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

Exploitations minières de lignite sur la concession du Banc Rouge (Ardèche)

Evaluation et cartographie des aléas miniers

RAPPORT S 2016/080DE - 16RHA22060

Date : 09/12/2016

Exploitations minières de lignite sur la concession du Banc Rouge (Ardèche)

Evaluation et cartographie des aléas miniers

RAPPORT S 2016/080DE - 16RHA22060

Diffusion :

Pôle Après-Mine Sud	Jehan GIROUD
DREAL Rhône-Alpes *5 ex. papier (2 DREAL, 2 communes, 1 DDT)* *6 CD (2 DREAL, 2 communes, 1 DDT, 1 Préfecture)*	Carole CHRISTOPHE
GEODERIS	Rafik HADADOU

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

SOMMAIRE

1 Cadre et objectif 5
1.1 Généralités 5
1.2 Zone d'étude 5
2 Définitions et méthodologie 7
2.1 Définitions : aléa et risque 7
2.2 Méthodologie 7
2.3 Modalité d'affichage des aléas 9
2.4 Définitions : ouvrages matérialisés/localisés/non localisés 9
3 Phase informative 11
3.1 Recherche d'informations 11
3.1.1 Consultation d'archives 11
3.1.2 Visites de terrain 14
3.2 Données informatives du site minier 15
3.2.1 Situation géographique et géomorphologique 15
3.2.2 Contexte géologique et structural 17
3.2.3 Le gisement 18
3.3 Contexte hydrogéologique et hydrologique 21
3.4 Historique de l'exploitation 22
3.4.1 Avant 1853, date d'institution de la concession 22
3.4.2 Entre 1853 et 1936, période concessive 25
3.4.3 Entre 1942 et 1951, reprise de l'activité 28
3.4.4 Méthodes d'exploitation 29
3.5 Production 30
3.6 Etat actuel des sites de travaux 31
3.6.1 Travaux miniers souterrains 31
3.6.2 Ouvrages débouchant au jour 33
3.6.3 Ouvrages de dépôts 42
3.6.4 Mine à ciel ouvert 43
3.6.5 Installations de surface 43
3.6.6 Désordres 45
3.6.7 Aérage, feux souterrains et accidents 48

3.7 Représentations cartographiques 49
3.7.1 Numérisation des plans miniers 49
3.7.2 Géoréférencement des plans miniers 49
3.7.3 Incertitude des reports cartographiques 56
3.7.4 Emprise des travaux souterrains 57
3.7.5 Carte informative 57
4 Phase évaluation des aléas 59
4.1 Identification des aléas retenus et écartés 59
4.1.1 Effondrement localisé 59
4.1.2 Effondrement généralisé 61
4.1.3 Affaissement progressif 62
4.1.4 Tassement 63
4.1.5 Instabilité de pente 63
4.1.6 Echauffement 63
4.2 Evaluation de l'aléa effondrement localisé 64
4.2.1 Zone d'altération superficielle 64
4.2.2 Nature du recouvrement minier 64
4.2.3 Effondrement localisé lié aux puits 64
4.2.4 Effondrement localisé lié aux travaux souterrains 67
4.3 Evaluation de l'aléa tassement sur dépôt 71
4.4 Evaluation de l'aléa échauffement sur dépôt 71
4.5 Cartographie des aléas 72
5 Conclusion 73

Mots clés : Saint-Marcel-d'Ardèche, Saint-Just-d'Ardèche, Lapalud, lignite, Ardèche, Vaucluse, aléas mouvements de terrain

Préambule

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

« Etude des aléas miniers sur la concession du Banc Rouge. Communes de Saint-Marcel-d'Ardèche, Saint-Just-d'Ardèche (Ardèche) et de Lapalud (Vaucluse) (BRGM/RP-66102-FR de 2016) » et rédigée par E. Equilbey.

1 CADRE ET OBJECTIF

1.1 Généralités

La concession du Banc-Rouge (titre n°07SM0005[1]) pour lignite est située dans le sud du département de l'Ardèche. L'exploitation de lignite sur ce secteur a été menée entre 1755 et 1951, date d'annulation du dernier titre minier. Une, voire localement, deux couches de lignites (la plus superficielle « Grande Mine » et la plus profonde « Basse Mine ») situées entre l'affleurement et une quarantaine de mètres de profondeur ont été exploitées de façon artisanale par des fermiers.

Cette exploitation entreprise à court terme, sans moyen d'investissement a régulièrement connue des problèmes liés à l'aérage et aux venues d'eau.

La mine était accessible depuis des entrées de galerie à flanc de versant depuis le talus de la lône du Rhône et par un nombre indéterminé[2] de puits plus ou moins éphémères.

La présente étude détaillée des aléas fait suite à l'opération scanning. Cette dernière était une opération nationale consistant à hiérarchiser, en fonction de leur niveau de risque « mouvement de terrain » l'ensemble des sites miniers français afin de cibler les études détaillées des aléas.

A l'issue de ce classement, les sites miniers représentant les niveaux de risque « mouvement de terrain » les plus préoccupants, ont été sélectionnés ; sur ces derniers, une qualification rapide de l'aléa mouvement de terrain (phase 2 du scanning) a été mise en œuvre dans un premier temps.

Le secteur minier du Banc Rouge a été classé suivant les zones de travaux considérées, comme présentant des risques miniers potentiels mais non prioritaires, ou comme secteur non retenus car ne présentant pas d'enjeu. Aucune phase d'évaluation rapide des aléas n'avait été initialement entreprise et aucune étude détaillée des aléas n'avait été préconisée.

Par la suite, de nouvelles priorités ont été définies aboutissant à la décision[3] de mener une étude détaillée des aléas sur le secteur minier du Banc Rouge.

Conformément à la méthodologie des études détaillées des aléas, ce travail est basé sur une analyse documentaire en archive complétée par une enquête sur le terrain permettant de rechercher et de géolocaliser les indices de désordre, les anciens ouvrages, mais aussi d'interroger la population. Il aboutit à une cartographie informative et des aléas miniers résiduels de ces ancienne exploitations à l'échelle 1/2500^{e}.

1.2 Zone d'étude

La zone d'étude correspond à la surface des communes de Saint-Marcel-d'Ardèche, Saint-Just-d'Ardèche (Ardèche), Lapalud (Vaucluse). Notons que la commune de Lapalud, intersectée par le titre minier du Banc Rouge, n'est pas concernée par les travaux miniers (Illustration 1).

[1] *Numéro de référence du titre dans la Base de Données des Sites et Titres Miniers (BDSTM) de GEODERIS*
[2] *La plupart des puits ne sont pas recensés ni répertoriés sur les plans miniers*
[3] *La DREAL Rhône-Alpes a retenu « EDA Banc Rouge (P5)» décrite dans la fiche RHA 22010 du programme technique GEODERIS 2016*

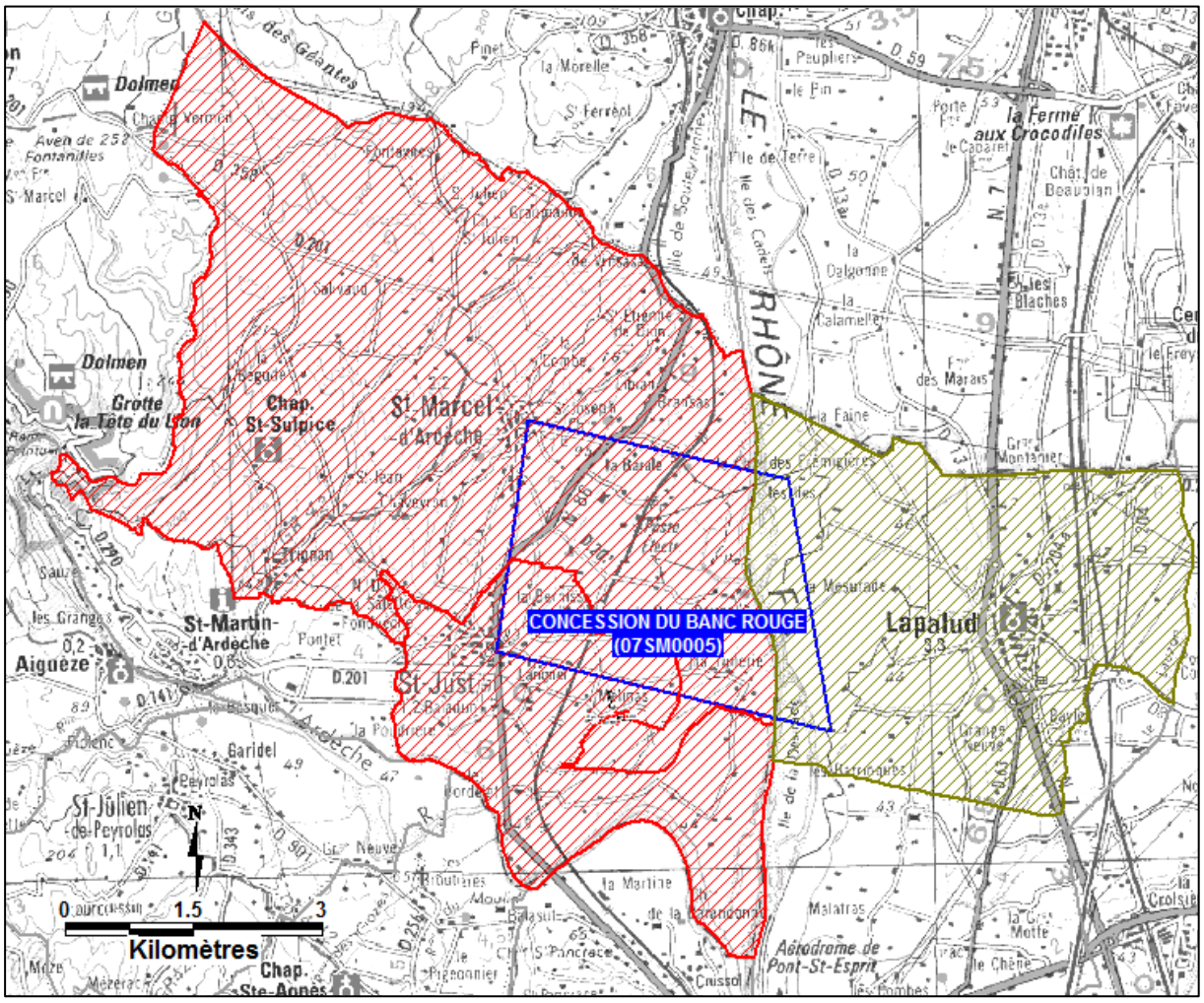


Illustration 1 : Périmètre d'étude des exploitations minières concernées (en bleu, la concession du Banc Rouge ; en rouge hachuré, les communes concernées par les travaux miniers en lien avec la concession du Banc Rouge ; en kaki, la commune de Lapalud, concernée par la concession du Banc Rouge, mais non concernée par les travaux miniers)

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, aussi dénommée prédisposition (Illustration 2).

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

Illustration 2 : 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 (ou intensité) 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

L'étude détaillée des aléas est réalisée selon le guide méthodologique (INERIS DRS-06-51198/R01) validé par l'administration et est conforme aux textes règlementaires qui précisent notamment la nature des aléas et risques pris en compte.

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

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

La réalisation d'une étude des aléas comprend deux phases successives, qui se traduisent chacune par un ou plusieurs documents cartographiques :

✓ **Une phase informative**

Cette phase permet de collecter et de valoriser au mieux les informations issues des archives relatives à ces exploitations. La démarche a comporté les étapes suivantes :

→ la consultation d'archives et l'enquête préalable : cette phase permet de recueillir les documents disponibles concernant le site étudié (plans, archives minières, rapports, cartes géologiques, etc.). Cette approche documentaire est menée auprès des organismes spécialisés : les archives de la DREAL[4] Rhône-Alpes, les archives du BRGM[5] et du SGR, les mairies de Saint-Marcel-d'Ardèche, Saint-Just-d'Ardèche et Lapalud ont été consultées. Les personnes ayant des connaissances sur le sujet, en particulier des riverains, ont été interrogées. Cette recherche a été menée également aux Archives Départementales de l'Ardèche, du Vaucluse et du Rhône et aux Archives Nationales.

→ les visites de terrain, qui permettent d'observer des ouvrages miniers, des phénomènes d'instabilité puis de les intégrer dans l'interprétation de l'ensemble des données collectées. Elles permettent également de relever les mouvements apparents (récents ou passés) qui n'auraient pas été répertoriés dans les archives disponibles. Cette phase permet de valider le géoréférencement des plans de mines (sous le SIG MapInfo). Les visites terrains ont été menées entre février et mai 2016.

Les résultats de cette phase sont représentés sur une carte informative ayant pour fond la BD Ortho® de l'IGN année 2007, à l'échelle 1/2500e (Annexe A).

✓ **Une phase d'évaluation et de cartographie des aléas**

A partir des informations acquises à l'issue de l'étape précédente, une analyse des aléas mouvements de terrain a été réalisée sur les différents phénomènes identifiés sur le site. Elle a consisté à effectuer :

✓ un découpage en zones homogènes, établi selon les configurations d'exploitation et les aspects géologiques, géomorphologiques ou autres,

✓ une détermination des phénomènes attendus en surface, fondée sur les configurations identifiées et les désordres observés ou prévisibles.

Elle a pour objectif de réaliser :

✓ une évaluation de l'aléa par type de phénomène attendu, compte tenu de l'intensité et de la probabilité d'occurrence estimée,

✓ une cartographie des aléas mouvements de terrain liés aux anciens travaux et ouvrages miniers.

L'enveloppe des zones affectées par les différents aléas est reportée sur fond de BD Ortho® de l'IGN année 2007, à l'échelle 1/2500e (Annexe B).

Remarque : seuls les aléas de type mouvements de terrain et échauffement ont été analysés dans le cadre de la présente étude. Compte tenu des résultats de la phase informative et de la taille réduite des réservoirs potentiels, le secteur d'étude n'est, à ce jour, pas retenu pour une étude d'aléa émission de gaz de mine en surface. Nous attirons toutefois l'attention sur la possibilité de présence de CO_2 et d'air désoxygéné dans les cavités minières. Les pollutions des sols ou des eaux ne sont pas étudiées, les risques présentés par ces problématiques font l'objet d'études particulières distinctes. Néanmoins, compte tenu de la substance exploitée, le secteur n'est pas retenu pour ce type d'étude.

[4] *Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement*
[5] *Bureau de Recherches Géologiques et Minières*

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 minier est évalué comme nul.

2.4 Définitions : ouvrages matérialisés/localisés/non localisés

Les ouvrages matérialisés sont ceux qui ont été observés et positionnés sur le terrain, alors que les ouvrages localisés sont ceux qui n’ont pas été observés sur le terrain et ont été positionnés d’après les plans miniers.

Les ouvrages non localisés n’ont pu être positionnés sur les cartographies par manque de précision des informations retrouvées en archives.

3 PHASE INFORMATIVE

3.1 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.

3.1.1 Consultation d'archives

Cette phase permet de recueillir les documents concernant le site étudié (plans, archives minières, rapports, cartes géologiques, etc.). Cette approche documentaire est menée auprès des organismes spécialisés : les archives de la DREAL Rhône-Alpes à Lyon, les archives centrales du BRGM à Orléans et du BRGM à Lyon, les mairies de Saint-Marcel-d'Ardèche, Saint-Just-d'Ardèche et Lapalud ont été consultées. Les personnes ayant des connaissances sur le sujet, en particulier certains riverains, ont été interrogées. Cette recherche a été menée également aux Archives Départementales de l'Ardèche, du Vaucluse et du Rhône et aux Archives Nationales. Dans les lignes suivantes, nous détaillons les visites destinées à la recherche de documents :

- **Archives Nationales de Pierrefitte-sur-Seine**. Elles ont été visitées le 5 février 2016. Il existe une seule référence spécifique à la mine du Banc Rouge (dossier d'instruction d'attribution de la concession) : F / 14* / 7619 (liasse 13).
- **Archives Nationales du Monde du Travail** de Roubaix. Ces archives ont été consultées par internet en février 2016. Aucune référence en lien avec la concession étudiée n'a été retrouvée.
- **Archives de la DREAL**. Les archives de la DREAL Rhône-Alpes à Lyon ont été consultées le 3 février 2016. La seule cote existante est la suivante : 1347/10 (Banc Rouge). L'essentiel des informations techniques recueillies provient de cette source, notamment en termes de plans miniers.
- **Archives Départementales de l'Ardèche, du Vaucluse et du Rhône**. Les archives départementales ont été consultées, le 10 février 2016 pour l'Ardèche (à Privas), le 18 février 2016 pour le Rhône (à Lyon) et le 15 mars 2016 pour le Vaucluse (à Avignon).
    - **Archives départementales de l'Ardèche**

      Dans la série 8S (Mines), les références suivantes ont été consultées :
        - *8 S 29/2 : Concession du Banc Rouge.* Les deux périodes d'activité (1755 à 1936) puis (1941 à 1950) sont présentes. Quelques données inédites sur la période 1790 à 1821 ont été retrouvées.
        - 8 S 62 : *surveillance des mines – PV de visite et* accidents : la série des Procès-Verbaux de Visite des Mines entre 1819 et 1897 a complété les informations retrouvées aux archives de la DREAL.
        - 8 S 63 : Accidents dans les mines et carrières (1909-1920).
        - 8 S 55 : Recherches, découvertes de gisements.

      Dans la série C (ancien régime), ont été consultés :
        - C446 : Mines, découvertes ;
        - C1342 : Mines de charbon de terre.

Mais aucune information concernant les exploitations étudiées n'a été retrouvée.
Aucune référence en W n'a été identifiée.

- **Archives départementales du Vaucluse**

  La référence suivante a été consultée dans la série 8S :

  - 8 S 16 : Lapalud (1850-1936), pièces administratives en relation avec l'instruction et surtout la renonciation de la concession du Banc Rouge. Seuls des textes sans plan ont été retrouvés.

Les archives communales anciennes de Lapalud ont été versées aux archives départementales d'Avignon. La sous-série 5O de ce fond d'archives communales (mentionnée ''mines et carrières'') est vide.

- **Archives départementales du Rhône**

  Aucune référence n'a été trouvée dans les séries L, S et W.

- **Mairies**. A la mairie de Saint-Marcel-d'Ardèche, M. Issartel, Historien, a mis à notre disposition un document monographique de 17 pages concernant la mine du Banc Rouge intitulé ''*Etude et rapport sur la mine de charbon & lignite du Banc Rouge appartenant à Mr le Marquis de Bernis''* (Foucquier, 1885) : des informations précieuses sur la géométrie du gisement (dont notamment une coupe longitudinale N-S) ont été retrouvées dans cet ouvrage.

  La mairie de Saint-Just d'Ardèche n'a pas d'informations particulières à communiquer mais nous a conseillé des contacts correspondant à des personnes qui ont une connaissance de l'histoire du site (notamment un habitant de Grange Neuve). Une visite de terrain a été menée avec le maire.

  La mairie de Lapalud a été contactée. A sa connaissance, il n'y a jamais eu de travaux miniers tant pour la concession Banc Rouge que pour d'autres travaux de recherche.

  Notons qu'aucune archive municipale en rapport avec les anciennes exploitations de houille n'est disponible dans ces trois mairies.

- **Bases de données nationales**. Aucune des bases suivantes ne contient d'informations concernant la zone d'étude : BDCAV (base des cavités souterraines), BASOL, BSS.

  Dans la BSS, il n'existe pas de données proche de la zone d'étude, amenant à donner un éclairage complémentaire à la carte géologique N° 889 à 1/ 50 000 de Bourg-Saint-Andéol. Le point BSS le plus proche, 08898X0025/SCE, correspond à une source temporaire de bas de talus en bordure sud du plateau au niveau de la ferme de Mélinas sur la commune de Saint-Just-d'Ardèche.

  Au nord immédiat de la zone minière en bordure du Rhône, le site industriel du Banc Rouge (ancienne distillerie d'alcool puis poudrière) est recensé dans BASIAS (avec parmi les différentes raisons sociales, les Etablissements Rey, qui reprendront l'activité minière entre 1941 et 1951). On signalera à ce sujet la série d'explosions accidentelles de la poudrière (encartouchages de TNT) le 09 avril 1962 (4 morts). Les déblais résiduels après explosion seront largement étalés en tête du talus de berge au-dessus du Rhône, modifiant la surface topographique antérieure de la bordure du plateau alluvial. Certains des débouchés miniers non retrouvés dans ce talus de berge auraient pu avoir été recouverts par ces apports de matériaux disponibles en abondance à proximité immédiate.

Dans la base nationale des mouvements de terrain, il y a été recensé un désordre au niveau de la mine sur la commune de Saint-Just-d'Ardèche : la fiche BDMVT n°60700047 mentionne une zone de cuvette en affaissement d'un mètre de profondeur sur un diamètre de 150 m, parmi les vignes survenu dans les années 1950 (information mairie recueillie par le BRGM en septembre 2004) (Illustration 3). Il n'a pas été possible de localiser cette zone de cuvette sur le terrain.

Illustration 3 : Photo associée à la fiche BDMVT n°60700047 (indexé plus loin comme désordre D2)

- **BRGM**
  - **Base documentaire du BRGM**. Aucune information spécifique n'a été recensé tant en bibliothèque centrale.
  - **Archives de la division minière**. Elles sont conservées sur le site du BRGM à Villeurbanne (69). Aucune information ne concerne la zone d'étude.
  - **Archives du BRGM Lyon**. Aucune information spécifique n'a été retrouvée.
- **Internet**. Les recherches ont été menées en février 2016, sur la base des mots clé géographiques (y compris noms des sites) et thématiques (y compris nom des substances).

  Un site dédié aux mines de l'Ardèche propose une présentation de la mine du Banc Rouge : http://minesardeche.e-monsite.com/pages/lignite/mines-de-lignite-et-de-schistes-bitumineux/concession-de-lignite-du-banc-rouge-histoire-et-exploitation.html.

Les archives déjà recueillies concernant les exploitations voisines de lignite de Saint-Paulet-de-Caisson (GEODERIS S2009/17DE – 09LRO2210), mentionnent la mine du Banc Rouge, sans apporter d'éléments nouveaux.

D'autres références à vocation géologique (Dumas E ; 1876) ou archéologique (Galy Guy-Roland, 1969) ont été retrouvés, mais n'amènent pas d'informations nouvelles.

Le site Géoportail (IGN/BRGM) a été consulté et l'ensemble des photos aériennes IGN existantes et accessibles (de 1947 à 2003) a été analysé.

Sur le site www.memoireetactualite.org, plusieurs articles de presse ancienne ont été retrouvés en rapport avec la mine du Banc Rouge, mais sans apporter d'éléments nouveaux.

- **DRAC**. La DRAC (SRA à Lyon et UTAP Ardèche à Privas) a été contactée en fin février 2016. Cet organisme ne détient aucune information concernant les anciennes activités minières sur la zone d'étude.
- **Associations**. La Société Géologique de l'Ardèche a été contacté via son président, Georges Naud. Il ne dispose pas d'informations particulières sur ce site.

  Via le tissu associatif de Saint-Paulet-du-Caisson, il a été recherché les cordonnées actuelles des rédacteurs de la notice monographique sur les mines de lignites (Yves Mandin et Serge Mercier). Le principal et premier rédacteur, Yves Mandin serait décédé en janvier 2016. Aucune information complémentaire n'a été retrouvée.

3.1.2 Visites de terrain

Ces visites permettent d'observer des ouvrages miniers, des phénomènes d'instabilité puis de les intégrer à l'interprétation de l'ensemble des données collectées. Elles permettent également de relever les mouvements apparents (récents ou passés) qui n'auraient pas été répertoriés dans les archives disponibles. Au cours de ces visites, nous avons été aidés par des habitants ayant une connaissance du secteur.

Le propriétaire des terrains du dernier carreau de la mine (dont le puits Hervé Gabrielle (P43) et l'unique dépôt minier (T1)) au lieu-dit « La Mine », sur la commune de Saint-Just-d'Ardèche a été rencontré. Dans le bâtiment où est situé le puits Hervé Gabrielle (P43), une trappe béton laisse un étroit point d'accès à la cheminée du puits ennoyé. Il demeure une prise d'eau dans ce puits.

Le dépôt minier (T1) attenant est entièrement boisé. Il forme une légère butte rectangulaire sur la parcelle de bois haute à son maximum de 1,5 m à 2 m. De nombreux terriers d'animaux parsèment ce dépôt. Aucune trace de matière organique n'a été retrouvée.

L'actuel doyen vivant sur le secteur minier, habitant à la Grange Neuve (Illustrations 4 et 5), nous a indiqué, au niveau des champs environnants, la position de plusieurs effondrements localisés dont lui ou son père ont été témoins. Il s'agit d'effondrements de dimensions limitées à 2 m de diamètre.

Le propriétaire de la ferme de La Briquèterie (Illustrations 4 et 5), située en pied de plateau, au bord de la lône, a été rencontré. Il exploite les champs sur le plateau alluvial au-dessus. Il nous a indiqué la position d'un puits ouvert, implanté à mi-talus. Cet ouvrage correspondrait au puits Rouge aussi appelé Grand puits (P4).

Près de ce puits, mais plus en hauteur sur le plateau, des remblais ont été poussés il y a plus d'une dizaine d'années. Une entrée de galerie[6] (entrée des Tuileries – G4), non reportée sur les plans miniers, a été recouverte. Sur ce secteur, une grande partie du plateau a fait l'objet d'apports de remblais en vrac venant modifier l'état de surface et masquant les anciens ouvrages miniers.

Sur la partie du plateau qu'il exploite, des effondrements localisés se sont produits fréquemment. Ce propriétaire nous a situé les plus récents qui se sont produits entre 2014 et 2016.

Le locataire d'une des maisons alignées sur la Tuilerie (Illustrations 4 et 5), nous a montré un puits implanté au pied de la bâtisse. Il est recouvert d'une dalle, avec une ouverture liée à une dégradation de la dalle, sur un côté. Les photos de la tête de l'ouvrage, prises par le locataire, montrent un muraillement maçonné en pierres réfractaires. A une profondeur de 4 m, deux départs de galeries en vis-à-vis sont a priori identifiables. Cet ouvrage est situé en dehors de l'emprise des travaux miniers pour lignite. La nature de cet ouvrage est indéterminée, mais il pourrait être en lien avec l'exploitation des argiles présentes dans le flanc sud du plateau alluvial.

On notera que la grande partie du talus de berge de la lône est recouvert d'une végétation dense, empêchant tout accès. Dans ces conditions, il n'a pas été possible d'explorer de façon systématique ce secteur pourtant potentiellement concerné par des ouvrages débouchant au jour.

Cette phase permet de valider le géoréférencement des plans miniers et abouti à un inventaire des ODJ et des désordres.

Les visites de terrain ont eu lieu les 25 et 26 février 2016, 7 et 8 mars 2016 et 12 mai 2016.

3.2 Données informatives du site minier

3.2.1 Situation géographique et géomorphologique

La zone d'étude (Illustration 4) est située en bordure sud-est du département de l'Ardèche, en région Rhône-Alpes, et déborde en rive gauche du Rhône, berge vauclusienne rattachée à la région Provence-Alpes-Côte-D'azur.

Les anciennes exploitations sont situées en amont immédiat de la confluence de l'Ardèche avec le Rhône, en rive droite. Elles sont situées le long d'un ancien bras du Rhône (lône) à partir du talus de berge de la lône et sous la terrasse alluviale en léger plateau (18 m environ de dénivelé au-dessus du lit du Rhône) et au relief très plat (Illustrations 4 et 5).

Trois communes sont concernées par la concession du Banc Rouge (Illustrations 1 et 4) : Saint-Marcel-d'Ardèche, Saint-Just-d'Ardèche situées en Ardèche, région Rhône-Alpes et Lapalud situé dans le Vaucluse, région Provence-Alpes-Côte-d'Azur. Seules les communes de Saint-Marcel-d'Ardèche et de Saint-Just-d'Ardèche sont concernées par les anciens travaux miniers.

[6] *Selon un autre riverain qui a connu cet orifice ouvert, il s'agissait d'une vaste entrée (environ 4 m de large et 2 m de haut) qui filait en ligne droite*

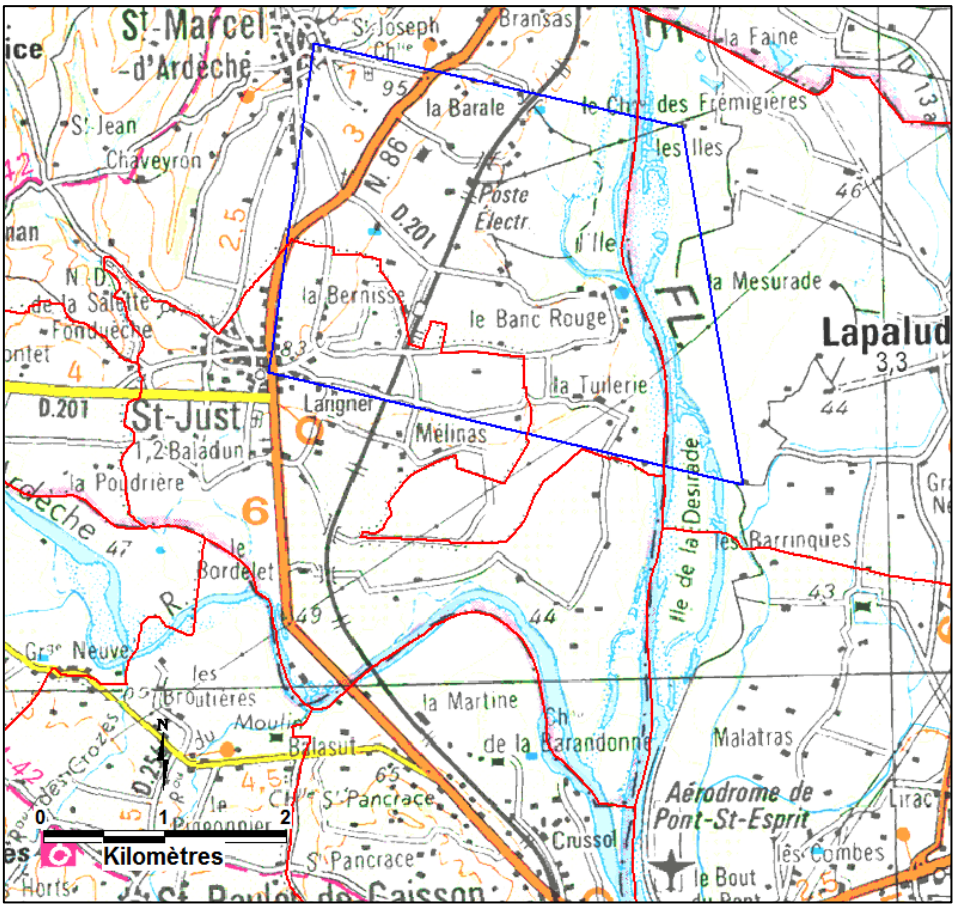


Illustration 4 : Localisation de la zone d'étude sur fond de scan100® de l'IGN (en bleu, la concession du Banc Rouge / en rouge, les limites des communes)

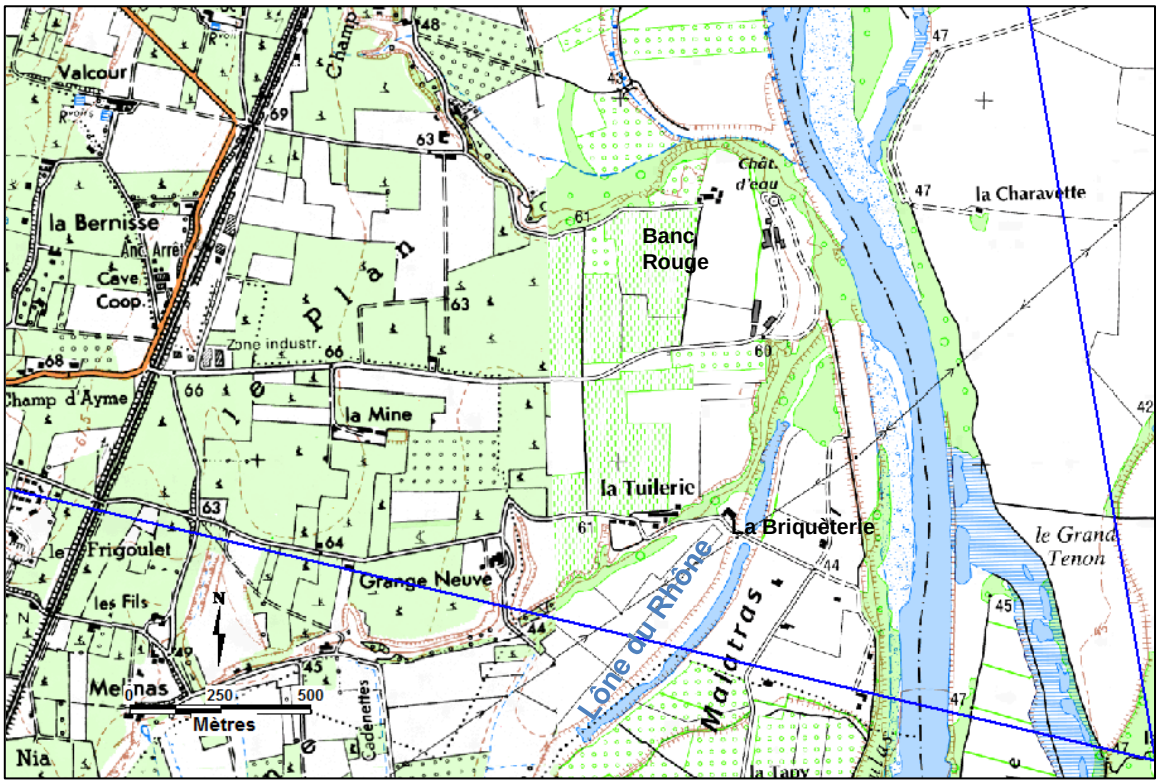


Illustration 5 : Localisation de la zone d'étude sur fond de scan25® de l'IGN (en bleu, la concession du Banc Rouge)

3.2.2 Contexte géologique et structural

Le gisement de lignite du Banc Rouge est une extension du gisement gardois voisin de Saint-Julien-de-Peyrolas (Illustration 6). D'après les quelques sondages de reconnaissance, entre les deux sites miniers, la rivière l'Ardèche aurait entaillé les terrains du Paulétien.

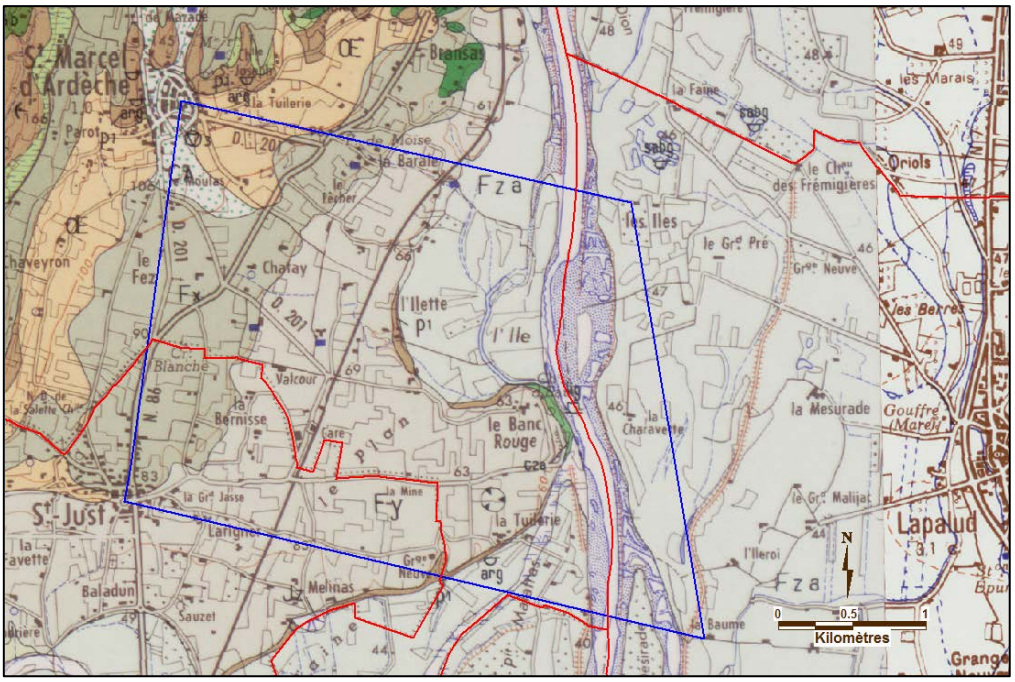
Les couches de lignite exploitées sont localisées dans des horizons dits « Paulétien » d'âge Cénomaniem supérieur C_{2a}. Ces horizons sont composés essentiellement d'une alternance de niveaux peu épais carbonatés (marnes, calcaires, argiles) et sableux plus ou moins consolidés en grès, entrecoupés de veines et de quelques bancs de lignite.

La base des horizons Paulétien repose directement sur des sables verts et grès sableux verts ou jaunes du Cénomanien inférieur.

A hauteur des exploitations du Banc Rouge, les horizons Paulétiens sont directement recouverts par la basse terrasse alluviale du Rhône (Fy), constituée essentiellement de sables, graves et galets, sur une hauteur de 3 à 8 m et chapeauté par 1 m de terres arables. Des passées argileuses sont localement présentes au sein de cette basse terrasse alluviale. Elles auraient pu être utilisées à la briqueterie locale.

Sur le flanc nord et sud de cette basse terrasse de Saint-Marcel/Saint-Just, affleurent les marnes et argiles du Pliocène marin et saumâtre (p1) accumulés en dépôts résiduels dans les talus de pied de terrasse. Côté sud de cette basse terrasse, à hauteur de la Tuilerie, ces argiles exploitées directement sur place[7], constitueraient à la faveur d'un contact faillé, l'essentiel du talus de pied de basse terrasse (puissant de 10 à 40 m).

En rive gauche du Rhône, coté Vaucluse, les alluvions du Rhône s'étendent largement à l'est au-delà de la berge et de la limité de la concession du Banc Rouge. La surépaisseur de ces alluvions puissantes masque le substratum géologique dont on ignore la nature. Les horizons miniers du Paulétien y sont peut-être encore présents sous la couche alluviale bien que cela n'est jamais été rapporté en termes de découverte : sur cette zone mal desservie, jamais aucun sondage de reconnaissance n'a été entrepris.



[7] *D'autres zones d'exploitation de ces argiles sont recensés dans les pourtours du bourg de Saint-Marcel-d'Ardèche, notamment à la Chapelle-Saint-Georges*

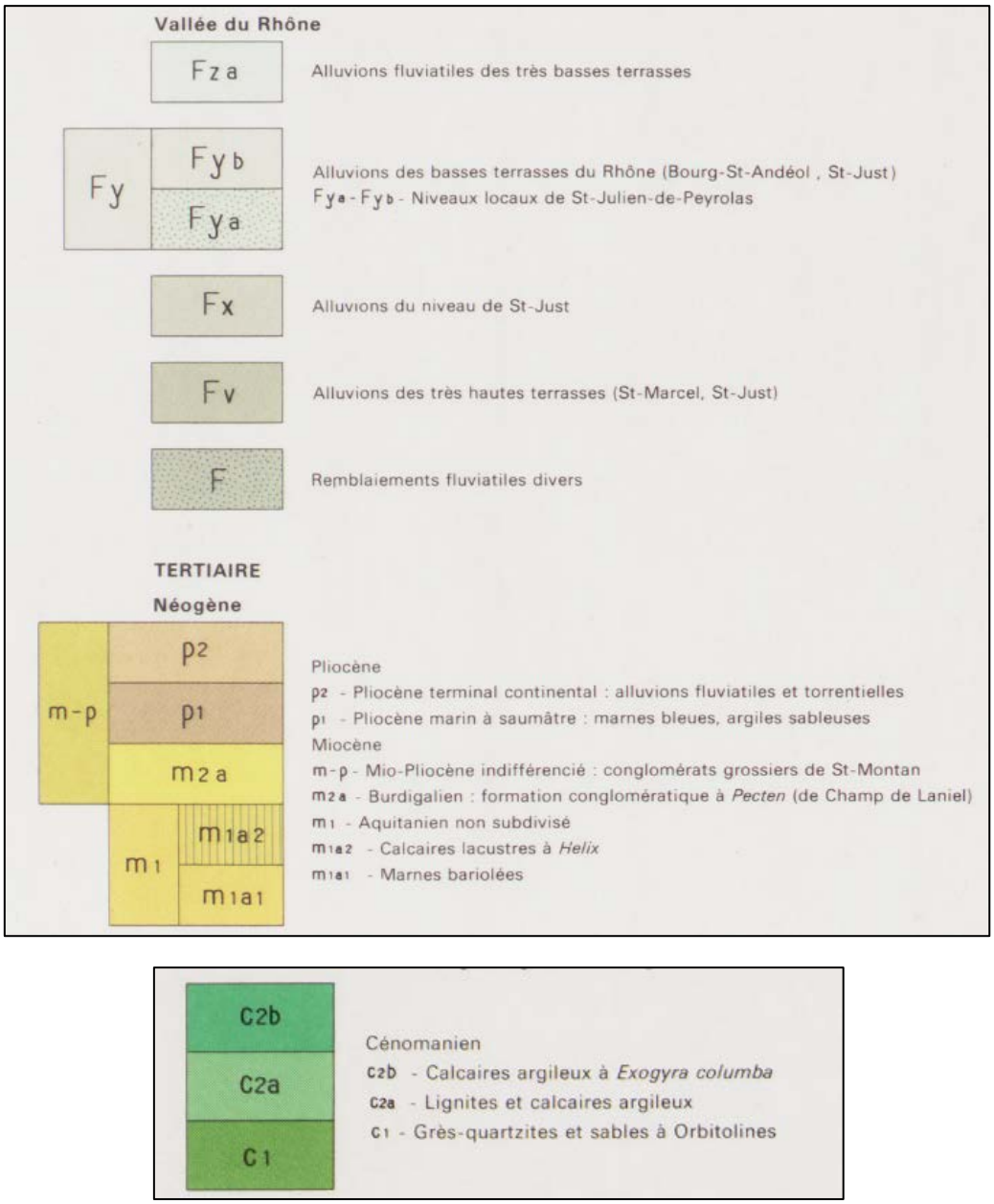


Illustration 6 : Situation géologique d'après la carte géologique n°889 de Bourg Saint Andéol à l'échelle 1/50000
(en bleu, la concession du Banc Rouge / en rouge, les limites des communes)

3.2.3 Le gisement

Le gisement a une forme en éventail et est situé au sud de la ferme du Banc Rouge. Le gisement a un pendage de 6° à 10° vers le sud. A la faveur des accidents géologiques, le pendage s'accentue parfois à près de 20°. Un soulèvement induit aussi un versement des couches vers le Rhône.

Sur les secteurs concernés par les accidents structuraux, les couches ont été brisées et amincies. En s'en éloignant, les couches s'étoffent et se font plus régulières. L'ensemble du gisement se trouve ainsi compartimenté par des failles, plus ou moins espacées. Les zones les plus touchées sont hachées voire brisées. C'est particulièrement le cas à hauteur du talus du Rhône en bordure est de gisement, correspondant à la zone la plus exploitée.

Ainsi, les couches de lignite sont relativement fluctuantes en nombre, épaisseurs et teneurs carbonées, avec deux niveaux exploités (Illustrations 7 et 8) :

- la couche supérieure et principale dite « Grande Mine » : elle a une puissance de 2,3 m dont 1,5 m de lignite de belle qualité. Cette couche est constituée de deux, voire trois bancs parfois intercalés de veines de moindres épaisseurs. Vers les affleurements, la qualité de la minéralisation se dégrade et seul le banc inférieur reste intéressant à exploiter ;
- la couche inférieure dite « Basse Mine » : elle est constituée d'un seul banc puissant de 0,6 à 0,8 m parfois intercalé de veines de moindres épaisseurs. Cette couche inférieure a une qualité médiocre : schisteuse et très friable à l'air. Son exploitation plus tardive a été menée suite à l'épuisement de la couche « Grande Mine » sur la partie est et avant découverte de la prolongation du gisement plus à l'ouest, au-delà de la zone faillée, soit qu'environ entre 1850 et 1877.

Entre les deux couches, l'épaisseur de l'intercalaire marnocalcaire varie généralement entre 2 m et 4 m. Il n'est parfois que d'un mètre.

Les deux couches présentent comme à Saint-Julien-de-Peyrolas des teneurs en soufre significatives de près de 4,5 % en couche « Grande Mine » et 5,5 % en couche « Basse Mine ». Cette présence sous forme de pyrites est à l'origine d'échauffements inopinés qui ont donné lieu à quelques incendies au fond et en surface.

La tenue au toit de la couche « Grand Mine » est généralement bonne. Elle est assurée par la présence de banc de marnes coquillers qui a souvent permis de se dispenser de soutènement. Plus à l'ouest, il y a eu localement un faux toit qui a eu tendance à s'ébouler. D'ailleurs, suite à un accident, des consignes dans le but de faire tomber ce faux toit ont été formulées. Les éboulements de toit signalés en archives sont rares.

Au-dessus des deux couches exploitées, les sondages identifient généralement une à deux petites veines de lignite, trop peu puissantes ou de qualité trop médiocre pour qu'elles fassent l'objet d'une exploitation.

La limite nord du gisement correspond à l'affleurement sous la basse-terrasse alluviale, les couches sont amincies et sans intérêt pour l'exploitation, malgré leur faible profondeur. Pour cette raison, l'exploitation ne démarre qu'environ 10 m plus au sud de cette limite d'affleurement.

Vers le sud, compte tenu du pendage, le gisement s'enfonce et en l'absence de moyens d'exhaure importants, l'exploitation s'est arrêtée bien avant d'atteindre la bordure sud de la basse-terrasse alluviale. Notons que quelques sondages réalisés en bordure sud de la basse terrasse dans un compartiment faillé soulevé, ont rencontré la couche « Grande Mine » qui varient rapidement entre 15 m (vers Grange Neuve) et 46 m de profondeur (coté La Tuilerie).

Sur le flanc est, les couches affleurent au jour dans le talus de berge de la lône du Rhône, sauf à hauteur du Grand Puits (puits A de la coupe) (P4), où à la faveur d'un compartiment faillé abaissé, les couches se poursuivraient localement sous le bras mort du Rhône (Illustration 8).

La progression au fil de temps de l'exploitation vers l'ouest, montre la bifurcation des couches vers le nord-ouest et la présence de serrées de plus en plus fréquentes, avec au niveau des ouvrages miniers les plus occidentaux (anciens travaux du Puits Hervé Gabrielle – P43) des faciès de plus en plus marneux et de moins en moins riches en matière organique. Les nombreuses cassures ont compliqué les reconnaissances et l'exploitation.

Le prolongement nord-ouest du gisement a été peu reconnu tant au fond qu'en sondages.

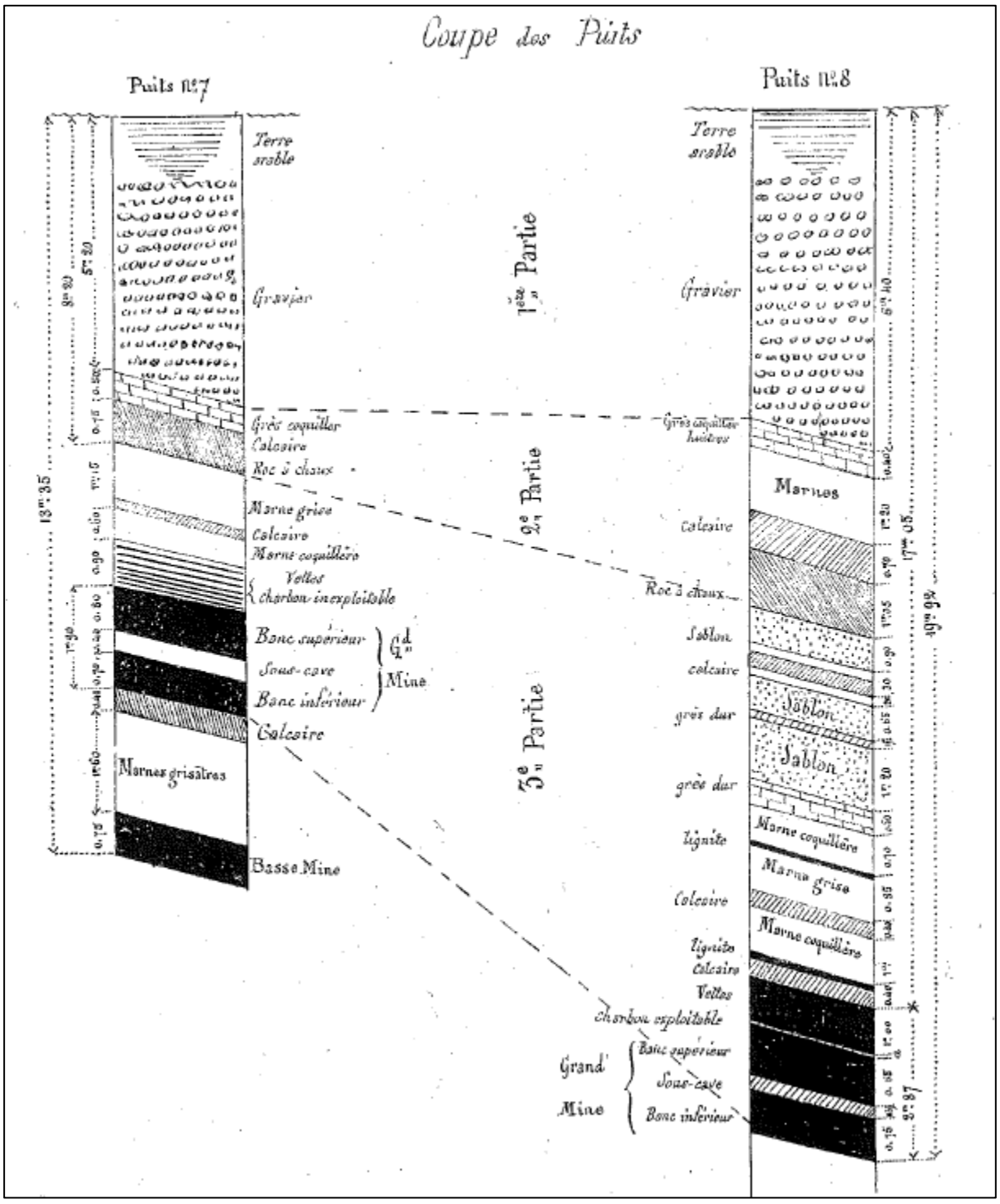
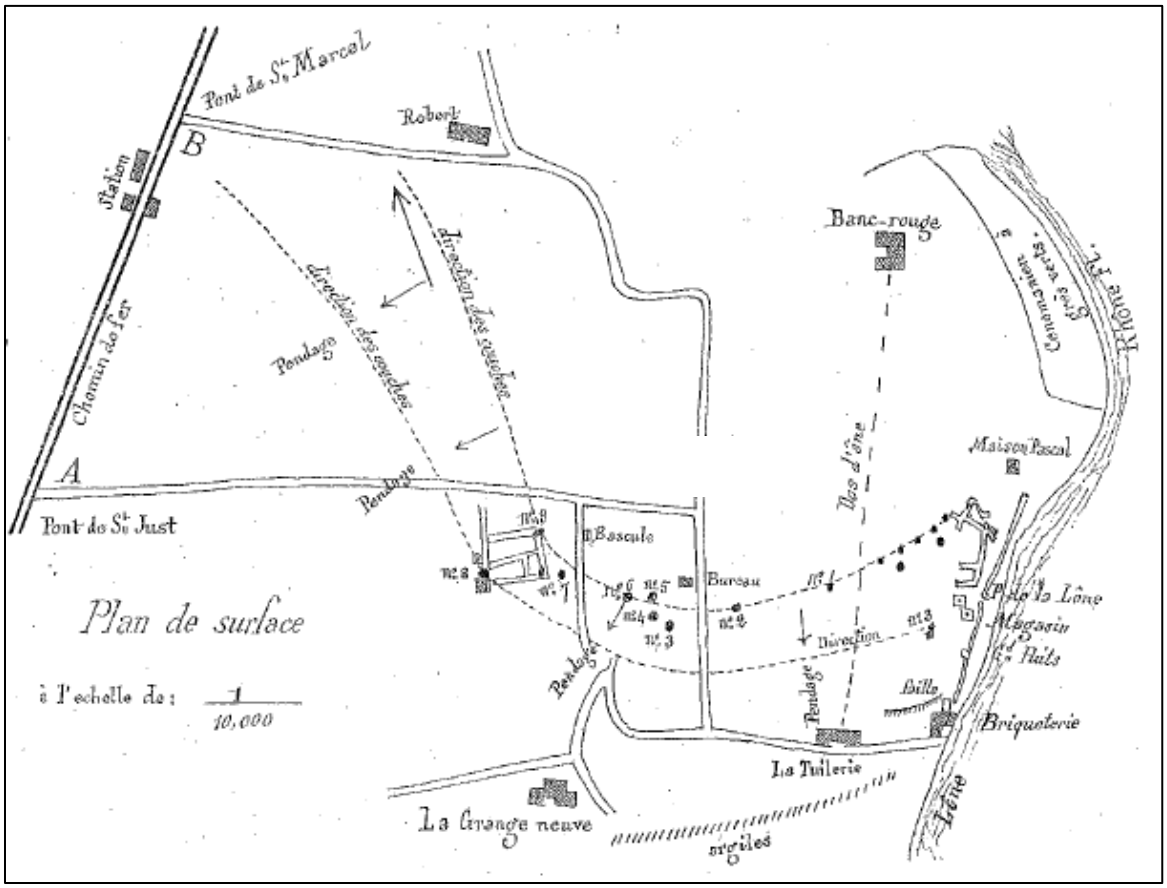


Illustration 7 : Allure des couches et illustrations des fluctuations litholigques rencontrées (Foucquier, 1885)



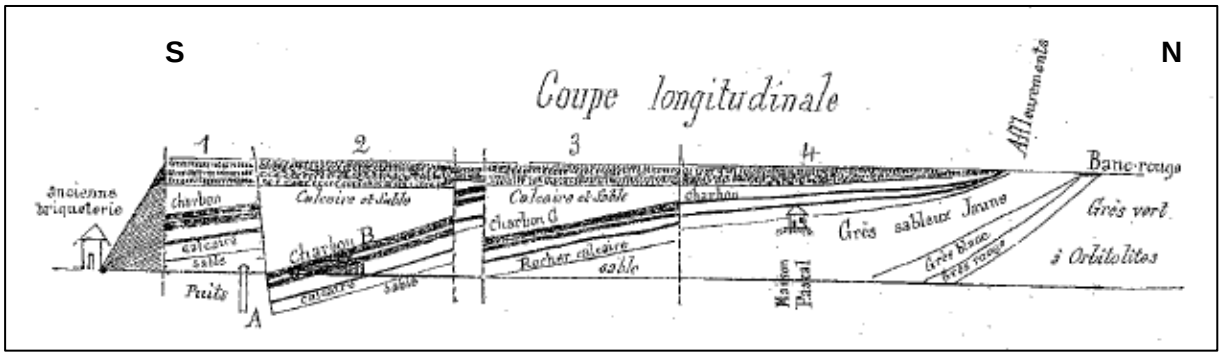


Illustration 8 : géometrie du gisement exploité en plan et coupe schématiques (Foucquier ,1885)

3.3 Contexte hydrogéologique et hydrologique

Les couches à l'affleurement sont positionnées en partie supérieure du talus de berge de la lône du Rhône, une galerie d'écoulement pentée creusée depuis le pied de berge permettait, lors de la période d'exploitation, le drainage des travaux souterrains par écoulement gravitaire. Pour les couches en pied de berge voire sous le lône, un exhaure plus spécifique a dû être nécessaire. Notons que les moyens d'épuisement[8] sont toujours restés peu développés et le problème de l'évacuation des eaux a fortement limité l'exploitation. Ceci est une des raisons du développement réduit de la mine.

[8] Action de vider à force de puiser

Du fait de la proximité du Rhône, en période de fortes crues, les travaux souterrains s'ennoyaient. Ainsi, ce sont les variations des conditions locales hydrologiques et hydrogéologiques qui ont rythmé l'activité minière. En cas de faibles venues d'eau dans les puits ou lors des périodes d'étiage, l'exploitation s'accélérait : il est d'ailleurs mentionné la poursuite de galeries sous le Rhône (en l'occurrence sous la lône du Rhône[9]). Au contraire, avant même le terme de leur foration, certains puits ont dû être abandonnés face aux fortes venues d'eau.

Tout au long de son histoire, l'ennoyage des travaux miniers a eu lieu régulièrement (notamment en 1823, 1839, 1889, 1912), occasionnant des arrêts d'exploitation plus ou moins longs. Citons par exemple l'arrêt de l'exhaure en 1889 suite au dysfonctionnement d'une pompe d'épuisement ayant causé l'évacuation du fond le 13 août 1889, l'ennoyage des travaux et l'interruption de l'exploitation minière sur la concession jusqu'en 1901.

3.4 Historique de l'exploitation

3.4.1 Avant 1853, date d'institution de la concession

La famille de Bernis, seigneurs de Saint-Marcel-d'Ardèche et de Saint-Just-d'Ardéche notamment, accède au marquisat, en avril 1751, par patentes du parlement de Toulouse (création du Marquisat de Saint-Marcel-de-Pierre-de-Bernis). Quatre ans plus tard, soutenu par son ami intendant du Languedoc, M. de Saint-Priest, le nouveau marquis de Bernis obtient le 13 octobre **1755** la permission du ministre d'Etat Moreau de Séchelles d'exploiter des mines de charbon de terre sur ses propriétés de Saint-Marcel.

Dès cette date et probablement avant, l'exploitation est confiée à des fermiers qui en assument tous les frais d'extraction et qui paient en retour une redevance en nature. L'exploitation permet d'alimenter les activités locales alors en plein démarrage : les tuileries, fours à chaux et l'élevage des vers de la soie.

Les premiers travaux d'exploitation sous l'ancien régime ne sont pas documentés en archives. Néanmoins, les travaux ultérieurs, par fermage, ont recoupés les premiers travaux.

A cette époque, l'exploitation concerne la couche supérieure dite « Grande Mine ». C'est le secteur du talus de berge, facile d'accès par des galeries à flanc de versant, qui est le premier exploité. C'est certainement à cette période que des galeries auraient été poussées sous la lône (probablement à partir du puits Rouge ou Grand puits (P4) ou du puits n°1 de la Lône (P1)). Sous le plateau proche, une exploitation partielle est menée par puits avec un taux de défruitement faible, laissant de massifs piliers de 11 m de côté.

En avril **1792**, pendant la période révolutionnaire, la famille de Bernis émigre et est dépossédée de ses biens. Cette mine sous séquestre est alors exploitée par des particuliers pour approvisionner une filature de soie. Citons par exemple, un habitant de Pont-sur-Rhône[10] qui vînt s'y établir et exploiter le combustible pour alimenter un four à chaux construit près de l'entrée de la mine au bord du fleuve. A cette période, les résultats sont déplorables et la commune s'empare de la mine pour alimenter un atelier de salpêtre. Notons qu'un état du 3 nivôse an III (23 décembre 1794) mentionne que la mine est « très peu » exploitée. Il ne semble pas que l'exploitation ait perdurée davantage au-delà de l'an III.

[9] *Sans doute depuis les puits de la Lône n°1 ou du puits Rouge ou Grand puits.*

[10] *Actuellement Pont-Saint-Esprit*

Avec la fin de la révolution, le marquis Pierre de Bernis revient en France et après avoir formulé une demande au préfet (le 4 germinal an XI – 25 mars **1803**), reprend l'exploitation sur ses terres. Entre les éboulements et les mauvaises conduites des exploitants précédents, il reste à cette époque, seulement deux galeries en place : l'une (a priori G2) en partie basse de versant, inondée périodiquement avec la montée des eaux du Rhône, l'autre (a priori G1) au-dessus de la première.

Comme avant la révolution, l'exploitation est confiée à des fermiers. Elle est a priori limitée au talus de berge.

En dehors de la zone proche du talus de la lône du Rhône, qui s'appuie sur un réseau de galeries à flanc de versant, l'exploitation plus à l'ouest est menée de manière intermittente à l'aide de puits ouverts sur quelques années tout au plus. En absence de tout levé de plan et avec le changement régulier des fermiers, les nouveaux forages recoupent régulièrement d'anciens travaux miniers.

En **1814**, seule une galerie est en activité.

En **1815**, quatre galeries et un puits sont en activité quand un incendie stoppe cet élan.

En **1819**, l'exploitation est réalisée par le biais d'un doublon de puits reliés entre eux (ces ouvrages ont été visités par l'administration). Il s'agit d'un puits principal d'extraction et d'un puits d'aérage situés sur le plateau au nord des tuileries. Aucune indication précise quant à leur position n'a été retrouvée en archives.

Le puits principal comprend quatre galeries réparties sur deux niveaux de recettes :

- la première montante du sud au nord, suit la couche sur 80 m linéaire et relie le puits principal au puits d'aérage,
- la seconde descendante en direction opposée, suit la couche sur 20 m linéaire,
- la troisième horizontale, en couche, est longue de 20 m vers l'ouest,
- la quatrième horizontale, en couche, est longue de 40 m vers l'est.

Des deux dernières galeries partent des tailles de 2 à 3 m de large et laissant des piliers carré de 8 à 10 m de côté. Des remblais de 1,8 m de haut et 1,6 m de large sont montés.

Deux ans plus tard, ces tailles atteignent, pour les plus développés, une longueur de 40 m.

A cette époque, une tentative de fonçage d'un puits pour l'épuisement échoue à cause de l'abondance des eaux. Néanmoins, la seconde tentative aboutie.

En **1823**, les travaux en activités sont situés sur un autre doublon de puits, situés proches de la bordure de la basse terrasse du Rhône. Ces travaux avoisinent d'anciens travaux et les infiltrations d'eaux via ces derniers engendrent l'ennoyage et l'abandon du secteur en aval pendage coté sud-est.

L'exploitation se poursuit en 1824-1825 en progressant vers l'amont pendage avec une production en baisse.

En **1831**, l'exploitation se situe près des affleurements et est réalisée par le biais de tailles réduites à 2,6 m de large et aux 2/3 remblayées. Elle est concernée par de nombreux éboulements du toit marneux. Le lignite est de qualité médiocre (seul le banc inférieur peut être vendu, le banc supérieur est altéré en marnes noires). Notons que d'anciens travaux abandonnés il y a 20 ans sont exploités : les piliers résiduels sont recoupés en quatre.

L'exploitation est délicate à cause du manque d'aérage et des venues d'eaux brutales issues des anciens travaux. A cette époque, l'exploitation ne sert plus qu'à alimenter un four à chaux.

En **1834** l'exploitation continue à se rapprocher des affleurements et le nombre de cas d'éboulements augmente.

Durant cette période, sur les conseils de l'ingénieur des mines, des puits sont foncés au plus près du Rhône (avec muraillement à la chaux à hauteur des niveaux aquifères). Le but est de reprendre l'exploitation au-dessus et au-dessous du Rhône où la couche « Grande Mine » est belle et puissante, avec un toit solide. Cependant, les venues d'eaux poussent les exploitants à abandonner ce projet.

En **1835**, un stot large de 20 m, laissé inexploité est découvert et mis en exploitation par un doublon de puits. Les tailles mesurent 3 m de large dont 2 m remblayés. Un passage résiduel de 1 m est conservé. La couche « Grand Mine » a une puissance de 1,5 m (dont 0,5 m de nerf intermédiaire), soit la hauteur des galeries.

En **1837**, l'exploitation s'est déplacée en direction de l'escarpement vers les affleurements avec un doublon de puits de 12 m et 15 m séparés de 25 m. Ils sont reliés par une galerie à l'escarpement du Rhône. L'aérage est excellent. La couche a une puissance de 2 m dont 0,5 m de nerf calcaire (réutilisé comme remblais et pour la fabrication de la chaux). Les tailles ont une largeur de 3 m.

En **1838**, un des deux puits est renouvelé. Les quatre fermiers continuent d'exploiter avec soin et intelligence les anciens piliers résiduels qu'ils recoupent. Cela continue en **1839** puis **1840** côté nord, mais avec des largeurs de couches réduites à 0,9 m.

Suite aux éboulements, la zone est abandonnée et en **1841**, un nouveau doublon de puits de 18 m et 20 m est créé. La galerie de liaison s'étant éboulée, un nouveau puits est foncé en **1842**. Les tailles qui ont une largeur de 2,5 m sont correctement remblayées.

En **1843**, il ne demeure qu'un unique puits isolé le plus ancien toujours ouvert et une activité insignifiante. Jusqu'en **1847**, l'exploitation se fait par un seul puits, les problèmes d'aérage empêchant souvent toute activité en période estivale. A cette époque, les fermiers ne rendent aucun compte.

En **1848**, l'exploitation basée sur un doublon de puits revient en pratique.

En **1850**, la mine tourne au ralenti mais l'exploitation commence à s'intéresser à la couche de « Basse Mine ».

Notons que des visites annuelles de la mine sont déjà, avant même l'attribution officielle d'un titre relatif au nouveau code minier, assurées par l'administration des mines (Ingénieur de Mines et/ou garde-mine). Ces visites sont l'occasion pour l'administration de demander de manière répétée et insistante que cette exploitation soit régularisée, ceci jusqu'à l'octroi effective d'une concession.

En 1808, une première demande en concession est faite par le Marquis. Celle-ci est restée sans suite (dossier jugé incomplet, notamment du fait de la médiocre qualité des plans). Une seconde demande est formulée en 1834 suivie d'une troisième en 1843. La demande de concession a abouti à la quatrième demande du 27 novembre 1848. La concession a été attribuée le 05 janvier **1853**.

3.4.2 Entre 1853 et 1936, période concessive

L'octroi de la concession a régularisé la situation administrative des travaux miniers mais les pratiques d'exploitation n'évoluent pas. En effet, l'exploitation est toujours menée avec peu de moyens et sans réelle prise en compte du cahier des charges de la concession.

A cette époque, l'exploitation concerne la couche inférieure dite « Basse Mine ». En **1854**, trois puits sont foncés. Ils sont raccordés à des galeries à flanc de versant. Notons que ces galeries horizontales atteignent 4 m de large.

Le regain d'activité et de sérieux correspondant au début de la période concessive (levé de plans, registres à jours, activité croissante) ne dure pas ; dès **1855**, la mine connait une activité fluctuante au gré des changements fréquents des directions des travaux souvent découragés par les manques de moyens.

En **1856**, l'inondation atteint les travaux menés en couche supérieure dite « Grande Mine » et certaines galeries poussées à l'est sous la lône du Rhône en 1850.

Notons qu'en **1859**, on compte six puits (quatre sur le plateau et deux dans le talus de berge), et certaines galeries à flanc ont une longueur de 200 à 250 m.

De tout temps, la difficulté principale rencontrée par l'administration a été d'obtenir du concessionnaire le levé des plans d'exploitation : à cinq reprises un arrêté préfectoral enjoint le concessionnaire à fournir les plans et à mettre à jour le registre d'avancement, ceci en vain malgré les menaces d'arrêter l'exploitation en cours (29 avril 1844, 05 février 1855, 16 février 1861, 27 septembre 1871 et 10 avril 1872).

En **1861** un premier plan des travaux (ceux accessibles lors du levé) est fourni aux autorités. Ce plan est rapidement obsolète faute d'actualisation.

Entre **1862** et **1864**, une activité de dépilage de la couche inférieure dite « Basse Mine » est menée autour de la galerie de la Porte Rouge (a priori G1). Cette activité saisonnière permet de répondre aux besoins locaux en chauffage et à l'élevage des vers à soie.

L'exploitation est quasiment à l'arrêt entre **1864** et **1875**. Notons néanmoins qu'entre **1868** et **1870**, un ouvrier Basile Coutas, exploite les deux couches, par puits isolés de 8 à 15 m de profondeur. En septembre **1871**, le marquis de Bernis fait cesser cette activité : les entrées de galerie sont alors éboulées et les quelques échelles des puits encore ouverts sont enlevées.

A l'automne **1874**, l'exploitation reprend sous la direction de Camille Dumas. Deux puits (puits n°1 – P19 et puits n°2 – P20) de 15 m et 23 m de profondeur sont foncés sur le plateau. Une galerie à flanc de berge de la lône du Rhône est remise en état mais stoppée 30 m avant d'atteindre le puits n°1. Avec l'épuisement de la couche « Grande Mine » dans ce secteur, c'est la couche « Basse Mine » qui est exploitée par dépilage complet. Mais la qualité médiocre de cette couche aboutie à un arrêt des travaux avant fin **1875**.

La reprise d'activité en **1875** reste éphémère et s'interrompt dès **1876** devant le déclin de la sériculture couplé à la concurrence des lignites du Gard.

L'activité redémarre fin **1877** sous la direction de M. Boissin. A partir de **1878**, l'exploitation repart et est menée avec plus de sérieux, de méthode et de compétence. Cela permet d'augmenter le tonnage extrait entre moins de 300 tonnes en 1878 à 2 000 tonnes en 1889.

Un nouveau doublon de puits, le puits Valette (P21) et puits Graffin (P22) reliés entre eux et distants de 16 m, sont foncés à environ 60 m au NNW du puits n° 2 (P20) ; ils sont respectivement profonds de 11 et 7,5 m. Ils débouchent dans un secteur vierge et les deux couches sont mises en exploitation. Le toit plus résistant permet des largeurs de taille de 3 à 4,5 m.

Dès **1878**, d'autres puits sont foncés plus à l'ouest, d'abord sans succès (puits Boissin n° 3 - P24 et puits n° 4 - P25) puis avec succès en **1878**-**1879** (puits n° 5 - P26, puits n° 6 – P27 et puits n° 7 – P28).

Du puits n° 5 (P26) isolé, une descenderie est entamée. Mais du fait de venues d'eaux, un éboulement de la descenderie aboutit à l'abandon définitif de l'ouvrage. Le puits n°6 (P27) et puits n° 7 (P28) seront les premiers ouvrages d'un quartier minier qui va être mené de manière plus régulière et rationnelle.

Alors que le puits n° 6 (P27) est vite abandonné, le puits n° 8 (P29) situé 130 m plus à l'ouest est foncé en **1880**. Une galerie de liaison entre les puits n° 7 et le puits n° 8 est établi en **1881**. Seule la couche « Grand Mine » est exploitée.

Un incendie se déclare à fin avril **1883** (échauffement suite à l'oxydation des pyrites) et va perturber pendant un certain temps le développement de la mine.

La période entre 1884 et 1885 correspond à une phase de développement de la mine : les ouvertures de puits s'enchainent, mais ils sont presque aussitôt remblayés dès exploitation de leurs abords (puits n° 10 – P32, puits n° 11 – P34, puits n° 7bis – P30, puits n° 10bis – P33).

Le secteur des puits n° 7 (P28) et puits n° 7bis (P30) est le premier arrêté, puis le secteur du puits n° 9 (P31) en **1885**. Le secteur des puits n° 10 (P32), puits n° 11 (P34) et puits n° 12 (P35) persiste jusqu'au courant de l'année **1887**. Le nouveau quartier du puits n° 13 Saint-Marcel (P36) s'ouvre dès **1885**. Pendant ce temps, le puits n° 8 (P29) utilisé pour l'épuisement est resté ouvert.

Notons qu'à partir de **1886**, une nouvelle société est nouvellement créée pour accompagner le développement de l'exploitation mais les ambitions de cette société sont rapidement déçues. Les produits ne peuvent être écoulés que pour les besoins locaux et l'investissement financier est insuffisant.

De **1887** à **1889**, l'exploitation se reconcentre sur le seul secteur du puits Saint-Marcel (P36) où deux autres puits sont ouverts en 1887, le puits Bacqua (P39) et le puits de la Cochetière (P38). C'est sur ce dernier ouvrage que l'épuisement est reporté. Pendant que l'exploitation y continue par tailles chassantes ou montantes, une longue descenderie suit sur 115 m le pendage de la couche en direction du sud-ouest où la couche « Grande Mine » semble de plus en plus belle (avec l'objectif d'atteindre 200 m et de la relier à un nouveau puits).

En **1889**, la pompe d'épuisement sur le puits de la Cochetière, arrivée à bout de course, ne fonctionne quasiment plus. Il est décidé avant une panne brutale, d'arrêter volontairement l'exhaure, de laisser inonder les travaux après avoir sorti le matériel (dont la pompe).

Cette inondation volontaire va entrainer un arrêt de la mine qui, prévu initialement comme temporaire, va durer plus de 10 ans.

Devant la menace de déchéance[11], l'activité minière reprend le 19 août **1901** sous le fermage de la société Teste et Ternissien Cie, qui abandonne dès le 31 janvier **1902**. Ces travaux correspondent au fonçage de deux puits de 16 m et 18 m de profondeur, à l'est du puits de la Cochetière et à l'amorce d'un troisième puits, ainsi que le dénoyage des travaux à hauteur du puits de la Cochetière.

Le marquis de Bernis rachète le matériel à la société qui a épuisé tous ses fonds. Dès **1902**, l'activité reprend et le quartier le plus à l'ouest autour du Puits Hervé Gabrielle (P43) rentre en exploitation.

La période entre **1902** et **1907** est une des moins renseignée et l'activité minière n'est pas connue avec précision.

En **1905**, la mine est en activité et elle atteint même un pic de production avec 2 500 tonnes. C'est probablement à cette époque que la zone située entre les puits de la Cochetière et le puits n °8 a été exploitée.

En décembre **1907**, la mine est en arrêt et ennoyée.

La reprise se fait en avril **1908**, l'approfondissement du puits Hervé Gabrielle à 42 m, son cuvelage en béton et les équipements du puits sont alors finalisés : l'exploitation démarre avec des tailles de 3,75 m de large dont 1,5 m remblayé pour une puissance utile de 0,6 m.

Fin décembre **1910**, la mine est inondée par une crue lente du Rhône, l'inondation stoppe pendant 2 à 3 mois l'exploitation avant que l'exhaure permette d'accéder aux travaux.

Alors que début **1912** côté ouest, les chantiers butent sur des zones en serrées inexploitables, coté est, les failles rapprochés gênent toute exploitation et empêchent également le raccordement initialement prévu au puits de la Cochetière. Devant l'abondance des eaux, la mine est à l'arrêt en mars **1912** pour 5 ans.

En septembre **1917**, une galerie est réattaquée en berge de la lône du Rhône dans l'espoir de tomber sur une zone laissée en stot : elle recoupera à 9 m d'anciens travaux sous forme d'une large galerie de 8 m. Cette reconnaissance restera sans suites. L'épuisement du puits démarre en novembre 1917 et avec un niveau d'eau maintenu à 35 m, la recette du fond (et la zone de chantiers côté ouest) restent ennoyés. La présence de failles, à l'ouest, la mauvaise qualité des couches de lignite abouti à l'abandon de l'exploitation. L'arrêt définitif des travaux a lieu le 29 Novembre **1918**.

Après un long temps d'arrêt de toute activité, Mme Pierre de Bernis veuve d'Harcourt, alors titulaire de la concession, demande le 19 mars **1935** la renonciation, qui aboutit rapidement le 31 juillet **1936**.

[11] *Un projet d'arrêté de mise en demeure sous 3 mois de reprise (avant lancement de la procédure de déchéance), datée de 31 juillet 1901, a failli être promulgué.*

Notons qu'en **1935**, le dernier puits identifié ouvert (puits Hervé Gabrielle - P43) avant renonciation est recouvert d'une dalle béton de 30 cm qui déborde largement de la cheminée du puits.

3.4.3 Entre 1942 et 1951, reprise de l'activité

En février **1942**, les Etablissements Rey Frères et Cie démarrent des travaux de recherche, avec la réalisation de sondages et la réhabilitation de galeries desservis par le Puits Hervé Gabrielle (partie la plus à l'ouest des anciens travaux miniers, exploitée de manière isolée en début du siècle) après dénoyage de celui-ci en juin **1943**.

L'ambition des entrepreneurs est alors d'exploiter la zone vierge située entre les travaux du quartier du puits Hervé Gabrielle, des quartiers plus à l'est du puits n°8, puits de la Cochetière, Bacqua et Saint Marcel.

Le 25 novembre **1943**, il obtient le droit de pouvoir disposer des produits de recherches. Il demande le 29 avril puis le 12 Juillet **1944** l'octroi d'un permis d'exploitation sur un périmètre sensiblement plus réduit (615 ha contre 1026 ha pour l'ancienne concession, avec notamment l'abandon de la partie vauclusienne). L'instruction de cette demande bute sur l'insuffisance du programme de recherches, point sur lequel les entrepreneurs n'arrive pas à lever dans le délai de 4 ans à échéance de la demande de 1944.

Un sondage de reconnaissance de 80 m de profondeur est réalisé à l'ouest du gisement, près de la voie ferrée. Il s'arrête sans recouper de lignite.

Après épuisement du puits Hervé Gabrielle entre juin et août **1943**, les quatre recettes sont dénoyées. C'est la troisième recette en partie foncée en couche « Grande Mine » entre 37 m et 39 m de profondeur qui est réutilisée. Après un départ au nord sur 10 m linéaire puis un coude à angle droite à l'est sur 15 m linéaire, la galerie est éboulée. A partir de l'éboulement, une déviation est faite et le traçage en reconnaissance commence. Cette galerie et deux voies secondaires se heurtent entre fin **1943** et début **1944** à plusieurs failles avec décrochement, puis à une faille sur laquelle s'étaient achevés les travaux anciens. Cette faille descendante d'un rejet de 3 m est franchie par la descenderie n° 1 en **1944**, dont la réalisation est interrompue le 15 aout 1944 par le passage du front de bataille (seconde guerre mondiale).

A ce moment, l'exhaure est arrêtée durant trois semaines, occasionnant des éboulements qui associés à la pénurie de courant électrique, de main d'œuvre, ne permette que difficilement d'avancer l'activité. C'est aussi lors de cette période qu'un accident mortel lié à une intoxication se produit le 6 septembre 1944. Ensuite, la poursuite de la reconnaissance s'arrête tant à l'est qu'au sud sur une seconde faille. Une reconnaissance réalisée en parallèle en couche « Basse Mine » depuis la quatrième recette du puits Hervé Gabrielle n'aboutit pas à des meilleurs résultats.

Deux bures de 8 m de hauteur sont forés pour reconnaître le gisement au-delà de la faille à l'est du puits Hervé Gabrielle mais ils n'atteignent pas la couche. Deux forages de reconnaissance le sondage n° 1 situé à 30 m à l'est de la faille, profond de 66 m et le sondage n° 2 de 52 m au sud-ouest sont réalisés en mars **1946**. Ils traversent la couche « Grande Mine » respectivement à 48 m et 41 m. Le sondage n°1 permet de déterminer que le rejet atteint 6 à 10 m.

La faille est finalement franchie en **1947** par la descenderie n° 2. Un cheminement d'une galerie dans la couche « Grande Mine » vers l'est en direction des travaux du puits n° 8 et de la Cochetière est réalisé sur 102 m à travers de nombreux rejets. Sur les quinze derniers mètres, la qualité de la couche « Grande Mine » s'est dégradé. L'avancement des reconnaissances est arrêté en juin **1949** devant la nécessité d'assurer un aérage (risque d'échauffement accru lié aux fines). Le traçage de montants d'aérage est alors entrepris mais connait des complications lors de la foration.

Les autres reconnaissances faites plus spécifiquement vers le sud se sont heurtées aux même difficultés (gisement tourmenté à la croisée de failles, passées stériles notamment).

Ces reconnaissances depuis **1942** guère satisfaisantes au final ne permettent pas d'espérer une exploitation sereine sur 3 ans, tel que réclamé par le service des Mines pour obtenir un permis d'exploitation.

Le renouvellement de la demande de permis est formulé le 14 février **1948**, par la nouvelle société Charbonnages du Banc Rouge, qui prend le relais en 1947 des Etablissements Rey Frères et Cie.

Des démarches sont alors aussi tentées pour se rapprocher de Charbonnages de France, qui ne donne pas suite.

Le 7 février **1949**, le droit de disposer du produit des recherches est accordé à Charbonnages du Banc Rouge.

Le 26 septembre **1949**, il est déclaré par le directeur des travaux de recherches de Charbonnages du Banc Rouge l'abandon des travaux. Le déséquipement au fond se finalise en début 1950 et en mars 1950, l'obturation du puits est avérée.

La demande de permis finit donc par être annulée en **1951**.

3.4.4 Méthodes d'exploitation

Plusieurs méthodes d'exploitation ont été menées. Elles varient selon la position sur le talus de berge ou sous le plateau de la basse terrasse.

Sur le talus des berges, l'exploitation a été menée à partir de quelques entrées de galerie réparties dans les différents panneaux faillés. Des galeries ont été tracées à flanc de versant ou en arrière talus à partir de descenderies qui suivent la couche « Grande Mine ».

Dans les meilleurs cas, l'aérage était assuré par des puits. Les galeries d'écoulement permettaient de gérer gravitairement les eaux hors des périodes de crue du Rhône, sauf pour les couches en pied de berge voire sous la lône où un épuisement a dû être nécessaire.

De ces galeries partaient des tailles dans la couche faiblement inclinée tant en aval qu'en amont. Souvent, un remblaiement par les stériles, était réalisé (remblaiement latéral en laissant une largeur résiduelle).

- La première génération d'exploitants laissait de larges piliers résiduels, permettant d'économiser sur le boisage utilisé.
- La seconde génération a recoupé ces piliers, s'approchant plus d'une exploitation totale. Notons néanmoins, qu'il s'agissait plus d'abandon de chantiers face aux risques d'éboulement que d'exploitation totale proprement dite.

- La troisième génération d'exploitant a été l'occasion de venir gratter les restes et surtout d'extraire la couche schisteuse « Basse Mine » sous-jacente à la couche « Grande Mine ».

Au fil du temps, l'exploitation depuis le versant progresse vers l'ouest à cause de l'épuisement de gisement : cette progression est largement freinée, car généralement réalisée sans puits d'aérage, ni entretien des galeries.

Sous le plateau, l'exploitation par puits s'est fait suivant les quatre méthodes suivantes :

- La première méthode, la plus employée, consiste au fonçage de deux puits proches, reliés entre eux qui permet d'assurer l'aérage. A partir des puits dont un servait à l'épuisement/l'aérage et l'autre à l'extraction, l'exploitation se faisait en aval pendage, en amont pendage, puis en latéral. Lorsque la zone perdurait sur plusieurs années, d'autres puits venaient par la suite en substitution ou complément des ouvrages d'origine.
- La seconde méthode demandant moins de moyens et d'investissement consistait à travailler sur un seul puits isolé d'où rayonnaient plusieurs recettes. Cette méthode était très limitée car faute d'aérage suffisant le développement et l'exploitation restait très réduits et donnait au final de faibles rendements. Cette méthode, demandant peu d'investissements matériels et humains, a été employée dans les phases de déclins (1843 à 1847 et de 1868 à 1870).
- La troisième méthode a consisté à relier un doublon de puits interconnectés aux anciens travaux via une galerie de liaison : cette méthode restait surtout employée pour ré-exploiter la couche « Grande Mine » ou exploiter la couche « Basse Mine » ou dans les zones de stots non exploitées ou aux abords des zones déjà exploitées. Cette méthode est employée entre 1837 et 1860
- La quatrième méthode, employée à partir des années 1874 sur la partie ouest du gisement, consiste à exploiter un quartier accessible par plusieurs puits interconnectés (deux au minimum). Cette méthode était couplée à une meilleure gestion, rationalité et régularité des travaux. L'exploitation s'accompagnait d'un minimum de reconnaissances préalables. Néanmoins, l'hétérogénéité du gisement ne permît pas d'avoir une vision à long terme de l'exploitation (au maximum 2 à 3 ans).

3.5 Production

La production extraite de la mine n'est qu'en partie connue, y compris pendant les meilleures périodes d'activité (1902 à 1912 notamment). Les chiffres cumulés recueillies (Illustration 9) font état de plus de 17 000 tonnes, avec des pics de production en 1889 (2 000 tonnes) et 1905 (2 500 tonnes).

En considérant toute la période minière officielle de 1755 à 1949, la production totale est estimée entre 30 000 tonnes et 80 000 tonnes.

La production a progressé de 92 tonnes en 1943 à 605 tonnes en 1948 et même 754 tonnes en 1949.

Année	Production (tonnes)
1814	1752
1815	161,40
1816	0
1817	160,20
1847	550
1857	150
1862	140
1866	200
1874	40
1875	404
1878	606
1879	1209
1880	1603

Année	Production (tonnes)
1881	1825
1883	1660
1889	2000
1901	50
1905	2500
1942	0
1943	92
1944	381
1945	379
1946	43,30
1947	47
1948	604
1949	754

Illustration 9 : Valeurs des productions annuelles retrouvées en archives

3.6 Etat actuel des sites de travaux

3.6.1 Travaux miniers souterrains

Deux secteurs de travaux peuvent être distingués (Illustrations 10 et 11) :

- ✓ Est du gisement : ce secteur est concerné par les premiers travaux, menés vers 1755 et probablement avant. Durant cette période, les chantiers recoupent régulièrement les anciennes exploitations. De plus, quand la couche « Grande Mine » est épuisée, l'exploitation concerne la couche « Basse Mine ». Ainsi, sur ce secteur, le taux de défruitement est élevé.

  L'exploitation se développe vers l'ouest par le biais de galeries à flanc de versant. Leur cheminement recoupe souvent d'anciens travaux, apportant un complément d'aérage précieux.

  Au sud-est, l'entrée de la Tuilerie correspond à un quartier exploité très tôt et non reporté sur les plans miniers. Coté est, un compartiment faillée abaissé, aurait été exploité sous la lône du Rhône depuis le puis Lône n°1 (P1) et/ou le puits Rouge Grand puits (P4), sans plus de précision. En l'absence d'informations et de désordres recensés sur ce secteur, aucun aléa minier n'a été évalué.

  Plus à l'ouest et au sud-ouest, les venues d'eaux, la présence de couches stériles, le découpage structural du gisement ont constitué pendant longtemps, une barrière à une extension de l'exploitation.

- ✓ Ouest du gisement : ce secteur n'aurait été exploité qu'à partir des années 1874. Précisons que des travaux antérieurs sont possibles, notamment le long de l'affleurement nord. Néanmoins, les archives ne mentionnent pas de recoupes de ces anciens travaux par des exploitations plus récentes.

  Sur ce secteur, l'exploitation s'est principalement limitée à la couche « Grande Mine ». Notons qu'aux environs des puits les plus pérennes (puits n° 7 – P28, puits n° 8 – P29, puits La Cochetière – P38, puits Hervé Gabrielle – P43), la couche « Basse Mine » a été reconnue. Aucune extraction conséquente n'est cependant signalée en archives.

L'exploitation a été menée en trois périodes (1874 à 1889, 1901 à 1918, 1942 à 1949). Une des difficultés de l'exploitation après 1889 a été la menace de recouper les travaux antérieurs, altimétriquement plus hauts et de subir une inondation. Cette menace dissuada d'effectuer des raccords entre quartiers anciens et nouveaux.

En plus de ces travaux avérés, une zone potentiellement affectée par des travaux miniers a été définie (Illustrations 9 et 10). En effet, les travaux réalisés à l'est du gisement avant 1874 ne sont pas connus de façon exhaustive.

A l'ouest du gisement, les archives ne mentionnent pas de recoupes d'anciens travaux après 1874. Pourtant nous ne pouvons écarter la présence d'anciens travaux, notamment des recherches, dans ce secteur.

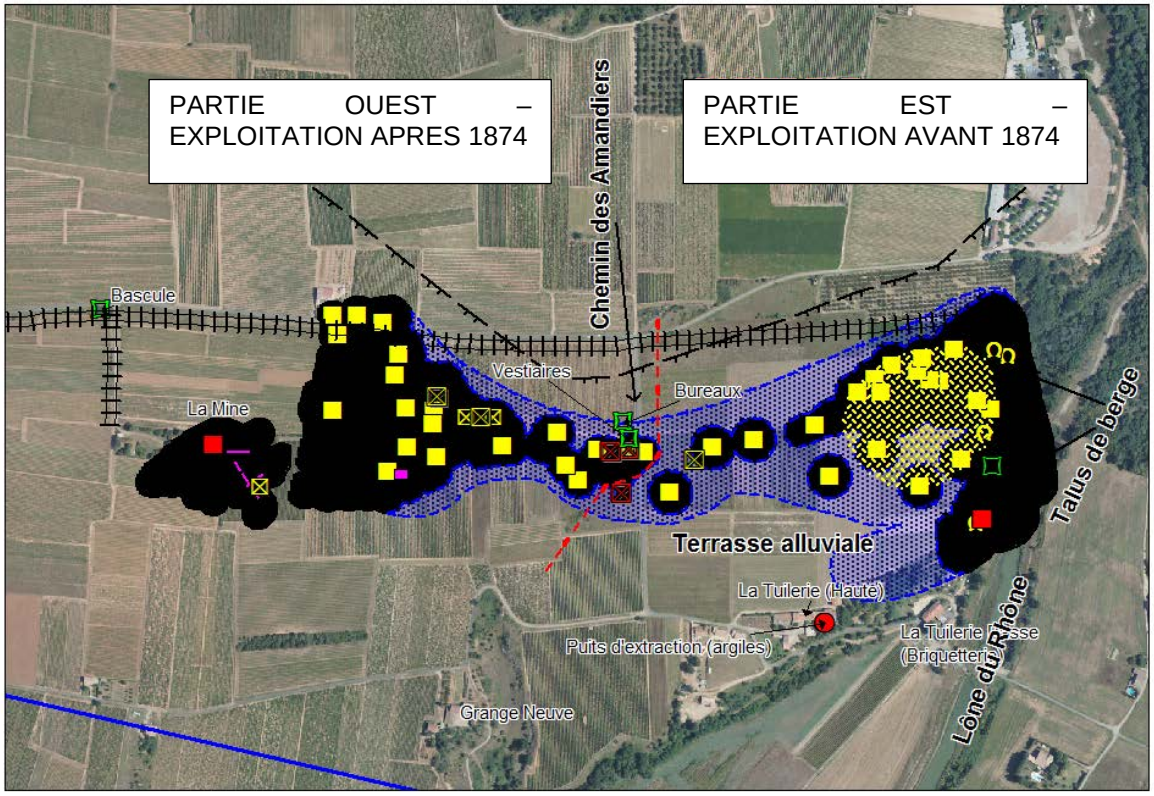


Illustration 10 : Cartographie des travaux miniers (noir : travaux avérés / bleu : zones potentiellement affectées par des travaux miniers)

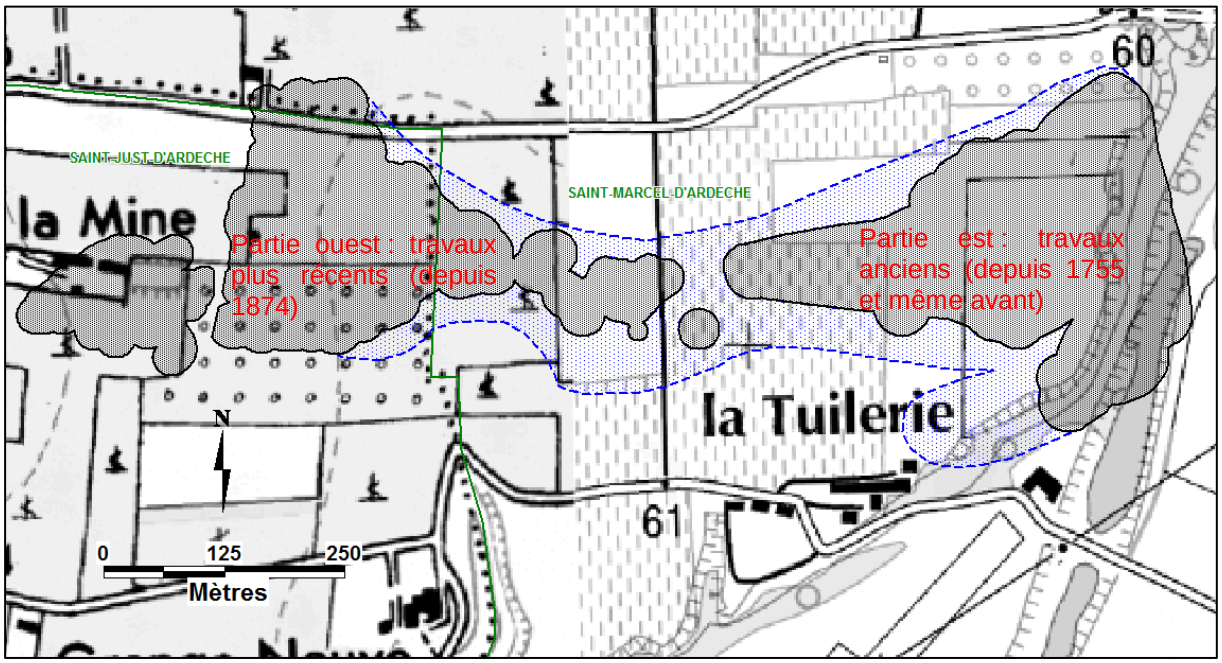


Illustration 11 : Communes de Saint-Marcel-d'Ardèche et Saint-Just-d'Ardèche
Répartition des zones de travaux
(noir : travaux avérés / bleu : zones potentiellement affectées par des travaux miniers / limite de commune en vert)

3.6.2 Ouvrages débouchant au jour

Sur la zone d'étude, 51 ouvrages débouchant au jour ont été inventoriés (Illustrations 12 et 13) correspondant à 4 entrées de galerie et 47 puits. Ces chiffres n'incluent pas les 7 sondages de reconnaissance et le puits dont l'origine minière est douteuse[12].

Précisons que cet inventaire n'est vraisemblablement pas exhaustif. Notamment, aucun ouvrage antérieur à 1820 n'est connu.

L'incertitude de localisation dépend de la qualité des plans sources utilisés pour les géoréférencements. Elle va de 3 m pour certains ouvrages matérialisés sur le terrain et relevés au GPS, à 20 m pour les ouvrages dont la localisation est issue des plans les moins précis.

[12] *Ce puits est vraisemblablement en lien avec les exploitations d'argile*

Id	Nom	Matérialisé/localisé /non localisé	X (m) en Lambert 93	Y (m) en Lambert 93	Incertitude (m)	Remarque	Commune
G1	Galerie Grande Mine	Localisé	831 441,3	6 357 433,2	20	Correspond a priori à l'entrée de la porte rouge	Saint-Marcel-d'Ardèche
G2	Galerie Basse Mine	Localisé	831 459,3	6 357 424,9	20	-	Saint-Marcel-d'Ardèche
G3	Galerie n°2	Localisé	831 429,3	6 357 323,5	20	-	Saint-Marcel-d'Ardèche
G4	Entrée des Tuileries	Localisé	831 418,5	6 357 204	10	Comblée. Non reporté sur les plans miniers	Saint-Marcel-d'Ardèche
P1	Puits de la Lône n°1	Localisé	831 437,4	6 357 355,3	20	14 m de profondeur. Reporté sur le cadastre napoléonien. Ce puits avait 2 recettes	Saint-Marcel-d'Ardèche
P2	Puits du Magasin	Localisé	831 398,1	6 357 289,9	20	17 m de profondeur. Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P3	Puits Talus d	Localisé	831 418,9	6 357 367,1	20	Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P4	Puits Rouge ou Grand puits n°2	Matérialisé	831 426	6 357 211,2	8	Ouverture résiduelle dans le talus. Ce puits avait 2 recettes	Saint-Marcel-d'Ardèche
P5	Puits de la Plaine n°3	Localisé	831 344	6 357 254,7	20	22,2 m de profondeur. Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P6	Puits Plateau f	Localisé	831 388,5	6 357 434,5	20	Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P7	Puits Plateau g	Localisé	831 368,7	6 357 393,6	20	Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P8	Puits Plateau h	Localisé	831 356,9	6 357 393,9	20	Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P9	Puits Plateau i	Localisé	831 340,1	6 357 406,4	20	Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P10	Puits Plateau j	Localisé	831 347,5	6 357 423	20	Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P11	Puits Plateau k	Localisé	831 306,6	6 357 414,1	20	Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P12	Puits Plateau l	Localisé	831 283,7	6 357 395,7	20	Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P13	Puits Plateau m	Localisé	831 292,9	6 357 379,2	20	Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P14	Puits Plateau n	Localisé	831 260,9	6 357 377,9	20	Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P15	Puits Plateau o	Localisé	831 286,7	6 357 302,9	20	Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P16	Puits Plateau p	Localisé	831 224,3	6 357 267,9	20	Reporté sur le cadastre napoléonien	Saint-Marcel-d'Ardèche
P17	Puits Plateau q	Localisé	831 124,3	6 357 315,7	20	Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P18	Puits Plateau r	Localisé	831 070,5	6 357 305,8	20	Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P19	Puits n°1	Localisé	831 204,8	6 357 334,8	15	15 m de profondeur. Foré en 1874-1875. Ce puits avait 2 recettes	Saint-Marcel-d'Ardèche
P20	Puits n°2	Localisé	831 014,4	6 357 246,3	20	23 m de profondeur. Foré en 1874-1875. Fortes venues d'eaux. Cuvelage en briques entre 9 et 23 m de profondeur. Couches stériles. Puits Borgne	Saint-Marcel-d'Ardèche

Id	Nom	Matérialisé/localisé /non localisé	X (m) en Lambert 93	Y (m) en Lambert 93	Incertitude (m)	Remarque	Commune
P21	Puits Valette	Localisé	830 980,1	6 357 299,2	15	11 m de profondeur. Foré en 1877. Cuvelage en briques. Situé à 16 m du puits Graffin. Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P22	Puits Graffin ou puits Boissin n°1	Localisé	830 962,9	6 357 303,9	15	7,5 m de profondeur. Foré en 1877. Cuvelage en briques. Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P23	Puits Boissin n°2	Localisé	830 918,5	6 357 302,1	15	Foré en 1877 ou 1878. Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P24	Puits Boissin n°3	Localisé	830 893,8	6 357 262,5	20	Foré en 1878. Puits borgne	Saint-Marcel-d'Ardèche
P25	Puits n°4	Localisé	830 876,3	6 357 281,9	20	Foré en 1878. Puits borgne	Saint-Marcel-d'Ardèche
P26	Puits n°5	Localisé	830 864,9	6 357 324,6	20	10 m de profondeur. Foré en 1878. Ce puits avait 1 recette	Saint-Marcel-d'Ardèche
P27	Puits n°6	Localisé	830 792,8	6 357 307,9	20	Foré en 1879. Ce puits avait 1 recette. Il a été abandonné en l'état ; il est non remblayé	Saint-Marcel-d'Ardèche
P28	Puits n°7	Localisé	830 702,5	6 357 354,1	20	Foré en 1879. Ce puits avait 2 recettes. Il a été remblayé avant 1885	Saint-Just-d'Ardèche
P29	Puits n°8	Localisé	830 569,5	6 357 354	15	19,5 m de profondeur. Foré en 1880. Ce puits avait 2 recettes. Il a été recouvert de madriers de bois en 1909, il est non remblayé	Saint-Just-d'Ardèche
P30	Puits n°7bis	Localisé	830 665,9	6 357 357	20	12,5 m de profondeur. Foré en 1884. Ce puits avait 1 recette. Il est situé à 40 m du puits n°7. Il a été remblayé en août 1885	Saint-Just-d'Ardèche
P31	Puits n°9	Localisé	830 665,9	6 357 357	20	11,4 m de profondeur. Foré en 1883. Ce puits avait 1 recette. Il a été remblayé avant 1885	Saint-Just-d'Ardèche
P32	Puits n°10	Localisé	830 636,2	6 357 469,5	20	9 m de profondeur. Foré en 1884. Ce puits avait 1 recette. Il a été remblayé avant 1887	Saint-Marcel-d'Ardèche
P33	Puits n°10bis	Localisé	830 656,4	6 357 428,4	20	10,5 m de profondeur. Foré en 1885. Ce puits avait 1 recette. Il a été remblayé en août 1885	Saint-Just-d'Ardèche
P34	Puits n°11	Localisé	830 576,3	6 357 453,8	20	Foré en 1884 ou 1885. Ce puits avait 1 recette. Il a été remblayé avant 1887	Saint-Just-d'Ardèche

Id	Nom	Matérialisé/localisé /non localisé	X (m) en Lambert 93	Y (m) en Lambert 93	Incertitude (m)	Remarque	Commune
P35	Puits n°12	Localisé	830 602,4	6 357 479,9	20	Foré en 1884 ou 1885. Ce puits avait 1 recette.	Saint-Marcel-d'Ardèche
P36	Puits Saint-Marcel n°13	Localisé	830 706,9	6 357 293,3	20	16 m de profondeur. Foré en 1886. Ce puits avant 2 recettes	Saint-Just-d'Ardèche
P37	Puits annexe	Localisé	830 702	6 357 337,3	20	Cet ouvrage pourrait correspondre à l'aérage du puits Saint-Marcel. Ce puits avait 1 recette	Saint-Just-d'Ardèche
P38	Puits de la Cochetière	Localisé	830 641,7	6 357 273,6	20	20 m de profondeur. Foré en 1887. Ce puits avait 2 recettes. Il a été recouvert de madriers de bois en 1909, il est non remblayé	Saint-Just-d'Ardèche
P39	Puits Bacqua	Localisé	830 667,7	6 357 306,3	20	Plus de 18 m de profondeur. Foré en 1887. Ce puits avait 2 recettes	Saint-Just-d'Ardèche
P40	Puits P1901_1	Non localisé	-	-	-	16 m de profondeur. 1,8 m de diamètre. Foré en 1901. Ce puits avait 1 recette. Situé à l'est du puits de la Cochetière	Saint-Just-d'Ardèche
P41	Puits P1901_2	Non localisé	-	-	-	18 m de profondeur. 1,8 m de diamètre. Foré en 1901. Ce puits avait 1 recette. Situé à l'est du puits de la Cochetière	Saint-Just-d'Ardèche
P42	Puits P1901_3	Non localisé	-	-	-	Plus de 4 m de profondeur. 1,8 m de diamètre. Foré en 1901. Ce puits avait 1 recette. Situé à l'est du puits de la Cochetière	Saint-Just-d'Ardèche
P43	Puits Hervé Gabrielle	Matérialisé	830 411,2	6 357 308,5	3	41,8 m de profondeur. Foré en 1902. Ce puits avait 2 recettes (à 35 et 39,4 m). Puits recouvert par une dalle béton. Section de l'ouvrage : 3,3 * 1,8 m.	Saint-Just-d'Ardèche
P44	Puits de reconnaissance	Localisé	830 569	6 357 479,2	20	Puits Borgne	Saint-Marcel-d'Ardèche
P45	Puits	Matérialisé	830 957,5	6 357 276,8	3	Puits non identifié sur les plans. Situés sur la parcelle des anciens vestiaires. Parcelle agricole non exploitée car réputée dangereuse	Saint-Marcel-d'Ardèche
P46	Puits	Matérialisé	830 954,5	6 357272,7	3		Saint-Marcel-d'Ardèche
P47	Puits	Matérialisé	830 952,8	6 357 269,9	3		Saint-Marcel-d'Ardèche

Illustration 12 : Ouvrages débouchant au jour inventoriés

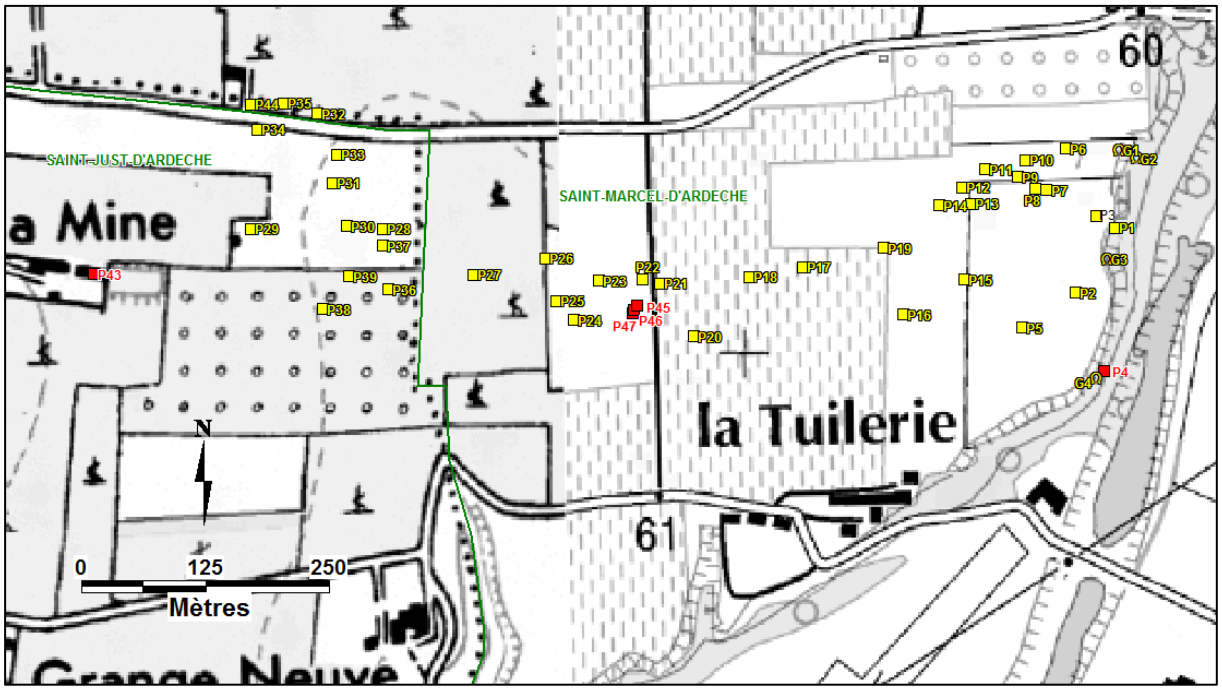


Illustration 13 : Communes de Saint-Marcel-d'Ardèche et Saint-Just-d'Ardèche
Répartition des ouvrages débouchant au jour
(symboles rouges : matérialisés / symboles jaunes : localisés / limite de commune en vert)

Cinq ouvrages sont matérialisés sur le terrain. Il s'agit des puits suivants :

- puits Rouge ou Grand puits (P4), présentant une ouverture résiduelle dans le versant. Cet ouvrage est situé à mi-talus et est masqué par une végétation abondante ;
- puits Hervé Gabrielle (P43) recouvert par une dalle béton, dans laquelle persiste une petite trappe d'accès (Illustration 14).
- Trois puits situés sur la parcelle agricole non exploitée car réputée dangereuse. Deux de ces puits sont recouverts de béton en tête sur un diamètre de 2 à 3 m, le troisième est carré, ouvert et en eau. Ces ouvrages ne sont pas reportés sur les plans miniers (Illustration 15).

Il y a plus d'une dizaine d'année, l'entrée des Tuileries (G4) était visible dans le talus, au-dessus du puits Rouge (P4). Il s'agissait d'une vaste entrée (4 m de large et 2 m de haut), qui filait en ligne droite sur plus de 50 mètres. Cette entrée de galerie a ensuite été recouverte de remblais. Précisons que cet ouvrage n'est pas reporté sur les plans miniers.

Le puits du Magasin (P2) s'est en grande partie effondré avec la régression naturelle du talus baigné en pied par la lône.

A ce niveau, la partie haute du talus de berge a été très largement recouverte de remblais afin d'élargir les surfaces agricoles sur la lône du Rhône. Ceci a masqué la quasi-totalité des ouvrages dans le talus.

De nombreux ouvrages sont mentionnés dans les procès-verbaux de visite de mine entre 1819 et 1873, sans pour autant pouvoir être assimilés aux ouvrages reportés sur le plan minier le plus complet datant de 1910 (travaux jusqu'à 1889). Sur ce plan, de nombreux puits situés sur la terrasse alluviale ont été nommés par une lettre (f à r).

A partir de 1874, la correspondance entre procès-verbaux de visites de mine et report sur plan est établie de manière systématique sauf rares exception (Puits Valette - P21, Puits Graffin - P22)

Les trois puits non localisés (P40, P41 et P42) ne sont pas reportés sur le plan minier de 1910 et par manque d'information précises quant à leur position, n'ont pu être cartographiés.

De même, aucune trace des anciennes galeries d'écoulement n'a été retrouvée en plan ou lors des visites sur le terrain.

Illustration 14 : Trappe d'accès résiduel au puits Hervé Gabrielle, dallée en tête

Illustration 15 : Puits P45, P46 et P47

Certains ouvrages ont bénéficié d'éléments complémentaires aidant à leur localisation :

- les ouvrages puits n° 1 (P19) et puits Plateau p (P16) sont reportés sur d'anciens plans cadastraux ;
- le puits Valette (P21) et puits Graffin (P22) sont proches des bureaux de la mine (reportés sur plan et présents sur les orthophotoplans de 1947 et 1959). De plus certaines cicatrices d'effondrement localisé sur des galeries sont associées à ces puits ;
- le bâtiment du puits n° 8 (P29) est visible sur les orthophotoplans de 1947 et 1959 (Illustration 16).

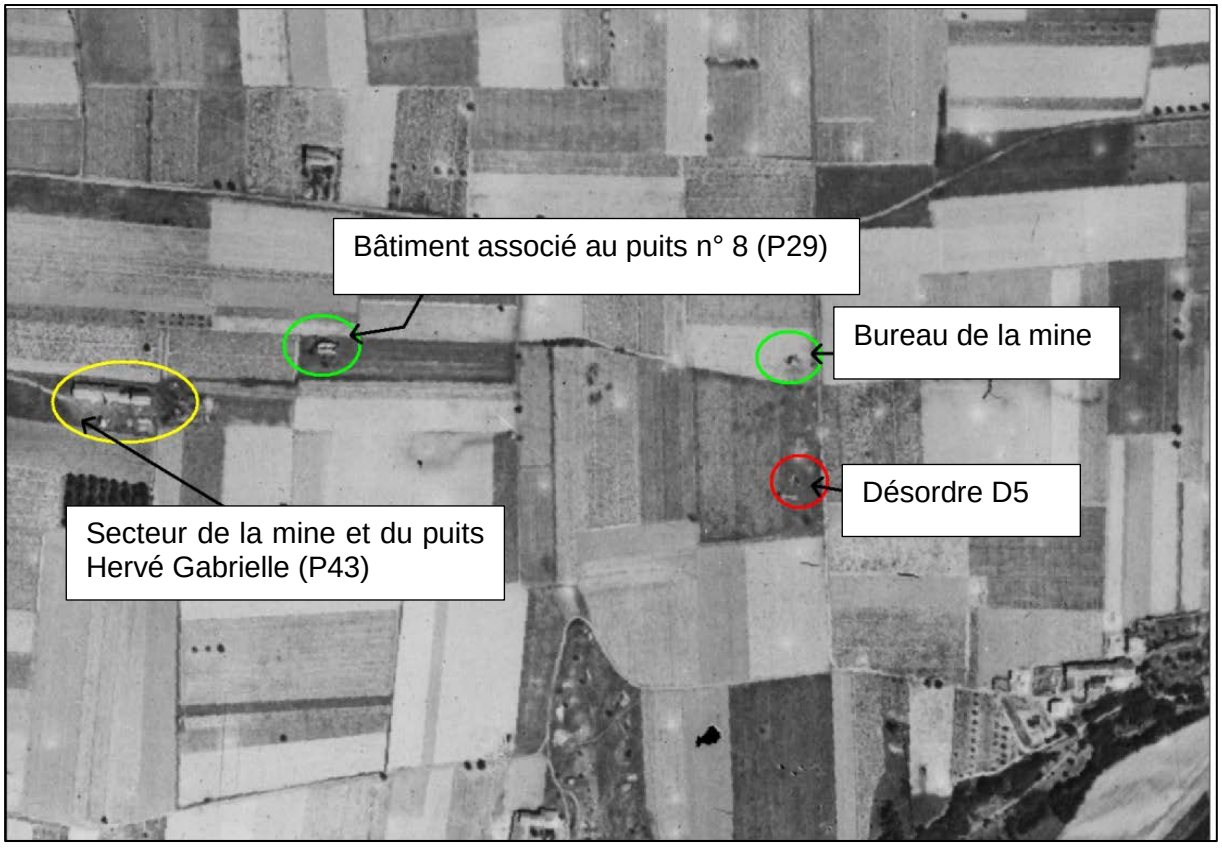


Illustration 16 : Eléments de surface visibles sur la photo aérienne de 1947

Notons aussi la présence d'un puits dont l'origine est indéterminée. Il est situé proche d'une habitation du lieu-dit « la Tuilerie », mais en dehors de l'emprise des travaux pour lignite. Cet ouvrage est muraillé en pierres réfractaires et sa profondeur est de l'ordre de 4 m (Illustrations 17 et 18). En fond de puits, deux départs de recettes en vis-à-vis sont a priori présentes.

Il est probable que cet ouvrage soit en lien avec l'exploitation des argiles présentes dans le flanc sud du plateau alluvial. Nous considérons dans le cadre de la présente étude que cet ouvrage n'est pas d'origine minière.

Illustration 17 : Commune de Saint-Marcel-d'Ardèche
Localisation du puits non minier sur le lieu-dit « La Tuilerie »

Illustration 18 : Puits dont l'origine minière est écartée

3.6.3 Ouvrages de dépôts

Sur la zone d'étude, seul un ouvrage de dépôt (T1) a été inventorié (Illustrations 19 et 20). Il est situé à l'est du carreau de la mine sur une parcelle boisée dans le prolongement du bâtiment du puits Hervé Gabrielle (P43).

Ce dépôt rectangulaire de 35 m de large et 72 m de long, a une épaisseur de l'ordre d'un mètre. De nombreux terriers sont présents (Illustration 19). Lors des visites sur le terrain, nous n'avons pas observé de matière organique sur ce dépôt d'allure limoneuse. Une végétation arbustive s'est développée.

Ce dépôt était en combustion lente en septembre 1944 et a été à l'origine d'un accident mortel.

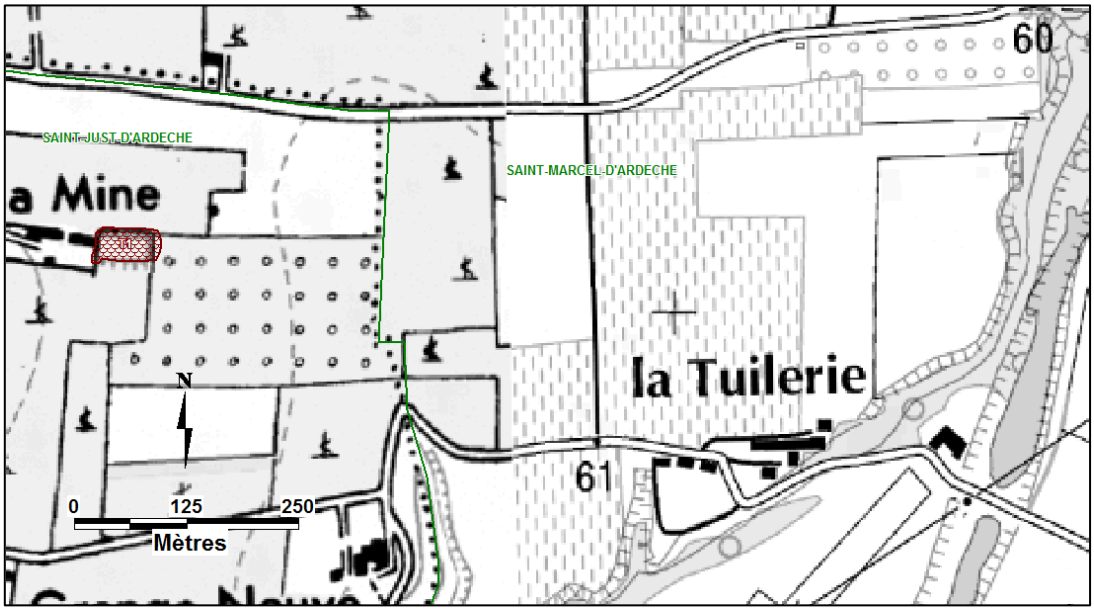


Illustration 19 : Communes de Saint-Marcel-d'Ardèche et Saint-Just-d'Ardèche Situation du dépôt minier (zone brune / limite de commune en vert)

Illustration 20 : Ouvrage de dépôts (T1)

3.6.4 Mine à ciel ouvert

Aucune zone d'exploitation à ciel ouvert n'est signalée dans les écrits. Cependant, des grattages à l'affleurement ont certainement été réalisés. Néanmoins, du fait de l'érosion et de l'altération, ils sont impossibles à retrouver sur le terrain.

3.6.5 Installations de surface

Les installations de surface ont peu à peu disparus du paysage : la bascule, les bureaux, le chemin de fer adjacent au chemin du Banc Rouge. Il ne reste plus que la bergerie qui aurait servi de vestiaire aux mineurs et quelques bâtiments du dernier carreau du puits Hervé Gabrielle (P29) (Illustration 21). Le magasin (zone de stockage souterrain) a été ruiné et emporté lors de la régression du talus de berge de la lône.

Aucunes traces des fours à chaux alimentés par le calcaire et le lignite de la mine du Banc Rouge signalés en bas de versant n'ont été retrouvées.

Illustration 21 : Anciennes installations de surface toujours visibles (en haut : ancien vestiaire, en bas : bâtiments du dernier carreau du puits Hervé Gabrielle – P29)

3.6.6 Désordres

Nous abordons dans ce paragraphe les désordres de type mouvements de terrain, en profondeur ou en surface, en lien avec les anciennes exploitations minières.

Désordres au fond

La tenue du toit de la couche « Grande Mine » était généralement bonne grâce à la présence d'un banc relativement continu de marnes coquillières. En ce sens, durant les périodes d'exploitation, le boisage était peu utilisé.

Par contre, au niveau de l'affleurement au nord du gisement, le recouvrement est plus altéré et la tenue du toit a posé plus de difficultés. Ces difficultés sont relevées entre 1820 et 1840, sur Banc Rouge et entre 1883 et 1886 autour du puits n° 9 (P31), puits n° 10 (P32) et puits n° 11 (P34).

De même, au niveau de l'affleurement à l'est du gisement, au niveau du talus de berge, les éboulements durant la période révolutionnaire et le début du XIX^{e} siècle ont été assez fréquemment signalés.

En dehors de ces zones les éboulements inopinés ont été rares : il n'est à signaler qu'une chute de faux toit le 13 novembre 1886 qui a grièvement blessé un mineur. Suite à cela, un contrôle au toit suivi de l'abattage des plaques décollées a été effectué de manière systématique mais la meilleure qualité mécanique du toit vite retrouvé dans les quartiers alors exploités a rendu vite cette mesure moins pertinente[13].

Les inondations régulières n'engendraient visiblement guère de dommages et la remise en état se faisait apparemment sans gros efforts ni grands moyens.

Désordres en surface

Sur le plateau, les effondrements localisés sont relativement fréquents notamment au nord du gisement, proche de l'affleurement. Les quatorze désordres ou zone de désordres suivants ont été inventoriés en surface (Illustration 22):

- ✓ Désordre D1 : Il s'agit d'un effondrement localisé qui s'est produit entre fin 1935 et début 1936. Par cet effondrement, les travaux étaient partiellement visibles en avril 1936. Cet effondrement a été comblé avant la renonciation de 1936.
- ✓ Désordre D2 : Ce désordre correspond à une légère cuvette d'affaissement. Il est survenu dans les années 1950. La mairie de Saint-Just-d'Ardèche en a fait part au BRGM en 2005 lors de l'inventaire départemental des mouvements de terrain de l'Ardèche. Elle serait située sur une parcelle viticole, mais n'est plus visible actuellement. Les cordonnées de ce désordre indiquées dans la base nationale BDMVT sont imprécises puisqu'elles le placent au niveau du dépôt T1 (parcelle boisée). Par manque de précision, ce désordre n'a pu être localisé. Il serait situé autour du lieu-dit « La Mine ».
- ✓ Désordres D3, D4, D5 (Illustration 23) : Ils correspondent à des cicatrices d'effondrement localisé toujours visibles sur le terrain. Ils sont situés sur la commune de Saint-Marcel-d'Ardèche, sur la parcelle abritant aussi la bergerie ayant servie de vestiaires aux mineurs. Il s'agit d'effondrements circulaires de 3 à 4 m de diamètre, comblés de tout venant y compris de déchets anthropiques, avec au centre, un

[13] *Un second accident un an plus tard, cette fois ci mortel, est signalé aux archives départementales avec une chute accidentelle le 18 Novembre 1887 dans un puits profond de 22 m (puits Bacqua ou de la Cochetière)*

orifice circulaire d'ordre décimétrique semi-ouvert. Cette parcelle n'aurait jamais été mise en culture depuis longtemps car réputée dangereuse. Notons que le désordre D5 est visible sur la photo aérienne de 1949, mais, contrairement aux désordres D3 et D4, aucuns travaux miniers n'a été répertoriés en archives à son aplomb.

- ✓ Désordre D6 : Il est situé à l'est du chemin des Amandiers. Sa position est incertaine. Ce désordre s'est produit lors du passage d'un attelage à deux chevaux. Selon le témoignage du père d'un riverain, bêtes et attelage avaient été entrainés au fond.
- ✓ Désordre D7 : Il s'agit d'un effondrement localisé. Il nous a été signalé par un riverain. Il nous a été précisé que les travaux souterrains étaient visibles au fond du désordre. Il est situé à environ 36 m à l'est de D1.
- ✓ Désordre D8 : il s'agit d'un effondrement localisé. Il nous a été signalé par le même riverain. Cet effondrement est situé à environ 44 m au nord-est de D1 mais sa position n'est pas précise.
- ✓ Désordre D9 : il s'agit d'un effondrement localisé situé entre D1 et D7, dans une zone de bosquet. Sa position est incertaine.
- ✓ Désordre D10 : cet effondrement localisé est situé sur la partie est du gisement. C'est sur cette zone de travaux anciens que les effondrements sur les parcelles agricoles ont été les plus nombreux, denses et fréquents (y compris avec accès visible aux anciens travaux du fond).
- ✓ Désordre D11 : il s'agit d'un effondrement localisé de moins d'un mètre de diamètre, survenu en 2015, au nord du puits de la Plaine n° 3 (P5).
- ✓ Désordres D12 et D13 : il s'agit de deux amorces d'effondrements localisés qui se sont produits entre fin mars 2016 et mai 2016. Ils sont séparés d'environ 4 m. Notons que le désordre D12 pourrait être la réactivation du désordre D8.
- ✓ Désordre D14 : sur la partie est du gisement, proche du talus de berge de la lône, les effondrements ont été nombreux et fréquents. Selon le témoignage d'un riverain la fréquence serait de l'ordre d'un effondrement localisé par an. Une zone de désordre D14 a été délimitée de façon approximative.

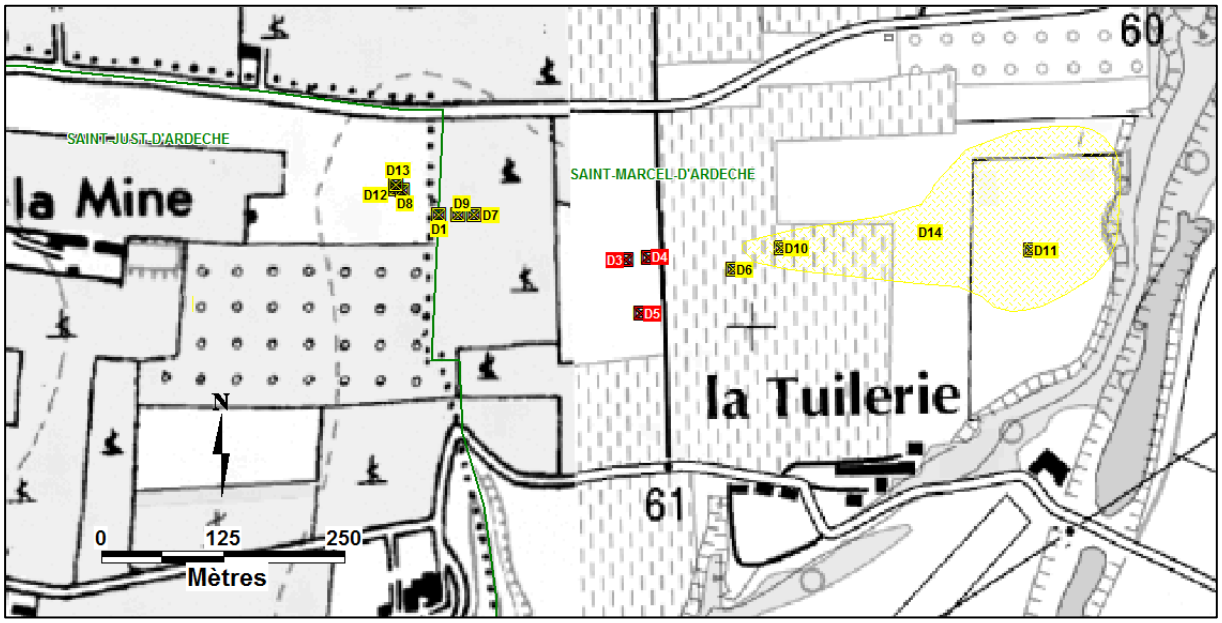


Illustration 22 : Communes de Saint-Marcel-d'Ardèche et Saint-Just-d'Ardèche
Répartition des désordres
(symboles rouges : matérialisés / symboles jaunes : localisés / limite de commune en vert)

Illustration 23 : Désordres observés en surface

3.6.7 Aérage, feux souterrains et accidents

Dans ce contexte houiller, et compte tenu de la présence de pyrite, des difficultés d'oxygénation et la présence possible de gaz asphyxiant (méthane, monoxyde ou dioxyde de carbone, hydrogène sulfuré) étaient une réalité sur la mine du Banc Rouge. Maintes fois signalé dans les écrits, l'aérage a presque toujours été un problème pour l'exploitation.

Un minimum de ventilation était en général assuré par l'interconnexion entre puits, mais ce n'était pas toujours suffisant et tout travail était parfois impossible pendant plusieurs mois. Par exemple, lors de l'exploitation par un puits isolé, l'extraction ne se faisait au mieux que pendant l'automne et/ou le printemps.

Cette difficulté d'exploitation lié à l'aérage persista jusqu'au XIX^{e} siècle, début de l'utilisation de moyens de ventilation artificielle.

Ceci dit, cette ventilation artificielle n'empêchera pas un accident d'asphyxie mortelle le 06 septembre 1944 lié à la combustion lente de dépôt minier T1. Cet accident est lié à l'accumulation des gaz de combustion partielle (mono- et dio- xyde de carbone) plus lourds que l'air accumulés au fonds du puits Hervé Gabrielle.

C'est le seul cas de combustion en surface. Par contre, plusieurs incendies au fond se sont produits, en 1815 et en 1883 notamment. Ces incendies qui perturbèrent plus ou moins durablement la production ne changent guère la mauvaise habitude de stocker dans les galeries les produits d'extraction en attente de leur écoulement à la vente.

3.7 Représentations cartographiques

L'un des objectifs de la phase informative est la délimitation des travaux miniers souterrains pour la conception de la carte des aléas mouvement de terrain.

Les phases suivantes de travail ont été réalisées :

- recherche et sélection des plans miniers dans les archives ;
- numérisation des plans miniers ;
- géoréférencement des images des plans miniers ;
- vectorisation des travaux inférieurs à 60 m en 4 tranches (0-20 m ; 20-40 m ; 40-60 m ; et supérieur à 60 m) ;
- construction de l'emprise globale des travaux souterrains.

3.7.1 Numérisation des plans miniers

Les plans miniers originaux provenant pour l'essentiel des archives de la DREAL Rhône-Alpes de Lyon ont été numérisés.

3.7.2 Géoréférencement des plans miniers

Cette étape a été réalisée à l'aide du logiciel ArcGis en utilisant une loi polynomiale d'ordre 1. Les images ont ensuite été ouvertes et utilisées sous MapInfo.

Dans le cadre de la présente étude nous avons géoréférencé des plans miniers, des plans schématiques des travaux, des plans cadastraux napoléoniens de 1826 et ultérieur, des photographies aériennes de l'IGN entre 1947 et 1959 (Illustration 24).

Id	Descriptif	Echelle	Date	Lieu d'archivage	Incertitude	Remarques
Plan 1	Plan de la concession	1/10000e	1943	DREAL RHA	35 m	Schéma, déformation du plan
Plan 2	Cadastre napoléonien (extrait)	1/2500e	1829	AD 07	25 m	Puits n° 1 et puits Plateau p reportés
Plan 3	Cadastre avant 1957	1/2500e	-	DREAL RHA	20 m	Puits n° 1 et puits Plateau p reportés
Plan 4	Cadastre avant 1957	1/2500e	-	DREAL RHA	20 m	Anciens bâtiments reportés
Plan 5	Monographie 1884	1/10000	1888	Mairie	40 m	Gisement
Plan 6	Plan minier 1902-1918	1/1000	-	DREAL RHA	15 m	Présence d'un carroyage
Plan 7	Plan général	1/1000	1943	DREAL RHA	20 m à 30 m	Incohérence dans le report des éléments de surface
Plan 8	Plan actualisé de novembre 1948	1/1000	1948	DREAL RHA	20 m	Présence de carroyage
Plan 9	Plan minier	1/1000	-	DREAL RHA	15 m	-
Plan 10	Photo aérienne IGN de 1947	-	1947	Géoportail	10 m	-
Plan 11	Photo aérienne IGN de 1959	-	1959	Géoportail	10 m	-

Illustration 24 : Plans géoréférencés

Plan 1 : Plan schématique de 1943 de la concession du Banc Rouge (Illustration 25)

L'un des deux plans schématiques de 1943 à l'échelle 1/10 000e, présente les limites de la concession et la position des travaux menés jusqu'en 1918.

Le géoréférencement de ce plan a permis de mettre à jour la position d'un des quatre sommets définissant le périmètre de la concession. Ce plan reporte aussi la ligne d'affleurement et la position de quelques forages de reconnaissance.

L'incertitude de géoréférencement est de 35 m.

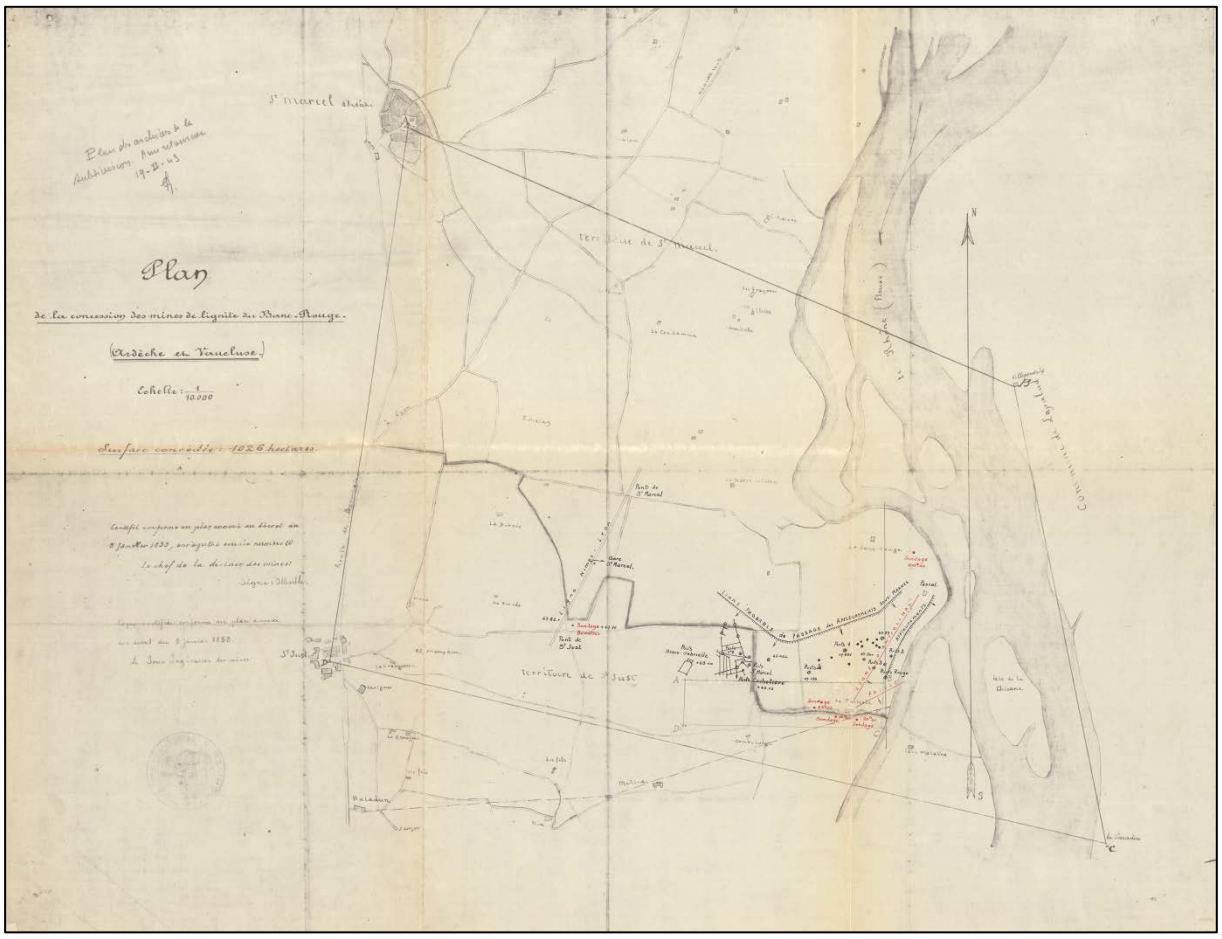


Illustration 25 : Plan 1 – Plan schématique de 1943 de la concession du Banc Rouge

Plans 2, 3 et 4 : Plans cadastraux anciens (Illustrations 26 et 27)

Le découpage cadastral sur la zone d'emprise minière n'a guère évolué au fil des années. Sur le plan cadastral napoléonien de 1826 de Saint-Marcel-d'Ardèche à l'échelle 1/2 500e, sont reportés à main levé deux puits de mine au nord de la Tuilerie (Haute), le puits n°1 (P19) et le puits Plateau (P16). La position des puits ainsi obtenu est cohérente avec celles obtenus par ailleurs sur d'autres plans. L'incertitude de positionnement des puits de ce plan napoléonien est estimée à 25 m.

Sur d'anciens plans cadastraux non datés (a priori début XX^{e} siècle) de Saint-Just-d'Ardèche et Saint-Marcel-d'Ardèche à l'échelle 1/2 500^{e}, sont reportés d'anciens bâtiments proches de puits (puits n° 8 – P29, puits de la Cochetière – P38). Certains de ces bâtiments sont présents sur les plans miniers. L'incertitude de positionnement de ces plans cadastraux est estimée à 20 m.

Illustration 26 : Plan 2 – Cadastre napoléonien de 1826

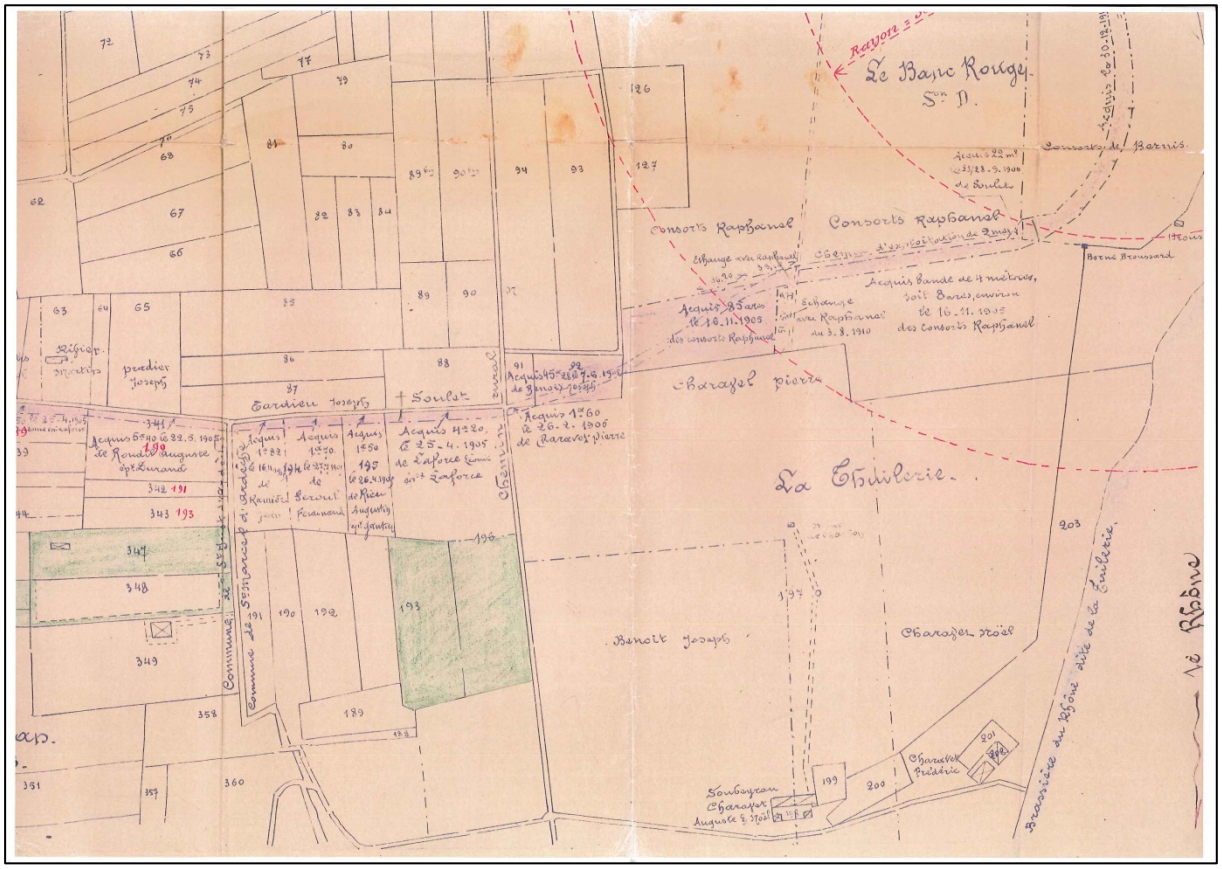


Illustration 27 : Plan 3 – Cadastre anciens non datés

Plan 5 : plan schématique extrait de la monographie de la mine du Banc Rouge de 1885 (Illustration 28)

Ce plan schématique à l'échelle 1/10 000e est extrait du document monographique réalisé en 1885 par M. Foucquier. L'incertitude de positionnement de ce plan est estimée à 40 m.

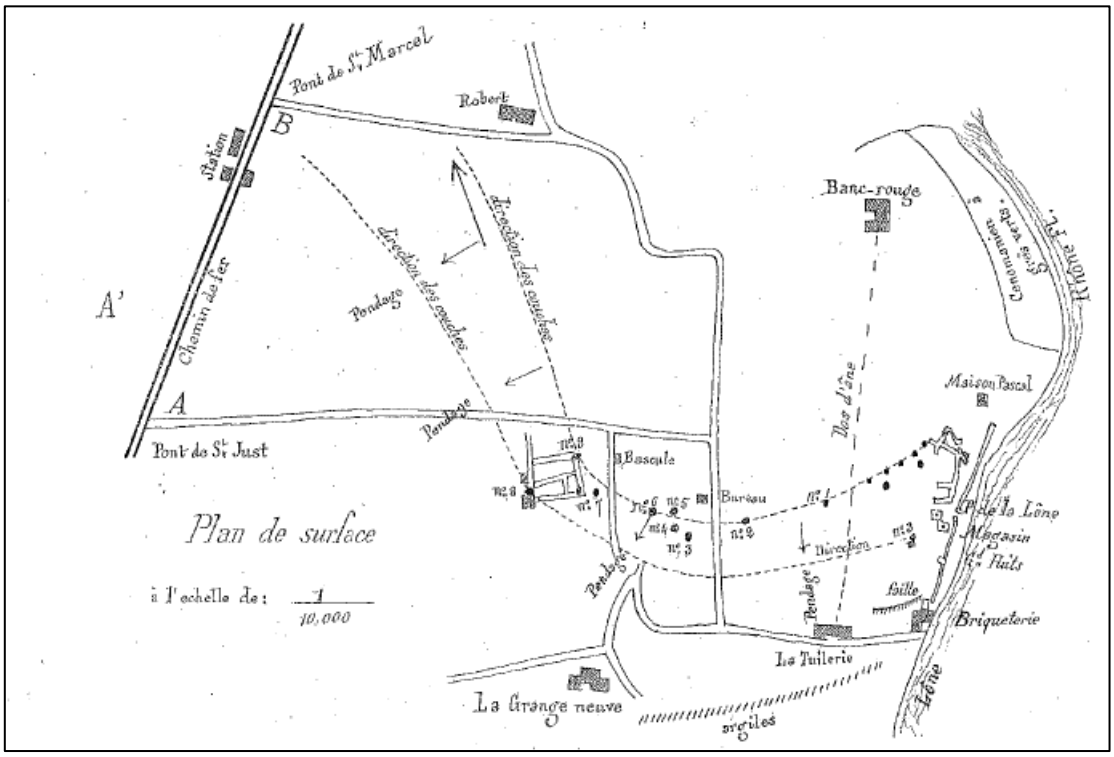


Illustration 28 : Plan 5 – Plan schématique extrait de la monographie de la mine du Banc Rouge de 1885

Plan 6 : Plan des travaux 1902 – 1918 (Illustration 29)

Ce plan minier à l'échelle 1/1 000e reporte les travaux de la période 1902 – 1918 dans la partie ouest du gisement. Ce plan dispose d'un carroyage et reporte de nombreux éléments de surface permettant un géoréférencement précis. Outre le puits Hervé Gabrielle (ouvrage matérialisé) et des bâtiments associé situés sur le lieu-dit « la Mine », les points de calage sont le puits n° 8 (déduit du bâtiment de surface accolé, visible sur les photographies de 1947 et 1959), le puits de la Cochetière (déduit du bâtiment de surface accolé, reporté sur les plans cadastraux anciens) et le puits de la bascule, visible sur les photographies de 1947 et 1959.

Le géoréférencement respecte le carroyage de 100 m de côté et d'autres points remarquables de surface (croisée de voies notamment). C'est sur la base de ce plan qu'ont été retenues les positions des ouvrages localisés suivants : puits n° 8 (P29), puits de la Cochetière (P38) et puits de Bacqua (P39). Notons que le désordre D1 est reporté sur ce plan (« A » noté au crayon à papier).

L'incertitude de géoréférencement du plan 6 est estimée à 15 m.

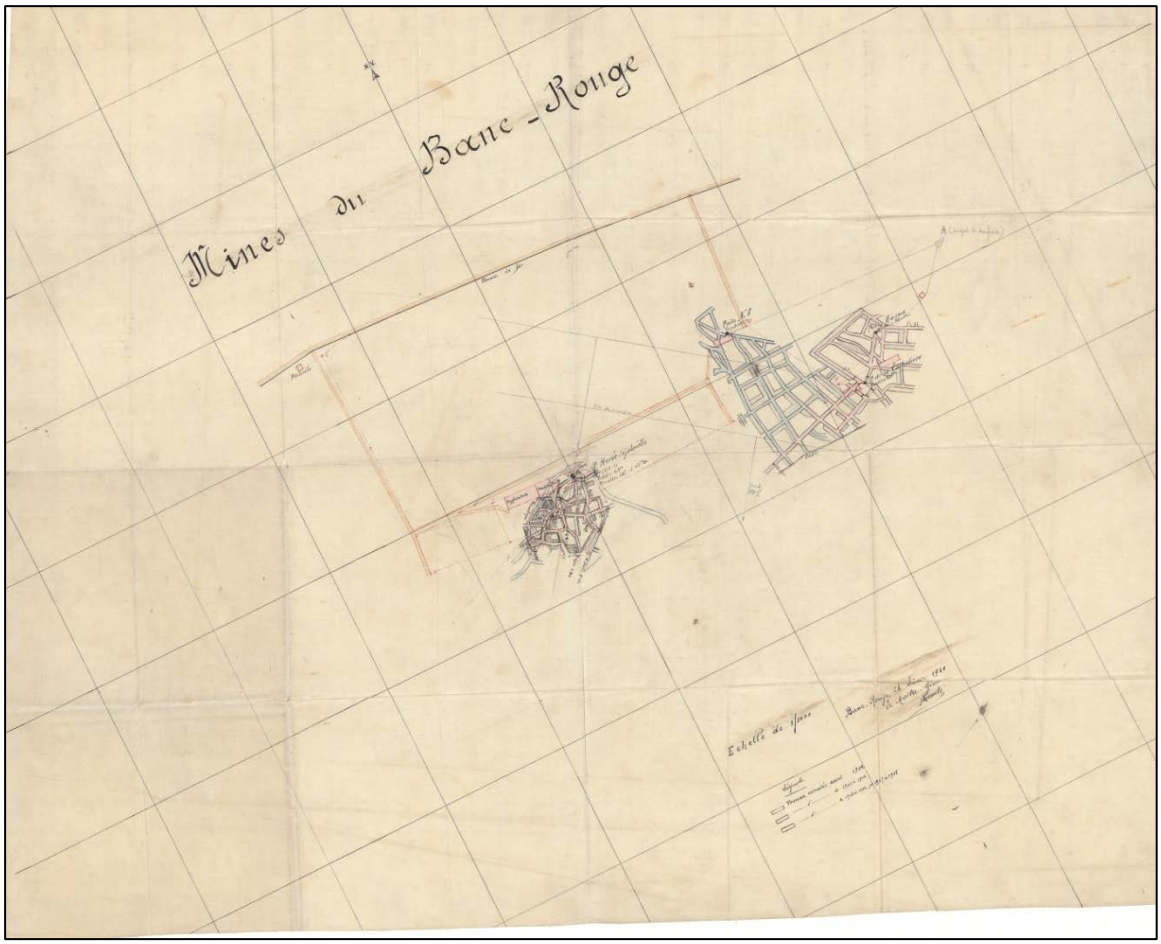


Illustration 29 : Plan 6 – Plan des travaux 1902 - 1918

Plan 7 : Plan général des travaux de 1943 (Illustration 30)

Ce plan minier à l'échelle 1/1 000e reporte seulement les travaux antérieurs à 1889. En effet, aucuns travaux miniers entre 1901 et 1949 n'est reporté. Le tracé des travaux est précis et certains ouvrages débouchant au jour sont uniquement présents sur ce plan. Notons néanmoins que les éléments de surface ne sont pas reportés avec fidélité et que ce plan présente une déformation importante liée à la présence de plis très prononcés.

Le géoréférencement s'est appuyé sur les résultats des géoréférencement des autres plans. Les points de calage choisis sont les suivants : puits n° 1 (P19), puits n° 8 (P29), puits n° 9 (31), puits Rouge (P4), la grange neuve, les bureaux de la mine, et quelques croisées de chemin. Les désordres D3 et D4 constituent des points de contrôle du calage.

L'incertitude de géoréférencement du plan dans son ensemble est estimé à 30 m.

Afin de réduire l'incertitude de géoréférencement du plan 7, deux calages locaux ont été réalisés :

- Le premier, côté est du gisement : ce géoréférencement est associé aux points de calage suivants : bureau de la mine, puits Rouge (P4), puits n° 1 (P19), la Briqueterie et une croisée de chemins. L'incertitude de géoréférencement est de l'ordre de 20 m.
- Le second, côté ouest du gisement (plan1875_1889) : ce géoréférencement est associé aux points de calage suivants : bureau de la mine, puits n°8 (P29), puits n° 9 (P31), puits de la Cochetière (P38), puits Bacqua (P39) et une croisée de chemins. L'incertitude de géoréférencement est de l'ordre de 25 m.

Notons que ces géoréférencements locaux ont été utilisés pour la numérisation des travaux.

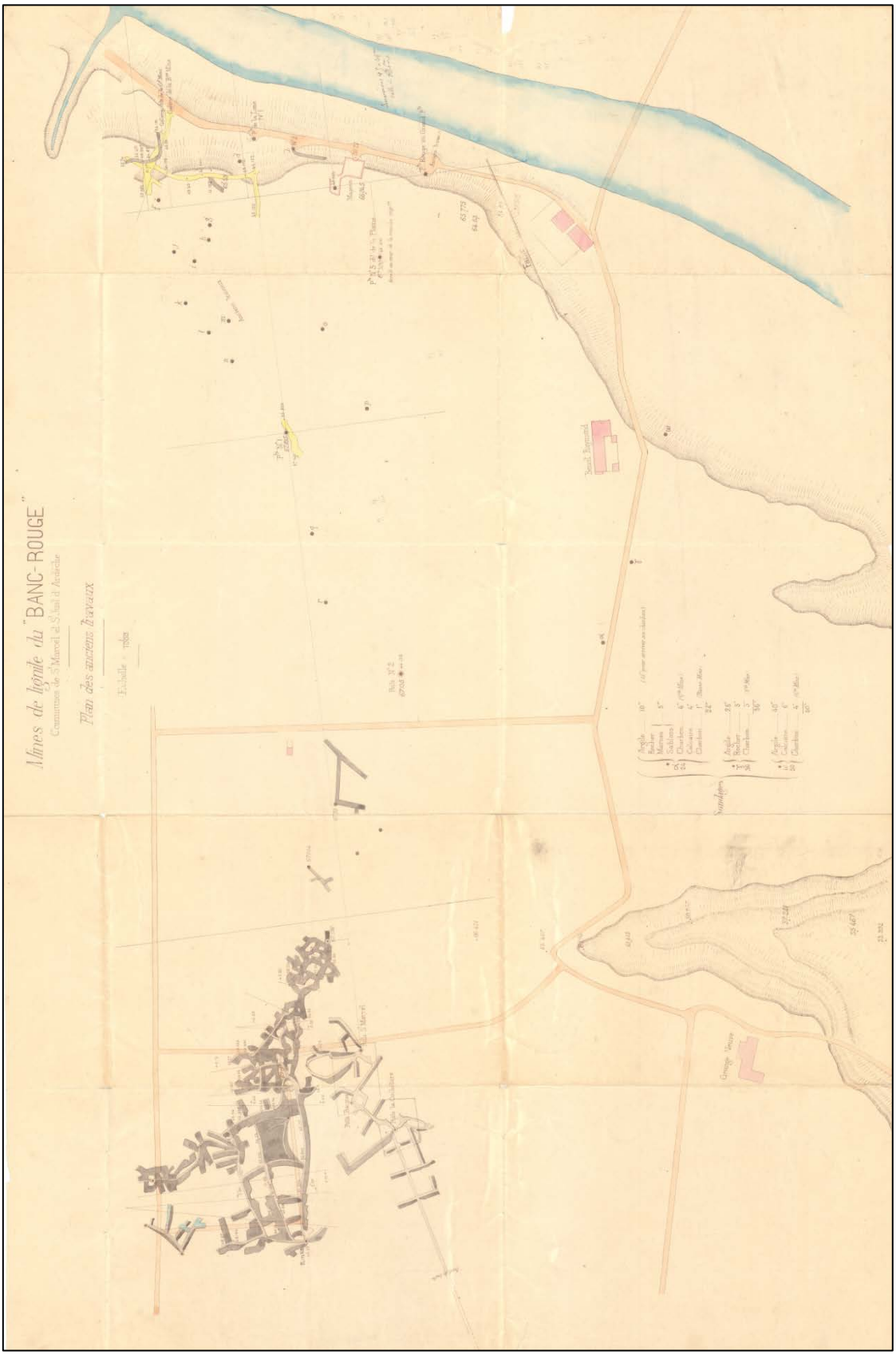


Illustration 30 : Plan 7 - Plan général des travaux de 1943

Plan 8 : Plan des travaux de novembre 1948 (Illustration 31)

Ce plan minier à l'échelle 1/1 000e couvre l'ensemble des travaux les plus modernes depuis la foration du puits n° 6 en 1879 jusqu'en novembre 1948 (à l'exception des travaux 1901 jamais reportés sur plan). Ce plan dispose d'un carroyage de 100 m de coté, mais de peu d'éléments de surface. En effet, seuls les bâtiments associés au puits Hervé Gabrielle (P43) sont reportés.

Le géoréférencement respecte le carroyage de 100 m de côté et est cohérent avec les autres plans. C'est sur la base de ce plan complet qu'a été réalisée la numérisation des travaux pour les exploitations après 1879.

L'incertitude de géoréférencement du plan n°8 est estimée à 20 m.

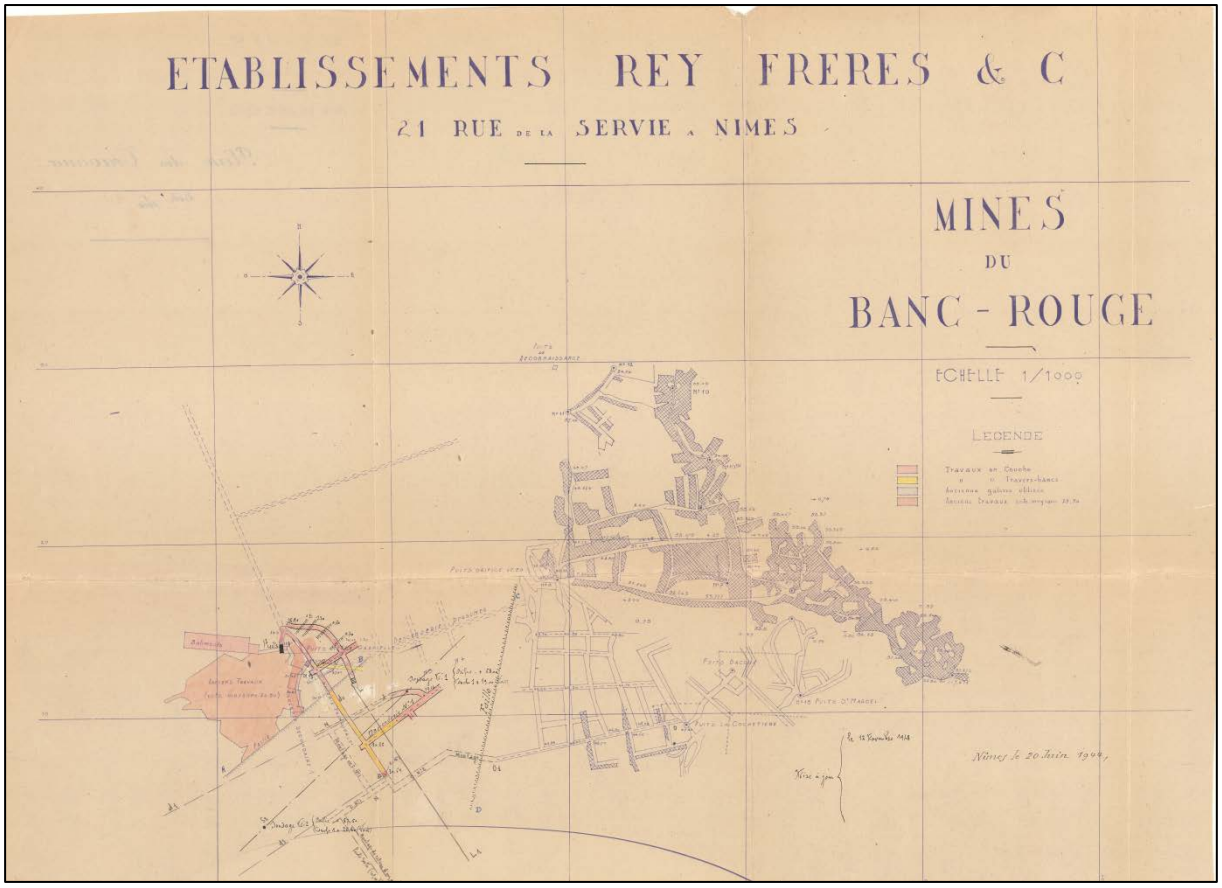


Illustration 31 : Plan 8 – Plan des travaux de novembre 1948

Plan 9 : Plan des travaux de décembre 1949 (Illustration 32)

Ce plan minier à l'échelle 1/1 000e se limite à la zone retravaillée depuis le puits Hervé Gabrielle (P43) par les Etablissements des Frères Rey puis Charbonnages du Banc Rouge entre 1942 et fin 1949. Les points de calage utilisés sont directement dérivés du puits n° 8 (puits Herve Gabrielle et bâtiment associés, croisement de galeries).

L'incertitude de géoréférencement de du plan 9 est estimée à 15 m.

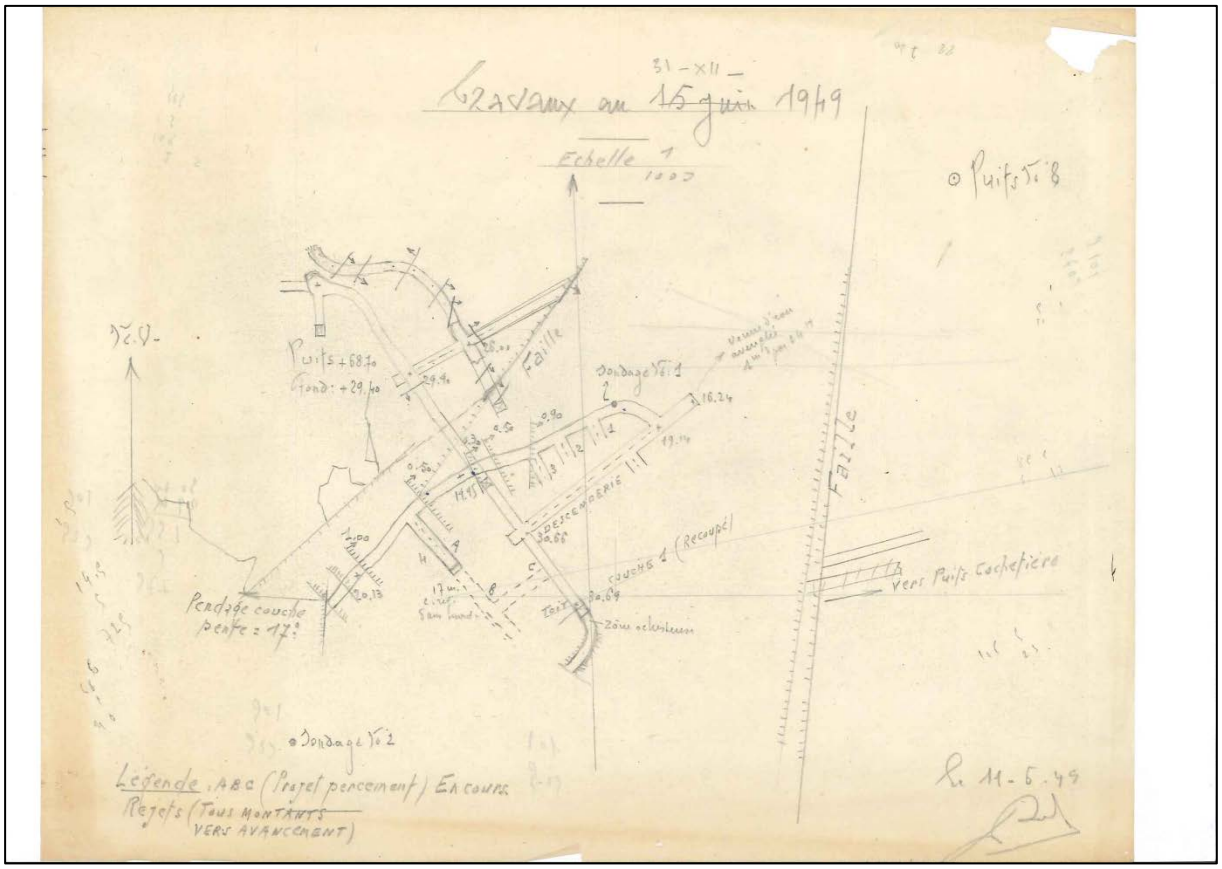


Illustration 32 : Plan 9 – Plan des travaux de décembre 1949

Plans 10 et 11 : Photos aériennes de l'IGN entre 1947 et 1959

Ces photos ont été géoréférencées en utilisant des croisées de route invariante entre ces plans et la BD Ortho® actuelle. L'incertitude de positionnement de ces photos est estimée à 10 m.

3.7.3 Incertitude des reports cartographiques

Les reports cartographiques sont soumis à plusieurs incertitudes. Nous citerons pour mémoire les incertitudes suivantes :

- l'incertitude de positionnement de l'opérateur ;
- l'incertitude de la mesure ;
- l'incertitude de dessin et du support du plan minier papier ;
- l'incertitude liée au géoréférencement de l'image proprement dite.

Toutes ces incertitudes ne sont pas non plus directement cumulables, pour cette raison et pour chaque plan géoréférencé, une incertitude globale de géoréférencement est estimée.

3.7.4 Emprise des travaux souterrains

L'emprise globale des travaux miniers souterrains inclue tous les travaux miniers souterrains, y compris les galeries d'écoulement, les galeries débouchant au jour et les puits. Les ouvrages isolés ont été intégrés à l'emprise globale des travaux miniers, avec prise en compte de leur incertitude de positionnement. Ce tracé a été vectorisé à partir de la synthèse de tous les plans numérisés géoréférencés.

3.7.5 Carte informative

Les cartes informatives présentées en annexe A localisent toutes les informations décrites précédemment à une échelle de 1/2 500^{e}.

Le fond cartographique est la BD ORTHO® de l'IGN de 2007. Sa précision est inférieure à 50 centimètres, et l'incertitude de localisation inférieure à 5 m. Les cartes ont été construites à l'aide du logiciel MapInfo. Elles comportent sept niveaux d'informations :

- la géographie et l'occupation des sols sur les la BD ORTHO® de l'IGN ;
- les limites administratives (limites de communes et de concessions) ;
- les ouvrages miniers débouchant au jour (puits, entrées de galerie);
- les dépôts résiduels de surface (verses, terrils, déblais etc.) ;
- l'enveloppe des travaux miniers souterrains avec leurs incertitudes;
- les désordres de surface d'origine minière.

4 PHASE EVALUATION DES ALEAS

4.1 Identification des aléas retenus et écartés

Un aléa est défini comme la potentialité d'occurrence d'un phénomène déterminé, d'une certaine intensité. Le présent chapitre récapitule les aléas mouvements de terrain envisageables sur d'anciennes exploitations minières et identifie, à partir des informations recueillies au cours de la phase informative et de l'expérience acquise, les phénomènes potentiellement attendus sur l'emprise des travaux de la mine.

Remarque : seuls les aléas de type mouvements de terrain et échauffement ont été analysés dans le cadre de la présente étude. Les ouvrages souterrains liés à l'exploitation du Banc Rouge ont connus des problèmes d'aérage, liés essentiellement à un manque de ventilation. Néanmoins, compte tenu de la taille réduite des volumes souterrains non ennoyés, de la relative porosité des horizons alluviaux des terrasses anciennes, du faible dénivelé des travaux, le secteur d'étude n'est, à ce jour, pas retenu pour une étude d'aléa émission de gaz de mine. Attention toutefois à la possibilité de présence de CO_2 et d'air désoxygéné dans les cavités minières.

4.1.1 Effondrement localisé

- Description du phénomène

Le phénomène d'effondrement localisé est causé par l'instabilité locale d'une cavité souterraine. Cette instabilité peut se propager au travers des couches situées au-dessus et créer de cette manière un cratère en surface. Les matériaux impliqués sont donc déplacés et déstructurés de manière importante. L'illustration 33 schématise l'évolution de ce type de phénomène.

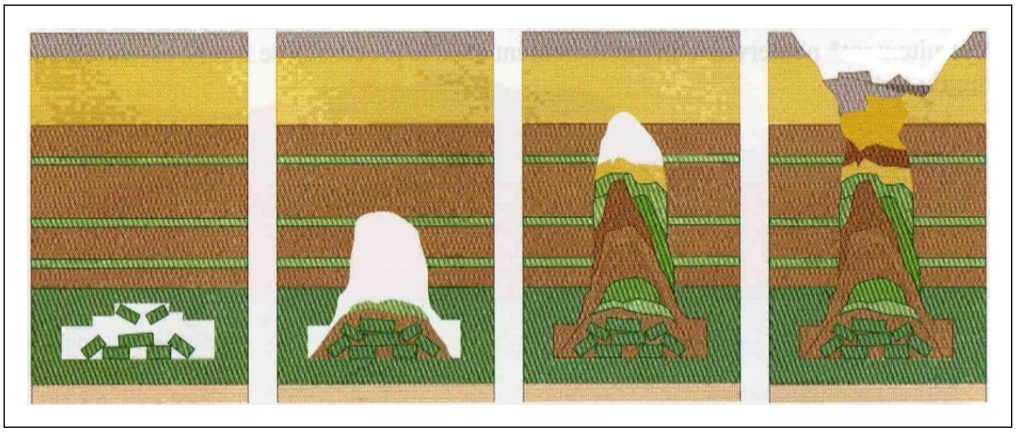


Illustration 33 : Schéma de principe d'évolution d'un effondrement localisé en contexte sédimentaire à pendage nul
Source : Evaluation des Aléas liés aux Cavités Souterraines – LCPC, 2002

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

- ✓ la stabilité des cavités qui se créent au cours de la progression du phénomène ;
- ✓ la possibilité d'un autocomblement de la cavité du fait de l'augmentation de volume des matériaux entre leur état « en place » et leur état « effondré ». Ce phénomène d'augmentation de volume est aussi appelé foisonnement. L'« autocomblement » qui peut en découler peut stabiliser l'effondrement avant qu'il n'atteigne la surface.

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

Le foisonnement des matériaux géologiques est un phénomène connu. Il n'est cependant pas mesuré de manière systématique et il n'existe aucun standard reconnu pour sa détermination. Le phénomène d'autocomblement est donc difficile à évaluer de manière rigoureuse, mais on admet que la probabilité d'apparition d'un fontis en surface diminue (à cavité de dimension égale) avec la profondeur de cavité. D'après les retours d'expérience, la limite d'apparition d'un fontis en surface est inférieure à environ 50 m de profondeur pour une cavité de dimension habituelle : moins de 5 m de hauteur (généralement entre 1,5 et 3 à 4 m) pour 2 à 10 m de largeur.

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

En général, l'intensité des effondrements localisés est définie par le diamètre du cône d'effondrement résultant en surface. Le guide PPRM (INERIS DRS-06-51198/R01) propose des indications de classe d'intensité :

- ✓ intensité limitée pour des surfaces concernées inférieures à 8 m^2 (diamètre inférieur à 3 m) ;
- ✓ intensité modérée pour des surfaces concernées comprises entre 8 et 75 m^2 (diamètre compris entre 3 et 10 m) ;
- ✓ intensité élevée pour des surfaces concernées supérieures à 75 m^2 (diamètre supérieur à 10 m).

L'apparition des effondrements localisés en surface est brutale et n'est presque jamais accompagnée d'indices précurseurs visibles.

- ➢ <u>Cavités à l'origine des effondrements localisés</u>

D'une manière générale, les cavités à l'origine des effondrements localisés concernent l'ensemble des vides résiduels potentiellement présents dans le sous-sol d'un site minier.

Les effondrements localisés peuvent être ainsi classés en fonction des excavations à l'origine de leur apparition (galerie, intersection de galerie, chantiers, puits, pilier couronne, etc...), susceptibles de montrer des stabilités contrastées suivant leurs caractéristiques.

Le tassement des remblais mis en place dans les puits ou leur écoulement dans les galeries (on parle de débourrage), ou la rupture des matériaux superficiels et/ou d'un soutènement éventuel (on parle de rupture de la tête de puits), peuvent provoquer des désordres similaires en surface à des effondrements de galeries ou de chantiers. Ils seront également évalués dans l'étude de l'aléa effondrement localisé.

Le type de l'excavation influence la dimension et la profondeur des vides résiduels et donc les capacités d'« autocomblement » d'une instabilité progressant vers la surface. Il est donc nécessaire de disposer d'indications précises sur les événements historiques, comme les lieux d'initialisation des instabilités ainsi que la dimension et la géométrie des vides résiduels concernés. La qualité des relevés topographiques des excavations, la connaissance précise et détaillée des techniques d'exploitation, du remblayage, voire de soutènement et l'accès physique ou visuel aux anciens travaux, sont ensuite souvent nécessaires pour tirer parti de cette analyse.

- Aléa retenu

Plusieurs désordres de type effondrement localisé ont été recensés. De plus, la présence de vides résiduels liés aux dépilages et galeries à faible profondeur et aux ouvrages débouchant au jour (ODJ), justifie que l'**aléa effondrement localisé soit retenu, tant au droit des ODJ qu'à l'aplomb des travaux souterrains**.

4.1.2 Effondrement généralisé

- Description du phénomène

Un effondrement généralisé se produit lorsque les piliers de soutènement laissés dans un quartier de mine se rompent simultanément et produisent en surface un mouvement du sol brusque.

Ce type d'effondrement se produit dans des exploitations partielles (ayant laissé des vides résiduels conséquents) dont l'extension latérale est suffisante (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres d'extension), dans des gisements en plateure ou faiblement pentés. Ces exploitations doivent être relativement profondes et surplombées par un toit contenant un banc raide (formation géologique épaisse, solide et peu fracturée) (Illustration 34).

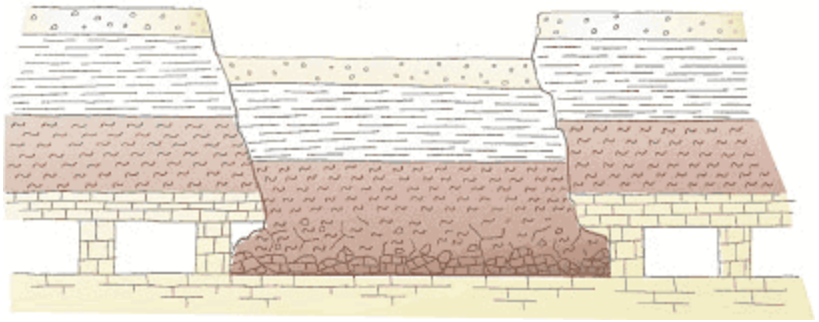


Illustration 34 : Schéma du mécanisme d'effondrement généralisé
Source : www.cavites.fr du BRGM

- Aléa non retenu

Le gisement exploité est de faible puissance, peu profond, et les dépilages irréguliers sont donc, selon toute vraisemblance, de faible épaisseur. Les vides résiduels sont donc trop peu importants pour être à l'origine d'un phénomène de type effondrement généralisé.

De plus, le phénomène nécessite la présence d'un banc raide suffisamment résistant pour accumuler les contraintes avant rupture. La couverture géologique ne présente pas de configurations de ce type.

Ainsi, **le phénomène d'effondrement généralisé n'est pas attendu sur ce site.**

4.1.3 Affaissement progressif

- Description du phénomène

Le phénomène d'affaissement progressif est à peu près équivalent au phénomène d'effondrement généralisé, mais avec une vitesse de propagation du phénomène jusqu'en surface plus lente. Les terrains de recouvrement suivent une évolution progressive et « plastique » sous l'effet de la modification des contraintes induites par les excavations (Illustration 35). Comme pour l'effondrement généralisé, ce mécanisme se produit dans des exploitations ayant laissé des vides résiduels conséquents et dont l'extension latérale est suffisante par rapport à la profondeur. Les cas les plus courants concernent les excavations créées par les tailles foudroyées des mines de charbon. Ce phénomène se produit alors dans les 5 ans suivant l'exploitation. Les mouvements de la surface du sol peuvent être initiés plusieurs années ou décennies après la fermeture des travaux si les structures souterraines liées aux exploitations présentes, sont suffisamment résistantes pour demeurer stables jusqu'à ce terme.

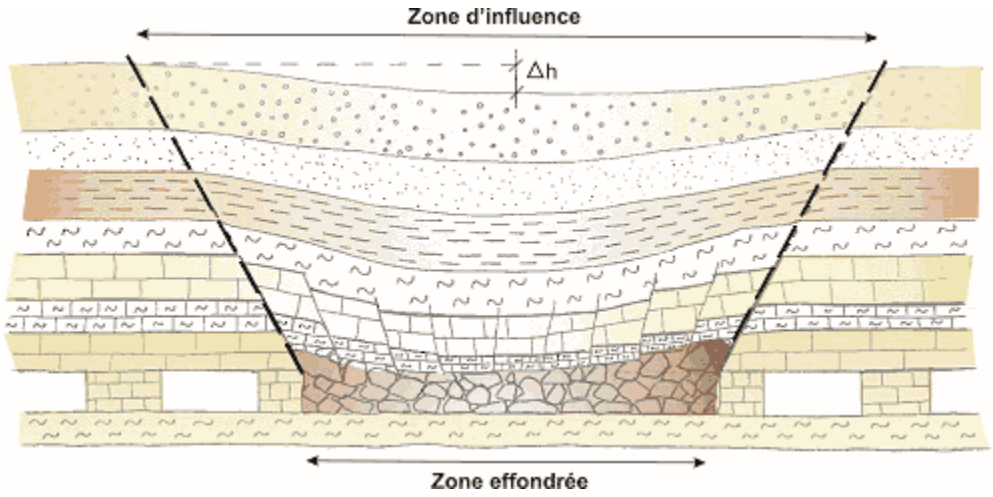


Illustration 35 : Schéma du mécanisme d'affaissement progressif
Source : www.cavites.fr du BRGM

- Aléa non retenu

Ce phénomène a pu se produire lors des dernières exploitations à l'ouest du gisement (affaissement consécutif à une exploitation totale par taille – désordre D2).

Il n'existe pas de configuration d'exploitation susceptible de générer une reprise d'affaissement (pas de chambres et piliers étendues et suffisamment profonde).

Comme pour l'effondrement généralisé, les dépilages étant de faible épaisseur, les vides résiduels sont trop peu importants pour être à l'origine d'un phénomène de type affaissement. Ainsi, **le phénomène d'affaissement n'est donc pas attendu sur ce site.**

4.1.4 Tassement

- Description du phénomène

Le phénomène de tassement se manifeste par la réduction de volume d'une couche de matériaux, du fait notamment d'une diminution de sa porosité.

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

- Aléa retenu

L'aléa tassement est retenu au niveau du dépôt minier de surface (T1).

Remarque : au-dessus des travaux miniers, il pourrait être envisagé un aléa tassement jusqu'à une profondeur de 20 m maximum, mais nous verrons que ces zones sont déjà couvertes par l'aléa effondrement localisé majorant. L'aléa tassement sur travaux souterrain n'est donc pas cartographié.

4.1.5 Instabilité de pente

- Description du phénomène

Les instabilités de pente regroupent plusieurs phénomènes :

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

- Aléa non retenu

L'unique dépôt minier (T1) observé sur le terrain, n'est pas d'ampleur à engendrer des phénomènes de ce type. D'autre part, les modifications de profil du talus de la lône, en lien avec l'ancienne activité minière ne sont pas suffisamment notables pour engendre à elles seules une instabilité du talus. **Les instabilités de pente ne sont donc pas attendues sur ce site**.

4.1.6 Echauffement

Le dépôt de surface (T1) était en combustion lente en 1946. Cependant, aucune matière organique ou matériaux pyriteux n'a été retrouvé sur ce dépôt lors des visites de terrain. Néanmoins, en cas de terrassement de ce dépôt, la remise au jour de matériaux pyriteux et riches en matière organique, n'est pas à exclure. **L'aléa échauffement est donc retenu pour l'unique dépôt minier (T1)**.

4.2 Evaluation de l'aléa effondrement localisé

4.2.1 Zone d'altération superficielle

La zone d'altération superficielle correspond aux terrains à faible cohésion susceptibles d'être immédiatement mobilisés lors d'une instabilité. Son épaisseur est un facteur important dans l'estimation du diamètre des effondrements localisés en surface.

Sur le plateau, au vu des désordres tels que décrits et des quelques sondages de reconnaissance réalisés pour la recherche des horizons de lignite, notamment en 1946, on estime que la zone d'altération superficielle a une épaisseur de l'ordre de 2 m.

Sur le flanc de talus de la lône, les formes d'altérations superficielles, les remaniements et les apports de remblais induisent une épaisseur plus importante pour la zone d'altération superficielle. On retiendra une valeur de 5 m.

4.2.2 Nature du recouvrement minier

Bien que le recouvrement au toit de la couche « Grande Mine » soit généralement constitué de marnes coquillères, d'horizons marno-calcaires et calcaires, la plus grande partie du recouvrement au-dessus des travaux miniers est constitué de sables et galets. On estime que le coefficient de foisonnement varie entre 1,25 et 1,3 pour un angle de talus naturel entre 35° et 45°.

4.2.3 Effondrement localisé lié aux puits

- Phénomènes redoutés

Deux mécanismes sont a priori envisageables : le débourrage des remblais au sein de la colonne du puits et la rupture de la tête du puits.

  - Débourrage des remblais au sein de la colonne du puits

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. 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 puits

Pour les puits 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. Les conséquences d'un tel phénomène sont comparables à celle d'un effondrement localisé.

Sur la zone d'étude, aucun effondrement localisé n'est formellement associé à la présence d'un puits. Néanmoins, le désordre D4 pourrait correspondre au puits Graffin (P22). De même, mais avec moins de fiabilité, le désordre D3 pourrait correspondre au puits Boissin n° 2 (P23).

- Evaluation de la prédisposition

La prédisposition à l'effondrement localisé s'évalue en tenant compte de la possibilité de présence de vide dans la colonne du puits. Celle-ci est fonction du type de traitement (remblaiement, bouchon autoportant, dalle, absence de traitement), de la profondeur initiale du puits, du nombre de recettes. Elle tient aussi compte de la possibilité de rupture de la tête de puits qui est fonction de la qualité des terrains en surface, et du traitement de la tête de puits (maçonnerie…).

Sur la zone d'étude, la quasi-totalité des puits n'est plus visible en surface. Pour la majorité, aucune information quant à leur fermeture n'a été retrouvée en archive. Dans quelques cas, nous disposons d'informations partielles quant à leur comblement.

Selon les informations analysées, les puits sont « éboulés », ou « ont été clos », ou « ont été obturés » avec des madriers de bois notamment, ou « ont été remblayés » au moins superficiellement.

Ces considérations nous incitent à retenir une prédisposition **très sensible** pour le puits Rouge (P4) qui est ouvert et non muraillé et pour les puits obturés par des madriers de bois (P29 et P38). Pour les puits remblayé disposant de deux recettes ou pour lesquels nous ne disposons d'aucune information, nous avons retenu une prédisposition **sensible**. Pour les puits borgnes (puits Boissin n° 3 – P24, puits n° 4 – P25, puits de reconnaissance – P44), les puits remblayés disposant d'une recette (puits n°7bis – P30, puits n° 9 – P31, puits n° 10 – P32, puits n° 10bis – P33, puits n° 11 – P34), les puits muraillés (puits n° 2 – P20, puits Graffin – P22, puits Hervé Gabrielle – P43) et les puits obturés (P45, P46 et P47) nous avons retenu une prédisposition **peu sensible**.

Précisons que le puits Valette (P21) disposant un cuvelage en briques est néanmoins concerné par une prédisposition sensible car il est pourrait être à l'origine du désordre D4. De même, pour les puits les plus récents, probablement muraillés mais pour lesquels nous ne disposons d'aucune information (puits n° 8 – P29, puits de la Cochetière – P38, puits Bacqua – P39, puits Sain-Marcel – P36), nous avons retenu une prédisposition sensible.

- Evaluation de l'intensité

Le niveau d'intensité dépend essentiellement de la dimension des puits.

La profondeur des puits varie entre 7,5 m et 42 m pour le puits Hervé Gabrielle (P43). Notons qu'à l'exception du puits Hervé Gabrielle, tous les ouvrages ont une profondeur de moins de 23 m.

Quand elle est connue, la section est réduite : 1,8 m × 3,3 m pour le puits Hervé Gabrielle (P43), 2 m de diamètre pour le puits Rouge (P4), 1,8 m de diamètre pour les puits non localisés (P40, P41 et P42), 2 à 3 m de diamètre pour les puits P45, P46 et P47.

Pour l'ensemble des puits non renseignés, on considèrera de façon sécuritaire, des sections de 3 m de diamètre pour les puits principaux ayant joué un rôle notable et durable dans l'exploitation et de 2 m de diamètre pour les autres puits.

Dans ces conditions, une intensité **limitée** est retenue pour les puits d'aérage, les puits borgne et ceux de moins de 10 m de profondeur. Une intensité **modérée** est retenue pour les autres puits.

Le niveau d'intensité pour chaque ouvrage est synthétisé dans l'illustration 36.

Id	Nom	Prédisposition	Intensité	Niveau d'aléa effondrement localisé	Rayon d'aléa
P1	Puits de la Lône n°1	Sensible	Modérée	Moyen	26,5 m
P2	Puits du Magasin	Sensible	Modérée	Moyen	26,5 m
P3	Puits Talus d	Sensible	Modérée	Moyen	26 m
P4	Puits Rouge ou Grand puits n°2	Très sensible	Modérée	Fort	14 m
P5	Puits de la Plaine n°3	Sensible	Modérée	Moyen	23 m
P6	Puits Plateau f	Sensible	Limitée	Faible	23 m
P7	Puits Plateau g	Sensible	Limitée	Faible	23 m
P8	Puits Plateau h	Sensible	Limitée	Faible	23 m
P9	Puits Plateau i	Sensible	Limitée	Faible	23 m
P10	Puits Plateau j	Sensible	Limitée	Faible	23 m
P11	Puits Plateau k	Sensible	Limitée	Faible	23 m
P12	Puits Plateau l	Sensible	Limitée	Faible	23 m
P13	Puits Plateau m	Sensible	Limitée	Faible	23 m
P14	Puits Plateau n	Sensible	Limitée	Faible	23 m
P15	Puits Plateau o	Sensible	Limitée	Faible	23 m
P16	Puits Plateau p	Sensible	Limitée	Faible	23 m
P17	Puits Plateau q	Sensible	Limitée	Faible	23 m
P18	Puits Plateau r	Sensible	Limitée	Faible	23 m
P19	Puits n°1	Sensible	Modérée	Moyen	18,5 m
P20	Puits n°2	Peu sensible	Limitée	Faible	23 m
P21	Puits Valette	Sensible	Modérée	Moyen	18,5 m
P22	Puits Graffin ou Boissin n°1	Peu sensible	Limitée	Faible	18,5 m
P23	Puits Boissin n°2	Sensible	Modérée	Moyen	18,5 m
P24	Puits Boissin n°3	Peu sensible	Limitée	Faible	23 m
P25	Puits n°4	Peu sensible	Limitée	Faible	23 m
P26	Puits n°5	Sensible	Limitée	Faible	23 m
P27	Puits n°6	Sensible	Modérée	Moyen	23 m
P28	Puits n°7	Sensible	Modérée	Moyen	24 m
P29	Puits n°8	Très sensible	Modérée	Fort	19 m
P30	Puits n°7bis	Peu sensible	Modérée	Faible	23 m
P31	Puits n°9	Peu sensible	Modérée	Faible	23,5 m
P32	Puits n°10	Peu sensible	Limitée	Faible	23,5 m
P33	Puits n°10bis	Peu sensible	Modérée	Faible	23 m
P34	Puits n°11	Peu sensible	Modérée	Faible	23 m
P35	Puits n°12	Sensible	Modérée	Moyen	23,5 m
P36	Puits Saint-Marcel n°13	Sensible	Modérée	Moyen	24 m
P37	Puits annexe	Sensible	Limitée	Faible	23 m
P38	Puits de la Cochetière	Très sensible	Modérée	Fort	24 m
P39	Puits Bacqua	Sensible	Modérée	Moyen	24 m
P40	Puits P1901_1	-	-	-	-
P41	Puits P1901_2	-	-	-	-
P42	Puits P1901_3	-	-	-	-
P43	Puits Hervé Gabrielle	Peu sensible	Modérée	Faible	7 m
P44	Puits de reconnaissance	Peu sensible	Limitée	Faible	23 m
P45	Puits	Peu sensible	Modérée	Faible	6,5 m
P46	Puits	Peu sensible	Modérée	Faible	6,5 m
P47	Puits	Peu Sensible	Modérée	Faible	6 m

Illustration 36 : Niveau d'aléa effondrement localisé pour les puits

- Niveau d'aléa retenu et emprise de la zone concernée

Le niveau d'aléa retenu résulte du croisement de l'intensité avec la prédisposition. Les résultats sont synthétisés sur les illustrations 35 et 38.

L'emprise de l'aléa est un disque centré sur la position de l'ouvrage obtenue dans la phase informative (GPS, plan géoréférencé…), d'un rayon égal à la somme de l'incertitude de positionnement, et d'une valeur forfaitaire correspondant au rayon d'un désordre attendu, de 2 m pour les puits situés sur le plateau alluvial, de 5 m pour les puits situés dans le talus de berge de la lône.

Remarque : aucun aléa n'a pu être retenu pour les trois puits non localisés (puits P1901_1, puits P1901_2 et puits P1901_3). Aucun aléa n'a été retenu autour du puits dont l'origine minière a été écartée.

4.2.4 Effondrement localisé lié aux travaux souterrains

- Phénomène redouté

Le phénomène redouté ici correspond à la rupture des terrains au toit d'un ouvrage souterrain pouvant générer en surface un effondrement localisé d'extension limitée (quelques mètres de diamètre).

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

Sur le secteur d'étude, des galeries et des zones de travaux sont présentes en souterrain. Selon les informations retrouvées en archives, ces ouvrages sont parfois en partie effondrés. A faible profondeur, les contraintes sont faibles et les vides ne sont pas systématiquement fermés partout.

Sur l'emprise de la zone d'étude, douze effondrements localisés et une zone de désordres sont attribués à des travaux souterrains.

- Evaluation de la prédisposition

D'après les informations retenues lors de la phase informative, les galeries correspondent à des recherches dont les dimensions ne dépassent pas 2 m de haut pour 2 m de large. Il s'agit de galeries horizontales à faiblement pentées, avec de courtes sections en descenderie pouvant atteindre 20°.

Notons néanmoins que selon un témoignage oral d'un riverain, l'entrée des Tuileries mesurait 2 m de hauteur et 4 m de largeur.

L'essentiel des exploitations a été mené en laissant de larges piliers, ensuite repris par de courtes tailles successives depuis des galeries ou recettes de puits. Ensuite la méthode par taille s'est imposée. Les zones de taille ont des largeurs de l'ordre de 3 à 4 m pour des hauteurs maximales de 2 m.

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

- ✓ Présence de vides à faible profondeur,
- ✓ Caractéristique des travaux (dimensions, pendage, …),
- ✓ Nature de l'encaissant et du recouvrement,
- ✓ Phénomènes déjà observés en surface.

En l'absence d'informations précises sur le remblayage et/ou sur l'effondrement des anciens travaux, la présence de vides ne peut être exclue.

L'existence d'un banc compétent, capable de stopper, mécaniquement, une montée de voûte peut être exclue. Dans ce cas, pour déterminer la hauteur limite de remontée du phénomène d'effondrement localisé induit par la rupture du toit des cavités souterraines situées à faible profondeur, un calcul volumétrique de montée de cloche a été appliqué ici (Illustrations 36 et 37).

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

- ✓ Caractéristiques géométriques des galeries (vides résiduels : hauteur et largeur moyenne de 2 m) des chantiers (vides résiduels : hauteur 2 m, largeur 3 à 4 m). D'expérience, un rayon de fontis égal à 80 % ou 100 % du rayon maximal possible a été retenu ;
- ✓ Angle de talus naturel (pente à l'équilibre des matériaux éboulés) : 35° à 45° ;
- ✓ Coefficient de foisonnement des matériaux (capacité/aptitude à augmenter le volume après remaniement) : 1,25 à 1,3 (valeurs classiques pour des terrains composés de houille et de schistes)

Enfin, par approche sécuritaire et du fait de l'absence de données précises sur l'ensemble de l'exploitation, nous avons envisagé l'absence totale de remblayage.

Les calculs réalisés avec les paramètres ci-dessus, représentatifs du contexte minier et géologique du secteur, conduisent sécuritairement à des remontées de fontis d'une trentaine de mètres pour les galeries (Illustration 37) et de l'ordre de 25 m pour les zones de chantiers souterrains (Illustration 38).

En considérant la faible profondeur des travaux (< 42m, correspondant à la profondeur du puits Hervé Gabrielle, le plus profond) et de l'apparition de nombreux désordres en lien avec ces ouvrages souterrains, nous retiendrons une prédisposition **sensible** pour l'ensemble des galeries et chantiers respectivement situés à moins de 30 m et 25 m de profondeur.

Pour les chantiers, la prédisposition est réduite à **peu sensible** sur les zones non concernées par les désordres.

Sur la zone à l'est du gisement, concernée par de fréquents désordres (zone de désordres D14), et sur le secteur de la parcelle agricole non exploitée car réputée dangereuse, nous avons retenu une prédisposition **très sensible**.

Dimension vides résiduels (m)		Rayon de la cheminée au toit de la voie de tête (m)		Angle talus naturel (°)	Coefficient foisonnement	Hauteur remontée de voûte (m)
Largeur	Hauteur					
2	2	100 % / 80 %	1/0.8	35	1.25	23/33
2	2	100 % / 80 %	1/0.8	40	1.25	21/30
2	2	100 % / 80 %	1/0.8	45	1.25	19/26
2	2	100 % / 80 %	1/0.8	35	1.30	20/28
2	2	100 % / 80 %	1/0.8	40	1.30	17/25
2	2	100 % / 80 %	1/0.8	45	1.30	16/22

Illustration 37 : Simulation des hauteurs de remontée de voûte liée aux galeries souterraines

Dimension vides résiduels (m)		Rayon de la cheminée au toit de la voie de tête (m)		Angle talus naturel (°)	Coefficient foisonnement	Hauteur remontée de voûte (m)
Largeur	Hauteur					
3	2	100 % / 80 %	1.5/1.2	35	1.25	18/25
3	2	100 % / 80 %	1.5/1.2	40	1.25	17/23
3	2	100 % / 80 %	1.5/1.2	45	1.25	15/21
3	2	100 % / 80 %	1.5/1.2	35	1.30	15/21
3	2	100 % / 80 %	1.5/1.2	40	1.30	14/19
3	2	100 % / 80 %	1.5/1.2	45	1.30	13/17
4	2	100 % / 80 %	2/1.6	35	1.25	16/21
4	2	100 % / 80 %	2/1.6	40	1.25	15/19
4	2	100 % / 80 %	2/1.6	45	1.25	13/18
4	2	100 % / 80 %	2/1.6	35	1.30	13/18
4	2	100 % / 80 %	2/1.6	40	1.30	12/16
4	2	100 % / 80 %	2/1.6	45	1.30	11/15

Illustration 38 : Simulation des hauteurs de remontée de voûte liée aux chantiers souterrains

- Evaluation de l'intensité

L'intensité du phénomène d'effondrement localisé est définie à partir des dimensions du cratère susceptible d'apparaître au jour. Ce cratère est issu de l'évasement d'une colonne vide. La section de cette colonne est directement liée à la hauteur de la galerie ; l'évasement en surface est lié à la nature et aux propriétés mécaniques des terrains de recouvrement.
Le diamètre des effondrements attendus en surface a été évalué en considérant un rayon de remontée de la cloche de fontis compris entre 0,8 et 1 m et une épaisseur de terrain peu cohérent de l'ordre de 5 m sur le talus de berge de la lône où sont situées les galeries. Ces différentes caractéristiques permettent de retenir un cratère potentiel de diamètre compris entre 5,8 et 6 m d'après la formule suivante :

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

Avec :

R_{cloche} : le rayon de la cloche de fontis

h_c : l'épaisseur de terrain peu cohérent

α : l'angle de talus naturel (les terrains peu cohérents de surface étant constitués principalement de sable et de terre végétale, un angle de 45° a été retenu).

Cette estimation conduit à définir une intensité des effondrements localisés potentiels de niveau **modéré**. Avec des diamètres de l'ordre de 3 à 4 m, les désordres D3, D4 et D5, seuls désordres actuellement visibles sont en accord avec ce niveau d'intensité.

Dans ces conditions, nous retiendrons une intensité modérée pour l'ensemble des galeries situées à moins de 30 m de profondeur et des chantiers situés à moins de 25 m de profondeur.

➢ <u>Evaluation du niveau d'aléa</u>

Par croisement de la prédisposition et de l'intensité, le niveau d'aléa effondrement localisé lié aux travaux souterrains est qualifié de (Illustration 39) :

- ✓ **Fort** au droit des zones de désordres fréquents (zone D14) et sur le secteur de la parcelle réputée dangereuse,
- ✓ **Moyen** au droit des galeries situées à moins de 30 m de profondeur, et des chantiers situés à moins de 25 m de profondeur et concernés par les désordres,
- ✓ **Faible** au droit des chantiers situés à moins de 25 m de profondeur et non concernés par les désordres.

➢ <u>Cas des zones potentiellement affectées par des travaux miniers</u>

Les travaux réalisés à l'est du gisement avant 1874 ne sont pas connus de façon exhaustive. Les archives ne mentionnent pas de recoupes d'anciens travaux après 1874. Pourtant nous ne pouvons écarter la présence d'anciens travaux, notamment des recherches, dans ce secteur.

Pour tenir compte de ces manques d'information, nous avons déterminé une zone potentiellement affectée par des travaux miniers. Sur cette zone, nous avons retenu un aléa effondrement localisé de niveau **faible**.

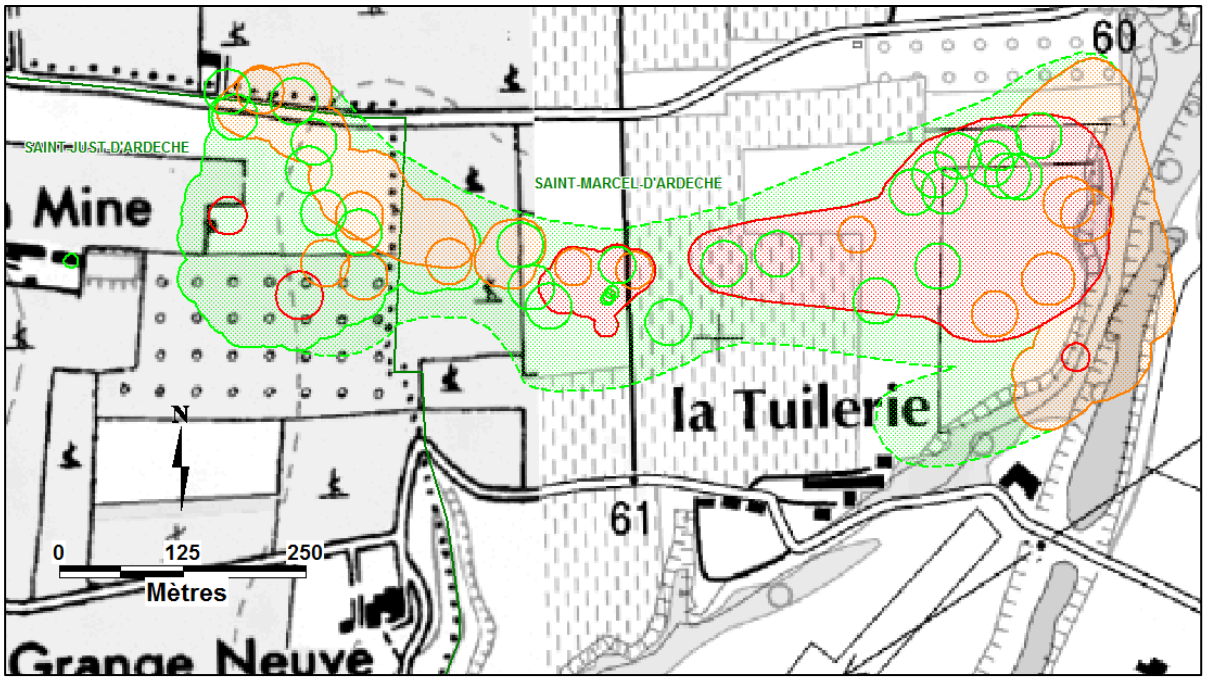


Illustration 39 : Communes de Saint-Marcel-d'Ardèche et Saint-Just-d'Ardèche
Répartition des zones d'aléa effondrement localisé sur travaux (zones tramées)
et sur puits (cercles)
(zones vertes : niveau faible / zones oranges : niveau moyen /
zones rouges : niveau fort / limite de commune en vert)

4.3 Evaluation de l'aléa tassement sur dépôt

Le tassement est retenu sur le dépôt T1 avec une intensité **limitée**.

La prédisposition est estimée **peu sensible** pour ce dépôt constitué de matériaux à la granulométrie fine.

Un niveau d'aléa **faible** est donc retenu pour le tassement sur le dépôt T1 (Illustration 40).

L'emprise de l'aléa correspond à l'incertitude de localisation/tracé des dépôts.

Rappelons que si un tassement est envisageable à l'aplomb des tailles exploitées jusqu'à une vingtaine de mètres de profondeur, l'aléa n'est pas cartographié compte tenu de la présence de l'aléa effondrement localisé majorant.

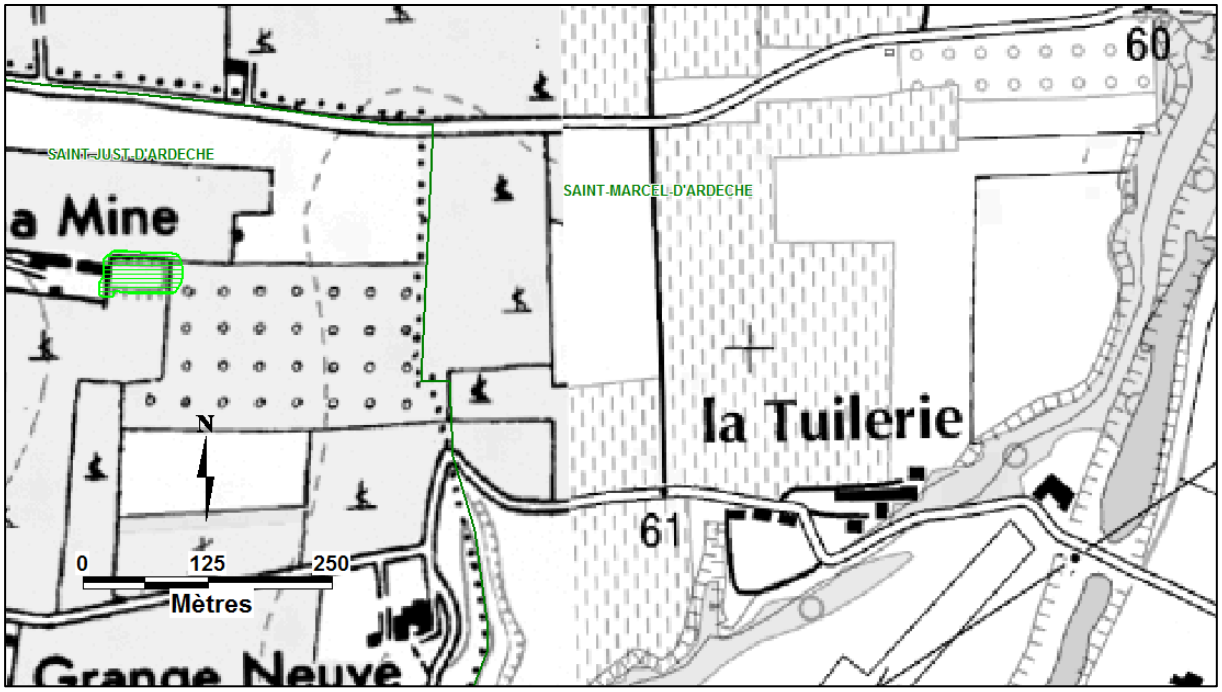


Illustration 40 : Communes de Saint-Marcel-d'Ardèche et Saint-Just-d'Ardèche
Situation de la zone d'aléa tassement sur dépôts de niveau faible
(zone verte / limite de commune en vert)

4.4 Evaluation de l'aléa échauffement sur dépôt

Le dépôts T1 est de dimension limitée et ne contient pas d'élément visible de nature charbonneuse. Ces considérations nous incitent à retenir un niveau d'aléa **faible**, croisement d'une prédisposition **peu sensible** avec une intensité **limitée** (Illustration 41).

On notera que le phénomène est surtout à craindre en cas d'entailles faites sur le dépôt avec mise à jour d'éléments pyriteux, qui, par oxydation au contact de l'air, pourrai engendrer un échauffement. Mais aussi en cas de mise à feu extérieure (feu de broussailles, écobuage etc…).

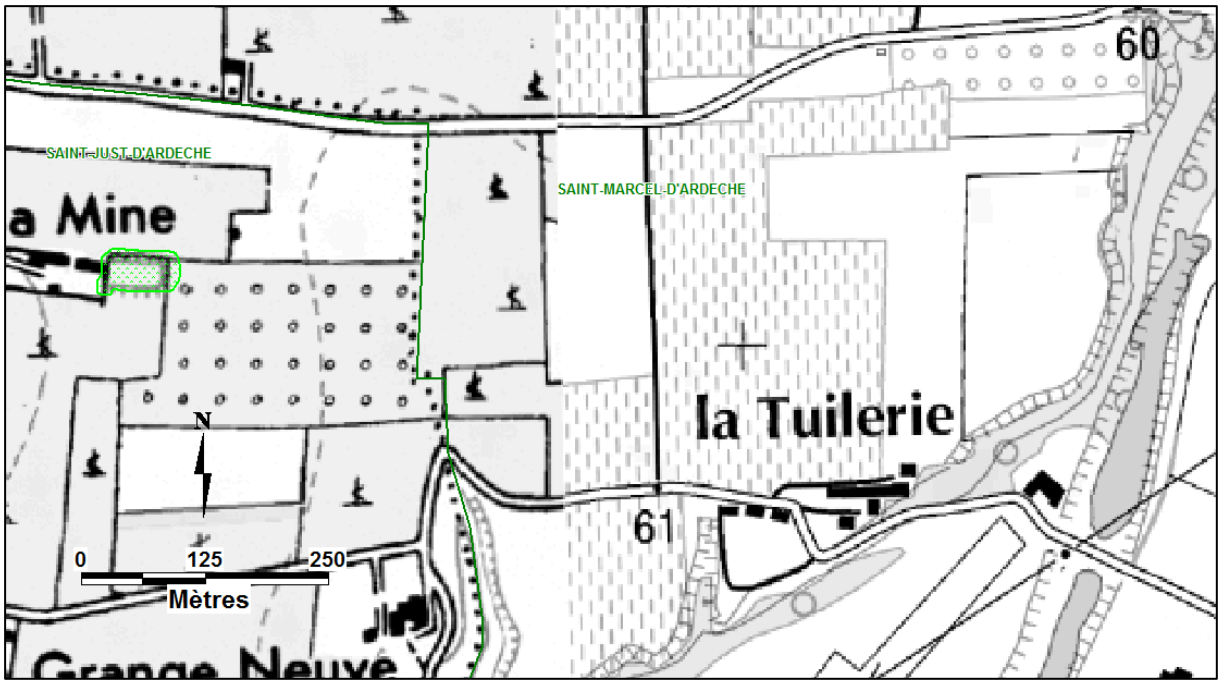


Illustration 41 : Communes de Saint-Marcel-d'Ardèche et Saint-Just-d'Ardèche
Situation de la zone d'aléa échauffement sur dépôts de niveau faible
(zone verte / limite de commune en vert)

4.5 Cartographie des aléas

Les aléas effondrement localisé, tassement et l'échauffement ont été retenus.

L'aléa effondrement localisé a été cartographié au niveau des travaux très peu profonds (jusqu'à 30 m de profondeur pour les galeries et 25 m de profondeur pour les chantiers) et ouvrages débouchant au jour. L'emprise de cet aléa comprend l'emprise des ouvrages (y compris l'incertitude de localisation) et une distance due au cône d'influence en surface des désordres.

Les aléas tassement et échauffement ont été retenus sur le dépôt minier T1.

Les cartes d'aléa sont présentées à l'échelle du 1/2500^{e}.

Les cartes représentent les aléas suivants :

- ✓ effondrement localisé ;
- ✓ tassement sur dépôt;
- ✓ échauffement sur dépôt.

5 CONCLUSION

Le secteur minier du Banc Rouge est constitué d'une unique zone de travaux orientée globalement est-ouest et située à l'est de la lône du Rhône. Le gisement exploité est situé à cheval sur les communes de Saint-Marcel-d'Ardèche et Saint-Just-d'Ardèche.

L'ensemble des travaux souterrains n'est pas répertorié sur les plans miniers. Certains des travaux souterrains ont donc été reconstitués à partir de croquis ou d'écrits. Les plans miniers retrouvés ont été scannés, géoréférencés puis vectorisés.

Une inspection de terrain a été réalisée sur la plupart des ouvrages localisés sur les plans. Cela a permis d'affiner leur positionnement. Les désordres d'origine minière et l'unique dépôt résiduel de surface ont également été identifiés.

Cinquante-et-un ouvrages débouchant au jour ont été inventoriés dont quarante-sept puits et quatre entrées de galerie. Notons que trois puits sont non localisés. Egalement, un dépôt résiduel de surface, treize désordres et une zone de désordre ont été recensés.

Précisons que l'origine minière d'un puits situé à l'extérieur de la zone de travaux, a été écartée.

Les désordres sont des effondrements localisés dont le diamètre maximal est de l'ordre de 3 à 4 m. Ils sont généralement situés sur les travaux miniers souterrains de faible profondeur. Mais certains sont situés en dehors des zones de travaux répertoriés en archives. Ils se présentent sous forme de dépressions coniques peu profondes. L'un des désordres, D2 correspond à une cuvette d'affaissement, qui s'est mise en place à une époque contemporaine à l'exploitation.

Un aléa effondrement localisé a été retenu sur les travaux peu profonds, avec un niveau faible à fort, et sur les puits, avec un niveau faible à fort suivant les caractéristiques des ouvrages. Un aléa effondrement localisé de niveau faible a également été retenu sur les zones potentiellement affectées par des travaux miniers. Les aléas tassement et échauffement sont retenus avec un niveau faible sur le dépôt minier T1.

Une cartographie informative et des aléas mouvement de terrain est présentée par commune, en annexes de cette étude à l'échelle 1/2500^{e}.

Les terrains concernés par les aléas sont peu urbanisés et essentiellement de type agricole. Selon la BD Ortho® de l'IGN, année 2007, seul le bâtiment abritant le puits Hervé Gabrielle (P43) est concerné par un aléa effondrement localisé de niveau faible en lien avec la présence de cet ouvrage.

ANNEXE A

Carte informative

(hors texte)

ANNEXE B

Carte d’aléa

(hors texte)

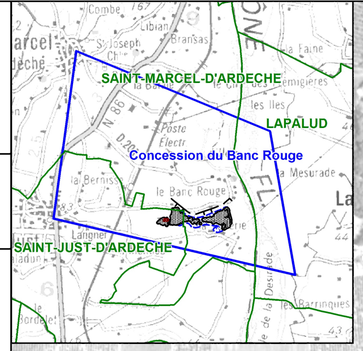
Exploitations minières de lignite sur la concessoin du Banc Rouge (Ardèche)

Evaluation et cartographie des aléas miniers

Communes de Saint-Marcel-d'Ardèche et Saint-Just-d'Ardèche

CARTE INFORMATIVE

Echelle 1/2500e



Limites administratives

- Limite de concession
- Limite de commune

Ouvrages débouchant au jour

- Puits matérialisé
- Puits localisé
- Entrée de galerie localisée

Géologie

- Ligne d'affleurement
- Faille

Désordres

- Désordre matérialisé
- Désordre localisé
- Zone de désordres (contours approximatifs)

Autres informations

- Puits non minier
- Vestige minier
- Voie ferrée
- Dépôt minier

Travaux miniers

- Emprise des travaux miniers avérés
- Zone potentiellement affectée par des travaux miniers
- Tracé de galeries
- Zone dépilée

Remarque : les ouvrages et désordres matérialisés sont ceux qui ont été observés et positionnés sur le terrain, alors que les ouvrages et désordres localisés sont ceux qui n'ont pas été observés sur le terrain et ont été positionnés d'après les archives minières ou témoignages

GEODERIS

GEODERIS S2016/080DE - 16RHA22060

Annexe A

Projection Lambert 93. Méridien de Greenwich

Banc Rouge
SAINT-MARCEL-D'ARDECHE
Maison Pascal
Bascule
Puits de reconnaissance (P44)
Puits n°12 (P35)
Puits n°10 (P32)
Puits n°11 (P34)
Puits n°10bis (P33)
Puits n°9 (P31)
Puits n°7bis (P41)
Puits n°7 (P28)
Puits n°8 (P29)
Puits annexe (P37)
Puits Bacqua (P39)
Puits Saint-Marcel (P36)
Puits de la Cochetière (P38)
Puits Hervé Gabrielle (P43)
La Mine
Voie ferrée
Voie ferrée
Puits n°5 (P26)
Puits n°6 (P27)
Puits Boissin n°2 (P23)
Puits n°4 (P25)
puits Boissin n°3 (P24)
Puits n°2 (P20)
Puits Graffin (P22)
Puits Valette (P21)
Bureaux
Vestiaires
Puits plateau q (P17)
Puits plateau p (P16)
Puits n°1 (P19)
Puits plateau o (P15)
Puits plateau r (P18)
Puits plateau n (P14)
Puits plateau m (P13)
Puits plateau l (P12)
Puits plateau k (P11)
Puits plateau j (P10)
Puits plateau i (P9)
Puits plateau h (P8)
Puits plateau g (P7)
Puits plateau f (P6)
Puits de la Plaine n°3 (P5)
Puits du Magasin (P2)
Magasin
Puits Talus d (P3)
Puits de la Lône n°1 (P1)
Galerie Grande Mine (G1)
Galerie Basse Mine (G2)
Galerie n°2 (G3)
Puits Rouge (P4)
Entrée de la Tuilerie (G4)
D1 D3 D4 D5 D6 D7 D8 D9 D10 D11 D12 D13 D14 P45 P46 P47
SAINT-JUST-D'ARDECHE
Grange Neuve
La Tuilerie Haute
Puits non minier
La Briquetterie (ou Tuilerie Basse)
Lône du Rhone
N
0
125
250
Mètres

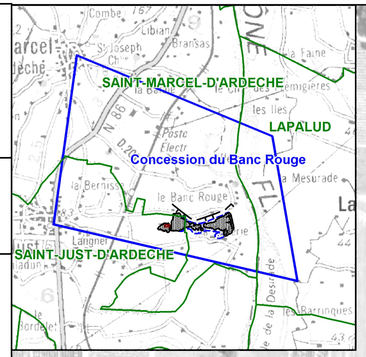
Exploitations minières de lignite sur la concessoin du Banc Rouge (Ardèche)

Evaluation et cartographie des aléas miniers

Communes de Saint-Marcel-d'Ardèche et Saint-Just-d'Ardèche

CARTE DES ALEAS EFFONDREMENT LOCALISE
TASSEMENT SUR DEPOT ET ECHAUFFEMENT SUR DEPOT

Echelle 1/2500e



Limites administratives

- Limite de concession
- Limite de commune

Ouvrages débouchant au jour

- Puits matérialisé
- Puits localisé
- Entrée de galerie localisée

Aléa effondrement localisé

- Niveau faible sur travaux
- Niveau faible sur zone potentiellement affectée par des travaux miniers
- Niveau moyen sur travaux
- Niveau fort sur travaux
- Niveau faible sur puits
- Niveau moyen sur puits
- Niveau fort sur puits

Aléa tassement sur dépôt

- Niveau faible

Aléa échauffement sur dépôt

- Niveau faible

GEODERIS

GEODERIS S2016/080DE - 16RHA22060

Annexe B

Projection Lambert 93, Méridien de Greenwich

A et B

N

0 125 250

Mètres

SAINT-MARCEL-D'ARDECHE

SAINT-JUST-D'ARDECHE

A

B

Annexe 2 : Liste limitative des travaux ou aménagements pouvant être admis en zone d'aléa minier

Zones	Zones non urbanisées bâties	Zones urbanisées	Zones urbanisées
Aléas et niveau / Projets	Aléa effondrement localisé ou tassement de niveau faible (hors zone d'aléa liée aux puits)	Aléa effondrement localisé de niveau faible (hors zone d'aléa liée aux puits)	Aléa tassement de niveau faible
Projets nouveaux autorisés	– la réalisation de clôtures.	– la réalisation de clôtures et terrasses désolidarisées des autres constructions.	– la réalisation de clôtures et terrasses désolidarisées des autres constructions
	– la construction d'annexes de plain-pied, non habitables, disjointes des bâtiments existants (sauf piscines enterrées) dans la limite d'une emprise au sol inférieur à 20 m² et sans étage, tels que les garages et abris de jardin. Les constructions pourront être réalisées en une ou plusieurs fois, et sous réserve de la limite des 20 m².	– la construction d'annexes de plain-pied, non habitables, disjointes des bâtiments existants (sauf piscines enterrées) dans la limite d'une emprise au sol inférieur à 20 m² et sans étage, tels que les garages et abris de jardin. Les constructions pourront être réalisées en une ou plusieurs fois, et sous réserve de la limite des 20 m².	- la construction d'annexes de plain-pied, non habitables, disjointes des bâtiments existants (sauf piscines enterrées) dans la limite d'une emprise au sol inférieur à 20 m² et sans étage, tels que les garages et abris de jardin. Les constructions pourront être réalisées en une ou plusieurs fois, et sous réserve de la limite des 20 m².
	/	– les travaux d'exhaussement, décaissement et remodelage de terrain limités à 1 mètre.	– les travaux d'exhaussement, décaissement et remodelage de terrain limités à 1 mètre.
	/	– la création de zones de stationnement.	– la création de zones de stationnement.
	/	– la création de réseaux si impossible ailleurs, sous réserve qu'ils soient adaptables aux déformations.	– la création de réseaux si impossible ailleurs, sous réserve qu'ils soient adaptables aux déformations.
Projets sur constructions existantes autorisés	– la reconstruction à l'identique d'une annexe non habitable sinistrée, si le sinistre est lié à d'autres causes que le sinistre minier.	– la reconstruction à l'identique d'une annexe non habitable sinistrée, si le sinistre est lié à d'autres causes que le sinistre minier.	– la reconstruction à l'identique d'une annexe non habitable sinistrée, si le sinistre est lié à d'autres causes que le sinistre minier.
	/	– la reconstruction à l'identique d'une habitation sinistrée, si le sinistre est lié à d'autres causes que le sinistre minier.	– la reconstruction à l'identique d'une habitation sinistrée, si le sinistre est lié à d'autres causes que le sinistre minier
	– les travaux d'entretien courant et d'amélioration des bâtiments dans l'emprise au sol existante, tels que ravalement, changement de toiture, changement de fenêtre, création d'ouvertures, fermetures de balcons, mises aux normes, etc.	– les travaux d'entretien courant et d'amélioration des bâtiments dans l'emprise au sol existante, tels que ravalement, changement de toiture, changement de fenêtre, création d'ouvertures, fermetures de balcons, mises aux normes, etc.	– les travaux d'entretien courant et d'amélioration des bâtiments dans l'emprise au sol existante, tels que ravalement, changement de toiture, changement de fenêtre, création d'ouvertures, fermetures de balcons, mises aux normes, etc.
	– les travaux de réhabilitation légère visant à apporter des éléments de confort.	– les travaux de réhabilitation légère visant à apporter des éléments de confort.	– les travaux de réhabilitation légère visant à apporter des éléments de confort.

Projets sur constructions existantes autorisés	– les travaux d'isolation ou de récupération d'énergie, hors géothermie.	– les travaux d'isolation ou de récupération d'énergie, hors géothermie.	– les travaux d'isolation ou de récupération d'énergie, hors géothermie.
	– les travaux ayant pour effet d'augmenter la sécurité des personnes ou des biens.	– les travaux ayant pour effet d'augmenter la sécurité des personnes ou des biens.	– les travaux ayant pour effet d'augmenter la sécurité des personnes ou des biens.
	– l'aménagement des volumes existants (aménagement des combles, ...) sans création de logement supplémentaire.	– l'aménagement des volumes existants (aménagement des combles, ...) sans création de logement supplémentaire.	– l'aménagement des volumes existants (aménagement des combles, ...) sans création de logement supplémentaire.
	– les travaux permettant l'accessibilité aux personnes handicapées sans modification de la structure porteuse ni des fondations.	– les travaux permettant l'accessibilité aux personnes handicapées sans modification de la structure porteuse ni des fondations.	– les travaux permettant l'accessibilité aux personnes handicapées sans modification de la structure porteuse ni des fondations.
	/	– les changements de destination sans accroissement de la vulnérabilité.	– les changements de destination sans accroissement de la vulnérabilité.
	/	– les extensions latérales des bâtiments d'emprise au sol inférieure à 20 m² et sans accroissement de la vulnérabilité.	/
	/	– les rehaussements pour permettre l'aménagement de combles sans création de logements supplémentaires et limités à un seul étage.	– les rehaussements pour permettre l'aménagement de combles sans création de logements supplémentaires et limités à un seul étage.
	– les travaux relatifs au maintien de l'état des infrastructures tels que la rénovation des chaussées ou de la couche de roulement, la pose de barrières de sécurité, la mise aux normes des carrefours, etc.	– les travaux relatifs au maintien de l'état des infrastructures tels que la rénovation des chaussées ou de la couche de roulement, la pose de barrières de sécurité, la mise aux normes des carrefours, etc.	– les travaux relatifs au maintien de l'état des infrastructures tels que la rénovation des chaussées ou de la couche de roulement, la pose de barrières de sécurité, la mise aux normes des carrefours, etc.
	– l'entretien et la mise aux normes des réseaux.	– l'entretien et la mise aux normes des réseaux.	– l'entretien et la mise aux normes des réseaux.