Antenne SUD
40, rue de Pinville
CS 40045
34060 MONTPELLIER cedex 2

Exploitations minières de houille et de substances métalliques sur les secteurs des Deux-Jumeaux et de Montoulieu (Gard et Hérault)

Evaluation et cartographie des aléas mouvements de terrain

RAPPORT 2019/032DE – 19LRO22020

Date : 20/05/2019

Siège - 1 Rue Claude Chappe – CS 25198 - 57075 METZ CEDEX 3
☎ +33 (0)3 87 17 36 60 - 🗎 +33 (0)3 87 17 36 89 – Internet www.geoderis.fr
GROUPEMENT D'INTERET PUBLIC - SIRET : 185 722 949 00020 - APE : 7120B

Exploitations minières de houille et de substances métalliques sur les secteurs des Deux-Jumeaux et de Montoulieu (Gard et Hérault)

Evaluation et cartographie des aléas mouvements de terrain

RAPPORT 2019/032DE – 19LRO22020

Diffusion :

DREAL Occitanie *9 ex. papier (2 DREAL, 6 communes, 1 DDT)* *10 CD (2 DREAL, 6 communes, 1 DDT, 1 Préfecture)*	Philippe CHARTIER
Pôle Après-Mine sud	Philippe CHOQUET Marie-Hélène BOUISSAC
GEODERIS	Rafik HADADOU

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	F. SAMARCQ	C. VACHETTE	C. VACHETTE
Visa		P.O	P.O

SOMMAIRE

1 Cadre et objectif 5
2 Définitions et méthodologie 7
2.1 Définitions : aléa et risque 7
2.2 Méthodologie 7
2.3 Modalité d'affichage des aléas 8
2.4 Définitions : ouvrages matérialisés/localisés/non localisés 8
3 Contexte des secteurs d'étude 9
3.1 Contextes géographique et géomorphologique 9
3.2 Contexte géologique local 9
3.2.1 Concession des Deux-Jumeaux pour fer, zinc et métaux connexes 9
3.2.2 Concession de Ganges pour zinc 9
3.2.3 Concession de Saint-Hippolyte-du-Fort pour argent, plomb et zinc 10
3.2.4 Concession et PEX de Sounalou pour houille 10
3.2.5 Concessions de Montoulieu et Montoulieu 2 pour lignite 10
3.3 Contextes hydrogéologique et hydrologique 14
3.3.1 Hydrologie 14
3.3.2 Hydrogéologie 14
4 Phase informative 15
4.1 Recherche d'informations 15
4.1.1 Consultation d'archives 15
4.1.2 Visites de terrain 16
4.2 Historique de l'activité minière et méthodes d'exploitation 17
4.2.1 Concession des Deux-Jumeaux pour fer, zinc et métaux connexes 17
4.2.2 Concession de Ganges pour zinc 19
4.2.3 Concession de Saint-Hippolyte-du-Fort pour argent, plomb, zinc 19
4.2.4 Concessions de Montoulieu et Montoulieu 2 pour lignite 21
4.2.5 Concession et permis d'exploitation de Sounalou pour houille 23
4.3 Traitement du minerai 24
4.3.1 Concessions des Deux Jumeaux et de Ganges 24
4.3.2 Concession de Saint-Hippolyte-du-Fort 24
4.4 Production 24
4.4.1 Concession des Deux-Jumeaux 24
4.4.2 Concession de Ganges 24
4.4.3 Concession de Saint-Hippolyte-du-Fort 25
4.4.4 Concession de Sounalou 25
4.4.5 Concessions de Montoulieu et Montoulieu 2 25
4.5 Etat actuel des sites d'exploitation 25
4.5.1 Travaux miniers 25
4.5.1.1 Travaux miniers visités 29
4.5.1.2 Travaux miniers non visités 30
4.5.1.3 Zones potentiellement affectées par des travaux miniers 30
4.5.2 Ouvrages débouchant au jour 31
4.5.3 Dépôts 33
4.5.4 Désordres observés en surface 33
4.5.5 Installations du surface 34
4.5.6 Gaz de mine et feux souterrains 34
4.6 Cartographie informative 35
4.6.1 Système d'information géographique 35
4.6.2 Géoréférencement des travaux miniers 35
4.6.3 Incertitude de localisation 36
5 Phase évaluation des aléas 38
5.1 Identification des aléas retenus et écartés 38
5.1.1 Aléas écartés 38

5.1.2 Aléas retenus 38
5.2 Evaluation de l'aléa effondrement localisé 38
5.2.1 Effondrement localisé lié aux puits 39
5.2.1.1 Phénomènes redoutés 39
5.2.1.2 Configurations 40
5.2.1.3 Evaluation de la prédisposition 41
5.2.1.4 Evaluation de l'intensité 41
5.2.1.5 Evaluation du niveau d'aléa 42
5.2.2 Effondrement localisé lié aux galeries 42
5.2.2.1 Phénomènes redoutés 42
5.2.2.2 Evaluation de la prédisposition 43
5.2.2.3 Evaluation de l'intensité 45
5.2.2.4 Evaluation du niveau d'aléa 46
5.2.3 Effondrement localisé lié aux zones exploitées par tailles et tranches 47
5.2.3.1 Evaluation de la prédisposition 47
5.2.3.2 Evaluation de l'intensité 48
5.2.3.3 Evaluation du niveau d'aléa 48
5.2.4 Effondrement localisé lié aux zones potentiellement affectées par des travaux miniers 49
5.3 Evaluation de l'aléa tassement sur dépôts 50
5.3.1 Evaluation de la prédisposition 50
5.3.2 Evaluation de l'intensité 50
5.3.3 Evaluation du niveau d'aléa 51
5.4 Evaluation de l'aléa glissement sur dépôts 51
5.4.1 Evaluation de la prédisposition 51
5.4.2 Evaluation de l'intensité 52
5.4.3 Evaluation du niveau d'aléa 52
5.5 Evaluation de l'aléa mouvements de pentes rocheuses 52
5.5.1 Phénomènes redoutés 52
5.5.2 Evaluation de la prédisposition 52
5.5.3 Evaluation de l'intensité 53
5.5.4 Evaluation du niveau d'aléa 53
5.6 Evaluation de l'aléa échauffement 53
5.7 Cartographie des aléas 54
5.7.1 Cartographie de l'aléa effondrement localisé 54
5.7.1.1 Cartographie de l'aléa effondrement localisé lié aux puits 54
5.7.1.2 Cartographie de l'aléa effondrement localisé lié aux zones de galeries et travaux souterrains 55
5.7.1.3 Cartographie de l'aléa tassement sur dépôts 56
5.7.1.4 Cartographie de l'aléa glissement sur dépôts 57
5.7.1.5 Cartographie de l'aléa mouvement de pentes rocheuses 57
6 Conclusion 59
7 Bibliographie 61

Mots clés : concession ; permis d'exploitation ; Sounalou ; Montoulieu ; Deux-Jumeaux ; Ganges ; Saint-Hippolyte-du-Fort ; houille ; lignite ; fer ; zinc ; argent ; plomb ; Gard ; Hérault ; Occitanie ; Le Cros ; La Cadière-et-Cambo ; Monoblet ; Saint-Hippolyte-du-Fort ; Saint-Julien-de-la-Nef ; Saint-Roman-de-Codières ; Sumène ; Ganges ; Laroque ; Moulès-et-Baucels ; Saint-Bauzille-de-Putois

Préambule

Ce rapport s'appuie sur l'étude réalisée par l'INERIS pour GEODERIS intitulée :

« Etude détaillée des aléas miniers des secteurs de Deux-Jumeaux (30) et de Montoulieu (34) - Phase informative, évaluation et cartographie des aléas mouvements de terrain - Rapport d'étude DRS-18-174358-10091A du 28/01/2019 »

Au fil du texte, les numéros entre crochets [ ] correspondent à des références bibliographiques en fin de rapport, avant les annexes.

Enfin, nous attirons l'attention sur l'utilisation du mot « minier » dans ce rapport qui est un terme générique et technique et n'a aucune signification d'ordre règlementaire ou juridique.

1 CADRE ET OBJECTIF

Les secteurs miniers des Deux-Jumeaux et de Montoulieu sont situés à la limite entre le département du Gard (30) et le département de l'Hérault (34). Sur ce secteur, les travaux miniers concernent la houille, le lignite et des substances métalliques (fer, argent, plomb, zinc). Les exploitations ont été menées, pour l'essentiel, sous couvert des concessions suivantes (Illustration 1) :

- concession pour houille :
  - concession de Sounalou (titre 30SM0113[1])
  - permis d'exploitation de Sounalou (titre 30SM0016)
- concession pour lignite :
  - concession de Montoulieu (34SM0030)
  - concession de Montoulieu 2 (34SM0029)
- concessions pour substances métalliques :
  - concession des Deux-Jumeaux pour fer, zinc et autres métaux (titre 30SM0050)
  - concession de Ganges pour zinc (titre 34SM0019)
  - concession de Saint-Hippolyte-du-Fort pour argent, plomb, zinc (titre 30SM0091)

L'emprise de la zone d'étude correspond au territoire de douze communes concernées par ces titres miniers. Ces communes se répartissent comme suit dans les départements du Gard et de l'Hérault :

- dans le Gard :
  - Cros
  - La Cadière-et-Cambo
  - Monoblet
  - Saint-Hippolyte-du-Fort
  - Saint-Julien-de-la-Nef
  - Saint-Roman-de-Codières
  - Sumène
- dans l'Hérault :
  - Ganges
  - Laroque
  - Montoulieu
  - Moulès-et-Baucels
  - Saint-Bauzille-de-Putois

Précisons d'ores et déjà que seules les communes de **La Cadière-et-Cambo** (30), **Ganges** (34), **Montoulieu** (34), **Saint-Hippolyte-du-Fort** (30), **Saint-Julien-de-la-Nef** (30) et **Sumène** (30) sont concernées par des travaux miniers.

A partir de la synthèse documentaire des données disponibles sur l'emprise de la zone d'étude et d'investigations de terrain, cette étude aboutit à la cartographie des aléas mouvements de terrains reliés à l'ensemble des anciennes exploitations connues sur l'emprise des communes concernées. Ces cartes sont établies sur des fonds topographiques (scan25®) et orthophotographiques (BD Ortho®, édition 2010) de l'IGN[2].

---

[1] *Numéro de référence du titre dans la Base de Données des Sites et Titres Miniers (BDSTM) de GEODERIS*
[2] *Institut National de l'Information Géographique et Forestière*

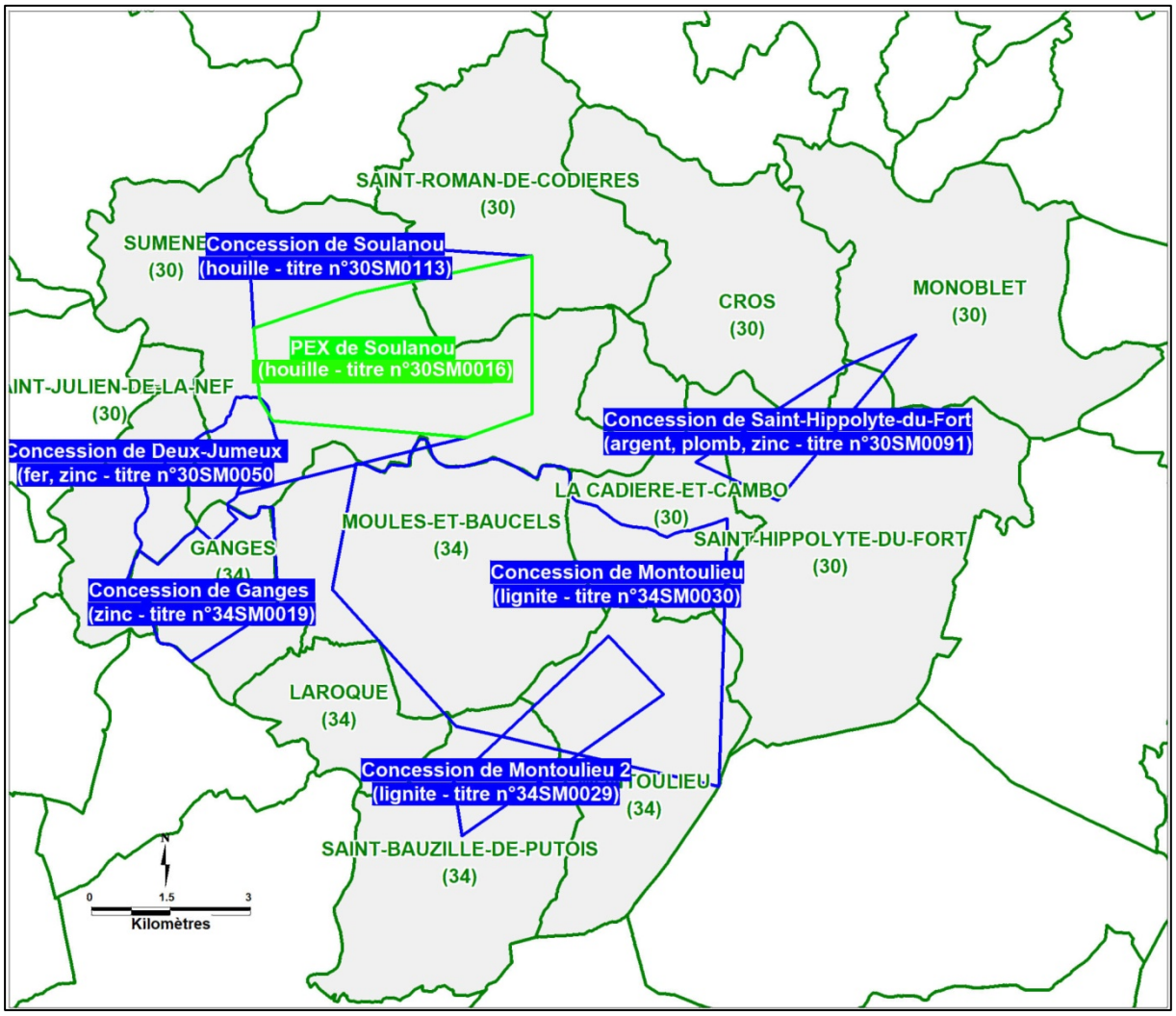

Figure 1 : Périmètre d'étude et titres miniers concernés
(en vert foncé, les limites des communes / en grisé, les communes étudiées / en bleu et vert clair, les limites des titres miniers

Notons que ce périmètre est également concerné par des travaux miniers qui ont déjà été étudiés entre 2002 et 2010 par GEODERIS notamment (Les Malines : GEODERIS S2010/03DE – 10LRO3600). Seule la commune de Saint-Julien-de-la-Nef est en partie concernée par cette étude antérieure. Aucune modification n'a été apportée aux résultats de cette étude antérieure.

2 DEFINITIONS ET METHODOLOGIE

2.1 Définitions : aléa et risque

L'**aléa** est un concept qui correspond à l'éventualité qu'un phénomène d'intensité qualifiable ou quantifiable, se produise sur un site donné. Dans le domaine du risque minier comme dans celui du risque naturel, l'aléa résulte du croisement de l'intensité d'un phénomène redouté et de l'éventualité de sa survenance, nommée ici prédisposition (Tableau 1).

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

Tableau 1 : Grille de croisement intensité/prédisposition

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

- que les zones concernées par l' « aléa fort » sont davantage prédisposées à l'apparition de dégradations en surface que les zones d' « aléa moyen » ou d' « aléa faible » ;

et/ou

- que les phénomènes susceptibles de se produire dans les zones d' « aléa fort » sont d'un niveau plus élevé que dans les zones d' « aléa moyen » ou d' « aléa faible ».

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

2.2 Méthodologie

Les différentes investigations ont été réalisées dans le cadre méthodologique retenu pour les études des anciens sites miniers, conformément aux textes réglementaires. Le déroulement de l'étude des aléas s'appuie sur la démarche établie dans les guides méthodologiques d'élaboration des plans de prévention des risques miniers [1] [2] [3]. La réalisation d'une étude des aléas comprend deux phases successives, qui se traduisent chacune par un ou plusieurs documents cartographiques :

- ✓ **une phase informative**, présente la synthèse des données minières, le repositionnement des travaux dans leur environnement et les éléments utiles et nécessaires à l'évaluation des aléas résiduels (ouvrages débouchant au jour, travaux souterrains, dépôts, désordres, etc.), l'ensemble s'appuyant sur une enquête de terrain. Le produit de cette phase est une carte informative, positionnant les différents éléments sur la BD Ortho® de l'IGN datant de 2010, à l'échelle 1/2500e (Annexe 6) ;

- ✓ **une phase d'évaluation des aléas.** Sur la base des données acquises lors de la phase informative, les différents phénomènes potentiellement envisageables, compte tenu de la nature des travaux, sont étudiés et évalués à la lumière des paramètres spécifiques au site. Enfin, l'enveloppe des zones affectées par les différents aléas est reportée sur fond cartographique, dans le cas présent, la BD Ortho® de l'IGN datant de 2010, à l'échelle 1/2500e (Annexe 7).

Remarque : seuls les aléas de type mouvements de terrain et échauffement sur dépôts houillers ont été analysés dans le cadre de la présente étude. L'aléa gaz de mine n'a pas été étudié. Les sites concernés par les travaux pour houille et lignite feront l'objet d'une hiérarchisation destinée à évaluer la pertinence d'une étude spécifique de l'aléa gaz.

2.3 Modalité d'affichage des aléas

La méthode de détermination et de tracé conduit à ce que, dans la zone d'étude, en dehors des zones ainsi déterminées et cartographiées, l'aléa est évalué comme nul.

2.4 Définitions : ouvrages matérialisés/localisés/non localisés

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

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

Notons que les positions des ouvrages matérialisés ont été levées avec un dGPS. Leur incertitude de localisation est de l'ordre de 3 m à 5 m. Alors que les ouvrages localisés, qui n'ont pas été retrouvés sur le terrain ont une incertitude de localisation variant entre 5 m et 50 m en fonction de la précision des informations disponibles.

3 CONTEXTE DES SECTEURS D'ETUDE

3.1 Contextes géographique et géomorphologique

La zone étudiée est située dans les Cévennes. Elle correspond au périmètre de douze communes (Figure 1) situées à cheval sur les départements du Gard et de l'Hérault, entre les communes de Saint-Hippolyte-du-Fort à l'est et Ganges à l'ouest. L'ensemble des exploitations étudiées, s'étend d'Est en Ouest, sur une longueur d'environ 15 km et, du Nord au Sud, sur une largeur moyenne de 7 km.

Pour les titres miniers à l'ouest (concession de Ganges, concession des Deux-Jumeaux et concession et PEX de Sounalou), le paysage est caractérisé par la présence de nombreuses collines aux sommets bien marqués, séparées par des vallées étroites et encaissées. Les altitudes varient entre +931 m NGF (Montagne de la Fage sur la concession de Sounalou) et +140 m NGF dans la vallée de l'Hérault.

Pour les concessions les plus à l'Est (concession de Saint-Hippolyte-du-Fort et concessions de Montoulieu et Montoulieu 2), les collines présentent des sommets plus arrondis et relativement moins hauts (+537 m NGF au pic de Midi).

Le couvert végétal est important : toutes les collines sont recouvertes par des espaces boisés et par des zones de garrigues où dominent le chêne vert et une strate arbustive et buissonnante dense.

Les exploitations minières se concentrent, pour la plupart, dans des zones inhabitées.

3.2 Contexte géologique local

Pour chacun des titres miniers, les principales caractéristiques du gisement sont synthétisées dans le Tableau 2.

3.2.1 Concession des Deux-Jumeaux pour fer, zinc et métaux connexes

La minéralisation est ferrugineuse et calaminaire avec des rognons de galène dans un encaissant carbonaté.
Les minéralisations reconnues, en amas de petite taille ou en filons, se situent dans les dolomies du Jurassique Supérieur (pour le quartier de Bois Madame) et du Dogger (Jurassique Moyen, pour les autres quartiers). Elles se localisent le long d'une grande faille orientée NNE-SSW composante de la faille majeure des Cévennes. Le zinc[3] a été découvert sous certains chapeaux de fer. Ce gisement étroit butte en faille vers le Sud-Est contre l'Oxfordien et vers le Nord-Ouest contre le Lias (Figures 2 et 3).

3.2.2 Concession de Ganges pour zinc

Le gisement est constitué par le remplissage de fractures localisées au sein d'une masse dolomitique reposant sur du calcaire oxfordien (quartiers Liotard, Pont des Chèvres, Camp de la Guerre et Jasse-Rouge sur la Figure 2).
Ce remplissage est constitué d'argiles ferrugineuses renfermant des blocs de minerai de fer. Des traces de calamine[4] sont parfois visibles au contact de l'argile et du calcaire. La minéralisation dans ses parties riches comprendrait, selon les archives, 70% de fer, 20% de

[3] *L'amas calaminaire (zinc) des Deux-Jumeaux se trouve au même niveau géologique que celui des Malines*
[4] *Calamine : appellation désuète qui peut désigner différents minéraux de zinc (hémimorphite, aurichalcite, smithsonite notamment)*

calamine ou de blende à 17% de zinc et 10% de terres plombeuses à 7% de plomb. Elle a une géométrie très irrégulière et est toujours de faible extension.

3.2.3 Concession de Saint-Hippolyte-du-Fort pour argent, plomb et zinc

Dans cette concession, le niveau productif est constitué par l'horizon des calcaires localement dolomitisés du Bathonien et du Bajocien (terrains marrons en figure 3).
Les bancs calcaires minéralisés sont très irréguliers et leur direction générale est Est-Ouest. Les principales failles ont des directions Nord/Nord-Est et Est/Ouest.
Le minerai est constitué par de la blende et de la calamine avec, localement, des rognons de galène. Il se présente, soit sous forme de lentilles isolées, soit, le plus souvent, sous forme de veinules minces et assez nombreuses formant un « banc » interstratifié dans les couches mais plus incliné qu'elles, en moyennent.

3.2.4 Concession et PEX de Sounalou pour houille

Le gisement de Sounalou est constitué par un îlot de terrains houillers de forme ellipsoïdale, orienté Nord-Est/Sud-Ouest et intercalé entre une épaisse formation cambrienne au Nord constituée par des schistes et des calcaires métamorphiques et une série liasique-jurassique au Sud.
Ce lambeau se développe sur 600 m de longueur environ sur l'axe Est-Ouest et sur 150 m environ sur l'axe Nord-Sud. Il se ferme à l'Est et à l'Ouest en biseau où le Lias vient directement au contact du Cambrien. Un second petit lambeau détaché du premier, nommé lambeau des Lieures, a toutefois été reconnu à l'Ouest du premier (Figure 11). En revanche, il n'a fait l'objet que de travaux de recherche. A Sounalou, les couches de houille ont un pendage de 50° à 80° vers le Sud.
Trois couches principales ont fait l'objet d'une exploitation. Elles se nomment, du mur vers le toit :

- couche Picard d'une puissance de 1,20 m ;
- couche Sounalou d'une puissance de 1,50 à 2,00 m. Elle est la plus régulière des trois ;
- couche Cézas, constituée par deux bancs de charbon d'une puissance de 1,00 m à 1,50 m.

Il existe aussi des couches de plus petites dimensions, qui sont inexploitées : couche Cambo et Saint-Hippolyte notamment.

3.2.5 Concessions de Montoulieu et Montoulieu 2 pour lignite

Le gisement est situé dans un synclinal orienté Sud-Ouest/Nord-Est, s'étendant sur 5 à 6 km de long et 1 km de large. Il occupe le fond d'une vallée : les couches de lignite sont dirigées suivant l'axe de la vallée et s'infléchissent en forme de bateau dans le sens transversal de cet axe.
Les couches de lignite sont intercalées dans des couches de marnes gréseuses reposant sur une formation de calcaires jurassiques. Les terrains de recouvrement sont constitués de poudingues.
Trois couches, assez régulières en épaisseur (1 m environ chacune) donnaient un lignite pyriteux médiocre, très altérable à l'air (en place, le lignite est saturé d'eau, ce qui provoque son fendillement à la dessiccation ; exposé à l'air, il se dessèche très rapidement). Les trois couches sont séparées par 6 à 7 m de stérile.

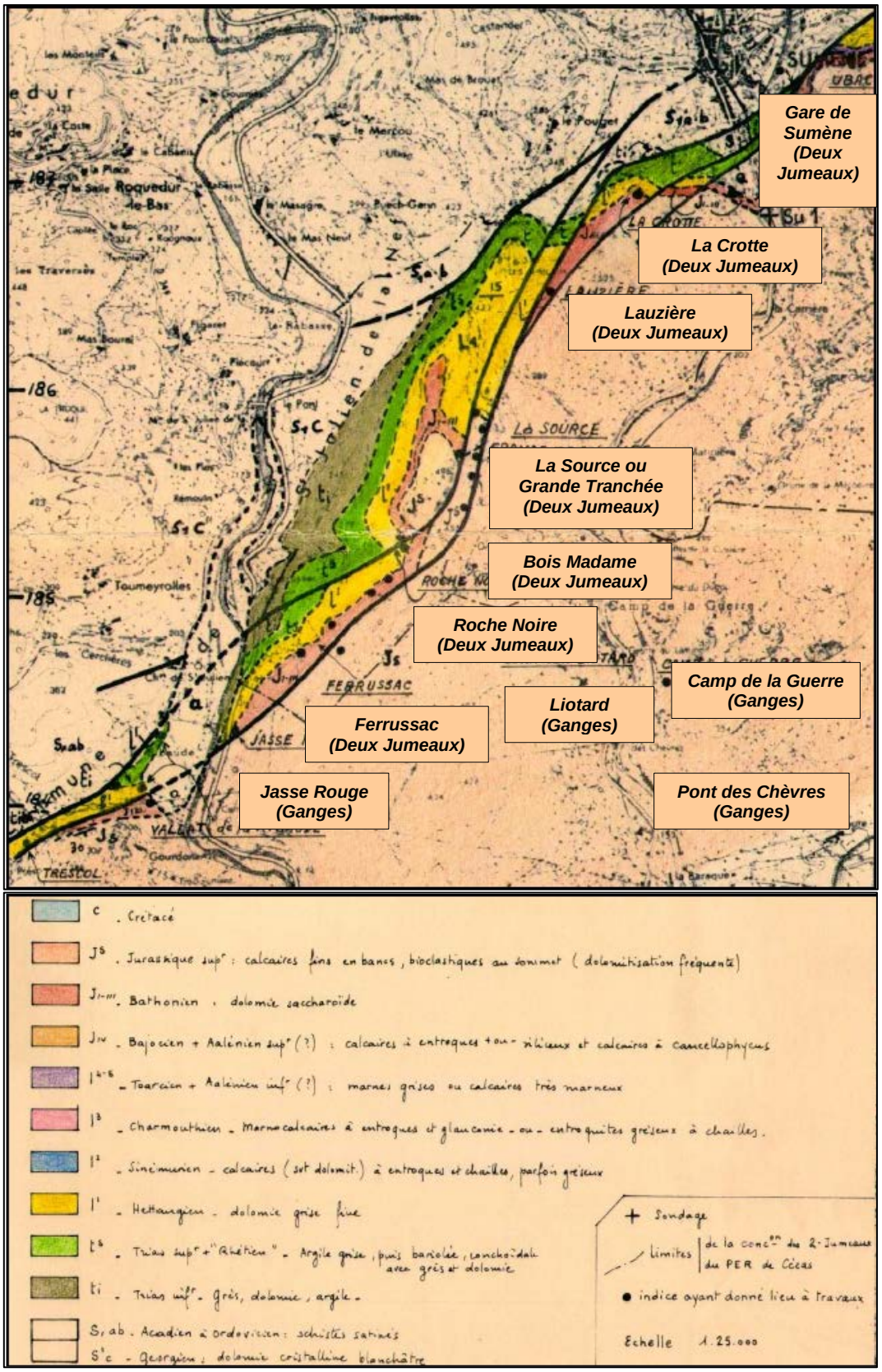

Figure 2 : Localisation des gisements/quartiers sur les concessions des Deux-Jumeaux et Ganges

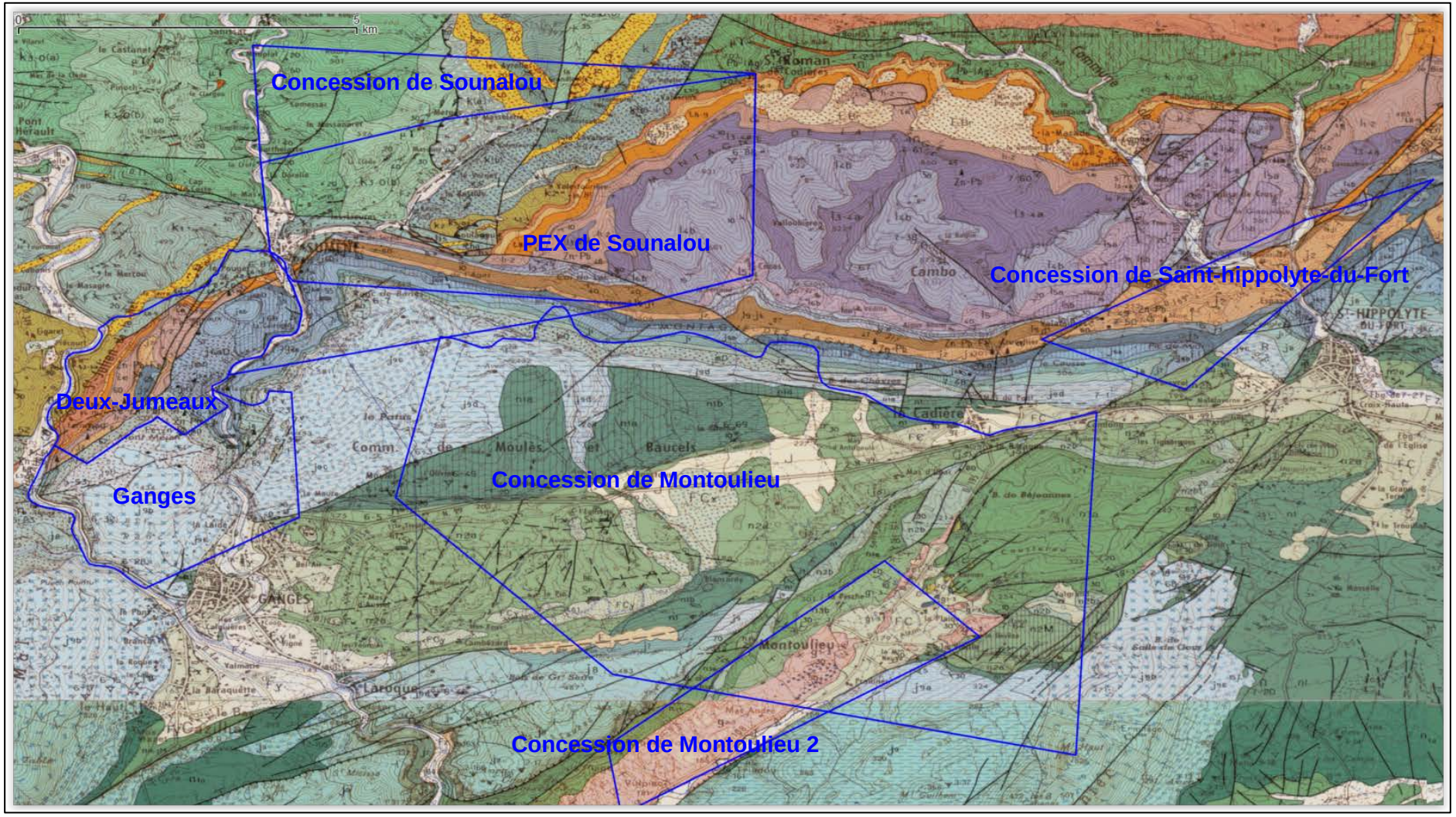

Figure 3 : Contextes géologiques des titres miniers concernés

Quartier exploité ou de recherche	Titre minier	Minerai exploité	Minéralisation/encaissant	Nombre de filons, amas ou couches	Puissance des filons ou couches (m)	Direction	Pendage	Commentaire
Bois Madame	Deux-Jumeaux	Fer, zinc (calamine)	Amas, lentilles dans calcaires dolomitiques	3	30 m en cumulé	SO-NE	90° environ	Pas d'exhaure, aérage naturel
Ferrussac	Deux-Jumeaux	Zinc (calamine), plomb	Amas dans les cassures des dolomies	2 à 3	0,5 à 2,5 m	45°	-	15t/ mois en 1898. Peu d'information en archives, inaccessible sur le terrain
Roche Noire	Deux-Jumeaux	Fer, zinc (calamine)	Amas, lentilles dans les calcaires dolomitiques	1	2 à 3 m	-	-	Amas de l'ordre de 20 m de longueur, 6 à 8 m de hauteur
Lauzière	Deux-Jumeaux	Fer, zinc (calamine), galène	Amas, lentilles dans les dolomies	1	-	-	-	1 affleurement
La Crotte	Deux-Jumeaux	fer	Filon dans les dolomies	1	-	-	-	300t/mois en 1883
Deux-Jumeaux / La source / Grande tranchée	Deux-Jumeaux	Fer, zinc (calamine)	Cassure minéralisée (filon) dans calcaire	3 à 5	10 à 15 m en cumulé	SO-NE	50° à 60° vers SE	Filon de l'ordre de 50 m de longueur entre les cotes +289 et +380 m NGF aussi appelé l'Atelier ou Mouchet pas d'exhaure, aérage naturel
Jasse Rouge / Liotard ou Lautard ou du Four / Camp de la Guerre	Ganges	Fer, zinc (calamine), galène	Fractures dans calcaire oxfordien dolomitisé	1	Irrégulière de 3 à 20 m	E-O	Irrégulière : subvertical à l'est, plus faible à l'ouest et sud	-
Pont des Chèvres	Ganges	Fer, zinc (calamine), galène	Fractures dans calcaire oxfordien dolomitisé	1	Irrégulière de 4 à 5 m	E-O	Irrégulière : subvertical à l'est, plus faible à l'ouest et sud	Le toit présente de nombreuses cavités dont certaines vides
Montoulieu	Montoulieu	lignite	Marnes gréseuses	3	0,2 m 0,8 m 0,8 m	SO-NE	35° à 45° vers SE	-
Cruvellier	Saint-Hippolyte-du-Fort	fer	lentilles	-	-	-	-	Travaux de recherche sans succès
La Fournarie La Boissière Valatougès	Saint-Hippolyte-du-Fort	Blende, zinc (calamine), galène	Lentilles ou veinules minces et nombreuses (due à des fractures verticales) dans calcaires dolomitisés	8	10 à 50 cm par veine 3 à 4 m en moyenne cumulée	E-O	25 à 30° vers le sud	Bancs très irréguliers
Sounalou	Sounalou	Charbon (houille)	Lambeaux dans schistes et calcaires	3	1 à 2 m	NE-SO	50° à 80° vers le sud	Couches Picard, Sounalou et Cézas. Charbon très friable. Lentille de 600 m de long et 250 m de haut
Lambeau des Lieures	Sounalou	Charbon (houille)	Lambeau dans schistes et calcaires	-	-	-	-	Travaux de recherche sans succès

Tableau 2 : Synthèse et caractéristiques des gisements explorés ou exploités dans les titres miniers étudiés

3.3 Contextes hydrogéologique et hydrologique

3.3.1 Hydrologie

Les principaux cours d'eaux qui jalonnent le secteur minier étudié sont :

- la rivière l'Hérault et la rivière du Rieutord qui bordent les concessions des Deux-Jumeaux et de Ganges ;
- les ruisseaux Merdanson et l'Alzon sur la concession de Montoulieu ;
- le ruisseau Le Recodier sur la concession de Sounalou ;
- la rivière Le Vidourle et le ruisseau du Valatougès[5] sur la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort.

À part la rivière l'Hérault, qui s'écoule « abondamment et régulièrement » sur les schistes et dolomies du Paléozoïque, dans toute la région, les autres cours d'eau sont de faible débits, en lien avec la nature perméable et karstique du substratum carbonaté. Les débits observables sont faibles à nul mais les pluies de courtes durées et, parfois, brutales, caractéristiques de la région cévenole, transforment en quelques instants les filets d'eau en torrents violents. La période la plus humide s'étale de septembre à avril.

3.3.2 Hydrogéologie

La nature perméable et karstique du substratum carbonaté donne lieu à des pertes dont les écoulements souterrains sont peu connus. L'hydrogéologie est dominée par la présence d'aquifères de type karstique. Les dolomies et les calcaires forment des réservoirs pour des nappes souterraines, très compartimentées et en relation avec les cours d'eau. Le niveau statique de ces aquifères est donc fortement rabattu par les rivières qui drainent la zone ; ainsi au niveau des zones exploitées les équilibres des nappes sont donc certainement :

- quartiers exploités sur la concession des Deux Jumeaux : cote +160 à +170 m NGF ;
- quartiers exploités sur la concession de Ganges : cote +160 à +170 m NGF ;
- quartiers exploités sur la concession de Sounalou : cote +250 m NGF ;
- quartiers exploités sur la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort : cote +250 m NGF.

Pour les concessions de Montoulieu et Montoulieu 2, les couches de lignite constitueraient chacune un réservoir indépendant séparé par des marnes imperméables. Le niveau de la nappe est toutefois bien plus bas que les affleurements de lignite.

[5] *Lors de l'exploitation de la mine, le ruisseau de Valatougès coulait toute l'année en raison de l'évacuation des eaux d'exhaure de la mine. Actuellement, il est tari sauf en période de fortes pluies. Après l'exploitation, la remontée de la nappe dans les travaux souterrains s'est équilibrée à la cote 250 m NGF, avec quelques variations en fonction des saisons.*

4 PHASE INFORMATIVE

4.1 Recherche d'informations

Cette phase permet de collecter et de valoriser au mieux les informations issues des archives relatives à ces exploitations. La démarche a comporté une première étape correspondant à la consultation des archives et une seconde étape correspondant à des visites sur le terrain.

4.1.1 Consultation d'archives

Afin de rassembler le maximum d'informations sur les anciennes exploitations minières comprises dans le territoire étudié, les archives suivantes ont été consultées :

- Archives Nationales de Pierrefitte-sur-Seine
- Archives Départementales de l'Hérault à Montpellier
- Archives Départementales du Gard à Nîmes
- Archives de la DREAL[6] de la région Occitanie à Alès

Les bases de données géoréférencées du site public http://www.geoportail.gouv.fr (cadastres, photo aériennes, etc.) ont été passées en revue, tout comme les sites https://remonterletemps.ign.fr (photos aériennes anciennes), http://www.infoterre.fr (données BSS[7]) et http://georisques.gouv.fr (BD cavités, BD mvt).

Remarque :

- Les Archives du Monde du Travail à Roubaix (consultation des inventaires en ligne) et du BRGM/DPSM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières/Département Prévention et Sécurité Minière) ne disposent pas de données relatives aux sites étudiés ;
- Les communes concernées ont été consultés, mais ne nous ont pas apportées d'informations inédites ;
- Des recherches internet ont été effectuées à partir de mots clés (mines, plomb, fer, charbon, zinc, Ganges, Sounalou, Montoulieu notamment) introduits dans les principaux moteurs de recherche. Quelques documents provenant d'associations ou de sociétés savantes ont été retrouvés et pris en compte ;
- Un agriculteur et propriétaire de la ferme de Sounalou-le-Haut, au droit de l'ancienne mine de Sounalou, et un habitant du hameau de Valatougès à Saint-Hippolyte-du-Fort, ont fourni une aide précieuse dans la cadre des recherches de données sur les sites miniers étudiés, nous les remercions.

Le tableau 3 synthétise, pour l'ensemble des organismes cités ci-avant, les informations disponibles. Les documents d'archives consultés sont pour l'essentiel, des rapports et des ouvrages historiques, des rapports de fouilles, des cartes et des plans de l'exploitation, ainsi que des procès-verbaux de visite.

[6] *Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement*
[7] *Banque de données du sous-sol*

NOM	ADRESSE	CONTACTS	COORDONNEES	COTES CONSULTEES	VISITE
DREAL Alès	Ecole des Mines d'Alès 6 avenue de Clavières 30100 Alès	Bruno FAVARD Mireille GUIRAUD	bruno.favard@developpement-durable.gouv.fr mireille.guiraud@i-carre.net 04 66 43 67 19	4-4-1 à 4-4-6 4-5-4 à 4-5-7 5-1-1 à 5-1-3 5-6-6 5-5-5 : Soulanou 7-2-5 : Soulanou 8-1-2 à 8-1-3 : St-Hippolyte 3-4-1 : Montoulieu 3-4-10 : Ganges	24 au 25/04/18
Archives Départementales de l'Hérault	Bologne 34080 Montpellier		04 67 67 37 00	8S125 8S128 8S164 8S166	25/04/2018
Archives Départementales du Gard	365 rue du Forez 30000 Nîmes		04 66 05 05 10	8S15 à 8S23 8S163 8S167 8S172 à 8S173	23 au 24/04/18
Archives Nationales	CARAN 11, rue des Quatre Fils 75003 PARIS	-	01 40 27 64 19	F/14/3834 : 1828-1850 F/14/3885 : 1850-1861 F/14/3836 : 1832-1861 F/14/3870 : 1862-1872 F/14/3871 : 1849-1872 F/14/3885 : 1871-1875 F/14/3886 : 1872-1887 F/14/8300 : 1886-1901 F/14/8301 : 1886-1901 F/14/8302 : 1886-1901 F/14/8304 : 1886-1895 F/14/8305 : 1895-1901	04 et 05/04/18
DPSM	-	-	-	RAS	-
Internet	http://www.adhca.com http://www.accac.eu http://sumene-villagedescevennes.wifeo.com/les-mines-et-filatures.php	-	-	-	-
M. BASTIDE Xavier	Sounalou le Haut 30440 SUMENE	-		-	9 au 13/07/2018
Mme GUERIN Adeline	Domaine de Ferrussac RD 999 30440 SAINT JULIEN DE LA NEF	-		-	16 au 19/10/2018

Tableau 3 : Organismes et/ou personnes contactés

4.1.2 Visites de terrain

Une enquête de terrain a été réalisée du 9 au 13 juillet 2018, par Catherine PINON et Thomas RICHARD de l'INERIS afin de couvrir l'ensemble du périmètre de l'étude. Une visite complémentaire a été réalisée en présence de Françoise SAMARCQ de GEODERIS, du 16 au 19 octobre 2018.

Les visites de site ont eu pour objet :

- d'identifier et de lever au dGPS les principaux ouvrages et indices miniers ;
- d'identifier et de positionner au dGPS les principaux dépôts associés aux ouvrages miniers ;
- d'inventorier les différents désordres identifiables en surface.

La présence de quelques travaux ouverts et encore accessibles a également permis d'évaluer l'état de conservation des vides souterrains.

La campagne d'investigation a pour finalité de :

- géoréférencer les plans miniers à partir des ouvrages débouchant au jour et de points topographiques remarquables ;
- donner des valeurs d'incertitude sur le positionnement des contours des exploitations par rapport à la surface.

Remarque : Le site du quartier de Ferrussac en lien avec la concession des Deux-Jumeaux et situé sur la commune de Saint-Julien-de-la-Nef n'a pu être exploré car la propriétaire a refusé que nous accédions à ses terrains.

4.2 Historique de l'activité minière et méthodes d'exploitation

4.2.1 Concession des Deux-Jumeaux pour fer, zinc et métaux connexes

Cette concession est la réunion d'une concession pour fer et d'une concession pour zinc et métaux connexes. Elle s'étend sur les départements de l'Hérault et du Gard.

Le début de l'exploitation, datant de 1828, portait sur le minerai de fer. Entre 1863 à 1865, les travaux ont été relativement importants. Ils ont ensuite été arrêtés pour ne reprendre qu'en 1879. Lors de cette dernière période d'exploitation la présence de minerai de zinc sous certains chapeaux de fer a été mise en évidence.

À partir de 1883, les travaux ont porté essentiellement sur le zinc. Les travaux ont atteint une importance relative entre 1888 et 1902, puis de 1902 à 1913, année de l'arrêt définitif de toute exploitation. Quelques travaux de recherche peu significatifs et sans résultat ont été menés entre 1926 et 1932, puis entre 1965 et 1968 et enfin quelques sondages ont été réalisés en 1971 et 1976 par le BRGM dans le cadre de l'inventaire minier en métropole.

Ces travaux sont localisés dans les quartiers nommés[8] :

- Ferrussac (à partir de 1901)[9] ;
- Roche Noire (à partir de 1899) : a priori grattage de surface ;
- Bois Madame ;
- la Source ou Grande Tranchée (aussi appelé Acacias ou l'Atelier ou Mouchet ou Deux-Jumeaux) ;
- Lauzière (situé entre les 2 pics des Deux-Jumeaux) : dès 1830, a priori en tranchées ouvertes sur affleurement (1931) ;
- la Crotte (minière exploitée de 1880 à 1883) : une dizaine de tranchées à ciel ouvert.

Avant 1880, les travaux consistaient essentiellement en des grattages ou des tranchées à ciel ouvert. Puis, les travaux en souterrain se sont étendus par galeries filantes et chambres aussi irrégulières que le gisement (Figure 4).

Dans les années 1890, le minerai de zinc était pris par tranches horizontales de 2 m de haut, prises dans l'ordre ascendant (Figure 5). Chaque tranche était enlevée par des recoupes de 2,5 à 3 m de large, branchées sur la ou les deux galeries de traçage. Les chantiers étaient ensuite théoriquement remblayés avec des déchets du triage souterrain. Toutefois, l'historique minier est caractérisé par l'effondrement régulier des chambres après chaque grande période d'exploitation. En outre, les parties sommitales des chantiers (soit les plus proches de la surface) pouvaient être poussées jusqu'au jour (schéma en Figure 5).

Avant 1900, l'extraction se faisait manuellement « au pic », dès 1900, l'explosif était utilisé pour l'exploitation des minerais.

L'aérage des travaux souterrains était naturel. Il n'y avait pas d'exhaure.

Remarque : à partir de 1899, les déblais des anciens travaux des quartiers de Bois Madame et de la Source ou Grande Tranchée ont été repris en triage.

---

[8] *Un autre quartier nommé « Gare de Sumène » apparait également sur une carte géologique, il se situerait en dehors des limites de la concession des Deux-Jumeaux. Aucune autre information n'a été retrouvée sur ce quartier dans les archives consultées*

[9] *Le site du quartier de Ferrussac sur la concession des Deux-Jumeaux et la commune de Saint- Julien-de-la-Nef n'a pu être inspecté en 2018 car la propriétaire nous a refusé l'accès à sa propriété.*

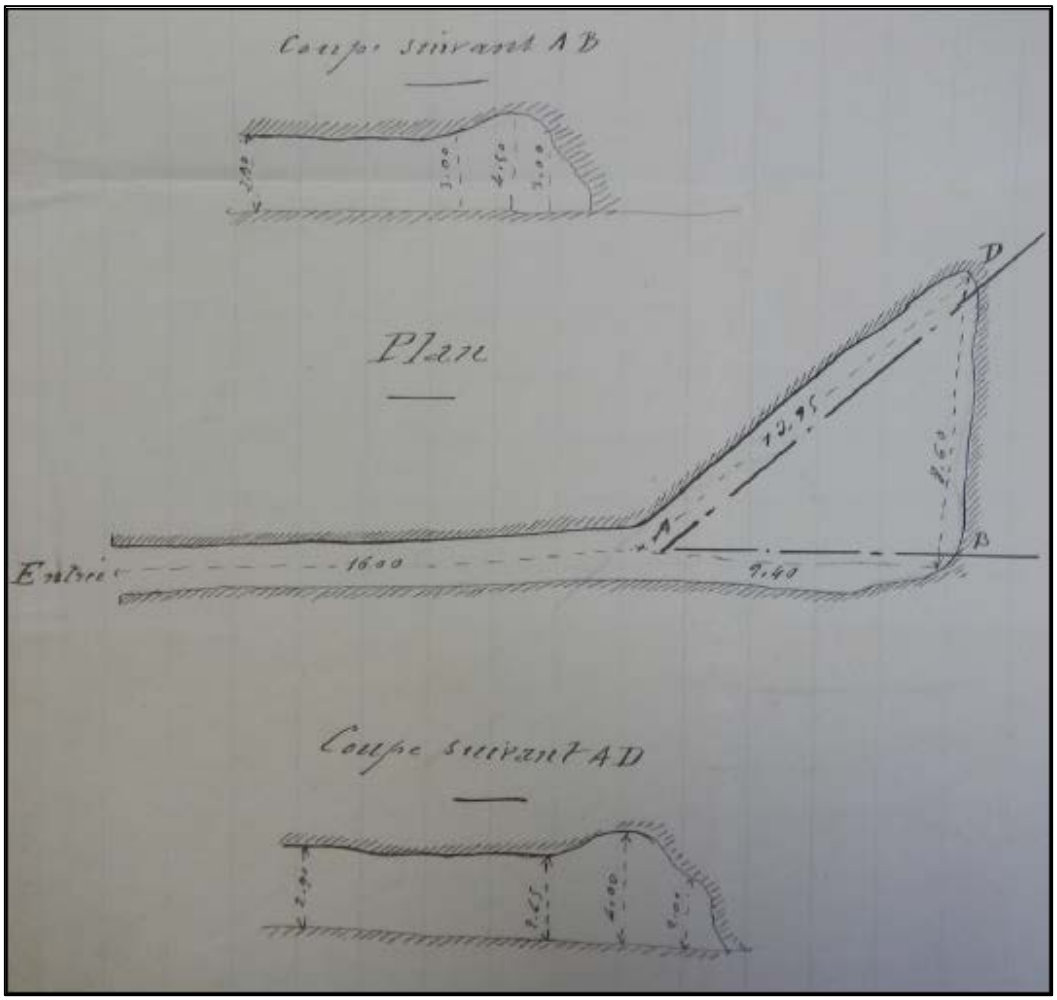

Figure 4 : Plan et coupes d'une exploitation par galeries et chambre dans la mine des Deux-Jumeaux (DREAL)

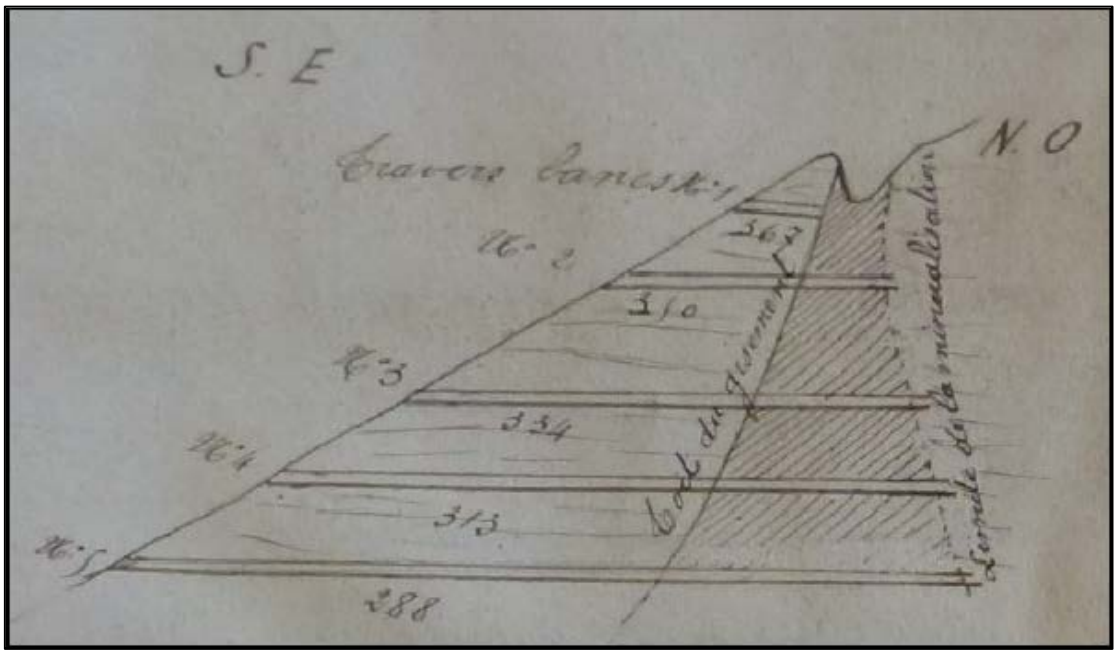

Figure 5 : Coupe schématique d'une exploitation dans la mine des Deux-Jumeaux – quartier la Source ou Grande Tranchée (DREAL)

4.2.2 Concession de Ganges pour zinc

Les travaux rattachés à cette concession sont localisés au sein des quartiers suivants :

- Jasse Rouge : un seul plan signalant deux amorces de galerie a été retrouvé dans les archives alors que la visite de terrain a permis de découvrir un réseau de galerie de près de 300 mètres de longueur cumulée ;
- Liotard (ou Lautard) ou du Four ;
- Pont des Chèvres ;
- Camp de la Guerre.

L'amas zincifère, qui a motivé l'institution de la concession, a été exploité avec une faible intensité de 1883 à 1887, de 1892 à 1893 et de 1895 à 1900. En 1901, l'activité était très réduite et portait alors sur le minerai de zinc et le minerai de fer ; la mine n'a fait l'objet que de recherches sporadiques jusqu'en 1907. En 1907, l'exploitation du fer s'est développée dans le quartier du Pont des Chèvres et a été poursuivie jusqu'en 1911. Il y a eu encore quelques travaux de 1923 à 1927, date de leur arrêt définitif.

Comme pour la concession des Deux-Jumeaux, plus au nord, les travaux en souterrains ont consisté en des galeries filantes et des chambres de géométries irrégulières (en lien avec l'irrégularité du gisement : remplissage de fractures dans le calcaire).

Vers 1900, l'exploitation aurait été conduite par tranches montantes et recoupes horizontales avec remblayage complet.

Signalons pour mémoire, les amas ferrugineux du Camp de la Guerre (Figure 2), de l'autre côté de la vallée du Rieutord, qui furent a priori exploités mais où aucune information, en archives ou sur le terrain, n'a été retrouvée.

4.2.3 Concession de Saint-Hippolyte-du-Fort pour argent, plomb, zinc

C'est en 1886, avant l'institution de la concession, que des premiers récits décrivent des travaux de recherche aux lieux-dits Ribière, Fournarie[10] et Boissière sur le territoire de la commune de Saint-Hippolyte-du-Fort.

A l'affleurement, les veines minéralisées se sont avérées particulièrement discontinues ce qui a eu pour conséquence de multiplier les galeries et les grattages de recherche. C'est pourquoi, les premiers travaux miniers ont consisté au creusement de plusieurs tranchées et de quelques galeries et descenderies de recherche peu étendues, localisées au voisinage des fermes de la Boissière et de la Fournarie.

Il s'est rapidement avéré que le gisement le plus prometteur se trouvait dans le quartier de la Boissière qui concentra plus tard la totalité des travaux d'exploitation. En effet, les veines minéralisées ont été exploitées depuis la cote +250 m NGF jusqu'à la cote +100 m NGF sur 8 niveaux superposés (1911 à 1929, société des Mines de Zinc de Saint-Hippolyte) (Figure 6). L'exploitation y était conduite par traçage de galeries et recoupes avec abattage des zones minéralisées. De 1912 à 1914, le minerai laissé en place par les anciens a été abattu sur 3 à 4 m d'épaisseur, entre la cote +250 m NGF et la surface.

A partir de 1919, des travaux à ciel ouvert (tranchées et gradins, figures 7 et 8) ont été exécutés au-dessus de l'exploitation souterraine antérieure (colline du domaine de la Boissière).

[10] *Actuellement nommé Fournerie*

En 1930, l'exploitation minière est arrêtée suite à la faillite de l'exploitant (société METALFA).

La mine a été inexploitée depuis cette date jusqu'en 1957, date à laquelle la Société Minière de Penarroya[11] reprend les travaux. Toutefois, seuls huit sondages de recherches ont été réalisés par cette dernière en 1974 sans donner de résultat positif.

Des sondages de recherche sont également mentionnés au lieu-dit « Valatougès », tandis qu'au lieu-dit « Cruvellier », a été entrepris, entre 1923 et 1930, des travaux de recherche (sans succès) pour le minerai de fer.

Enfin, à l'extrémité est, en dehors des limites de la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort, une ancienne galerie dite « galerie de Chauvet » (quartier La Cadière, ODJ n°91) a été tracée pour le plomb, zinc et autres métaux (1920 à 1923).

Actuellement, la mine serait totalement ennoyée, à l'exception du 1er étage (cote +250 m NGF). Des travaux de mise en sécurité des accès au souterrain ont été réalisés à la fin des années 1990 lors de la renonciation de la concession.

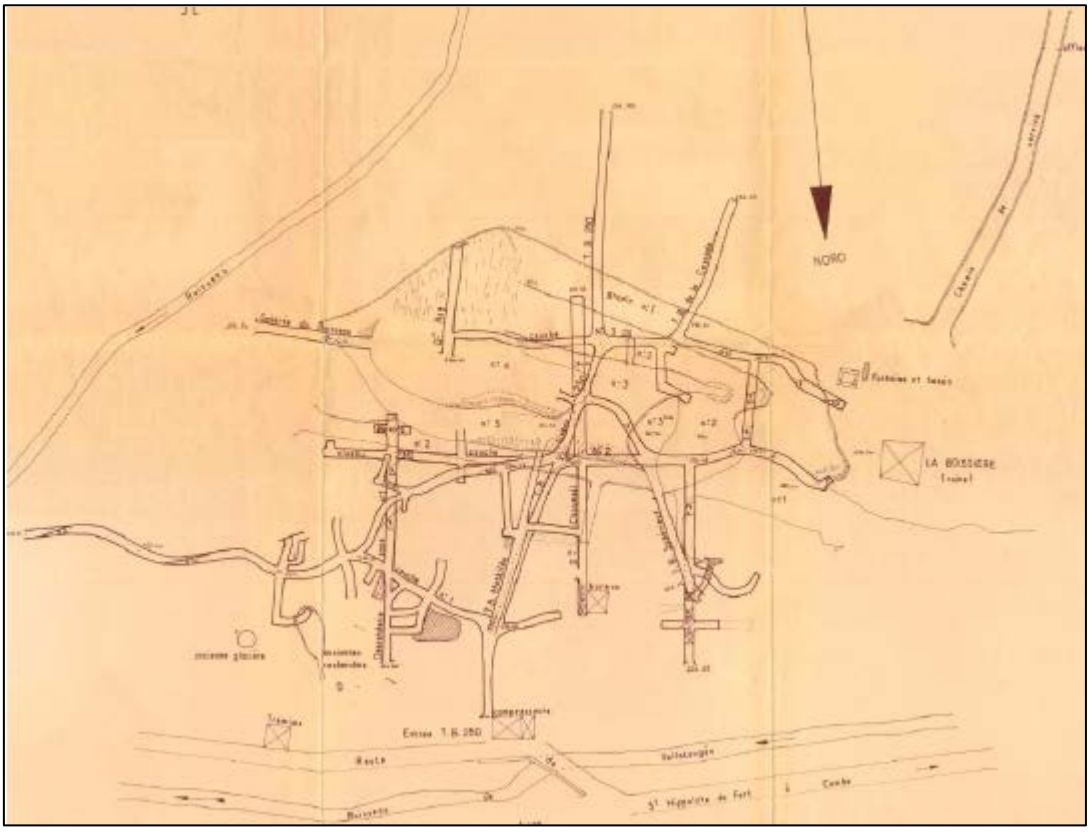

Figure 6 : Vue en plan des travaux de la Boissière (extrait d'un plan de 1923 des archives DREAL)

[11] *Renommée Société METALEUROP S.A. en 1988*

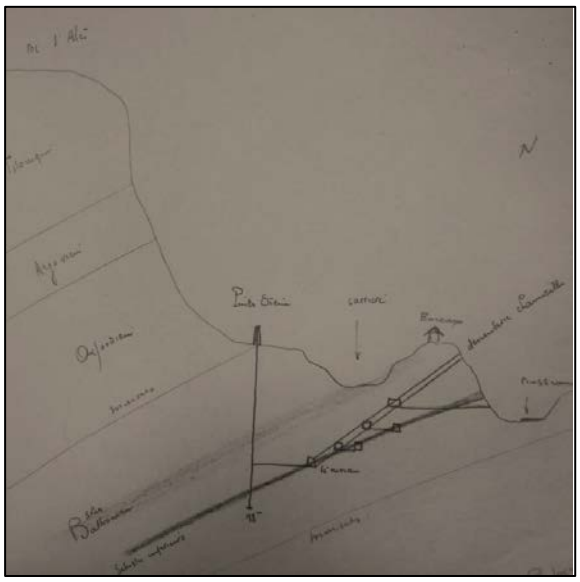

Figure 7 : Coupe schématique des travaux du quartier de la Boissière (archives DREAL)

Figure 8 : Carte postale de l'exploitation à ciel ouvert du quartier de la Boissière (archives privées)

4.2.4 Concessions de Montoulieu et Montoulieu 2 pour lignite

Les premières recherches de lignite à Montoulieu datent de 1827 (2 puits) au droit d'affleurements. La stérilité du gîte, la mauvaise qualité du combustible et l'abondance des eaux ont conduit à la suspension des travaux en 1832.
Les travaux les plus importants se situent à l'Ouest du village de Montoulieu, où a été foncé le puits n°1 (ODJ n°27). À partir de ce puits ont été ouverts trois travers-bancs qui ont permis de reconnaître le gite sur 250 m de longueur. Les galeries étaient boisées. Un ventilateur ou un soufflet était utilisé pour l'aérage. Très peu d'informations ont été retrouvées quant à la méthode d'exploitation. Le lignite a vraisemblablement été pris par tranches[12] (sur 50 m de largeur au maximum) dans les couches 2 et 3 (Figures 9 et 10).
Un second puits, dit n°2, (ODJ n°28) a été foncé dans le prolongement Nord-Est du gîte et prolongé par un travers-banc. Il n'a recoupé que deux couches sub-verticales, de faibles puissances (0,6 à 0,8 m). Les travaux ont été suspendus en 1874.
D'autres recherches auraient été menées, par puits, au lieu-dit « Pradines », mais sans localisation plus précise.
Des travaux de recherche (reprise des anciens puits et galeries) sont encore mentionnés de 1946 à 1948.

[12] *Les archives mentionnent les termes de « dépilage » ou « dépilé » pour désigner l'exploitation. A l'époque, ces termes désignent une méthode d'exploitation totale de type taille consistant à prendre tout le minerai en place (vue les coupes, plans ou schémas retrouvés). Les chantiers étaient temporairement soutenus par des piles, en bois, enlevées par la suite. Il ne s'agit pas d'une méthode en chambres et piliers au sein desquelles on reviendrait exploiter les piliers de charbon.*

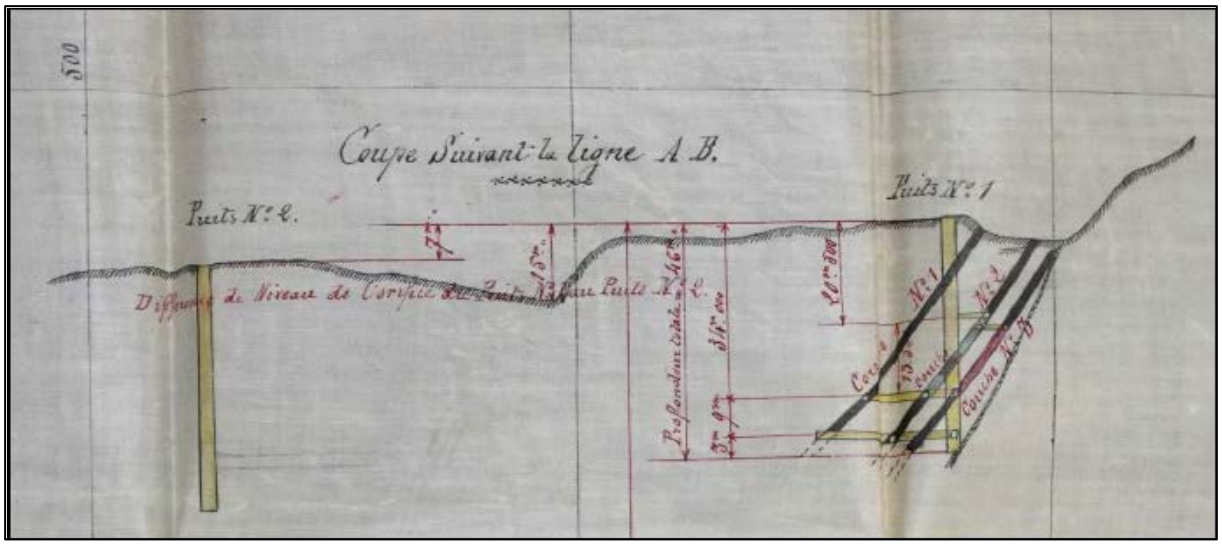

Figure 9 : Coupe NW-SE des travaux principaux de la mine de Montoulieu (extrait d'un plan non daté des archives DREAL)

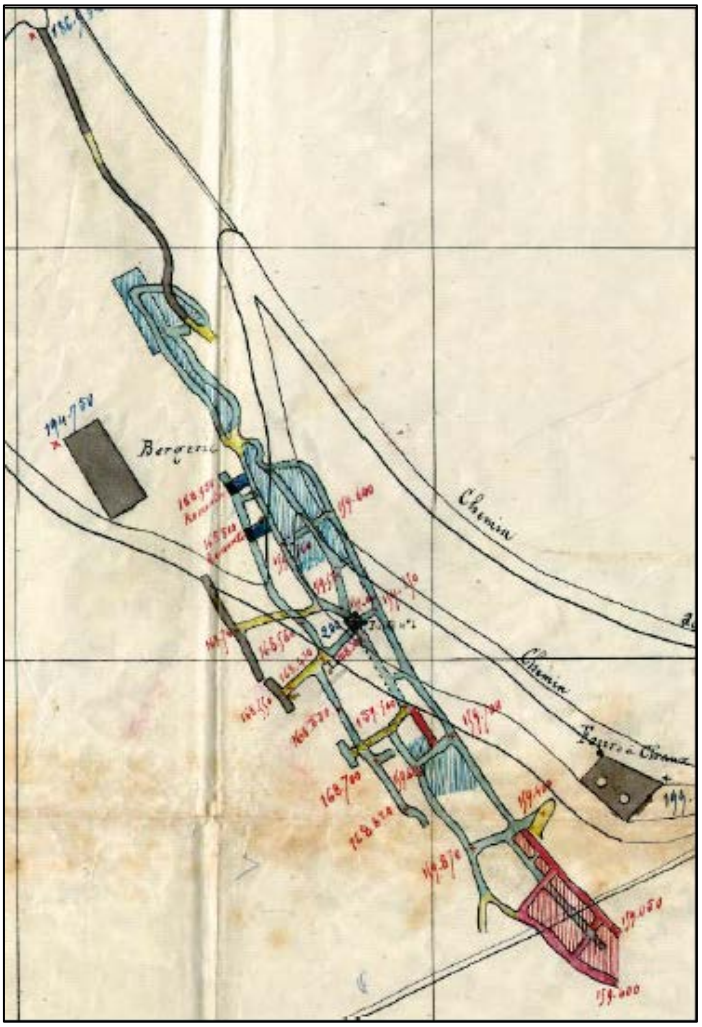

Figure 10 : Vue en plan des travaux principaux de la mine de Montoulieu (extrait d'un plan non daté des archives DREAL)

4.2.5 Concession et permis d'exploitation de Sounalou pour houille

Les premières traces d'exploitation à Sounalou datent de 1780 mais les principaux travaux d'exploitation ont été menés au XIXe siècle. La houille extraite est alors utilisée dans l'industrie de filature du coton de Sumène et plus localement pour le chauffage individuel.

Les premières recherches de houille, après l'institution de la concession au début du XIXe siècle, se sont dirigées vers un petit lambeau de terrain houiller (nommé Lambeau des Lieures) localisé au niveau du Mas de Jambal (anciennement Boissière) (Figure 11). Une galerie et un puits de recherche y ont été foncés. Les recherches étant peu fructueuses, l'exploitation du charbon s'est ensuite dirigée vers une lentille de terrain houiller plus importante et localisée au droit des lieux-dits Sounalou (Bas et Haut), à 800 m environ à l'est du Lambeau des Lieures.

L'exploitation de la mine de Sounalou a connu de nombreux arrêts depuis l'institution de la concession du fait de la faible étendue du gisement et de la qualité médiocre du charbon extrait.
L'activité principale a été conduite entre 1877 et 1909 par la Compagnie des Mines de l'Arc, Prades et Sumène depuis les galeries Hachette, Thomé et Picard (ODJ n°34, ODJ n°35 et ODJ n°36). En 1918, après 9 ans d'arrêt, la Société d'Étude de Recherche Minière du Centre débute le fonçage de la galerie des Pauses (ODJ n°33), un grand travers-banc sensé reconnaître la base du gisement et exploiter de nouveaux panneaux de charbon. Les limites du gisement ayant été atteintes, l'exploitation de la mine a été stoppée en 1930.

La mine de Sounalou a connu une dernière période d'exploitation entre 1942 et 1949 motivée par la proximité du gisement avec une industrie de teinture locale qui souhaitait utiliser les quelques veines de charbon inexploitées. Les travaux souterrains ont été minimes, ils ont surtout concerné la réhabilitation des principaux accès à la mine.

L'accès au gisement se faisait par des galeries directement creusées depuis les affleurements et par deux travers-bancs creusés en fond de vallée du Latanier nommés galerie des Pauses (ODJ n°33) et galerie Hachette (ODJ n°34).

Le gisement étant relativement étroit, les seules informations recueillies mentionnent des « *dépilages de petits panneaux avec remblayage* » (PV de 1885).

Le reste des travaux souterrains consistait en des galeries ou des descenderies creusées pour évaluer la richesse du gisement et relier les différents niveaux exploités.

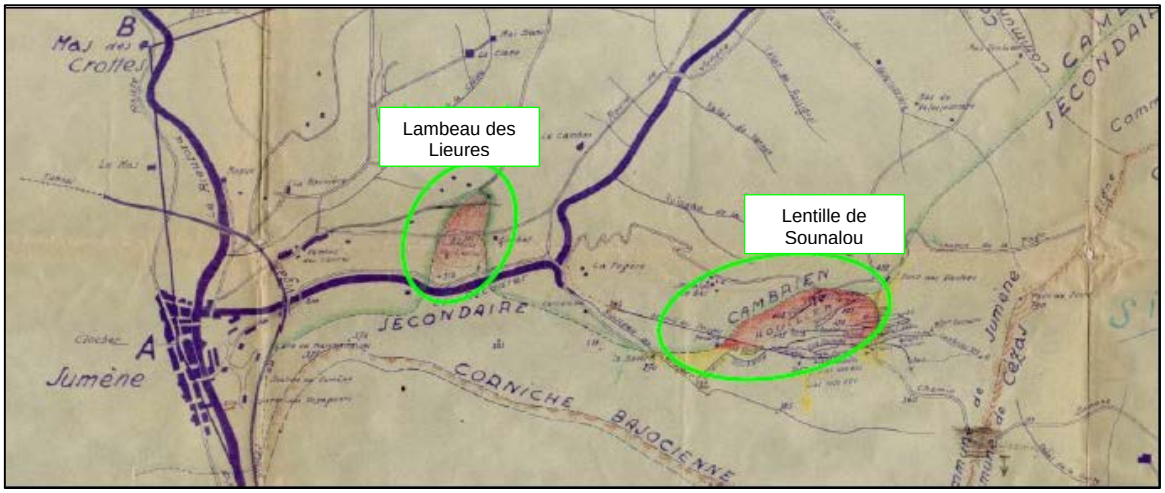

Figure 11 : Extrait d'une carte géologique synthétique de Sounalou de 1952

4.3 Traitement du minerai

4.3.1 Concessions des Deux Jumeaux et de Ganges

La présence d'anciens « *fours à calamine* » indique qu'à une certaine période le minerai était grillé sur place.
Dans les années 1930, à la sortie de la mine des Deux-Jumeaux, les produits étaient criblés et lavés. Les schlamms et les parties fines du triage étaient stockés pour un traitement ultérieur.

4.3.2 Concession de Saint-Hippolyte-du-Fort

En 1892, les faibles tonnages extraits étaient calcinés dans les fours de la concession des Deux-Jumeaux.
Le minerai était traité (concassage, criblage) sur le carreau puis lavé dans la laverie [13]de l'Espace située en aval du ruisseau du Valatougès, à proximité de sa confluence avec le ruisseau Vidourle.

4.4 Production

4.4.1 Concession des Deux-Jumeaux

Selon les indications recueillis en archives, la production est répartie comme suit (Tableau 4). L'exploitation du minerai a toujours été limitée par les difficultés de transport de la mine jusqu'aux fourneaux.

Minerai	Période d'exploitation	Teneur (%)	Tonnage Minerai (t)	Commentaire
Fer	1863-1865	40-50	12 000	-
Fer	1880-1883	-	10 000	300t/mois au quartier de la Crotte
Calamine	1888-1913	-	8 000	Environ 250 t/an
Plomb et zinc	1926-1930	variable	2 036	-

Tableau 4 : Synthèse des productions sur la concession des Deux-Jumeaux

4.4.2 Concession de Ganges

Selon les indications recueillies en archives, la production se répartit comme suit (Tableau 5).

Minerai	Période d'exploitation	Teneur (%)	Tonnage Minerai (t)
Calamine Blende	1883-1887	43 (zinc)	500 85
Calamine Blende Fer	1900-1913	-	200 109 18 000
Calamine Blende Plomb	1923-1927	18 (zinc) 7 (plomb)	165 2 800 523

Tableau 5 : Synthèse des productions sur la concession de Ganges

[13] *Une laverie plus importante a été construite au quartier de la Boissière en 1928 mais n'a jamais été utilisée*

4.4.3 Concession de Saint-Hippolyte-du-Fort

D'après les archives, il a été extrait, entre 1899 et 1929 environ :

- 3100 tonnes de blende ;
- 800 tonnes de calamine ;
- 70 tonnes de galène ;
- 8000 tonnes de minerai et mixtes.

4.4.4 Concession de Sounalou

D'après les archives, la production atteint 226 992 tonnes de houille de 1878 à 1909. Elle est de 5428 tonnes de 1919 à 1922.

Aucune information n'a été retrouvée pour les années antérieures à 1878.

4.4.5 Concessions de Montoulieu et Montoulieu 2

D'après les archives, environ 4 000 tonnes de lignite furent extraites de 1869 à 1875.

4.5 Etat actuel des sites d'exploitation

4.5.1 Travaux miniers

Une synthèse des principaux travaux miniers (caractéristiques et méthodes d'exploitation) est présentée dans le tableau 6.

Quartier de travaux	Titre minier	Minerai exploité	Période d'exploitation	Type de travaux et ouvrages souterrains	Méthode d'exploitation	Dimensions des ouvrages	Couches ou étages exploités	Hauteur entre étages ou couches	Profondeur estimée (m)	Nature des terrains de recouvrement	Remarques
Bois Madame	Deux-Jumeaux	Fer, Zinc	1828 1863-1865 1879 1888-1913 1926-1932 1965-1968 1971-1976	Puits, galeries traçantes et chambres, travers-bancs	Grattage, Tranchées à ciel ouvert, Traçage, Galeries filantes, Tailles montantes	Galeries : 1,5 à 2 m de largeur 1,6 à 2 m de hauteur Tailles : 2 m de hauteur, 2,5 à 3 m de largeur puis remblayées ou effondrées	Cote +293 m NGF	Quelques mètres	0 à 50 m	Calcaires dolomitiques	Certaines cavités sont partiellement remblayées et/ou boisées. Pas d'exhaure, aérage naturel. A partir de 1899, les déblais des anciens travaux ont été repris en triage
Ferrussac	Deux-Jumeaux	Zinc, plomb	A partir de 1901	Puits, galerie traçantes, travers-bancs	-	-	2 à 3	-	-	Calcaires dolomitiques	Peu d'informations dans les archives et inaccessible sur le terrain
Roche Noire	Deux-Jumeaux	Fer, zinc	A partir de 1899	-	Tranchées à ciel ouvert	Fronts rocheux de 2 à 5 m de hauteur	1	-	-	Calcaires dolomitiques	-
Lauzière	Deux-Jumeaux	Fer, zinc, galène	1830-1931	-	Tranchées à ciel ouvert sur l'affleurement	Fronts rocheux de 2 à 5 m de hauteur	1	-	-	Calcaires dolomitiques	-
La Crotte	Deux-Jumeaux	fer	1880-1883	Puits, galeries traçantes	Dizaine de tranchées à ciel ouvert, traçage	Fronts rocheux de 2 à 5 m de hauteur	1	-	-	Calcaires dolomitiques	300 tonnes/mois en 1883
Deux-Jumeaux / La Source – Grande Tranchée	Deux-Jumeaux	Fer, zinc	1828 1863-1865 1879 1888-1913 1926-1932 1965-1968 1971-1976	Puits, galeries traçantes et chambres, travers-bancs	Grattage, Tranchées à ciel ouvert, Traçage, Galeries filantes, Tailles montantes	Galeries : 1,5 à 2 m de largeur 1,6 à 2 m de hauteur Tailles : 2 m de hauteur, 2,5 à 3 m de largeur puis remblayées ou effondrées	Cotes +264, +289, + 309, +313, +334, +350, +367 m NGF	Entre 15 et 25 m	0 à plus de 100 m	Calcaires dolomitiques, toit en marne bleue	Aussi appelé quartier de l'Atelier ou Mouchet. Pas d'exhaure, aérage naturel. A partir de 1899, les déblais des anciens travaux sont repris en triage. 1971 et 1976 : sondages de reconnaissance
Jasse Rouge	Ganges	Fer, zinc, galène	1883-1887 1892-1893 1895-1900	Galeries traçantes et chambres, travers-bancs	Traçage, galeries filantes, tailles montantes remblayées	Galerie : 1,5 à 2 m de largeur / 1,6 à 2 m de hauteur Taille : 3 m de largeur maximum / 1,6 à 2 m de hauteur	1 ou 2	-	0 à plus de 100 m	Calcaires dolomitiques	Aucun plan retrouvé en archives mais 300 mètres linéaire de galeries accessibles sur le terrain
Liotard	Ganges	Fer, zinc, galène	1883-1887 1892-1893 1895-1900	Galeries traçantes, travers-bancs	Grattages, tranchées à ciel ouvert, traçage, galeries filantes, tailles montantes	-	-	-	0 à 50 m	Calcaires dolomitiques	Plans miniers très difficiles à caler
Pont des Chèvres	Ganges	Fer, zinc, galène	1907-1911 1923-1927	Puits, galeries traçantes et chambres, travers-bancs	Traçage, galeries filantes, tailles montantes remblayées	Galeries : 1,5 à 2 m de largeur / 1 à 1,8 m de hauteur	Niveaux 272, 280 et 290	Environ 10 m	0 à plus de 200 m	Calcaires dolomitiques	-
Montoulieu	Montoulieu	Lignite	1827-1832 1869-1874 1946-1948	Puits de recherche et d'extraction, galeries traçantes, travers-bancs	Tailles, traçages, puits de recherche	Galeries : 1,5 m de largeur / 1 à 1,5 m de hauteur Tailles : 3 m de largeur maximum / 1 m de hauteur	Couches 2 et 3	6 à 7 m	20 à 55 m	Poudingues, marnes gréseuses	Galeries boisées, ventilation forcée dans la première période d'exploitation. Pas de remblayage précisé
Cruvellier	Saint-Hippolyte-du-Fort	fer	1923-1930	Puits de recherche et galerie	traçage	Puits : 2 × 2 m et 13 m de profondeur Galerie : 18 m linéaire	1	-	<20 m	Marnes	Travaux de recherche sans succès
La Cadière	Hors titre	Plomb, zinc	1920-1923	Galerie filante	Traçage	Galeries : 2 m de largeur	-	-	0 à 25 m	Calcaires dolomitiques avec passées marneuses	Travaux de recherche : 200 m linéaire de galerie
La Fournarie La Boissière Valatougès	Saint-Hippolyte-du-Fort	Blende, zinc, galène	1895-1929 1974	Tranchées, puits de recherche et d'extraction, galeries traçantes, travers-bancs	Ciel ouvert (tranchées et gradins), traçage, tailles par tranches inclinées successives, dépilages	Tranchées de 0,5 à 5 m de profondeur Galerie : 1,5 à 3 m de largeur (1,5 à 2 m de hauteur) Dépilages : 3 à 4 m d'épaisseur	8 niveaux entre les cotes 250 et 100	-	0 à 70 m (localement 200 m)	Calcaires dolomitiques avec passées marneuses	En 1948, les minerais de plomb et zinc sont récupérées sur les anciens dépôts De 1912 à 1914 : abattage des piliers laissés par les anciens sur 3 à 4 m d'épaisseur entre la cote 250 et la surface 1974 : sondages de reconnaissance
Sounalou	Sounalou	houille	1775 1847-1855 1875-1909 1918-1930 1943-1952	Puits de recherche et d'extraction, galeries traçantes, travers-bancs	Traçage, galeries filantes, tailles horizontales remblayées	Galeries : 1,5 à 2,5 m de largeur / 1,5 à 1,8 m de hauteur	Couche Cézas (2 bancs de 1 m à 6 m en cumulé) Couche Sounalou (1,5 à 2 m) Couche Picard (1,2 m) Cotes +291, +348, +402, +441 m NGF	15-30 m 100-120 m	0 à 300 m (localement 450 m)	Grès, schistes « ébouleux »	Le soutènement en galerie était indispensable. Exhaure par la galerie Hachette. Aérage naturel
Lambeau des Lieures	Sounalou	houille	Vers 1800 1942-1943	Puits de recherche et galerie	Traçage	Galeries de petite section	-	-	<20 m	Grès, schistes	Travaux de recherche sans succès

4.5.1.1 Travaux miniers visités

Dans la majorité des cas, l'accès aux travaux souterrains n'est plus possible, les entrées de galeries et descenderies étant obturées (remblayées ou éboulées). Les travaux souterrains des quartiers de la Jasse Rouge, du Pont des Chèvres, de Bois Madame, de la Source – Grande Tranchée et de Sounalou ont toutefois pu être inspectés.

- Quartier de la Jasse Rouge (concession de Ganges) : environ 300 m linéaires de galerie sont accessibles via un orifice de l'ordre de 50 cm de diamètre (ODJ n°80, Photo 2 de l'annexe 2) (Figure 12). A ce jour, aucun plan correspondant aux travaux visités n'a été retrouvé. L'exploitation consistait en galeries filantes, de 2 m de largeur et 1,6 à 2 m de hauteur en moyenne avec un toit calcaire peu dégradé (Photos 8 et 9 en annexe 2). Aucune montée de voûte n'a été mise en évidence lors des inspections de juillet et d'octobre 2018. Des traces de venues d'eau conséquentes (calcite et boue au sol) ont été notées en certains points de ces travaux souterrains.

  Remarque : comme ce n'est qu'un schéma sans levé topo, le plan reporté en figure 12 ne peut pas être reporté sur la carte informative. On s'est limité à tracé l'enveloppe approximative de ces travaux. La figure 12 représente de ce fait l'enveloppe approximative de ces travaux.

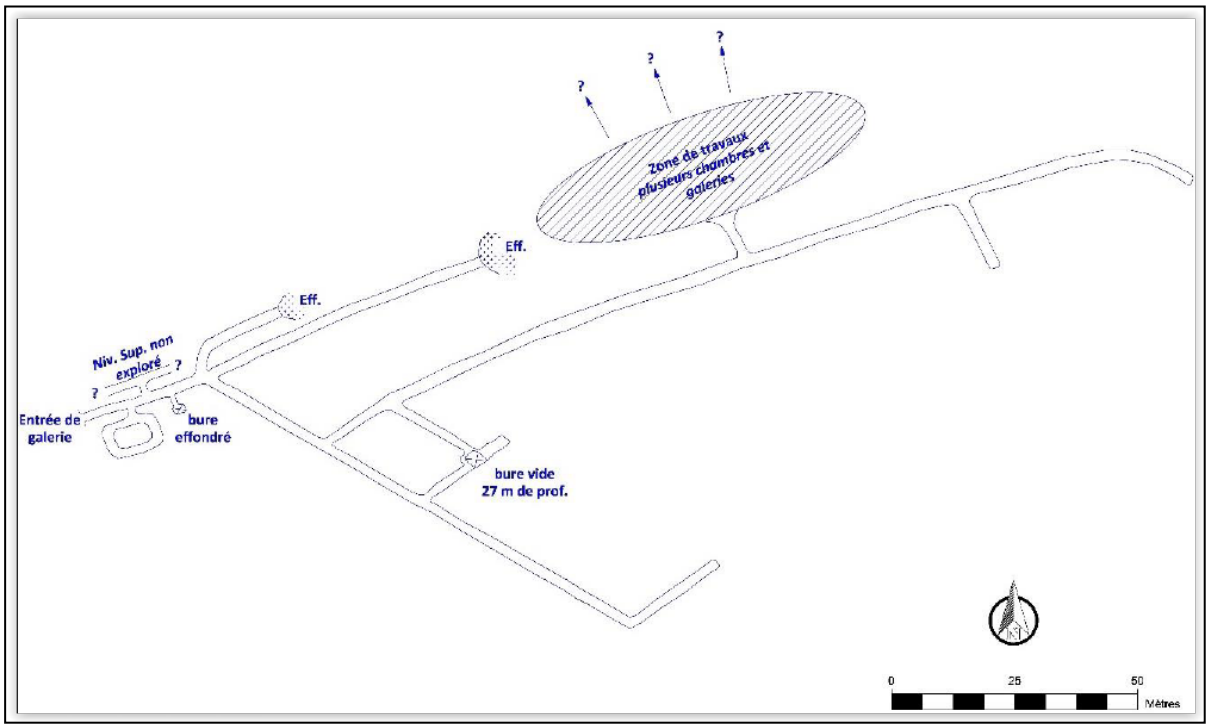

Figure 12 : Schéma des galeries explorées en 2018 sur le quartier d'exploitation de la Jasse-Rouge sur la concession de Ganges

- Quartier du Pont des Chèvres (concession de Ganges) : près de 50 m linéaires de galeries dans une roche rougeâtre avec des lentilles jaunâtres, correspondant globalement au tracé du plan minier retrouvé en archives, sont accessibles via une ouverture percée dans un amoncellement de pierres sèches (ODJ n°59, Photo 1 en annexe 2). Cette entrée est située à une dizaine de mètres d'une route. Il s'agit d'une galerie filante, horizontale, de géométrie variable (1,5 à 2 m de large et 1 à 1,8 m de hauteur) avec ponctuellement des chambres plus vastes : poches karstiques ou d'exploitation (Photos 10 et 11 en annexe 2). Des traces de venues d'eau persistent au sol (boue). Cette galerie s'arrête sur une zone éboulée. Notons que l'entrée de cette galerie présente des risques de chute de blocs (Photo 1 en annexe 2).

- Quartier du Bois Madame (concession des Deux-Jumeaux) : la grotte, d'origine naturelle, permettant l'accès à ce quartier, est restée accessible et présente un toit calcaire très déstructuré (nombreuses fissures mécaniques et blocs prédécoupés, Photos 12 et 13 en annexe 2). Cette grotte permet d'accéder à quelques dizaines de mètre linéaires de cavités mais les bures reliés aux travaux souterrains ont été remblayés (fin des années 1990 d'après les archives consultées, Photo 14 en annexe 2). En contrebas, plusieurs orifices de 50 à 60 cm de diamètre (Photos 3 et 4) dans des éboulis, donnent accès à la majorité des galeries (ouvrages de 2 m de largeur et 1,8 m de hauteur en moyenne) et à des chambres d'exploitation souterraines décrites sur les plans retrouvés dans les archives. Les cavités semblent en bon état (pas d'effondrement visible), certaines sont partiellement remblayées et/ou boisées (Photos 16 et 17 en annexe 2).

- Quartier de la Source – Grande Tranchée (concession des Deux-Jumeaux) : plusieurs orifices situés à proximité immédiate des dépôts permettent d'accéder à des galeries filantes indépendantes les unes des autres et s'arrêtant très rapidement sur des zones éboulées ou effondrées (Photo 19 en annexe 2). La galerie la plus longue visitée dans ce quartier (ODJ n°64, Photo 18 en annexe 2), atteignait 80 m et s'arrêtait sur un effondrement.

- Galerie des Vaches (concession de Sounalou) : une galerie de recherche de 70 m linéaires, nommée galerie des Vaches (ODJ n°38, Photo 20 en annexe 2), est accessible sur toute sa longueur. Cette galerie est indépendante des autres travaux miniers de Sounalou et ne présente aucun signe d'instabilité apparente.

4.5.1.2 Travaux miniers non visités

La cartographie des zones de travaux dépend principalement des plans d'archives géoréférencés ainsi que des descriptions de travaux retrouvés dans les archives (PV de visites, récapitulatifs d'exploitation ou procédures d'arrêt des travaux).

4.5.1.3 Zones potentiellement affectées par des travaux miniers

La visite des différents secteurs d'exploitation a permis de recenser des ouvrages dont le détail des travaux en souterrain n'a pas été retrouvé dans les documents d'archive. Elle a également permis d'observer de nombreux indices de travaux (grattages, dépôts) à l'aplomb de zones a priori non concernées par des travaux souterrains connus. Aussi, afin de tenir compte de ces éléments, plusieurs zones potentiellement affectées par des travaux miniers ont été définies et cartographiées. Les contours de ces zones, détaillées ci-après, sont issus des observations de terrain et des rares descriptions des travaux miniers disponibles dans les archives :

- Le long des grandes fractures minéralisées en fer et zinc sur les concessions de Ganges et Deux-Jumeaux entre les quartiers de travaux avérés de Jasse Rouge, Roche Noire, la Source – Grande Tranchée, Lauzière et la Crotte, une zone potentiellement affectée par des travaux miniers a été définie. Cette zone correspond à une bande de 50 m de large cartographiée autour d'affleurements.

- Au quartier de la Jasse Rouge sur la concession de Ganges, où des galeries et zones de travaux ont été visitées mais où aucun plan n'a pu être retrouvé ni calé. Une zone potentiellement affectée par des travaux miniers a été définie. Cette enveloppe comprend les galeries visitées à partir de l'ODJ n°80 avec une incertitude de 5 à 20 m.

- Au lieu-dit « Ferrussac », une zone potentiellement affectée par des travaux miniers a été définie. Sa forme est circulaire, centrée sur le point haut du dépôt principal décelable sur la photographie aérienne et avec un rayon de 200 m.

- Le long des fronts rocheux des quartiers la Source – Grande Tranchée et Liotard, sur les concessions de Deux-Jumeaux et de Ganges, une zone potentiellement affectée par des travaux miniers a été définie afin de tenir compte des indices visibles sur le terrain entre les zones de travaux avérées (plans de mine incomplets). Forfaitairement, une zone de 50 m de large a été tracée le long des fronts rocheux, des orifices ou des indices de terrain.

- A l'est du quartier de la Fournarie, la descenderie (ODJ n°19) et le puits de la Sagne (ODJ n°2) sur la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort sont a priori reliés (absence de plan). Une zone potentiellement affectée par des travaux de 20 m de large a été définie autour de cette galerie fortement suspectée.

- Au lieu-dit « Cruvellier » ou « La Cadière », à l'ouest de la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort, une entrée de galerie éboulée (ODJ n°91) a été répertoriée. Le plan de la galerie Chauvet n'a pu être calé avec précision mais une zone potentiellement affectée par des travaux miniers comprenant la galerie (visitée en 1951) et les indices miniers observés sur le terrain a été tracée (largeur estimée à 30 m).

4.5.2 Ouvrages débouchant au jour

Un total de 90 ouvrages débouchant au jour et 2 indices de travaux (ouvrage débouchant au jour ou grattage – it1 et it2) ont été recensés sur l'ensemble du secteur considéré. La majorité correspond à des entrées de galerie, travers-banc ou descenderies. Seuls 16 puits ont été identifiés (Annexe 3).

Ces ouvrages sont pour la plupart obstrués ou plus généralement effondrés. On notera :

- Sur la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort, quartiers de la Boissière et de la Fournarie, des travaux de sécurisation des ouvrages débouchant au jour ont été menés en 1998 à la demande de la DREAL. Il s'agissait de remblayage des puits, effondrement ou mise en place de mur et remblayage sur les 10 premiers mètres de galeries d'accès.

- Dans les années 1950-1960, des travaux de sécurisation par remblayage ou foudroyage ont été mis en œuvre sur les quartiers du Pont des Chèvres sur la concession de Ganges, sur les quartiers de la Source – Grande Tranchée et Bois Madame sur la concession des Deux-Jumeaux.

- Peu d'informations ont été retrouvées dans les archives concernant la mise en sécurité des ouvrages de la concession de Sounalou. Sur le terrain, nous avons observé des entrées murées (Photos 5 et 6 en annexe 2) ou effondrées (Photo 7 en annexe 2). Seule une galerie de recherche (ODJ n°38), indépendante de l'exploitation principale, est accessible.

Une dizaine de ces ouvrages ont été retrouvés ouverts et pénétrables (Photos 1 à 4 en annexe 2), mais globalement assez éloignés des voies fréquentées.

Certaines entrées de galerie présentent des risques de chutes de blocs. C'est notamment le cas de l'ODJ n°59 du quartier d'exploitation du Pont des Chèvres sur la concession de Ganges ou encore dans la grotte du quartier de Bois Madame sur la concession des Deux-Jumeaux (ODJ n°57 et n°58).
Soulignons également la présence de dynamitières, ouvrages enterrés à faible profondeur, sur les concessions de Sounalou (Figure 13) et de Saint-Hippolyte-du-Fort (Figure 14).

L'entrée de la dynamitière de la concession de Sounalou est toujours visible sur le terrain ; elle a été murée. Sur la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort, il n'a pas été possible de la retrouver. Ces ouvrages a priori en partie bétonnés, peu profonds (15 m au maximum), sont peu étendus (30 m linéaires maximum pour celle de Saint-Hippolyte-du-Fort), n'ont probablement pas été traités (vides résiduels) ou seulement partiellement (obstruction de l'entrée).

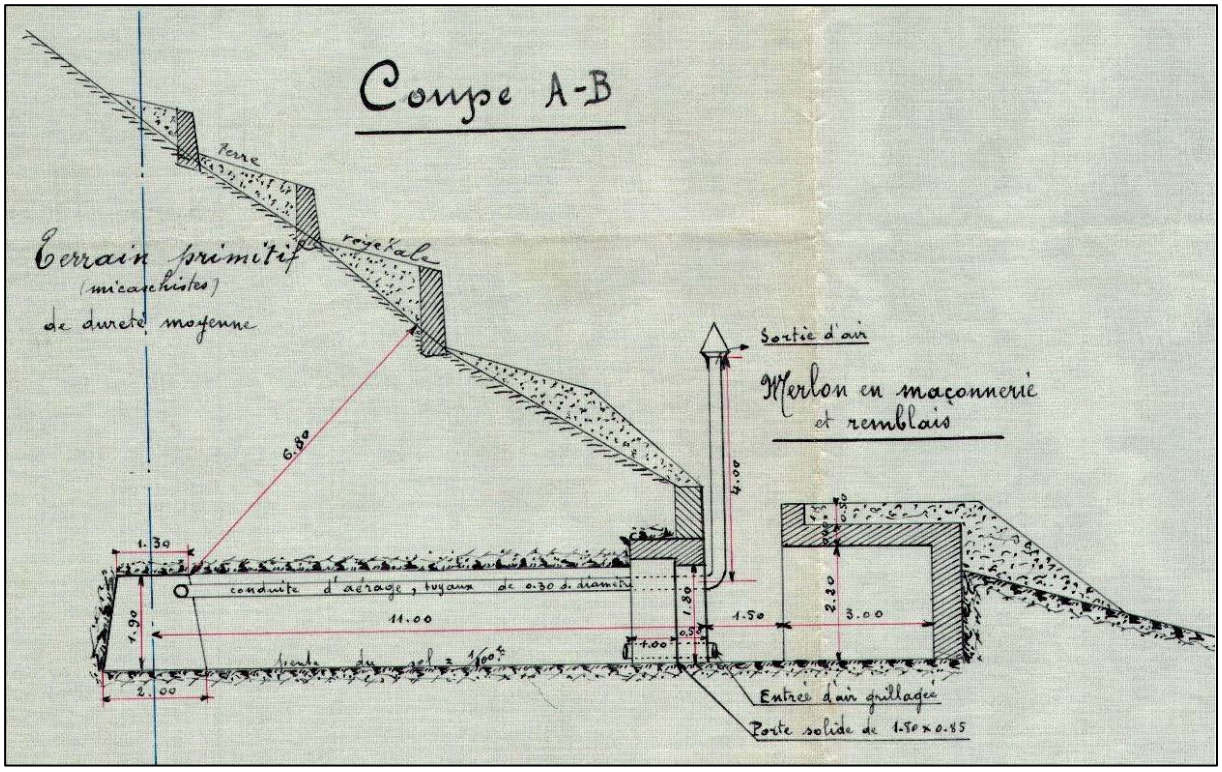

Figure 13 : Coupe de la dynamitière sur la concession de Sounalou (archives DREAL)

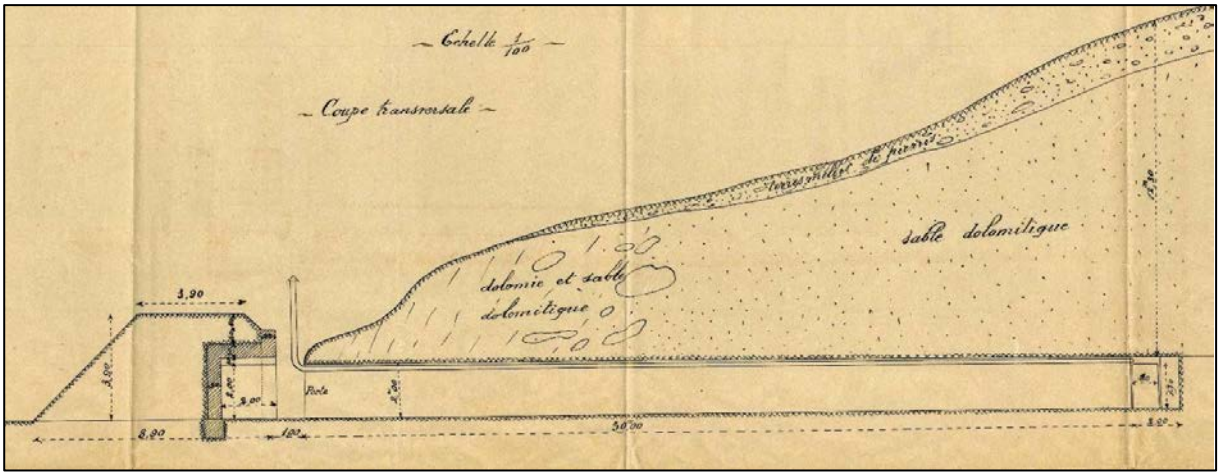

Figure 14 : Coupe de la dynamitière sur la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort (Archives DREAL)

Remarque : Les ouvrages débouchant au jour ayant été recoupés et repris par des travaux à ciel ouvert, comme c'est notamment le cas sur le quartier de la Boissière sur la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort, n'ont pas été reportés sur les cartes en annexes du présent rapport.

4.5.3 Dépôts

Une trentaine de dépôts ont été recensés sur l'ensemble des secteurs étudiés (Annexe 4). Il s'agit soit de dépôts en tas, en topographie sub-horizontale, soit de dépôts en pente, constitués pour la plupart de stériles de creusement ou de sélectivité issus d'un premier tri (à l'exception des depôts T2 et T24). Ils présentent généralement des pentes maximales de l'ordre de 30° et ponctuellement de 50°.

Certains dépôts sont volumineux et remarquables dans le paysage à forte végétation : ils sont partiellement végétalisés et présentent de grandes ravines (phénomène de glissement superficiel) car déversés sur un relief penté et soumis à des phénomènes de ruissellement marqués (Photo 22 en annexe 2).

On notera également, le dépôt T2 (Photos 23 et 24 en annexe 2), constitué par les déchets de la laverie de l'Espaze sur la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort, de couleur grisâtre. Ils ont été accumulés le long du ruisseau du Valatougès, à sec lors de notre visite.

Sur la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort, des bassins de décantation des eaux ont été créés en 1928 au quartier de la Boissière, à proximité de la laverie du même nom. Les murs de ces bassins ont été abattus et les cavités remblayés en 1998.

4.5.4 Désordres observés en surface

Sept désordres ont été recensés dans le cadre de la présente étude (Annexe 5).

Des instabilités de type chute de blocs ont été observés sur les sites d'exploitation à ciel ouvert ou sur les grattages (tranchées). Les fronts rocheux dont la hauteur est supérieure à 2 m pour une pente de 60° à 90° génèrent la chute de blocs dont la taille varie de plusieurs centimètres à quelques décimètres de côté.

Quelques effondrements localisés ont été répertoriés sur le secteur d'étude. La localisation des désordres provient principalement des observations de terrain. D'après les données d'archives, rares sont les désordres en surface ayant eu lieu au cours de l'exploitation ou pendant la phase d'abandon des travaux.

Ces effondrements se concentrent sur la concession de Sounalou et sur la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort. Un effondrement localisé avec chute de personne est relaté vers 1960[14] sans grande précision.

Ces désordres sont soit directement liés aux ouvrages débouchant au jour (tête de puits ou entrée de galerie), soit liés à l'éboulement de travaux souterrains et de galeries à faible profondeur.

Ils sont soit circulaires, de l'ordre de 3 à 4 m de rayon (Photos 25 et 26 en annexe 2), soit allongés, de l'ordre de 10 à 15 m de longueur et 1 à 2 m de largeur, dans le sens des galeries sous-jacentes.

Le faible nombre de désordres recensés, au regard de l'étendue des travaux miniers peut être lié aux aspects suivants :

- La nature des épontes des gisements exploités sur les concessions de Ganges et Deux-Jumeaux qui sont des formations calcaires et de relatives bonnes caractéristiques mécaniques.

- Le recouvrement au droit des galeries atteint rapidement une grande épaisseur compte tenu de la forte pente des coteaux.

- La topographie marquée, la végétation dense, le peu d'enjeux et la faible fréquentation au droit et à proximité des travaux ne sont pas propices à un inventaire exhaustif des désordres.

4.5.5 Installations du surface

Si l'on considère l'ensemble des titres miniers étudiés, peu d'installations de surface liées aux anciennes exploitations minières sont encore visibles aujourd'hui.

Ainsi, quelques anciens bâtiments en ruine ou réutilisés par les propriétaires des sites et d'anciens fours, trémies et câbles, vestiges de l'exploitation subsistent (Photos 27 à 30 en annexe 2).

4.5.6 Gaz de mine et feux souterrains

La mine de houille de Sounalou est classée faiblement grisouteuse. Dans l'historique de cette mine, on note :

- des feux en souterrain en 1888, 1889 et 1901 ;
- une explosion de grisou, avec des blessés, en décembre 1947.

[14] *Ce désordre n'a pu être positionné, il ne figure donc pas dans le SIG*

Aucune autre information relative à d'éventuelles émissions de gaz de mine ou de feux souterrains n'a été retrouvée dans les documents d'archive.

Aucun événement de type échauffement de dépôts n'a été retrouvé.

Les formations géologiques exploitées et excavées sur les sites miniers polymétalliques de Saint-Hippolyte-du-Fort, Ganges et Deux-Jumeaux ne sont pas connues pour être à l'origine d'émissions de gaz de mine ou de feux souterrains.

4.6 Cartographie informative

4.6.1 Système d'information géographique

Toutes les informations recueillies ont été compilées sous MapInfo® afin de constituer un SIG permettant d'élaborer la carte informative.

Les données, référencées dans le système géodésique RGF93 et projetées en coordonnées Lambert 93, se composent de plusieurs couches cartographiques :

- Les données minières :
  - Les emprises de travaux miniers souterrains digitalisés à partir des plans de travaux miniers calés et des zones potentiellement affectées par des travaux miniers ;
  - L'emprise des travaux à ciel ouvert ;
  - Les ouvrages débouchant au jour et indices miniers (puits, entrées de galerie) ;
  - Les zones de dépôts ;
  - Les désordres ;
  - Les affleurements de minerai ;
  - Les failles ;
- Les fonds cartographique :
  - La BD Ortho® de l'IGN ;
  - Le Scan25® de l'IGN ;
  - Les cartes géologiques du BRGM ;
- Les limites administratives :
  - Les limites de communes ;
  - Les limites des titres miniers.

4.6.2 Géoréférencement des travaux miniers

Les plans pertinents et les points relevés au dGPS lors de l'enquête de terrain ont fait l'objet d'un géoréférencement afin d'être intégrés au SIG sous le logiciel MapInfo®. Les ouvrages relevés au dGPS ainsi que les repères visuels (angles de maisons, routes, etc.) ont été utilisés comme points de calage de ces plans dans le but de réduire au maximum l'incertitude de localisation de chaque plan de travaux.

Un total de 18 plans ont ainsi été géoréférencés avec des incertitudes variables (annexe 1).

Les emprises en surface concernées par les travaux ont été cartographiées sur la carte informative en annexe 6, en reportant soit un contour de travaux, soit des contours de galeries. Ces contours sont figurés par un tracé de couleur kaki pour les travaux à ciel ouvert, jaune

pointillés pour les zones potentiellement affectées par des travaux miniers, jaune en trait plein pour les enveloppes de travaux souterrains avérés (incertitude comprise), rouge en trait plein pour les galeries digitalisées à partir des plans miniers anciens.

Remarque : toutes les enveloppes de travaux intègrent les différentes incertitudes définies ci-après.

4.6.3 Incertitude de localisation

- Incertitude sur la position des ouvrages et des désordres

Pour chaque ouvrage positionné, une incertitude de localisation a pu être évaluée. Cette incertitude est de l'ordre de 3 à 5 m pour les ouvrages levés au dGPS mais elle atteint 30 m pour les ouvrages positionnés à l'aide des anciens plans miniers. Seule la position d'un puits de recherche (ODJ n°30) est affectée d'une incertitude de 50 m car sa position est issue du scan25® de l'IGN.

Concernant les désordres, lorsqu'il s'agit d'effondrement localisé, leur position a été levée au dGPS. Ces désordres apparaissent sur la carte informative sous forme ponctuelle. Tout comme les ouvrages débouchant au jour retrouvés, l'incertitude de localisation est donc de 3 à 5 m.

- Incertitude sur la position des dépôts

L'emprise des dépôts a été cartographiée soit à partir de levés dGPS sur le terrain, soit de manière plus approximative, à partir de leur localisation sur des plans miniers. Globalement, leur incertitude de localisation est de l'ordre de 5 m.

Remarque :

- Sur la concession de Sounalou, l'emprise du dépôt minier est étendue et correspond à la superficie globale des stériles miniers, diffus, visibles sur le terrain.
- Sur la concession des Deux-Jumeaux, il n'a pas été possible de cartographier avec précision l'emprise des deux dépôts (dépôts T27 et T28) relatifs à l'exploitation du quartier de Ferrussac (même si des indices sont visibles sur la photographie aérienne) car la propriétaire a refusé que nous accédions au site. Ainsi, une incertitude de localisation de 20 m a été retenue.

- Incertitude sur la localisation des travaux

Les travaux souterrains présents sur la carte informative proviennent d'une ou plusieurs sources. Dans la majorité des cas, les travaux cartographiés ont été digitalisés à partir de plans miniers géoréférencés. D'autres exploitations ont pour source des écrits provenant généralement des PV de visite du Service des Mines ou encore des observations de terrain (grattages, dépôts miniers, entrées de galerie, résurgence, etc.).

L'incertitude globale de localisation est la somme des incertitudes suivantes :

- l'incertitude ***intrinsèque au plan d'archive*** : elle est liée à l'échelle du plan d'origine et à l'imprécision du contour ou à la représentation des zones de travaux qui composent le plan. D'autres paramètres, plus subjectifs, comme la date de l'établissement ou la qualité du dessin peuvent également entrer en jeu dans l'appréciation de l'incertitude ;
- l'incertitude ***liée à la reproduction du plan***, qui est fonction du moyen de reproduction employé pour l'étude. Par exemple, photographier un plan engendrera une incertitude plus grande que de le scanner ;

- l'incertitude ***liée au géoréférencement du plan***, c'est à dire à l'opération de calage du plan par rapport au support cartographique. L'incertitude des points de repère communs au plan et au support a notamment une grande importance. La répartition et le nombre de points de calage conditionnent aussi fortement cette incertitude, tout comme pour l'incertitude intrinsèque du plan, des points de calages alignés et non répartis uniformément sur le plan engendrent une incertitude plus importante sur les secteurs éloignés des points de calage ;
- enfin l'incertitude ***liée à la précision même du support cartographique*** (Scan 25®, BD Ortho®, …). Ainsi l'incertitude correspondant à la BD Ortho® de l'IGN est couramment estimée à 3 m.

L'incertitude de géoréférencement varie entre 5 et 30 m. Elle est précisée dans le tableau en annexe 1 pour chaque plan utilisé.

5 PHASE EVALUATION DES ALEAS

5.1 Identification des aléas retenus et écartés

Les informations rassemblées lors de la phase informative nous permettent d'identifier les différents aléas mouvements de terrains qui sont retenus pour la deuxième phase de l'étude : l'évaluation des aléas.

Cette évaluation a été menée sur la base du guide méthodologique et de la note GEODERIS [1] [2] [3].

5.1.1 Aléas écartés

Les aléas effondrement généralisé, affaissement progressif, n'ont pas été retenus dans le cadre de la présente étude compte-tenu des caractéristiques des travaux souterrains. En effet, aucune exploitation partielle n'a été inventoriée dans le cadre de cette étude. En outre, les zones exploitées sont peu étendues et ne présentent pas un schéma homogène nécessaire à l'occurrence d'une rupture généralisée.

5.1.2 Aléas retenus

Les aléas retenus sur le secteur d'étude sont l'effondrement localisé, le tassement sur dépôts, le glissement sur dépôts, les mouvements de pentes rocheuses et l'échauffement sur dépôts houillers.

Chacun de ces aléas va être évalué à la lumière des informations collectées lors de la phase informative.

5.2 Evaluation de l'aléa effondrement localisé

Un effondrement localisé se caractérise par l'apparition soudaine en surface d'un cratère d'effondrement dont l'extension horizontale, correspondant généralement au diamètre de la dépression, varie de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres (Figure 15). La profondeur du cratère dépend principalement de la profondeur et des dimensions des travaux souterrains.

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

- ✓ **Les puits et entrées de descenderies sub-verticales**

L'effondrement localisé est généré par la mobilisation des remblais au sein de la colonne de l'ouvrage et/ou la rupture de la tête de l'ouvrage. Cet aléa est à évaluer seulement pour les puits, puisqu'aucune descenderie sub-verticale n'a été inventoriée sur le secteur d'étude.

- ✓ **Les galeries isolées et/ou les zones de travaux situées à faible profondeur**

Les méthodes d'exploitation souterraines mises en œuvre sur les différentes concessions étudiées laissent supposer l'existence de vides résiduels au sein des travaux miniers (galeries d'infrastructures ou isolées, dépilages notamment).

L'exploitation réalisée par dépilage puis foudroyage des terrains, n'est pas de nature à maintenir des vides importants. Néanmoins, l'existence de défauts dans les foudroyages et de galeries principales et/ou de roulage non foudroyées peuvent conduire, lorsqu'ils sont situés à faibles profondeurs, à des phénomènes d'effondrements localisés. Cet aléa est donc à prendre en compte pour ces configurations.

- ✓ **Les zones potentiellement affectées par des travaux miniers**

Il s'agit de travaux dont les caractéristiques sont très mal connues ou pour lesquelles la localisation n'est pas clairement identifiée. Dans le cas présent, quelques zones de ce type ont été définies.

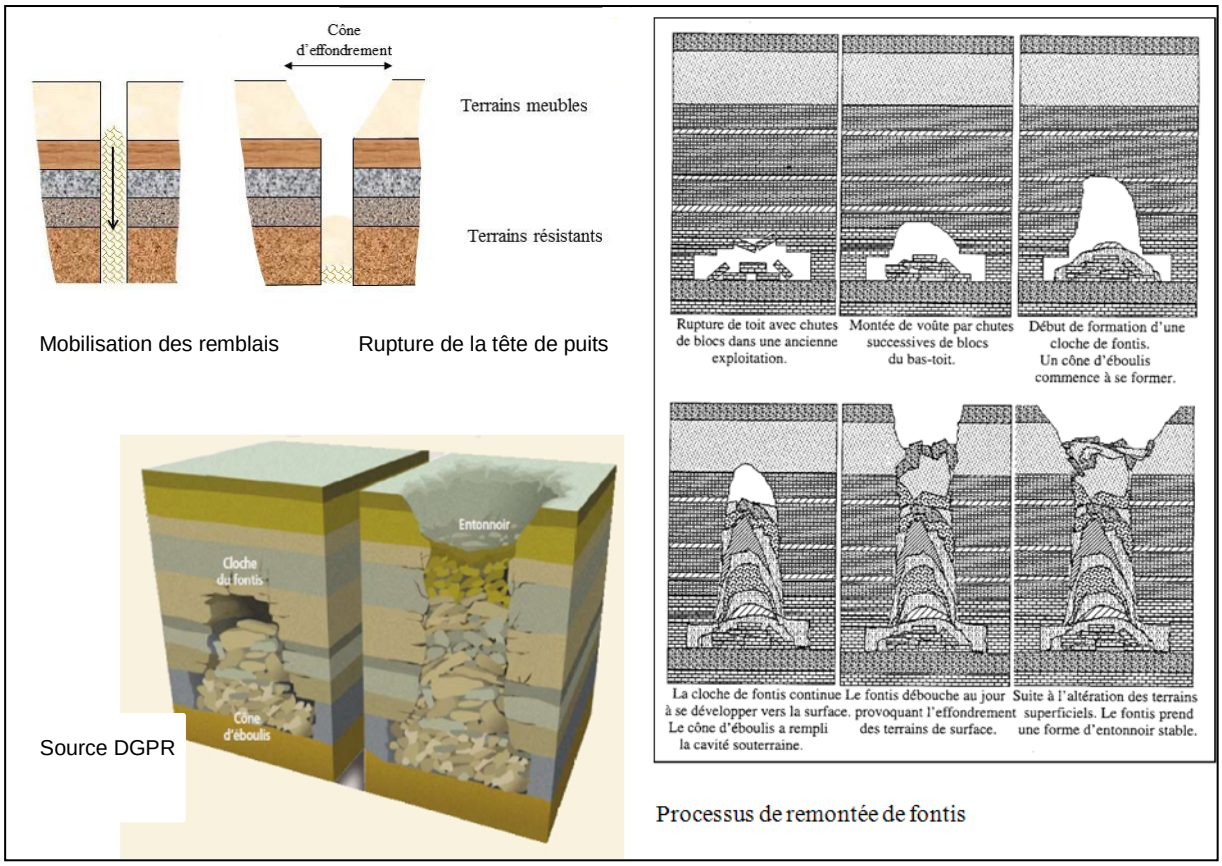

Figure 15 : Schématisations des processus à l'origine des effondrements localisés

5.2.1 Effondrement localisé lié aux puits

5.2.1.1 Phénomènes redoutés

Deux principaux phénomènes peuvent être observés à l'aplomb d'un puits : mobilisation des remblais au sein de la colonne du puits et rupture de la tête de puits.

- Mobilisation des remblais au sein de la colonne de l'ouvrage

Le remblai déversé au sein de la colonne peut évoluer par compaction naturelle, par remaniement en présence d'eau ou encore par comblement des vides résiduels de l'ouvrage (Figure 15). En fonction de la vitesse du mouvement, il peut s'agir de tassement ou de coulissage de remblais. Mais le mécanisme le plus brutal est le débourrage soudain du matériau qui migre dans les recettes ou infrastructures non obturées et connectées au puits. La rupture d'anciens planchers peut également conduire au débourrage brutal des remblais provoquant un effondrement localisé.

- Rupture de la tête de l'ouvrage

Pour les ouvrages miniers dont la partie sommitale n'est pas remblayée, dont les remblais ont débourré ou dont la présence d'un vide au sein de la colonne existe, le phénomène qui peut se produire est la rupture du revêtement ou de la structure de maintien / fermeture mise en place en tête de l'ouvrage (Figure 15). Les conséquences d'un tel phénomène sont comparables à celle d'un effondrement localisé.

5.2.1.2 Configurations

Lors de la phase informative, 16 puits (dont 1 puits ouvert et en eau sur la concession de Montoulieu – ODJ n°29) ont été recensés sur l'ensemble de la zone d'étude.

Des mises en sécurité ont été réalisées lors de l'abandon des travaux sur la mine de Saint-Hippolyte-du-Fort en particulier. La plupart des puits ont été remblayés et parfois dallés. Néanmoins, en l'absence d'informations précises sur le mode de remblayage, on ne peut exclure la présence de vide, due à la méthode de remblayage ou au tassement des remblais, et donc l'occurrence d'un effondrement localisé. Une mobilisation des remblais du puits Etienne (ODJ n°5) a été constaté en août 2017 et janvier 2018 et le tassement des remblais du puits Travertin (ODJ n°4) était encore visible lors de notre visite sur le terrain en automne 2018. Ces travaux de mise en sécurité ne peuvent donc pas être considérés comme pérennes.

La typologie des puits au regard de l'évaluation de l'aléa effondrement localisé est généralement basée sur :

- le type d'ouvrage : puits d'exploitation, puits de recherche (borgne, stérile),
- les dimensions (diamètre, profondeur, etc.),
- les recettes : nombre, profondeur,
- les modalités de traitement (dalle, remblayage, aucun, etc.),
- le revêtement de l'ouvrage (bois, maçonnerie, etc.),
- la date de fonçage,
- l'état actuel du puits en surface,
- le niveau d'eau et la situation vis-à-vis de la remontée des eaux,
- l'accidentologie, phénomènes connus et/ou observés lors de la mise en sécurité,
- les terrains de recouvrements : épaisseur, nature.

Remarque : La remontée des eaux ou le battement de la nappe étant la phase la plus critique pour la mobilisation des remblais au sein de la colonne de l'ouvrage, un ouvrage remblayé sera considéré comme plus sensible si le niveau d'eau n'est pas stabilisé. Sur l'ensemble des

secteurs étudiés, la situation hydrogéologique est actuellement stabilisée et n'influencera donc pas l'évaluation de l'aléa.

Selon les données collectées, les puits sur le secteur d'étude, ont été classés en trois catégories, basées sur leur traitement[15]:

- les ouvrages vides : puits retrouvés ouverts et vides lors des visites sur le terrain. Un seul ouvrage appartient à cette catégorie (ODJ n°29).
- les ouvrages traités[16] : puits notés remblayés, dallés, ou avec un bouchon béton. Six puits sont concernés (ODJ n°2, n°3, n°4, n°5, n°39, n°58).
- les ouvrages au traitement inconnu : puits au traitement inconnu et dont la profondeur peut atteindre 130 m (ODJ n°27, n°28, n°30, n°31, n°60, n°61, n°62, n°63, n°71). Neuf ouvrages appartiennent à cette catégorie.

5.2.1.3 Evaluation de la prédisposition

Compte tenu de ces éléments, un niveau de prédisposition **sensible** à la présence de vide et à la mobilisation des remblais au sein de la colonne de l'ouvrage est retenu pour l'ensemble des puits. Un niveau de prédisposition sensible a aussi été retenu pour les ouvrages traités pour tenir compte du désordre survenu sur le puits Etienne qui était traité par remblayage.

Faute de données suffisantes, il n'a pas été possible d'évaluer en détail la prédisposition à la rupture de la tête de l'ouvrage. Par conséquent, cette prédisposition sera identique à la prédisposition à la présence de vide pour tous les puits étudiés.

5.2.1.4 Evaluation de l'intensité

L'intensité de l'effondrement est principalement tributaire de la géométrie et du volume de l'ouvrage et de la nature des terrains de surface.

D'une manière générale, la mobilisation des remblais est d'intensité plus importante si le puits possède un grand diamètre. Autre cas de figure, la rupture de la tête de puits peut conduire à des effondrements conséquents si le volume pouvant accepter le matériau éboulé au sein du puits est élevé ; d'autre part, l'extension latérale de l'effondrement augmente si l'épaisseur des terrains meubles ou altérés est importante.

Très peu d'informations ont été retrouvées quant aux dimensions des puits présents sur le secteur d'étude. Pour les 5 ouvrages renseignés, le diamètre varie principalement entre 2 et 3,5 m. Forfaitairement, un diamètre de 2 m sera défini pour l'ensemble des puits dont les dimensions ne sont pas connues.

D'autre part, l'extension latérale de l'effondrement augmente si l'épaisseur des terrains meubles ou altérés de surface est importante (tout en étant limitée par le volume des vides disponibles). Les observations de terrain révèlent que l'épaisseur des terrains peu cohérents de surface est estimée à 1 m, 2 m et 3 m selon les sites de travaux. L'angle de talus associé à ces terrains est majoré à 45°.

---

[15] *Faute de données collectées, les autres critères ne sont pas discriminants*

[16] *Seuls les ouvrages pour lesquels le corps a été remblayé sont comptabilisés dans cette catégorie. Lorsque la tête de l'ouvrage a été remblayée ou éboulée, sans information sur le traitement du corps, les ouvrages sont comptabilisés dans la catégorie « traitement inconnu ».*

En considérant ces valeurs, nous en déduisons que le diamètre des effondrements n'excèderaient pas 8 m (2 m de diamètre de puits et 6 m d'extension latérale).

Par conséquent, le niveau d'intensité retenu pour le phénomène d'effondrement localisé lié aux puits et entrées de descenderies est **modéré**.

5.2.1.5 Evaluation du niveau d'aléa

Par croisement de la prédisposition avec l'intensité (Tableau 1), nous avons retenu un aléa effondrement localisé de niveau **moyen** pour l'ensemble des puits.

5.2.2 Effondrement localisé lié aux galeries

5.2.2.1 Phénomènes redoutés

Le principal phénomène redouté correspond à la chute du toit des galeries de recherche, travers-bancs, galeries de niveau ou recoupes, lorsque ces ouvrages se trouvent à faible profondeur. Cette rupture de toit engendre la création d'une cloche de fontis qui se propage plus ou moins rapidement vers la surface. En fonction de critères géométriques et de la nature des matériaux composant le toit et le recouvrement, le fontis peut se stabiliser et ne pas atteindre la surface – on parle alors d'autocomblement par foisonnement.

A contrario il peut se propager vers les terrains affleurant et provoquer au sein de ceux-ci la création brutale d'un entonnoir qui marque la surface (Figure 16). Les paramètres qui influent sur le volume mobilisé en surface sont identiques au cas des puits : volume souterrain disponible, capacité de foisonnement des matériaux lors de la remontée du fontis, nature et épaisseur des terrains affleurant.

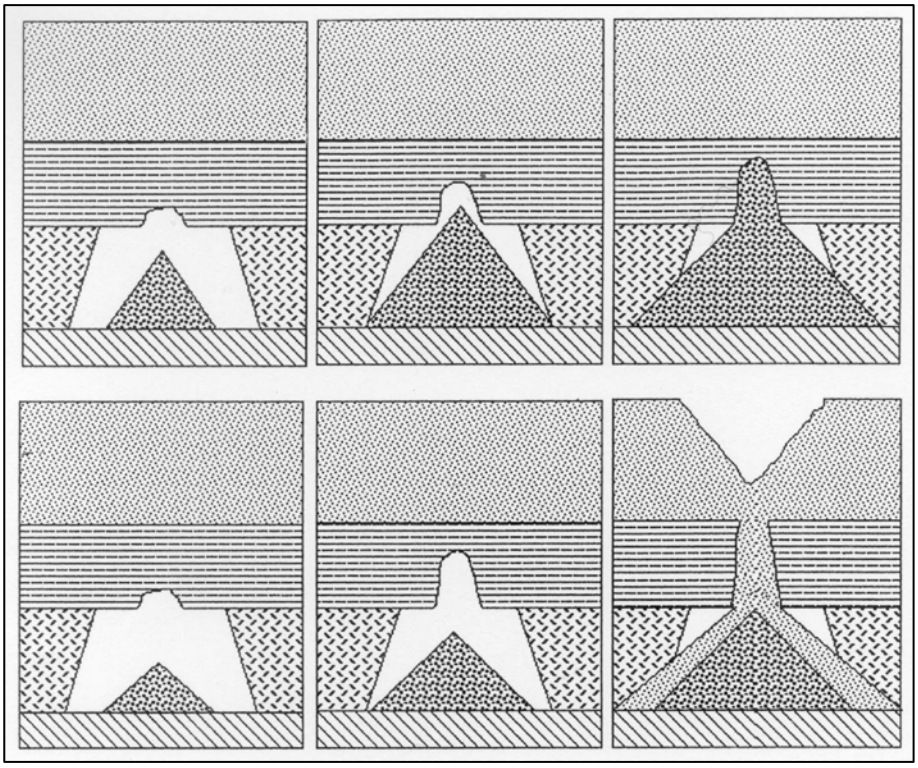

Figure 16 : Schéma de principe de la remontée d'un fontis

5.2.2.2 Evaluation de la prédisposition

Pour évaluer la prédisposition d'apparition d'un effondrement localisé, il convient de prendre en compte les facteurs suivants :

- la présence de vides à faible profondeur,
- les caractéristiques des travaux (pendage, dimensions, etc.),
- la nature de l'encaissant et du recouvrement,
- les phénomènes déjà observés en surface.

Sur l'ensemble du secteur d'étude, les galeries correspondent soit à des galeries de recherche, soit à des descenderies ou des galeries d'accès depuis la surface, soit à des galeries de roulage situées le plus souvent entre deux secteurs d'exploitation, soit encore des dynamitières.

Dans les documents d'archives, nous n'avons retrouvé que peu de données concernant les dimensions de ces ouvrages. Néanmoins, d'après les plans d'exploitation et les quelques galeries inspectées sur le terrain, nous supposons que ces ouvrages ont une hauteur de l'ordre de 2 m et une largeur comprise entre 1,5 m et 2 m.

Peu de travaux de remblayage ou plus généralement de mises en sécurité sont mentionnés dans les archives consultées. Par contre, certaines galeries se sont effondrées au fil du temps. Ainsi, les entrées de galerie pour houille de Sounalou semblent pour la plupart effondrées. Une seule entrée de galerie de recherche a été retrouvée ouverte et accessible (ODJ n°38).

Dans ce contexte, pour déterminer la hauteur limite de remontée du phénomène d'effondrement localisé, induit par la rupture du toit des galeries situées à faible profondeur, un calcul volumétrique[17] probabiliste (3000 simulations) de montée de cloche a été appliqué (Figure 17).

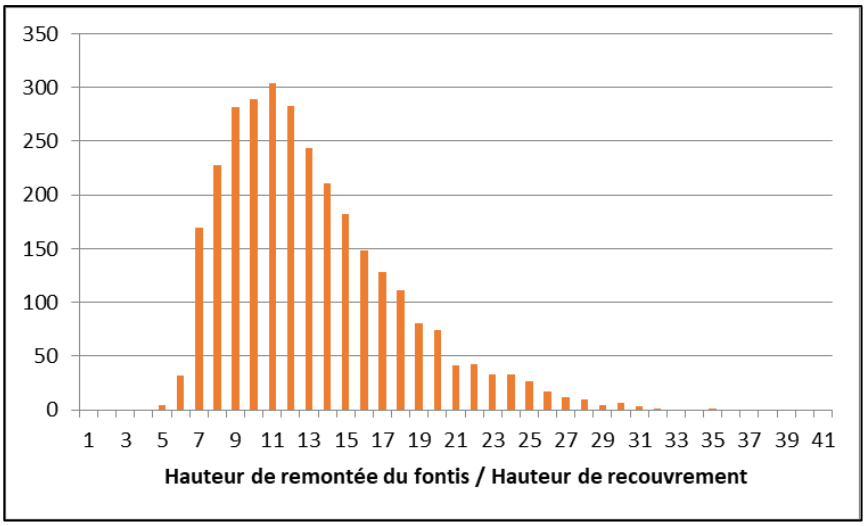

Figure 17 : Résultats des simulations de remontées de fontis sur les galeries

Le modèle de calcul utilisé prend en compte les paramètres suivants :

- caractéristiques géométriques des galeries isolées exploitées (vides résiduels liés aux galeries et descenderies). D'expérience, un rayon de fontis égal à 80% ou 100% du rayon maximal possible a été retenu.
- coefficient de foisonnement des matériaux (capacité/aptitude à augmenter le volume après remaniement) : 1,3 à 1,4 valeurs représentatives des grès, schistes et calcaires d'après GTR[18].
- angle de talus naturel (pente à l'équilibre des matériaux éboulés) : 40 à 50°.

Sans précisions sur les caractéristiques de remblayage des galeries d'exploitation, il a été décidé de ne pas tenir compte de cette information dans l'évaluation de la prédisposition à l'effondrement localisé.

Les simulations réalisées avec l'ensemble des paramètres listés ci-dessus, représentatifs du contexte minier et géologique du secteur étudié, conduisent à une hauteur de remontée de fontis (99 % des résultats compris dans cette tranche de valeurs) de 30 m, pour l'ensemble des galeries isolées.

Notons également que quelques désordres ont été observés en tête de galerie (D2) ou dans le prolongement de celles-ci jusqu'à une profondeur de 10 m environ (D1).

Compte tenu de la nature des terrains de recouvrement[19], il est peu probable qu'un banc suffisamment épais et résistant soit présent pour bloquer une remontée de voûte dans ces

[17] *Voir Evaluation du risque d'apparition d'un fontis en surface, C. Didier et R. Salmon, INERIS JNGG, 2004*
[18] *Guide des Terrassements Routiers. LCPC – SETRA, 2000*

quartiers d'exploitation. Rappelons que les archives mentionnent des travaux de boisage pour conforter le toit des vides.

Par contre, pour les concessions de Ganges et Deux-Jumeaux, on note la présence d'un recouvrement constitué de bancs de calcaire. Ce type de recouvrement et les rares désordres observés uniquement en tête de galerie laisse supposer que la prédisposition à l'apparition d'un effondrement en surface est limitée au-delà de quelques mètres de recouvrement.

Nous retiendrons à partir de ces informations, une prédisposition :

- **sensible** pour les têtes de galeries entre la surface et 10 m de profondeur,
- **peu sensible** pour les galeries isolées situées entre 10 et 30 m de profondeur, sur les concessions de Sounalou, Saint-Hippolyte-du-Fort et Montoulieu,
- **nulle** pour les galeries des concessions de Ganges et Deux-Jumeaux situées entre 10 et 30 m de profondeur,
- **nulle** pour les galeries situées au-delà de 30 m de profondeur.

Cas des dynamitières : les dimensions de deux dynamitières situées sur les concessions de Saint-Hippolyte-du-Fort et de Sounalou sont précisées sur les Figures 14 et 15. Ces ouvrages souterrains probablement soutenus par une maçonnerie en certains endroits, creusés dans des terrains meubles de surface, ne semblent pas avoir été traités (vides résiduels fortement suspectés).

Dans ce contexte, les paramètres suivants ont été pris en compte :

- caractéristiques géométriques des dynamitières : galerie rectangulaire de 2 m × 2 m. d'expérience, un rayon de fontis égal à 80% ou 100% du rayon maximal possible a été retenu,
- coefficient de foisonnement des matériaux (capacité/aptitude à augmenter le volume après remaniement) : 1,3,
- angle de talus naturel (pente à l'équilibre des matériaux éboulés) : 45°.

Les résultats montrent qu'un fontis peut remonter à plus de 20 m dans ces configurations particulières. Nous retiendrons une prédisposition **sensible** pour l'ensemble des galeries constituant les deux dynamitières étudiées (situées à moins de 15 m de profondeur).

5.2.2.3 Evaluation de l'intensité

L'intensité du phénomène d'effondrement localisé est définie à partir des dimensions du cratère susceptible d'apparaître au jour. Ce cratère est issu de l'évasement d'une colonne vide formée autour de la galerie par éboulement des terrains. La dimension de la section de cette colonne est directement liée à la largeur de la galerie et à la nature et à la qualité des matériaux de surface.

Sur l'ensemble du secteur d'étude, les galeries ont une hauteur de l'ordre de 2 m et une largeur comprise entre 1,5 m et 2 m.

---

[19] *Poudingues et marnes gréseuses pour la concession de Montoulieu, gréso-schisteuse pour la concession de Sounalou*, *bancs de calcaire avec passées marneuses pour la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort*

L'épaisseur des terrains peu cohérents de surface est estimée à 1 m, 2 m et 3 m selon les quartiers de travaux. L'angle de talus associé à ces terrains est majoré à 45°.

La largeur des vides couplée à l'épaisseur des terrains peu cohérents conduit à estimer un cratère potentiel de diamètre de moins de 8 m, d'après la formule suivante [2] :

$$R = R_{cloche} + h_c \times \cot \alpha$$

Avec :

R_{cloche} : rayon de la cloche de fontis (= 0,5 x largeur de la galerie)

H_c : épaisseur des terrains peu cohérents (1 m)

α **:** angle de talus naturel (45°)

Les désordres observés présentent des diamètres compris entre 1,5 et 3 m.

Cette estimation conduit à définir les intensités des effondrements localisés potentiel suivants :

- niveau **modéré** (diamètres entre 5 et 10 m [1] [3]) pour les concessions de Montoulieu, Sounalou et Saint-Hippolyte-du-Fort ;
- niveau **limité** pour les concessions de Ganges et Deux-Jumeaux, où les terrains peu cohérents de surface sont moins épais.

5.2.2.4 Evaluation du niveau d'aléa

Par croisement de la prédisposition et de l'intensité (Tableau 1), les niveaux d'aléa effondrement localisé lié aux galeries isolées sont reportés dans le tableau 7. Nous avons retenu :

- un niveau **moyen** pour les deux dynamitières (concessions de Saint-Hippolyte-du-Fort et Sounalou),
- un niveau **moyen** pour les têtes de galerie situées à moins de 10 m de profondeur (concessions de Sounalou, Saint-Hippolyte-du-Fort et Montoulieu),
- un niveau **faible** pour les têtes de galerie situées à moins de 10 m de profondeur (concessions de Ganges et deux-Jumeaux),
- un niveau **faible** pour les têtes de galerie situées à moins de 10 m de profondeur (concessions de Ganges et Deux-Jumeaux),
- un niveau **faible** pour les galeries situées entre 10 et 30 m de profondeur (concessions de Sounalou, Saint-Hippolyte-du-Fort et Montoulieu),
- un niveau **nul** pour les galeries des concessions de Ganges et Deux-Jumeaux situées entre 10 et 30 m de profondeur et pour toutes les galeries au-delà de 30 m de profondeur.

Concessions	Configuration des travaux souterrains	Prédisposition	Intensité	Niveau d'aléa
Sounalou	Galeries situées à moins de 10 m de profondeur	Sensible	Modérée	Moyen
	Galeries situées entre 10 et 30 m de profondeur	Peu sensible	Modérée	Faible

Concessions	Configuration des travaux souterrains	Prédisposition	Intensité	Niveau d'aléa
	Dynamitière	Sensible	Modérée	Moyen
Montoulieu	Galeries situées à moins de 10 m de profondeur	Sensible	Modérée	Moyen
	Galeries situées entre 10 et 30 m de profondeur	Peu sensible	Modérée	Faible
Ganges	Galeries situées à moins de 10 m de profondeur	Sensible	Limitée	Faible
Deux-Jumeaux	Galeries situées à moins de 10 m de profondeur	Sensible	Limitée	Faible
Saint-Hippolyte-du-Fort	Galeries situées à moins de 10 m de profondeur	Sensible	Modérée	Moyen
	Galeries situées entre 10 et 30 m de profondeur	Peu sensible	Modérée	Faible
	Dynamitière	Sensible	Modérée	Moyen

Tableau 7 : Récapitulatif des aléas retenus sur les galeries isolées situées sur le secteur d'étude

5.2.3 Effondrement localisé lié aux zones exploitées par tailles et tranches

5.2.3.1 Evaluation de la prédisposition

Comme pour les galeries isolées, peu de données concernant les dimensions des chambres d'exploitation ont été retrouvées en archives. Néanmoins, d'après les plans d'exploitation et les quelques travaux inspectés sur le terrain, nous supposons que ces ouvrages ont une hauteur comprise entre 1 et 2 m et une largeur comprise entre 2 et 3 m.

Sur la concession de Sounalou par exemple, les tailles étaient probablement remblayées ou éboulées. Mais l'existence d'éboulements partiels ou de remblayages non clavés peut occasionner des vides résiduels.

Sur la concession des Deux-Jumeaux, le minerai était pris par tranches horizontales de 2 m de hauteur, dans l'ordre ascendant, chaque tranche était enlevée par des recoupes de 2,5 à 3 m de large.

Dans ce contexte, et avec les mêmes paramètres que ceux explicités au point 5.2.2, le calcul volumétrique probabiliste (3000 simulations) de montée de cloche a été appliqué ici (Figure 18).

Nous retiendrons ainsi, une prédisposition :

- **peu sensible** pour les zones exploitées (tailles/tranches) comprises entre 0 et 20 m de profondeur. Ce niveau tient notamment compte des doutes sur la présence de vides résiduels au sein de ce type de travaux (remblayage, éboulements, etc.),

- **nulle** pour toutes les autres tailles situées au-delà de 20 m de profondeur.

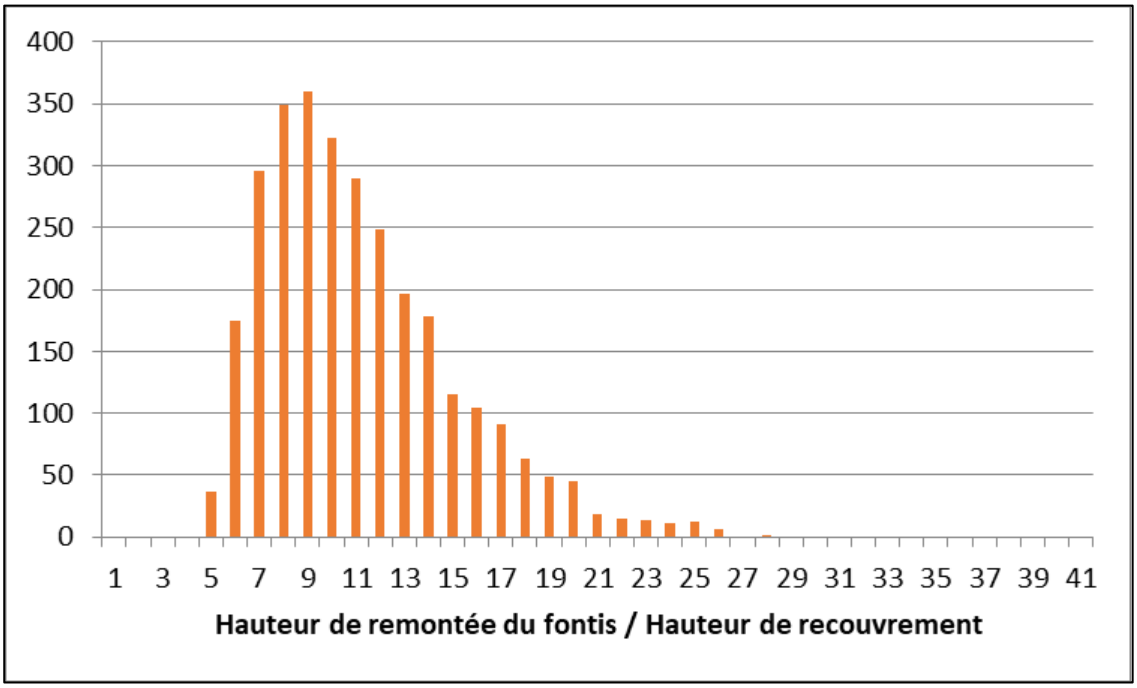

Figure 18 : Résultats des simulations de remontées de fontis sur les chambres d'exploitation (tailles)

5.2.3.2 Evaluation de l'intensité

Comme pour les galeries, les fontis attendus ne dépassent pas 10 m de diamètre soit une intensité **modérée**.

5.2.3.3 Evaluation du niveau d'aléa

Le croisement des niveaux de prédisposition et d'intensités retenues conduisent à retenir un aléa effondrement localisé de niveau **faible** sur l'ensemble des zones exploitées (tailles/tranches) situées à moins de 20 m de profondeur.

Remarque :

- L'ensemble des travaux de la concession de Montoulieu se situent à plus de 20 m de profondeur. Aucun aléa n'a donc été retenu à l'aplomb de ces travaux.
- Les zones de travaux visités du quartier de la Jasse Rouge sur la concession de Ganges (aucun plan retrouvé en archives), se situent de toute évidence au-delà de 20 m de profondeur (topographie marquée). Seul un aléa lié aux galeries à moins de 10 m de profondeur a été retenu sur ce secteur.
- Sur la concession de Ganges, les autres travaux sont situés à plus de 20 m de profondeur. Aucun aléa n'a donc été retenu à l'aplomb de ces travaux.
- Sur la concession de Deux-Jumeaux, seule une chambre d'exploitation située à moins de 20 m de profondeur, a été reconnue sur le quartier de Bois Madame. Un aléa effondrement localisé de niveau faible a été retenu sur ce quartier.

- Sur la concession de Sounalou, seul un panneau a été exploité entre 15 et 20 m de profondeur. Un aléa effondrement localisé de niveau faible a été retenu à l'aplomb de ce panneau.
- Les travaux par tailles ne sont pas explicitement cartographiés sur les plans miniers de la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort. Seules les galeries de roulage et travers-bancs sont représentés. Par sécurité et de manière forfaitaire, il a été choisi de considérer l'ensemble de l'emprise des travaux situés à moins de 20 m de profondeur en aléa effondrement localisé de niveau faible (en lien avec la présence possible de zones exploitées).

5.2.4 Effondrement localisé lié aux zones potentiellement affectées par des travaux miniers

Plusieurs zones potentiellement affectées par des travaux miniers ont été définies sur l'ensemble des sites étudiés (Tableau 8).

La démarche d'évaluation des aléas mouvements de terrain sur ce type de travaux est similaire à celle détaillée précédemment pour les travaux dont le détail (plan et localisation) est disponible. Seule la prédisposition est impactée par ce manque d'informations. En effet, les incertitudes sur la localisation et les caractéristiques (étendue et profondeur des travaux notamment), doivent être intégrées dans l'évaluation de la probabilité d'occurrence d'un phénomène. Ainsi, une prédisposition tout au plus peu sensible peut être retenue.

Un aléa effondrement localisé de **niveau faible**, croisement d'une intensité **limitée** ou modérée avec une prédisposition au plus **peu sensible**, est retenu sur ces zones potentiellement affectées par des travaux miniers.

Aucun aléa n'est retenu autour des deux indices de travaux (I1 et I2).

Localisation	Type des travaux supposés	Profondeur des travaux supposés
Concession des Deux-Jumeaux – Quartier de Ferrussac	Travaux avérés mais non cartographiés (puits, galeries traçantes, travers-bancs)	Inconnue
Concession des Deux-Jumeaux – Fractures minéralisées	Travaux suspectés (galeries, tranchées)	0 - 50 m
Concession de Ganges – Quartier Liotard	Travaux avérés mais non cartographiés (puits, galeries traçantes, travers-bancs)	0 - 40 m
Concession de Saint-Hippolyte-du-Fort – Quartier La Fournarie (ouvrages de la Sagne)	Travaux suspectés (galeries, puits)	0 – 20 m
Travaux de Cruvellier	Travaux avérés mais non cartographiés avec précision (galeries de recherche)	0 – 20 m
Travaux de la Cadière[20] (galerie Chauvet et indices miniers I1 et I2)	Travaux avérés mais non cartographiés avec précision (galeries de recherche)	0 – 25 m

Tableau 8 : Récapitulatif des zones potentiellement affectées par des travaux miniers

[20] *Un aléa effondrement localisé de niveau moyen a été cartographié au droit de l'entrée de la galerie Chauvet (ODJ n°91), retrouvée éboulée sur le terrain*

5.3 Evaluation de l'aléa tassement sur dépôts

Le phénomène de tassement se manifeste par la réduction de volume d'une couche de matériaux, du fait notamment du réarrangement des particules qui la constitue et de la diminution de sa porosité. Ce phénomène peut se déclencher sous l'action de perturbations extérieures (application d'une surcharge, battement de nappe d'eau, sollicitations vibratoires, etc.) ou sous l'effet du poids des terrains.

Dans le cadre de l'après-mine, on parle de tassement lorsque les mouvements du sol ne résultent pas de l'extraction du minerai (et donc de la création de vides souterrains) mais s'expliquent par la compaction d'un massif meuble (amas de matériaux granulaires) ou affecté indirectement par les travaux souterrains (terrains foudroyés, effondrés, …).

Nous considérons que tous les dépôts observés peuvent être soumis à ce phénomène.

Remarque : au-dessus des travaux miniers les plus superficiels, il pourrait être envisagé un aléa tassement, mais nous verrons que ces zones sont déjà couvertes par l'aléa effondrement localisé majorant. L'aléa tassement sur travaux souterrains n'est donc pas cartographié.

La phase informative a permis de recenser 28 dépôts sur l'ensemble de la zone d'étude. Chacun de ces dépôts est susceptible d'être le siège de phénomènes de tassement.

5.3.1 Evaluation de la prédisposition

Parmi les principaux facteurs de prédisposition aux tassements sur dépôts, nous retenons :

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

Bien qu'aucun phénomène de tassement n'ait été recensé (aucun suivi particulier n'a par ailleurs été mené), ce phénomène ne peut pas être exclu. Notamment parce que la mise en place de ces dépôts, vraisemblablement par simple déversement, ne garantit pas une compaction complète. Les épaisseurs des dépôts, comprises entre 1 m et moins d'une dizaine de mètres.

Compte tenu des caractéristiques des dépôts recensés, nous proposons d'exclure l'aléa tassement des dépôts limités ; les moins hauts et de moins de 100 m^2 de superficie. Il s'agit des dépôts T5, T9, T18, T21, T26 et T28. Nous proposons de retenir une prédisposition **peu sensible** pour les autres dépôts.

5.3.2 Evaluation de l'intensité

Les conséquences redoutées résultent principalement du fait que la surface peut être affectée par des tassements différentiels susceptibles d'engendrer des effets sur les bâtiments et les infrastructures.

En présence de tassements différentiels, c'est principalement l'amplitude verticale des mouvements qui conditionne l'intensité du phénomène prévisible. L'amplitude de ces tassements différentiels est difficile à prévoir précisément. Saul exception, elle demeure **limitée** à un ordre de grandeur centimétrique ou décimétrique tout au plus.

5.3.3 Evaluation du niveau d'aléa

Par croisement de la prédisposition avec l'intensité, nous avons retenu un aléa tassement de niveau **faible** pour l'ensemble des dépôts à l'exception de T5, T9, T18, T21, T26 et T28 non concernés par cet aléa.

5.4 Evaluation de l'aléa glissement sur dépôts

Les mouvements de pente de type glissement constituent le type de désordres le plus couramment observé le long des flancs des ouvrages de dépôts, des digues et de certains versants de découvertes creusées en roche meuble. On distingue :

- Les glissements superficiels : il s'agit de phénomènes généralement lents et mettant en jeu des volumes de matériau restreints (quelques dizaines de m^3). Ils prennent principalement la forme de glissements pelliculaires ou de rigoles de ravinement, parfois profondes, avec pour conséquence l'épandage de matériau en pied. Si les éboulis ne sont pas remaniés, la configuration redevient stable et l'instabilité cesse,

- Les glissements profonds : ils résultent du mouvement d'une masse de terrain le long d'une zone de rupture définie par une surface continue (dont la forme peut être circulaire, plane ou quelconque) et dont la vitesse de déplacement en phase critique, varie fréquemment de quelques millimètres à quelques mètres par heure. Les volumes concernés, qui peuvent s'avérer importants, se répandent vers l'aval sous forme de cônes d'épandage et peuvent être à l'origine de la dégradation des éventuels bâtis et ouvrages situés en pied. Il peut également d'avérer nécessaire de s'attacher à caractériser les effets que ces mouvements de masse peuvent produire sur les terrains situés à l'amont du talus (effet de recul de crête).

5.4.1 Evaluation de la prédisposition

La prédisposition à ce type de mouvements de terrain dépend de la pente, de la nature des matériaux qui constituent les talus, de la végétalisation et de la configuration du terrain d'assise. Elle peut être aggravée par des mises en charge hydrauliques locales et éventuellement par des phénomènes d'érosion et/ou des prélèvements anthropiques.

C'est le cas sur les sites miniers de cette étude où certains dépôts sont volumineux et présentent de grandes ravines (phénomènes de glissements superficiels) car déversés sur un relief penté et soumis à de forts épisodes de ruissellement (Photos 21 et 22 en annexe 2).

Dans ces conditions, on considère que tous les dépôts non ponctuels et dont la pente est supérieure à 30° et/ou dont la hauteur est supérieure (ou égale) à 5 m peuvent être le sujet de mouvements de pente. Il s'agit des dépôts suivants : T1, T2, T14 et T15 sur la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort ; T12 sur la concession de Ganges ; T4 sur la concession de Sounalou ; T8, T10, T11, T23, T24, T25 et T27 sur la concession des Deux-Jumeaux.

Les 14 autres dépôts observés, présentent des hauteurs relativement faibles (inférieures à 5 m). en outre, ils sont souvent végétalisés, on peut exclure, pour ceux-ci, que des mouvements se produisent le long de leurs pentes.

Compte tenu des observations de terrain, nous avons retenu une prédisposition :

- **Sensible** pour les grands dépôts situés en forte pente et peu végétalisés. Il s'agit de T8, T10, T11, T14, T27[21],
- **Peu sensible** sur les dépôts T1, T2, T4, T12, T15, T23, T24 et T25.

5.4.2 Evaluation de l'intensité

C'est le volume de matériau susceptible d'être mis en mouvement qui influe sur l'intensité de ces mouvements de pente.

Les configurations des dépôts observés orientent les mouvements de pente potentiels vers des ravinements ou des glissements plus ou moins marqués. Compte tenu de la dimension des pentes des talus mis à nu, les volumes mobilisables peuvent atteindre des centaines de m^3. Ainsi, une intensité **modérée** est finalement retenue [1].

5.4.3 Evaluation du niveau d'aléa

Par croisement de la prédisposition avec l'intensité, nous retenons :

- un niveau **moyen** pour les dépôts T8, T10, T11, T14 et T27,
- un niveau **faible** pour les dépôts T1, T2, T4, T12, T15, T23, T24 et T25.

5.5 Evaluation de l'aléa mouvements de pentes rocheuses

5.5.1 Phénomènes redoutés

Ce type de phénomène se caractérise par un mouvement de pente soudain au cours duquel des masses rocheuses, plus ou moins volumineuses, issues de fronts de fosses à ciel ouvert creusées dans des massifs de roches dures, avec de forts angles de talus, se détachent de la paroi et chutent au pied du front.

5.5.2 Evaluation de la prédisposition

Des fronts de taille variés ont été observés sur la majorité des sites miniers étudiés. Ils témoignent d'anciennes exploitations à ciel ouvert, nommées aussi découvertes sur la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort, par tranchées à l'affleurement sur les concessions de Ganges et Deux-Jumeaux. Compte tenu de la morphologie subverticale et de la nature

[21] *Le dépôt T27 du quartier de Ferrussac sur la concession des Deux-Jumeaux n'a pu être observé sur le terrain. De manière sécuritaire, nous avons retenu pour ce dépôt, une prédisposition sensible, par similitude avec les dépôts des autres quartiers de la concession des Deux-Jumeaux*

rocheuse des fronts observés, les mouvements de pentes rocheuses sont potentiellement attendus.

La probabilité d'occurrence de ce type de phénomène dépend principalement de la géométrie des fronts, du réseau de discontinuités, de la pente et elle peut être aggravée par l'absence de système de gestion des eaux de ruissellement et éventuellement par des sollicitations dynamiques (gel/dégel, séisme, etc.).
L'existence de pentes localement prononcées (80 à 90°) et de fronts de taille de 4 à 15 m de hauteur sont des éléments favorables à l'occurrence de mouvements sur les fronts observés. De plus, la présence de discontinuités (fractures) est susceptible de faciliter leur détachement. Quelques blocs décimétriques à métriques ont notamment été observés en contrebas d'une grande partie des fronts rocheux sans qu'aucun éboulement majeur n'ait été observé ou recensé.

Dans ces conditions, une prédisposition **peu sensible** a été retenue pour l'ensemble des fronts rocheux identifiés.

5.5.3 Evaluation de l'intensité

C'est principalement le volume de matériau mis en mouvement qui influe sur l'intensité du phénomène. Compte tenu de la densité de discontinuités qui affectent l'ensemble des fronts rocheux observés sur le terrain, les volumes potentiellement mis en jeu sont attendus à moins de 10 m^3. De plus, faute de données précises sur la morphologie du front rocheux, il semble peu pertinent de les limiter à quelques dixièmes de m^3. Dans ces conditions, une intensité **modérée**, correspondant à des chutes de blocs de 0,1 à 10 m^3 [1], a été retenue.

5.5.4 Evaluation du niveau d'aléa

Par croisement de la prédisposition et de l'intensité, le niveau d'aléa chute de blocs est qualifié de **faible** pour l'ensemble des fronts rocheux.

5.6 Evaluation de l'aléa échauffement

Il s'agit généralement d'échauffements, accidentels ou spontanés, de matière organique persistant au sein d'anciens travaux souterrains ou d'ouvrages de dépôts qui peuvent initier la combustion du minerai charbonneux.

Cette combustion peut induire la disparition de matériau et, de fait, l'apparition de vides résiduels dont la fermeture pourrait conduire à des mouvements de terrain, mais aussi d'autres types de risques ou nuisances, plus critiques : incendies, points chauds ou être à l'origine de suraccidents (proximité de conduites de gaz, présence d'anciennes munitions enfouies au sein du dépôt, etc.).

Seul le second type de conséquence sera examiné ici. Le premier phénomène, intégré à l'analyse de l'aléa effondrement localisé, reste très peu probable sur les dépôts inventoriés du fait de leur hauteur et/ou volume limité.

Remarque : pour les concessions pour substances métalliques des Deux-Jumeaux, Ganges et Saint-Hippolyte-du-Fort, compte tenu de la nature des minerais exploités et des terrains

encaissants susceptibles d'être présents dans les stériles (peu sujets aux échauffements), cet aléa peut être écarté de toutes zones de travaux et dépôts.

La présence de feux souterrains pendant l'exploitation de certains quartiers de la mine de Sounalou confirme la possibilité pour la houille de s'échauffer en présence d'air (phénomène amplifié probablement par le boisage important des vieux travaux). La mine de Sounalou est par ailleurs faiblement grisouteuse.

Toutefois, d'autres secteurs comme par exemple la mine de Montoulieu, sont identifiés par leur absence de grisou. Notons qu'aujourd'hui la majorité des ouvrages débouchant au jour sont fermés, interdisant les circulations d'air dans les chantiers souterrains.
En outre, depuis la fermeture des travaux miniers et l'arrêt de l'exploitation (il y a une centaine d'années), aucun évènement de type incendie ou points chauds à proximité de puits de mine, d'affleurement ou de dépôts n'a été recensé.

Compte tenu de ces informations, même si une combustion est théoriquement toujours envisageable, sa probabilité d'occurrence n'a pas été jugée suffisamment représentative pour générer un aléa sur les travaux souterrains, les ouvrages débouchant au jour, les affleurements ou les dépôts houillers.

5.7 Cartographie des aléas

Les marges d'influence et d'incertitude liées respectivement à l'extension de l'aléa et à la précision des levés et des reports cartographiques, telles que définies dans les paragraphes suivants, sont intégrées aux zones d'aléas reportées sur les cartes présentées en annexe 7.

5.7.1 Cartographie de l'aléa effondrement localisé

5.7.1.1 Cartographie de l'aléa effondrement localisé lié aux puits

Le rayon de la zone d'aléa est défini à partir du centre du puits et comprend (Figure 19) :

- ✓ Le rayon du puits : « r_p »

  Remarque : forfaitairement, un diamètre de 2 m a été retenu pour l'ensemble des puits dont les dimensions ne sont pas connues.

- ✓ L'incertitude globale de localisation des puits : « I »

  Remarque : cette valeur s'ajoute au rayon r_p, et prend en compte l'incertitude du support cartographique, dans le cas présent, la BD Ortho® de l'IGN, mais aussi l'incertitude sur la localisation des puits et descenderies. Elle varie entre 3 et 50 m selon l'ouvrage considéré.

- ✓ La marge d'influence : « E »

  Remarque : cette valeur est relative à l'extension latérale du cône d'effondrement attendu :

$$E = h_c \times \text{cotan}(\alpha) = h_c \times \tan(90° - \alpha), \text{ soit 1 à 3 m ici.}$$

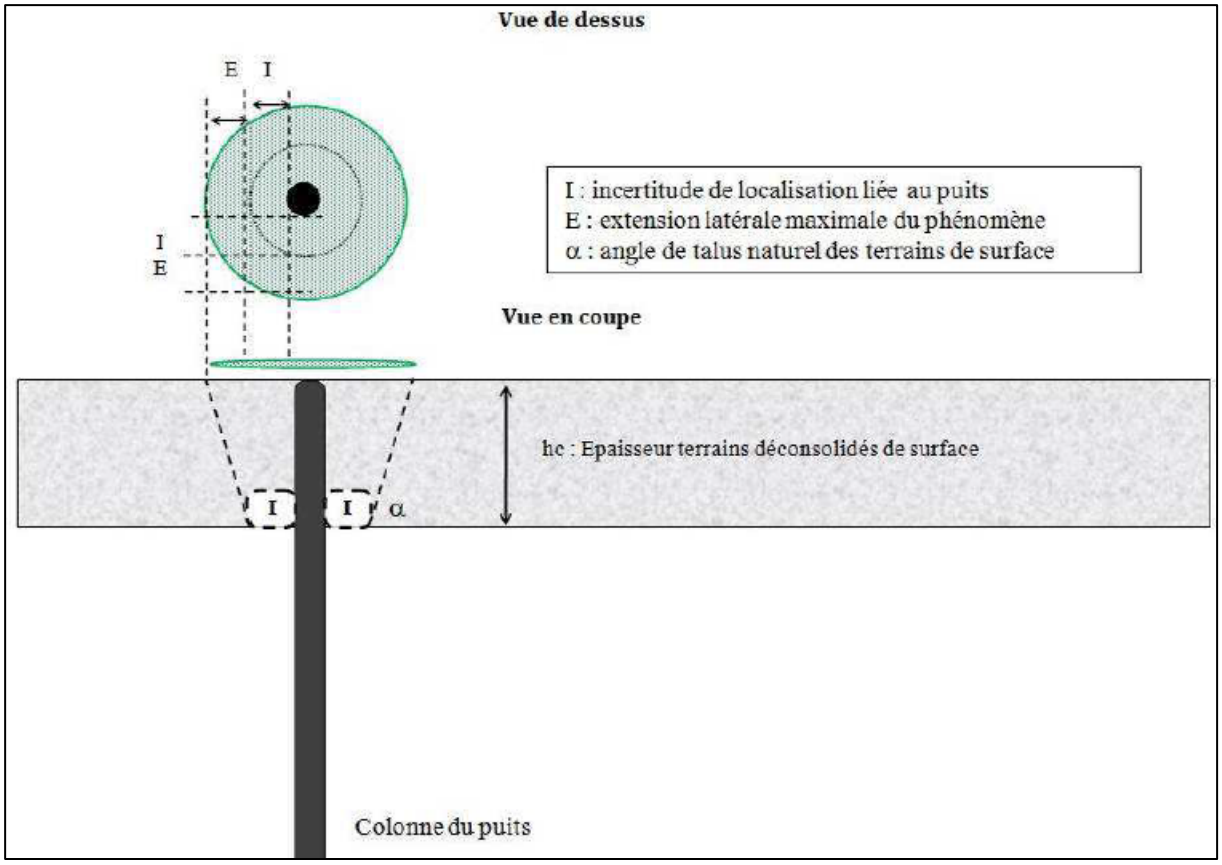

Figure 19 : Cartographie de l'aléa effondrement localisé (en vert) lié à un puits (source INERIS)

5.7.1.2 Cartographie de l'aléa effondrement localisé lié aux zones de galeries et travaux souterrains

- **Zones de travaux avérées**

Un raisonnement identique au précédent, permet de définir les marges de la zone d'aléa relative à un effondrement localisé de type fontis initié au toit d'une galerie isolée ou d'une chambre d'exploitation sur sa portion située entre la surface et une profondeur seuil. Ces marges sont définies à partir du tracé des cavités issu du calage des plans miniers (Figure 20) et comprend :

- ✓ l'emprise de la zone de travaux,
- ✓ l'incertitude globale de localisation des galeries : « I »,

  Remarque : elle est issue de l'incertitude du plan sur laquelle se trouve cet ouvrage (incertitude intrinsèque, incertitude liée à la reproduction du plan, incertitude liée à l'opération de calage et incertitude du fond BD Ortho de l'IGN). Les valeurs de cette incertitude varient de 3 à 30 m.
- ✓ la marge d'influence : « E »,

  Remarque : cette valeur est relative à l'extension latérale du cône d'effondrement attendu.

- **Zones potentiellement affectées par des travaux miniers**

Compte tenu des incertitudes et des approximations des tracés des enveloppes de ces zones potentiellement affectées par des travaux miniers, la zone d'aléa effondrement localisé correspond exactement aux limites de l'enveloppe de la zone potentiellement affectée par des travaux miniers ; aucune marge supplémentaire n'est intégrée.

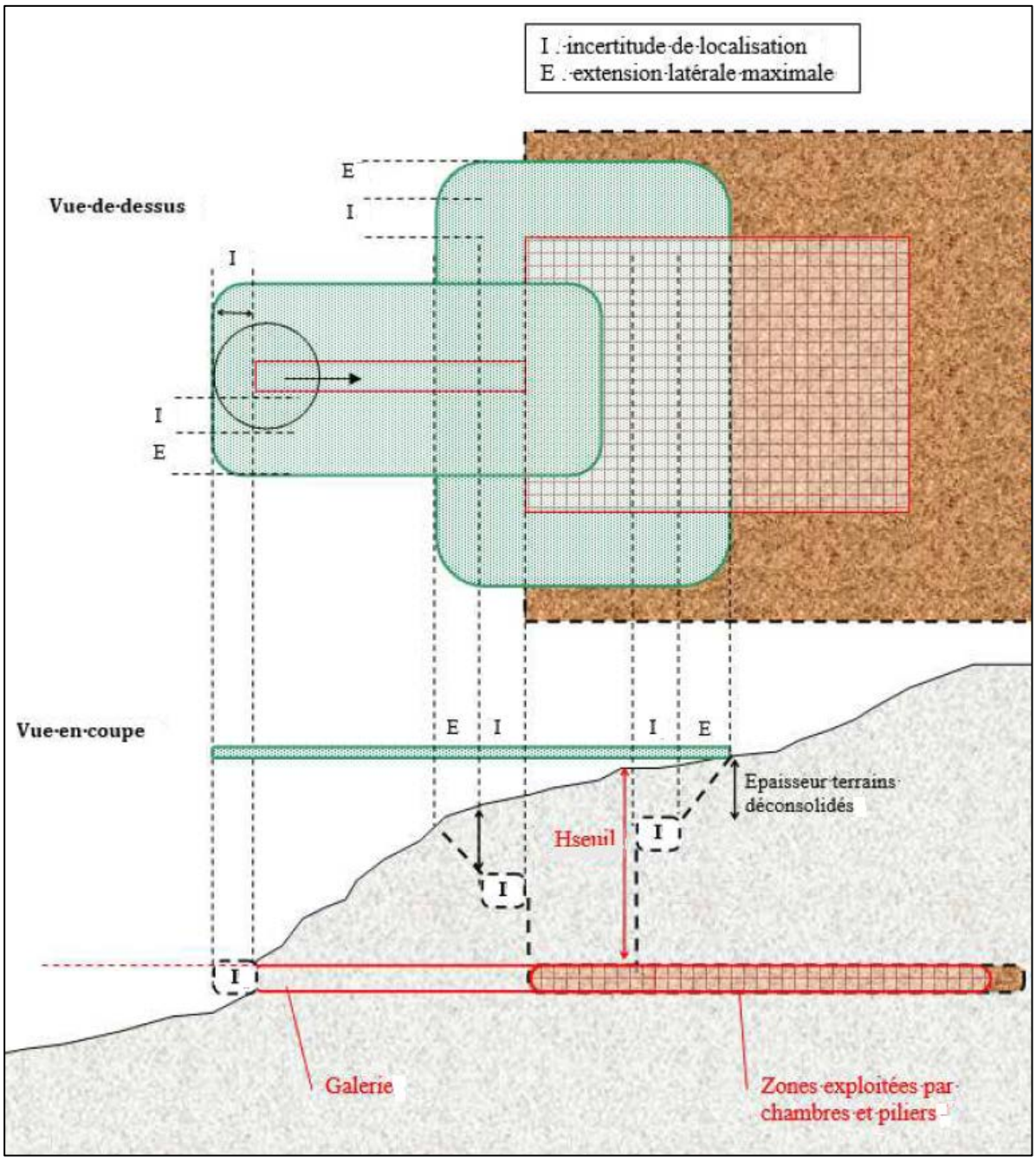

Figure 20 : Cartographie de l'aléa effondrement localisé (en vert) lié à une galerie ou à une zone de travaux souterrains (source INERIS)

5.7.1.3 Cartographie de l'aléa tassement sur dépôts

La cartographie de l'aléa tassement sur dépôts concerne l'emprise exacte des dépôts à laquelle s'ajoute l'incertitude de localisation retenue à 5 m dans le cas présent. Nous considérons qu'il n'y a pas de marge d'extension latérale puisque les tassements se manifestent au droit exact des dépôts.

5.7.1.4 Cartographie de l'aléa glissement sur dépôts

La cartographie de l'aléa glissement superficiel lié aux dépôts T1, T2, T4, T8, T10, T11, T12, T14, T15, T23, T24, T25, T27 et T28 concerne l'emprise des pentes des dépôts à laquelle s'ajoute l'incertitude de localisation et la marge d'influence estimée généralement à la moitié de la hauteur du dépôt environ [1], soit forfaitairement, 10 m au total (incertitude comprise) (Figure 21).

Cas particulier : la cartographie de l'aléa glissement sur les dépôts T10 et T11 de la concession des Deux-Jumeaux a été accentuée vers l'aval afin de tenir compte des observations de terrain : par exemple, à la faveur de cours d'eau temporaires, des traces de résidus miniers sont visibles jusque dans la vallée du Rieutord pour le dépôt T10.

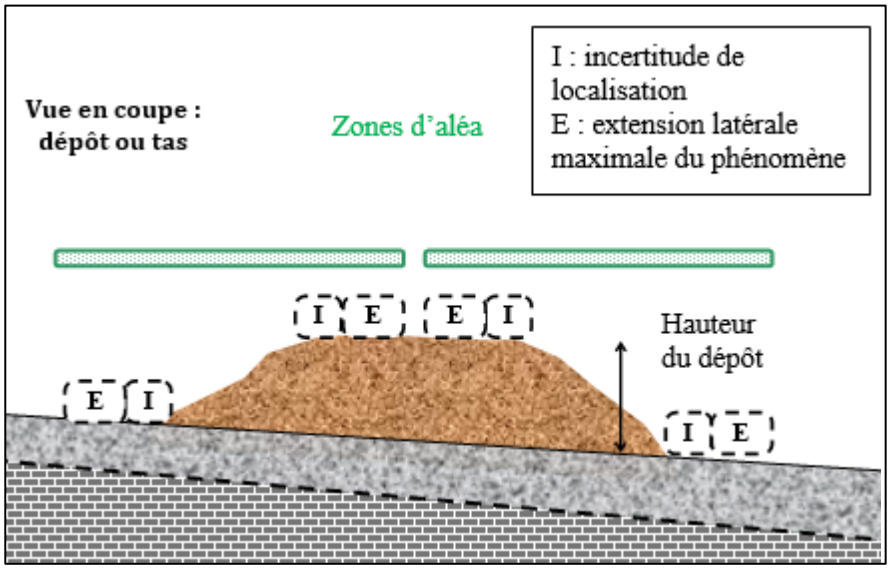

Figure 21 : Zonage de l'aléa glissement sur dépôt (source INERIS)

5.7.1.5 Cartographie de l'aléa mouvement de pentes rocheuses

L'aléa mouvement de pentes rocheuses est appliqué à l'ensemble des fronts rocheux subverticaux observés sur la zone d'étude, en considérant qu'ils se stabiliseront à terme selon une pente de 45°[22].

Par sécurité, la marge avale est prise équivalente à la hauteur du front rocheux (Figure 22). Néanmoins, cette marge peut être adaptée selon la configuration de chaque site (forme des fronts, présence de merlons ou fosses de réception/captage situés en contre-bas des fronts).

L'incertitude de localisation retenue pour l'ensemble des fronts concernés est de 3 m (tracé issu des observations de terrain et de la BD Ortho® de l'IGN).

[22] *Valeur retenue forfaitairement et d'expérience pour un profil d'équilibre à très long terme dans ce type de matériau*

La cartographie de l'aléa mouvement de pentes rocheuses comprend ainsi les fronts rocheux à laquelle s'ajoutent l'incertitude de localisation (estimée à 3 m ici car le tracé est issu des observations de terrain) et la marge d'influence, soit forfaitairement :

- 25 m au total (10 m amont et 15 m aval) pour les fronts rocheux des exploitations à ciel ouvert du quartier de la Boissière sur la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort, de la grande tranchée du quartier du même nom et de la falaise de la grotte du quartier de Bois Madame sur la concession des Deux-Jumeaux ;

- 10 m au total pour les autres petites tranchées.

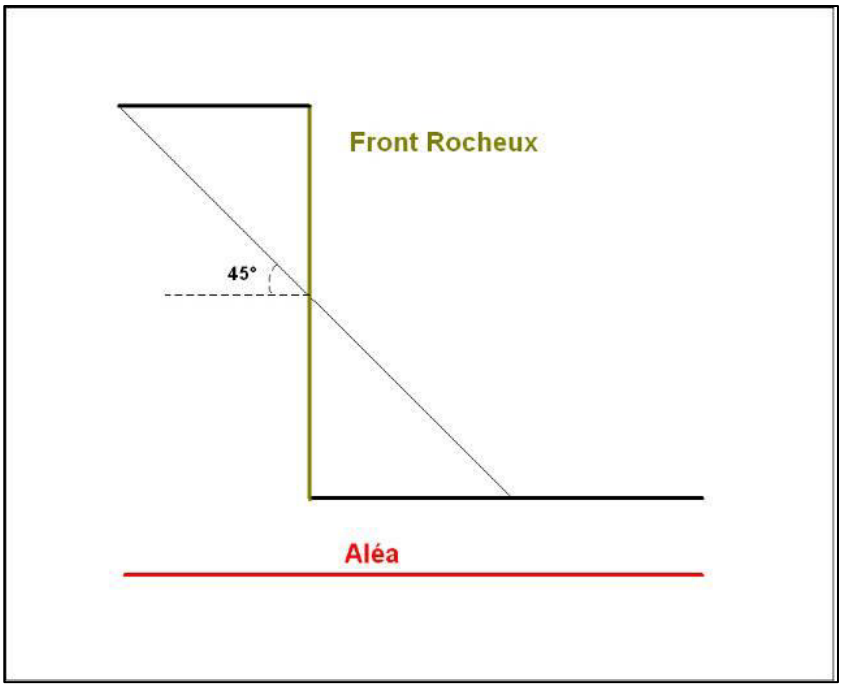

Figure 22 : Zonage de l'aléa « chute de blocs »

6 CONCLUSION

Le district minier de Deux-Jumeaux / Montoulieu se situe sur 12 communes situées dans les départements du Gard et de l'Hérault. Dans le **Gard**, il s'agit des communes de Cros, La Cadière-et-Cambo, Monoblet, Saint-Hippolyte-du-Fort, Saint-Julien-de-la-Nef, Saint-Roman-de-Codières, Sumène. Dans l'**Hérault**, il s'agit des communes de Ganges, Laroque, Montoulieu, Moulès-et-Baucels, Saint-Bauzille-de-Putois. Seules les communes de **La Cadière-et-Cambo** (30), **Ganges** (34), **Montoulieu** (34), **Saint-Hippolyte-du-Fort** (30), **Saint-Julien-de-la-Nef** (30), **Sumène** (30), sont concernées par les travaux miniers en lien avec les titres miniers étudiés (concession et PEX pour houille de Sounalou, concessions pour lignite de Montoulieu et Montoulieu 2, concession pour fer, zinc et autres métaux des deux-Jumeaux, concession pour zinc de Ganges, concession pour argent, plomb, zinc de Saint-Hippolyte-du-Fort).

La commune de Saint-Julien-de-la-Nef est en partie concernée par des travaux miniers qui ont déjà été étudiés entre 2002 et 2010 par GEODERIS notamment (Les Malines : GEODERIS S2010/03DE – 10LRO3600). Aucune modification n'a été apportée aux résultats de cette étude antérieure. Les cartographies sur cette commune intègrent ces résultats précédents.

La phase informative a permis d'inventorier sur le secteur d'étude 90 ouvrages débouchant au jour de type, puits, entrée de descenderie et entrée de galerie, 28 dépôts, 7 désordres et 2 indices de travaux correspondant à des indices de galerie ou grattages observés lors des visites sur le terrain.

Lors de la phase d'évaluation des aléas, il a été retenu (Tableau 9) :

- l'aléa effondrement localisé avec des niveaux faible et moyen, au droit des ouvrages débouchant au jour et des travaux souterrains situés à moins de 30 m de profondeur,
- l'aléa tassement avec un niveau faible, en lien avec les dépôts miniers ayant des configurations les plus défavorables,
- l'aléa glissement avec des niveaux faible et moyen, en lien avec les dépôts miniers ayant des configurations les plus défavorables,
- l'aléa mouvement de pentes rocheuses avec un niveau faible, en lien avec la présence des fronts des anciennes exploitations à ciel ouvert. Avec une intensité modérée, cet aléa correspond à des chutes de blocs.

L'aléa échauffement a été analysé, mais finalement non retenu sur le secteur d'étude.

Aucun aléa n'a été retenu pour les travaux situés à plus de 30 m de profondeur et autour des indices de travaux.

Les enveloppes d'aléa concernent les communes La Cadière-et-Cambo (30), Ganges (34), Montoulieu (34), Saint-Hippolyte-du-Fort (30), Saint-Julien-de-la-Nef (30), Sumène (30). Les terrains concernés sont peu urbanisés, de type agricole ou des zones boisées. Selon la BD Ortho® de l'IGN année 2010, aucun bâtiment n'est concerné par les aléas mouvement de terrain.

Aléa	Configuration	Fort	Moyen	Faible
Effondrement localisé	Puits	-	Les 16 puits inventoriés	-
	Galeries isolées	-	Galeries situées à moins de 10 m de profondeur sur les concessions de Sounalou, Saint-Hippolyte-du-Fort et Montoulieu Dynamitières sur les concessions de Sounalou et Saint-Hippolyte-du-Fort	Galeries situées à moins de 10 m de profondeur sur les concessions de Ganges et des Deux-Jumeaux Galeries situées entre 10 et 30 m de profondeur sur les concessions de Sounalou, Saint-Hippolyte-du-Fort et Montoulieu
	Travaux par tailles	-	-	Travaux situés à moins de 20 m de profondeur sur les concessions de Sounalou, Saint-Hippolyte-du-Fort, Montoulieu, Ganges et Deux-Jumeaux
	Zones potentiellement affectées par des travaux miniers	-	-	Travaux de ce type sur les concessions de Sounalou, Saint-Hippolyte-du-Fort, Montoulieu, Ganges, Deux-Jumeaux
Tassement	Dépôts	-	-	L'ensemble des dépôts inventoriés sauf T5, T9, T18, T21, T26, T28
Glissement	Dépôts	-	T8, T10, T11, T14, T27	T1, T2, T4, T12, T15, T23, T24, T25
Mouvement de pentes rocheuses (chute de blocs)	Fronts d'anciennes exploitations à ciel ouvert et par tranchées à l'affleurement	-	-	Tous les fronts rocheux des exploitations à ciel ouvert (découvertes) de la concession de Saint-Hippolyte-du-Fort, mais aussi des exploitations par tranchées à l'affleurement des concessions de Ganges et Deux-Jumeaux

Tableau 9 : Synthèse des aléas retenus sur le secteur d'étude

7 BIBLIOGRAPHIE

Documents de référence

[1] INERIS (2017). « Guide d'évaluation des aléas miniers », document INERIS référencé INERIS-DRS-17-164640-01944A.

[2] GEODERIS (2012). Guide pratique pour l'homogénéisation des études détaillées des aléas miniers – Volet « effondrement localisé ». Rapport GEODERIS N2012/010DE – 12NAT2210, 38 p., 5 ann.

[3] « Nouvelles consignes de cartographie de l'aléa effondrement localisé sur travaux avérés et travaux supposés », document GEODERIS référencé N2012/016DI – 12NAT2210

Principaux documents d'archives

Concession	Descriptif	Lieu d'archivage	Référence archives	Date consultation
Sounalou	*Dossier complet comprenant plans, PV, dossier d'arrêt et documents divers*	DREAL Alès	5-5-5 7-2-5	24 et 25/04/18
Sounalou	*PV visite de 1848 à 1900*	Archives Nationales	F/14/3834 à 3836 F/14/3870 à 3871 F/14/3885 à 3886 F/14/8300 à 8305	04 et 05/04/18
Sounalou	*Rapports annuels 1859-1860*	Archives Départementales Gard	8S15 à 8S23 8S163 8S167 8S172 à 8S173	23 et 24/04/18
Saint-Hippolyte-du-Fort	*Dossier complet comprenant plans, PV, dossier d'arrêt et documents divers*	DREAL Alès	8-1-2 8-1-3	24 et 25/04/18
Saint-Hippolyte-du-Fort	*PV visite de 1890 à 1900*	Archives Nationales	F/14/3834 à 3836 F/14/3870 à 3871 F/14/3885 à 3886 F/14/8300 à 8305	04 et 05/04/18
Saint-Hippolyte-du-Fort	*Bornages de la concession*	Archives Départementales Gard	8S15 à 8S23 8S163 8S167 8S172 à 8S173	23 et 24/04/18
Ganges	*Dossier complet comprenant plans, PV, dossier d'arrêt et documents divers*	DREAL Alès	3-4-10	24 et 25/04/18
Ganges	*PV visite de 1885 à 1895*	Archives Nationales	F/14/3834 à 3836 F/14/3870 à 3871 F/14/3885 à 3886 F/14/8300 à 8305	04 et 05/04/18
Ganges	*Bornages de la concession*	Archives Départementales Hérault	8S166	25/04/2018
Deux-Jumeaux	*Décret concession 1828* *Rapport annuel 1881*	Archives Départementales Gard	8S15 à 8S23 8S163 8S167 8S172 à 8S173	23 et 24/04/18
Deux-Jumeaux	*Renonciation 1844*	Archives Départementales Hérault	8S164	25/04/2018
Montoulieu	*Dossier complet comprenant plans, PV, dossier d'arrêt et documents divers*	DREAL Alès	3-4-1	24 et 25/04/18
Montoulieu	*Décret concession 1828*	Archives Départementales Hérault	8S128	25/04/2018

Annexe 1

Tableau récapitulatif des plans calés

ID	Nom	Titre	Concession	Descriptif	Date	Echelle	Lieu d'archivage	Géoréférencement (O/N)	Nom ref. calage	Points de calage	Incertitude de calage du plan (avec incertitude orthophoto)	Format (scan/photo)	Remarques
1	PLAN1_1835_Sounalou_Ouvrages	-	Sounalou	Localisation des premiers travaux de recherche dans la concession de Sounalou	1835	-	DREAL Alès	O	PLAN1_1835_Sounalou_Ouvrages_cale.TAB	PLAN1_1835_Sounalou_Ouvrages_gcp.TAB	15 m	scan	
2	PLAN2_1919_Sounalou_Carreau	Houillère de Sounalou Projet de dépôt de dynamite de 2e catégorie Plan des abords	Sounalou	Localisation de la Galerie Hachette et des Pauses avec ses installations en surface	1919	1/1000	DREAL Alès	O	PLAN2_1919_Sounalou_Carreau_cale.TAB	PLAN2_1919_Sounalou_Carreau_gcp.TAB	5 m	scan	
3	PLAN3_1920_Sounalou_Trvx	Concession de Sounalou Plan de l'aval-pendage du niveau Hachette	Sounalou	-	1920	1/1000	DREAL Alès	O	PLAN3_1920_Sounalou_Trvx_cale.TAB	PLAN3_1920_Sounalou_Trvx_gcp.TAB	15 m	scan	Points de calage utilisé à partir du plan 4
4	PLAN4_1949_Sounalou_Trvx	Mine de Sumène Plan des travaux	Sounalou	Plan d'ensemble des travaux en 1949	1949	1/1000	DREAL Alès	O	PLAN4_1949_Sounalou_Trvx_calebis.TAB	PLAN4_1949_Sounalou_Trvx_gcp.TAB	10 m	scan	Attention : le plan est partiellement faux, les éléments de surface ont été dessiné de manière approximatif
5	PLAN5_1923_StHippolyte_TrvxBoissière	Mine de St Hippolyte du Fort Plan des travaux souterrains	St Hippolyte-du-Fort	Plan des travaux du quartier de la Boissière	1923	1/500	DREAL Alès	O	PLAN5_1923_StHippolyte_TrvxBoissière_cale.TAB	PLAN5_1923_StHippolyte_TrvxBoissière_gcp.TAB	10 m	scan	
6	PLAN6_1913_StHippolyte_Ouvrages	Mine de Zinc de St Hippolyte du Fort Gard	St Hippolyte-du-Fort	Localisation des ouvrages dans le quartier de la Fournarie	1913	1/1000	AD30	O	PLAN6_1913_StHippolyte_Ouvrages_calebis.TAB	PLAN6_1913_StHippolyte_Ouvrages_gcp.TAB	20 m	photo	NE PAS UTILISER incertitude trop importante
7	PLAN8_1929_StHippolyte_Trvx	Mine de St Hippolyte du Fort Travaux du fond	St Hippolyte-du-Fort	Plan d'ensemble des travaux en 1950	1929	1/1000	DREAL Alès	O	PLAN7_1929_StHippolyte_Trvx_cale	PLAN7_1929_StHippolyte_Trvx_gcp	10 m	scan	
8	PLAN8_1950_StHippolyte_TrvxBoissière	Mines de St Hippolyte du Fort Minière Cevenole Plan des travaux du 1er étage niveau 250	St Hippolyte-du-Fort	Plan des travaux du quartier de la Boissière	1950	2/1000	DREAL Alès	N	-	-	-	scan	
9	PLAN9_Non_daté_Montoulieu_Trvx	Mine de Lignite de Montoulieu Plan des intérieurs et extérieurs	Montoulieu	Plan des travaux principaux de la mine de Montoulieu	non daté	1/1000	DREAL Alès	O	PLAN9_Non_daté_Montoulieu_Trvx_cale	PLAN9_Non_daté_Montoulieu_Trvx_gcp	5 m	scan	
10	PLAN10_1931_2jumeaux_TrvxBoisMadame	Concession des Deux-Jumeaux Exploitation de "Bois Madame"	Deux-Jumeaux	Plan d'ensemble	1931	1/800	DREAL Alès	O	PLAN10_1931_2jumeaux_TrvxBoisMadame_cale	PLAN10_1931_2jumeaux_TrvxBoisMadame_gcp	5 m	scan	
11	PLAN11_non-daté_StHippolyte_TrvxBoissière	Mines de St-Hippolyte-du-Fort Plan des travaux	St Hippolyte-du-Fort	Plan des travaux avant les exploitations à ciel ouvert	non daté	1/500	DREAL Alès	O	PLAN11_non-daté_StHippolyte_TrvxBoissière_cale	PLAN11_non-daté_StHippolyte_TrvxBoissière_gcp	20 m	scan	NE PAS UTILISER incertitude trop importante
12	PLAN12_1886_StHippolyte_Trvx	Plan des travaux de recherche de St Hippolyte annexé à la demande en concession	St Hippolyte-du-Fort	Plan des premiers travaux de recherche à St-Hippolyte	1885	-	DREAL Alès	N	-	-	-	scan	

13	PLAN13_1897_Sounalou_Trvx	Mines de Sumène Plan partiel des travaux	Sounalou	Plan des travaux du secteur de St Roman	1897	1/1000	DREAL Alès	O	PLAN13_1897_Sounalou_Trvx_cale	PLAN13_1897_Sounalou_Trvx_gcp	15 m	scan	
14	PLAN14_Non-daté_Sounalou_Trvx_Thomé	Mine de houille de Soulanou Plan des travaux	Sounalou	Plan des travaux du secteur Thomé	non daté	1/1000	DREAL Alès	O	PLAN14_Non-daté_Sounalou_Trvx_Thomé_cale	PLAN14_Non-daté_Sounalou_Trvx_Thomé_gcp	15 m	scan	
15	PLAN15_Non-daté_Sounalou_Trvx_St-Roman	Mines de Soulanou Plan des travaux	Sounalou	Plan des travaux du secteur St Roman		1/1000	DREAL Alès	O	PLAN15_Non-daté_Sounalou_Trvx_St-Roman_cale	PLAN15_Non-daté_Sounalou_Trvx_St-Roman_gcp	15 m	scan	
16	PLAN16_Sounalou_1970	-	Sounalou	Photographie aérienne de Sounalou en 1970	1970	-	IGN	N	PLAN16_Sounalou_1970_cale	PLAN16_Sounalou_1970_gcp	-	scan	
17	PLAN17_1902_Ganges_PontChèvre	Société des mines de zinc des Cévennes Travaux de recherche du quartier du Pont de Chèvres	Ganges	Plan d'ensemble des travaux du Quartier du Pont de Chèvres	1902	1/500	DREAL Alès	O	PLAN17_1902_Ganges_PontChèvre_cale	PLAN17_1902_Ganges_PontChèvre_gcp	20 m	scan	
18	PLAN18_non-daté_2jumeaux_PlanCoupe	Concession des Deux Jumeaux Détail des vieux travaux des "Accacias" et implantation des sondages 2JU1 et 2JU2	Deux-Jumeaux	Localisation des anciennes entrées du quartier des Accacias	non daté	1/1000	DREAL Alès	O	PLAN18_non-daté_2jumeaux_PlanCoupe_cale	PLAN18_non-daté_2jumeaux_PlanCoupe_gcp	15 m	scan	Correspond plus à un schéma qu'à un plan précis
19	PLAN19_1892_2Jumeaux	Mines des 2 Jumeaux	Deux-Jumeaux	Plan des travaux du quartier des Accacias annexé à un PV	1892	-	AN	O	PLAN19_1892_2Jumeaux_cale	PLAN19_1892_2Jumeaux_gcp	5 m	photo	
20	PLAN20_non-daté_2jumeaux_Trvx2	Mine de fer des Deux Jumeaux	Deux-Jumeaux	Plan des premiers travaux d'exploitation dans le quartier des Accacias	non daté	1/1000	DREAL Alès	N	-	-	-	scan	
21	PLAN21_non-daté_2jumeaux_Trvx	Mine de fer des Deux Jumeaux	Deux-Jumeaux	Plan des premiers travaux d'exploitation dans le quartier des Accacias	non daté	1/1000	DREAL Alès	N	-	-	-	scan	
22	PLAN22_1898_Ganges_puits-projet	-	Ganges	Localisation d'un puits projeté dans le quartier de la Jasse Rouge	1898	-		O	PLAN22_1898_Ganges_puits-projet_cale	PLAN22_1898_Ganges_puits-projet_gcp	10 m	photo	
23	PLAN23_1897_Ganges_Four_cale	Société des mines de zinc des Cévennes Concession de Ganges (Quartier du Four) Plan des travaux	Ganges	Plan des travaux du quartier du Four	1897	1/500	DREAL Alès	O	PLAN23_1897_Ganges_Four_cale_cale	PLAN23_1897_Ganges_Four_cale_gcp	30 m	scan	Plan calé approximativement à partir des quelques éléments relevés sur le terrain. Des gros doutes subsistes quant à la position réelle des galeries (les cotes NGF ne correspondent pas) d'où l'incertitude importante du plan.
24	PLAN24_1951_Cadiere_GalerieChauvet.jpg	La Cadière Ancienne galerie Chauvet relevée par la VM	Hors Concesssion	Plan de la galerie Chauvet	1951	1/500	DREAL Alès	N	-	-	-	scan	Travaux hors concession Plan positionné approximativement grâce au plan "1951_StHippolyte_loc GalerieChauvet.jpg" et à une entrée éboulée trouvée sur le terrain.

Annexe 2

Planches photographiques

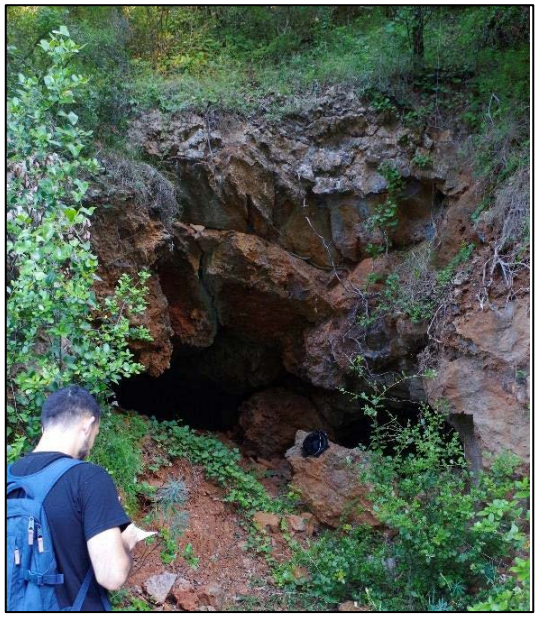

Photo 1 : Concession de Ganges – entrée de galerie du quartier du Pont des Chèvres

Photo 2 : Concession de Ganges – entrée de galerie du quartier de la Jasse Rouge

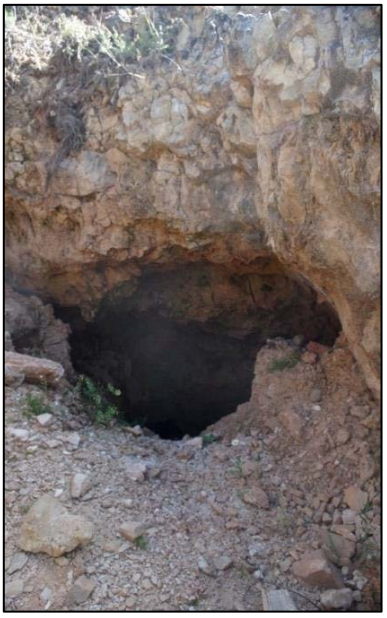

Photo 3 : Concession des Deux-Jumeaux – entrée de la galerie n°3 (ODJ n°56) au quartier de Bois Madame

Photo 4 : Concession des Deux-Jumeaux – entrée de la galerie n°1 (ODJ n°53) au quartier de Bois Madame

Photo 5 : Concession de Sounalou – entrée de la galerie des Pauses (ODJ n°33)

Photo 6 : Concession de Sounalou – premiers mètres de la galerie Picard (ODJ n°36)

Photo 7 : Concession de Sounalou – entrée de la galerie de la Source (ODJ n°37)

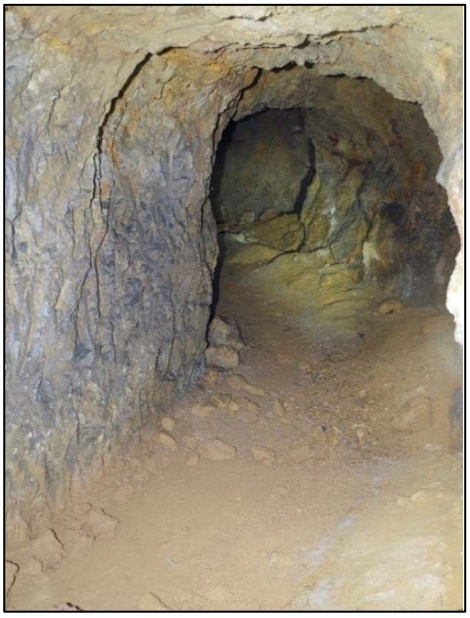

Photo 8 : Concession de Ganges – galerie filante du quartier de la Jasse Rouge

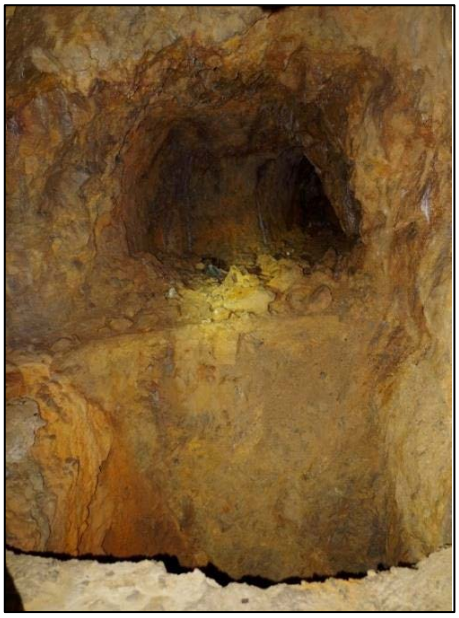

Photo 9 : Concession de Ganges – bure sur le quartier de la Jasse Rouge

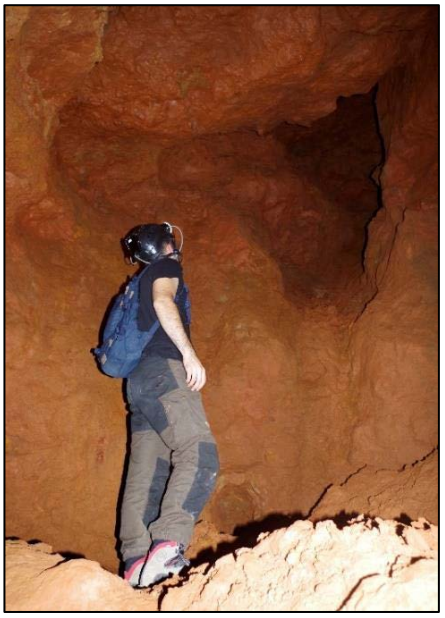

Photo 10 : Concession de Ganges – exploitation sur le quartier du Pont des Chèvres

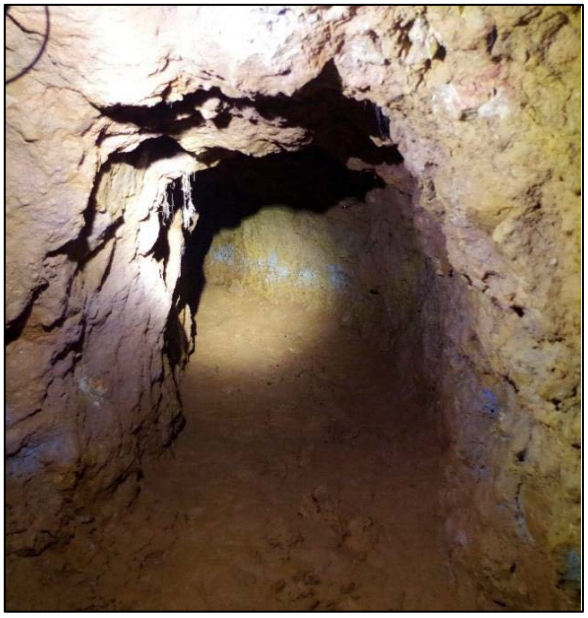

Photo 11 : Concession de Ganges – galerie sur le quartier du Pont des Chèvres

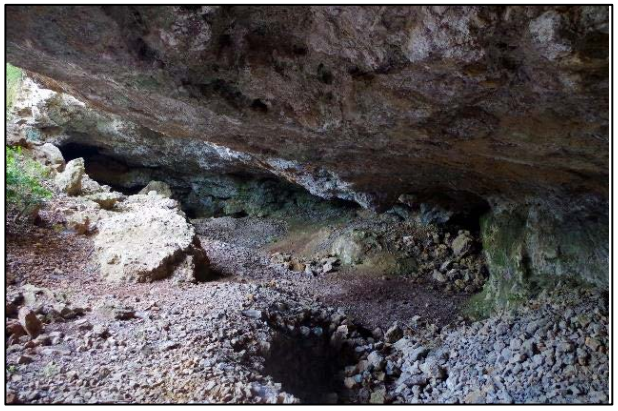

Photo 12 : Concession des Deux-Jumeaux – grotte d'accès au quartier de Bois Madame

Photo 13 : Concession des Deux-Jumeaux – grotte d'accès au quartier de Bois Madame

Photo 14 : Concession des Deux-Jumeaux – bure remblayé sur le quartier de Bois Madame

Photo 15 : Concession des Deux-Jumeaux – galerie du quartier de Bois Madame

Photo 16 : Concession des Deux-Jumeaux – travaux et boisage sur le quartier de Bois Madame

Photo 17 : Concession des Deux-Jumeaux – travaux sur le quartier de Bois Madame

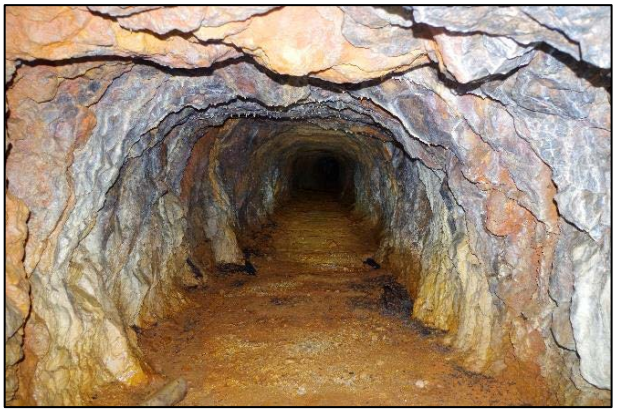

Photo 18 : Concession des Deux-Jumeaux – galerie n°5 (ODJ n°64) sur le quartier de la Source – Grande Tranchée

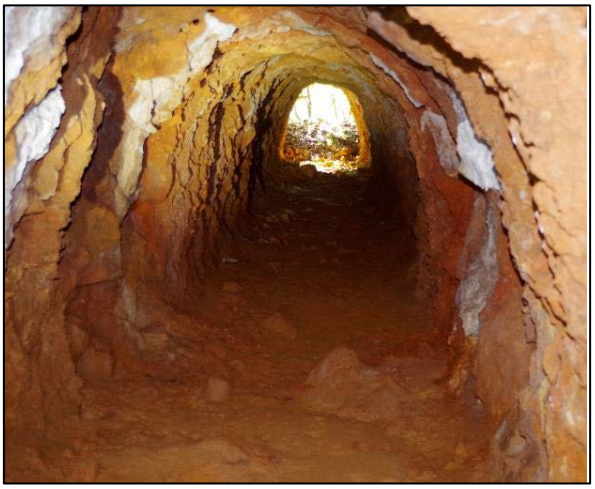

Photo 19 : Concession des Deux-Jumeaux – galerie du quartier de la Source – Grande Tranchée

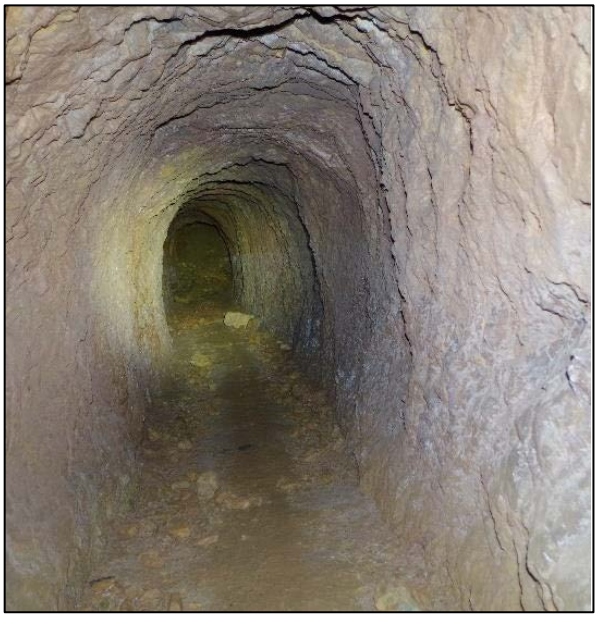

Photo 20 : Concession de Sounalou – galerie des Vaches (ODJ n°38)

Photo 21 : Concession des Deux-Jumeaux – dépôt n°10 sur le quartier de la Source – Grande Tranchée

Photo 22 : Concession des Deux-Jumeaux – dépôt n°11 sur le quartier de Bois-Madame

Photo 23 : Concession de Saint-Hippolyte-du-Fort – dépôt n°2 constitué par les déchets de la laverie de l'Espaze

Photo 24 : Concession de Saint-Hippolyte-du-Fort – dépôt n°2 de la laverie de l'Espaze le long du ruisseau du Valatougès

Photo 25 : Concession de Sounalou – effondrement localisé (D1)

Photo 26 : Concession de Saint-Hippolyte-du-Fort – désordre au droit du puits Travertin (ODJ n°4)

Photo 27 : Concession des Deux-Jumeaux – ancien four pour calamine

Photo 28 : Concession des Deux-Jumeaux – anciennes trémies

Photo 29 : Concession de Saint-Hippolyte-du-Fort – anciennes trémies

Photo 30 : Concession de Saint-Hippolyte-du-Fort – vestiges du carreau de la mine

Annexe 3

Tableau des ouvrages débouchant au jour

Id	Nom de l'ouvrage	Type	Commune	Concession	Quartier	Rôle	Matérialisé / localisé	Source	Incertitude	Commentaire
53	Galerie n°1	GALERIE	GANGES	DEUX-JUMEAUX	BOIS MADAME	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Entrée du niveau 324 en partie recouverte de remblais. Travaux accessibles et visitables (source : plan10 et terrain)
54	Galerie	GALERIE	GANGES	DEUX-JUMEAUX	BOIS MADAME	RECHERCHE	MATERIALISE	dGPS	3	Non relié aux travaux. Entrée talutée mais reste en partie ouverte dans des terrains très fracturés au niveau de l'entrée (source : plan10 et terrain)
55	Galerie n°2	GALERIE	GANGES	DEUX-JUMEAUX	BOIS MADAME	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	5	Entrée du niveau 324 recouverte de remblais (source : plan10 et terrain)
56	Galerie n°3	GALERIE	GANGES	DEUX-JUMEAUX	BOIS MADAME	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	5	Entrée recouverte par des remblais (source : plan10 et terrain)
57	Galerie de la Grotte	GALERIE	GANGES	DEUX-JUMEAUX	BOIS MADAME	RECHERCHE	MATERIALISE	dGPS	5	Creusée depuis l'intérieur de la grotte. L'entrée est talutée mais toujours accessible (source : plan10 et terrain)
58	Puits de la Grotte	PUITS	GANGES	DEUX-JUMEAUX	BOIS MADAME	AERAGE	MATERIALISE	dGPS	5	Situé dans la grotte et desservant le niveau 324, aujourd'hui remblayé. Il a débourré sur 1 m environ (source : plan10 et terrain)
59	Galerie du Pont de Chèvre	GALERIE	GANGES	DEUX-JUMEAUX	PONT DES CHEVRES	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Située en bordure de la RD4. Les travaux sont accessibles sur une cinquantaine de mètres avec plusieurs débourrages karstiques (source : plan17 et terrain)
60	Puits	PUITS	GANGES	DEUX-JUMEAUX	PONT DES CHEVRES	AERAGE	LOCALISE	ARCHIVES	20	Doutes sur le fait qu'il débouche en surface. Non recherché à cause de la végétation dense (source : plan17 et terrain)
61	Puits	PUITS	GANGES	DEUX-JUMEAUX	PONT DES CHEVRES	AERAGE	LOCALISE	ARCHIVES	20	Doutes sur le fait qu'il débouche en surface. Non recherché à cause de la végétation dense (source : plan17 et terrain)
62	Puits	PUITS	GANGES	DEUX-JUMEAUX	PONT DES CHEVRES	AERAGE-	LOCALISE	ARCHIVES	20	Doutes sur le fait qu'il débouche en surface. Non recherché à cause de la végétation dense (source : plan17 et terrain)
63	Puits	PUITS	GANGES	DEUX-JUMEAUX	PONT DES CHEVRES	AERAGE	LOCALISE	ARCHIVES	20	Doutes sur le fait qu'il débouche en surface. Non recherché à cause de la végétation dense (source : plan17 et terrain)
71	Puits de recherche	PUITS	GANGES	DEUX-JUMEAUX	JASSE ROUGE	RECHERCHE	LOCALISE	ARCHIVES	10	Puits de recherche projeté. Un doute subsiste concernant sa réalisation (source : plan22)
73	Galerie	GALERIE	GANGES	GANGES	LIOTARD	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Poche exploité de 15 m de largeur et 10 m de longueur
74	Galerie	GALERIE	GANGES	GANGES	LIOTARD	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Galerie ouverte du 5 m
75	Galerie	GALERIE	GANGES	GANGES	LIOTARD	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	5	Ouvrage en partie éboulé situé sous la falaise en mauvais état (difficulté d'accès)
76	Galerie	GALERIE	GANGES	GANGES	LIOTARD	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Galerie accessible sur une cinquantaine de mètres de longueur. Elle est effondrée au fond
77	Galerie	GALERIE	GANGES	GANGES	LIOTARD	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Ouverte sur une dizaine de mètres de longueur (source : terrain)
78	Galerie	GALERIE	GANGES	GANGES	LIOTARD	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Ouvrage remblayé
79	Galerie	GALERIE	GANGES	GANGES	LIOTARD	RECHERCHE	MATERIALISE	dGPS	3	Ouvrage ouvert de 2 m de longueur (source : terrain)
80	Galerie de la Jasse Rouge	GALERIE	GANGES	GANGES	JASSE ROUGE	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Ouverte et pénétrable sur environ 200 m (indiqué dans les PV de visite mais pas de plan des travaux)
81	Galerie	GALERIE	GANGES	GANGES	LIOTARD	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Galerie ouverte sur 8 m de longueur, partiellement remblayée et légèrement descendante (source : terrain)

Id	Nom de l'ouvrage	Type	Commune	Concession	Quartier	Rôle	Matérialisé / localisé	Source	Incertitude	Commentaire
89	Indice	-	LA CADIERE-ET-CAMBO	HORS CONCESSION	CRUVELLIER	RECHERCHE	MATERIALISE	dGPS	3	Cet indice de travaux est noté it1 sur la carte informative en annexe 6
90	Indice	-	LA CADIERE-ET-CAMBO	HORS CONCESSION	CRUVELLIER	RECHERCHE	MATERIALISE	dGPS	3	Cet indice de travaux est noté it2 sur la carte informative en annexe 6
91	Galerie Chavet	GALERIE	LA CADIERE-ET-CAMBO	HORS CONCESSION	CRUVELLIER	RECHERCHE	MATERIALISE	dGPS	3	Ouvrage éboulé, mais 200 m étaient accessibles en 1951 (source : archives et terrain)
26	Galerie	GALERIE	MONTOULIEU	MONTOULIEU	MONTOULIEU	EXHAURE	MATERIALISE	dGPS	5	Galerie éboulée, située à proximité d'un petit ruisseau. Cet ouvrage est matérialisé par une tranchée (source : plan9 et terrain)
27	Puits n°1	PUITS	MONTOULIEU	MONTOULIEU	MONTOULIEU	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Puits de 46 m de profondeur. Puits principal de la mine de Montoulieu. Dépression à l'emplacement du puits (source : plan9 et terrain)
28	Puits n°2	PUITS	MONTOULIEU	MONTOULIEU	MONTOULIEU	RECHERCHE	MATERIALISE	dGPS	3	Puits de 50 m de profondeur en eau (source : plan9 et terrain)
29	Puits de recherche n°2	PUITS	MONTOULIEU	MONTOULIEU	MONTOULIEU	RECHERCHE	MATERIALISE	dGPS	3	Puits en eau (source : terrain). Aucune information en archives
30	Puits de recherche n°1	PUITS	MONTOULIEU	MONTOULIEU	MONTOULIEU	RECHERCHE	LOCALISE	ARCHIVES	50	Vieux puits positionné à partir d'un plan de 1826 et de la topographie environnante
82	Galerie de recherche de Roche Noire	GALERIE	SAINT-JULIEN-DE-LA-NEF	DEUX-JUMEAUX	ROCHE NOIRE	RECHERCHE	MATERIALISE	dGPS	3	Ouvrage éboulé à environ 3 m. Ouvrage matérialisé par un petit trou dans les remblais
1	Travers-bancs de la Fournarie	GALERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA FOURNARIE	RECHERCHE	MATERIALISE	dGPS	5	Ouvrage éboulé. Fontis visible sur le terrain dans l'axe de la galerie (source : plan7 et terrain)
2	Puits de la Sagne	PUITS	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA FOURNARIE	RECHERCHE	LOCALISE	ARCHIVES	10	Puits a priori remblayé en 1978 (source : plan7)
3	Puits de la Fournarie (aussi appelé puits du Crâne)	PUITS	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA FOURNARIE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	Puits de 58 m de profondeur. Le puits était recouvert d'une dalle qui a cédé. Depuis il a été remblayé en 1998 (source : plan7). Une dépression est visible à proximité
4	Puits du Travertin	PUITS	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Puits de 157 m de profondeur. Remblayé avec du tout-venant. Il a subit un débourrage (environ 1 m de profondeur) (source : plan7 et terrain)
5	Puits Etienne	PUITS	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	5	Puits de 162,5 m de profondeur. Corps remblayé en 1990. Débourrages en 2017 et 2018. Complément de remblayage et bouchon béton (source : plan7 et terrain)
6	Travers-bancs 250	GALERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXHAURE	MATERIALISE	dGPS	3	Galerie murée. Tuyau permettant l'évacuation des eaux dans la rivière (source : plan7 et terrain)
7	Descenderie n°1	DESCENDERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	5	Descenderie remblayée sur les 10 premiers mètres, jusqu'à la première recoupe (source : plan7)
8	Descenderie Chaumeil	DESCENDERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	Descenderie remblayée sur les 10 premiers mètres, jusqu'à la première recoupe (source : plan7)
9	Descenderie Roy	DESCENDERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	Entrée recouverte par les haldes (source : plan7)
10	Descenderie n°3	DESCENDERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	Descenderie remblayée (source : plan5)

Id	Nom de l'ouvrage	Type	Commune	Concession	Quartier	Rôle	Matérialisé / localisé	Source	Incertitude	Commentaire
11	Travers-banc Supérieur	GALERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	Ouvrage recoupé par l'exploitation à ciel ouvert. Les deux ouvertures sont aujourd'hui remblayées en tête (source ; plan5)
12	Travers-banc Mathilde	GALERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	Ouvrage situé dans les gradins de l'exploitation à ciel ouvert. Il est remblayé à son entrée (source : plan5)
13	Travers-banc Supérieur	GALERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	Ouvrage recoupé par l'exploitation à ciel ouvert. Les deux ouvertures sont aujourd'hui remblayées en tête (source ; plan5)
14	Galerie B5	GALERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	Galerie de 36 m de longueur, donnant accès à un bure menant à d'autres niveaux. L'entrée est remblayée (source : plan5)
15	Galerie B2	GALERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	5	Galerie aujourd'hui remblayée. Incertitude réduite car emplacement visible sur les photos du traitement en 2018 (source : plan5)
16	Galerie du Ruisseau	GALERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	Galerie recoupée par l'exploitation à ciel ouvert et recouverte par les anciennes haldes (source : plan5)
17	Galerie du Ruisseau	GALERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	Galerie recoupée par l'exploitation à ciel ouvert et recouverte par les anciennes haldes (source : plan5)
18	Dynamitière	GALERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	Poudrière de Saint-Hippolyte (source : plan5)
19	Descenderie de la Sagne	DESCENDERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA FOURNARIE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	20	Galerie ancienne (source : plan6)
20	Galerie B3	GALERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Galerie de 3 m de longueur certainement issue de la recoupe de vieux travaux par l'exploitation à ciel ouvert). Aujourd'hui remblayée (source : archives)
21	Galerie B4	GALERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	15	Galerie certainement issue de la recoupe de vieux travaux par l'exploitation à ciel ouvert). Aujourd'hui remblayée (source : archives)
22	Galerie B6	GALERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	15	Galerie débouchant des deux côtés certainement issue de la recoupe de vieux travaux par l'exploitation à ciel ouvert). Aujourd'hui remblayée des deux côtés (source : archives)
23	Galerie B6	GALERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	15	Galerie débouchant des deux côtés certainement issue de la recoupe de vieux travaux par l'exploitation à ciel ouvert). Aujourd'hui remblayée des deux côtés (source : archives)
24	Galerie B7	GALERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	RECHERCHE	LOCALISE	ARCHIVES	15	Galerie de 10 m de longueur, ouverte et visible en 1997. Elle est aujourd'hui remblayée en tête (source : rapport de 1997)
25	Galerie	GALERIE	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT	LA BOISSIERE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	Galerie située dans une tranchée non retrouvée. Elle est certainement recouverte par les remblais (source : plan5)
31	Puits de recherche des Lieures	PUITS	SUMENE	SOUNALOU	LAMBEAU DES LIEURES	RECHERCHE	LOCALISE	ARCHIVES	15	Vieux puits de 1835 du Lambeau des Lieures. Beaucoup de végétation lors de la visite sur le terrain (source : plan1)
32	Galerie des Lieures	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	LAMBEAU DES	RECHERCHE	LOCALISE	ARCHIVES	15	Galerie du Lambeau des Lieures de

Id	Nom de l'ouvrage	Type	Commune	Concession	Quartier	Rôle	Matérialisé / localisé	Source	Incertitude	Commentaire
					LIEURES					1835 (source : plan1)
33	Galerie des Pauses	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	RECHERCHE	MATERIALISE	dGPS	3	Travers-banc creusé en 1918 pour explorer le gisement plus en profondeur mais en vain. Entrée ennoyée et murée. Avec la galerie des Hachette, elle est un des points bas de la mine et draine les eaux jusqu'au ruisseau de Latanier (source : plan2 et terrain)
34	Galerie Hachette	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Galerie principale d'exploitation aujourd'hui murée. Avec la galerie des Pauses, elle est un des points bas de la mine et draine les eaux jusqu'au ruisseau de Latanier (source : plan4 et terrain)
35	Galerie Thomé	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	AERAGE	MATERIALISE	dGPS	3	Galerie ayant servi pour l'extraction puis pour l'aérage. A sa sortie elle se sépare en 2 aujourd'hui murées : l'une pour le ventilateur, l'autre pour le personnel (source : plan4 et terrain)
36	Galerie Picard	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Ouverte sur 5 m puis murée et effondrée. Fontis rectiligne de 30 m de long dans l'axe de la galerie (source : plan4 et terrain)
37	Galerie de la Source	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Galerie effondrée (source : plan4 et terrain)
38	Galerie Fontaine des Vaches	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	RECHERCHE	MATERIALISE	dGPS	3	Réseau peu développé accessible (source : plan4 et terrain)
39	Puits	PUITS	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	AERAGE	MATERIALISE	ARCHIVES	15	Puits remblayé. Seul le haut du cuvelage en pierre est aujourd'hui encore visible (source : plan4 et terrain)
40	Galerie Villaret	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	Galerie dont la tête est éboulée (source : plan4)
41	Galerie d'écoulement	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	AERAGE	LOCALISE	ARCHIVES	10	Galerie dont la tête est éboulée. Beaucoup de végétation, tranchée présente (source : plan4)
42	Galerie	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	Galerie dont la tête est éboulée. Beaucoup de végétation, tranchée présente (source : plan4)
43	Sortie d'air	DESCENDERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	AERAGE	LOCALISE	ARCHIVES	15	Galerie dont la tête est éboulée. Il correspondrait à une descenderie (plan14) ou à un puits (plan15)
44	Descenderie	DESCENDERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	AERAGE	LOCALISE	ARCHIVES	15	Certainement utilisée pour l'aérage des travaux (Source : plan15)
45	Galerie Saint-Roman	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	(source : plan4)
46	Ancienne galerie Picard	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	Desservait les vieux travaux en couche Picard (source : plan4)
47	Galerie	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	Desservait les vieux travaux en couche Picard (source : plan4)
48	Descenderie	DESCENDERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	15	Desservait les vieux travaux en couche Picard (source : plan4)
49	Descenderie	DESCENDERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	15	Desservait les vieux travaux en couche Picard (source : plan4)
50	Travers-banc Picard	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	RECHERCHE	LOCALISE	ARCHIVES	10	Localisé sur le flanc est du talweg (source : plan4)
51	Galerie	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	RECHERCHE	LOCALISE	ARCHIVES	10	(source : plan4)
52	Galerie	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	RECHERCHE	LOCALISE	ARCHIVES	10	Située au pied du ruisseau (source : plan4)
64	Galerie n°5	GALERIE	SUMENE	DEUX-JUMEAUX	LA SOURCE – GRANDE TRANCHEE	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Ouverte et pénétrable sur 80 m (source : plan19 et terrain)

Id	Nom de l'ouvrage	Type	Commune	Concession	Quartier	Rôle	Matérialisé / localisé	Source	Incertitude	Commentaire
65	Galerie n°4	GALERIE	SUMENE	DEUX-JUMEAUX	LA SOURCE – GRANDE TRANCHEE	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Entrée talutée (source : plan19 et terrain)
66	Galerie n°2	GALERIE	SUMENE	DEUX-JUMEAUX	LA SOURCE – GRANDE TRANCHEE	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Entrée talutée (source : plan19 et terrain)
67	Galerie n°3	GALERIE	SUMENE	DEUX-JUMEAUX	LA SOURCE – GRANDE TRANCHEE	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	5	Ouvrage remblayé, matérialisé par un fontis (source : plan19 et terrain)
68	Galerie n°1bis	GALERIE	SUMENE	DEUX-JUMEAUX	LA SOURCE – GRANDE TRANCHEE	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	5	Ouvrage remblayé, matérialisé par une tranchée d'accès (source : plan19 et terrain)
69	Galerie	GALERIE	SUMENE	DEUX-JUMEAUX	LA SOURCE – GRANDE TRANCHEE	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Ouvrage ouvert sur une dizaine de mètres. Correspond probablement à la recoupe des anciens travaux par la mine à ciel ouvert (source : plan18 et terrain)
70	Galerie n°1	GALERIE	SUMENE	DEUX-JUMEAUX	LA SOURCE – GRANDE TRANCHEE	EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	5	Entrée située sous les dépôts de l'ancienne mine à ciel ouvert (source : plan18 et terrain)
72	Galerie	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU		EXPLOITATION	LOCALISE	ARCHIVES	10	(source : plan4)
83	Galerie	GALERIE	SUMENE	DEUX-JUMEAUX	LA SOURCE – GRANDE TRANCHEE	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Ouvrage ouvert, mais en parti remblayé. Elle débouche au rocher (source : terrain)
84	Galerie - Grattage	GALERIE	SUMENE	DEUX-JUMEAUX	LA SOURCE – GRANDE TRANCHEE	RECHERCHE	MATERIALISE	dGPS	3	Grattage sur 2 m de longueur (source : terrain)
85	Galerie	GALERIE	SUMENE	DEUX-JUMEAUX	LA SOURCE – GRANDE TRANCHEE	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Effondrée à 3 m de l'entrée. Boisage toujours visible (source : terrain)
86	Galerie	GALERIE	SUMENE	DEUX-JUMEAUX	LA SOURCE – GRANDE TRANCHEE	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Ouvrage ouvert sous les éboulis de la falaise (accès dangereux). Elle est ouverte sur une vingtaine de mètres (source : terrain))
87	Galerie	GALERIE	SUMENE	DEUX-JUMEAUX	LA SOURCE – GRANDE TRANCHEE	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Ouvrage ouvert sur environ 15 m de longueur. Cet ouvrage est ensuite éboulé (source : terrain)
88	Galerie - Grattage	GALERIE	SUMENE	DEUX-JUMEAUX	LA CROTTE	RECHERCHE	MATERIALISE	dGPS	3	Ouvrage de 4 m de longueur en bout de tranchée (source : terrain)
92	Dynamitière Sounalou	GALERIE	SUMENE	SOUNALOU	SOUNALOU	EXPLOITATION	MATERIALISE	dGPS	3	Ouvrage muré (source : plan2 et terrain)

Annexe 4

Tableau des dépôts

Id	Titre minier	Commune	Quartier exploitation	Hauteur (m)	Pente talus (°)	Commentaire
T11	Deux-Jumeaux	Ganges	Bois Madame	5	50	Dépôt impacté par le ruissellement
T12	Ganges	Ganges	Jasse Rouge	3	40	Dépôt de pente localisé en bordure de route
T18	Ganges	Ganges	Liotard	3	30	Dépôt provenant des tranchées sus-jacentes
T19	Ganges	Ganges	Liotard	3	30	Dépôt principal du quartier Liotard
T20	Ganges	Ganges	Liotard	3	30	Végétation partielle
T21	Ganges	Ganges	Liotard	2	20	Totalement végétalisé
T26	Ganges	Ganges	Liotard	2	30	Dépôt en lien avec la présence de tranchées de recherche
T3	Montoulieu	Montoulieu	Montoulieu	3	20	Seul dépôt de la mine de Montoulieu situé autour du puits n° 1 (ODJ n°27). Minerai non traité
T27	Deux-Jumeaux	Saint-Julien-de-la-Nef	Ferrussac	-	-	Secteur non visité à cause du refus du propriétaire
T28	Deux-Jumeaux	Saint-Julien-de-la-Nef	Ferrussac	-	-	Secteur non visité à cause du refus du propriétaire
T1	Saint-Hippolyte-du-Fort	Saint-Hippolyte-du-Fort	La Boissière	5	30	Dépôt principal de la Boissière. Haldes hétérogènes. Minerai non traité
T2	Saint-Hippolyte-du-Fort	Saint-Hippolyte-du-Fort	L'Espaze	2	20	Résidus de traitement de la laverie de l'Espaze
T14	Saint-Hippolyte-du-Fort	Saint-Hippolyte-du-Fort	La Fournarie	10	40	Composé principalement de calcaire en lien avec l'exploitation à ciel ouvert située à l'est
T15	Saint-Hippolyte-du-Fort	Saint-Hippolyte-du-Fort	La Boissière	5	20	Dépôt du puits de la Sagne
T4	Sounalou	Sumène	Sounalou	5	30	Dépôt lié aux déchets du carreau de la galerie Hachette. Ce dépôt est coincé dans le talweg. Minerai non traité
T5	Sounalou	Sumène	Sounalou	2	30	Petit dépôt de pente situé entre la galerie Hachette et des ouvrages de recherche. Minerai non traité
T6	Sounalou	Sumène	Sounalou	2	20	Dépôt très diffus provenant du talutage de plusieurs petits dépôts. Les limites sont incertaines. Minerai non traité
T7	Sounalou	Sumène	Sounalou	3	30	Petit dépôt diffus situé à proximité d'ouvrages. Minerai non traité
T9	Deux-Jumeaux	Sumène	La Source – Grande Tranchée	2	30	Dépôt de pente en sortie de galerie
T10	Deux-Jumeaux	Sumène	La Source	5	50	Dépôt principale du quartier de La Source. Il est impacté par le ruissellement
T13	Sounalou	Sumène	Sounalou	3	30	Dépôt de pente situé en sortie de la galerie Villaret
T16	Deux-Jumeaux	Sumène	La Source – Grande Tranchée	3	30	Végétation partielle
T17	Deux-Jumeaux	Sumène	La Source – Grande Tranchée	4	30	Totalement végétalisé
T8	Deux-Jumeaux	Sumène	La Source – Grande Tranchée	3	50	Dépôts de pente issus des travaux de recherche (tranchées) et principalement composé de calcaire ferrugineux
T22	Deux-Jumeaux	Sumène	Lauzière	3	30	Dépôt en lien avec les tranchées de recherche, principalement constitué de calcaires ferrugineux
T23	Deux-Jumeaux	Sumène	La Crotte	2	40	Principal dépôt du quartier de la Crotte
T24	Deux-Jumeaux	Sumène	La Crotte	1	40	Dépôt composé de scories, probablement en lien avec la présence d'un ancien four aujourd'hui disparu
T25	Deux-Jumeaux	Sumène	La Crotte	2	40	Partiellement végétalisé

Annexe 5

Tableau des désordres en surface

Id.	Titre minier	Commune	Quartier de travaux	Type de désordre	Longueur (m)	Largeur (m)	Profondeur (m)	Observations
D3	Ganges	Ganges	Liotard	Effondrement localisé	2	2	1	Effondrement localisé matérialisé par une dépression
D4	Ganges	Ganges	Liotard	Effondrement localisé	1,5	1,5	1	Effondrement localisé matérialisé par une dépression
D5	Ganges	Ganges	Liotard	Effondrement localisé	3	3	1	Effondrement localisé matérialisé par une dépression
D6	Saint-Hippolyte-du-Fort	Saint-Hippolyte-du-Fort	La Boissière	Effondrement localisé	3,5	3,5	20	Débourrages du puits Etienne en août 2017 et janvier 2018. Travaux de mise en sécurité réalisés par RECYLEX en mars 2018
D7	Saint-Hippolyte-du-Fort	Saint-Hippolyte-du-Fort	La Boissière	Tassement des remblais	2,5	2,5	1,5	Tassement des remblais du puits Travertin
D1	Sounalou	Sumène	Sounalou	Effondrement localisé	3	3	5	Effondrement localisé ouvert sur galerie. Non encore stabilisé
D2	Sounalou	Sumène	Sounalou	Effondrement localisé	16	4	1	Effondrement localisé dans l'axe de la galerie Picard (ODJ n°36)

Annexe 6

Cartes informatives par commune

(hors texte)

Annexe 7

Cartes des aléas par commune

(hors texte)