2. DEROULEMENT DE L'ETUDE

L'étude est basée sur l'analyse des archives de la DRIRE de Lyon, des Archives Départementales et d'enquêtes. Plusieurs visites de site ont été réalisées par le personnel INERIS et GEODERIS ; des contacts ont été pris avec les communes et des enquêtes menées en particulier auprès de riverains ou de personnes ayant déjà travaillé sur la problématique (en particulier M. Gauchez, retraité de la DDE). Par ailleurs, compte tenu de l'ancienneté de l'exploitation et de la mention de travaux très anciens, des recherches complémentaires ont été effectuées auprès de la bibliothèque du Conseil Général des Mines, d'Universités (sur Lyon et Saint Etienne) ainsi qu'au muséum d'histoire naturelle de Lyon.

L'étude a été menée selon la méthodologie d'une étude pré PPRM, avec dans un premier temps une collecte des informations disponibles, un scannage des plans, un recalage sur le site avec recherche des ouvrages (puits, galeries, terrils). Cette phase de recueil d'information a permis d'obtenir une compréhension la plus claire et la plus précise possible de l'exploitation, et de la position des objets miniers, compte tenu des documents disponibles.

La synthèse des données existantes est présentée dans le rapport INERIS DRS-06-70663/R01 joint en annexe.

L'évaluation et la cartographie des aléas résiduels ont ensuite été réalisées. On pourra se référer au rapport INERIS pour le détail des phénomènes et de l'évaluation des aléas.

2.3. RISQUE ET ALEA

L'aléa est un concept spécifique à la terminologie du risque qui correspond à l'éventualité qu'un phénomène se produise sur un site donné en atteignant une intensité ou une gravité qualifiable ou quantifiable. Dans le domaine du risque minier comme celui du risque naturel, l'aléa résulte du croisement de l'intensité d'un phénomène redouté et de l'éventualité de sa survenance.

L'aléa est hiérarchisé en l'appliquant à différentes configurations. Les termes « aléa fort » ou « aléa très fort » signifient que les zones concernées sont plus prédisposées à l'apparition de dégradations en surface que les zones « d'aléa moyen » ou « aléa faible » ou que les phénomènes susceptibles de se produire dans cette zone sont d'un niveau plus élevé.

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

3. ALEAS RESIDUELS

3.1. NATURE DES ALEAS RESIDUELS RETENUS

Les aléas qui ont été étudiés sur la concession de Sainte Foy L'Argentière sont liés aux mouvements de terrain et aux émissions de gaz de mine. L'aspect environnemental n'a pas été abordé.

3.1.1. MOUVEMENTS DE TERRAIN

Les différents phénomènes possibles sont passés en revue dans ce chapitre. Leur pertinence et, dans l'affirmative, le niveau de l'aléa, sont présentés. Pour plus de détail, nous invitons le lecteur à consulter le rapport INERIS en annexe.

- **L'effondrement généralisé** : il correspond à une rupture brutale en masse et sur de grandes surfaces. Ce phénomène nécessite que demeurent en souterrain des vides résiduels importants. Dans le cas présent, l'essentiel de l'exploitation a été réalisée de manière totale, et les zones de travaux anciens potentiellement susceptibles de présenter des vides résiduels sont discontinues et les tailles de petites dimensions. L'aléa effondrement généralisé n'a donc pas été retenu.

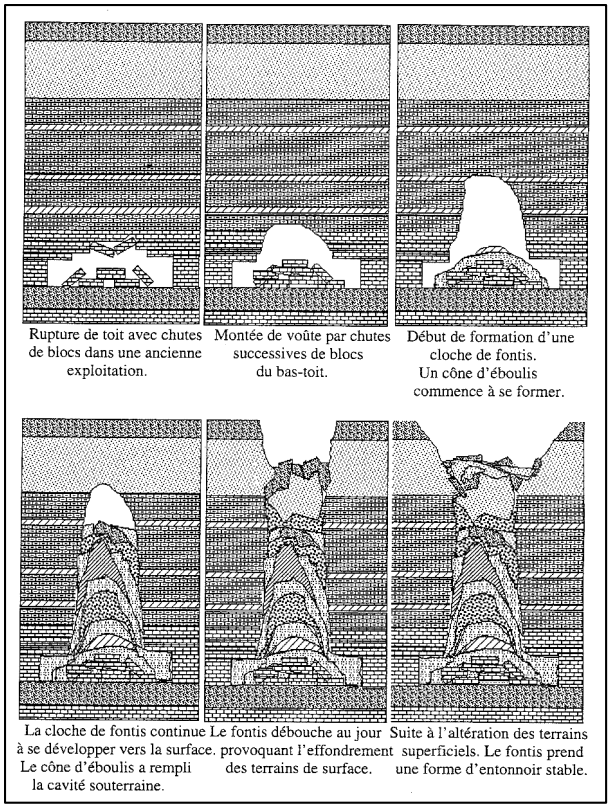
- **L'affaissement** : il correspond à un mouvement souple et progressif des terrains de surface induit par l'éboulement des travaux souterrains. Il se manifeste par l'apparition de dépressions sous forme de cuvettes et concerne essentiellement les exploitations totales (tout le minerai est enlevé dans les tailles), menées à moyenne ou grande profondeur et présentant des extensions horizontales importantes. Il peut également être observé au dessus d'exploitations partielles dont la rupture des piliers peut engendrer ce type de phénomène.

Cuvette d'affaissement de Bray-en-Cinglais – Soumont (14)

Les affaissements à l'aplomb d'exploitations totales se produisent dans la période qui suit l'exploitation (5 ans environ). Dans le cas présent, ils se sont déjà produits et ils peuvent être écartés sur les autres configurations (tailles de trop petites dimensions).

Le phénomène d'affaissement n'a donc pas été retenu.

- **L'effondrement localisé** : il s'agit de l'apparition soudaine en surface d'un cratère d'effondrement dont les caractéristiques géométriques dépendent du phénomène initiateur et du comportement des terrains sus-jacents. On voit ci-dessous l'illustration du phénomène de fontis, l'un des processus d'initiation de l'effondrement localisé.



Les phénomènes initiateurs de l'effondrement localisé sont variés (fontis, effondrement d'une tête de puits, rupture d'un pilier…), mais ils nécessitent tous la présence d'un vide souterrain résiduel. Dans le cas de Sainte-Foy-L'Argentière, les phénomènes initiateurs retenus sont :

1. la remontée de fontis :

    1) **aléa moyen** à l'aplomb des zones exploitées et des galeries isolées situées à moins de 30 m de profondeur (une incertitude de 25 à 55 m a été appliquée autour des tronçons de galerie considérés),

    2) **aléa faible** à l'aplomb des zones exploitées et des galeries isolées entre 30 et 50 m de profondeur (une incertitude identique à la précédente a été appliquée autour des tronçons de galerie considérés),

    3) **aléa faible** à l'aplomb des zones de travaux supposés. Les limites des zones d'aléa n'ont dans certains cas pas pu être tracées en raison de l'absence de plans (secteur du faisceau des Rossandes)

NB : un aléa faible a également été retenu par l'INERIS autour des désordres hors travaux connus et indices d'affleurements connus. ***GEODERIS proposerait plutôt un niveau moyen autour des désordres***, leur simple présence attestant de la présence de travaux (dont l'extension il est vrai n'en demeure pas moins inconnue).

2. l'effondrement de tête de puits :

    1) **aléa fort** pour les puits Neuf et puits de Meys (hors concession), non traités

    2) **aléa moyen** pour les puits traités recouverts d'une ou deux dalles béton (puits Fenoyl, Pierre et Marie), ainsi que pour le puits d'aérage du puits Neuf et de la descenderie, où rien ne laisse supposer un traitement et qui n'ont pas été retrouvés.

    3) **aléa faible** pour les puits supposés remblayés,

- **Le phénomène de tassement** : il s'agit d'un phénomène de recompaction d'un massif meuble ou ayant pu être fragilisé par des travaux souterrains peu profonds. Ce phénomène peut être sensible aux variations importantes de conditions hydriques ou à des surcharges anthropiques à l'aplomb des travaux. **Le phénomène de tassement a donc été retenu avec un niveau faible** :

    1. A l'aplomb des travaux miniers peu profonds (moins de 50 m de profondeur), une marge de sécurité de 15 à 50 m a été prise en plus de l'angle d'influence des travaux (35°).
    2. Sur les terrils (une marge de 10 m a été retenue).
    3. Autour des désordres mis en évidence hors travaux et des indices d'affleurement connus.

- **Le phénomène de glissement** : On distinguera les glissements superficiels, affectant de petits volumes (type rigoles de ravinement, glissements pelliculaires…) et les glissements profonds pouvant concerner des volumes importants. Les glissements, sur la concession de Ste Foy l'Argentière, ne sont susceptibles de concerner que les terrils. Le phénomène de glissement profond ou en masse a été écarté compte tenu de la morphologie des dépôts et des observations réalisées. Seul l'aléa glissement superficiel faible a été retenu sur l'ensemble des terrils. Il a été cartographié sur toute la surface du terril de l'Argentière et sur les flancs des trois autres terrils « plats ».

NB : un aléa écroulement rocheux faible a été retenu au niveau des fronts d'emprunt quasi verticaux repérés sur le terril de L'argentière.

3.1.2. GAZ DE MINE

L'émission de gaz de mine en surface implique la présence d'un réservoir (les anciens vides miniers), la présence de gaz potentiellement dangereux et une possibilité d'accumulation et de migration vers la surface.

Dans le cas de Ste Foy L'Argentière, même si le gisement a été classé durant l'exploitation comme peu grisouteux, les vides résiduels peuvent contenir de l'air désoxygéné, du méthane, du gaz carbonique, voire de l'hydrogène sulfuré. Aucun incident lié au gaz n'a été mis en évidence sur le site, mais les travaux sont parfois dénoyés et il existe des possibilités de migration vers l'extérieur par l'intermédiaire des ouvrages débouchant au jour. En conséquence, cet aléa a été retenu avec un niveau faible au droit des ouvrages débouchant au jour ainsi qu'à l'aplomb des travaux miniers non noyés (d'après estimation des niveaux d'eau par analyse géomorphologique et hydrogéologique). Une zone d'influence correspondant au massif potentiellement fracturé a été prise en compte avec un angle de 35° à partir de la bordure des travaux, en plus de l'incertitude globale de localisation.

3.1.3. ECHAUFFEMENT

Un aléa échauffement de niveau faible a été retenu au niveau de l'ensemble des terrils.

3.2. CARTOGRAPHIE DES ALEAS

Les cartes d'aléas sont présentées en annexe.

On notera que certains secteurs à enjeux sont affectés par un aléa effondrement localisé de niveau moyen : au voisinage de la gare, du lieu dit Plamboeuf et au sud du lieu dit Moulin Blanc.

Par ailleurs, un aléa effondrement localisé faible a été retenu par l'INERIS autour des désordres observés hors travaux connus à proximité de la D489 (vers Plamboeuf), près de la gare ainsi qu'autour des affleurements cartographiés dans les archives, ceux-ci ayant fait l'objet de travaux anciens dont les plans n'ont pas été retrouvés malgré les recherches réalisées. Notons que nous retiendrions plutôt un niveau moyen.

4. CONCLUSION

Les investigations et recherches menées sur la concession de Sainte Foy ont permis de replacer les anciens travaux miniers dans leur contexte. Les aléas résiduels (hors aléas environnementaux) liés aux anciens travaux miniers sont les suivants :

- effondrement localisé,
- tassement,
- glissement superficiels et écroulement rocheux,
- émission de gaz de mine,
- échauffement.

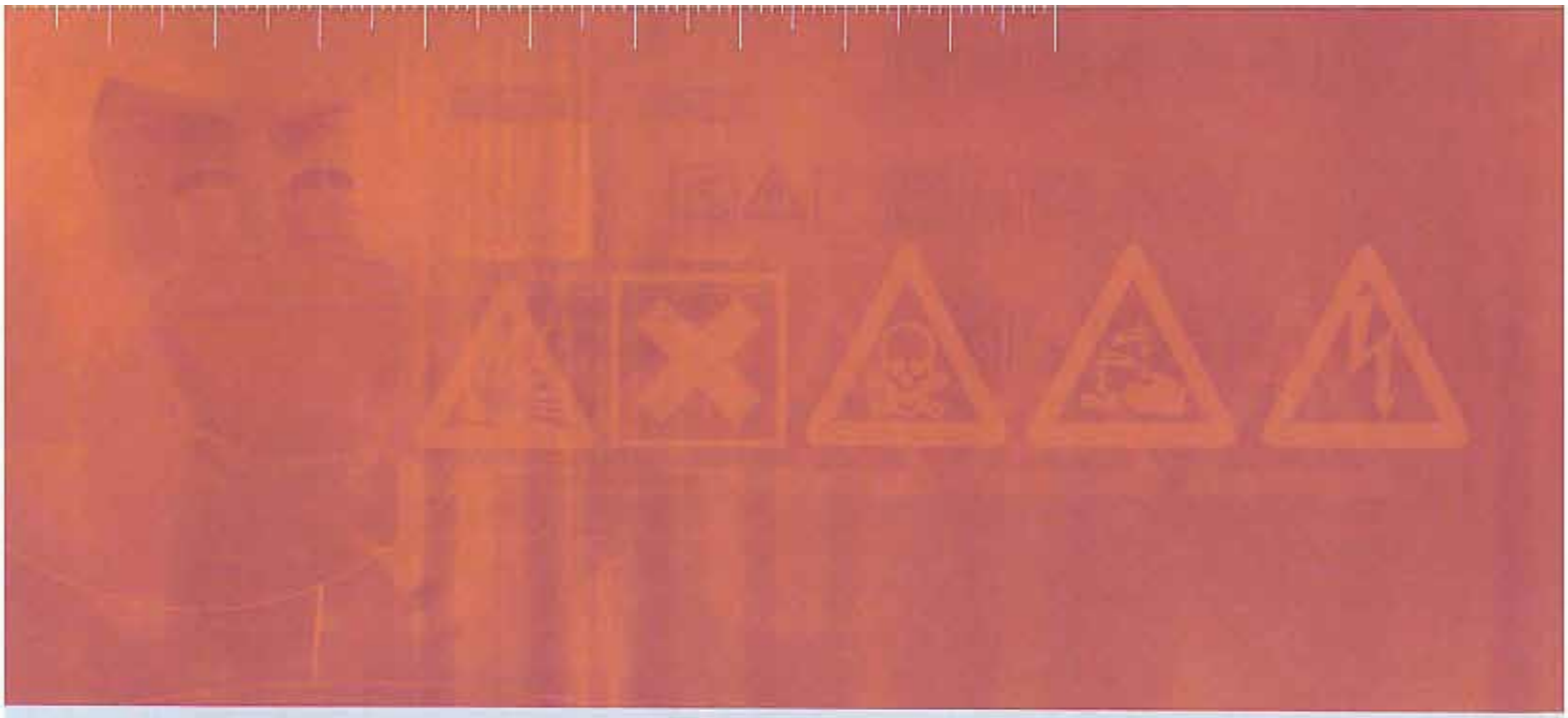
Les aléas sont de niveau faible, à l'exception de l'effondrement localisé qui est localement de niveau moyen, y compris dans certains secteurs urbanisés.

Une incertitude demeure quant à la possibilité d'aléas liés à d'anciens travaux non connus situés à proximité des affleurements et qui seraient susceptibles d'affecter des secteurs urbanisés.

ANNEXE

Rapport INERIS DRS-06-70663/R01

(hors texte)



RAPPORT D'ÉTUDE 04/04/2006

DRS-06-70663/R01

Evaluation des aléas sur la concession minière de Sainte-Foy-l'Argentière (69)

INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

Evaluation des aléas sur la concession minière de Sainte-Foy-l'Argentière (69)

Direction des Risques du Sol et du Sous-sol

GEODERIS

PREAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Emilie GUERET et Aude NACHBAUR	Xavier DAUPLEY	Mehdi GHOREYCHI
Qualité	Technicienne et Ingénieur à l'Unité Risques Géotechniques liés à l'exploitation du Sous-sol de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol	Responsable de l'Unité Risques Géotechniques liés à l'exploitation du Sous-sol de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol	Directeur de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol
Visa			

TABLE DES MATIERES

1. CONTEXTE ET OBJECTIF 7

2. RECUEIL DES INFORMATIONS ET CARTOGRAPHIE 9

2.1 Archives 9

2.2 Visite du site 9

2.3 Cartographie 9

2.3.1 Qualité des plans disponibles 9

2.3.2 Géoréférencement des travaux miniers 9

2.3.3 Système d'information géographique 10

2.3.4 Incertitude cartographique 11

2.3.4.1 Incertitude de positionnement propre au support cartographique 11

2.3.4.2 Incertitude de positionnement globale d'un élément minier 11

3. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE 13

3.1 Situation géographique 13

3.2 Contexte géologique 13

3.2.1 Structure du bassin houiller 13

3.2.2 Lithostratigraphie 14

3.2.2.1 Le socle cristallophyllien 14

3.2.2.2 La formation houillère 14

3.2.2.3 Les terrains de recouvrement 15

3.3 Affleurement du terrain houiller 15

3.4 Contexte hydrogéologique 16

4. HISTORIQUE GENERAL 19

4.1 Historique administratif 19

4.2 Historique de l'exploitation 19

4.2.1 Avant 1810 19

4.2.2 De 1810 à 1870 20

4.2.3 De 1870 à 1909 20

4.2.4 De 1909 à 1931 20

4.2.5 De 1941 à 1948 20

4.3 Historique des exploitations voisines à titre informatif 21

4.3.1 Exploitation de plomb argentifère....21
4.3.2 Travaux de recherche de Meys....21
4.4 Données de production....22
5. OUVRAGES DEBOUCHANT EN SURFACE....23
5.1 Les galeries....23
5.2 Les puits....23
5.2.1 Présentation des puits....23
5.2.2 Mode de traitement des puits....28
5.2.2.1 Remblayage : le puits Jenny....28
5.2.2.2 Remblayage : le puits de l'or, le puits d'extraction, le puits de l'Union et le puits des Pompes....28
5.2.2.3 Fermeture par dalle et bouchon de terre : le puits Pierre et le puits Marie28
5.2.2.4 Fermeture par dalle : le puits Fénoyl....29
5.2.2.5 Hiérarchisation des puits selon le mode de traitement....30
5.3 Désordres connus affectant les ouvrages débouchant en surface....31
6. EXPLOITATION SOUTERRAINE....33
6.1 Travaux souterrains....33
6.1.1 Localisation des travaux....33
6.1.2 Méthode d'exploitation....34
6.1.3 Description des travaux par zones d'exploitation....34
6.1.3.1 Travaux accessibles à partir des affleurements....34
6.1.3.2 Travaux accessibles à partir du puits des Charpennes, de la Pompe et des Flaches....35
6.1.3.3 Travaux accessibles à partir du puits de l'Argentière et du puits de l'Intérieur....35
6.1.3.4 Travaux accessibles à partir du puits Jenny, du puits Perrin et du puits Fenoyl....35
6.1.3.5 Travaux accessibles à partir du puits des Rossandes....35
6.1.3.6 Travaux accessibles à partir de la descenderie....36
6.1.3.7 Travaux accessibles à partir du puits Marie....36
6.1.4 Travaux à moins de 50 mètres....36
6.2 Eléments relatifs au gaz de mine....37
6.3 Terrils....37
6.4 Désordres connus en surface....38
6.4.1 Affaissements....38

6.4.2 Zones d'instabilités tracées par la DDE lors de l'élaboration du POS 39
6.4.3 Effondrements 39
6.4.3.1 Effondrement près de la Gare 39
6.4.3.2 Effondrement hors travaux miniers, à proximité des affleurements 40

7. EVALUATION DE L'ALEA « MOUVEMENTS DE TERRAIN » LIE AUX TRAVAUX SOUTERRAINS 41

7.1 L'aléa « effondrement généralisé » 41
7.2 L'aléa « effondrement localisé » 41
7.2.1 Le fontis 42
7.2.1.1 Intensité du phénomène 42
7.2.1.2 Evaluation de la hauteur de remontée d'un fontis 42
7.2.2 Effondrement localisé lié aux zones d'exploitation totale 44
7.2.3 Effondrement localisé lié aux zones probables d'exploitation partielle 44
7.2.4 Effondrement localisé lié aux galeries isolées 45
7.2.4.1 Evaluation de l'aléa 45
7.2.4.2 Limite du zonage (annexe 2) 46
7.2.5 Effondrement localisé lié aux puits 46
7.2.5.1 Intensité de l'aléa 46
7.2.5.2 Evaluation de l'aléa 47
7.2.5.3 Limite du zonage (annexe 2) 48
7.3 L'aléa « affaissement / tassement» 49
7.3.1 Aléa affaissement 49
7.3.2 Aléa tassement 49
7.3.2.1 Evaluation de l'aléa « tassement » à l'aplomb des travaux à faible profondeur 49
7.3.2.2 Evaluation de l'aléa « tassement » sur les terrils 50
7.3.2.3 Limite du zonage (annexe 3) 50

8. EVALUATION DE L'ALEA « EMISSION DE GAZ » 52

8.1 Intensité de l'aléa 52
8.2 Probabilité d'occurrence de l'aléa 52
8.3 Evaluation de l'aléa « émission de gaz de mine » 53
8.4 Limite du zonage (annexe 4) 53

9. EVALUATION DES ALEAS « GLISSEMENT », « ECROULEMENT ROCHEUX » ET « ECHAUFFEMENT » LIES AUX TERRILS.....55

9.1 L'aléa « glissement » et « écroulement rocheux » 55

9.1.1 Mouvements de terrain observés sur les terrils de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière.....55

9.1.2 Evaluation de l'aléa « glissement » et « écroulement rocheux ».....55

9.1.2.1 Ecroulement rocheux.....55

9.1.2.2 Glissement.....55

9.1.3 Limite du zonage (annexe 5) 56

9.2 L'aléa « échauffement » 56

9.2.1 Echauffement observé sur les terrils de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière.....56

9.2.2 Evaluation de l'aléa « échauffement » 57

10. CONCLUSION 59

11. DOCUMENTS CONSULTES 63

12. LISTE DES FIGURES ET ANNEXES 65

13. LISTE DES PHOTOS.....67

1. CONTEXTE ET OBJECTIF

Instituée le 16/12/1770, la concession de houille de Sainte-Foy-l'Argentière a été renoncée par arrêté du 15 novembre 1960. L'extraction a porté sur environ 2,5 millions de tonnes de houille. D'anciens travaux avaient porté sur les affleurements, tandis que pendant la période concédée, une vingtaine de puits ont été foncés.

La concession s'étend sur les territoires des communes de Sainte-Foy-l'Argentière, Souzy, Saint-Genis-l'Argentière et Aveize, département du Rhône (69). Le sous-sol de la commune d'Aveize a fait l'objet d'exploitation de plomb argentifère qui n'entrent pas dans le cadre de la présente étude. Précisons également que des ouvrages miniers (probablement des puits de recherche) ont été retrouvés dans le secteur de Meys (à 8 km au sud de Sainte-Foy). Ceux-ci se situent en dehors du domaine concédé. Les informations les concernant ne sont données dans ce rapport qu'à titre informatif.

La DRIRE Rhônes-Alpes a sollicité auprès de GEODERIS, l'analyse du risque minier sur la concession de houille de Sainte-Foy-l'Argentière. GEODERIS a confié la réalisation de cette étude à l'INERIS.

La démarche adoptée est similaire à celle d'une étude préliminaire à un PPRM. Ce rapport comprend donc une phase informative et une phase d'évaluation des aléas.

La phase informative a consisté à récolter toutes les informations disponibles afin d'identifier les phénomènes et les risques prévisibles sur le site de Sainte-Foy-l'Argentière. Elle comprend la consultation des Archives de la DRIRE, des Archives Départementale et une visite du site. Une carte informative, en annexe 1, illustre les propos de cette première partie, accompagnée de tables MapInfo renseignées avec les informations disponibles.

La phase dite d'évaluation des aléas consiste à identifier les phénomènes prévisibles et à évaluer leur intensité et probabilité d'occurrence. Elle aboutit à la production de cartes d'aléa, disponibles en annexes 2 à 6.

2. RECUEIL DES INFORMATIONS ET CARTOGRAPHIE

Dans le cadre de la phase informative, toutes les informations disponibles pertinentes en vue de l'évaluation de l'aléa ont été consultées.

2.1 ARCHIVES

Les documents des deux sections des Archives Départementales (anciennes et nouvelles) ont été consultés le 8 septembre 2005. Les fonds retrouvés sont constitués majoritairement par des lettres et des rapports d'Ingénieur des Mines ou des Travaux Public de l'Etat.

Les Archives de la DRIRE de Lyon ont été consultées le 8 septembre 2005, en complément des documents déjà collectés par GEODERIS et transmis à l'INERIS. La totalité des plans de mines disponibles provient de ces archives.

La liste des documents de référence utilisés est disponible au § 11.

2.2 VISITE DU SITE

La visite du site s'est déroulée le 6, 7 et 9 septembre 2005 avec M. DAUPLEY, Mlle GUERET et Mlle NACHBAUR de l'INERIS. Cette visite a permis :

- de recueillir les témoignages des habitants et des anciens mineurs, qui ont pu nous indiquer la localisation d'un certain nombre d'anciens ouvrages ;
- d'observer la nature et l'état de ces ouvrages débouchant en surface (descenderies et puits) et de déceler les éventuels mouvements de terrain ;
- de relever la position au GPS des ouvrages débouchant en surface dans le but de caler les plans d'archives.

2.3 CARTOGRAPHIE

2.3.1 QUALITE DES PLANS DISPONIBLES

Nous disposons de 16 plans issus des Archives de la DRIRE Rhône-Alpes, dont les dates s'échelonnent entre 1853 et 1945. Ils présentent des qualités de tracé très variables et sont à des échelles comprises entre 1/1000ème et 1/5000ème.

Ces plans nous permettent d'avoir une vision des travaux miniers à différentes époques et de tracer l'enveloppe des travaux souterrains. Toutefois, ces plans sont, soit établis avant la fin de l'exploitation d'un secteur, soit trop récents pour mentionner les vieux chantiers exploités : ils ne permettent donc pas de garantir l'exhaustivité du tracé. Une extrapolation de certaines zones de travaux a été effectuée lorsque le plan le laissait suggérer.

2.3.2 GEOREFERENCEMENT DES TRAVAUX MINIERS

Les travaux de géoréférencement et d'orthorectification ont été réalisés avec l'assistance du logiciel ERMAPPER 6.4. Les relevés, effectués au GPS, des

ouvrages débouchant en surface encore visibles, ont constitué les points de calage préférentiels des plans des travaux miniers. Les données issues du GPS présentent une erreur maximale de 1 m. A défaut d'ouvrages visibles en nombre suffisant pour caler les plans, ce sont les repères topographiques de l'IGN (routes, carrefour, anciennes maisons…) qui ont été utilisés comme points de référence.

Les fichiers orthorectifiés ont ensuite été transférés sous MAPINFO® 7.5. Après superposition des plans cartographiques, il a été nécessaire de digitaliser l'ensemble des travaux miniers (emprises des travaux et galeries) pour synthétiser et clarifier l'information.

2.3.3 SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

Les éléments reportés sur la carte informative sont disponibles sous la forme d'un Système d'Information Géographique (SIG) sous MAPINFO® 7.5, au système de coordonnées LAMBERT II CARTO, composé des couches cartographiques suivantes :

- les limites de la concession ;
- les limites de communes ;
- l'emprise des travaux d'exploitation en distinguant ceux de la couche n°1 de ceux de la couche n°3 ;
- les zones de travaux à moins de 50 m de profondeur ;
- les désordres retrouvés dans les archives ou signalés par les habitants ;
- les affleurements de charbons reconnus et une bande de localisation possible de ceux-ci tenant compte des incertitudes des plans disponibles ;
- les principales failles ;
- le Scan 25® de l'IGN ;
- les puits retrouvés non mis en sécurité ;
- les puits retrouvés et mis en sécurité ;
- les puits non retrouvés et pour lesquels le traitement est inconnu ;
- les puits retrouvés et pour lesquels le traitement est inconnu ;
- les entrées de galerie ;
- les terrils visualisés sur le terrain ;
- les indices d'exploitation de plomb argentifère.

L'ensemble des données disponibles sur les ouvrages a été renseigné dans une table MapInfo.

2.3.4 INCERTITUDE CARTOGRAPHIQUE

L'incertitude de positionnement d'un élément minier lu sur la carte est décomposable en :

- une incertitude relative à l'ouvrage ou au secteur de travaux ;
- une incertitude propre au support cartographique utilisé.

2.3.4.1 INCERTITUDE DE POSITIONNEMENT PROPRE AU SUPPORT CARTOGRAPHIQUE

Le support cartographique choisi pour représenter la surface est vecteur, en lui-même, d'une erreur de positionnement, indépendante de celle relative aux éléments miniers. Le support utilisé pour la concession de Sainte-Foy-l'Argentière est le Scan 25® de l'IGN. L'incertitude de positionnement de cet outil cartographique est évaluée à 15 - 20 m maximum.

2.3.4.2 INCERTITUDE DE POSITIONNEMENT GLOBALE D'UN ELEMENT MINIER

Si les ouvrages repérés par GPS bénéficient d'une incertitude intrinsèque de l'ordre du mètre, ceux non repérés sur le terrain bénéficient de celle du plan auquel ils appartiennent.

Disponible dans le tableau 3, l'incertitude globale des ouvrages oscille principalement entre 15 et 50 m, excepté pour le puits de la Paille et les quatre puits (or, union, pompes, extraction) dont l'unique source de localisation conduit à une erreur de positionnement estimée à 80-100 m. (Néanmoins, cette incertitude a été réduite à l'ouest des quatre puits sachant qu'ils sont situés sur la rive est de la Brévenne). Dans la suite du rapport, l'incertitude de positionnement considérée est systématiquement l'incertitude globale.

La qualité des plans étant variable et la position des ouvrages plus ou moins bien connue, on a déterminé une incertitude finale adaptée à chaque secteur exploité en fonction de l'incertitude de géoréférencement, de l'incertitude intrinsèque du plan et de l'incertitude du support (Tableau 1).

Secteur d'exploitation	Incertitude sur les données (m)
Couche n°1	20
Puits Jenny	40
Puits des Charpennes	40
Puits de la Pompe, des Flaches, des Prairies	30
Puits de l'Argentière, Intérieur	40
Puits Marie	30
Puits Pierre	40
Puits Charles, Puits Plamboeuf, Puits Neuf	30

Tableau 1 : Incertitude de positionnement des secteurs d'exploitation

3. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE

3.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

La concession de houille de Sainte-Foy-l'Argentière se localise dans le département du Rhône (69), à environ une vingtaine de kilomètres au nord-est de Saint-Etienne, dans la vallée de la Brévenne. D'une superficie de 1552 ha, elle se situe sur le territoire des communes de Sainte-Foy-l'Argentière, Souzy, Saint-Genis-l'Argentière et Aveize (figure 1). Elle n'occupe que la partie nord du bassin houiller de Sainte-Foy-l'Argentière. Ce dernier s'étire sur 11 km entre Viricelle au sud-ouest et le hameau de Lafay au nord-est (1200 m au nord de Sainte-Foy-l'Argentière), avec une largeur moyenne de 2 km (figure 3bis).

La Brévenne s'écoule dans l'axe du bassin depuis sa source près de Viricelle, jusqu'à sa confluence avec l'Azergue. La vallée de la Brévenne se présente comme une dépression orientée NE-SW. Recouverte par des prairies, elle est encadrée à l'est et au sud par les montagnes de Duerne, Aveize et Grézieux-le-Marché et par celles de Souzy et de Meys au nord et à l'ouest. Une route nationale et la voie de chemin de fer reliant Lyon-Saint-Paul à Montbrison, traversent la vallée dans sa longueur.

La cote topographique maximale à l'aplomb de l'exploitation est située à l'est, à environ 460 m NGF, tandis que la cote minimale atteint 425 m NGF le long du cours de la Brévenne.

3.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

La concession des mines de houille de Sainte-Foy occupe la partie nord-est des dépôts houillers englobés sous la dénomination de bassin houiller de Sainte-Foy-l'Argentière.

D'origine lacustre, ce bassin est l'un des nombreux bassins sédimentaires qui reposent en discordance sur la plate-forme hercynienne du Massif Central [2]. Sans être absolument synchrones, leurs formations sont toutes d'âge Stéphanien.

La structure d'ensemble du bassin houiller de Sainte-Foy reproduit à une échelle réduite celle du bassin de Saint-Etienne. Ils résultent tous les deux d'un synclinal de direction varisque, déformé par une phase hercynienne tardive.

3.2.1 STRUCTURE DU BASSIN HOUILLER

Le bassin est limité par des bordures faillées. Les dépôts se présentent sous forme d'un synclinal, disposé dans un bassin d'allongement sud-ouest / nord-est. Des failles subverticales le délimitent au nord-ouest et au sud-est (figure 3).

Ce synclinal s'enfonce vers le sud-ouest avec un pendage régulier de l'ordre de 15°. La relevé des couches atteint 20-22° sur la bordure nord-ouest et fréquemment 30° sur celle sud-est [15]. La coupe transversale est-ouest (figure 2) illustre la dissymétrie de la cuvette : la ligne axiale du synclinal est nettement plus rapprochée de la bordure orientale que de la bordure occidentale.

La profondeur maximale du terrain houiller est inconnue, mais elle dépasse certainement 600 m.

Le gisement est partagé en plusieurs zones exploitables par deux familles de failles respectivement parallèles et normales aux failles bordières, d'une trentaine de mètres de rejet.

3.2.2 LITHOSTRATIGRAPHIE

3.2.2.1 LE SOCLE CRISTALLOPHYLLIEN

Les terrains houillers reposent en discordance sur un socle de terrain cristallophyllien, constitué par des schistes métamorphiques, souvent appelés « chloritoschistes de la Brévenne ». Ce sont des schistes verts ou bleuâtres, argileux, très chloriteux et peu amphiboliques [15], dont l'âge n'est pas très bien connu.

3.2.2.2 LA FORMATION HOUILLERE

D'origine fluviatile ou torrentielle, la formation houillère, d'une épaisseur totale supérieure à 600 m, se rattache au Stéphanien supérieur. Comme dans tous les bassins du Massif Central, elle est formée d'un complexe argilo-schisto-gréseux avec veines de houille. Les divers éléments de ce complexe sont les poudingues, les grès et les argiles. Si les poudingues et les arkoses dominent à la base, la majeure partie de la formation est constituée par une alternance de bancs gréseux et de schistes argileux ainsi que par des argiles schisteuses. Ces dernières sont les roches dominantes du bassin, souvent nommées gores. Notons que les argiles alimentent la grande tuilerie de Sainte-Foy [15].

Dans la formation houillère, les filets houillers se répartissent en deux faisceaux. Le faisceau supérieur ou faisceau de Sainte-Foy, d'une épaisseur de 90 m, comprend les trois couches principales, nommées, du toit vers le mur, 1, 2 et 3, séparées par des alternances argilo-schisto-gréseuses.

- la couche n°1 ou Petite couche, de 60 à 80 cm d'épaisseur était considérée comme inexploitable. Elle a pourtant été exploitée localement de 1925 à 1930. La teneur en charbon est de 25 % ;
- la couche n°2, d'une épaisseur de 2 à 3 m, présentée comme très schisteuse, n'a jamais été exploitée ;
- les travaux ont porté majoritairement sur la couche n°3, constituée d'une succession de lits de charbon et de schistes. La teneur en cendres est de l'ordre de 22 % à 25 % et celle en matière volatile de 24 à 27 %. Cette couche, dont l'épaisseur varie entre 1,90 m et 2,50 m, a été exploitée jusqu'à 600 m de profondeur.

Le faisceau inférieur ou faisceau des Rossandes comprend trois veines dont deux ont été recoupées au puits des Rossandes, au nord-est du bassin. Il « *ne fut l'objet que de recherches superficielles dans le nord-ouest du bassin* » [18]. L'épaisseur des ces veines est de 0,80 m chacune.

3.2.2.3 LES TERRAINS DE RECOUVREMENT

Aucun terrain plus récent ne vient surmonter la formation houillère. L'essentiel du gisement exploité possède donc un recouvrement constitué uniquement par les alternances schisto-gréseuses du complexe houiller.

Localement, il peut être surmonté par des dépôts quaternaires. C. Roux distingue les alluvions anciennes de la Brévenne qui « *sont très réduites dans la plaine de Sainte-Foy à Meys* » [15], des alluvions modernes, constituant le lit actuel du cours d'eau. La seule coupe géologique disponible dans la Banque Nationale de Données du Sous-sol du BRGM atteste de ce faible recouvrement quaternaire, évalué à 1 m au centre de la commune de Sainte-Foy-l'Argentière. Cette constatation rejoint aussi les résultats d'une campagne de reconnaissance réalisée en 1941 aux abords des écoles de Sainte-Foy.

Néanmoins, les terrains de recouvrement, relativement meubles près de la surface, peuvent avoir été déconsolidés par altération. Nous avons pris contact avec une personne ayant effectué de nombreux sondages sur la commune. En accord avec ses observations in situ, l'épaisseur de la frange de terrains altérés est estimée à 5 m maximum sur l'ensemble du bassin.

Si une incertitude demeure quant à l'épaisseur des terrains altérés de surface, la valeur approximative retenue reste à notre sens majorante et sécuritaire.

3.3 AFFLEUREMENT DU TERRAIN HOUILLER

Si nous ne disposons d'aucun plan précis localisant ces affleurements, les plus fréquemment cités dans les archives sont situés :

- aux Ecoles de Sainte Foy, près du puits d'aérage du puits Neuf ;
- sur la route de Saint-Laurent-de-Chamousset ;
- au nord de la route de Sainte-Foy à Souzy, au lit-dit « la Goutte Esparcieuse » ;
- sur la route du val d'argent (parcelle cadastrale 693), où une personne en charge de sondages sur la commune a notifié « *un affleurement* » localisé dans une propriété privée. Cette localisation correspond à celle du fontis décrit au § 6.4.3.2 ;
- au lieu dit « Plamboeuf ».

D'après C. Roux [15], l'affleurement de chaque couche se présente « *sous la forme d'un immense fer à cheval* », comme le montrent les lignes de niveaux de la figure 3bis. Il précise également que « *le charbon affleure, sous forme de très minces veinules inexploitables, près du village de Sainte-Foy, notamment dans la propriété de la famille du Fenoyl et à l'entrée de la gorge de Saint-Laurent-de-Chamousset* » [15]. En 1941, W. Chazans décrit la ligne des affleurements comme « *ayant la forme d'un V aux branches très ouvertes »* [12].

Il ajoute que « c*ette disposition nous a permis de rattacher les affleurements nouvellement découvert au nord de la route de Sainte-Foy à Souzy et sur la route de Saint-Laurent du Chamousset aux affleurements bien connus des anciens, repérés aux Ecoles de Sainte-Foy et dont la trace suit à peu près la direction de la rue principale de cette localité ».* Cependant, M. Thoral [1], en 1947, rapporte les

affleurements de la Goutte et ceux de Saint-Laurent-de-Chamousset au faisceau des Rossandes, rencontré au puits du même nom. Cette explication, cohérente avec la figure 3bis, ainsi que la disposition « *en fer à cheval »,* sera préférentiellement retenue.

A partir de ces renseignements et du plan au 1/5000ème de l'étude de W. Chazans [12] qui semble localiser approximativement certains affleurements, la bande de localisation possible de ceux-ci est reportée sur la carte informative, avec l'incertitude importante qui doit lui être attribuée (une centaine de mètres). Néanmoins, localement, les quelques affleurements cités dans les archives seront reportés avec une précision plus importante (une dizaine de mètres).

3.4 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Nous ne disposons d'aucune étude hydrogéologique du bassin. Depuis la fin de l'exploitation en 1948, nous pouvons considérer que la situation hydrogéologique est désormais stabilisée sur le territoire de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière : aucune perturbation hydraulique majeure due à une remontée de nappe n'est donc attendue.

La Brévenne s'écoule à l'aplomb des travaux du sud vers le nord, à la cote 425-430 m NGF. D'après M. Thoral [1], le nord-est du bassin recèle une nappe alluviale non négligeable pouvant atteindre 5 à 6 m d'épaisseur. Si la formation houillère est initialement peu perméable, l'exploitation minière a entraîné la fracturation des terrains à l'aplomb des zones de travaux. De plus, les nombreuses failles jouent éventuellement un rôle de drain hydraulique. Ces éléments structuraux pourraient faciliter l'infiltration des eaux superficielles et les échanges verticaux entre des aquifères initialement indépendants.

Les niveaux d'eau relevés dans quelques puits accessibles lors de la visite de terrain de septembre 2005 sont relativement constants autour de 430 m NGF sur la commune de Sainte-Foy :

- Puits Neuf : 428 m NGF
- Puits Fénoyl : 435 m NGF
- Puits Pierre : 427 m NGF

Ces puits captent l'eau disponible dans les vides créés par l'exploitation minière, dont la continuité assure la création d'un aquifère minier. La cote de la Brévenne étant relativement identique à ce niveau, nous pouvons supposer que l'aquifère minier forme une entité continue en équilibre avec la nappe alluviale, dont la Brévenne constitue l'exutoire. Le niveau hydrostatique de cet ensemble est estimé entre 425 et 430 m NGF, points les plus bas d'écoulement de la Brévenne dans ce secteur.

A l'aplomb des travaux du puits de l'Argentière, aucune indication de niveau d'eau n'est disponible, mais rien ne laisse supposer un changement de régime hydraulique. Si une faille a séparé au fond l'exploitation des puits de l'Argentière de celle du puits Jenny, elle n'est pas reportée sur la carte géologique. La Brévenne reste logiquement l'exutoire de l'aquifère minier en équilibre avec la nappe alluviale dont le niveau hydrostatique serait plutôt à 430 m NGF à cet endroit.

Nous supposerons désormais que les travaux sont ennoyés jusqu'à la cote 425 m NGF. Les seuls battements de nappe envisageables correspondraient à des variations saisonnières ou à des épisodes pluvieux et bénéficieraient d'amplitude limitée (métrique). L'altitude de la commune à l'aplomb des travaux est principalement comprise entre les cotes 425 et 460 m NGF. La seule zone de travaux souterrains susceptible d'être non ennoyée concerne le nord de l'exploitation en petite couche, près du puits des Flaches.

4. HISTORIQUE GENERAL

4.1 HISTORIQUE ADMINISTRATIF

Si un permis de recherche a été obtenu dès 1763, la concession des mines de houille de Sainte-Foy-l'Argentière a été accordée à Monsieur Mestract, seigneur de Sainte-Foy-l'Argentière pour une durée de 30 ans, par l'Ordonnance Royale du 16 décembre 1770. Cette institution a été prolongée pour cinquante ans en 1789 au profit de Monsieur Fenoyl. La durée d'exploitation est ensuite devenue illimitée à partir de 1810.

En 1823, une demande de modification du tracé de la concession de houille est présentée par Mme de Fenoyl afin d'entreprendre des recherches dans les environs de la ville de Meys, à une dizaine de kilomètres au sud de Sainte-Foy.

Le 2 octobre 1858 était constituée la Société Civile des Mines de Sainte-Foy-l'Argentière à laquelle s'est substituée la Société Anonyme des Mines de Sainte-Foy-l'Argentière, le 11 mai 1904. Monsieur Debrabant, devenu président directeur général de la société en 1941, renonce officiellement à l'exploitation le 15 novembre 1960.

4.2 HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION

L'exploitation de la concession s'est étendue sur une période de plus de 200 ans pour un tonnage extrait de 2,5 millions de tonnes environ sur la couche n°3 essentiellement. Celle-ci est la seule du gisement à avoir fait l'objet d'une exploitation régulière. Cinq périodes d'exploitation sont distinguables.

4.2.1 AVANT 1810

Cette période comprend les travaux effectués clandestinement au voisinage des affleurements. Avant l'établissement de la concession en 1770, plusieurs documents d'archives évoquent de nombreux puits peu profonds qui constituaient chacun de petits champs d'exploitation isolés.

Nous ne disposons d'aucun plan localisant ces zones de travaux et leur évocation n'est pas exhaustive. La bande de localisation possible des affleurements a été représentée (cf. § 3.3), en corrélation avec ceux cités comme exploités :

- aux écoles de Sainte Foy, près du puits d'aérage du puits Neuf ;
- sur la route de Saint-Laurent-de-Chamousset, une couche du faisceau des Rossandes a été exploité sur 0,60 m [1] ;
- au nord de la route de Sainte-Foy à Souzy, au lit-dit « la Goutte Esparcieuse » ;
- sur la route du val d'argent (parcelle cadastrale 693), une personne en charge de sondages sur la commune a notifié un affleurement localisé dans une propriété privée. Cette localisation correspond à celle du fontis décrit au § 6.4.3.2 ;
- à Plamboeuf ou Plambus, les archives mentionnent de nombreux petits puits exploités par des particuliers. Le « *Préinventaire des monuments et richesses*

artistiques de Sainte-Foy-l'Argentière » [13] précise que « *en 1752, il y avait déjà sept ou huit puits ouverts, répartis sur les territoires de Plambust (Plamboeuf) ».*

Ces quelques affleurements, cités à plusieurs reprises dans les archives comme ayant été localement exploités, seront identifiés sur la carte informative (annexe 1).

4.2.2 DE 1810 A 1870

L'exploitation débute dans l'extrémité nord du bassin, autour du puits des Prairies, de Plamboeuf et du puits Charles d'une part, et autour du puits des Flaches d'autre part. Les puits de la Pompe et des Charpennes sont rapidement délaissés au profit de celui des Flaches, dont la production suffit à satisfaire la totalité des besoins. Les travaux atteignent entre 100 et 125 m de profondeur.

4.2.3 DE 1870 A 1909

Cette phase est la principale période de l'exploitation durant laquelle 30 000 tonnes étaient extraites par an.

Les dépilages ont été assurés successivement à l'est par les puits Perrin et Jenny et à l'ouest par le puits Fenoyl.

A partir de 1881, l'extraction ne se fait plus que par les puits de l'Argentière et par celui de l'Intérieur. L'exploitation autour de ces puits couvrent une importante surface au centre de la cuvette houillère. Les travaux s'y achèvent en 1909 à 600 m de profondeur par manque de moyens matériels et financiers.

4.2.4 DE 1909 A 1931

Après l'abandon du puits de l'Argentière, l'exploitation se réduit d'abord à des glanages dans les anciens travaux au voisinage des affleurements où les premiers concessionnaires avaient abandonné des piliers, au nord-est de la concession.

Les exploitants reprirent ensuite l'extraction à l'est du puits de la Pompe. Leur nouveau puits, en communication avec des anciens travaux antérieurs à 1829 (puits de Plamboeuf, des Flaches et des Prairies), pris le nom de puits Neuf. L'exploitation de la couche n°1 fut tentée par descenderie.

En 1931, la Société des Mines de Sainte-Foy-l'Argentière décide de suspendre l'exploitation en raison de la crise économique.

4.2.5 DE 1941 A 1948

L'exploitation est reprise entre 1941 et 1948 dans le secteur du puits Marie pour subvenir au besoin de la Région pendant la seconde guerre mondiale. Elle fut particulièrement précieuse pour les jeunes qu'elle préserva du STO. La pénurie générale permis de négliger systématiquement toute opération d'enrichissement, mais la qualité médiocre de ce charbon ne facilita pas l'écoulement du combustible après guerre. Son abandon en 1948 marque l'épuisement total de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière après extraction de 55 000 tonnes. Une partie du personnel productif sera transférée à la mine voisine de Saint-Bel.

En1958, M. Debrabant a conduit des sondages de 125 m de profondeur au-delà de la faille nord du puits Marie qui lui ont permis de conclure [4] que l'« *avenir de la mine*

est ainsi à rechercher au nord du puits Fenoyl et à proximité de la limite actuelle de la concession ». Néanmoins, aucun nouveau permis de recherche ou d'exploitation n'a été retrouvé.

4.3 HISTORIQUE DES EXPLOITATIONS VOISINES A TITRE INFORMATIF

4.3.1 EXPLOITATION DE PLOMB ARGENTIFERE

Les mines de plomb argentifère, qui furent exploitées au XVème siècle par Jacques Cœur, donnèrent leur nom au site de l'Argentière, au sud-ouest de Sainte-Foy. Un dénommé Pupier, puis la famille de Fenoyl en 1860, reprirent ces travaux mais sans succès [15]. D'après la notice de la carte géologique de Saint-Symphorien-sur-Coise [3], cette minéralisation est portée par des veines quartzeuses de 10 à 40 cm d'épaisseur. C. Roux [15] précise que « *la galène s'y trouve empâtée dans une gangue de quartz et de barytine, avec des traces d'argent et de cuivre ».*

Il reste des traces de cette ancienne exploitation à Chenevière. Deux endroits ont été repérés sur le terrain attestant que les travaux étaient centrés sur le hameau de l'Argentière (photo 1). Ils sont d'ailleurs identifiés dans la Banque Nationale du Sous-Sol (BNSS) comme « ancienne exploitation » sous les références 07212X4003 et 07212X4004. Les vestiges de cette activité sont reportés à titre indicatif sur la carte informative (annexe 1).

Les zones d'extraction de houille et de plomb ne sont pas superposées. Aucun plan des travaux n'ayant été retrouvé et ceux-ci étant d'ampleur réduite (pas de tonnage exploité dans les données disponibles), les aléas liés à ces travaux n'ont pas été étudiés.

4.3.2 TRAVAUX DE RECHERCHE DE MEYS

Suite à la demande de concession déposée par la marquise de Fenoyl en 1823 [14], trois puits seront foncés dès l'année suivante. Les archives en citent deux au Chalay de 18 m de profondeur et un près du Fil de 65 m de profondeur. Le puits de Meys quant à lui, qui aurait atteint 400 m de profondeur, est localisé en bordure de la N89, près de la Gagère.

D'après une étude de W. Chazans [12], la couche n°3 devrait être retrouvée à 1000 m de profondeur sous la N89 à hauteur du village de Meys. N'ayant pas dépassés 400 m de profondeur, il est très probable que ces puits de recherche n'aient jamais atteint le charbon et qu'aucuns travaux n'aient été réalisés. C. Roux [15] mentionne seulement une percée horizontale de 600 m à partir de ce puits, qui n'a pas trouvé de houille exploitable.

Aucun document n'atteste l'acceptation de la demande de la marquise de Fenoyl [14]. Loin des limites de commune de Sainte-Foy et de celle de la concession, ces travaux de recherche ne sont pas inclus dans le périmètre de l'étude. Néanmoins, deux de ces puits ont été repérés sur le terrain (photo 3 et 4), notamment le puits de Meys, ouvert et de grand diamètre, situé en bordure de la N 89. Nous portons à connaissance le risque lié à la présence de ce puits ouvert et en eau.

4.4 DONNEES DE PRODUCTION

On estime qu'il a été extrait environ 2 428 000 tonnes d'anthracite sur la concession de Sainte-Foy-l'Argentière. Entre 1863 et 1909, au maximum de l'exploitation, 30 000 tonnes étaient extraites par an.

Le tableau 2 ci-après, explicite les productions par période d'exploitation jusqu'à 1948, d'après les données retrouvées dans les archives :

Période d'extraction	Production d'anthracite
Avant 1912	2 200 000 tonnes
De 1912 à 1931	173 000 tonnes
De 1941 à 1948	55 000 tonnes
Total	2 428 000 tonnes

Tableau 2 : Production d'anthracite sur la concession de Sainte-Foy-l'Argentière

La demande de fermeture de la concession était motivée en 1949 par l'épuisement du gisement.

5. OUVRAGES DEBOUCHANT EN SURFACE

5.1 LES GALERIES

Durant la période moderne de l'exploitation (1810-1948), une seule galerie débouche au jour : la descenderie de la Petite couche. Bien qu'il ne nous ait pas été possible de la voir sur le terrain, elle nous a été indiquée par un ancien mineur. En recoupant ce témoignage avec la lecture des plans du fond, l'entrée de la galerie a pu être localisée de manière relativement précise au sein d'une propriété privé (propriétaires non joignables).

D'après les documents d'archives, la descenderie a été ouverte en 1925, afin d'exploiter la Petite couche. Elle passe à l'aplomb de la route d'Aveize à 16 m de profondeur environ. Lors de la suspension des travaux en 1931, le rapport de l'Ingénieur des TPE [8] propose de remblayer cette fendue sur 5 m. Nous ne savons pas si ces travaux ont été effectués.

Lors de l'investigation de terrain, nous avons découvert une galerie ouverte dont l'entrée était éboulée sur 3 m près du puits de l'Argentière (photo 2). Non représentée sur les plans de mine, elle semble correspondre, d'après ces petites dimensions (1,5 m x 1,0 m), à un ouvrage d'écoulement des eaux qui déboucherait dans la Brévenne après avoir traversé le terril de l'Argentière.

L'existence d'autres ouvrages de ce type de faible diamètre (galerie technique ou d'écoulement des eaux) à proximité de la surface est très probable dans l'environnement des carreaux des puits mais aucun document ne les mentionne précisément.

5.2 LES PUITS

5.2.1 PRESENTATION DES PUITS

La concession de Sainte-Foy-l'Argentière compte 24 puits, dont les utilisations étaient différentes :

- les puits d'extraction. Durant la période moderne de l'exploitation (1810-1948), ils constituaient le seul mode d'exploitation du bassin houiller de Sainte-Foy ;
- les puits d'aérage pour permettre la ventilation des travaux. Pendant la période récente de l'exploitation, trois servaient explicitement au retour d'air : le puits d'aérage du puits Neuf, celui de la descenderie et le puits B. Le diamètre de ce dernier, le plus souvent cité dans les archives, étant de 2 m, nous supposons que la section de tous les puits d'aérage n'excède pas cette valeur. Le puits projeté en 1877 sur la commune de Souzy devait également servir d'aérage *;*
- les puits de reconnaissance et de recherche du minerai, très anciens, aux voisinages des affleurements. Leur localisation exacte n'est pas connue et aucune information n'est disponible sur leur dimension. Les documents d'archives évoquent « *de petits puits peu profonds »*.

Les caractéristiques de ces ouvrages sont détaillées dans le tableau 3 ainsi que dans une table MapInfo associée à la carte informative.

Nom	Date du creusement	Section de l'ouvrage	Remarques	Terrain	Incertitude globale
puits Perrin	1828	Profondeur = 190 m	Archives : « il est en parti muraillé, en parti boisé »	Non repéré. Localisé dans un champs	20 m
puits Charles				Non repéré. Localisé dans des propriétés privées	25 m
puits Neuf ou Nouveau Puits (photos 5, 6)	Fonçage en 1909	Diamètre = 3 m [INERIS] Section du mur d'enceinte = 3 m x 3,80 m [INERIS] Profondeur = 80 m	Mur d'enceinte en briques, rectangulaires, d'épaisseur 0,30 m et 1,50 m de hauteur. 2 ouvertures sur les cotés de la paroi. Revêtement en briques Eau à 20 m.	Propriété privée	15 m [1 m]*
puits Plamboeuf	Avant 1850			Non repéré. Localisé dans un champs	25 m
puits de la Pompe	Avant 1850	Profondeur = 87 m		Non repéré. Localisé dans une propriété privée	25 m
puits des Flaches	Avant 1850		La couche n°1 a été rencontrée à 20 m de profondeur	Non repéré. Localisé dans un champs	20 m

Tableau 3 : Inventaires et caractéristiques des puits

* *incertitude locale des ouvrages repérés au GPS*

Nom	Date du creusement	Dimension de l'ouvrage	Remarques	Terrain	Incertitude globale
puits des Charpennes (photo 7)	Avant 1830	« creusé à 150 pieds »	Encore ouvert en 1985. Traitement supposé : remblayage	Localisé à proximité d'un jardin cultivé	40 m
puits Intérieur (photo 8)		Profondeur = 119 m Diamètre = 3,20 m [INERIS]	Traitement supposé : remblayage Végétation marécageuse	Localisé dans un champs	40 m
puits de l'Argentière ou Grand Puits (photos 26 et 27)	Fonçage en 1870	Profondeur = 485 m Section du mur d'enceinte = 3,90 m x 4,60 m	D'après un ancien mineur : « Puits ouvert en 1959 et rempli d'eau ». En 1959 : entouré par un mur rectangulaire de 2 m de haut, maçonné en pierre sur 30 cm d'épaisseur. Les restes de construction maçonnées sont visibles. La couche n°3 a été rencontrée à 520 m de profondeur.	Localisé en lisière de terril, en zone boisée.	40 m
puits Fenoyl (photo 9)	Fonçage en 1853	Profondeur = 360 m Diamètre = 3 m [INERIS]	Traitement : il y a au moins 30 ans. Dalle de béton de 40 cm d'épaisseur. Eau à 10 m. La couche n°1 a été rencontrée à 340 m de profondeur, la couche n°2 à 420 m de profondeur et la couche n°3 à 450 m. Revêtement de brique.	Propriété privée	15 m [1 m]*
puits Jenny	Avant 1850	Profondeur = 200 m Diamètre = 2,70 m [INERIS]	« il est boisé sur la plus grande partie de sa hauteur »	Non localisé. Zone industrielle (Salaison Ogier) depuis 1994	40 m

* *incertitude locale des ouvrages repérés au GPS*

Nom	Date du creusement	Section de l'ouvrage	Remarques	Terrain	Incertitude globale
puits des prairies ou puits des Jardins (photo 10)		Diamètre = 3 m [INERIS]	Puits rempli d'eau jusqu'à la surface. Non protégé, excepté une barrière en mauvais état. Végétation de mare. Une mare servant d'abreuvoir aux bovins se situent à son emplacement.		15 m [1 m]*
puits Pierre (photo 11)	Creusé en 1850, puis abandonné car envahis par les eaux	Profondeur = 80 m Diamètre = 2,50 m [INERIS]	Traitement : 2 dalles de béton de 15 cm environ séparées de 2,50 m, remblayé par de la terre entre les deux dalles. Surverse par une canalisation Revêtement de pierre de taille sur 50 cm.	Zone non urbanisée. Pré. A 6 m du mur du cimetière	15 m [1 m]*
puits projeté (figure 6)	Projeté en 1877		Documents des Archives Départementales du Rhône		30 m
puits des Rossandes		Profondeur = 148 m	Le faisceau des Rossandes a été recoupé. Un travers banc de 10 m de longueur a été foncé la base du puits, sans atteindre le charbon.	Propriété privée	50 m
Puits de l'union	Photo 12		Non visibles depuis 30 ans.	Zone industrielle Usine IMERYS	80 m
Puits d'extraction					
Puits de l'or					
Puits des pompes					

* *incertitude locale des ouvrages repérés au GPS*

Nom	Date du creusement	Section de l'ouvrage	Remarques	Terrain	Incertitude globale
puits Marie (photos 13, 14)	Fonçage en 1830 Abandonné en 1920 et repris en 1941.	Profondeur = 100 m	Sur un talus de 4 m de haut. Traitement : Dalle de béton armé de 25 cm d'épaisseur au niveau de la recette inférieur jour. Puis maçonnerie en béton de 3,20 m de diamètre jusqu'à la recette supérieure jour. Nouvelle dalle de béton carrée de 5,60 m d'arête. Remblai de terre de 3,30 m de diamètre au centre. Tubage. La couche n°2 a été rencontrée à 56 m de profondeur, la couche n°3 à 81,50 m. Epaisseur de 1,90 m. La couche n°1 n'a pas été retrouvée.	Propriété privée : Zone industrielle	15 m [1 m]*
Puits d'aérage du puits Neuf			Localisé sous les écoles.		25 m
Puits d'aérage de la descenderie			Non maçonné, le puits d'aérage de la descenderie est repéré sur le plan des travaux. L'Ingénieur des TPE [8] préconise en 1931 un remblayage complet de l'ouvrage.		25 m
puits B (photo 15)		Diamètre = 2 m [INERIS] Profondeur = 60 m [INERIS]	Puits d'aérage. Remblayé. D'après un ancien mineur : « orifice carré »	Zone non urbanisée, boisée, en bordure de route D 489. Indiqué par un ancien mineur	15 m [1 m]*
puits de la Paille				Non localisé	100 m

* *incertitude locale des ouvrages repérés au GPS*

5.2.2 MODE DE TRAITEMENT DES PUITS

Aucun dossier de récolement n'est disponible. La plupart du temps, nous n'avons pas d'indication sur les modalités de traitement des ouvrages et lorsqu'elles existent, elles ne sont pas précises. Toutefois, après investigation sur le terrain et par recoupement de plusieurs sources d'informations, on peut classer les puits selon le type de traitement supposé réalisé. Certains ouvrages sont détaillés dans les paragraphes suivants, puis un classement global des puits a été établi au § 5.2.2.5 selon leur mode de traitement supposé.

5.2.2.1 REMBLAYAGE : LE PUITS JENNY

D'après les plans de mine disponibles, le puits Jenny (200 m de profondeur) est localisé à l'emplacement d'un bâtiment industriel, la Salaison Ogier. Sa localisation a été confirmée par un ancien mineur. Nous avons pris contact avec la personne en charge de la campagne de reconnaissance avant la construction du bâtiment en 1994. A l'époque, le terrain était utilisé comme zone de remblais pour des déchets de porcelaines. Si des vestiges d'infrastructures minières partiellement remblayés ont été retrouvés sur le site, la tête du puits Jenny, longtemps recherchée, n'a jamais pu être repérée. Aucune trace de terrain décomprimé n'ayant été révélé par la campagne de sondages sur une profondeur d'une dizaine de mètres, le site a subi un simple compactage dynamique. Compte tenu de ces indications, il est probable que ce puits ait été remblayé.

5.2.2.2 REMBLAYAGE : LE PUITS DE L'OR, LE PUITS D'EXTRACTION, LE PUITS DE L'UNION ET LE PUITS DES POMPES

Repérés sur le plan des travaux au 1/1000ème, ces quatre puits n'ont jamais été cités dans les archives. Ils ont été localisés au bord de la Brévenne sur le terrain de l'usine IMERYS (photo 12). L'unique source de localisation, peu précise, conduit à une erreur de positionnement estimée à 80 m. Ce site est utilisé par l'usine depuis au moins une trentaine d'années, mais le bâtiment SFA 37 en place à cet endroit a été construit il y a seulement 10 ans. Le sol étant bétonné, aucune trace de ces ouvrages n'est visible.

Le responsable de l'usine a confirmé l'absence de vestige avant la construction du bâtiment. La zone a toujours été un site de stockage pour l'entreprise IMERYS, dont la surface était couverte de tuiles et de cailloux sur 1,50 m d'épaisseur environ.

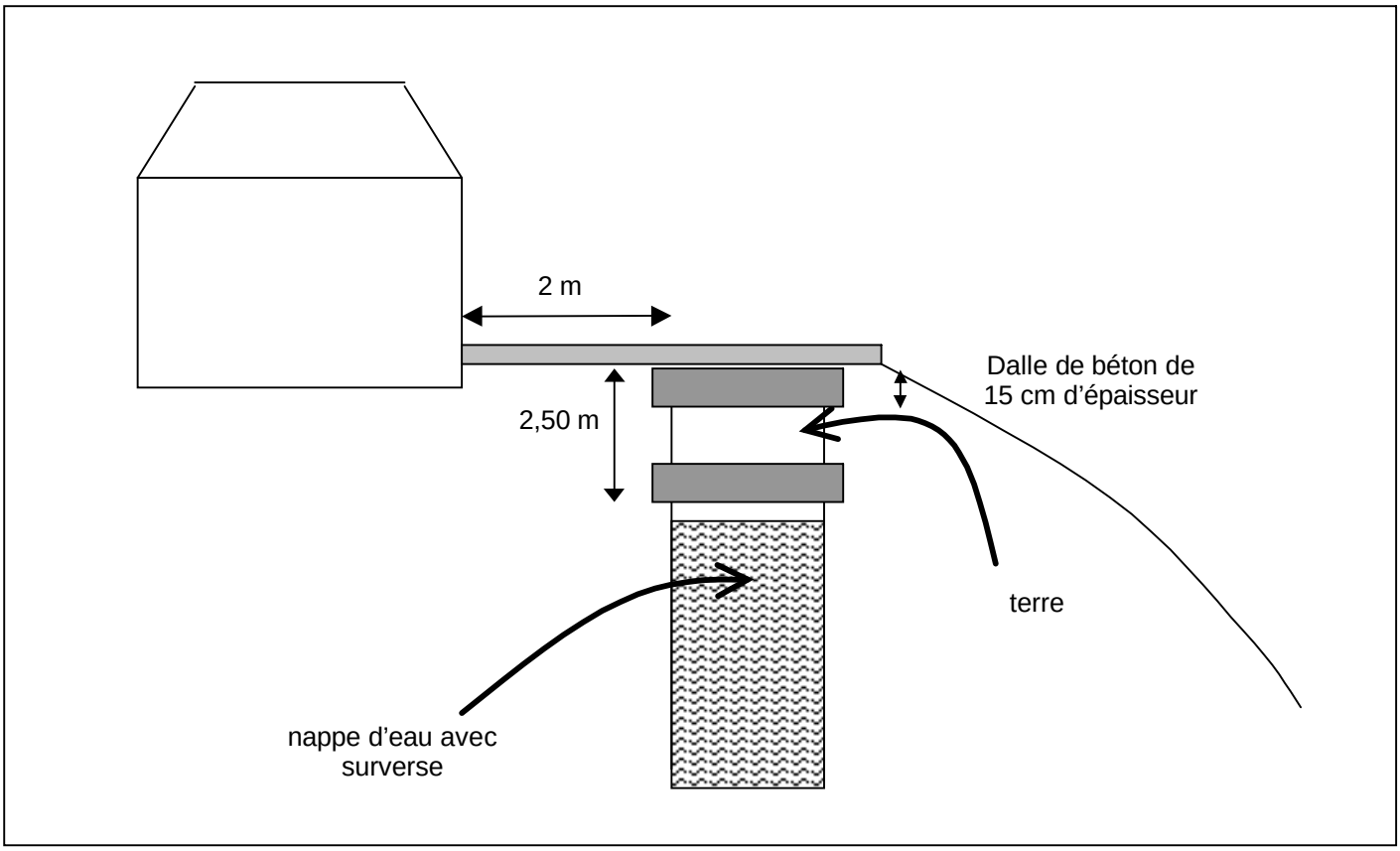
A l'occasion de la construction du bâtiment SFA 37, le bureau d'étude FONDASOL, a effectué une étude de sol que nous avons pu consulter. Les 10 sondages carrotés, dont la profondeur maximale atteint 20 m, n'ont révélé aucune anomalie géotechnique. Il a simplement été préconisé le décapage du terrain jusqu'au terrain porteur. Le bureau d'étude ne mentionne la présence d'aucun puits. Nous pouvons supposer qu'il n'aurait pas omis de citer leur présence si ceux-ci avaient été retrouvés. Ainsi, ces puits sont probablement remblayés.

5.2.2.3 FERMETURE PAR DALLE ET BOUCHON DE TERRE : LE PUITS PIERRE ET LE PUITS MARIE

Le puits Pierre (80 m de profondeur) et le puits Marie (100 m de profondeur) ont subi le même traitement.

Le puits Pierre est localisé sous la terrasse d'une maison particulière, à 2 m des parois de la façade (photo 11 et figure A). Ces particuliers nous ont décrit le traitement réalisé sur l'ouvrage lors de la construction de la maison. D'après eux, deux dalles de béton, d'une épaisseur voisine de 15 cm, ont été réalisées respectivement à la surface et 2,50 m en dessous. La partie intermédiaire est emplie de terre. Une canalisation, dont nous ne connaissons pas l'exutoire, permet la surverse de la nappe. Rappelons que la tête du puits se situe approximativement à 430 m NGF, soit 5 m au-dessus du niveau hydrostatique.

Figure A : Schéma de localisation du puits Pierre et des travaux de fermeture réalisés



Le puits Marie a été localisé sur le terrain d'une entreprise (photos 13 et 14). Le traitement est détaillé dans un procès-verbal de visite de 1959 : « *une dalle de béton de 25 cm d'épaisseur, […] de 5,60 m d'arête et un remblai de terre de 3,30 de diamètre au centre* ». Les deux dalles de béton ont été réalisées respectivement à la surface et 4 m en dessous. La partie intermédiaire est remblayée. Un tubage permet la surverse de la nappe.

5.2.2.4 FERMETURE PAR DALLE : LE PUITS FENOYL

Le puits Fenoyl est situé dans le jardin d'une propriété privée, sur une butte à une dizaine de mètres de la façade de la maison (figure B). Une dalle de fermeture d'une

quarantaine de centimètres d'épaisseur a été mise en place en tête de puits, il y a une trentaine d'années (photo 9). Lors de notre inspection de septembre 2005, la dalle ne semblait pas déborder énormément à l'extrados de la colonne du puits. Une ouverture laisse entrevoir le revêtement en briques.

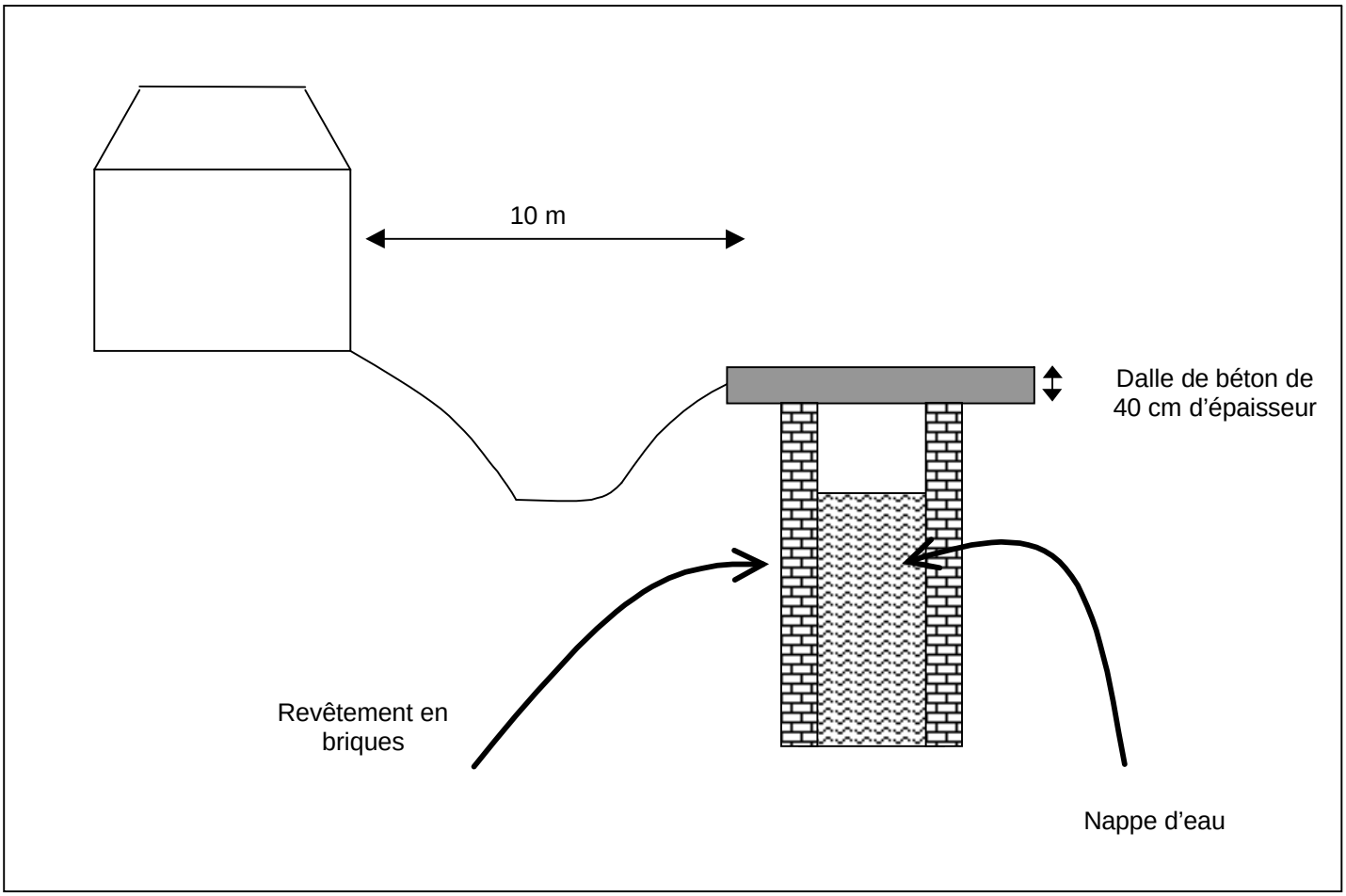


Figure B : Schéma de localisation du puits Fénoyl

5.2.2.5 HIERARCHISATION DES PUITS SELON LE MODE DE TRAITEMENT

D'après les observations de terrains, nous proposons de distinguer :

- les **puits pour lesquels aucun traitement n'a été effectué** (catégorie 1). Cette catégorie concerne :
    - les puits retrouvés sur le terrain pour lesquels aucun traitement n'a été effectué, soit 2 ouvrages : le puits Neuf et le puits de Meys ;
    - les puits non retrouvés sur le terrain et pour lesquels aucune information ne nous permet de supposer un mode de traitement particulier. Cette catégorie concerne les puits d'aérage du puits Neuf, de la descenderie et le puits projeté en 1877 ;

- les **puits traités, recouverts d'une ou deux dalles de béton** (catégorie 2). Les caractéristiques exactes de ces traitements ne sont pas disponibles. Il s'agit du puits Fenoyl (cf. § 6.2.2.4), du puits Pierre et du puits Marie (cf. § 6.2.2.3).
- les **puits dont le traitement est inconnu mais supposés remblayés**, d'après l'investigation de terrains et les recherches d'archives (catégorie 3). Cette catégorie comprend :
    - les puits non retrouvés pour lesquels la recherche de terrain exhaustive sur un périmètre étendu contribue à supposer qu'ils ont été remblayés. Cette catégorie concerne le puits Plamboeuf, le puits Charles, le puits de la Pompe, le puits de Flaches, le puits des Rossandes, le puits des Charpennes, le puits Intérieur, le puits de l'Argentière et le puits Perrin ;
    - les puits non retrouvés pour lesquels des témoignages sembleraient attester d'un remblayage. Cette catégorie concerne le puits Jenny et les 4 puits (cf. § 6.2.2.1 et 6.2.2.2) ;
    - les puits retrouvés, pour lesquels, d'après l'expertise de terrain, tout porte à croire qu'ils ont été remblayés. Il s'agit notamment du puits des Prairies, dont l'allure marécageuse et le niveau d'eau incompatible avec le niveau hydrostatique de la nappe voisine suppose un comblement relativement étanche en surface ;
    - les puits anciens aux voisinages des affleurements dont la localisation exacte n'est pas connue. Ces ouvrages de profondeur et de section limitée ne sont plus visibles et sont vraisemblablement remblayés ou comblés par éboulement. Le puits de la Paille, localisé sur un seul plan imprécis à proximité des affleurements de Plamboeuf, est rattaché à cette catégorie.

Ces ouvrages sont localisés sur la carte informative (annexe 1). Une couleur est attribuée à chaque catégorie de traitement (connu ou supposé), tandis qu'un figuré distingue les puits retrouvés des autres.

5.3 DESORDRES CONNUS AFFECTANT LES OUVRAGES DEBOUCHANT EN SURFACE

Aucun désordre n'a été recensé dans les archives consultées. Un rapport d'accident évoque seulement un « *éboulement dans le puits de l'Argentière* » survenu en 1906 qu'on ne peut dissocier d'une chute de bloc non caractéristique d'un désordre de type effondrement de tête de puits.

L'entrée de la galerie d'écoulement ouverte près du puits de l'Argentière est éboulée sur quelques mètres.

6. EXPLOITATION SOUTERRAINE

6.1 TRAVAUX SOUTERRAINS

6.1.1 LOCALISATION DES TRAVAUX

Les plans issus des archives de la DRIRE Rhône-Alpes nous permettent d'avoir une vision relativement précise des travaux miniers souterrains à différentes époques. A partir de ces documents, l'enveloppe des travaux a été tracée sur la carte informative (annexe 1). Comme le nombre limité de plans ne nous permet pas de garantir l'exhaustivité du tracé, une extrapolation a été effectuée en particulier lorsque le plan laissait suggérer que des zones allaient être dépilées.

Il est possible que d'autres secteurs aient été exploités sans que nous ne disposions d'information ou de plans de mine les concernant. En vu d'élaborer le Plan d'Occupation des Sols (POS), les mairies de Sainte-Foy-l'Argentière, Souzy et Saint-Genis-l'Argentière ont mené des campagnes géophysiques dont une partie des résultats nous a été transmise. Ainsi :

- dans la commune de Sainte-Foy-l'Argentière, J. Gauchez a établi, à partir du calage des plans de la DRIRE, une carte des travaux miniers (figure 5) étayée d'une notice [16]. D'après la mairie, aucune zone déconsolidée n'aurait été mise en évidence ;
- dans la commune de Souzy, l'étude géophysique du POS réalisée par FONDASOL [17] nous a été transmise ; elle classait un seul secteur en zone inconstructible, dont le tracé, accompagné des cartes d'isoconductivité, a permis de compléter les enveloppes des travaux du puits Marie et du puits Pierre (figure 7, 8 et 9). D'après l'étude, les anomalies à « forte conductivité » correspondraient à des ouvrages souterrains (puits et galeries) tandis que celles à faible conductivité correspondraient à des remblais anthropiques de forte épaisseur. Par sécurité, ces anomalies ont donc été retenues comme pouvant être des travaux, faute d'éléments tangibles de type plans ;
- dans la commune de Saint-Genis-l'Argentière, deux secteurs au nord de la N89 sont classés en zone non constructible alors que nous ne disposons d'aucun plan d'exploitation dans ce secteur. Les résultats de l'étude géophysique d'un de ces secteurs nous ont été transmis par la mairie (figure 10). La visite de terrain met effectivement en évidence les désordres subis par la surface (photo 28) ainsi que la présence de dépôt minier (photos 25, 29). Ces derniers, de faible importance, ne seront pas reportés sur la carte informative par absence de localisation précise.

Bien que ces informations ne soient ni exhaustives (intégralité des études non disponible) ni vérifiés (aucun plan d'archives disponible), ces enveloppes de travaux seront reportés sur la carte informative. Le tracé distingue néanmoins les zones réellement exploitées des zones susceptibles de l'avoir été.

6.1.2 METHODE D'EXPLOITATION

Les couches de charbon ont été exploitées depuis la surface au nord jusqu'à 600 m de profondeur au puits de l'Argentière. Dans la zone centrale du synclinal, l'exploitation est en plateure avec un pendage des couches de 15° à 17°. La présence de failles a conditionné l'allure de l'exploitation répartie en quartiers par des failles d'une trentaine de mètres de rejet, notamment un accident significatif entre les travaux du puits Perrin et ceux du puits des Flaches.

Les premiers travaux d'extraction d'anthracite ont débuté depuis les affleurements de charbon (cf. § 4.2.1). Ces exploitations très anciennes sont susceptibles de présenter des vides résiduels. A cette époque, l'extraction n'était pas rationalisée et a dû se pratiquer de façon anarchique abandonnant du minerai. Il est mentionné à plusieurs reprises dans les documents d'archives « *des piliers abandonnés par les anciens* ». Un témoignage recueilli auprès d'un responsable de sondages mentionne la présence de « *vieux travaux remblayés par des blocs de basaltes* » sur une zone d'affleurement au nord du bassin. L'absence de vestige sur la commune pourrait confirmer l'hypothèse de remblayage ou de comblements anciens par éboulement.

A partir de 1810, l'extraction semble s'effectuer par exploitation totale. Un procès verbal de visite affirme qu'« *on enlève maintenant tout le combustible* » et les plans de mine localisent des zones dépilées sans jamais esquisser de piliers abandonnés. L'exploitation se caractérisait par des traçages de galeries qui progressaient au sein de la couche en limitant des massifs de minerai, qu'ils dépilaient ensuite (par tailles rabattantes ou chassantes dans les travaux du puits Marie). Néanmoins, il est également mentionné certains piliers qui restaient dans les anciens travaux du puits Perrin, repris par la suite par le puits Jenny. Les anciennes exploitations dont aucun document ne mentionne la reprise, seraient alors les plus susceptibles de conserver des vides résiduels. Les plus anciens, les travaux des Charpennes et de la Pompe, dont nous ne connaissons que l'enveloppe, seraient concernés.

La seule méthode de traitement des vides mentionnée est le foudroyage, autorisé tardivement, à partir de 1945 dans les travaux du puits Marie. Nous n'avons aucune indication sur la méthode de traitement des vides utilisée pendant la majeure partie de l'exploitation (1810-1931). Si les plans d'exploitation laissent supposer l'emploi de méthodes d'exploitation totale, nous n'avons pas de confirmation sur la mise en œuvre de remblayage, partiel ou total.

6.1.3 DESCRIPTION DES TRAVAUX PAR ZONES D'EXPLOITATION

6.1.3.1 TRAVAUX ACCESSIBLES A PARTIR DES AFFLEUREMENTS

Nous ne disposons d'aucun plan localisant ces zones de travaux et leur évocation n'est pas exhaustive. La bande de localisation possible des affleurements a été représentée (cf. § 3.3).

Les quelques affleurements, cités à plusieurs reprises dans les archives comme ayant été localement exploités (§ 4.2.1), seront identifiés sur la carte informative (annexe 1). Une enveloppe de 80 m sera retenue autour de ces emplacements pour localiser la zone probable de travaux superficiels ainsi qu'autour des désordres situés à proximité des affleurements.

En dehors de ces secteurs où des indices d'exploitation sont mentionnés, nous n'avons pas considéré que les zones possibles d'affleurement aient pu être le siège de travaux souterrains. L'absence de données précises sur ces affleurements est un élément qui rend, à notre avis, peu probable l'existence de tels travaux.

6.1.3.2 TRAVAUX ACCESSIBLES A PARTIR DU PUITS DES CHARPENNES, DE LA POMPE ET DES FLACHES

Ces travaux sont les plus anciens de la période moderne (1810-1948). Comme expliqué précédemment, les travaux des Charpennes et de la Pompe, dont la superficie atteint 1,5 ha sont les plus susceptibles de conserver des vides résiduels.

6.1.3.3 TRAVAUX ACCESSIBLES A PARTIR DU PUITS DE L'ARGENTIERE ET DU PUITS DE L'INTERIEUR

Avec 600 m de profondeur, les travaux du puits de l'Argentière sont les plus profonds de l'exploitation. Ils se répartissent sur 32 ha environ, à l'extrémité sud de la concession. L'exploitation s'est terminée au nord par une faille transversale qui n'a pu être traversée et qui sépare ce quartier des autres zones de travaux.

Dans le puits de l'Argentière, la grande couche a 3,30 m de puissance totale dont 2,10 m de bon charbon.

6.1.3.4 TRAVAUX ACCESSIBLES A PARTIR DU PUITS JENNY, DU PUITS PERRIN ET DU PUITS FENOYL

L'exploitation dans ce secteur s'étend sur une longueur d'environ 1000 m pour une largeur de 250 m.

L'exploitation autour du puits Perrin a eu lieu en deux phases. Une avant 1835 où les exploitants laissaient des piliers et une après 1845, par dépilage [9]. En effet, en 1848, un procès-verbal de visite indique qu'« *on est maintenant occupé à rechercher les anciens piliers abandonnés dans les ouvrages du puits Perrin* ». A partir de 1848, le puis Fénoyl et le puits Jenny servent à la descente des mineurs, à l'extraction du charbon et à l'évacuation de l'eau, tandis que le puits Perrin sert à l'aérage.

6.1.3.5 TRAVAUX ACCESSIBLES A PARTIR DU PUITS DES ROSSANDES

Foncé avant 1849 à l'extrémité septentrionale de la concession, ce puits aurait recoupé deux veines du faisceau des Rossandes. Il a été « *abandonné par manque de puits d'aérage* » d'après une lettre de M. de Fenoyl [5]. Ce dernier souhaite « *continuer le creusage de ce puits* » et espère « *trouver une seconde mine au-dessus de celle exploitée jusqu'à ce jour* ». D'après la thèse de J. Louis [18], « *un petit travers-bancs de 10 m, creusé au fond du puits à la cote 148 par rapport à l'orifice, pénètre dans un porphyre vert ferrugineux »* [18]. Nous ne disposons d'aucun plan d'exploitation, mais une extraction a vraisemblablement eu lieu probablement à faible profondeur, vu la proximité de l'affleurement de Saint-Laurent du Chamousset. J. Louis indique également que le faisceau des Rossandes « *ne fut l'objet que de recherches superficielles dans le nord-ouest du bassin* » [18].

Cette hypothèse est à rapprocher de la campagne de mesures géophysiques entreprise par la commune de Saint-Genis-l'Argentière lors de la révision du POS en 1993 et qui a mis en évidence une zone de terrain déconsolidée à proximité d'une entrée de mine, considérée comme le puits des Rossandes. Ce secteur pourrait ainsi correspondre à l'exploitation superficielle évoquée dans les archives.

Les « *recherches superficielles dans le nord-ouest du bassin* » [18] sont susceptibles de concerner également l'autre secteur de la commune de Saint-Genis-l'Argentière, suspecté d'avoir été exploité.

6.1.3.6 TRAVAUX ACCESSIBLES A PARTIR DE LA DESCENDERIE

Cette descenderie, située entre la route d'Aveize et la rive gauche du ruisseau de l'Orgeolle, a permis l'exploitation de la petite couche de 1925 jusqu'à 1931 par taille chassante. Le plan d'exploitation disponible a été mis à jour en 1931, date d'arrêt de la mine : le tracé est représentatif de l'étendue des travaux réels. Cette zone, localisée entre 20 m et 60 m de profondeur, se superpose aux travaux du puits des Flaches entrepris en couche n°3. Elle s'étend sur une surface de 1,3 ha environ.

6.1.3.7 TRAVAUX ACCESSIBLES A PARTIR DU PUITS MARIE

Le puits Marie est relié au puits B par un travers-banc, d'une longueur de 250 m.

Le fonçage du puits a débuté vers 1830. L'exploitation autour du puits Marie a été abandonnée vers 1920 lorsque sa profondeur atteignait seulement 80 m. La reprise de l'extraction, entreprise à la faveur de la seconde guerre mondiale, a nécessité le dénoyage des travaux. Une descenderie a permis d'approfondir la profondeur de l'extraction de 30 m environ à l'ouest du gisement. La couche n°3, pentée de 15° environ, était épaisse de 1,90 m.

La méthode d'extraction par taille non remblayée avec un simple quadrillage en bois est qualifiée par l'Ingénieur des Mines [7] d'« *anarchique et nettement dangereuse* ». Probablement utilisée que peu de temps, fin 1944, l'exploitant reçoit l'autorisation de foudroyer en 1945 et l'Ingénieur des Mines confirme ensuite dans son procès-verbal [7] l'existence de trois tailles rabattantes qui « *produisent la totalité de la production de la mine* ». En 1946, l'Ingénieur des Mines distingue les méthodes d'exploitation entre *« la descenderie ouest avec l'unique taille rabattante et le plan 125 avec la seule taille chassante* ».

L'enveloppe de ce secteur d'exploitation a été agrandie en cohérence avec les études géophysiques [17] qui révélaient des secteurs à forte conductivité. De plus, d'après les nombreux descriptions des effondrements de la gare de Sainte-Foy (§ 6.4.3), la limite des travaux a été repoussée jusqu'à celle-ci afin d'être cohérent avec les nombreux témoignages et notamment l'existence de fontis *« à proximité immédiate de la gare de Sainte Foy, au niveau de laquelle on entendait le bruit des outils des mineurs depuis la surface du sol »* [17].

6.1.4 TRAVAUX A MOINS DE 50 METRES

L'emprise des travaux à moins de 50 mètres a été reportée sur la carte informative (annexe 1). Ces secteurs se localisent sur la partie nord des travaux. Outre les secteurs d'affleurements, elle concerne les travaux du puits Neuf et du puits Marie ainsi que ceux entrepris en petite couche.

Si nous ne disposons d'aucune cote concernant le secteur de travaux du puits des Charpennes, sa localisation au centre du bassin entre deux secteurs identifiés à moins de 50 m de profondeur est un indicateur important. Il est probable que cette zone soit aussi à faible profondeur ce que nous avons supposé par mesure de sécurité. Notons que d'après la structure du bassin, sa profondeur minimale resterait probablement supérieure à 30 m.

Les travaux suspectés sur la commune de Saint-Genis-l'Argentière, probablement sur le faisceau des Rossandes, sont également suspectés d'être à des profondeurs inférieures à 30 m (§ 6.1.3.5).

6.2 ELEMENTS RELATIFS AU GAZ DE MINE

Dans les archives, il n'est fait mention, à aucun moment, d'incident lié au dégagement de grisou ou d'un autre gaz potentiellement dangereux, ce que confirme la consultation des rapports officiels sur les accidents de grisou survenus en France entre 1817 et 1923. Ceci traduit un caractère très peu grisouteux voire non grisouteux de l'ensemble du gisement de Sainte-Foy-l'Argentière. Lors de l'étude géologique et minière confiée par les Charbonnages de France en 1947 [1], M. Thoral ajoute que l'éclairage individuel était assuré par des lampes à acétylène à feu nu. C. Roux [15] confirme qu'« *aucun dégagement de grisou n'a été constaté jusqu'ici dans les mines de Sainte-Foy-l'Argentière ; on a observé un léger dégagement d'azote (on sait d'ailleurs que de petites quantités d'azote existent normalement dans la houille) ».*

6.3 TERRILS

L'inspection de terrain, étayée par l'analyse de la carte IGN, a permis de détecter la présence de quatre terrils, détaillés dans le tableau 4. L'emprise de ces dépôts est cartographiée sur la carte en annexe 1. Systématiquement localisés à proximité de puits d'extraction, les matériaux de dépôts sont issus du creusement de ces ouvrages ainsi que des stériles provenant de l'exploitation. C. Roux [5] décrit *« les déblais extraits de la mine : grès, schistes, mauvais charbon forment à proximité des puits de véritables collines artificielles […]. Par suite de l'altération avec l'air, les schistes de ces déblais se recouvrent souvent d'efflorescences jaunâtres ; ils ne sont pas assez riches en matières bitumineuses pour pouvoir être distillés avec profit ; d'autre part, ils sont absolument stériles ».* Quoique peu précise et ambiguë, cette description révèlent à la fois la présence de pyrite, de charbon et de matières bitumineuses dans ces dépôts.

	Début de creusement du puits	Composition	Dimension de l'ouvrage	Utilisation actuelle	Observations
Terril du puits Jenny	Avant 1850	Associé à des rebuts de porcelaine	Hauteur = 5 m	Usine Salaison Ogier	Aplani Plateforme sommitale bétonnée Flanc boisé
Terril du puits Fenoyl (photo 16 et 16bis)	Avant 1850		Hauteur = 7 m	Habitat individuel sur le terril	
Terril du puits Neuf	1909		Hauteur = 5 m	Parking municipal	
Terril de l'Argentière (photos 17, 18, 19)	1870	Charbonneux, partiellement brûlé (schistes rouges)	Hauteur = 25 m	Zone non urbanisée, boisée	Fortes pentes sur le versant ouest (35-40°). Emprunts observés sur le flanc ouest

Tableau 4 : Caractéristiques des différents terrils

Notons qu'il n'est pas exclu de retrouver de façon disséminée des matériaux provenant de l'exploitation minière sans qu'il soit possible d'en faire l'inventaire complet.

Nous distinguerons le terril de l'Argentière des trois autres (Jenny, Fenoyl, Neuf). Ces terrils secondaires ont été réhabilités et sont aujourd'hui intégrés à la zone urbaine de Sainte-Foy. Terrassés et construits (bâtiments et/ou parkings), ils ont probablement bénéficié d'un compactage avant réhabilitation. Leur hauteur est limitée (< 10 m).

Localisé dans une zone non urbanisé, le terril de l'Argentière a, quant à lui, une emprise au sol significative. Entièrement boisé, son flanc nord est limité par la Brévenne qui s'écoule en pied de talus sur 250 m environ. La partie haute est composée d'éléments charbonneux, qui semblent constituer une pellicule de 2 à 3 mètres d'épaisseur (photo 18).

Le terril présente de fortes pentes (35-40°) et une hauteur totale significative (25 m), réduite par la présence d'une banquette intermédiaire qui limite la hauteur de talus maximale à une quinzaine de mètres. Deux cônes d'éboulis de 5 et 10 m de hauteur se dessinent aux pieds des talus ouest, suggérant vraisemblablement des prises de matériaux. Ils laissent apparaître des fronts d'emprunts verticaux (photos 17, 18, 19).

6.4 DESORDRES CONNUS EN SURFACE

6.4.1 AFFAISSEMENTS

Lors de l'inspection du site entreprise en septembre 2005 par l'INERIS, des zones d'affaissement ont été repérées de manière non exhaustive. Elle concerne :

- un secteur à l'aplomb des travaux du puits Perrin, dans un champs près du lieux dit « le Perrin » (photo 20) ;
- une zone localisée derrière le cimetière à l'aplomb des travaux du puits des Prairies, repris ensuite par ceux du puits Neuf, situés à moins de cent mètres de profondeur (photo 21). Le champs entier suit une topographie affaissée.

6.4.2 ZONES D'INSTABILITES TRACEES PAR LA DDE LORS DE L'ELABORATION DU POS

En 1987, en vu d'élaborer le POS, J. Gauchez a établi, à partir du calage des plans de la DRIRE, une carte des travaux miniers (disponible en figure 5), schématisant notamment quatre zones d'instabilités dites « d'effondrement et de glissement », qui seront reproduites sur la carte informative. D'après la notice de cette carte [16], il s'agit de :

- la zone 1, ancienne zone d'extraction d'argile. « *Nous avons observé une ancienne carrière plus ou moins remblayée. Toutefois, au nord de l'école, des déformations superficielles font penser à des affaissements de galeries peu profondes ».* Ce secteur se localiserait à proximité des affleurements *;*
- la zone 2, correspondant à un secteur anciennement exploité par les Tuileries. « *Nous notons des indices de glissement. Au nord de la route départementale n°25, le terrain présente aussi en surface des zones d'effondrement, indices de l'existence de galeries à faible profondeur ».* Ce secteur se localiserait également à proximité des affleurements *;*
- la zone 3 (photo 22), « *siège de nombreux affaissements de surface, dont l'aspect évoque les dolines des pays karstiques. Il semblerait donc que dans cette zone existent des galeries à faible profondeurs ».* Ce secteur est situé à l'aplomb des travaux du puits Jenny et semblerait correspondre aux éventuels affaissements attendus suite à l'exploitation *;*
- la zone 4 : « *Elle présente également des caractères d'instabilité (glissement de terril) ».* Ce secteur est éloigné de tous travaux.

6.4.3 EFFONDREMENTS

Tous ces effondrements sont situés à proximité des affleurements ou à très faible profondeur.

6.4.3.1 EFFONDREMENT PRES DE LA GARE

Les archives consultées ne mentionnent pas de désordres en surface liés à l'activité minière, excepté un événement affectant la gare de Sainte-Foy-l'Argentière. L'Ingénieur Subdivisionnaire évoque dans son rapport [6] « *fin 1946, un affaissement important se produisit en gare de Sainte-Foy »*. Quant au « *Préinventaire des monuments et richesses artistiques de Sainte-Foy-l'Argentière* » [13], il cite « *un éboulement qui fit s'effondrer d'un mètre la voie ferrée (près de la Tuilerie) ainsi que la route de Monbrison ».* Plusieurs personnes ont d'ailleurs confirmé oralement cet événement dont un ancien mineur qui affirme qu'il est survenu soudainement, pendant la nuit, suite à une fuite d'eau. Selon lui, un cratère de l'ordre d'une dizaine de mètres de diamètre et de profondeur serait apparu. Cet événement se rattache

vraisemblablement à un désordre de type « effondrement » plus qu'à l'« affaissement » cité par les archives.

Un événement similaire est relaté d'après des témoignages oraux, mais semble antérieur : *« il nous a été signalé 2 fontis ayant eu lieu au début du XXème siècle à proximité immédiate de la gare de Sainte Foy, au niveau de laquelle on entendait le bruit des outils des mineurs depuis la surface du sol »* [17].

Dans cette zone, la couche n°3, pentée de 15° environ, est épaisse de 1,90 m et la couche n°1 n'a pas été rencontrée. Les dimensions évoquées par l'ancien mineur (dix mètres de profondeur) semblent moins réalistes que l'effondrement d'un mètre de la voie ferrée décrit dans les archives. Le manque de précision quant à la localisation et la description de cet évènement ne nous permet pas d'être très précis. Les travaux les plus proches sont ceux du puits Marie, exploités en 1920 puis repris par foudroyage en 1945 et localisés à faible profondeur (inférieure à 30 m). Leur enveloppe a donc été prolongée jusqu'à la gare (§ 6.1.3.7). Le mineur a mentionné un incident d'origine hydraulique. Un défaut de pompage et une mise en charge inopinée d'un quartier avant le foudroyage de la zone aurait-il pu déclencher l'effondrement du panneau ?

6.4.3.2 EFFONDREMENT HORS TRAVAUX MINIERS, A PROXIMITE DES AFFLEUREMENTS

L'enquête complémentaire réalisée sur place par GEODERIS a révélé la présence d'autres fontis dans le bourg de Sainte-Foy-l'Argentière, dans des zones hors enveloppe des travaux miniers, à proximité des affleurements. Il s'agit de :

- un fontis datant de 1990, remblayé et localisé dans le jardin d'une propriété, boulevard du 19 mars (photos 23). Un autre est évoqué à proximité, mais sans confirmation précise. Ce désordre est situé à 80 m au sud-ouest des affleurements repérés aux Ecoles de Sainte Foy, soit à un maximum de 27 m de profondeur (avec une pente de 15°) ;
- un fontis dans un pré à Saint-Genis-l'Argentière (photos 24 et 25), là où des travaux sont supposés avoir été menés à faible profondeur, probablement sur le faisceau des Rossandes.

Ces désordres ont été localisés sur la carte informative (annexe 1).

7. EVALUATION DE L'ALEA « MOUVEMENTS DE TERRAIN » LIE AUX TRAVAUX SOUTERRAINS

La phase informative a mis en évidence l'existence de travaux miniers souterrains situés entre 0 et 600 m de profondeur environ. L'essentiel de ces travaux a été réalisé par des méthodes d'exploitation totales (sans vide résiduel). Il subsiste néanmoins des ouvrages (travers-bancs, galeries d'accès…) et des zones de travaux susceptibles de présenter des vides résiduels.

Le présent chapitre évalue les aléas (intensité et probabilité d'occurrence) susceptibles d'affecter la surface du territoire de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière.

7.1 L'ALEA « EFFONDREMENT GENERALISE »

Un effondrement correspond à un abaissement brutal de la surface qui se traduit par une rupture franche des terrains de surface.

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). Aucun phénomène de ce type n'a jamais été constaté sur le territoire de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière.

D'un point de vue général, les effondrements généralisés se produisent dans des exploitations ayant laissé des vides résiduels, telles que les exploitations par chambres et piliers abandonnés par exemple. Les recherches effectuées dans le cadre de la phase informative ont montré que :

- l'essentiel des travaux d'exploitation a été réalisé de manière totale, c'est-à-dire sans vides résiduels importants. La probabilité de présence de vides résiduels dans les travaux des Charpennes et de la Pompe reste faible et porte sur des vides non systématiques ne permettant pas d'envisager un phénomène d'effondrement de grande ampleur. La prédisposition au phénomène de type « effondrement généralisé » nous semble négligeable ;
- les seules configurations de travaux éventuellement favorables à l'apparition en surface d'un effondrement généralisé pourraient correspondre aux exploitations partielles réalisées avant 1810 près des affleurements. Pour ces zones, l'absence de continuité et de régularité des chantiers d'exploitation partielle, la faible dimension des panneaux et la faible profondeur, les remblayages localisés ou partiels et, enfin, l'absence de retours d'expérience d'événements en surface nous permettent d'exclure le risque d'effondrement généralisé.

On peut donc exclure le risque d'effondrement généralisé pour l'ensemble du site.

7.2 L'ALEA « EFFONDREMENT LOCALISE »

On parle d'effondrement localisé lorsque la rupture ne concerne qu'une zone d'extension limitée en surface (quelques mètres), qu'il s'agisse de zones de travaux, de galeries isolées ou de puits. Les différents types d'effondrement localisé, leur

origine, les mécanismes de rupture, les conséquences en surface et l'évaluation de leurs aléas sont décrits, de façon détaillée, dans l'annexe 7.

Lorsque le désordre qui affecte la surface résulte de la remontée au jour d'un éboulement initié au sein d'une excavation souterrain ou d'une galerie, on parle de « fontis ». Dans un premier temps, nous avons évalué les caractéristiques générales des fontis attendus sur la concession de Sainte-Foy-l'Argentière : leur intensité et une hiérarchisation de leurs niveaux de prédisposition en fonction de la profondeur des travaux. Cette analyse est ensuite détaillée suivant les trois configurations d'exploitation identifiables pour ce type de phénomène : les zones d'exploitation partielle, totale et les galeries isolées.

7.2.1 LE FONTIS

7.2.1.1 INTENSITE DU PHENOMENE

L'intensité du phénomène redouté en surface, en cas de remontée d'un fontis est globalement proportionnelle au volume du vide et donc aux dimensions des ouvrages. Avec des largeurs de galerie variant entre 2 et 4 m et une puissance de 2,50 m, la dimension du fontis en surface restera inférieure dans tous les cas à dix mètres de diamètre. D'après les critères de classes mentionnés en annexe 7, l'intensité du phénomène attendu sera faible à moyenne au plus selon le type de galerie.

7.2.1.2 EVALUATION DE LA HAUTEUR DE REMONTEE D'UN FONTIS

Deux facteurs de prédisposition principaux permettent classiquement d'estimer la probabilité d'occurrence d'apparition en surface d'un fontis : la fréquence des désordres et la hauteur du recouvrement.

Concernant la fréquence, d'après la recherche d'archives et l'investigation de terrain, plusieurs phénomènes de type « fontis » ont été recensés, à l'aplomb de travaux à très faible profondeur. Le manque de détail ne permet pas d'établir la profondeur à partir de laquelle le risque de remontée de fontis en surface initié au toit d'une galerie souterraine devient nul.

Nous avons estimé la hauteur maximale de remontée de fontis à l'aplomb de galeries à partir d'un modèle de calcul prenant en compte en particulier les caractéristiques géométriques des vides résiduels, le coefficient de foisonnement et l'angle de talus naturel des matériaux éboulés[1].

Le calcul est mené sur une base volumétrique : la hauteur maximale de remontée de fontis est celle pour laquelle le volume foisonné provenant de la cheminée du fontis égalise la somme des volumes de la galerie et de la cheminée.

Les terrains de recouvrement à l'aplomb des travaux de la concession sont constitués de schistes et de grès de la série houillère du Stéphanien supérieur (coefficient de foisonnement de 1,3 et angle de talus des matériaux éboulés de 35°). La valeur du coefficient de foisonnement retenue est issue de la classification R.T.R[2]. Notons deux exceptions que sont le puits de l'Argentière et les 4 puits près de l'usine

---

1 Voir Mémoire de DEA de l'Ecole Centrale de Paris. R. Salmon. INERIS. 1998.

2 Recommandations pour les Terrassements Routiers (RTR). SETRA et LCPC. 1976.

IMERYS (Or, Union, Pompes et Extraction), foncés dans le complexe alluvionnaire de la Brévenne dont les propriétés mécaniques sont probablement moins bonnes. Néanmoins, les très grandes profondeurs d'exploitation dans le secteur du puits de l'Argentière (> 500 m) excluent indéniablement toute remontée de fontis. Quant aux 4 puits près de l'usine IMERYS, l'étude de FONDASOL (§ 5.2.2.2) a préconisé un décapage des terrains superficiels du secteur avant la construction du bâtiment. Nous ne les distinguerons donc pas des autres.

Il est nécessaire de distinguer les exploitations en couche n°3 de celle en couche n°1 dont les puissances sont respectivement 2,5 m et 1 m. Les travaux possèdent une ouverture plus grande que la couche quand celle-ci est peu épaisse. Nous majorons donc la hauteur des galeries en couche n°1 à 2 m, par sécurité. Le cas particulier de la descenderie en couche n°1 est étudié avec une hauteur maximale de 2,5 m.

Les plans de mine semblent indiquer des largeurs de galeries oscillant entre 2,5 m et 4 m. L'expérience montre que les fontis s'initient sur une largeur égale ou légèrement inférieure à la largeur totale de la galerie. Pour rester du côté de la sécurité, nous avons fait varier le rayon du fontis dans une gamme de 80 % à 100 % du rayon maximal possible. Pour de grandes largeurs de galeries (> 3 m), le cas défavorable mais non moins envisageable d'un fontis de 1 m de rayon sera toujours envisagé.

Les résultats des hauteurs maximales de remontée de fontis à l'aplomb de galeries sont présentés dans les tableaux 5 et 6.

Paramètre	Travaux en couche n°3			
Hauteur de la galerie	2,5	2,5	2,5	2,5
Largeur de la galerie	2	2,5	3	3,5
Rayon au toit du fontis	0,8 à 1,0 m	1,0 à 1,25 m	1,0 à 1,5 m	1,0 à 1,75 m
Hauteur de remontée du fontis	29 à 42 m	25 à 35 m	23 à 42 m	21 à 47 m

Tableau 5 : Hauteurs maximales de remontée de fontis à l'aplomb de galeries d'exploitation en couche n°3.

Paramètre	Travaux en couche n°1			Descenderie en couche n°1	
Hauteur de la galerie	2	2	2	2,5	2,5
Largeur de la galerie	2	2,5	3	3,5	4
Rayon au toit du fontis	0,8 à 1,0 m	1,0 à 1,25 m	1,0 à 1,5 m	1,0 à 1,75 m	1,0 à 2,0 m
Hauteur de remontée du fontis	20 à 29 m	18 à 25 m	16 à 29 m	21 à 47 m	19 à 52 m

Tableau 6 : Hauteurs maximales de remontée de fontis à l'aplomb de galeries d'exploitation en couche n°1.

En couche n°1, les résultats indiquent qu'on ne peut exclure la possibilité d'apparition d'un fontis au droit d'une galerie dont la profondeur est inférieure à 30 m. Au-delà,

l'expérience et notre analyse montrent que le risque de remontée d'un fontis jusqu'en surface peut être écarté, par le processus d'autocomblement. A l'aplomb de la descenderie, ce phénomène est susceptible d'apparaître jusqu'à 50 m de profondeur. Nous avons retenu 50 m (et non 52 m) compte tenu de l'approche sécuritaire du modèle volumique.

En couche n°3, pour des configurations de travaux identiques, la prédisposition la plus élevée est retenue pour les travaux situés entre 0 et 30 m de profondeur. Elle diminue ensuite entre 30 et 50 m de profondeur et devient négligeable au-delà de 50 m. Le qualificatif de cette prédisposition sera fonction, in fine, pour une même profondeur, de la configuration des travaux, en particulier des méthodes d'exploitation mises en œuvre.

7.2.2 EFFONDREMENT LOCALISE LIE AUX ZONES D'EXPLOITATION TOTALE

L'essentiel des travaux miniers a été réalisé par des méthodes d'exploitation dites totales. La présence de vides résiduels significatifs ne peut être liée qu'à des galeries de traçage, espacées entre elles de 10 à 15 m et probablement non remblayées.

Concernant les travaux en couche n°3, nous retiendrons une prédisposition différente vis-à-vis du risque d'effondrement localisé en fonction de la profondeur. L'effondrement de la Gare concernant les faibles profondeurs (inférieures à 30 m) et la méthode d'exploitation laissant des vides résiduels espacés (galeries de niveau et d'infrastructure), la prédisposition est jugée moyenne pour les travaux situés à moins de 30 m de profondeur et faible entre 30 et 50 m. De la même manière, concernant les travaux en couche n°1, nous retenons une prédisposition moyenne pour le phénomène de fontis pour les travaux situés à moins de 30 m de profondeur. En tenant compte d'une marge sécuritaire et du cas particulier de la descenderie, les travaux situés entre 30 m et 50 m de profondeur bénéficieront d'une prédisposition faible.

Compte tenu de l'intensité faible à moyenne évaluée au § 7.2.1.1, l'aléa « effondrement localisé » retenu est moyen à l'aplomb de toutes les zones d'exploitation situées à moins de 30 m de la surface et faible pour celles entre 30 et 50 m de profondeur. Au-delà, l'aléa est négligeable.

L'enveloppe, constituée par l'incertitude de positionnement des travaux et l'extension latérale d'un fontis en surface, totalise une largeur supérieure à l'espacement entre 2 ouvrages. En conséquence, la zone d'aléa « effondrement localisé » sera donc tracée à partir de l'enveloppe globale des travaux.

7.2.3 EFFONDREMENT LOCALISE LIE AUX ZONES PROBABLES D'EXPLOITATION PARTIELLE

Les secteurs à proximité des affleurements sont susceptibles d'avoir été exploités, comme en témoignent les documents d'archives et les désordres recensés sur la commune. Notons cependant, que si la présence de vides résiduels est réelle là où des désordres ont eu lieu et là où des archives précisent l'exploitation, elle devient très faible là où les affleurements ne sont que supposés. De plus, ces vides résiduels sont probablement de faible ampleur et d'extension limitée puisqu'il s'agit de la période de « glanage » et de petits champs d'exploitation isolés. Il a été également mentionné l'hypothèse de remblayage ou de comblements anciens par éboulement

(§ 6.1.2). La prédisposition au phénomène d'effondrement localisé est donc faible à proximité des affleurements et des désordres localisés mais elle devient négligeable là où les affleurements ne sont que supposés.

Comme expliqué précédemment (§ 6.1.2), les anciennes zones d'exploitation, comme le secteur des travaux des Charpennes et de la Pompe, sont également susceptibles de conserver des vides résiduels. D'après la structure du bassin, la profondeur de cette zone étant entre 30 et 50 m (§ 6.1.4), la prédisposition est évaluée à faible, car la présence de vide est compensée par le peu de documents attestant cette hypothèse. Ce niveau de prédisposition concerne également les deux zones suspectées d'avoir été exploitées à faible profondeur dans la commune de Saint-Genis-l'Argentière.

L'aléa « effondrement localisé » est donc jugé comme faible :

- sur une enveloppe de 80 m autour des affleurements connus comme étant exploités ;
- sur une enveloppe de 80 m autour des désordres repérés ;
- à l'aplomb du secteur des travaux des Charpennes et de la Pompe ;
- à l'aplomb des deux zones suspectées d'avoir été exploitées à faible profondeur dans la commune de Saint-Genis-l'Argentière .

Cet aléa devient négligeable là où les affleurements ne sont que supposés.

7.2.4 EFFONDREMENT LOCALISE LIE AUX GALERIES ISOLEES

7.2.4.1 EVALUATION DE L'ALEA

D'après les plans de mine, une seule galerie de mine débouche au jour : la descenderie de la Petite couche. D'après l'évaluation de la hauteur maximale de remontée de fontis (§ 7.2.1.2), elle présente une prédisposition à l'apparition de fontis jusqu'à 50 m de profondeur.

L'absence de désordres, alors que la galerie est située à faible profondeur en particulier sur la route d'Aveize, laisse supposer qu'elle pourrait avoir été remblayée comme le préconisait l'Ingénieur des TPE dans son rapport de 1931 [8]. Néanmoins, nous ne savons pas si ces travaux ont été effectués et quelle est la largeur de l'ouvrage, seule galerie d'accès aux travaux de Petite couche, probablement importante (3 ou 4 m). La prédisposition de la galerie au phénomène d'effondrement localisé est donc moyenne jusqu'à 30 m de profondeur et faible entre 30 et 50 m de profondeur. Les dimensions non négligeables de cette galerie principale conduisent à une intensité de fontis moyenne. L'aléa retenu est donc considéré comme moyen à l'aplomb de la galerie jusqu'à 30 m de profondeur et à faible entre 30 et 50 m de profondeur.

Le section réduite de la galerie d'écoulement des eaux du puits de l'Argentière (1,5 m x 1,0 m) conduit à une intensité faible voire très faible pour cet ouvrage et donc à un aléa « effondrement localisé » négligeable. Il en est de même pour les autres ouvrages de ce type (galerie technique ou d'écoulement des eaux), susceptibles d'être présents dans l'environnement des carreaux des puits.

7.2.4.2 LIMITE DU ZONAGE (ANNEXE 2)

Le zonage de l'aléa se limite aux portions des galeries situées à moins de 50 m de profondeur.

Nous avons ajouté une marge de sécurité comprenant :

- l'incertitude de positionnement relative à chaque ouvrage (entre 15 et 50 m selon les cas) ;
- l'extension latérale d'un fontis apparaissant en surface (déterminée par un angle d'influence de 45° tracé à la base des terrains peu cohérents de surface dont nous estimons l'épaisseur maximale à 5 m).

Vu en plan, l'aléa « effondrement localisé » lié à la présence de galeries est cartographié de la manière suivante (figure C).

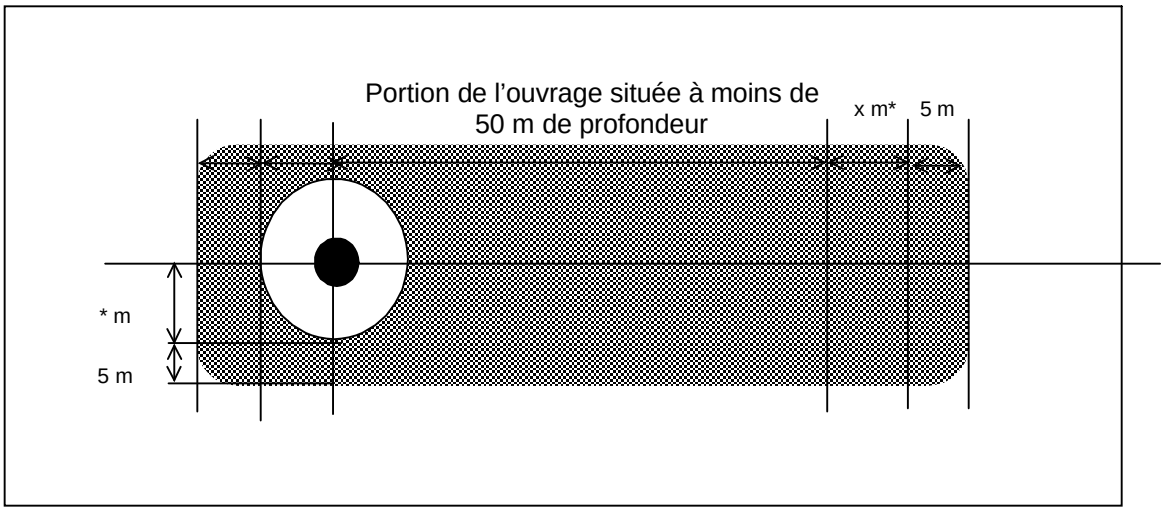


Figure C : Zonage de l'aléa « effondrement localisé »
lié à la présence d'une galerie souterraine
(cette valeur dépend de l'incertitude de positionnement de l'ouvrage).*

7.2.5 EFFONDREMENT LOCALISE LIE AUX PUITS

Parmi les puits recensés, on compte 20 puits d'extraction et 4 puits d'aérage. Le tableau 3 synthétise les caractéristiques de ces ouvrages.

7.2.5.1 INTENSITE DE L'ALEA

Les terrains superficiels sont constitués de matériaux déconsolidés qui constituent une couverture de qualité médiocre jusqu'à une profondeur maximale estimée à 5 m.

Selon les critères mentionnés en annexe 7, l'intensité du phénomène « effondrement localisé » attendu est jugée comme :

- très faible pour les puits d'aérage et les puits anciens dont la section et la profondeur sont réduits (diamètre < 2 m) ;
- moyenne pour les puits d'extraction.

7.2.5.2 EVALUATION DE L'ALEA

Les effondrements localisés de puits non sécurisés ou insuffisamment bien traités relèvent de deux mécanismes distincts : le débourrage des remblais et/ou la rupture de la tête d'ouvrage.

La prédisposition au phénomène d'effondrement localisé dépend principalement de son mode de traitement. Elle peut être jugée comme :

- faible pour les puits d'extraction de la catégorie 3 (c'est-à-dire les puits probablement remblayés). En effet, à l'emplacement de ces ouvrages, qu'ils soient visibles ou non retrouvés, aucune trace n'évoque de désordre passé. De plus, l'unicité de la couche exploitée rend peu probable la présence de recette. Néanmoins, l'absence de renseignement sur la qualité du remblayage et les fluctuations saisonnières de la nappe ne nous permettent pas d'exclure totalement le risque de débourrage (cette remarque ne concerne pas les puits anciens) ;
- moyen pour les puits d'extraction de la catégorie 2 (c'est-à-dire les puits dallés). Les caractéristiques exactes de ces traitements ainsi que l'état du revêtement ne sont pas disponibles. La rupture de la tête d'ouvrage est susceptible de s'opérer à moyen ou long terme par altération ou vieillissement des dalles de béton ou des revêtements. Des investigations approfondies permettraient de lever le doute sur la qualité de ces réaménagements. Le puits projeté se voit aussi attribuer une prédisposition moyenne (plutôt que forte) due à l'incertitude sur son existence ;
- forte pour les puits d'extraction de la catégorie 1 (c'est-à-dire les puits non traités), excepté le puits projeté ;

Par conséquent, nous retiendrons :

- un aléa fort pour les deux puits d'extraction de la catégorie 1 (puits Neuf et puits de Meys[3]) ;
- un aléa moyen pour les trois puits de la catégorie 2 ainsi que pour les puits d'aérage de la catégorie 1, excepté le puits projeté ;
- un aléa faible pour les puits d'extraction de la catégorie 3 (intensité moyenne et probabilité d'occurrence faible) ainsi que pour le puits projeté ;
- un aléa négligeable pour les puits anciens non retrouvés.

Notons que le puits de l'Argentière bénéficie d'un surclassement en aléa moyen par sécurité. En effet, même si l'absence de trace sur le terrain porte à croire qu'il a été remblayé, sa profondeur significative (485 m) et les nombreux documents d'archives qui décrivent en 1970 : « *l'écroulement des murs de protection laissant béante l'ouverture du puits rempli d'eau* » et qui réclament des actions urgentes de traitement ne sont pas rassurants. Seule une attestation des récents travaux

[3] Pour le puits de Meys, cette évaluation n'est donnée qu'à titre informatif

permettrait de lever le doute sur le traitement de ce puits, le plus profond de la concession.

7.2.5.3 LIMITE DU ZONAGE (ANNEXE 2)

Les terrains de recouvrement, relativement meubles près de la surface, peuvent avoir été déconsolidés par altération sur une profondeur de l'ordre de 5 m (§ 3.2.2.3). L'angle de cône moyen (angle d'influence) est estimé à 45°.

Les désordres attendus en surface correspondent à des effondrements circulaires coniques similaires à un fontis de diamètre très variable. Compte tenu de la nature du phénomène redouté, le zonage de l'aléa est circulaire, centré sur l'axe du puits. Il doit englober :

- l'emprise de l'ouvrage ;
- un rayon supplémentaire d'incertitude de positionnement relative à chaque ouvrage (entre 15 et 100 m selon les cas) ;
- un rayon supplémentaire correspondant à l'extension latérale du cône d'effondrement (pris égal à l'épaisseur des terrains peu cohérents de surface, soit au plus de 5 m) selon la figure D.

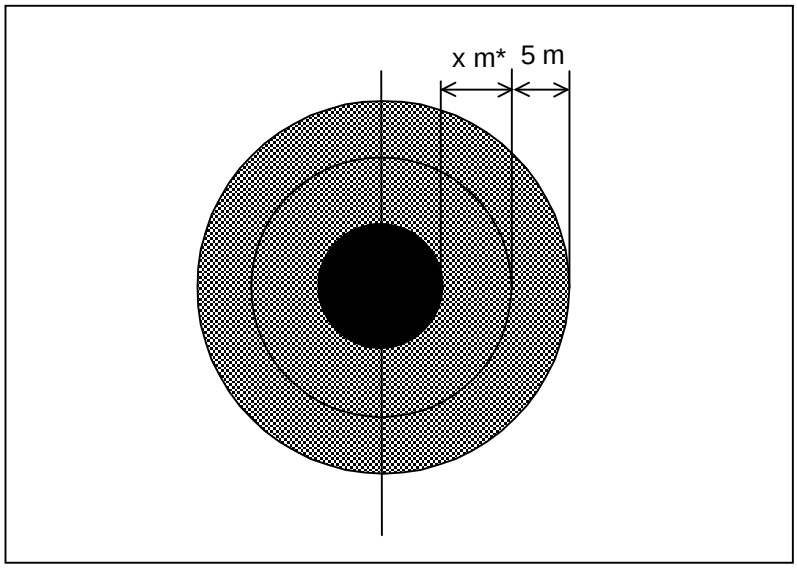


Figure D : Zonage de l'aléa « effondrement localisé » d'un puits.
(cette valeur dépend de l'incertitude de positionnement de l'ouvrage)*

Notons que la grande incertitude de localisation des 4 puits de l'usine IMERYS, conduisant à une zone d'aléa étendue, intègre également la présence possible de galeries rayonnant depuis les ouvrages puisqu'aucun plan de travaux n'est repéré dans ce secteur.

7.3 L'ALEA « AFFAISSEMENT / TASSEMENT»

7.3.1 ALEA AFFAISSEMENT

L'affaissement correspond au mouvement de terrains induit par l'éboulement des travaux souterrains. Ce mouvement, souple et progressif, conduit à une dépression topographique, sans rupture cassante importante, en allure de cuvette. Compte tenu de la typologie de ce type de désordre, la morphologie particulière de la surface du sol, repérée lors de la visite de terrain de septembre 2005 (photo 20, 21 et 22), pourrait se rapporter à ce phénomène et attester que des affaissements ont eu lieu à l'aplomb de ces travaux en exploitation totale.

Pour les exploitations totales, l'expérience de l'INERIS[4] montre que les affaissements se prolongent après l'arrêt des travaux du fait du tassement résiduel des terrains. Cette phase d'affaissement résiduel se prolonge durant 5 ans environ. Dans le cas étudié ici, les travaux se sont arrêtés au plus tard en 1948. L'aléa « affaissement » peut donc être écarté sur la concession de Sainte-Foy-l'Argentière.

7.3.2 ALEA TASSEMENT

Le tassement correspond à des mouvements du sol qui ne résultent pas de l'extraction, de la combustion ou de la dissolution d'un minerai mais s'explique par la recompaction d'un massif meuble ou affecté par les travaux souterrains. Les tassements sont des phénomènes d'extension et d'amplitude limités.

Après la phase d'affaissement identifiée précédemment, des phénomènes de tassement peuvent se produire sous l'effet de causes exogènes, telles que :

- la remontée des eaux dans les travaux souterrains ;
- l'application de surcharges en surface (construction de bâtiments ou d'ouvrages d'infrastructure importants par exemple) à l'aplomb d'exploitation minière proche de la surface.

Seul le dernier facteur concerne la concession de Sainte-Foy-l'Argentière. Les effets de surcharge ne sont à retenir que dans le cas d'exploitations situées à faible profondeur ou au droit des terrils.

7.3.2.1 EVALUATION DE L'ALEA « TASSEMENT » A L'APLOMB DES TRAVAUX A FAIBLE PROFONDEUR

La profondeur maximale jusqu'à laquelle une exploitation souterraine est susceptible d'entraîner un tassement perceptible en surface est généralement prise voisine de 50 m. Elle correspond à une épaisseur de terrain dans laquelle des fontis sont susceptibles d'avoir été autocomblés sans qu'ils ne soient apparus au jour et sont donc susceptibles d'entraîner un phénomène de tassement en surface.

L'intensité d'un tassement lié à la présence de travaux peu profonds peut être considérée comme faible. Bien que manquant de retours d'expériences, précisons toutefois que l'ordre de grandeur des tassements attendus est de quelques centimètres.

---

[4] Piguet J.P, Wojtkowiak F., « Affaissements et déformations au-dessus des exploitations minières : mécanismes et évolution dans le temps ». Les techniques de l'industrie minérale. N°10, juin 2001.

La probabilité d'occurrence est difficile à déterminer dans le cas présent : aucun événement marquant, attribuable sans ambiguïté à ce mécanisme, n'est connu sur le territoire de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière. Néanmoins, la configuration d'exploitation habituelle (en plateure avec 2,50 m d'ouverture) nous conduit à retenir une prédisposition faible, comme dans la majorité des cas.

Par croisement de l'intensité et de la prédisposition, le niveau d'aléa « tassement » au-dessus de travaux souterrains peu profonds est faible jusqu'à une profondeur de 50 m. Ce niveau est également attribué aux secteurs de travaux supposés à faible profondeur (commune de Saint-Genis-l'Argentière, travaux probables autour des affleurements exploités, travaux des Charpennes et des Pompes).

7.3.2.2 EVALUATION DE L'ALEA « TASSEMENT » SUR LES TERRILS

Notons que les trois terrils secondaires, partiellement urbanisés ont très certainement été compactés. Un responsable de l'étude géotechnique lors du réaménagement du terril du puits Jenny précise avoir recouru au « *compactage dynamique* ». Compte tenu de ces informations, nous considérons que la prédisposition au phénomène de tassement est faible pour le terril de l'Argentière (lié au caractère naturellement peu compacté de ce type de dépôt) et très faible pour ceux ayant subi un compactage dynamique.

En retenant une intensité faible pour le phénomène de tassement, l'aléa est donc faible sur l'emprise de tous les terrils.

7.3.2.3 LIMITE DU ZONAGE (ANNEXE 3)

Ce niveau d'aléa est applicable d'une part à l'emprise de tous les terrils, d'autre part aux secteurs à l'aplomb de travaux souterrains situés à moins de 50 m de profondeur.

A l'emprise des travaux peu profonds, nous avons ajouté :

- une marge d'incertitude relative à l'erreur de positionnement de chaque secteur d'exploitation (entre 15 et 50 m selon les cas) ;
- une auréole liée à la zone d'influence de ces travaux : les limites matérialisant en surface la zone influencée par les tassements sont déterminées à partir d'un angle dit « angle d'influence », pris sur la verticale, qui relie l'extrémité du panneau, au fond, aux points de surface où les affaissements, déformations ou pentes sont considérés comme imperceptibles ou nulles.

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

  L'expérience acquise par l'INERIS dans les bassins houillers français nous permet de retenir un angle d'influence (γ) de l'ordre de 35° pour une couche en plateure (pendage subhorizontal) ou peu pentée, comme à Sainte-Foy-l'Argentière.

Figure E : Angle d'influence des travaux souterrains sur la surface du sol
(cette valeur dépend de l'incertitude des secteurs de travaux)*

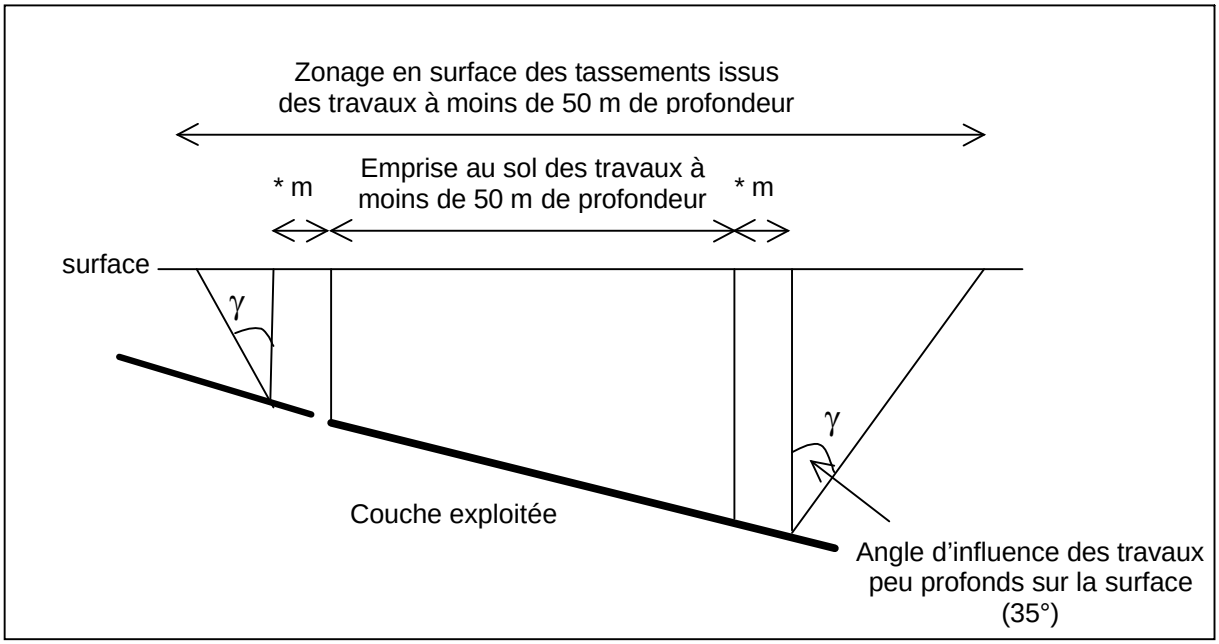
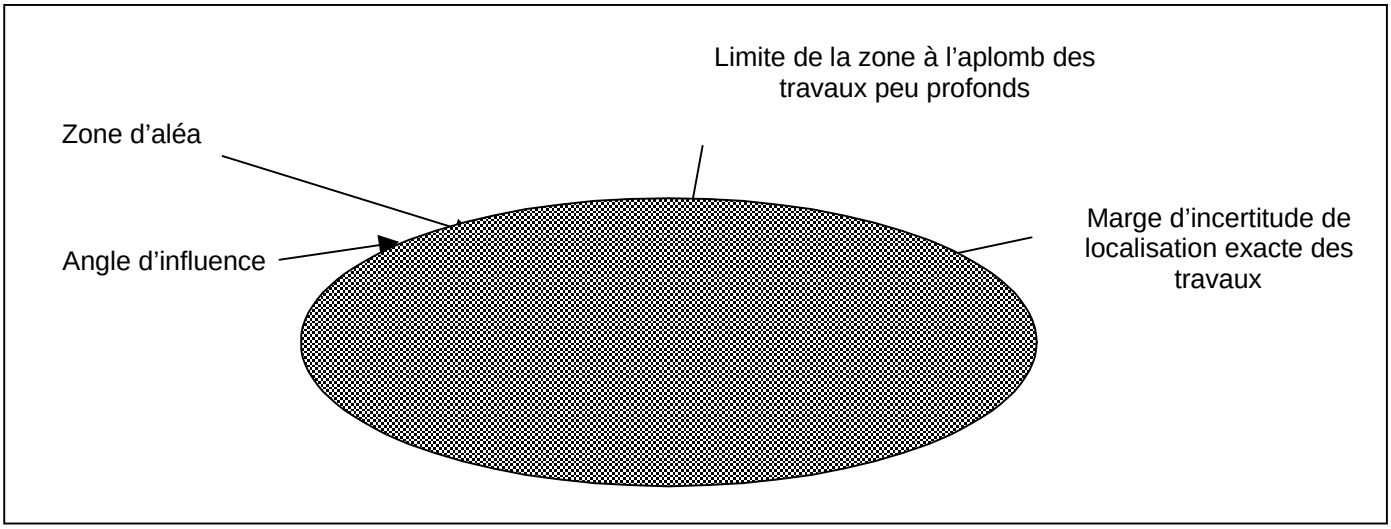


Figure F : Cartographie de l'aléa « tassement » lié aux travaux situés à moins de 50 m de profondeur



8. EVALUATION DE L'ALEA « EMISSION DE GAZ »

8.1 INTENSITE DE L'ALEA

L'intensité de ce phénomène est basée d'une part sur le caractère historique grisouteux ou non du gisement, d'autre part sur la potentialité et l'intensité du flux depuis les vieux travaux jusqu'à la surface.

Dans la concession de Sainte-Foy-l'Argentière, le gisement a toujours été considéré comme peu grisouteux, pour les raisons explicitées dans le § 6.2. Par ailleurs, la stabilisation du niveau des eaux de mine permet de s'affranchir de l'hypothèse d'un effet piston créé par la remontée du niveau hydrostatique engendrant un flux de gaz en surface potentiellement conséquent. En effet, une fois l'équilibre hydrostatique atteint, les flux de gaz sont uniquement liés à la convection naturelle des masses d'air entre les travaux et l'atmosphère extérieure, dont l'intensité est sans commune mesure avec celle due à un effet de pistonnement.

L'ensemble de ces facteurs nous permet d'attribuer une intensité faible sur le territoire de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière.

8.2 PROBABILITE D'OCCURRENCE DE L'ALEA

Plusieurs éléments sont importants à considérer, de nature à limiter sensiblement à la prédisposition des travaux miniers à émettre du gaz de mine vers la surface :

- d'après les données d'archives, le gisement n'a jamais été affecté par le grisou ou d'un autre gaz potentiellement dangereux (§ 6.2) ;
- dans le bassin houiller, le niveau d'ennoyage est stabilisé, ne laissant qu'une tranche de terrain non ennoyé de faible épaisseur.

En conséquence, la prédisposition des anciens travaux miniers à émettre du gaz de mine est très faible. Elle peut néanmoins s'accentuer lorsque les anciens travaux sont en communication avec la surface par l'intermédiaire de puits et de galeries. Ces ouvrages constituent des vecteurs préférentiels pour évacuer le gaz vers la surface. Des travaux de mise en sécurité adaptés, par exemple un bouchon en béton en tête d'ouvrage, réduiraient cette probabilité d'occurrence.

Dans le cas présent où le niveau des eaux de mine est stabilisé, le risque de sortie de gaz résulte essentiellement :

- du transport de gaz dissous dans les eaux profondes au contact des anciens travaux (ou d'éventuelles « bulles » résiduelles de gaz). Ce gaz peut ensuite être relargué en surface par l'ouvrage débouchant au jour. La solubilité des gaz augmente en effet avec la pression de l'eau ;
- de la migration des gaz vers la surface au gré des variations de la pression atmosphérique et des modifications de température. Même si le niveau de la nappe stabilisé est peu profond au droit de l'ouvrage, la présence d'anciens travaux proches de la surface peut être la source d'émanations de gaz de mine ;
- de la mise en communication ultérieure des vieux travaux avec l'atmosphère extérieure (débourrage de puits, rupture de serrement, fontis à l'aplomb

d'anciennes galeries, réalisation de forages ou de travaux de génie civil atteignant les vieux travaux).

En fonction de ces critères, cette prédisposition peut alors être évaluée comme :

- faible dans les secteurs où les travaux sont supposés non ennoyés (cf. § 3.3.4) ;
- faible pour tous les ouvrages débouchant en surface ;
- nulle lorsque les travaux sont supposés ennoyés.

8.3 EVALUATION DE L'ALEA « EMISSION DE GAZ DE MINE »

Par croisement de l'intensité faible retenue sur tout le territoire de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière et de la prédisposition des différentes configurations, le niveau d'aléa "émission de gaz de mine" retenu est :

- faible pour les secteurs de travaux supposés non ennoyés. La seule zone de travaux souterrains susceptible d'être non ennoyée concerne le nord de l'exploitation en petite couche, près du puits des Flaches. Notons que les travaux suspectés sur la commune de Saint-Genis-l'Argentière sont très probablement sous la cote de 425 m NGF ;
- faible pour tous les ouvrages débouchant en surface.

8.4 LIMITE DU ZONAGE (ANNEXE 4)

Les zones d'aléa « émission de gaz de mine » liées à la présence de travaux souterrains sont identiques à celles de l'aléa « tassement ». Elles prennent en compte :

- une marge d'incertitude relative à l'erreur de positionnement de chaque secteur d'exploitation (entre 15 et 50 m selon les cas) ;
- une marge de sécurité définie par un angle de 35° par rapport à la verticale. Nous considérons, en effet, que le gaz peut migrer vers la surface via les terrains déconsolidés induits par l'exploitation.

Centrées sur l'axe de l'ouvrage, les zones d'aléa « émission de gaz de mine » liées à la présence de puits ou de galeries sont circulaires, compte tenu de l'homogénéité du phénomène redouté. A l'emprise de l'ouvrage s'ajoute :

- un rayon d'incertitude de positionnement de chaque ouvrage (entre 15 et 100 m selon les cas) ;
- un rayon supplémentaire correspondant à la distance d'influence globale de cet aléa. Elle peut être évaluée, dans une première approche, par l'épaisseur des terrains altérés de surface, soit 5 m (cf. 3.2.4). On peut supposer que le gaz pourra migrer latéralement à travers ces terrains.

9. EVALUATION DES ALEAS « GLISSEMENT », « ECROULEMENT ROCHEUX » ET « ECHAUFFEMENT » LIES AUX TERRILS

Sur le territoire de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière, ce phénomène concerne deux types de terrils, décrits au § 6.3.

Il s'agit :

- du terril de l'Argentière situé à l'aplomb de la Brévenne dans une zone boisée au sud de la commune ;
- de trois terrils secondaires, de hauteur limitée, intégrés à la zone urbaine de Sainte-Foy-l'Argentière.

9.1 L'ALEA « GLISSEMENT » ET « ECROULEMENT ROCHEUX »

9.1.1 MOUVEMENTS DE TERRAIN OBSERVES SUR LES TERRILS DE LA CONCESSION DE SAINTE-FOY-L'ARGENTIERE

Lors d'une inspection géotechnique visuelle des terrils menée par l'INERIS le 9 septembre 2005, des cônes d'éboulis ont été observés sur le seul dépôt non arasé : le terril de l'Argentière.

Il présente de fortes pentes (35-40°) et une hauteur totale significative (25 m), réduite par la présence d'une banquette intermédiaire qui limite la hauteur de talus maximale à une quinzaine de mètres. Deux cônes d'éboulis de 5 et 10 m de hauteur se dessinent aux pieds des talus ouest, suggérant vraisemblablement des prises de matériaux. Ils laissent apparaître des fronts d'emprunts verticaux (photos 17, 18, 19).

Les flancs des trois terrils secondaires sont boisés. Nous n'avons pas observé de signes d'érosion superficielle particuliers.

9.1.2 EVALUATION DE L'ALEA « GLISSEMENT » ET « ECROULEMENT ROCHEUX »

9.1.2.1 ECROULEMENT ROCHEUX

L'aléa « écroulement rocheux » a été retenu pour le terril de l'Argentière, sur les fronts d'emprunts observés. N'ayant pas subi d'emprunts significatifs de matériaux, les autres dépôts ne sont donc pas sujet à ce phénomène.

L'existence de deux fronts d'emprunts verticaux justifie une probabilité d'occurrence moyenne sur le terril de l'Argentière. Confirmés par les photos, les volumes mobilisables sont au maximum d'une dizaine de mètres cube. D'après les critères décrits en annexe 7, l'intensité d'un tel phénomène est considérée comme faible, conduisant à un niveau d'aléa faible.

Nous avons retenu une largeur d'épandage en pied de ces fronts rocheux de 20 m.

9.1.2.2 GLISSEMENT

L'érosion et les eaux de ruissellement entraînent des ravinements et des désordres locaux qui rendent probables ces phénomènes de glissement sur l'ensemble des pentes des talus.

Si le terril de l'Argentière ne présente pas de trace d'érosion particulière le long de la Brévenne, la mise en charge hydraulique en cas de crue du cours d'eau et ses fortes pentes sont autant de raison de retenir une probabilité d'occurrence moyenne sur ce dépôts. Néanmoins, cette prédisposition ne concerne qu'une partie du terril. En effet, la pente sud-est est moins accentuée que celle du talus nord-ouest. Cette dissymétrie reflète sans doute l'histoire de la formation du dépôt : les matériaux en provenance du puits étaient amassés progressivement de l'est vers l'ouest.

Quant aux terrils secondaires dont la hauteur est limitée, la prédisposition est retenue comme faible uniquement sur leurs flancs.

L'intensité de ce type de phénomène est considérée comme faible, ce qui conduit à retenir un aléa faible pour les flancs des terrils secondaires et pour le terril de l'Argentière.

9.1.3 LIMITE DU ZONAGE (ANNEXE 5)

Les aléas identifiés (Tableau 7) sont reportés sur une même carte (annexe 5), dont les figurés distinguent l'aléa « glissement » de l'aléa « écroulement rocheux ».

Terril	Glissement	Ecroulement rocheux
Jenny	aléa faible sur les flancs	-
Neuf	aléa faible sur les flancs	-
Fénoyl	aléa faible sur les flancs	-
Argentière	aléa faible sur le terril	aléa faible sur 20 m en contrebas des fronts d'emprunts

Tableau 7 : Secteurs concernés par les aléas « glissement » et « écroulement rocheux ».

9.2 L'ALEA « ECHAUFFEMENT »

Le phénomène d'échauffement est un phénomène naturel engendré par l'oxydation de la matière organique des combustibles fossiles (charbon, lignite, schistes bitumineux, etc.). Il s'agit d'une combustion spontanée (auto-échauffement) due à une réaction exothermique comme l'oxydation qui induit une élévation importante de la température.

Dans le cas des terrils, le phénomène d'échauffement peut survenir notamment, si les facteurs suivants sont réunis :

- présence de matière combustible (fraction charbonneuse) ;
- porosité importante du dépôt facilitant la circulation d'air et donc la combustion ;
- « mise à feu » du dépôt : il peut s'agir, par exemple, d'un feu de broussaille.

9.2.1 ECHAUFFEMENT OBSERVE SUR LES TERRILS DE LA CONCESSION DE SAINTE-FOY-L'ARGENTIERE

Lors de l'inspection géotechnique menée sur les terrils de la concession, des anciennes zones de combustion ont été repérées sur le sommet du terril du puits de

l'Argentière. Les éléments charbonneux semblent constituer une pellicule sur 2 à 3 mètres d'épaisseur. Ces matériaux se sont échauffés localement sur une hauteur de 1 m environ comme le prouve la présence de schistes rouges (photo 18).

Sur tous les terrils de la concession, C. Roux (§ 6.3) semble décrire également une auto-combustion de la pyrite : « *par suite de l'altération avec l'air, les schistes de ces déblais se recouvrent souvent d'efflorescences jaunâtres »* [15].

9.2.2 EVALUATION DE L'ALEA « ECHAUFFEMENT »

Dans les dépôts miniers, C. Roux (§ 6.3) révèlent à la fois la présence de pyrite, élément favorisant l'auto-combustion et de matières combustibles (charbon, matières bitumineuses). Quoique peu précise et ambiguë, cette description ne nous permet pas d'exclure totalement le phénomène de combustion, auquel il est attribué une probabilité d'occurrence faible. La reprise de l'échauffement est envisageable par une « mise à feu » extérieure ou par l'auto-combustion de la pyrite.

Néanmoins, compte tenu de la morphologie du terril de l'Argentière dont les éléments charbonneux ne constituent qu'une pellicule superficielle et compte tenu que les matières combustibles sont déjà rentrées en combustion, la probabilité d'occurrence pour ce dépôt pourrait devenir négligeable, mais sera conservée à faible, par mesure de sécurité.

La quantité de matières combustibles restant cependant hypothétique et limitée, l'intensité de l'aléa « échauffement » retenue est faible. L'aléa « échauffement » retenu est donc faible sur tous les terrils de la concession.

Ce niveau d'aléa concerne les terrains situés sur l'emprise même des terrils. Il est présenté sur la carte de l'annexe 6.

10. CONCLUSION

L'évaluation des aléas liés à l'exploitation minière sur l'emprise de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière a permis d'identifier, qualifier et cartographier les aléas « mouvements de terrains » liés aux exploitations souterraines et aux terrils, « échauffement » liés aux terrils et « émission de gaz de mine » liés aux travaux souterrains.

Concernant les mouvements de terrain, trois phénomènes principaux ont été retenus sur le site. Ils ont donné lieu à la réalisation de cartes spécifiques (annexes 2, 4 et 5).

Le phénomène d'effondrement localisé

Il a été retenu à l'aplomb de tous les travaux souterrains situés à moins de 50 m de profondeur et pour les ouvrages débouchant en surface (24 puits et une descenderie).

Pour les zones de travaux, les classes d'aléa ont été évaluées sur la base de plusieurs critères principaux : la nature des travaux souterrains (fréquence des vides résiduels), la profondeur des travaux et l'analyse des retours d'expérience des cas d'effondrement localisé dans le bassin.

Un aléa moyen a ainsi été retenu à l'aplomb de tous les travaux d'exploitation situés à moins de 30 m de profondeur, qu'il soit en couche n°1 ou en couche n°3. Entre 30 et 50 m de profondeur, un aléa faible a été cartographié à l'aplomb des exploitations.

Si un aléa faible a également été retenu à l'aplomb des affleurements exploités et des zones de travaux supposés, notons que leur localisation et leur étendue est peu précise.

Un aléa moyen a été retenu pour la descenderie depuis l'orifice jusqu'à 30 m de profondeur et faible jusqu'à 50 m. Pour les puits, l'aléa a été considéré comme fort pour le seul puits d'extraction ouvert, moyen pour les puits obturés par une dalle de béton et le puits de l'Argentière et faible pour les puits de la catégorie 3 (supposé remblayé).

Le phénomène d'affaissement

Pour les travaux à moins de 50 m de profondeur, nous avons retenu la possibilité d'apparition de tassement lié à l'application de surcharges en surface. Pour ces zones de travaux ainsi que pour l'emprise des terrils, un aléa « affaissement/tassement » faible a été cartographié.

Le phénomène de glissement et d'écroulement rocheux

Compte tenu de la forme pseudo tabulaire des terrils secondaires et de leur faible hauteur (10 m maximum), nous avons considéré qu'ils ne pouvaient être affectés que de mouvements de faible ampleur de type glissement dont l'intensité est intrinsèquement faible. En conséquence, un aléa « glissement » faible a été cartographié sur le flanc des trois terrils secondaires (Jenny, Neuf et Fénoyl).

Comme les autres, le terril de l'Argentière a été affecté d'un aléa glissement faible. Egalement sujet à des emprunts de matériaux sur son flanc ouest, un aléa « écroulement rocheux » faible a été attribué à proximité des deux fronts rocheux verticaux.

Bien qu'il ne s'agisse pas de mouvements de terrain, il faut préciser qu'un aléa « échauffement » faible, lié à la possibilité réduite mais non exclue, de combustion des terrils a été cartographié également sur tous les terrils existants. (annexe 6)

Concernant l'émission de gaz de mine, nous avons considéré que l'intensité d'une émission de gaz de mine en surface était faible, compte tenu principalement du caractère non grisouteux du gisement. (annexe 3)

La prédisposition du phénomène attendu est jugée faible à l'aplomb des zones non ennoyées (c'est à dire à des profondeurs inférieures à 425 m NGF). La prédisposition est également évaluée à faible en sortie des ouvrages débouchant en surface, vecteurs préférentiels d'évacuation du gaz.

En conséquence, l'aléa correspondant a été jugé faible uniquement à l'aplomb des zones de travaux non ennoyées et en sortie des ouvrages.

Points sensibles : Sur la commune de Sainte-Foy-l'Argentière, les niveaux d'aléa les plus forts sont relatifs au risque d'effondrement localisé. Ils concernent des secteurs situés au cœur de la commune et pour certains, très proches d'habitation.

Au vu des conclusions de cette étude, nous attirons l'attention sur certaines configurations particulièrement problématiques :

- le **puits Neuf**, de 3 m de diamètre, est ouvert, localisé à une dizaine de mètres d'une propriété privé. Le mur d'enceinte en briques est en mauvais état. Un aléa fort lui a été attribué ;
- trois puits sont obturés en tête par des dalles de béton (**puits Fenoyl, puits Marie, puits Pierre**). Cependant, nous ne connaissons pas précisément les traitements effectués. Deux d'entre eux sont à proximité immédiate de maisons particulières. Un aléa moyen leur a été attribué. Pour ces puits, des investigations seraient nécessaires pour préciser la nature des travaux réalisés et l'état des structures de soutènement (revêtement), juger du caractère dangereux actuel de ces situations et envisager des solutions de traitement pérennes qui apparaissent indispensables ;
- le **puits de l'Argentière**, de 485 m de profondeur, est localisé en zone boisée. S'il a été remblayé d'après les archives, aucun vestige de cet ouvrage ni attestation des travaux n'a pu être retrouvé. Un aléa moyen lui a été attribué, mais une confirmation des récents travaux permettrait de lever le doute sur la conformité du traitement de ce puits ;
- **trois secteurs de travaux, peu profonds** (inférieurs à 30 m de profondeur) ont été cartographiés en aléa moyen vis à vis du risque d'apparition de fontis en surface. Ils se trouvent à l'aplomb de zones habitées, notamment le secteur du puits Marie qui se localise en partie sous la route nationale N89 ;

- une **descenderie**, faiblement inclinée a un parcours de 200 m à faible profondeur (inférieure à 30 m). Elle passe notamment sous la route d'Aveize à 16 m de profondeur. En contactant les propriétaires que nous n'avons pas réussi à joindre jusqu'à lors, l'état de l'orifice de la galerie pourrait être apprécié. Des reconnaissances (sondages par exemple) permettraient de préciser si cet ouvrage a fait l'objet de travaux de mise en sécurité et lesquels.

Nous portons enfin à connaissance la présence du puits de Meys, localisé en bordure de la N89, près de la Gagère (commune de Meys), qui est ouvert et facilement accessible.

11. DOCUMENTS CONSULTES

[1] THORAL M. et LOUIS J., « *Bassin houiller de Sainte-Foy-l'Argentière* », 1947 ;

[2] LAMOTTE M., *« Contribution à l'étude palynologique du Houiller de Saint Etienne », 1963*

[3] Notice de la carte géologique de Saint Symphorien sur Coise, 1995, Edition BRGM

[4] DEBRABANT A., lettre au préfet de demande en renonciation, 1858, Archives DRIRE Lyon ;

[5] De FENOYL M., lettre au préfet de 1849. Archives DRIRE Lyon ;

[6] Rapport de l'Ingénieur subdivisionnaire du 22/02/1949. Archives DRIRE Lyon ;

[7] Procès verbaux de visite de l'Ingénieur des Mines de 1944 à 1946. Archives DRIRE Lyon ;

[8] Rapport de l'Ingénieur des TPE du 16/02/1931. Archives DRIRE Lyon ;

[9] Mémoire sur la mine de houille de Sainte-Foy-l'Argentière, 1850, Archives Départementales ;

[10] L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers. Guide méthodologique. Volet technique relatif à l'évaluation de l'aléa. Ouvrage collectif INERIS, BRGM, GEODERIS, ENSMP, IRSN, CSTB référencé DRS-04-51198/R01 projet n°2 du 30 juin 2004 ;

[11] Lettres entre le préfet du Rhône et l'Ingénieur en chef des Mines concernant le puits de l'Argentière, 1970, Archives DRIRE Lyon ;

[12] CHAZANS. W., Rapport sur le bassin houiller de Sainte-Foy-l'Argentière Archives DRIRE Lyon ;

[13] Préinventaire des monuments et richesses artistiques de Sainte-Foy-l'Argentière, conseil général du Rhône, 1994 ;

[14] Lettres de Madame la Marquise de FENOYL à Monsieur le Préfet, 2 et 6 mai 1823, Archives Départementales de Lyon ;

[15] ROUX C., « *Etudes géologiques sur les Monts du Lyonnais* » , An. Soc. Lin. Lyon, 1895-1901 ;

[16] GAUCHEZ J., Notice de la carte réalisée en 1987 dans le cadre du POS de Sainte-Foy-l'Argentière ;

[17] FONDASOL, Rapport d'études géologique et géotechnique, Révision du Plan d'Occupation des Sols, commune de Souzy, 22/04/1998.

[18] LOUIS J., « *La tectonique stéphanienne et post-stéphanienne sur la bordure orientale du massif central* », 1953

12. LISTE DES FIGURES ET ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Figure 1	Localisation de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière	1 A4
Figure 2 Figure 3	Coupe du bassin de Sainte-Foy-l'Argentière (1/20 000ème) Schéma structural du bassin de Sainte-Foy-l'Argentière	1 A4
Figure 3bis	Schéma structural du bassin de Sainte-Foy-l'Argentière	1 A4
Figure 4	Extrait de la coupe géologique de Saint Symphorien sur Coise	1 A3
Figure 5	Carte réalisée en 1987 par J. Gauchez (DDE)	1 A3
Figure 6	Emplacement du puits projeté en 1877	1 A4
Figure 7	Plan des parcelles non constructibles, commune de Souzy	1 A4
Figure 8	Champ de conductivité horizontal, commune de Souzy	1 A4
Figure 9	Champ de conductivité vertical, commune de Souzy	1 A4
Figure 10	Champ de conductivité, commune de Saint-Genis-l'Argentière	1 A4
Annexe 1	Carte informative (plan hors texte)	1 A4 et 1 plan hors texte
Annexe 2	Carte d'aléa « Effondrement localisé » (plan hors texte)	1 A4 et 1 plan hors texte
Annexe 3	Carte d'aléa « Tassement » (plan hors texte)	1 A4 et 1 plan hors texte
Annexe 4	Carte d'aléa « Emission de gaz de mine » (plan hors texte)	1 A4 et 1 plan hors texte
Annexe 5	Carte d'aléa « Glissement et écroulement rocheux (plan hors texte)»	1 A4 et 1 plan hors texte
Annexe 6	Carte d'aléa « Echauffement » (plan hors texte)	1 A4 et 1 plan hors texte
Annexe 7	Evaluation et cartographie de l'aléa	25A4

13. LISTE DES PHOTOS

Repère	Désignation	Nombre de pages
Photo 1 Photo 2	Mine de Plomb Galerie ouverte au puits de l'Argentière	1 A4
Photo 3 Photo 4	Puits de Meys	1 A4
Photo 5 Photo 6	Puits Neuf	1 A4
Photo 7 Photo 8	Localisation probable du puits des Charpennes Localisation probable du puits Intérieur	1 A4
Photo 9 Photo 10	Puits Fénoyl, dans un jardin privé Puits des Prairies, derrière le cimetière	1 A4
Photo 11 Photo 12	Puits Pierre, sous la terrasse de particulier Site de l'usine IMERYS	1 A4
Photo 13 Photo 14	Puits Marie	1 A4
Photo 15 Photo 16	Puits B Terril du puits Fenoyl	1 A4
Photo 16bis Photo 17	Terril du puits Fenoyl Terril de l'Argentière	1 A4
Photo 18 Photo 19	Terril de l'Argentière	1 A4
Photo 20 Photo 21	Affaissement à l'aplomb des travaux du puits Perrin Affaissement à l'aplomb des travaux du puits des Prairies	1 A4
Photo 22 Photo 23	Affaissement à l'aplomb des travaux du puits Jenny Emplacement d'un fontis, boulevard du 19 mars	1 A4
Photo 24 Photo 25	Emplacement du fontis et des terrils, commune de Saint-Genis-l'Argentière	1 A4
Photo 26 Photo 27	Localisation probable du puits de l'Argentière	1 A4
Photo 28 Photo 29	Localisation probable de zones de travaux, commune de Saint-Genis-l'Argentière	1 A4

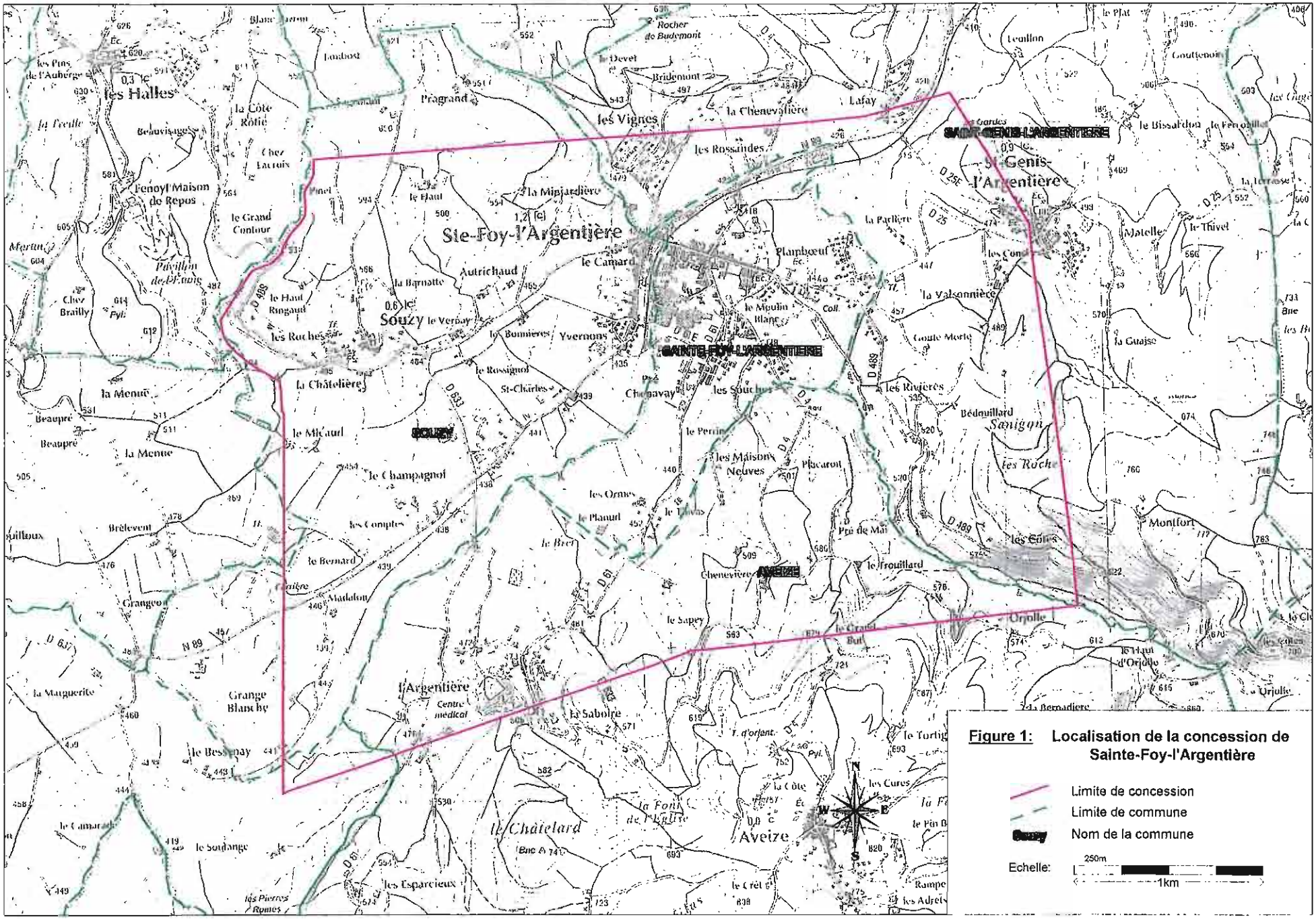

SAINT-GENIS-L'ARGENTIERE
SAINTE-FOY-L'ARGENTIERE
SOUZY
AVEIZE
Ste-Foy-l'Argentière
St-Genis-l'Argentière
Souzy
Aveize
l'Argentière
Orjolle
Sanigon
les Halles
les Vignes
Lafay
la Chenevalière
les Rossandes
la Minjardière
Autrichaud
le Camard
Plamboeuf
la Valsonnière
la Châtelière
le Champagnol
les Ormes
les Maisons Neuves
Pré de Mai
le Trouillard
le Sapey
le Grand But
la Saboire
le Châtelard
les Espargieux
Grange Blanche
le Bessenay
Montfort
les Côtes
Figure 1: Localisation de la concession de Sainte-Foy-l'Argentière
Limite de concession
Limite de commune
Nom de la commune
Echelle:
250m
1km

Figure 2 : Coupe est-ouest du bassin de Sainte-Foy-l'Argentière (1/20 000ème)

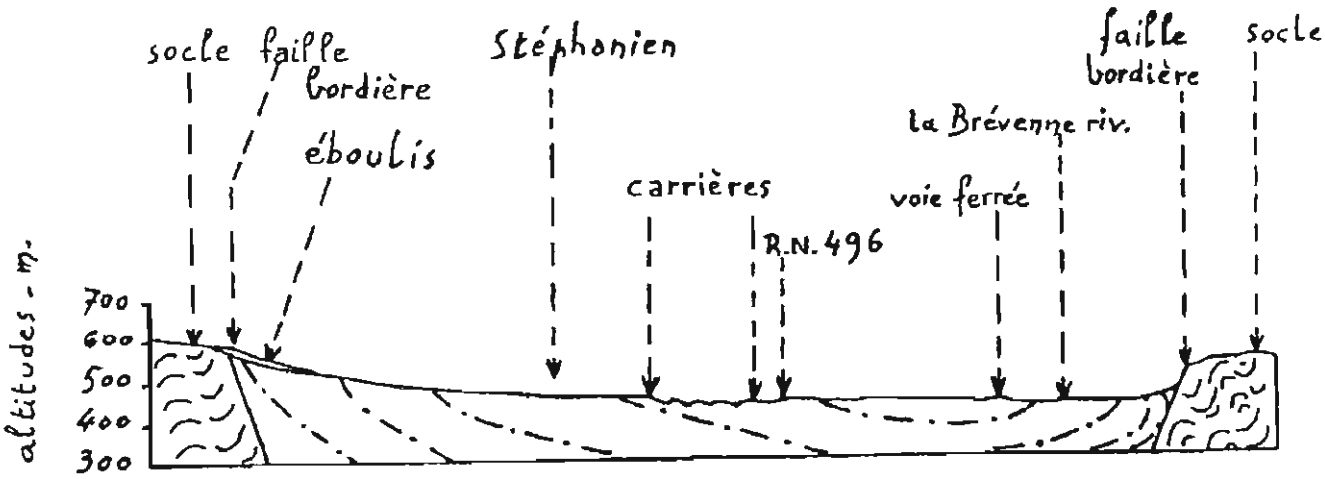
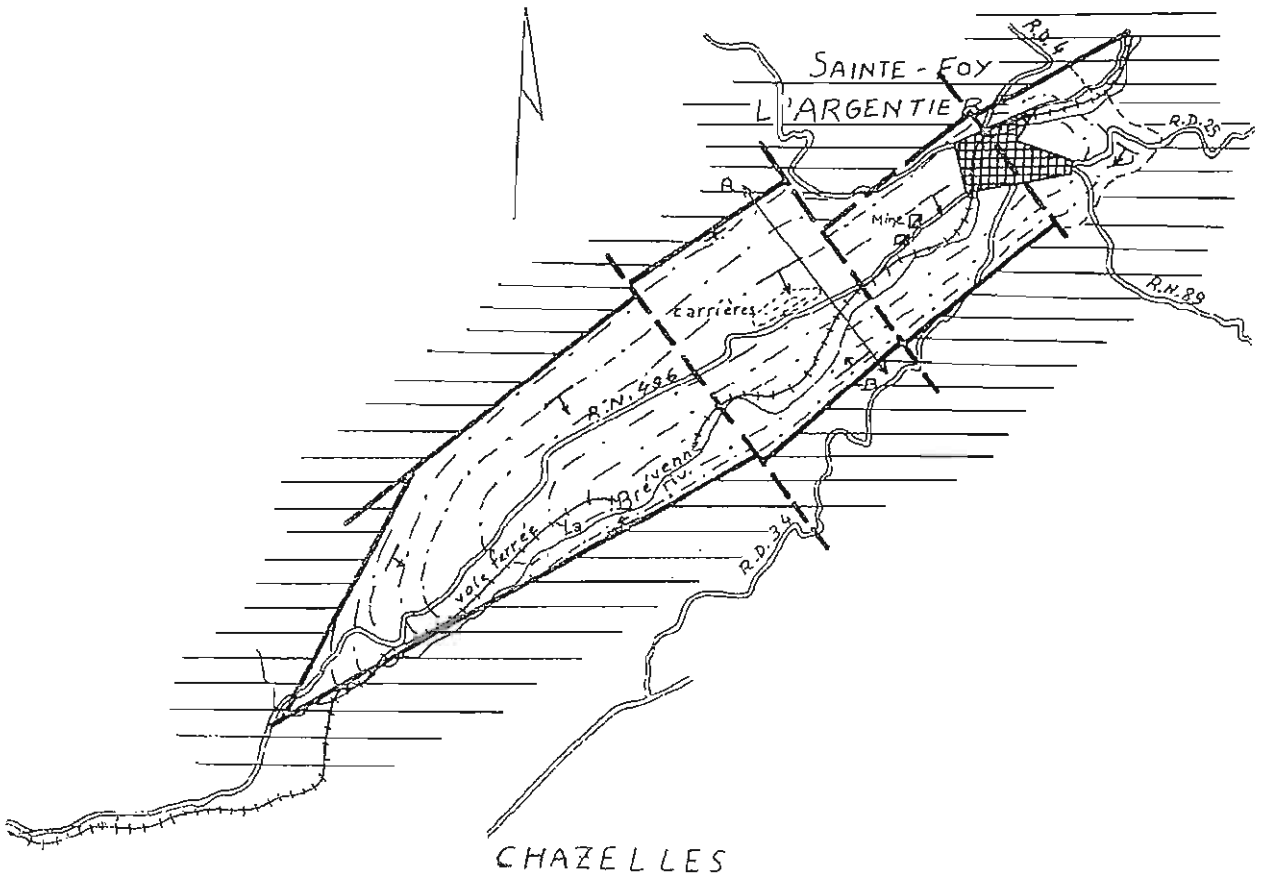


Figure 3 : Schéma structural du bassin de Sainte-Foy-l'Argentière



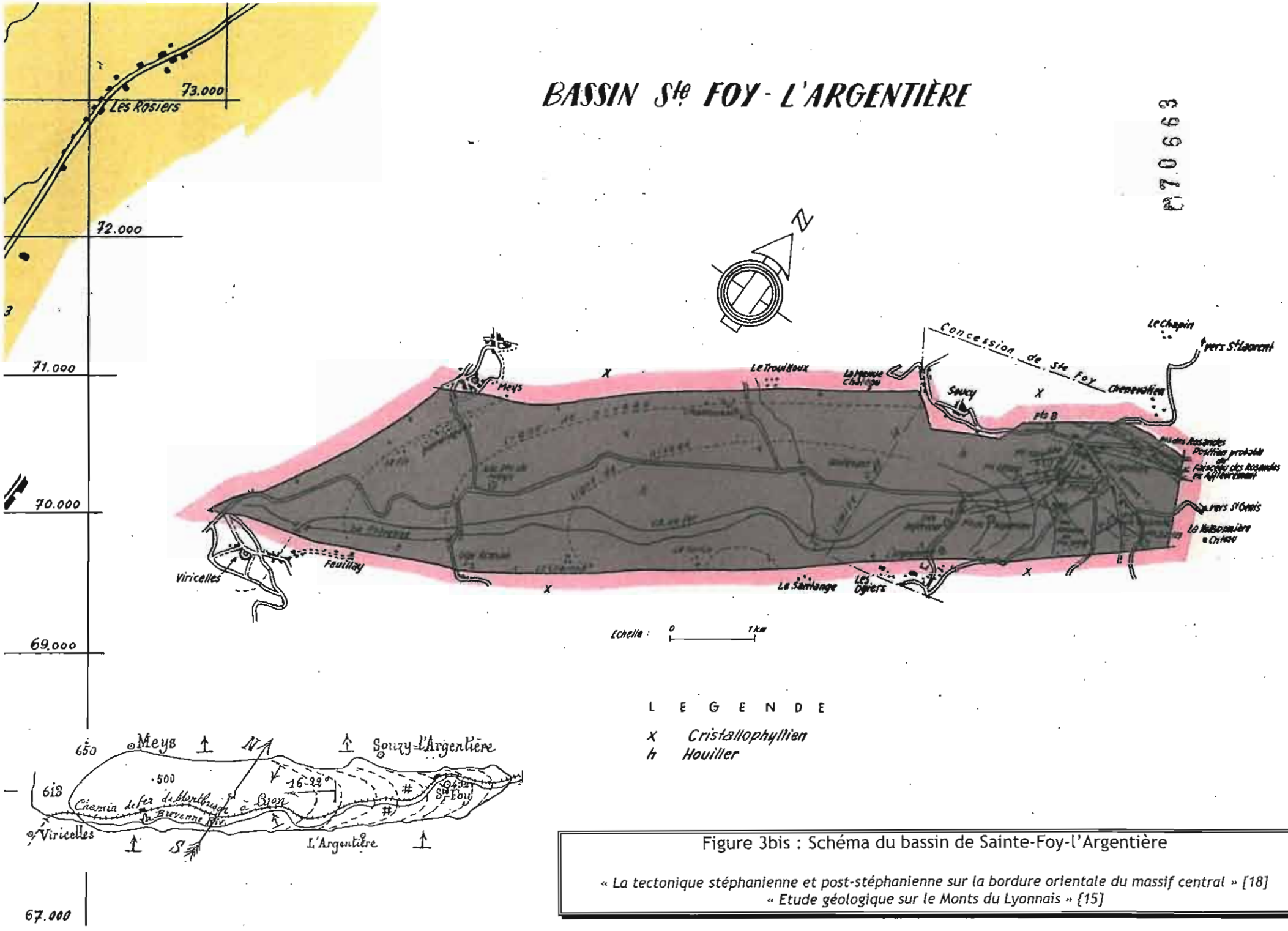
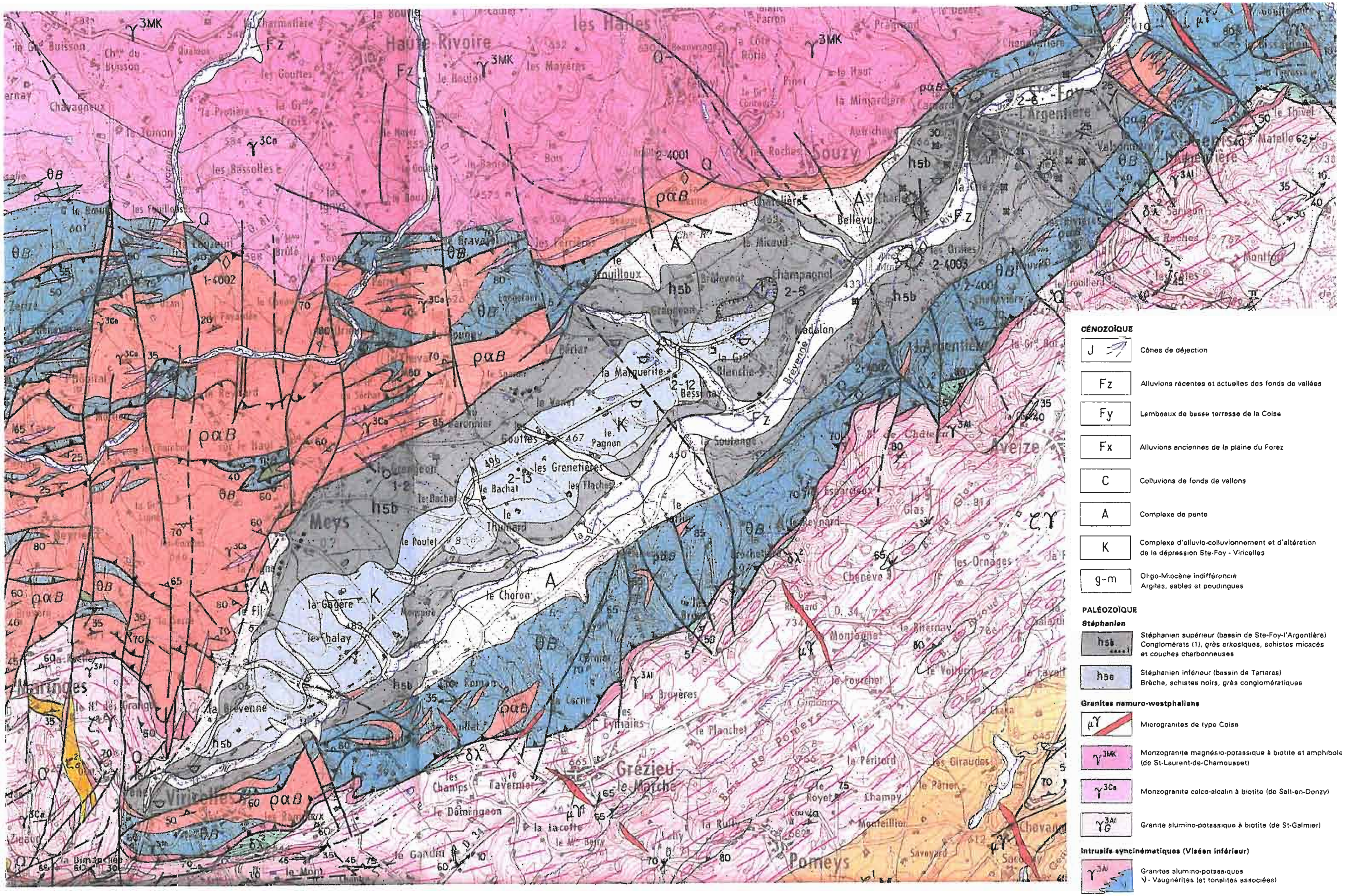


Figure 3bis : Schéma du bassin de Sainte-Foy-l'Argentière

« La tectonique stéphanienne et post-stéphanienne sur la bordure orientale du massif central » [18]
« Etude géologique sur le Monts du Lyonnais » [15]

Figure 4 : Extrait de la carte géologique de Saint-Symphorien-sur-Coise (n°721) (1/50 000ème)



COMMUNE DE SAINTE FOY L'ARGENTIERE

GEOLOGIE

0 250 m

FAILLE

TERRIL

ALLUVIONS .argiles.sables.graviers.galets recouvrant le Houiller

HOUILLER STEPHANIEN .poudingues.grès.argiles. avec veines de houille

GROUPE de la GIRAUDIERE DEVONO-DINANTIEN .amphibolites.leptynites

1853 PUITS de MINE .. année d'exploitation
475 .. profondeur (m)

GALERIE .. profondeur

ZONE D'EFFONDREMENT ou de GLISSEMENT

ZONE DE GALERIES non precisées

COMMUNE DE SAINT-GENIS-L'ARGENTIERE

COMMUNE D'AVEIZE

SAINTE FOY L'ARGENTIERE

MISE A JOUR JUILLET 1982

Figure 5 : Carte réalisée en 1987 par J. Gauchez (DDE)

CL 97 436

SOUZY - Révision du Plan d'Occupation des Sols

EMPLACEMENT DU PUITS PROJETE EN 1877

Ech: 1/1000ème

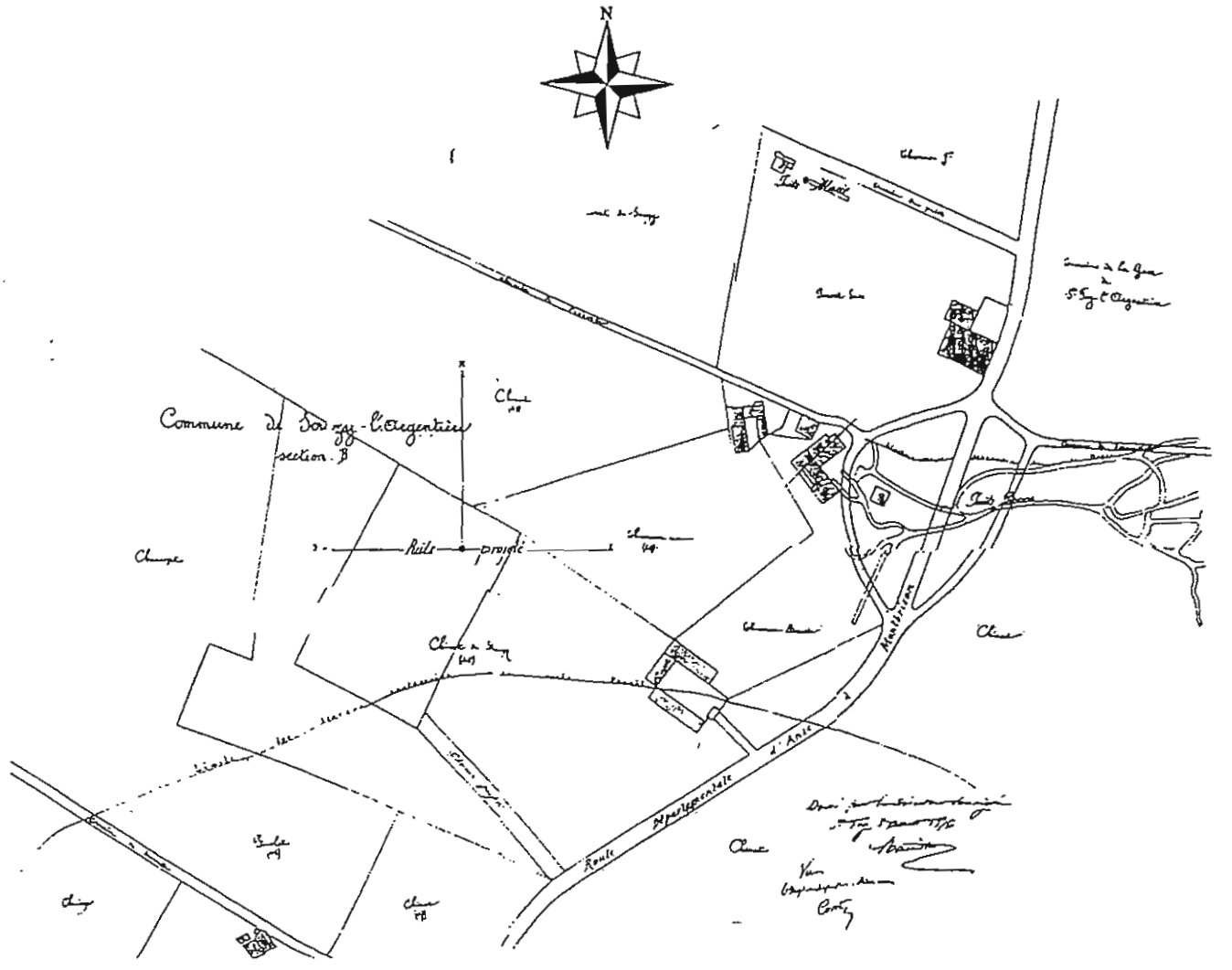
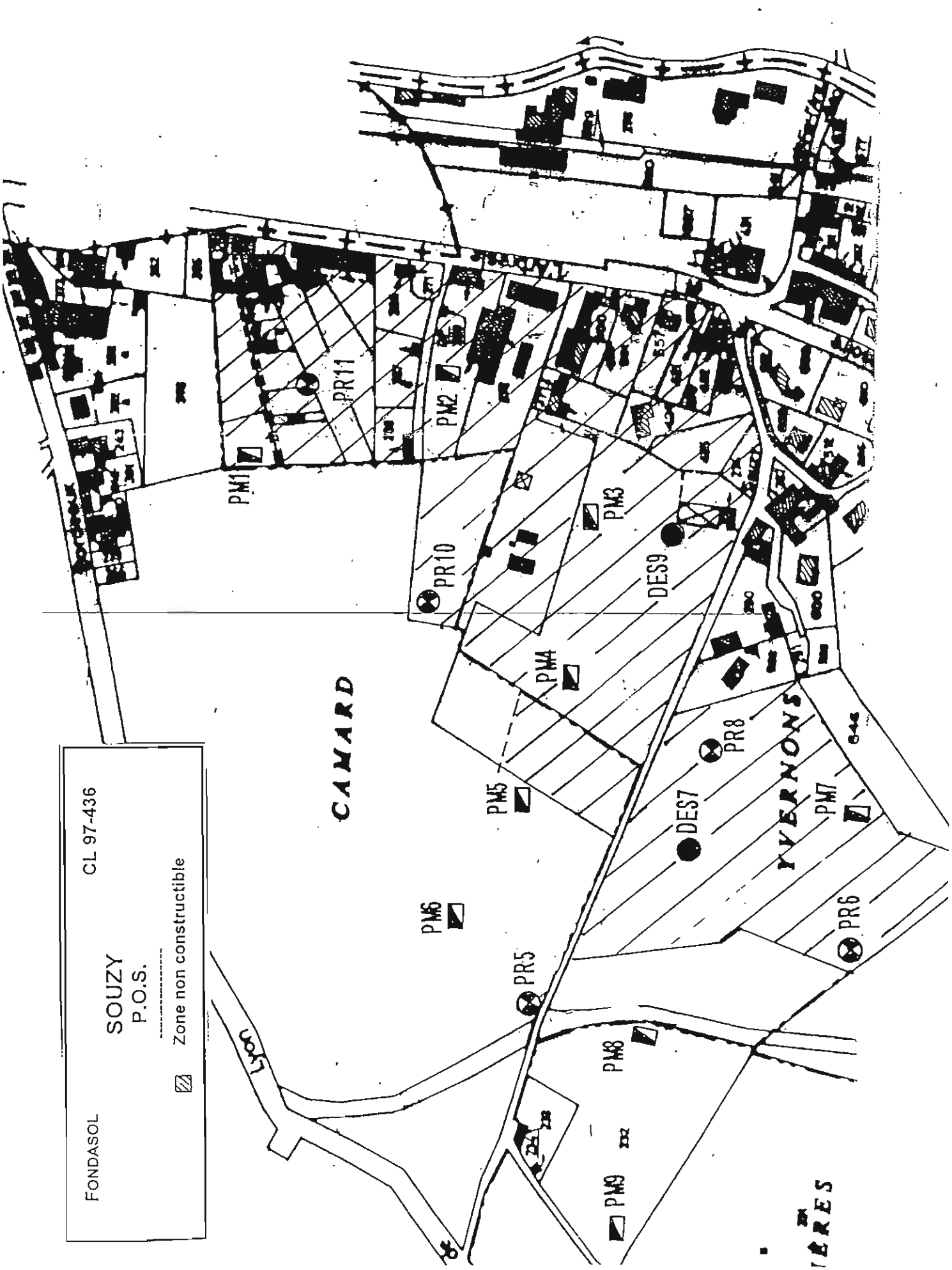


Figure 6 : Emplacement du puits projeté en 1877

Archives Départementales du Rhône

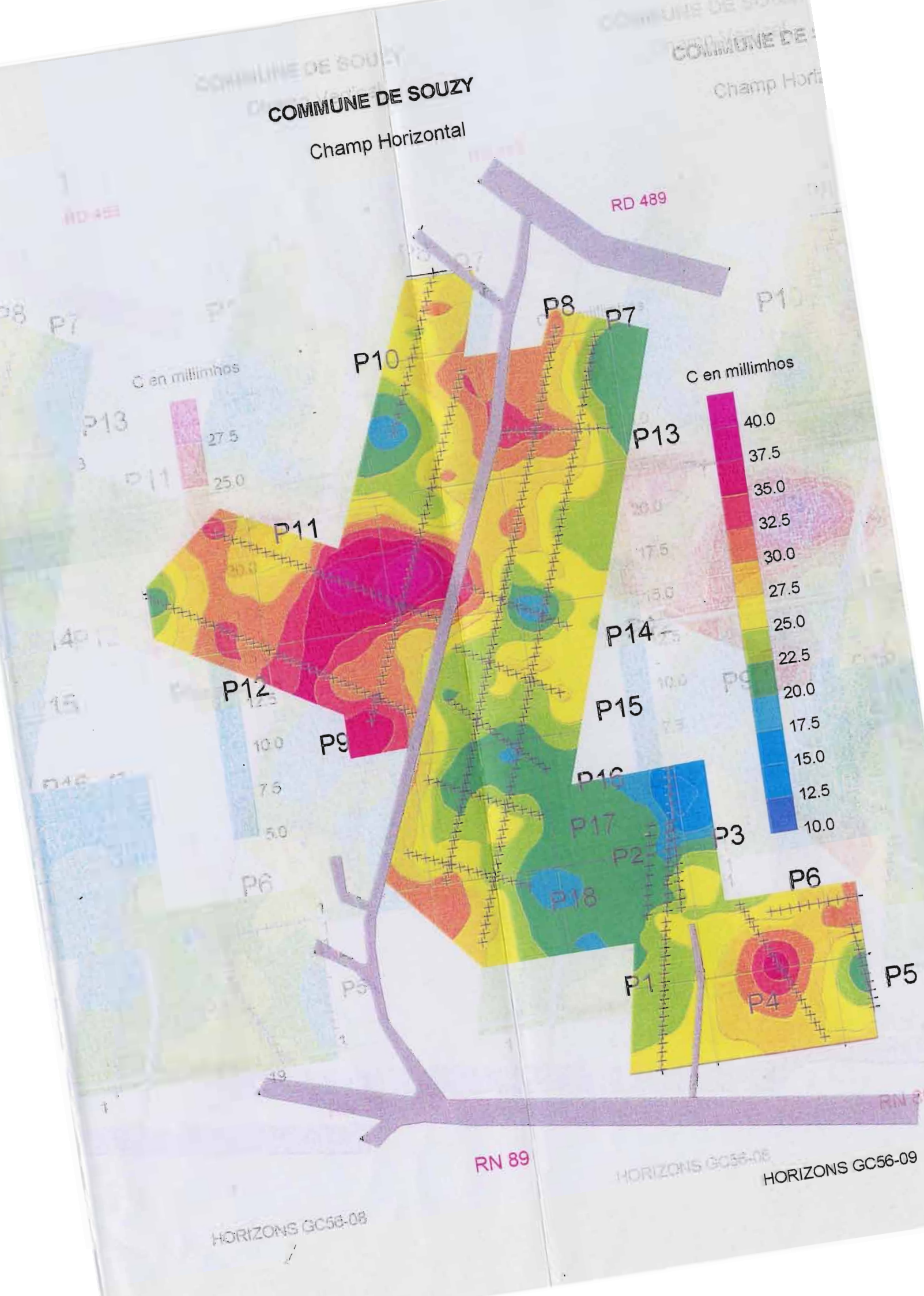
Etudes géophysique et géologique - Révision du Plan d'Occupation des Sols de Souzy [17]

Figure 7 : Plan des parcelles non constructibles
dans le secteur Yvernons - Camard, commune de Souzy
Etudes géophysique et géologique - Révision du Plan d'Occupation des Sols de Souzy [17]



COMMUNE DE SOUZY

Champ Horizontal

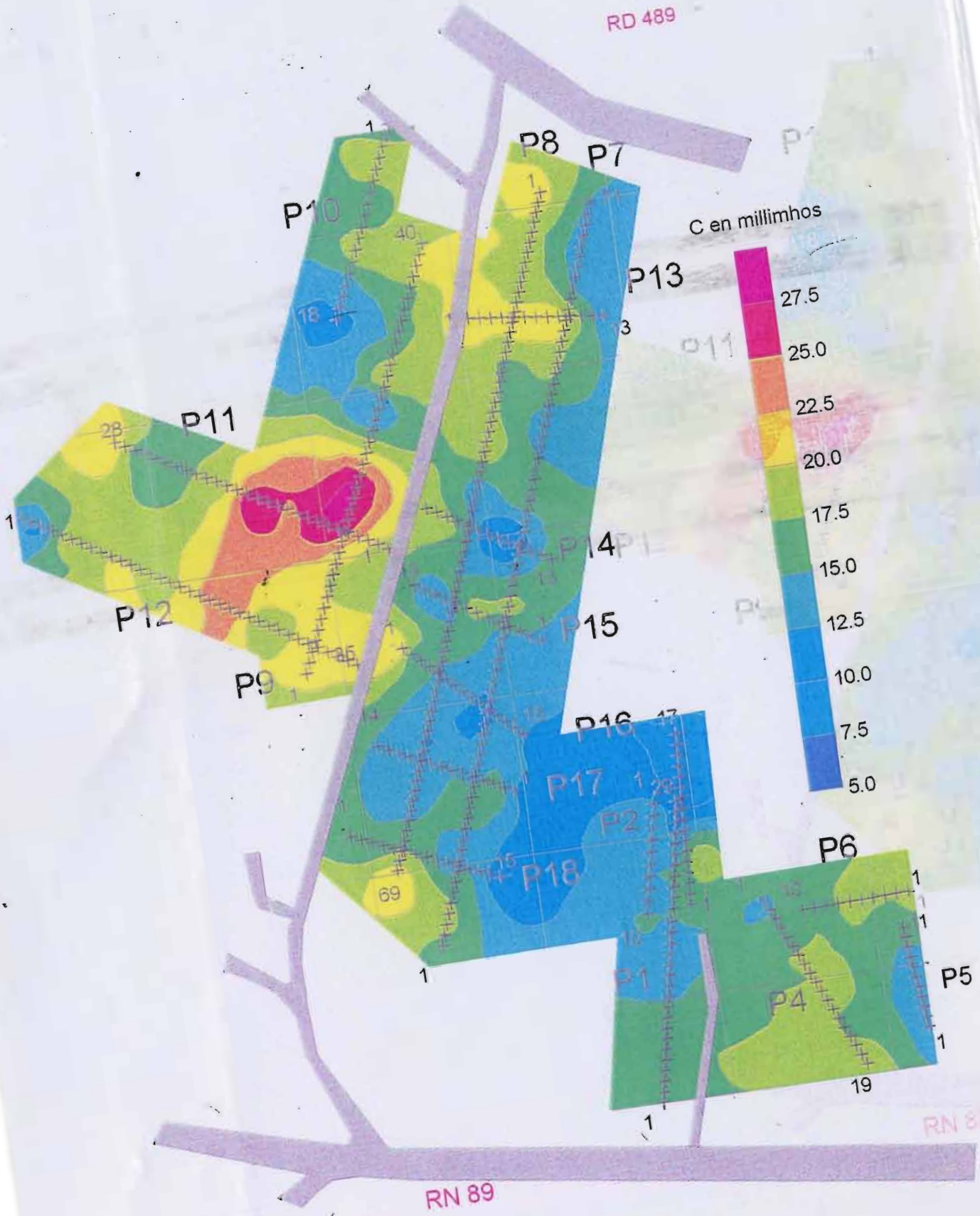


HORIZONS GC56-08

HORIZONS GC56-09

COMMUNE DE SOUZY

Champ Vertical



HORIZONS GC56-08

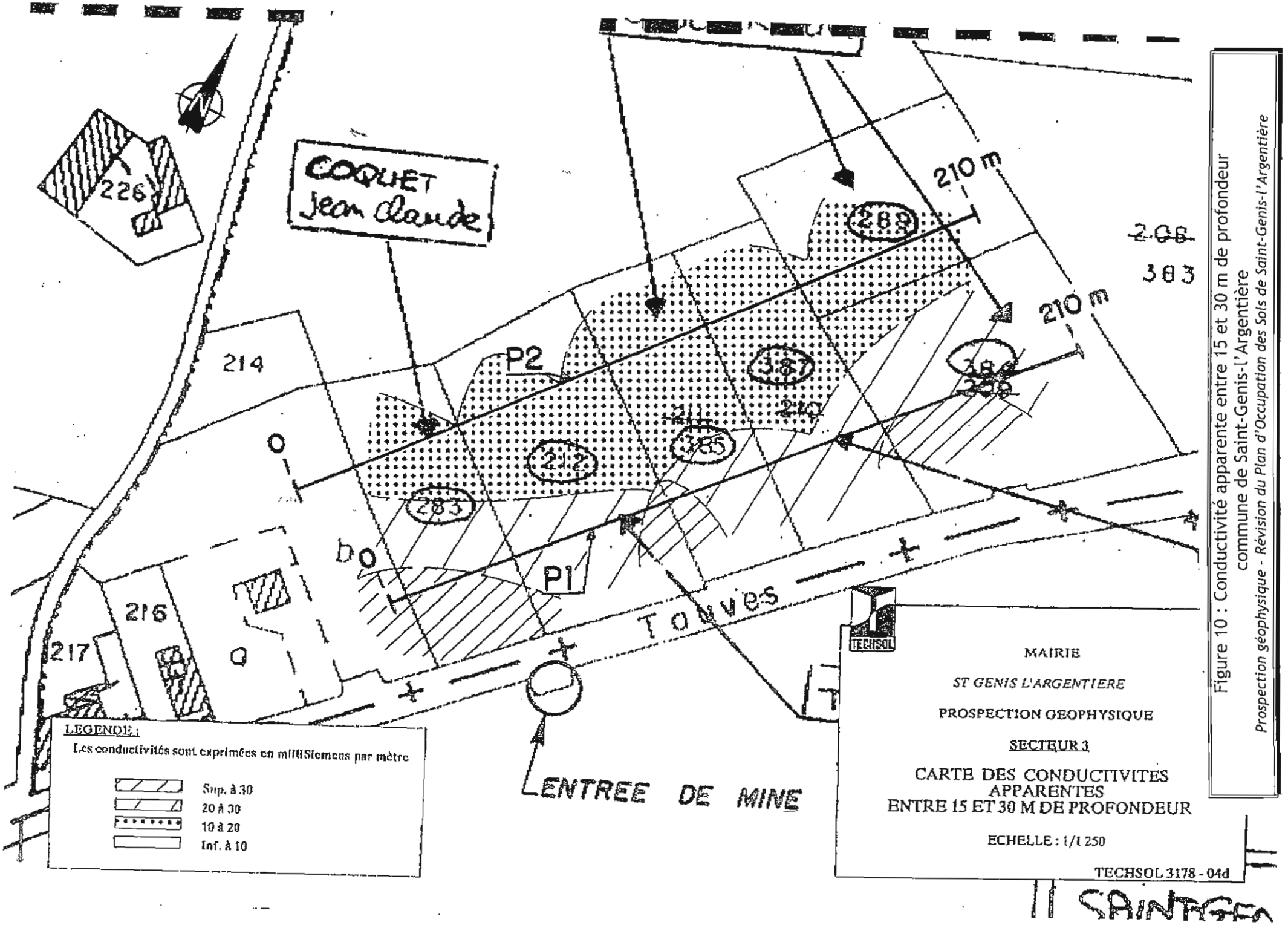


Figure 10 : Conductivité apparente entre 15 et 30 m de profondeur commune de Saint-Genis-l'Argentière

Prospection géophysique - Révision du Plan d'Occupation des Sols de Saint-Genis-l'Argentière

Annexe 1

Carte informative

Annexe 2

Carte d'aléa « Effondrement localisé »

Annexe 3

Carte d'aléa « Tassement »

Annexe 4

Carte d'aléa « Emission de gaz de mine »

Annexe 5

Carte des aléas
« Glissement » et « Ecroulement rocheux »

Annexe 6

Carte d'aléa « Echauffement »

ANNEXE 7

Evaluation et cartographie des aléas

Sommaire

1. Méthode d'évaluation des aléas 2

1.1 Principe 2

1.2 Qualification de l'intensité 2

1.3 Qualification de la probabilité d'occurrence 2

1.4 Qualification de l'aléa 3

2. Description et évaluation des aléas « mouvements de terrain » 4

2.1 Les effondrements généralisés 4

2.2 Les effondrements localisés 7

2.3 Les affaissements 11

2.4 Les tassements 15

2.5 Les glissements superficiels 17

2.6 Les écroulement rocheux 18

3. Description et évaluation de l'aléa « émission de gaz en surface » 21

4. Zonage et cartographie des aléas 25

4.1 Cartographie de l'aléa mouvements de terrain 25

4.2 Cartographie de l'aléa emission de gaz de mine 25

1. METHODE D'EVALUATION DES ALEAS

1.1 PRINCIPE

L'évaluation de l'aléa « mouvements de terrain » résultant de la présence de cavités souterraines a pour but d'identifier les zones susceptibles de mettre en péril, à terme, les personnes et les biens exposés en surface afin de les prendre en compte dans l'aménagement du territoire.

A partir des instabilités connues ou prévisibles, établies en fonction des configurations de site et d'exploitation, de leur évolution possible et des différents phénomènes accidentels attendus, on en déduit les « *aléas de référence* » correspondants. L'évaluation de ces aléas résultent classiquement du croisement de l'intensité ou de la gravité du phénomène redouté (dommages matériels ou de pertes humaines et des possibilité d'y remédier) par la probabilité d'occurrence qui lui est associée.

La notion d'aléa de référence est utilisée ici en se plaçant dans une optique d'analyse à long terme. En effet, l'aléa de référence est défini comme « *le plus fort événement historique connu dans le site, sauf si une analyse spécifique conduit à considérer comme vraisemblable à échelle centennale, ou plus en cas de danger humain, un événement de plus grande ampleur* ».

1.2 QUALIFICATION DE L'INTENSITE

L'intensité de chaque aléa peut être hiérarchisée en plusieurs niveaux à partir de critères tels que l'importance des dégâts, séquelles ou nuisances prévisibles pour un phénomène donné en se basant sur les observations et données fournies par l'analyse informative et les retours d'expérience. Cette notion intègre à la fois une hiérarchisation des grandeurs caractérisant les désordres mais également leur potentiel de gravité sur les personnes ou les biens et/ou le coût de parades de prévention. Des exemples de qualification de l'intensité sont donnés dans ce document.

De manière à hiérarchiser les dégâts ou nuisances potentielles en cas de survenance du désordre, il est classique de définir l'intensité en quatre classes (*très faible, faible, moyenne et forte*), dont on s'attachera à définir le contenu en fonction de la nature des mécanismes et phénomènes attendus sur le site.

1.3 QUALIFICATION DE LA PROBABILITE D'OCCURRENCE

A chaque aléa doit être également rattaché une « probabilité d'occurrence », ce qui n'est pas sans poser des difficultés dans la prévision des mouvements de terrains, phénomènes non périodiques (contrairement aux séismes ou aux inondations) qui font presque toujours appel à des approches de prévision déterministes.

La notion de probabilité d'occurrence est appréhendée par le concept de « prédisposition du site » vis-à-vis d'un type donné d'instabilité. Des critères, si possible paramétriques, témoignant de la « sensibilité » ou de « l'activité » du phénomène redouté sont donc établis en fonction de la configuration étudiée. L'analyse de la fréquence des événements passés (« retour d'expérience ») fait, naturellement, partie intégrante de la démarche.

Par ailleurs, il n'est pas rare de ne pas connaître avec certitude l'existence ou la localisation de vides miniers et de ne pas disposer des données nécessaires à la détermination de l'extension précise des désordres ou nuisances possibles. On est alors régulièrement amené à gérer le manque d'informations disponibles par la notion de « présomption » en distinguant les zones où le phénomène redouté est seulement suspecté des zones pour lesquelles le risque est avéré.

La démarche doit être mise en œuvre pour chaque type de phénomène qui se voit attribuer une sensibilité spécifique. Il est d'usage de définir quatre classes de prédisposition (*très peu sensible, peu sensible, sensible et très sensible*) dont on s'attachera à définir le contenu en fonction de la nature des mécanismes et phénomènes attendus sur le site.

1.4 QUALIFICATION DE L'ALEA

La hiérarchisation de l'aléa résulte du croisement d'une intensité avec la prédisposition correspondante. Le principe de qualification de l'aléa consiste donc à combiner les critères permettant de caractériser l'intensité d'un phénomène redouté avec les critères permettant de caractériser sa classe de prédisposition.

On utilise, à cette fin, une matrice de synthèse dont les principes de constitution sont illustrés dans le tableau suivant, en précisant que chaque site peut donner lieu à des ajustements pour s'adapter à un contexte spécifique.

Classiquement on se limite à trois classes d'aléas : *faible, moyen et fort*.

Prédisposition / Intensité	Très peu sensible	Peu sensible	Sensible	Très sensible
Très faible	Aléa faible			
Faible				
Moyenne				
Forte				Aléa fort

Tableau 1 : Qualification de l'aléa en fonction de l'intensité et de la prédisposition

2. DESCRIPTION ET EVALUATION DES ALEAS « MOUVEMENTS DE TERRAIN »

2.1 LES EFFONDREMENTS GENERALISES

Les effondrements généralisés sont exclusivement liés aux exploitations partielles, proches de la surface ou plus profondes, comme, par exemple, les exploitations par chambres et piliers abandonnés.

Définition et effets en surface

Les effondrements généralisés, également appelés effondrements en masse, se manifestent par la rupture spontanée ou par saccades, de tout ou partie d'une exploitation, en affectant la stabilité de la surface sur des étendues pouvant atteindre plusieurs hectares. La hauteur d'effondrement affectant la partie centrale est sensiblement proportionnelle à l'ouverture exploitée et au taux de défruitement[1] et peut atteindre plusieurs mètres. Cette zone centrale est bordée par des fractures franches, ouvertes et sub-verticales, délimitant des « marches d'escalier ». Les conséquences peuvent, ainsi, s'avérer très dommageables pour les personnes et les biens situés en surface.

Ils traduisent une instabilité d'ensemble de l'exploitation résultant généralement d'une extraction trop intensive. Ce sont des phénomènes heureusement très rares mais dont les conséquences sont potentiellement graves par la brutalité de leur caractère. Ils peuvent ainsi s'accompagner de secousses sismiques, parfois détectables à des centaines de kilomètres du secteur concerné. Ils produisent également un effet de souffle susceptible de projeter, sur de grandes distances, des matériaux par les galeries et les puits ouverts et de mettre en péril les personnes et installations se trouvant à proximité.

Les effondrements généralisés peuvent affecter des exploitations profondes comparativement aux effondrements localisés. Leur développement exige également une extension horizontale des travaux suffisante au regard de leur profondeur.

Mécanismes initiateurs

a) L'effondrement brutal de piliers abandonnés résultant d'une rupture du toit

Les effondrements brutaux exigent une combinaison de critères défavorables à la stabilité d'ensemble qui repose sur une rupture simultanée des piliers et des terrains de recouvrement. Deux conditions sont généralement requises.

- une configuration d'exploitation « fragile » : l'existence de vides importants et la présence de structures peu robustes (piliers sous-dimensionnés, présentant un fort élancement[2], exploitation à plusieurs niveaux avec une mauvaise superposition des piliers) sont autant de paramètres de prédisposition favorables à une rupture en masse des cavités.

[1] Désigné également de taux d'exploitation
[2] Rapport de la hauteur à la largeur du pilier

- une concomitance de la rupture des piliers et de celle des terrains de recouvrement : ce phénomène se développe préférentiellement en présence d'un (ou plusieurs) horizon(s) raide(s) dans le recouvrement. Cette raideur , permet de reporter, en tout ou partie, la charge des terrains de surface sur les bords fermes, ce qui soulage (temporairement) les piliers et autorise, indirectement, une exploitation excessive avec un sous-dimensionnement des piliers.

Sous l'effet du temps ou d'une sollicitation différée, les bancs raides du toit peuvent atteindre leur limite élastique et se rompre brutalement. La rupture du toit, par flexion ou cisaillement, le long des bords fermes transmet une surcharge soudaine aux piliers qui se retrouvent brutalement soumis à l'intégralité du poids du recouvrement. Les piliers, très fragiles, se rompent alors de manière simultanée en entraînant le recouvrement dans un mouvement brutal et spontané.

b) Rupture en chaîne des piliers

La déstabilisation d'un grand nombre de piliers ne se traduit pas inéluctablement par un effondrement brutal accompagné d'une secousse vibratoire importante. L'instabilité peut résulter d'une rupture progressive « en chaîne » des piliers adjacents.

Ce type de manifestation, exige que les piliers aient, dans leur grande majorité, atteint un « état-limite » de stabilité (proche de la ruine). L'évolution d'un facteur déclenchant (eau, altération, vieillissement, surcharge, etc.) peut alors suffire à initier la rupture d'une partie des piliers. En se ruinant, ces derniers induisent un report de charge sur les piliers voisins qui se rompent, à leur tour. Le recouvrement s'effondre alors en suivant le front de rupture souterrain. Le phénomène n'est pas aussi violent que celui décrit ci-dessus mais la cinétique de l'effondrement (quelques minutes à quelques heures) suffit à le rendre potentiellement dangereux pour les personnes et les biens situés dans son emprise lorsque l'amplitude des mouvements prévus en surface est importante.

Qualification de l'intensité

L'effondrement généralisé caractérise un mouvement d'extension spatiale importante et dont l'occurrence, quelle que soit l'amplitude de la descente des terrains de surface (directement reliée à l'ouverture des travaux et au taux de défruitement des chantiers), peut mettre en péril la sécurité des personnes et des biens situés dans l'emprise de l'instabilité.

Il n'y a donc pas lieu de définir une grandeur de référence pour caractériser l'intensité de ce type de désordre, la classe d'intensité étant, systématiquement, élevée à très élevée, du fait également de l'absence de parades « légères » permettant de s'affranchir des conséquences prévisibles d'un tel phénomène en surface.

Classe d'intensité	Description
Forte à très forte	Effondrement en masse de la surface

Tableau 2 : Classes d'intensité de l'aléa « effondrement généralisé »

Qualification de la probabilité d'occurrence

a) Critères de prédisposition communs

Quel que soit le contexte d'exploitation, l'existence d'anciens mouvements de type effondrement généralisé (encore visibles en surface ou décrits dans les archives) contribue souvent à augmenter la prédisposition qu'un site présentant des caractéristiques géologiques et d'exploitation voisines puisse subir, à l'avenir, d'autres phénomènes sensiblement similaires.

b) Cas des exploitations menées par chambres et piliers abandonnés

La prédisposition d'anciennes exploitations menées par chambres et piliers abandonnés au développement d'un effondrement généralisé dépend de la combinaison de deux prédispositions : la rupture de l'ouvrage souterrain et la rupture des terrains de recouvrement.

Prédisposition de l'ouvrage souterrain à la rupture

La prédisposition à la rupture de l'ouvrage souterrain dépend principalement :

- des contraintes s'exerçant au sein des piliers (tributaires notamment du taux de défruitement, de la profondeur des travaux et des conditions d'exploitation des secteurs adjacents à la zone considérée) : « état-limite » de stabilité ;
- d'une configuration d'exploitation fragile favorable à une rupture en masse des piliers (piliers de fort élancement, matériaux fragiles, mauvaises superposition des piliers, etc.) ;
- de l'absence de gros piliers faisant « piliers barrières » susceptibles de bloquer la propagation d'un front d'effondrement ;
- d'autres facteurs tels que la sensibilité des matériaux à l'eau, le comportement du mur (risque de poinçonnement, la présence de failles, etc.).

Prédisposition des terrains de recouvrement à une rupture dynamique

Parmi les principaux facteurs qui vont, en cas de rupture de l'ouvrage souterrain, prédisposer un site à subir un effondrement dynamique et non un affaissement progressif des terrains de surface, on peut citer :

- une extension latérale d'exploitation suffisante au regard de l'épaisseur de recouvrement ;
- la présence d'un (ou de) banc(s) raide(s) au sein du recouvrement susceptible de se rompre de manière dynamique, entraînant dans sa ruine la rupture en masse des piliers sous-jacents (on parlera alors d'effondrement brutal) ;
- l'existence d'un toit ni trop souple ni trop raide, autorisant l'effondrement par séquences, (on parlera alors de rupture en chaîne des piliers) ;
- une profondeur pas trop grande (il est en effet difficile d'imaginer que des travaux situés à des profondeur supérieures à 500 mètres par exemple puissent provoquer une rupture dynamique de l'ensemble des terrains de recouvrement).

2.2 LES EFFONDREMENTS LOCALISES

Les effondrements localisés sont essentiellement liés aux exploitations partielles, proches de la surface, qu'il s'agisse d'exploitations par chambres et piliers abandonnés, de galeries filantes ou d'exploitations pentées, ainsi qu'aux ouvrages d'infrastructure tels que les puits, les descenderies ou les galeries isolées situées à faible profondeur. Ils peuvent survenir également dans les exploitations dites « totales » si des vides suffisamment importants ont pu subsister.

Définition et effets en surface

Un effondrement localisé se caractérise par l'apparition soudaine en surface d'un cratère d'effondrement dont l'extension horizontale varie généralement de quelques mètres à quelques dizaines de mètres de diamètre. La profondeur du cratère dépend principalement de la profondeur et des dimensions des travaux souterrains mais il n'est pas rare qu'elle atteigne une dizaine de mètres même si, dans la majorité des cas, elle se limite à quelques mètres. Dans le cas de gisements pentés, l'effondrement peut prendre la forme d'une gouttière ou d'une tranchée allongée dans la direction du plan de la veine.

En fonction du mécanisme initiateur du désordre et de la nature des terrains de subsurface, les parois du cratère peuvent être subverticales ou inclinées, donnant ainsi naissance à une forme caractéristique d'entonnoir d'effondrement.

Les dimensions du désordre et le caractère brutal de sa manifestation en surface font des effondrements localisés des phénomènes potentiellement dangereux lorsqu'ils se développent au droit ou à proximité de secteurs urbanisés.

Mécanismes initiateurs

a) Effondrement par éboulement de toit ou d'une voûte de galerie: le phénomène de fontis

On parle de « fontis » lorsque le désordre qui affecte la surface résulte de la remontée au jour d'un éboulement initié au sein d'une excavation souterraine (galerie, chambre d'exploitation, etc.). Lorsque la voûte initiée par la rupture du toit de l'excavation ne se stabilise pas mécaniquement du fait de la présence de bancs résistants et massifs au sein du recouvrement, elle se propage progressivement vers la surface et, si l'espace disponible au sein des vieux travaux est suffisant pour que les matériaux éboulés et foisonnés puissent s'y accumuler sans bloquer le phénomène par « autocomblement », la voûte peut atteindre la surface du sol.

L'apparition de ce type de désordre en surface ne concerne que les travaux peu profonds. Les retours d'expérience menés sur plusieurs bassins miniers ont ainsi montré que, sauf spécificité géologique ou d'exploitation, au-delà d'une cinquantaine de mètres de profondeur (et parfois moins), les anciens vides miniers (dans des gammes d'ouvertures classiques : 2 à 4 ou 5 m) n'étaient plus susceptibles de provoquer ce phénomène en surface.

b) Effondrement par rupture de pilier(s) isolé(s)

Au sein d'une exploitation menée par la méthode des chambres et piliers abandonnés, la ruine d'un (ou de quelques) pilier(s) peut se traduire, en surface, par un effondrement localisé lorsque la profondeur des travaux et la résistance des terrains du recouvrement ne sont pas suffisamment importantes.

La dimension de la zone affectée en surface est généralement plus importante que celle résultant d'un simple fontis mais sensiblement plus réduite que dans le cas d'un effondrement généralisé décrit plus loin. Comme les fontis, les ruptures de piliers isolés sont des phénomènes purement locaux qui ne dépendent pas tant de la géométrie de l'exploitation que de conditions locales défavorables. Ces conditions défavorables peuvent résulter de la méthode d'exploitation ayant conduit, dans certains secteurs, à des extractions locales trop intensives laissant des piliers sous-dimensionnés, fragilisés ou mal superposés. Elles peuvent aussi résulter de paramètres géologiques (zones fracturées ou faillées, venues d'eau, etc.).

Comme les fontis, l'apparition de ce type de désordre en surface ne concerne que les travaux peu profonds.

c) Effondrement par débourrage de puits ou rupture de la tête de puits

Un ancien puits d'exploitation, mal traité (au niveau des recettes) ou mal remblayé (à l'aide de matériaux qui peuvent être remobilisés, notamment en présence d'eau), peut débourrer, c'est-à-dire voir son remblai s'écouler au sein des ouvrages souterrains auquel il est raccordé, avec pour conséquence la formation d'un cratère présentant les mêmes dimensions que la colonne du puits.

Ce débourrage peut, dans certains cas (assez fréquents lorsqu'il s'agit de très vieux puits), s'accompagner, ou être suivi, d'une rupture du revêtement du puits et d'un effondrement des terrains peu compétents environnants, comme le sont généralement les terrains superficiels. Il se produit alors un cône d'effondrement dont les dimensions dépendent de l'épaisseur et des caractéristiques géologiques et mécaniques locales des terrains.

Par ailleurs, si la tête d'un puits non remblayé est foncée dans des terrains de moindre résistance ou meubles (remblais, sols, roche altérée, etc.), la rupture du cuvelage ou du dispositif de fermeture sous-dimensionné peut entraîner la migration de ces matériaux dans la colonne de puits.

La manifestation en surface peut ainsi se restreindre à un cratère de petite taille (quelques mètres de diamètre au maximum) ou générer des désordres plus importants (diamètre pouvant dépasser une dizaine de mètres). Des effondrements de diamètre beaucoup plus grands sont tout à fait exceptionnels et correspondent généralement à la présence de sables boulants proches de la surface.

Les travaux de traitement réalisés pour la mise en sécurité peuvent être un critère permettant de diminuer de façon substantielle, voire éradiquer, la prédisposition au débourrage ou à la rupture de la tête du puits. Par exemple, un bouchon autoportant réalisé en tête de puits, conformément à l'état de l'art, paraît être une solution efficace et suffisamment pérenne. En revanche s'il reste ouvert et est simplement recouvert d'une dalle bétonnée, la stabilité du puits n'est pas garantie contre les risques de rupture du cuvelage et des bords susceptibles de s'opérer à long terme par altération ou vieillissement (surtout si la largeur de la dalle est insuffisante).

Qualification de l'intensité

Le phénomène d'effondrement localisé est de nature à porter atteinte à la sécurité des personnes et des biens présents en surface.

C'est principalement le *diamètre de l'effondrement* qui va influer sur les conséquences du phénomène vis-à-vis de la sécurité des personnes et des biens présents dans la zone d'influence du désordre. C'est donc ce paramètre que nous retenons comme grandeur représentative. La profondeur du cratère influe sur la dangerosité du phénomène mais, souvent délicate à prévoir, notamment pour ce qui concerne les fontis et les débourrages de puits, elle n'est pas retenue a priori.

Parmi les principaux facteurs susceptibles d'influer sur la grandeur du diamètre de l'effondrement, on retient : la dimension des vides résiduels au sein des travaux souterrains (volume) ainsi que l'épaisseur et la nature des terrains constituant le recouvrement dont le rôle est prépondérant sur les dimensions de l'entonnoir d'effondrement en surface.

Classe d'intensité	**Diamètre de l'effondrement**
Très faible	Effondrements autocomblés, à proximité immédiate de la surface (profondeur centimétrique)
Faible	Ø < 3 m
Moyenne	3 m < Ø < 10 m
Foret	Ø > 10 m

Tableau 3 : Classes d'intensité de l'aléa « effondrement localisé » (valeurs purement indicatives)

Qualification de la probabilité d'occurrence

Quel que soit le contexte d'exploitation, deux critères fondamentaux gouvernent la prédisposition d'un site au développement d'effondrements localisés :

- l'existence d'anciens mouvements de type « effondrement localisé », encore visibles en surface ou décrits dans les archives ou encore leur survenance sur un site présentant des caractéristiques géologiques et d'exploitation similaires ;
- la présence de terrains déconsolidés en surface, notamment sur une grande épaisseur ;
- la profondeur des travaux.

Les principaux facteurs de prédisposition spécifiques à certaines configurations de travaux sont les suivants :

a) Eboulement de toit d'une chambre ou d'une voûte de galerie isolée

La prédisposition d'un site au développement d'un fontis à l'aplomb dépend de la combinaison de deux processus : la rupture de l'ouvrage souterrain en lui-même et la remontée de l'instabilité jusqu'en surface.

Facteurs de prédisposition à la rupture de l'ouvrage souterrain :

- la largeur (ou portée) du toit des chambres ou des galeries concernées ;
- la nature et l'épaisseur des premiers bancs rocheux, l'existence de soutènement.

Facteurs de prédisposition du recouvrement conditionnant la remontée de fontis en surface :

- facteurs favorisant la stabilisation du phénomène par formation d'une voûte stable : présence de bancs homogènes suffisamment épais et résistants (par exemple : présence et surtout épaisseur des terrains jurassiques recouvrant les terrains primaires) ;
- concernant la stabilisation du phénomène par autocomblement : volume des vides résiduels disponibles au sein des vieux travaux, nature des terrains de recouvrement (épaisseur, comportement et coefficient de foisonnement).

Concernant les galeries minières isolées de dimensions classiques (entre 2 et 3 m d'ouverture), le retour d'expérience semble montrer qu'au-delà d'une profondeur d'une cinquantaine de mètres, la probabilité de remontée de fontis jusqu'en surface devient négligeable.

b) Effondrement par rupture de pilier(s) isolé(s)

La prédisposition de piliers à la rupture dépendra principalement :

- des contraintes s'exerçant au sein des piliers (tributaires notamment du taux de défruitement local et de la profondeur des travaux) ;
- des caractéristiques des piliers concernés (résistance du pilier, sensibilité à l'eau, section, élancement, forme, régularité, présence de failles ou d'accidents structuraux, mauvaise superposition, etc.).

c) Rupture de tête de puits ou débourrage de remblais

Les facteurs identifiés dépendent des deux mécanismes d'instabilité qui peuvent affecter une ancienne tête de puits :

- effondrement de la structure mise en place en tête d'un puits vide (cuvelage, plancher, voûte en briques, dalle, bouchon, etc) : caractéristiques de cette structure, altérabilité dans le temps, nature du cuvelage, nature résistance des terrains encaissants ;
- débourrage d'un puits remblayé : conditions hydrogéologiques (remontée des eaux, battements de nappe), présence de galeries connectées au puits et non obturées par des serrements, ancienneté du remblayage, facteurs défavorables (vibrations, surcharges, variations du niveau de la nappe, etc.).

d) Risque de rupture d'un stot de protection ou d'une tête de filon (gisement penté)

Les facteurs qui gouvernent la prédisposition d'un stot de protection ou d'une tête de filon à subir des effondrements localisés par éboulement de la couronne sont principalement de deux ordres :

- dimensions et résistance des stots (épaisseur, présence d'extraction à ciel ouvert en sub-surface, degré d'altération, présence de failles ou d'accidents tectoniques, etc.) ;
- caractéristiques du gisement (pendage, nature des terrains encaissants, interfaces entre le filon et les épontes, etc.).

2.3 LES AFFAISSEMENTS

Les phénomènes d'affaissement sont principalement liés aux exploitations totales en plateure, menées à grande profondeur et présentant des extensions horizontales importantes, qu'il s'agisse d'exploitations par tailles foudroyées ou remblayées (plus ou moins partiellement), mais aussi d'exploitations partielles ou pentées (ou éventuellement filoniennes) ayant laissé des vides résiduels importants après extraction.

Définition et effets en surface

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

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

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

Comme la plupart des autres phénomènes d'instabilité, les affaissements miniers ne se limitent pas au strict aplomb des contours de travaux souterrains. La limite extérieure de la cuvette d'affaissement en surface est déterminée par l'angle (« angle d'influence ») défini en profondeur par la droite verticale correspondant à la bordure souterraine de l'exploitation et la droite virtuelle matérialisant en surface le point où l'affaissement est considéré comme nul ou négligeable. En fonction de la nature, de l'épaisseur des terrains de recouvrement et de la présence d'accidents géologiques, l'angle d'influence varie classiquement entre une dizaine et une quarantaine de degrés en plateure. L'existence d'un pendage influe également directement sur les valeurs de l'angle d'influence, tout comme la présence d'accidents géologiques majeurs (failles).

Plus les travaux miniers sont profonds, plus la cuvette d'affaissement est étendue et étalée en surface. Toutes choses égales par ailleurs, les affaissements verticaux et les déplacements horizontaux diminuent aussi avec la profondeur d'exploitation.

Mécanismes initiateurs

a) Cas des exploitations en plateure (pendage < 20°)

Toute exploitation par tailles ou par dépilage, quelle qu'en soit la profondeur, induit un éboulement ou foudroyage du toit des travaux souterrains. Cet éboulement génère la formation de blocs de formes et de tailles variables qui, en s'enchevêtrant, permet la persistance de vides résiduels plus ou moins importants et, de fait, une augmentation, souvent sensible, entre le volume occupé par les éboulis et celui qu'occupaient les terrains en place.

Ce phénomène, appelé « foisonnement » permet aux matériaux éboulés de remplir la cavité d'exploitation ainsi que le volume des terrains initialement en place ce qui a pour conséquence de stopper le processus d'éboulement, les terrains sus-jacents trouvant appui sur le tas d'éboulis. Ces éboulis présentant une forte compressibilité, les bancs rocheux sus-jacents préalablement découpés par les discontinuités naturelles qui les affectent fléchissent progressivement avec, pour conséquence, la formation d'une cuvette en surface.

L'amplitude des affaissement étant directement proportionnel à l'ouverture des travaux, il n'est pas rare, durant la période d'exploitation, que les terrains de surface soient descendus de plusieurs mètres, voire, plus exceptionnellement, de plusieurs dizaines de mètres.

Le retour d'expérience disponible sur différents bassins miniers français et européens indique que la quasi-totalité de l'affaissement se produit durant l'extraction et que la durée de l'affaissement résiduel se limite à quelques années. Les déformations résiduelles induites après l'exploitation sont, en général, très limitées et les conséquences sur infrastructures de surface négligeables à nulles.

Au-delà, les risques de reprise d'affaissement (ou de remontée de la surface du sol) résultent de variations importantes des conditions environnementales (ennoyage ou dénoyage des travaux, application de surcharges en surface) et affectent principalement les exploitations les moins profondes. Ils correspondent, de fait, pleinement au phénomène de tassement décrit plus loin.

b) Cas des exploitations en gisements pentés (sédimentaires ou filoniens)

Les exploitations en couche pentée se caractérisent par une dissymétrie de la cuvette d'affaissement plus ou moins importante en fonction du pendage. L'existence d'un pendage influe, en effet, directement sur les valeurs des angles d'influence en amont et en aval (schéma ci-dessous).

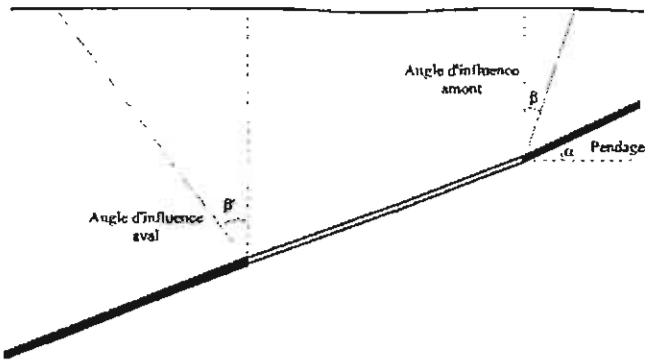


Schéma montrant la dissymétrie des angles d'influence amont et aval en gisement penté

Quand la profondeur d'exploitation devient importante, l'influence de l'angle aval se traduit généralement par une large extension de la cuvette d'affaissement mais, en contrepartie, par des amplitudes d'affaissement vertical et des déplacements différentiels horizontaux plus faibles. En revanche, coté amont les déplacements augmentent sensiblement.

Notons, par ailleurs, que contrairement aux exploitations totales par tailles foudroyées ou dépilage, l'occurrence d'affaissements à l'aplomb d'exploitations par chambres et piliers abandonnés ou par chambres laissées vides (telles que les chambres magasins) dépend directement de la rupture des cavités (éboulement). Des phénomènes d'affaissement peuvent alors être initiés plusieurs années ou décennies après la fermeture des travaux si les structures souterraines sont suffisamment résistantes pour demeurer stables jusqu'à ce terme.

Qualification de l'intensité

Les caractéristiques qui matérialisent les dégâts les plus dommageables pour les biens situés en surface dus aux phénomènes d'affaissement progressif, sont généralement les déformations différentielles horizontales et surtout les mouvements de mise en pente du sol. Nous retiendrons donc ces deux paramètres pour discriminer les classes d'intensité.

La définition des classes d'intensité s'appuie alors principalement sur la notion d'effets prévisibles sur les structures même si, au-delà de certaines valeurs de déformations, les désordres infligés aux bâtiments peuvent s'avérer de nature à mettre en péril la sécurité des personnes qui y résident.

Les principaux facteurs susceptibles d'influencer la valeur de ces deux paramètres sont essentiellement :

- la géométrie des travaux (largeur exploitée des panneaux) ;
- l'ouverture des chantiers souterrains (tailles) ;
- la méthode d'exploitation (taux de défruitement, etc.) ;
- le pendage des couches (au delà de 20° ou 30°) ;
- la profondeur des panneaux ;
- la nature des terrains de recouvrement, la présence de failles, la topographie de surface, etc.

Clase d'intensité	**Déformations différentielles horizontales ε (en mm/m)**	**Mise en pente μ (en %)**
Très faible	$0 < \varepsilon < 5$	$0 < \mu < 1$
Faible	$5 < \varepsilon < 10$	$1 < \mu < 2$
Moyenne	$10 < \varepsilon < 30$	$2 < \mu < 6$
Forte	$\varepsilon > 30$	$\mu > 6$

Tableau 4 : Classes d'intensité de l'aléa « affaissement » (valeurs purement indicatives)

Qualification de la probabilité d'occurrence

Quel que soit le contexte d'exploitation, l'existence d'anciens mouvements de type « affaissement progressif » (encore visibles en surface ou décrits dans les archives) contribue souvent à augmenter la prédisposition qu'un site présentant des caractéristiques géologiques et d'exploitation voisines puisse subir, à l'avenir, d'autres phénomènes sensiblement similaires (retroanalyse).

a) Exploitations menées par foudroyage

A l'aplomb d'anciennes exploitations totales foudroyées, il est admis que la phase d'affaissement résiduel perceptible en surface se limite aux quelques années suivant l'arrêt des travaux (de l'ordre de 5 ans, au maximum pour les mines de charbon ou de fer, à l'exception des mines de sel). Si cet arrêt est récent (moins de 5 ans pour certains bassins miniers), la probabilité de voir se développer un affaissement résiduel pourra être considérée comme réelle, dans le cas contraire, elle pourra être négligée (on se réfèrera alors plutôt à un aléa « tassement » pour caractériser le devenir de la zone).

La prédisposition de l'aléa « affaissement progressif » à l'aplomb d'exploitations totales constitue donc une exception, en ce sens que l'existence d'anciens affaissements ne prédispose en rien un site à subir d'autres désordres sensiblement similaires à l'avenir.

b) Exploitations partielles menées par chambres et piliers

Contrairement aux exploitations foudroyées qui ont pour conséquence directe (voire pour objectif) de provoquer l'affaissement de la surface, les exploitations partielles par chambres et piliers abandonnés n'ont d'intérêt que de garantir la stabilité de la surface contre tout risque d'affaissement ou d'effondrement.

La prédisposition d'un site face au risque d'affaissement à l'aplomb d'anciennes exploitations par chambres et piliers abandonnés dépend donc de la combinaison de deux prédispositions : la rupture inopinée de l'ouvrage souterrain et le mode de comportement des terrains de recouvrement.

La prédisposition à la rupture de l'ouvrage souterrain, facteur essentiel du déclenchement du phénomène, repose principalement sur l'état des contraintes de sollicitation qui s'exercent sur les piliers (tributaires notamment du taux de défruitement et de la profondeur des travaux), des caractéristiques de résistance des piliers (résistance, mais aussi taille, forme, régularité, etc .) et d'autres facteurs tels que la sensibilité des matériaux à l'eau, la présence de failles, etc.

c) Exploitations pentées et filoniennes (pour mémoire)

Dans ce type d'exploitations, auxquelles se rattachent les mines de fer de l'Ouest, c'est principalement la stabilité des stots, dalles ou piliers laissés en place pour assurer la tenue des épontes qui gouverne la prédisposition d'une exploitation filonienne à subir des affaissements en surface.

2.4 LES TASSEMENTS

Les phénomènes de tassement affectent essentiellement les anciennes exploitations totales (surtout les tailles ou dépilages foudroyées) ou les ouvrages de dépôts (terrils, verses, bassins de décantation, etc.).

Définition et effets en surface

On parle de tassements lorsque les mouvements du sol ne résultent pas de l'extraction ou de la disparition de minerai (par dissolution) mais s'expliquent par la recompaction d'un massif meuble (amas de matériaux granulaires) ou affecté par les travaux souterrains (terrains foudroyés).

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 sont amenés à se tasser et donner naissance à des mouvements de faible ampleur en surface (sauf exception, l'amplitude maximale est d'ordre décimétrique). Ces tassements différentiels sont néanmoins susceptibles d'engendrer des dégâts sur les bâtiments et les infrastructures, sans mettre en péril les personnes.

Ce type de manifestation peut avoir des effets assez similaires au phénomène naturel de retrait/gonflement des sols argileux, sous l'effet de battements de nappe ou de variations du profil hydrique dans le proche sous-sol. La différence entre les deux n'est d'ailleurs pas toujours aisée à établir dans des zones sensibles à ces deux types de phénomènes.

Mécanismes initiateurs

a) Anciennes exploitations menées par foudroyage

Même si tous les terrains exploités par foudroyage (exploitation par taille ou dépilage) sont sujets, durant la phase des derniers mouvements résiduels, au développement de tassements, les manifestations les plus perceptibles se développent à l'aplomb de secteurs peu profonds (quelques dizaines de mètres sous la surface).

Dans ces conditions, en effet, le poids des terrains surmontant les anciens chantiers miniers n'est pas suffisant pour garantir une recompaction complète des terrains foudroyés au cours des années suivant les travaux d'extraction. Ceci permet la persistance d'une porosité artificielle élevée. Sous l'effet de perturbations extérieures, une compaction différée des terrains peut être constatée. Lorsque cette compaction se développe de manière différentielle suivant les secteurs, des désordres peuvent affecter les structures non adaptées, situées en surface.

b) Tassements sur les dépôts, découvertes ou puits remblayés

Les stériles d'exploitation, mis en dépôt par voie sèche sous forme de terrils ou de verses, ainsi que les remblais des exploitations à ciel ouvert (découvertes), peuvent présenter une composition assez hétérogène par la nature ou la granulométrie des matériaux. Leur mise en place, assurée souvent par simple déversement, ne garantit pas leur compaction complète. L'effet de fortes surcharges appliquées en surface ou la modification des conditions hydrauliques peut accélérer les tassements au droit des dépôts ou des secteurs remblayés.

c) Soulèvement des terrains

A l'arrêt des pompages d'exhaure, mis en œuvre durant l'exploitation, la resaturation des terrains pendant l'ennoyage peut, dans certaines configurations, se traduire par une remontée lente et très étalée de toute la zone précédemment dénoyée. L'amplitude des mouvements verticaux observés peut atteindre quelques centimètres. Comme pour le phénomène de tassement, il s'agit d'une remobilisation des terrains affectés par les travaux miniers, postérieure à l'exploitation. Au regard des retours d'expérience disponibles, les mouvements de ce type sont très étalés dans l'espace et ne provoquent pas d'effets visibles sur les bâtiments traditionnels.

Qualification de l'intensité

Les éventuelles nuisances initiées par le phénomène de tassement résultent principalement du développement de tassements différentiels. En présence de tassements différentiels, c'est principalement l'amplitude verticale de ces mouvements qui conditionne l'intensité du phénomène prévisible.

Ce type de désordre est de nature à engendrer des dégradations aux biens (bâti et infrastructures) présents en surface mais pas à mettre en danger les populations. Sauf exception, l'intensité des conséquences d'un phénomène de tassement demeure limitée (ordre centimétrique à décimétrique).

Clase d'intensité	Description	Valeur
Très faible	Tassements différentiels limités	$cm < t_d < dm$
Faible	Tassements différentiels importants	$t_d > dm$

Tableau 5 : Classes d'intensité de l'aléa « tassements »
(valeurs purement indicatives)

Qualification de la probabilité d'occurrence

a) Critères de prédisposition communs

Quel que soit le contexte d'exploitation, trois critères fondamentaux gouvernent la prédisposition d'un site au développement de tassements :

- l'existence d'anciens mouvements de type « tassements » (encore visibles en surface ou décrits dans les archives). Le retour d'expérience peut montrer la prédisposition d'un site comparable à subir des phénomènes sensiblement similaires ;
- la modification des conditions hydrauliques (remontée de nappe, eaux de surface et souterraines rupture de canalisation, obturation de drains, etc.) ;
- l'application de fortes surcharges en surface dans le cadre d'un aménagement du site (constructions, entreposage, etc.).

b) Anciennes exploitations menées par foudroyage

La profondeur des anciens travaux constitue l'un des principaux facteurs de prédisposition au développement de tassements perceptibles en surface à l'aplomb d'anciennes exploitations totales : plus les travaux sont profonds moins les tassements sont importants. La limite de profondeur en deçà de laquelle l'intensité des effets est considérée comme négligeable est souvent prise autour de 50 mètres (selon les configurations spécifiques rencontrées).

c) Dépôts, découvertes ou puits remblayés

Parmi les principaux facteurs de prédisposition, on peut citer :

- l'épaisseur du dépôt ;
- la nature et la granulométrie des matériaux déposés ;
- la méthode de mise en place du dépôt (avec ou sans compactage) ;
- l'âge de l'ouvrage.

d) Remontée des terrains

La remontée de la surface qui accompagne la remontée de nappe après l'arrêt des pompages d'exhaure s'effectue sur des secteurs très étendus, engendrant ainsi des mouvements très étalés. La prédisposition au développement de tassements différentiels dommageables sera donc, dans l'immense majorité des cas, très faible. Seules des configurations géologiques et/ou d'exploitation exceptionnelles et défavorables contribueront donc à générer des nuisances sur les biens pouvant être imputées à ce type de mouvements.

2.5 LES GLISSEMENTS SUPERFICIELS

Définition et effets en surface

Les mouvements de pente superficiels (reptations, ravinements, glissements) se manifestent principalement, lorsque les flancs des dépôts sont trop raides, par des glissements pelliculaires, le creusement de rigoles de ravinement parfois profondes et par l'épandage de matériau en pied de talus. Les matériaux érodés s'éboulent le long la pente et finissent par s'accumuler en bourrelets ou amas. Il s'agit de phénomènes généralement lents qui mettent en jeu des volumes limités de matériau (quelques dizaines de m^3).

Si ce type de phénomènes induit fréquemment des nuisances paysagères importantes, il est relativement rare que des risques pour les personnes et les biens en résultent directement, tant en pied qu'en crête de talus. Les éléments éboulés peuvent toutefois contribuer à affecter l'écoulement de cours d'eau situés en aval immédiat du pied et induire ainsi, indirectement des nuisances sur les terrains alentours.

Néanmoins, ces instabilités doivent faire l'objet d'une attention toute particulière le long des flancs de digues de rétention de résidus liquides dont la rupture entraînerait un processus de glissement de plus grande ampleur.

Les principaux facteurs favorisant le développement de mouvements de pente superficiels sont :

- l'absence d'un système de drainage et d'écoulement maîtrisé des eaux ou un manque d'entretien du système de drainage et d'écoulement ;
- la nature des flancs de talus : les désordres apparaissent préférentiellement le long des flancs peu végétalisés, contenant une proportion importante de particules fines ;

- les sollicitations dynamiques (séismes, vibrations), le développement de certaines activités humaines.

Qualification de l'intensité

L'intensité du phénomène dépend principalement du volume de matériau mis en mouvement qui reste, dans tous les cas, limité. Ce type de désordre peut engendrer des dégradations aux constructions exposées sans mettre en danger les personnes.

Les principaux facteurs susceptibles de jouer sur le volume de matériau mis en mouvement, sont : la nature et la granulométrie des matériaux constituant le talus, la morphologie de la pente, la végétation, l'intensité des ruissellements, l'existence ou non de mesures préventives d'aménagement.

Classe d'intensité	Description	Volume mis en jeu
Très faible	Reptations, ravinements	quelques m^3
Faible	Glissements superficiels, ravinements importants	De 10 à 100 m^3

Tableau 6 : Classes d'intensité de l'aléa « glissement superficiel » (valeurs purement indicatives)

Qualification de la probabilité d'occurrence

Les principaux facteurs qui contribuent à augmenter la prédisposition d'un talus aux glissements ou mouvements de pente superficiels sont essentiellement :

- l'existence d'anciens mouvements de ce type sur le site ou un autre site présentant des caractéristiques géologiques et d'exploitation similaires ;
- la topographie et la morphologie des flancs ;
- la nature des matériaux constituant le talus ;
- une mauvaise gestion des eaux de surface ou la dégradation du dispositif de drainage préexistant (rupture de canalisation, drains bouchés, canaux de ruissellement remplis par des éboulis, etc.) ;
- les activités humaines (vibrations, surcharges par dépôts, etc.) et autres facteurs aggravants (séismes).

2.6 LES ECROULEMENT ROCHEUX

Définition et effets en surface

Un écroulement rocheux est un mouvement de pente soudain au cours duquel des masses rocheuses, plus ou moins volumineuses, se détachent d'une paroi généralement très raide pour aller s'écraser au pied du front. Ce type de phénomène concerne donc essentiellement les fronts de fosses à ciel ouvert creusés dans des massifs de roches dures, avec de forts angles de talus.

En fonction du volume de roche écroulé, on parle de chutes de pierres (< 0,1 m^3), de blocs (0,1 m^3 à 10 m^3) ou plutôt d'écroulements (10 m^3 à 10^4 m^3), voire d'écroulements majeurs (> 10^4 m^3).

Quel que soit le volume écroulé, la chute de masses rocheuses présente un danger pour les personnes se situant au sein de la zone d'épandage. A partir de volumes supérieurs au m^3, ce type de phénomène peut également générer des dégâts irréversibles aux biens.

Il est donc essentiel d'identifier, même de manière approximative, l'extension du cône d'éboulis. Cette dernière dépend tout d'abord de la nature et de la pente des terrains situés en pied de falaise. Ainsi, un pied de pente constitué de matériau rocheux et orienté fortement vers l'aval sera favorable à la propagation de blocs sur de grandes distances. L'extension de la zone d'épandage dépend également du volume de matériau écroulé. Toutes choses égales par ailleurs, du fait de l'effet de masse, les distances de propagation sont en effet généralement plus importantes dans le cas d'écroulements en masse que dans le cas de blocs isolés. A ce propos, plus la masse rocheuse écroulée sera fracturée et plus elle pourra se disloquer en petits blocs au cours de sa chute, ce qui peut favoriser une propagation des éboulis vers l'aval. Enfin, la dimension de la zone d'épandage dépend également du type et de la cinétique du mouvement à l'origine de la rupture de la masse rocheuse (basculement, glissement...).

En cas d'écroulements majeurs, l'analyse de l'effet de recul du front rocheux peut mériter une attention particulière si les bordures de crêtes sont situées à proximité de zones urbanisées.

Qualification de l'intensité

C'est le volume de matériau mis en mouvement qui sera retenu pour discriminer les clases d'intensité. Suivant le volume de matériau écroulé, le type de désordre est de nature à porter atteinte à la sécurité des personnes et des biens présents en surface.

Les deux principaux facteurs susceptibles d'influer sur le volume de matériau mis en mouvement sont la morphologie du front rocheux et la densité de discontinuités qui l'affectent.

Les valeurs seuils présentées dans le tableau suivant sont fournies à titre purement indicatif. Elles pourront être adaptées au contexte par l'expert en charge de la réalisation de l'évaluation des aléas.

Classe d'intensité	Description	Volume mis en jeu
Très faible	Chute de pierres isolées	< 0,1 m3
Faible	Chute de blocs	0,1 m3 < v < 10 m3
Moyenne	Ecroulement	10 m3 < v < 104 m3
Forte	Ecroulement majeur	> 104 m3

Qualification de la prédisposition

L'existence d'anciens mouvements de type « écroulements rocheux » doit être recherchée avec la plus grande attention lors des visites sur site entreprises au cours de la phase informative. Toutes choses égales par ailleurs, Toutes choses égales par ailleurs, elle peut contribuer à augmenter la prédisposition qu'un site voisin, présentant des caractéristiques géologiques et d'exploitation sensiblement similaire puisse subir, à l'avenir, d'autres phénomènes de ce type.

Parallèlement aux retours d'expérience, les facteurs de prédisposition au développement d'instabilités rocheuses sont principalement de trois ordres :

la géométrie des fronts de fosse : plus la hauteur du front de taille sera importante et la pente prononcée et plus le front sera découpé, mettant ainsi des volumes rocheux en surplomb, plus la configuration sera défavorable à la chute d'éléments rocheux ;

le réseau de discontinuités affectant le massif (présence de joints de stratification, failles, fractures ou diaclases, contacts entre le massif et les terrains superficiels). Ces discontinuités sont en effet susceptibles de découper des masses rocheuses et de faciliter leur détachement du front de falaise ;

- les **facteurs extérieurs** pouvant jouer un rôle aggravant : l'absence de système de gestion des eaux de ruissellement, les phénomènes climatiques de type gel/dégel, l'existence de sollicitations dynamiques (séismes, tirs de mine...) ou statiques (surcharge en crête de falaise), etc.

3. DESCRIPTION ET EVALUATION DE L'ALEA « EMISSION DE GAZ EN SURFACE »

Définition et effets en surface

Les émissions de gaz de mine en surface sont parfois susceptibles d'engendrer des dangers pour les personnes et les biens. Elles ne concerne que les exploitations souterraines qui réunissent trois conditions essentielles :

- la présence de vides provenant des travaux d'extraction (chambres abandonnées, chantiers partiellement remblayées ou foudroyés) ou des ouvrages d'infrastructures (galeries, puits) qui constituent un réservoir souterrain ;
- la présence de gaz dangereux ;
- la possibilité d'accumulation et de migration de ces gaz, à des teneurs significatives, vers la surface.

Le gaz de mine qui était dilué et évacué par la ventilation, lors de l'exploitation, est, à son arrêt, piégés dans les vides miniers, s'ils ne sont pas ennoyés en totalité par la remontée des eaux. Il peut alors s'accumuler à des concentrations élevées en étant plus ou moins confiné.

Le gaz accumulé peut, sous certaines conditions (liées au gradient de pression), migrer en quantité significative vers la surface, au travers d'anciens ouvrages (puits, descenderies, galeries d'accès, sondages..) si ceux-ci sont plus ou moins bien obturés, mais aussi au travers des terrains de recouvrement.

Suivant la nature et la composition de ce gaz de mine[3], les émissions gazeuses en surface peuvent présenter plusieurs risques ou nuisances vis-à-vis des personnes et des biens. On retiendra notamment les risques d'asphyxie, d'intoxication ou d'irradiation et, enfin, le risque d'inflammation ou d'explosion. Ces risques sont accrus lorsque le gaz de mine se trouve être confiné, c'est-à-dire peu ou pas dilué. Ils sont, bien évidemment, moindres dans le cas d'une émission diffuse dans une atmosphère ouverte.

Mécanismes initiateurs

Plusieurs mécanismes, indépendants ou concomitants , peuvent induire une différence de pression positive entre le réservoir souterrain et l'atmosphère extérieure et être à l'origine d'une remontée du gaz de mine vers la surface. On retiendra plus particulièrement les mécanismes suivants :

a) Production de gaz au sein des vieux travaux

Dans les gisements « grisouteux », le charbon non exploité peut contenir des quantités importantes de grisou à des pressions pouvant atteindre 1 voire 2 MPa. Il est donc théoriquement possible que des pressions de cet ordre puissent être atteintes dans les anciennes exploitations par désorption du grisou résiduel. Ce phénomène est très lent, mais peut perdurer longtemps après l'arrêt de l'extraction.

[3] Le gaz de mine est généralement un mélange de gaz d'origines diverses, à des teneurs variables. Certains gaz ont une origine endogène (grisou, dioxyde de carbone, radon), d'autres une origine exogène (monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, sulfure d'hydrogène, par exemple).

La désorption de grisou cesse en présence d'une contre-pression comme celle résultant de la charge hydraulique consécutive à l'ennoyage des vides résiduels.

b) Pistonnage par remontée de la nappe

A l'arrêt des pompages, l'ennoyage du réservoir minier réduit progressivement les vides résiduels disponibles en chassant le gaz de mine qu'ils contenaient. Selon la durée de la remontée des eaux (quelques mois à plusieurs années) et le volume des vides, le phénomène de « pistonnage » du gaz par l'eau sera plus ou moins fort. Cette phase constitue une période transitoire fondamentale vis-à-vis du risque d'émission du gaz en surface.

c) Variations de la pression atmosphérique

Les variations de la pression atmosphérique induisent une différence de pression entre le réservoir souterrain et l'atmosphère externe. A l'occasion d'une dépression météorologique, les anciens travaux peuvent se trouver momentanément en surpression, celle-ci engendrant (ou accentuant) alors la migration de gaz vers la surface. Ce phénomène transitoire n'est pas à négliger, en particulier lorsque les vides souterrains sont proches de la surface.

d) Tirage naturel

Dans certaines configurations, il peut s'établir, de manière naturelle, un écoulement gazeux entre le réservoir souterrain et l'atmosphère externe. Ce phénomène bien connu des anciens mineurs et largement utilisé par eux, s'appelle « tirage naturel ». Il a pour cause une différence de température entre les terrains et l'air atmosphérique et une différence d'altitude entre plusieurs orifices miniers. L'effet est surtout marqué dans les périodes d'été et d'hiver.

Un tel régime d'écoulement s'établit d'autant plus facilement que les communications entre le réservoir et l'extérieur seront faciles (par exemple, lorsque les orifices miniers sont importants et mal obturés ou que les terrains de recouvrement sont peu épais et fracturés).

Qualification de l'intensité

Le phénomène redouté correspond à une remontée en surface d'un gaz de mine susceptible de présenter des dangers, d'abord pour les personnes et, plus exceptionnellement, pour les biens. Il s'agit essentiellement des dangers d'inflammation ou d'explosion et d'asphyxie. L'intensité du phénomène se décrit classiquement sous forme de « gravité » vis-à-vis des personnes, en considérant les principales caractéristiques suivantes :

- la composition du gaz de mine (inflammabilité et/ou toxicité) ;
- l'importance du flux gazeux et sa répartition à la surface (concentration locale).

L'échelle d'intensité proposée ci-dessous, à titre purement indicatif, peut servir de repères pour l'évaluation de l'aléa et non de références absolues.

Classe d'intensité	Emission de gaz de mine
Très faible à faible	Emission contenant : • soit des gaz inflammables, à des teneurs inférieures à la LIE[4] • soit des gaz asphyxiants, toxiques ou ionisants, à des teneurs supérieures à la TMR[5]mais ne pouvant pas entraîner qu'un impact faible et réversible
Moyenne	Emission limitée contenant des gaz : • soit directement inflammables ou pouvant le devenir par dilution dans l'air • soit asphyxiants ou toxiques à des teneurs pouvant entraîner un impact significatif
Forte	Emission importante contenant des gaz : • soit directement inflammables ou pouvant le devenir par dilution dans l'air • soit asphyxiants ou toxiques à des teneurs pouvant entraîner un impact significatif
Très forte	Emission importante contenant des gaz asphyxiants ou toxiques à des teneurs élevées pouvant entraîner directement un impact létal

Tableau 8 : Classes d'intensité de l'aléa gaz de mine
(valeurs guides purement indicatives)

Qualification de la probabilité d'occurrence

La prédisposition d'un site minier à être le siège d'émanations de gaz de mine est essentiellement liée aux deux caractéristiques suivantes :

a) Prédisposition du réservoir à émettre du gaz

La production du gaz libéré est directement fonction de la nature du charbon et du gisement, ainsi que du volume des vides miniers.

- nature du charbon : une ancienne mine exploitée dans un gisement franchement grisouteux sera (*a priori*) plus prédisposée à émettre du gaz qu'une exploitation située dans un gisement faiblement grisouteux. La prédisposition intègre également la présence ou non de gaz en phase d'exploitation (classement du gisement) ainsi que l'occurrence d'accidents liés au gaz pendant ou même après l'exploitation ;
- nature du gisement : la prédisposition du matériau exploité et des terrains encaissants à subir des transformations chimiques conduisant à une production de gaz devra également être prise en considération. On citera, par exemple, le risque de feu ou d'échauffement de matériaux combustibles ou encore l'attaque de carbonates par de l'eau acide ;
- volume des vides miniers : quelle que soit l'origine du gaz de mine, la quantité de gaz susceptible de s'accumuler et de migrer vers la surface est directement liée au volume disponible au sein du réservoir minier. L'évaluation du volume non ennoyé du réservoir souterrain, de sa répartition dans l'espace et de son évolution dans le temps (effet de l'ennoyage) influera également directement sur la prédisposition du phénomène redouté.

[4] LIE : Limite Inférieur d'Explosibilité
[5] TMR : Teneur Maximale autorisée par la Réglementation en vigueur

b) Prédisposition du site à la remontée du gaz en surface

Les principaux facteurs susceptibles de faciliter ou, au contraire, de s'opposer à la remontée de gaz jusqu'en surface sont principalement de trois ordres : la différence de pression entre le réservoir souterrain et l'air libre, l'épaisseur et la perméabilité des terrains de recouvrement ainsi que l'existence d'éventuels « drains préférentiels ».

- différentiel de pression : plus la différence de pression (positive) entre les anciens travaux et l'atmosphère en surface sera importante, plus la prédisposition du site à être le siège d'émanations de gaz en surface sera jugée sensible. On notera, par ailleurs, que les remontées de gaz en surface sont favorisées par le processus d'ennoyage (en cours) par rapport à une exploitation où le niveau d'eau est déjà stabilisé (effet de « pistonnage »).
- épaisseur des terrains de recouvrement : l'importance de la profondeur a, tout naturellement, un effet réducteur sur la remontée de gaz. On considère généralement qu'au-delà d'une épaisseur de recouvrement de 200 mètres, la probabilité que du gaz puisse remonter en quantité significative jusqu'en surface devient négligeable ;
- perméabilité des terrains de recouvrement : une forte perméabilité favorise la remontée de gaz jusqu'en surface.
- existence de drains préférentiels : les ouvrages de communication entre les vieux travaux et la surface (puits, descenderies, galeries d'accès, etc.) sont susceptibles, lorsqu'ils n'ont pas été obturés de manière suffisamment étanche, de constituer des vecteurs privilégiés pour la remontée du gaz vers la surface. On retiendra également une possible migration dans les terrains environnants, en raison de l'existence d'anciens travaux mal localisés ou d'anciennes galeries de subsurface. D'autre part, les failles naturelles ou les fractures majeures provoquées par l'exploitation constituent des passages privilégiés pour les écoulements gazeux vers la surface.

4. ZONAGE ET CARTOGRAPHIE DES ALEAS

4.1 CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA MOUVEMENTS DE TERRAIN

Marge d'influence

La représentation des contours délimitant les zones d'aléas s'établit en considérant, dans l'analyse, outre la zone sous-minée directement affectée par les travaux miniers, la zone située en bordure susceptible d'être influencée par l'évolution du désordre attendu. Cette dernière zone constitue la « marge d'influence » qui, depuis l'aplomb des travaux, s'étend jusqu'à une limite en surface matérialisée par l'angle d'influence des travaux miniers, qu'il s'agisse d'un effondrement localisé ou d'un affaissement.

Marge d'incertitude

La marge d'incertitude représente une limite supplémentaire qui matérialise les incertitudes cartographiques dues à la précision des levés, des points de référence, du fond de plan et de son échelle, de l'assemblage des plans cadastraux (lorsque ce travail est nécessaire) et surtout du report fond – jour des plans d'exploitation.

En fonction de la présence ou non de points de référence permettant un bon « calage » des plans (comme les puits repérés, par exemple), l'incertitude cartographique peut ne représenter que quelques mètres pour atteindre une dizaine de mètres, voire davantage, dans certains cas (manque de repères fond – jour). Pour simplifier, on retient classiquement, une marge d'incertitude de 10 à 20 m pour le zonage des effondrements localisés ou des affaissements et aucune marge de sécurité pour les ouvrages de surface bien repérés (puits, entrées de galeries).

Marge de sécurité

Dans le cas des effondrements localisés ou affaissements la marge de sécurité englobe donc la marge d'influence et la marge d'incertitude (sauf pour les ouvrages de surface parfaitement localisés).

Cartographie de l'aléa mouvements de terrain

L'étape qui suit l'analyse consiste à reporter, sur un fond cartographique de la surface du sol, les différentes zones d'aléas en leur attribuant une couleur conventionnelle. On veille, en général, compte tenu des incertitudes évoquées précédemment, à lisser les contours des différentes zones.

4.2 CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA EMISSION DE GAZ DE MINE

La cartographie de l'aléa « émission de gaz de mine en surface » ne présente pas de spécificité particulière. L'extension des zones d'aléas doit inclure l'incertitude pouvant provenir d'une mauvaise localisation spatiale des anciens travaux souterrains et des anciens ouvrages miniers débouchant en surface mais également la migration latérale possible des gaz par les ouvrages connectés, les terrains déconsolidés, etc.

Photo 1 : Mine de Plomb
Chenevière - commune d'Aveize

Photo 2 : Galerie ouverte
Puits de l'Argentière

Photo 3 : Puits de Meys
Au milieu d'un champs au lieu dit « la Buissonne »

Photo 4 : Puits de Meys
Au bord de la N89, près du lieu dit « la Gagère »

Photo 5 : Puits Neuf
Revêtement en brique

Photo 6 : Puits Neuf
Localisé dans une propriété privée

Photo 7 : Localisation probable du puits des Charpennes

Photo 8 : Localisation probable du puits Intérieur

Photo 9 : Puits Fénoyl
Dalle de béton dans un jardin privé

Photo 10 : Puits des Prairies
Orifice marécageux derrière le cimetière

Photo 11 : Puits Pierre
Sous la terrasse de particuliers

Photo 12 : Site de l'usine IMERYS
Emplacement probable des puits de l'or, de l'union, de l'extraction et des Pompes

Photo 13 : Puits Marie
Dalle de béton, remblayage au centre et tubage

Photo 14 : Puits Marie
Hauteur de talus remblayée
entre les deux dalles de béton

Photo 15 : Puits B
Puits d'aérage du puits Marie

Photo 16 : Terril du puits Fenoyl

Photo 16bis : Terril du puits Fenoyl
Habitat individuel sur le terril

Photo 17 : Terril de l'Argentière
Emprunts de matériaux 1

Photo 18 : Terril de l'Argentière
Emprunts de matériaux 1

Photo 19 : Terril de l'Argentière
Emprunts de matériaux 2

Photo 20 : Affaissement supposé
A l'aplomb des travaux du puits Perrin

Photo 21 : Affaissement supposé
A l'aplomb des travaux du puits des Prairies

Photo 22 : Affaissement supposé
A l'aplomb des travaux du puits Jenny
Zone 3 de la carte de J. Gauchez

Photo 23 : Fontis, boulevard du 19 mars
En 1990, dans le jardin d'une propriété

Photo 24 : Fontis
Dans un pré, dans la commune de Saint-Genis-l'Argentière

Photo 25 : Terril
Dans un pré, dans la commune de Saint-Genis

Photo 26 : Localisation probable du Puits de l'Argentière
Restes de constructions maçonnées

Photo 27 : Localisation probable du Puits de l'Argentière
Restes de constructions maçonnées

Photo 28 : Localisation probable de travaux
Zone non constructible, commune de Saint-Genis-l'Argentière

Photo 29 : Terril et localisation probable de travaux
Zone non constructible, commune de Saint-Genis-l'Argentière

INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

Institut national de l'environnement industriel et des risques

Parc Technologique Alata
BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Tél. : +33 (0)3 44 55 66 77 - Fax : +33 (0)3 44 55 66 99

E-mail : ineris@ineris.fr - **Internet :** http://www.ineris.fr

Affleurement de St-Laurent-de-Chamousset
Affleurement "La Goute Espeleuse"
Affleurement de Plamboeuf
Affleurement des Ecoles de Ste-Foy
ZONE 1
ZONE 2
ZONE 3
ZONE 4
Puits des Rossandes
Puits B
Puits Marie
Puits des Pompes
Puits d'extraction
Puits de l'Or
Puits de l'Union
Puits des Charpennes
Puits de la Pompe
Puits Neuf
Puits d'aérage du puits Neuf
Puits Plamboeuf
Puits de la pelle
Puits projeté
Puits Pierre
Puits des Prairies
Puits Charles
Puits d'aérage de la descenderie
Puits des Flaches
Puits Perrin
Puits Jenny
Puits Fenoyl
Puits de l'Argentière
Puits Intérieur
le Devet
Bridemont
Lafay
la Chenevatière
les Vignes
les Rossandes
Pragrand
le Haut
la Minjardière
Ste-Foy-l'Argentière
le Camard
Autrichaud
la Barnatte
Souzy le Vernay
les Bonnières
Yvernions
le Rossignol
St-Charles
Pré Chenay
le Perrin
le Champagnol
les Ormes
le Planud
le Bret
Comptes
les Maisons Neuves
Placaron
le Thivas
Chenevière
Pré de Mai
le Troull
le Sapey
l'Argentière
Centre médical
la Saboire
Brévenne
D 61
D 61E
D 633
D 489
N 89
RAPPORT D'ETUDE DRS-06-70663/R01

INERIS

Concession de houille de Sainte-Foy-l'Argentière (69)

Evaluation des aléas sur la concession minière de Sainte-Foy-l'Argentière

Elaboration de la phase informative en vue de l'établissement des cartes d'aléas liés aux travaux miniers

GEODERIS

- Annexe 1: Carte informative -

Concession de Sainte-Foy-l'Argentière

Carte établie par A.NACHBAUR et E.GUERET en avril 2006
Carte établie sur le scan 25® de l'IGN
Echelle : 1/5000

Légende :

- Limite de commune
- Limite de concession
- Emprise des travaux miniers de la couche n°3
- Emprise des travaux miniers de la couche n°1
- Zone susceptible d'avoir été exploitée
- Zone de travaux miniers situés à moins de 50 m
- Zone de travaux miniers susceptibles d'être situés à moins de 50 m
- Terril
- Faille
- Affleurements connus
- Localisation probable des affleurements
- Entrée de descenderie
- Puits retrouvé, ouvert
- Puits non retrouvé, pour lequel le traitement est inconnu
- Puits retrouvé, pour lequel le traitement est inconnu
- Puits retrouvé et traité
- Indice d'exploitation de plomb argentifère
- Emprunt de matériaux
- Désordres
- Zone d'instabilités tracée par la DDE dans le cadre de l'élaboration du POS en 1987

La présente carte est indissociable de l'ensemble du rapport. Elle a été établie sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données disponibles et objectives retrouvées par l'INERIS et de la réglementation en vigueur.
La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont erronées.
L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation de la carte en dehors de la destination de la prestation.
Seul la carte fournie par l'INERIS fait document de référence
Toute adaptation, modification ou reproduction sous quelque forme et par quelque procédé que se soit, même partielle, se fera sous la seule et entière responsabilité du destinataire de la carte.

RAPPORT D'ETUDE DRS-06-70663/R01

INERIS

Concession de houille de Sainte-Foy-l'Argentière (69)

Evaluation des aléas sur la concession minière de Sainte-Foy-l'Argentière

GEODERIS

- Annexe 2 : Carte d'aléa "Effondrement localisé" -

Concession de Sainte-Foy-l'Argentière

Carte établie par A.NACHBAUR et E.GUERET en avril 2006
Carte établie sur le scan 25® de l'IGN
Echelle : 1/5000

Légende :

Aléa effondrement localisé :

- Aléa fort
- Aléa moyen
- Aléa faible

- Limite de commune
- Limite de concession
- Puits
- Entrée de descenderie
- Affleurement
- Emprise des travaux miniers de la couche n°3
- Emprise des travaux miniers de la couche n°1
- Zone susceptible d'avoir été exploitée
- Désordres

La présente carte est indissociable de l'ensemble du rapport. Elle a été établie sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données disponibles et objectives retrouvées par l'INERIS et de la réglementation en vigueur.
La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont erronées.
L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation de la carte en dehors de la destination de la prestation.
Seul la carte fournie par l'INERIS fait document de référence
Toute adaptation, modification ou reproduction sous quelque forme et par quelque procédé que se soit, même partielle, se fera sous la seule et entière responsabilité du destinataire de la carte.