

Site minier de Mandelesse (87)
Commune de Panazol
Synthèse de l'évaluation et de la cartographie des
aléas liés à l'activité minière
Evaluation des risques résiduels

DIFFUSION :

JP. BESNARD – PAMO	2 ex
Géodéris national	1 ex
Géodéris ouest	1 ex

Réf : GEODERIS W2010/010DE – 10LIM3610

Date : 27/01/2010

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	T. DELAUNAY	B. MAZENC	C. VACHETTE
Visa			

Site minier de Mandelesse (87)
Commune de Panazol
Synthèse de l'évaluation et de la cartographie des aléas liés
à l'activité minière
Evaluation des risques résiduels

SOMMAIRE

1.	<i>Introduction.....</i>	3
2.	<i>Synthèse de l'étude des aléas</i>	3
2.1.	<i>Aléas « mouvements de terrain ».....</i>	4
2.2.	<i>Aléas « environnementaux »</i>	5
3.	<i>Enjeux et risques « mouvements de terrain »</i>	5
4.	<i>Risques corporels</i>	8
4.1.	<i>Principe de hiérarchisation du risque corporel.....</i>	8
4.2.	<i>Principes de mises en sécurité.....</i>	8
4.3.	<i>Résultats sur le site minier de Mandelesse</i>	9

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Site minier de Mandelesse sur la commune de Panazol (Haute-Vienne) sur Fond SCAN 25® de l'IGN- (est représentée en mauve l'emprise des travaux miniers)..... 6

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Récapitulatif des aléas « mouvements de terrain » retenus et cartographiés sur le site minier de Mandelesse (cf. [3] et annexe 1)	4
Tableau 2 :	Liste des enjeux retenus en zone d'aléa effondrement localisé sur la commune de Panazol.....	6

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Rapport BRGM/RP-57203-FR, octobre 2009. Mine de Mandelesse, commune de Panazol (Haute-Vienne) – Phase et carte informatives et d'aléas.

1. INTRODUCTION

A la demande de la DRIRE du Limousin, le GIP Géodéris, par l'intermédiaire du Pôle Après-Mine Ouest, a inclus dans son programme de travail, accepté par le B3S, la réalisation des phases informatives et d'évaluation des aléas sur le site minier de Mandelesse (fiche n° LIM 2.2. du programme 2009).

Ce site avait été retenu en Priorité 2 à l'issue de l'étude IRM « mouvements de terrain » (cf. [1]¹).

L'étude a été confiée au BRGM qui a procédé aux différentes campagnes d'investigations sur le terrain puis à l'évaluation des aléas, sous le pilotage de Géodéris.

Le présent rapport synthétise les différentes conclusions sur l'évaluation des aléas et la cartographie de l'aléa « mouvements de terrain ». Il présente également la liste des enjeux situés en zone d'aléa « effondrement localisé » ainsi qu'une analyse de risques corporels accompagnée, le cas échéant, de mesures de prévention ou de protection qu'il conviendrait de mettre en oeuvre.

2. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DES ALÉAS

Les différentes investigations ont été réalisées dans le cadre méthodologique retenu pour les études des anciens sites miniers, conformément à la loi n° 99-245 du 30 mars 1999. Le déroulement de l'étude des aléas s'appuie donc sur la démarche établie dans le guide méthodologique d'élaboration des plans de prévention des risques miniers (cf. [2]). Il est rappelé que la réalisation d'une étude des aléas comprend généralement 2 phases successives, qui se traduisent chacune par un ou plusieurs documents cartographiques :

- une phase informative,
- une phase d'évaluation des aléas.

Au niveau administratif, la mine de tungstène de Mandelesse est un site minier « hors-titre », M. Mouchet ayant retiré sa demande de concession le 31 janvier 1924 qu'il avait préalablement déposée le 23 mars 1918.

L'étude de ce site minier a été menée en 2009 et a conduit à la production d'un rapport (cf. [3]) qui constitue l'annexe 1 du présent document. Les conclusions sur les aléas retenus et cartographiés sont partagées par Géodéris.

D'une manière synthétique, les travaux entrepris sur ce site minier sont restés au stade de recherches entreprises entre 1916 et 1918 : creusement de tranchées, fonçage d'un puits, d'une cheminée d'aérage et exploitation artisanale par traçage de deux galeries (niveau 15 et 30) sur un développé horizontal orienté nord-sud d'environ 300 m. Il existait néanmoins un doute sur une éventuelle reprise d'exploitation par les Allemands pendant la seconde guerre mondiale, hypothèse finalement écartée après l'enquête informative (cf. § 3.3.1. annexe 1).

¹ Références en fin de document, chapitre bibliographie.

2.1. ALÉAS « MOUVEMENTS DE TERRAIN »

L'exploitation et l'expertise des documents d'archives, couplées aux observations et à l'enquête sur site, ont conduit à retenir sur le site minier de Mandelèsse deux types d'aléas « mouvements de terrain » : **l'effondrement localisé et le tassement sur travaux peu profonds**. Les niveaux affichés sont de **faible à moyen** (cf. tableau 1).

ALEA	Type de travaux	Configuration	Localisation	Prédisposition	Intensité	Niveau d'aléa
EFFONDREMENT LOCALISE	Galerie isolée	Niveau 15	Portion nord	Sensible	Limitée	MOYEN
			Portion Sud	Peu sensible	Limitée	FAIBLE
			Carrefour de galerie	Sensible	Limitée	MOYEN
	Puits	Puits Principal		Peu sensible	Modérée	MOYEN
		Cheminée d'aérage		Sensible	Limitée	MOYEN
TASSEMENT	Travaux souterrains	Réseau de galeries niveaux 15 et 30		Peu sensible	Limitée	FAIBLE

Tableau 1 : Récapitulatif des aléas « mouvements de terrain » retenus et cartographiés sur le site minier de Mandelèsse (cf. [3] et annexe 1)

Outre les puits, le phénomène retenu en aléa « effondrement localisé » est expliqué par la présence de galeries à faible profondeur (estimée à 11 m sur la portion nord du niveau 15). A cette profondeur et compte-tenu de l'altération importante (« faible » résistance) des terrains de recouvrement (cf. § 5.1.1. annexe 1), la rupture du toit de ces galeries superficielles générerait la remontée d'une cloche de fontis atteignant la surface sans pour autant que le phénomène d'auto-comblement soit possible. Néanmoins, les niveaux d'aléa retenus tiennent compte du fait que ces galeries présentent des volumes de vides résiduels restreints (galerie de recherche de dimension réduite), limitant ainsi l'intensité prévisible en surface.

Il faut également ajouter qu'aucun évènement n'a été recensé depuis la fermeture de la mine (à l'exception du débouillage du puits principal en 1996) alors que ce site a subi, depuis et encore très récemment, d'importants travaux d'urbanisation.

La cartographie des aléas (cf. [3] et annexe 1) a tenu compte d'une **marge de sécurité** qui comprend :

- **une marge d'incertitude** sur la position réelle des travaux miniers prise entre **2 et 5 m** qui dépend essentiellement de la précision de localisation des ouvrages débouchant au jour et du calage fond/jour des plans d'exploitation ;
- **une marge dite d'influence** correspondant à l'emprise en surface pouvant être affectée par :
 - le phénomène d'effondrement localisé dont la largeur est prise égale à **5 m** correspondant à l'estimation de la profondeur maximale d'un effondrement, bien que l'épaisseur réelle estimée des terrains altérés de surface soit de l'ordre de 15 m (cf. § 5.1.3. annexe 1) ;
 - le phénomène de tassement sur travaux souterrains dont la largeur a été limitée à celle des galeries.

2.2. ALÉAS « ENVIRONNEMENTAUX »

En ce qui concerne les aléas environnementaux (inondation, échauffement et gaz de mine), la configuration et les données acquises sur le site minier de Mandelasse ne prédisposent pas à retenir ces aléas comme pertinents.

Pour ce qui concerne l'aléa « pollution des eaux et des sols », l'exploitation de minerai de tungstène peut potentiellement prédisposer à générer un aléa. Néanmoins, et de par les très faibles volumes extraits et l'absence de dépôts (haldes nivelées puis recouvertes de terre végétale et engazonnées), l'aléa pollution des sols est considéré comme négligeable à nul.

Néanmoins, la présence de concentrations non négligeables (cf. fig. 11, annexe 1, points 2 et 3) en arsenic sur 2 échantillons ($[C] \sim 2 \text{ g/kg}$) doit être portée à la connaissance du propriétaire afin qu'en cas de changement d'usage du terrain (actuellement pelouse et bosquet d'arbres), il en soit tenu compte. Par exemple il conviendrait d'éviter d'installer à cet endroit un potager.

De même, compte-tenu de l'absence d'aquifère développé et de puits captant les eaux souterraines, on peut considérer l'aléa pollution des eaux comme négligeable à nul.

3. ENJEUX ET RISQUES « MOUVEMENTS DE TERRAIN »

Seule la commune de Panazol est concernée par le site minier de Mandelasse (cf. figure 1). L'examen de la carte d'aléa (sur fond BD ORTHO® de l'IGN – prises de vue 2006 – cf. [3] et annexe 1) permet de constater qu'à l'échelle de cette commune l'emprise des zones d'aléa retenues est relativement de faible superficie.

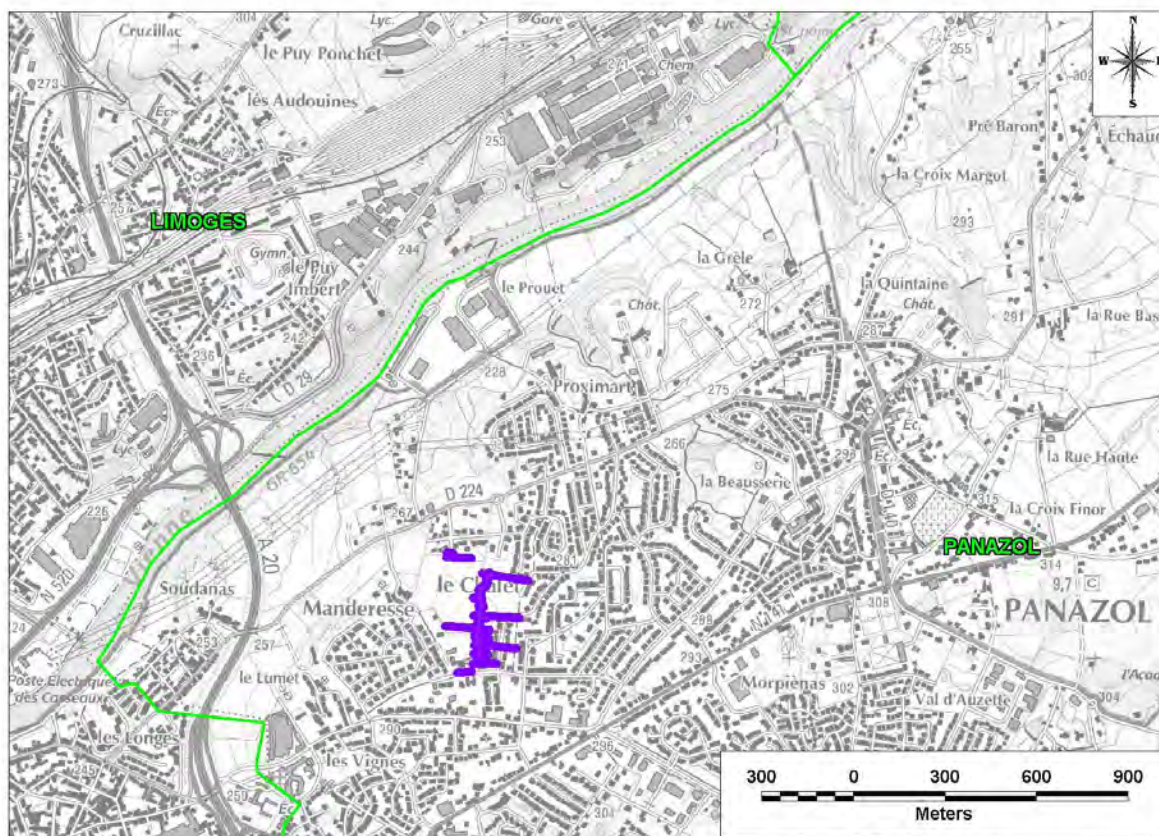


Figure 1 : Site minier de Mandelèsse sur la commune de Panazol (Haute-Vienne) sur fond SCAN 25® de l'IGN (est représentée en mauve l'emprise des travaux miniers)

Une **zone à risque** « mouvements de terrain » est définie comme la partie de la zone d'aléa dans laquelle se trouvent des enjeux de surface (habitation, infrastructure, bâtiment recevant du public, etc.). Parmi les aléas « mouvements de terrain » retenus, celui qui apparaît le plus préoccupant est l'« effondrement localisé » ou fontis. En effet, ce phénomène peut constituer un risque pour la sécurité publique, dans la mesure où il peut présenter une intensité dommageable et qu'il peut se produire à court ou moyen terme, sans qu'il soit possible d'en évaluer la probabilité d'occurrence. Pour cette raison, nous proposons de lister les enjeux spécifiquement situés en aléa « effondrement localisé » (cf. tableau 2) :

Rue	Enjeux	Type d'exploitation	Niveau d'aléa
Auguste Rodine	1 habitation + voirie	Puits Principal	Moyen
		Carrefour de galerie	Moyen
		Portion Sud niveau 15	Faible
Impasse depuis rue Camille	1 habitation + bâtiments	Carrefour de galerie + Portion Nord niveau 15	Moyen

Tableau 2 : Liste des enjeux retenus en zone d'aléa effondrement localisé sur la commune de Panazol



*Photo 1 : Maison d'habitation
située rue Auguste Rodine
concernée par l'aléa
« effondrement localisé » de
niveau moyen*



*Photo 2 : Maison d'habitation située impasse depuis la rue Camille concernée par l'aléa
« effondrement localisé » de niveau faible à moyen ainsi que par les ouvrages
débochant au jour*

Pour affiner cette analyse, une réflexion sur la méthode de hiérarchisation des risques de mouvements de terrains liés au phénomène d'effondrement localisé est engagée. Elle s'attache en particulier à réaliser une expertise sur le bâti pouvant être affecté par ce type de phénomène. Si les conclusions de cette réflexion venaient à classer certains secteurs d'enjeux en zones de risques, et en particulier de niveau fort, d'éventuelles investigations complémentaires pourraient alors être envisagées.

4. RISQUES CORPORELS

4.1. PRINCIPE DE HIÉRARCHISATION DU RISQUE CORPOREL

Un **risque corporel** est retenu dès lors qu'un ouvrage minier débouchant au jour (ODJ de type puits ou galerie) est pénétrable (ouvert) ou que sa mise en sécurité connue est très incertaine (platelage en bois, etc.). Il en est de même pour un ouvrage minier à forte déclivité (front de mine, pentes de terrils abruptes,...). De tels ouvrages sont alors susceptibles de nuire à la sécurité des personnes.

La hiérarchisation des risques corporels se concentre sur les risques de blessures graves ou de mort liés à un accident subi à l'intérieur d'un édifice minier. L'évaluation des risques prend également en compte la possibilité de présence de "gaz de mine" (en particulier en sortie d'ouvrage).

L'évaluation du niveau de risque corporel dépend du type d'ouvrage minier, de son accessibilité, de sa visibilité, de son attractivité et de la fréquentation ou densité de personnes susceptibles de s'y trouver à proximité. A titre d'exemple, un ouvrage ouvert peut être visible (au milieu d'un champ ou d'un pré) mais inaccessible sans moyen particulier (entouré de ronces). Au contraire, un ouvrage ouvert peut être peu visible (en forêt) mais très accessible (si la végétation est peu dense). De même, un ouvrage ou un site ayant une attractivité ou un intérêt particulier reconnus même localement (dépôts de déchets par exemple) est retenu comme présentant un risque plus important, les personnes intéressées étant parfois prêtes à utiliser des moyens nécessaires pour rendre ce type d'ouvrage ou de site accessible.

4.2. PRINCIPES DE MISES EN SÉCURITÉ

D'une manière générale pour les ouvrages débouchant au jour, deux types de mise en sécurité peuvent être envisagés :

- le premier, dit passif, permet de se prémunir du seul risque corporel par l'instauration de périmètres de sécurité destinés à empêcher l'accès de l'ouvrage aux personnes ;
- le second, dit actif, consiste à réaliser des travaux pérennes à moyen ou long terme au sein de l'ouvrage permettant de le rendre non dangereux.

Le principal objectif est la hiérarchisation du risque corporel et la proposition de mises en sécurité adaptées à ce risque. Néanmoins, une attention particulière sur le mode de mise en sécurité doit également être apportée dès lors que l'ouvrage minier présente également un risque de « mouvements de terrain » (enjeu présent dans l'emprise de l'ouvrage) et/ou qu'il se situe dans des conditions environnementales particulières (eau, déchets, chiroptères).

Pour réduire le niveau du seul risque corporel que présenterait un ouvrage ouvert, sa mise en sécurité passive peut apparaître suffisante pour un niveau de risque jugé faible. Elle consisterait en la pose d'un grillage solide à bonne distance de l'ouvrage. Ce type de mise en sécurité présente néanmoins l'inconvénient de son entretien sur le long terme.

Cependant et outre l'éventualité d'un risque avéré de « mouvements de terrain », il peut être recommandé la réalisation d'une mise en sécurité active d'un ouvrage dans certaines situations d'accessibilité, de visibilité, de fréquentation ou encore d'intérêt particulier.

Du niveau de risque et des possibilités techniques dépendra également le choix de la pérennité d'une mise en sécurité active. En effet, des travaux de mise en sécurité pérenne à long terme d'un ouvrage sont importants et lourds (bouchon, serrement, dalle surdimensionnée, etc.) et leur réussite ne peut être assurée à des coûts raisonnables que dans des conditions optimales qui nécessitent généralement des reconnaissances préalables sans garantie de résultat (qualité et profondeur des terrains encaissants, qualité des parements de l'ouvrage, etc., le tout compliqué par l'éventuelle présence d'eau dans l'ouvrage). Dans le cas d'une évaluation d'un important mais seul risque corporel, une mise en sécurité non pérenne (n'empêchant pas à long terme le mouvement de terrain) mais moins lourde, peut s'avérer plus adaptée (remblayage pour un puits, grille ou porte pour une galerie).

4.3. RÉSULTATS SUR LE SITE MINIER DE MANDELESSE

L'étude des aléas sur le site minier de Mandelasse a permis de recenser 2 ouvrages débouchant au jour (un puits et une cheminée d'aérage). Les différentes visites réalisées en 2009 ont permis de vérifier l'état et l'environnement (visibilité, accessibilité, fréquentation) à proximité de ces ouvrages afin d'en évaluer le risque corporel et aboutir, le cas échéant, à des propositions de mesures de prévention ou de protection, dans l'optique de constituer un outil d'aide au choix des dispositions qui peuvent être prises.

A ce jour, les deux ouvrages de la mine de Mandelasse sont fermés et situés dans une propriété privée de telle sorte qu'en l'état **le risque corporel lié à ces ouvrages peut être évalué à très faible**. Cependant, les données et observations acquises sur ces ouvrages ont permis de constater que **leur mise en sécurité est très incertaine**.

En effet, le puits principal a été le siège d'un débouillage de plusieurs mètres de profondeur en 1996. Remblayé artisanalement, il subit toujours un tassement résiduel annuel. Le propriétaire a bien délimité son emplacement et demeure vigilant sur son évolution. Dans cette même propriété figure la cheminée d'aérage (localisation estimée à 5 m près après calage du plan minier). Aucune donnée sur sa mise en sécurité n'a été retrouvée. Néanmoins, l'expérience du puits principal laisse à penser qu'elle n'est fermée que de manière sommaire (remblayage superficiel ?). Bien que de section plus réduite que le puits principal (cf. § 3.4.2.a annexe 1), cette cheminée est inclinée de 45° (vers le sud) et présente ainsi une prédisposition à la rupture (de sa tête) plus importante (d'autant plus que la qualité du recouvrement apparaît peu résistant). Elle pourrait donc présenter à relativement court terme des risques.

Pour ces raisons, nous recommandons d'attirer l'attention du propriétaire sur la présence de cette cheminée. Si le choix se portait sur une suppression du risque corporel (et mouvement de terrain), sa mise en sécurité de manière plus pérenne pourrait alors être envisagée.

Dans la mesure où les galeries sont ennoyées (au moins le niveau 30), si l'option de comblement de la cheminée était à terme envisagée, il s'avèrera nécessaire d'utiliser des matériaux neutres afin de se prémunir de toute pollution ultérieure des eaux présentes dans les ouvrages.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Rapport GEODERIS N2007/012DE-07NAT2100 du 14 mai 2007. Région Limousin : identification rapide des zones de risques miniers liés à l'instabilité des terrains – Rapport de synthèse.
- [2] Rapport INERIS DRS-06-51198/R01 du 4 mai 2006. L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers – Guide Méthodologique – Volet relatif à l'évaluation de l'aléa – Les risques de mouvements de terrain, d'inondations et d'émissions de gaz de mine.
- [3] Rapport BRGM/RP-57203-FR, octobre 2009. Mine de Mandelesse, commune de Panazol (Haute-Vienne) – Phase et carte informatives et d'aléas.

ANNEXE 1

Rapport BRGM/RP-57203-FR, octobre 2009

*Mine de Mandellesse, commune de Panazol (Haute-Vienne)
Phase et carte informatives et d'aléas.*

Document à accès réservé



Mine de Mandelesse, commune de Panazol (Haute-Vienne)

Phases et cartes informatives et d'aléas

Rapport final

BRGM/RP-57203-FR

octobre 2009



GEODERIS



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès réservé

Mine de Mandelesse, commune de Panazol (Haute-Vienne)

Phases et cartes informatives et d'aléas

Rapport final

BRGM/RP-57203-FR

octobre 2009

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 09-DEP-D05

S. Grégoire, C. Joannes, A. Nachbaur

Vérificateur :

Nom : M. Saunier

Date : 10/09

Signature :

Approbateur :

Nom : D. Artignan

Date : 12/11/09

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

GEODERIS



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Avertissement

*Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur : **GIP GEODERIS**, en 5 exemplaires conformément au cahier des charges.*

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait, et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Mots clés : Mandelesse, Panazol, Haute-Vienne, Tungstène, Wolfram, GEODERIS, Aléa, Après-mine, Mouvements de terrain.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Gregoire S., Joannes C., Nachbaur A. (2009) – Mine de Mandelesse, commune de Panazol (Haute-Vienne). Phases et cartes informatives et d'aléas. Rapport final. BRGM/RP-57203-FR. 79 p., 15 fig., 5 tabl., 8 ann., 3 pl. h.t.

Synthèse

La mine de Mandelesse sur la commune de Panazol (Haute-Vienne) a été principalement explorée de 1916 à 1919 pour la recherche de tungstène. Cette mine est un site minier hors titre. Ce site minier comprend deux galeries, l'une à 15 m de profondeur et l'autre à 33 m. L'ensemble de ces niveaux cumule 350 m de galerie.

À l'heure actuelle, aucun désordre n'a été recensé, toutefois la récente augmentation de la densité urbaine¹ proche de l'emprise des travaux miniers du site doit être prise en compte. En effet, Panazol est une ville périphérique de Limoges en plein essor démographique.

Sur ce site minier, retenu en priorité 2 pour la région Limousin lors des opérations scanning menées entre 2005 et 2008, le BRGM a été sollicité par GEODERIS pour étudier les aléas miniers, suivant les trois phases principales :

- la phase informative et sa cartographie ;
- l'évaluation des aléas ;
- la cartographie des aléas.

Un plan minier a été géoréférencé avec une incertitude globale maximum évaluée à 5 m. Les travaux souterrains ainsi que les ouvrages débouchant au jour ont été recensés et reportés sur une carte informative présentée en annexe 4. Une carte des isopaques de recouvrement des niveaux est également présentée en annexe 5.

Dans l'état actuel des connaissances, deux types d'aléa (« effondrement localisé » et « tassement ») ont été retenus sur ce site minier. Le niveau le plus élevé (estimé à « moyen ») est attribué à l'aplomb de la portion nord du niveau 15 creusé dans les schistes les plus tendres et dont la profondeur atteint 11 m à l'extrémité. Il a également été attribué au carrefour de galerie de ce niveau, où la portée du toit et le volume disponible pour le terrain effondré sont maximaux. Quant à l'aléa « tassement », il est retenu à l'aplomb du réseau de galerie de recherche (niveau 15 et niveau 30).

Retenons cependant l'absence d'événements recensés en surface. Deux maisons individuelles sont concernées par l'emprise de zones d'aléas de niveau moyen.

¹ Construction d'un lotissement en 2006-2007 et projet d'un nouveau lotissement.

Sommaire

1. Introduction	9
2. Documents consultés et travaux réalisés	11
2.1. DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE	11
3. Données informatives	13
3.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIVE DE LA MINE	13
3.2. CONTEXTE GÉNÉRAL DU GISEMENT	14
3.2.1. Topographie	14
3.2.2. Géologie et structure	14
3.2.3. Hydrogéologie	17
3.3. DESCRIPTION DE L'EXPLORATION MINIÈRE	19
3.3.1. Historique	19
3.3.2. Description du gisement	19
3.3.3. Méthode d'exploitation (recherches)	20
3.3.4. Production	20
3.4. DONNÉES INFORMATIVES	23
3.4.1. Plans miniers	23
3.4.2. Les ouvrages miniers et les verses	24
3.4.3. Désordres	29
3.4.4. Analyses chimiques	29
3.5. CARTE INFORMATIVE	30
3.5.1. Géoréférencement et vectorisation des plans miniers	30
3.5.2. Précision des reports cartographiques	34
3.5.3. Calcul et cartographie des épaisseurs du recouvrement des travaux souterrains	34
3.5.4. Présentation de la carte informative	34
4. Identification des aléas « mouvements de terrain » retenus sur la mine de Mandelesse	37
4.1. LE PHÉNOMÈNE D'EFFONDREMENT LOCALISÉ	37
4.1.1. Description du phénomène	37

4.1.2. Cavités à l'origine des effondrements localisés	38
4.1.3. Aléa retenu sur la mine de Mandelèsse	39
4.2. L'EFFONDREMENT GÉNÉRALISÉ	39
4.2.1. Description du phénomène	39
4.2.2. Aléa non retenu sur la mine de Mandelèsse	39
4.3. LE PHÉNOMÈNE D'AFFAISSEMENT	40
4.3.1. Description du phénomène	40
4.3.2. Aléa affaissement non retenu sur la mine de Mandelèsse	40
4.4. LE PHÉNOMÈNE DE TASSEMENT	40
4.4.1. Description du phénomène	40
4.4.2. Aléa retenu sur la mine de Mandelèsse	40
4.5. LE PHÉNOMÈNE D'INSTABILITÉ DE PENTE	41
4.5.1. Description du phénomène	41
4.5.2. Aléa non retenu sur la mine de Mandelèsse	41
5. Évaluation des aléas « mouvements de terrain »	43
5.1. ALÉA EFFONDREMENT LOCALISÉ LIÉ AUX PUIITS	43
5.1.1. Zone d'altération superficielle	43
5.1.2. Aléa effondrement localisé liés aux puits	43
5.1.3. Aléa effondrement localisé lié aux galeries	44
5.2. ALÉA TASSEMENT	47
5.3. RÉCAPITULATIFS DES ALÉAS RETENUS SUR LA MINE DE MANDALESSE	48
5.4. PRÉSENTATION DE LA CARTE D'ALÉA	48
6. Conclusions	49
7. Bibliographie	51

Liste des illustrations

Figure 1 :	Carte de localisation de la mine de Mandelèsse, commune de Panazol.....	13
Figure 2 :	Carte géologique de Panazol (extrait de la carte géologique de Limoges au 1/50 000).....	15
Figure 3 :	Extrait de la légende de la carte géologique de Limoges au 1/50 000.	16
Figure 4 :	Plan de 1916 indiquant la localisation des sources et puits.....	18
Figure 5 :	Plan des travaux miniers de la mine de Mandelèsse au 1/1 000.....	22
Figure 6 :	Plan des travaux miniers de la mine de Mandelèsse au 1/500 et diagramme des épaisseurs de quartz reconnus au 1/100.	23
Figure 7 :	Photo de localisation du puits de la mine à proximité du garage de M. CECCO.....	26
Figure 8 :	Photo de localisation du puits de la mine de Mandelèsse.	27
Figure 9 :	Photo de la localisation supposée de la cheminée d'aérage.	27
Figure 10 :	Photo de la localisation supposée de la cheminée d'aérage.	28
Figure 11 :	Localisation des échantillons.....	30
Figure 12 :	Éléments de calage par le géoréférencement du plan minier.....	31
Figure 13 :	Carte comparative des localisations des ouvrages.....	33
Figure 14 :	Schéma de principe d'évolution d'un effondrement localisé (d'après Évaluation des Aléas liés aux Cavités Souterraines – LCPC, 2002).....	37
Figure 15 :	Extrait de la carte aléa effondrement localisé (ann. 6).....	47

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Sources consultées.	12
Tableau 2 :	Travaux de terrain réalisés.....	12
Tableau 3 :	Volume de minerai extrait.....	21
Tableau 4 :	Listes des travaux miniers de la mine de Mandelèsse.....	25
Tableau 5 :	Récapitulatif des aléas retenus sur la mine de Mandelèsse.....	48

Liste des annexes

Annexe 1 : Liste des documents consultés aux archives nationales de Paris, de Fontainebleau (a), aux archives départementales de la Haute-Vienne et extrait de l'ouvrage de M. Villejoubert (b)	53
Annexe 2 : Extraits du plan interne du lotissement « Auguste Rodin » (commune de Panazol)	59
Annexe 3 : Plan des travaux superficiels de recherche de la mine de Mandellesse	65
Annexe 4 : Résultats d'analyse des prélèvements de sol	69
Annexe 5 : Coupes transversales de la galerie de niveau, extrait du rapport du 26 mai 1919	73
Annexe 6 : Carte informative au 1/1 000 de la mine de Mandellesse, commune de Panazol (Haute-Vienne)	77
Annexe 7 : Carte des isopaques au 1/1 000 de la mine de Mandellesse, commune de Panazol (Haute-Vienne)	79
Annexe 8 : Carte de l'aléa « effondrement localisé » et aléa « tassement » au 1/1 000 de la mine de Mandellesse, commune de Panazol (Haute-Vienne)	81

1. Introduction

Suite à un premier examen en 2006, lors de l'opération « Scanning des titres miniers » de la région Limousin (rapport INERIS DRS-06-66305/R21), le site de Panazol a été retenu pour examen en priorité P2. L'emprise des travaux miniers correspondait alors à une zone en construction. Depuis ce rapport, une zone pavillonnaire a été construite à proximité immédiate (< 50 m) des travaux miniers.

La DRIRE du Limousin a confié au GIP-GEODERIS l'évaluation des aléas miniers dans ce secteur. Le BRGM a été sollicité par GEODERIS pour la réalisation de ces travaux incluant une phase informative et une phase d'évaluation des aléas. Ce rapport présente donc un état actualisé des connaissances minières sur la mine de tungstène de Panazol.

2. Documents consultés et travaux réalisés

2.1. DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

Cette étude a débuté par une phase de collecte d'informations orientée principalement sur la recherche des plans miniers et celle de documents relatifs à la période 1941-1944, ainsi que toutes données concernant l'exploitation minière de tungstène sur la mine de Panazol.

Pour ce faire, nous avons commencé par consulter les différents centres d'archives où nous étions susceptibles de trouver de l'information (tableau 1).

Au centre des archives nationales de Paris et aux archives départementales de la Haute-Vienne, des plans miniers et diverses coupes de travaux de recherches joints à des rapports d'ingénieurs des mines datant de 1918 et quelques documents administratifs ont été retrouvés (annexe 1a).

Les archives de la DRIRE et du SGR de Limoges ont été consultées, de même que le Centre de documentation du BRGM, mais peu d'informations en sont issues.

Les recherches aux Archives contemporaines de Fontainebleau, celles du travail à Roubaix, les Annales des mines et le site InfoTerre^{TM2} ne nous ont pas permis de trouver de documents utiles.

Durant ces recherches en archives, aucune information relative à la période 1941-1944 n'a été trouvée. Les plans miniers retrouvés ont été photographiés par un professionnel pour un usage ultérieur.

En parallèle de la recherche d'archives, nous avons consulté les sources internet et les personnes susceptibles d'avoir des informations concernant le site de Mandelèsse, des travaux de terrain ont aussi été effectués (tableau 2).

La mairie de Panazol a été contactée pour avoir accès aux informations relatives au site de la mine et prendre connaissance d'éventuels désordres. Un plan interne du lotissement « Auguste Rodin » localisant une partie des galeries a été consulté auprès des services techniques de la mairie (annexe 2).

Via le site internet de l'Institut d'Histoire du Temps Présent³, nous avons pu avoir accès à des rapports allemands couvrant la période de 1940 à 1944. Un entretien avec Monsieur Delage, ancien maire de Panazol et Monsieur Villejoubert, co-auteur d'un

² <http://infoterre.brgm.fr/>

³ http://www.ihp.cnrs.fr/prefets/de/d010344mbf.html#_ftn117

ouvrage⁴ sur la commune de Panazol, nous a permis d'apprendre que les travaux miniers réalisés entre 1941 et 1944 n'ont consisté qu'à la réouverture du puits de la mine (cf. § 3.3.1.).

Une visite de terrain a permis une localisation du puits de la mine et le prélèvement de six échantillons de sol en vue de l'identification d'une éventuelle pollution, l'absence d'émergence ne nous a pas permis d'effectuer des prélèvements d'eau.

Tous ces travaux ont été réalisés en concertation avec GEODERIS.

Sources	Période
Archives Nationales de Paris	Janvier 2009
Archives Contemporaines de Fontainebleau	Février 2009
Archives du travail de Roubaix	Février 2009
Archives départementales de la Haute-Vienne	Février – Mars 2009
Archives de la DRIRE du Limousin	Janvier 2009
Centre de documentation du BRGM	Janvier 2009
Archives du SGR de Limoges	Janvier 2009
Services techniques de la mairie de Panazol	Mars 2009
Internet	Mars 2009
Annales des Mines	Février 2009

Tableau 1 : Sources consultées.

Travaux de terrain	Période
Visite de terrain	Février 2009
Visite service technique	Mars 2009

Tableau 2 : Travaux de terrain réalisés.

⁴ Panazol, un village de la Révolution au XX^e siècle, M. Lestrade et D. Villejoubert. Mairie de Panazol (2007) l'ouvrage est actuellement en attente de réédition (annexe 1b).

3. Données informatives

3.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIVE DE LA MINE

L'étude porte sur la commune de Panazol située près du hameau de Mandelesse (ou Montdelesse ou Manderesse) dans le département de la Haute-Vienne, région du Limousin. Cette mine est fréquemment baptisée « mine de Mandelesse » dans les sources consultées. Elle est placée sur la rive gauche de la Vienne à environ 2 km à l'est de Limoges (Figure 1).

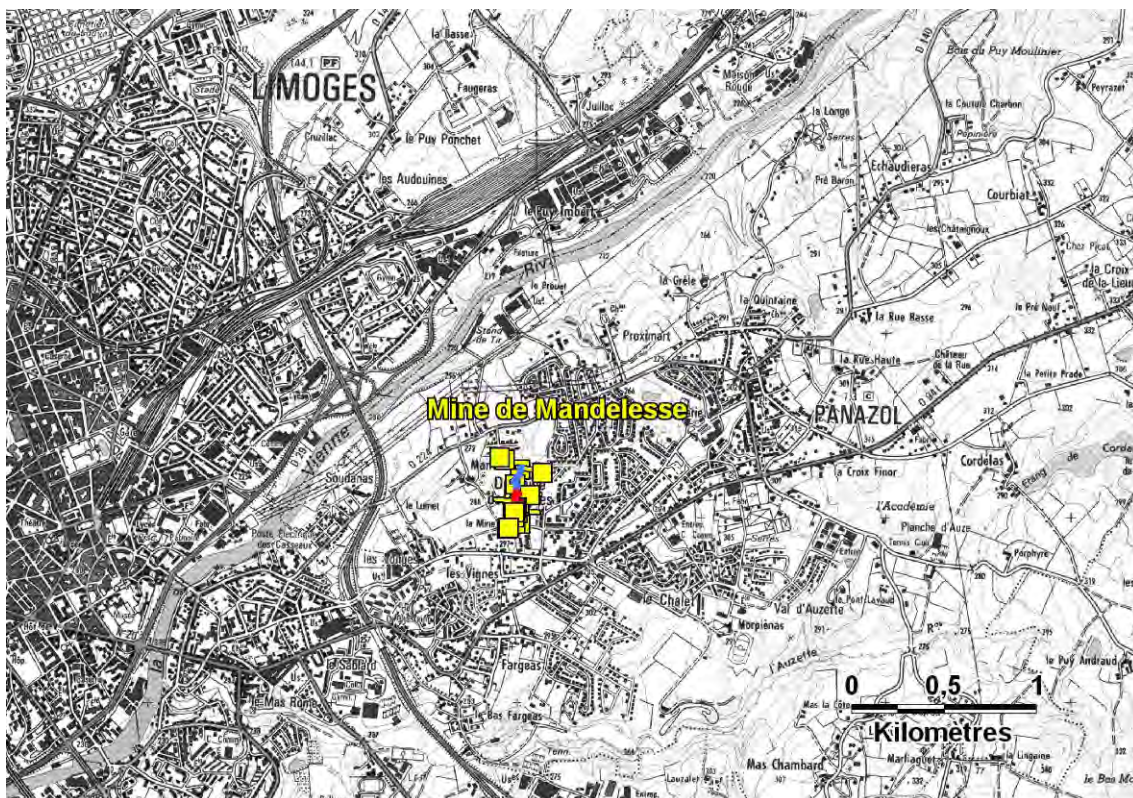


Figure 1 : Carte de localisation de la mine de Mandelesse, commune de Panazol.

Les travaux miniers se localisent autour d'un unique puits, situé à environ 300 m au sud-est du hameau de Mandelesse.

Au niveau administratif, la mine de Mandelesse est un site minier « hors-titre ».

Les premiers travaux de recherches sont déclarés le 20 septembre 1916 par M. Mouchet et se poursuivent jusqu'au 26 décembre 1918.

Le 23 mars 1918, une demande de concession portant sur une superficie de 433 ha est déposée par M. Mouchet pour le compte de la société « Le tungstène », ex-SERMAC. Le 26 mai 1919, le gisement de Mandelesse est considéré comme concessible et une surface de 338 ha est proposée.

Le dossier de demande de concession est classé sans suite, après le courrier de M. Mouchet du 31 janvier 1924 retirant sa demande de concession.

3.2. CONTEXTE GÉNÉRAL DU GISEMENT

3.2.1. Topographie

La zone étudiée, sur la rive gauche de la Vienne, est située sur une faible pente d'environ 2° vers le N-NW.

On note aussi, au niveau des travaux souterrains les plus au nord, la présence d'un petit talweg dont la pente devient de plus en plus forte vers le nord, de l'ordre de 4 à 5° (mesure rapide au clinomètre de boussole universelle Chaix) se confondant avec l'avenue Camille COROT.

3.2.2. Géologie et structure

Le périmètre de la mine de Mandelesse est encaissé dans les migmatites résultant d'une anatexie plus ou moins intense des gneiss plagioclasiques caractéristiques du complexe de Limoges. Au sein de ces migmatites, quelques signes structuraux donnent une foliation N 90° avec pendage de 10° vers le sud (Figures 2, 3).

La carte géologique au 1/50 000 de Limoges signale de nombreux dykes de microgranite porphyrique orientés N 45° situé entre 1,5 et 3,5 km à l'est de la mine.

En surface de la mine de Mandelesse, les roches sont altérées et désagrégées sur une épaisseur variable de terrain meuble. Ainsi, lors des travaux de fonçage du puits principal en 1917, il est apparu que les 13 premiers mètres de terrain de couverture sont constitués d'une roche incohérente, de teinte ocre, provenant de la désagrégation du gneiss. Ensuite, les gneiss sont de plus en plus compacts avec la profondeur et à partir de 20 m, ils sont noirs, durs et contiennent parfois de la pyrite.

Le gisement de tungstène est composé d'un ensemble de filonnets lenticulaires quartzeux de direction N 10° non représenté sur la carte géologique.



Figure 2 : Carte géologique de Panazol (extrait de la carte géologique de Limoges au 1/50 000).

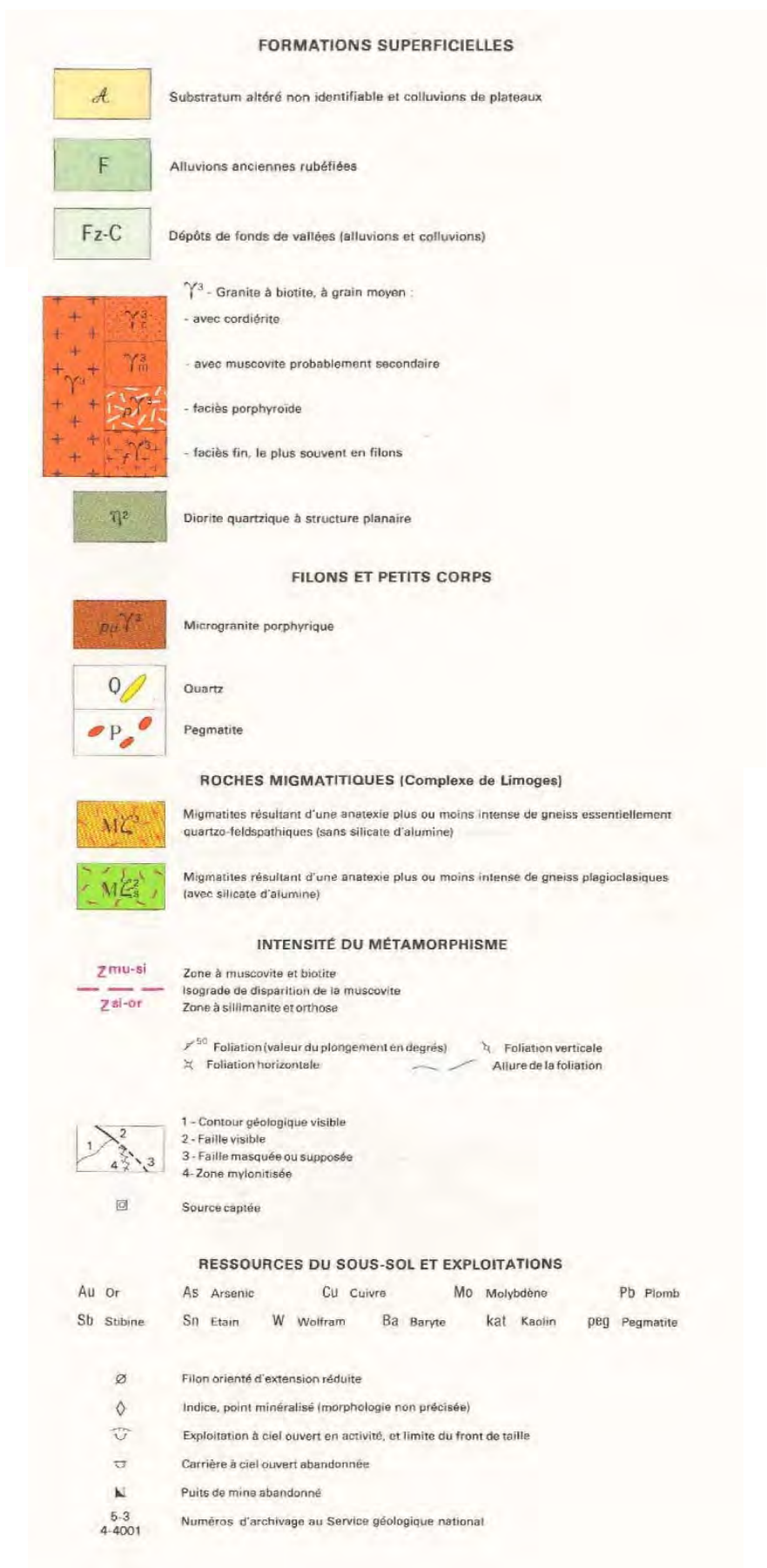


Figure 3 : Extrait de la légende de la carte géologique de Limoges au 1/50 000.

3.2.3. Hydrogéologie

Durant l'exploration de la mine de Mandelesse, il est fait état des suintements dans le puits de recherches à partir de 8,50 m de profondeur, la quantité d'eau n'excéda pas les 16 m³/h en période de fortes précipitations (Figure 4). Pendant l'exploration, trois sources se tarirent, mais l'ensemble des puits à proximité de la mine n'ont pas souffert de variation de leur niveau d'eau.

Le périmètre de la mine de Mandelesse appartient au bassin versant de la Vienne, il n'existe pas de ruisseau ou source visibles à sa proximité immédiate. Les sources et puits présents en 1919 ont depuis été drainés et canalisés. De plus comme évoqué dans le rapport de l'ingénieur des mines du 26 mai 1919 consécutif à la demande de concession de M. Mouchet, dans les gneiss, il n'existe pas de nappe aquifère continue mais seulement des infiltrations d'eaux dans les fissures de la roche, fissures indépendantes les unes des autres, de sorte que l'assèchement d'une fissure n'a qu'une répercussion locale très restreinte.

Durant la visite de terrain, M. CECCO⁵ nous a précisé qu'en 1989, date à laquelle il a acquis le terrain, le puits de la mine avait une profondeur d'environ 15 m, il semblait avoir été le siège d'une décharge sauvage ou de tentative de comblement au départ des troupes allemandes d'occupations qui avaient fait de la mine un cantonnement stratégique. Il y avait « un peu d'eau au fond ». Cela indique qu'*a priori* le niveau d'eau se situe à une profondeur minimale de 15 m par rapport au sommet du puits et laisse supposer un ennoyage du niveau inférieur.

⁵ Propriétaire du terrain sur lequel se trouve le puits.



Figure 4 : Plan de 1916 indiquant la localisation des sources et puits.

3.3. DESCRIPTION DE L'EXPLORATION MINIÈRE

3.3.1. Historique

La présence de wolfram à Mandelesse a été signalée la première fois en 1859 par M. Alluaud⁶, puis par M. Mallard⁷ en 1867.

Le 2 septembre 1907, une première demande d'autorisation de recherches de minerais de wolfram est déposée. Il n'y a pas d'information sur la suite donnée à cette demande. Le 9 juin 1911, M. Prosper DIDIER annonce la découverte de l'existence de gisement de wolfram et son intention d'être déclaré inventeur de la découverte, ce qui lui sera refusé. Le 1^{er} septembre 1916, il sollicite l'obtention d'un permis administratif de recherches sans l'accord du propriétaire du sol. Sa demande sera refusée par décret le 29 Mars 1917.

M. Joseph Mouchet déclare le 20 septembre 1916 des travaux de recherches, commencés le 18 septembre 1916.

Le 23 mars 1918, une demande de concession portant sur une superficie de 433 ha est déposée par M. Mouchet pour le compte de la société « Le tungstène », ex-SERMAC. Le 26 mai 1919, le gisement de Mandelesse est considéré comme concessible et une surface de 338 ha est proposée pour la concession.

Le dossier de demande de concession est classé sans suite après le courrier de M. Mouchet du 31 janvier 1924 retirant sa demande de concession.

Le 31 janvier 1944⁸, la mine de Mandelesse est occupée par l'armée allemande. Cette occupation ne dépassera pas trois mois, durant lesquels les seules actions effectuées furent la réouverture, par le groupe Brandt sous le contrôle de l'armée allemande, du puits de la mine de Mandelesse sans autre exploitation souterraine et la construction d'un mirador (voir annexe 1b). Les travaux effectués sont infimes : 2 à 3 « bennes » sont évacuées de la mine d'après M. Delage, ancien maire de Panazol.

3.3.2. Description du gisement

Le gisement de Mandelesse se compose d'un système de filonnets lenticulaires quartzeux de puissance irrégulière atteignant au maximum 1,30 m, minéralisé essentiellement en wolframite avec un peu de scheelite, du mispickel, et des traces de cassitérite et molybdénite.

⁶ Aperçu géologique et minéralogique du département de la Haute-Vienne, Mémoires du Congrès scientifique de France, Alluaud 1859.

⁷ Note sur les gisements d'étain du Limousin et de la Marche. Annales des Mines, Mallard.

⁸ http://www.ihtp.cnrs.fr/prefets/de/d010344mbf.html#_ftn117

Ces filonnets ont une direction N10° à 20° Est avec pendage variable : quelquefois verticaux ou inclinés tantôt vers l'ouest tantôt vers l'est. Ils sont encaissés dans des migmatites et parallèlement au contact du petit massif de granite porphyroïde à biotite de Panazol.

Ce gîte est du type des gisements quartzeux péritholiques à wolframite dominante, comme ceux connus, mais là à proximité des leucogranites, sur le territoire des feuilles Bourgneuf et Oradour-sur-Glane.

D'après une analyse d'échantillons réalisée le 7 février 1919, le minerai renferme 0,45 % à 0,95 % d'acide tungstique (WO₃). Cette teneur est du même ordre de grandeur que celle mentionnées sur les fiches descriptives (BRGM) du gîte.

Nota : dans ces mêmes analyses, on remarque la présence d'oxyde de fer (0,62 % pour le premier niveau et 0,82 % pour le second).

3.3.3. Méthode d'exploitation (recherches)

Le site de Mandelesse a, tout d'abord, fait l'objet de travaux superficiels en 1916, afin de localiser les filons de quartz wolframifère, signalés en 1859. Pour ce faire, douze tranchées de 2,5 m de profondeur au maximum ont été réalisées ainsi que 25 petits puits de sondage forcés, atteignant 3,30 m pour le plus profond.

Une fois les filons localisés, le choix du filon à exploiter et la position du puits ont été définis en fonction des propriétaires disposés à conclure un arrangement à l'amiable. Les travaux souterrains ont été initiés en janvier 1917. Quelques 500 m de puits, galeries, travers-bancs et recoupes ont été creusés entre janvier 1917 et décembre 1918.

3.3.4. Production

Le volume de minerai extrait a été recalculé, afin de déterminer s'il était cohérent avec la quantité de minerai extraite lors de l'exploration ou si au contraire une exploitation des galeries avait eu lieu.

On a recalculé, à partir des informations issues des plans miniers et des coupes du rapport relatif à la demande de concession de 1919, le volume de minerai extrait (Tableau 3).

Ainsi, pour le premier niveau le volume extrait est entre 60 et 68 m³ et pour le second entre 70 et 79 m³. Or, d'après les informations relatives à la production de minerai, en 1918, sur la mine de Mandelesse, 63,3 m³ ont été extraits du premier niveau et 77,7 m³ du second. Ces résultats sont cohérents avec une production due au seul produit de l'exploration.

Lors de l'arrêt des travaux de recherches, fin décembre 1918, 107,6 tonnes de minerai avaient été extraites du premier niveau et 132 tonnes du second niveau, soit un total de 239 tonnes de minerai pour l'ensemble des travaux.

Zone de reconnaissance du minerai	Longueur (m)	Hauteur (m)	Surface (m²)
Premier niveau			
Avancement nord			
De 14 à 18 m	4	1,6	6,4
De 21,5 à 83,5	62	1,6	99,2
Cheminée			
Sur 12 m	12	1,4	16,8
Avancement Sud			
De 0 à 15 m	15	1,6	24
De 16 à 31 m	15	1,6	24
Volume de minerai extrait pour le premier niveau :			
Surface d'extraction (m²)	Volume pour une puissance de 0,35 m (m³) (*)		Volume pour une puissance de 0,40m (m³) (*)
170,4	59,6		68,2
Second niveau			
Avancement Nord			
De 0 à 28 m	28	1,6	44,8
De 35 à 40 m	5	1,6	8
De 40 à 45 m	5	1,2	6
De 45 à 50 m	5	1,5	7,5
De 50 à 60 m	10	1,4	14
De 60 à 72 m	12	1,65	19,8
De 79 à 94 m	15	1,65	24,75
De 107 à 118 m	11	1,65	18,15
Cheminée entre les niveaux			
Sur 13 m	13	1,2	15,6
Avancement Sud			
De 0 à 15 m	15	1,6	24
De 15 à 26 m	11	1,3	14,3
Volume de minerai extrait pour le second niveau :			
Surface d'extraction (m²)	Volume pour une puissance de 0,35 m (m³)		Volume pour une puissance de 0,40m (m³)
196,9	68,9		78,8

(*) La puissance est estimée principalement à partir des coupes jointes au rapport du 26 mai 1919.

Tableau 3 : Volume de minerai extrait.

Nota : une teneur de 1,7 est utilisée comme densité du minerai dans le rapport de l'ingénieur des mines du 26 mai 1919.

D'après les analyses d'échantillons réalisées en février 1919 :

- le minerai du premier niveau contient 0,45 % d'acide tungstique soit un total de 487 kg d'acide tungstique ;
- le minerai du second niveau en contient 0,95 % soit 1 252 kg d'acide tungstique.

La production de minerai, durant les travaux de recherches de la mine de Mandelèsse entre 1916 et 1918, est de 239 t extraites, soit 1 739 kg d'acide tungstique.

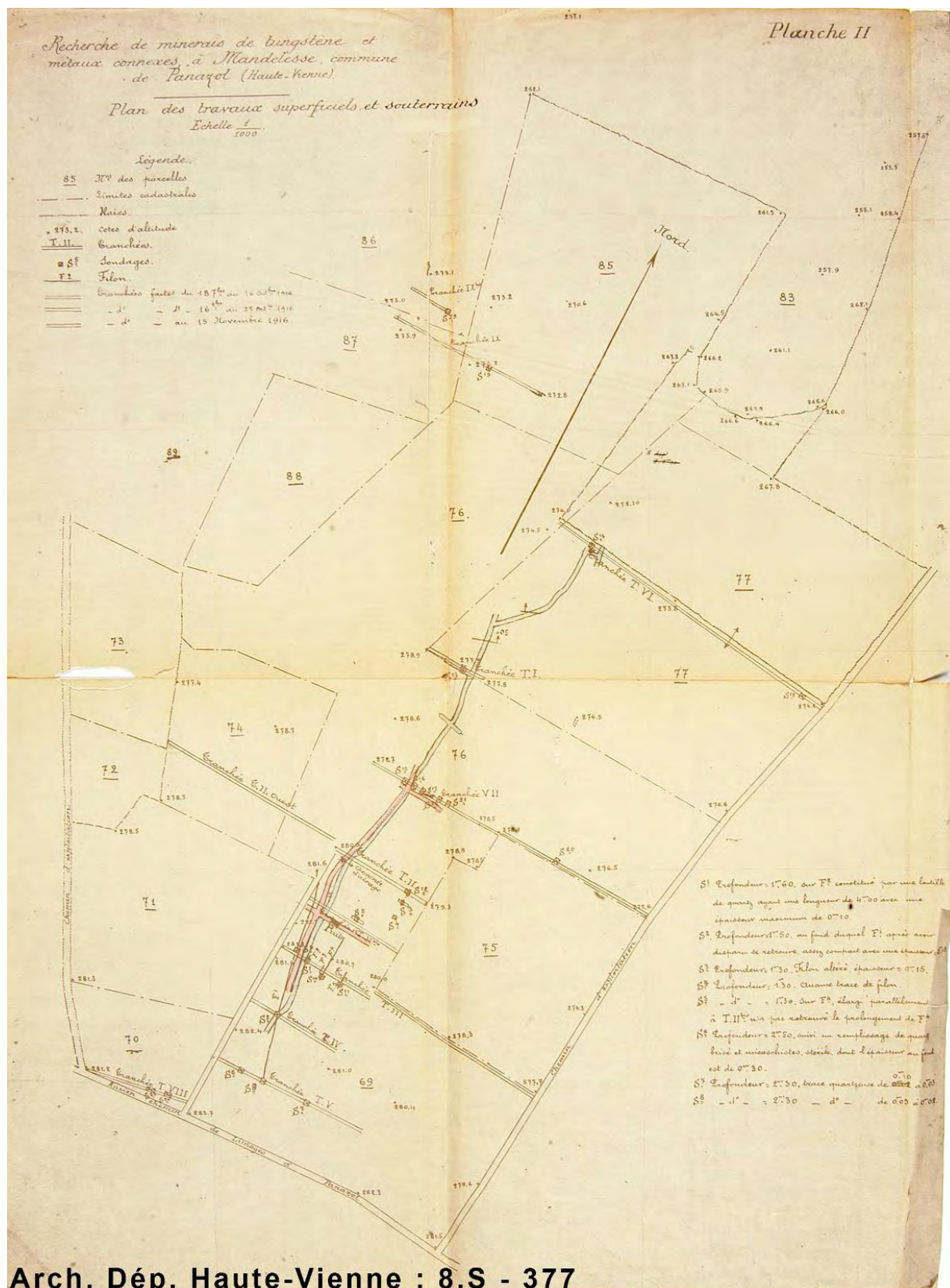


Figure 5 : Plan des travaux miniers de la mine de Mandelèsse au 1/1 000.

On note que le calcul du volume de minerai extrait est cohérent avec une exploration sans exploitation, ce qui tend à confirmer la qualité et l'exhaustivité des plans disponibles.

3.4. DONNÉES INFORMATIVES

3.4.1. Plans miniers

La recherche de plans miniers dans les différents sites d'archives visités a permis de retrouver deux plans miniers issus du rapport de l'ingénieur en chef des mines du 26 mai 1919 effectué dans le cadre de la demande de concession de M. Mouchet en 1918.

Le premier plan minier représente les travaux souterrains et superficiels de recherches de la mine de Mandelesse au 1/1 000 (Figure 5). Le second est un plan de la surface et des travaux au 1/500 avec une projection verticale des travaux au 1/500 et un diagramme des épaisseurs de quartz reconnus au 1/100 (Figure 6).

Ces plans étant issus du rapport de l'ingénieur suite à la demande de concession de 1918, peuvent être considérés comme exhaustifs.

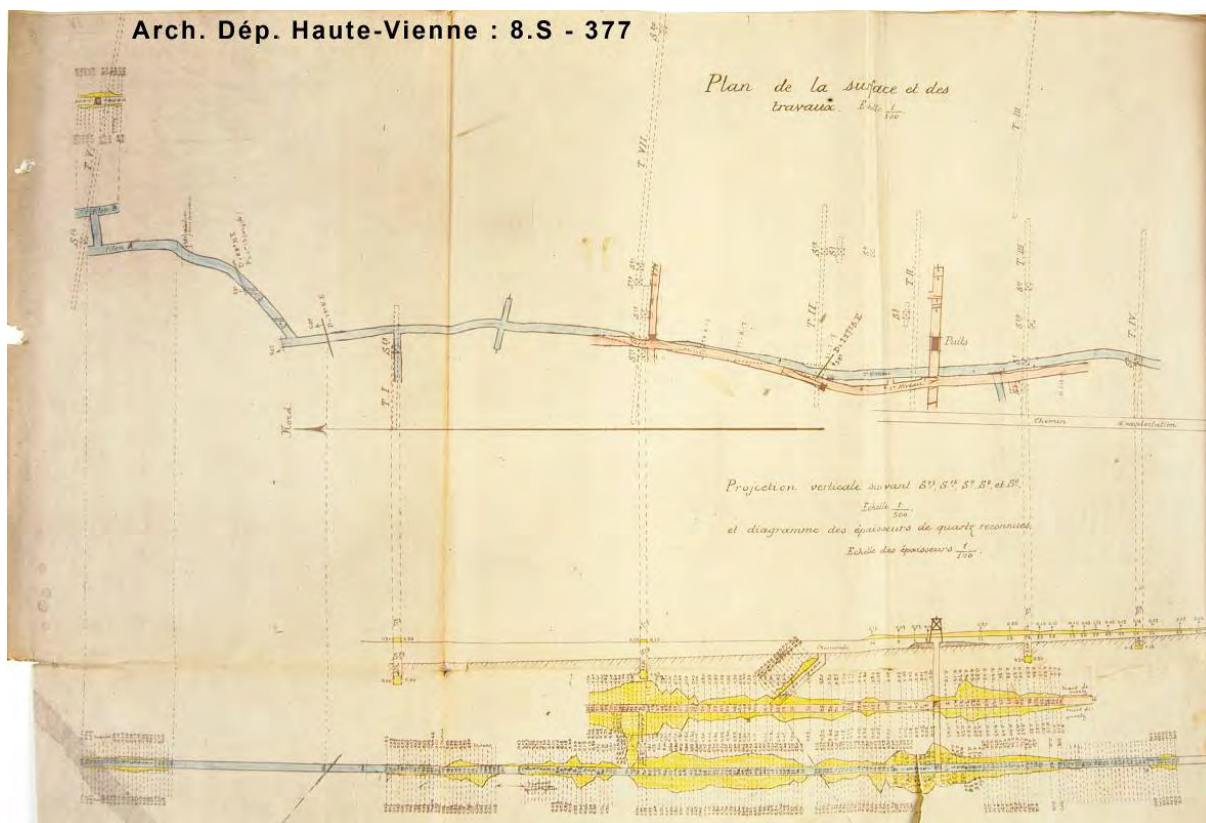


Figure 6 : Plan des travaux miniers de la mine de Mandelesse au 1/500 et diagramme des épaisseurs de quartz reconnus au 1/100.

3.4.2. Les ouvrages miniers et les verses

a) Travaux miniers

• Liste des travaux miniers

N° ouvrage	Nom de l'ouvrage	X en Lambert II (m)	Y en Lambert II (m)	Z en Lambert II (m)	Visible en surface	Δ sur la position (m)	Section (m)	L (m)	H (m)	Profondeur (m)
CH	Cheminée d'aérage	518975,719	2093091,489	292,000	non	5	1,4x1,4	18,0	/	15,000
Galerie -15	galerie du niveau -15m	518974,000	2093086,448	/	non	5	/	186,0	1,6	15,000
Galerie -33	galerie du niveau -33m	518978,239	2093093,781	/	non	5	/	345,5	1,2-1,6	32,800
Puits	Puits	518986,488	2093063,535	293,000	oui	5	3,4x1,5	/	/	32,800
S01	Puits de sondage 1	518981,791	2093041,996	293,000	non	5	1.2x1.2	/	/	1,3-3,3
S02	Puits de sondage 2	518981,103	2093013,583	294,000	non	5	1.2x1.2	/	/	1,3-3,3
S03	Puits de sondage 3	519009,974	2093086,334	292,000	non	5	1.2x1.2	/	/	1,3-3,3
S04	Puits de sondage 4	519009,860	2093078,314	292,000	non	5	1.2x1.2	/	/	1,3-3,3
S05	Puits de sondage 5	518994,164	2093069,607	292,000	non	5	1.2x1.2	/	/	1,3-3,3
S06	Puits de sondage 6	518978,010	2092982,306	294,000	non	5	1.2x1.2	/	/	1,3-3,3
S07	Puits de sondage 7	519012,953	2092981,963	294,000	non	5	1.2x1.2	/	/	1,3-3,3
S08	Puits de sondage 8	518989,467	2092982,077	294,000	non	5	1.2x1.2	/	/	1,3-3,3
S09	Puits de sondage 9	518974,917	2093044,173	293,000	non	5	1.2x1.2	/	/	3,000
S10	Puits de sondage 10	518991,529	2093038,215	293,000	non	5	1.2x1.2	/	/	3,000
S11	Puits de sondage 11	519001,038	2093038,559	293,000	non	5	1.2x1.2	/	/	3,300
S12	Puits de sondage 12	519010,547	2093091,489	292,000	non	5	1.2x1.2	/	/	3,200
S13	Puits de sondage 13	518985,342	2093195,746	290,000	non	5	1.2x1.2	/	/	3,100
S14	Puits de sondage 14	519013,182	2093274,339	286,000	non	5	1.2x1.2	/	/	2,000
S15	Puits de sondage 15	518984,884	2093137,316	290,000	non	5	1.2x1.2	/	/	3,300
S16	Puits de sondage 16	518989,467	2093137,316	290,000	non	5	1.2x1.2	/	/	3,300
S17	Puits de sondage 17	518994,279	2093136,629	290,000	non	5	1.2x1.2	/	/	3,300
S18	Puits de sondage 18	519135,540	2093255,894	285,000	non	5	1.2x1.2	/	/	1,3-3,3
S19	Puits de sondage 19	518930,235	2093327,498	283,000	non	5	1.2x1.2	/	/	1,3-3,3
S20	Puits de sondage 20	519066,685	2093135,598	290,000	non	5	1.2x1.2	/	/	1,3-3,3
S21	Puits de sondage 21	519008,141	2093136,743	290,000	non	5	1.2x1.2	/	/	1,3-3,3
S22	Puits de sondage 22	519002,757	2093136,629	290,000	non	5	1.2x1.2	/	/	1,3-3,3
S23	Puits de sondage 23	518942,838	2092955,154	295,000	non	5	1.2x1.2	/	/	1,3-3,3
S24	Puits de sondage 24	518951,430	2092956,529	295,000	non	5	1.2x1.2	/	/	1,3-3,3
S25	Puits de sondage 25	518900,677	2093342,277	280,000	non	5	1.2x1.2	/	/	1,3-3,3
Tr I	tranchée I	518979,958	2093196,777	290,000	non	5	/	30,0	/	0,5-2,5
Tr II	tranchée II	518994,737	2093092,635	292,000	non	5	/	50,0	/	0,5-2,6
Tr II bis	tranchée III bis	518993,706	2093066,972	293,000	non	5	/	48,0	/	0,5-2,7
Tr II ouest	tranchée II Ouest	518920,612	2093101,113	292,000	non	5	/	93,0	/	0,5-2,8
Tr III	tranchée III	518992,675	2093040,621	293,000	non	5	/	91,5	/	0,5-2,9

N° ouvrage	Nom de l'ouvrage	X en Lambert II (m)	Y en Lambert II (m)	Z en Lambert II (m)	Visible en surface	Δ sur la position (m)	Section (m)	L (m)	H (m)	Profondeur (m)
Tr III bis	tranchée III	519064,165	2093035,695	292,000	non	5	/	48,0	/	0,5-2,10
Tr IV	tranchée IV	518990,154	2093012,323	294,000	non	5	/	47,0	/	0,5-2,11
Tr IX	tranchée IX	518923,018	2093327,842	283,000	non	5	/	81,5	/	0,5-2,12
Tr IX bis	tranchée IX bis	518900,333	2093342,277	280,000	non	5	/	21,0	/	0,5-2,13
Tr V	tranchée V	519003,444	2092981,963	294,000	non	5	/	77,0	/	0,5-2,14
Tr VI	tranchée VI	519098,650	2093261,507	286,000	non	5	/	153,0	/	0,5-2,15
Tr VII	tranchée VII	519038,158	2093136,285	290,000	non	5	/	151,0	/	0,5-2,16
Tr VIII	tranchée VIII	518937,224	2092954,123	295,000	non	5	/	48,0	/	0,5-2,17

Tableau 4 : Listes des travaux miniers de la mine de Mandelèsse.

• Ouvrages ayant débouché au jour

Dans un premier temps, de septembre 1916 à janvier 1917, seuls des travaux de recherches en surface ont été effectués (Annexe 3) :

- 12 tranchées orientées sensiblement est-ouest de 0,50 à 2,50 m de profondeur et d'une longueur variant de 18 m à 145 m (totalisant 914 m de tranchées) ;
- 1 tranchée orientée nord-sud de 1 m de profondeur et de 100 m de longueur ;
- 25 petits puits de sondage d'une profondeur variant de 1,3 à 3,3 m.

À l'heure actuelle, aucun de ces travaux n'est encore visible. Étant donné la densité de l'habitat urbain existant actuellement dans le périmètre de la mine, on peut raisonnablement penser que ces ouvrages sont remblayés.

En janvier 1917, sont initiés les travaux souterrains d'exploration du gisement de Mandelèsse :

- le seul puits de la mine est commencé le 29 janvier 1917. Il a été foncé en deux étapes : une première fois jusqu'à une profondeur de 18,80 m, puis il a été ravalé du 24 septembre 1917 au 4 décembre, jusqu'à une profondeur de 32,80 m. Les dimensions de l'orifice du puits sont de 3,2 x 1,50 m orienté est-ouest, il est boisé avec des cadres en chêne tous les mètres. En 1989, lors de l'achat du terrain, l'actuel propriétaire le trouve ouvert au milieu d'une friche végétale et industrielle. Le puits avait des parois bétonnées sur 4 m de hauteur. Plus bas, il semblait en parfait état, creusé dans les gneiss. Il avait une profondeur d'environ 15 m. En 1989, le puits est remblayé par le propriétaire avec du tout-venant local (murs et dalles de béton, ferrailles, haldes et débris végétaux). En 1996, un débouillage⁹ de l'ordre de 5 m est apparu, il fut remblayé avec de la terre. À l'heure actuelle, la trace du puits est conservée sous forme d'un massif floral juste au nord-ouest de l'entrée du

⁹ Informations recueillies auprès du propriétaire M. CECCO.

garage du pavillon. À cause du remblaiement artisanal, il est le siège d'un lent tassement d'environ 1 cm/ an (Figures 7 et 8) ;



Figure 7 : Photo de localisation du puits de la mine à proximité du garage de M. CECCO.

- une cheminée d'aération inclinée de 14 m projetés partait du niveau -15, à 38 m au nord du puits, pour monter à environ 45° vers le sud et déboucher en surface à environ 27 m du puits. La cheminée avait une section 1,4 x 1,4 m. La position de cet ouvrage a été déduite grâce au plan minier géoréférencé car en surface il ne reste pas de trace de cette cheminée (Figures 9 et 10).

Seule la position du puits est connue avec précision : elle a été indiquée par M. CECCO. La position des autres ouvrages a été établie à partir du plan minier géoréférencé.



Figure 8 : Photo de localisation du puits de la mine de Mandelesse.



Figure 9 : Photo de la localisation supposée de la cheminée d'aérage.

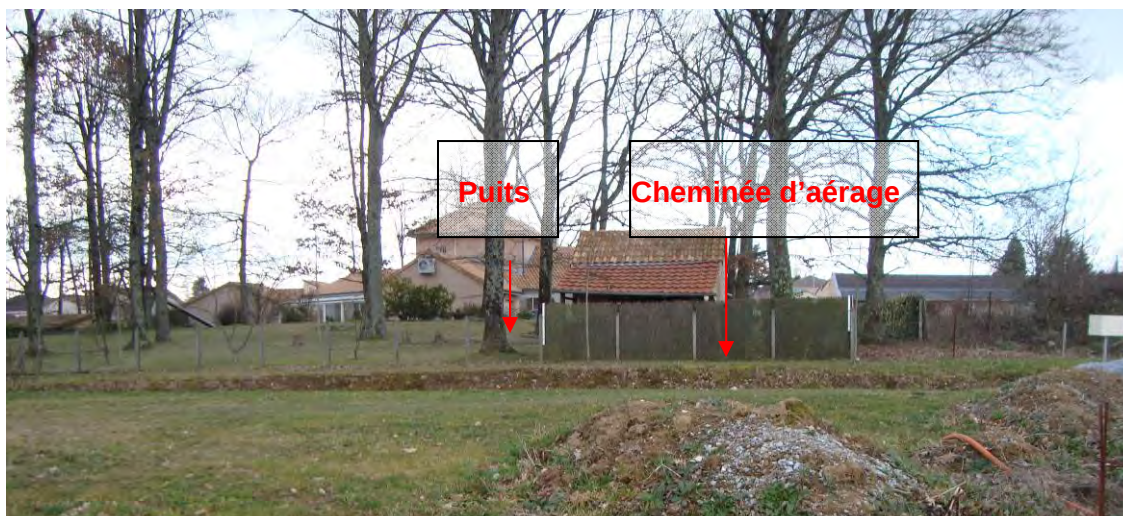


Figure 10 : Photo de la localisation supposée de la cheminée d'aérage.

• Ouvrages non débouchant au jour

Deux niveaux de galeries de recherches ont été creusés, l'un à 15 m et l'autre à 33 m de profondeur par rapport à l'ouverture du puits au jour. D'après les coupes jointes au rapport du 26 mai 1919, les galeries sont trapézoïdales d'une largeur en pied d'environ 2 m et en tête de 1,5 m pour une hauteur entre 1,2 et 1,6 m.

Concernant le premier niveau de galerie :

- deux travers-bancs (TB) ont été ouverts à partir du puits : l'un sur 17,3 m vers l'est et l'autre sur 15 m vers l'ouest, aucun boisage ne fut nécessaire ;
- sur le travers-banc ouest, à 9,5 m du centre du puits, une galerie a été ouverte en direction du nord sur 88,5 m et sur 39 m vers le sud ;
- sur la branche nord de la galerie :
 - à 10 m du travers-banc, une recoupe est de 1,40 m a été ouverte,
 - à 38 m du travers-banc, une recoupe ouest de 3,5 m a été ouverte (correspondant à l'accès vers la cheminée CH),
 - à 70 m du travers-banc, une recoupe de 2,50 m a été ouverte vers l'ouest et une autre de 19 m vers l'est ;

La branche nord de la galerie est encaissée dans une roche tendre, obligeant à boiser cette branche.

- sur la branche sud de la galerie, à 20 m du travers-banc, une recoupe ouest de 4,5 m a été ouverte, la roche encaissante est plus compacte et dure que dans l'avancement nord.

Pour le second niveau de galerie :

- à partir du puits, à la cote -32,8 m un travers-banc ouest de 8 m a été ouvert ;

- sur le travers-banc à 6 m du puits, une galerie a été ouverte sur 59 m vers le sud et sur 163 m vers le nord ;
- sur la branche nord de la galerie :
 - à 70 m, ce niveau est relié au premier niveau par une cheminée verticale (bure) de 13 m,
 - à 105 m du travers-banc, une recoupe ouest de 5 m et une recoupe est de 5,5 m ont été ouvertes,
 - à 130 m du travers-banc, une recoupe ouest de 11,5 m est ouverte,
 - à 159 m du travers-banc, une recoupe oblique de direction nord 45°E est ouverte sur 60 m. Sur cette recoupe à 57 m de la galerie nord, une autre recoupe est longue de 10 m a été ouverte, elle fut explorée en direction nord et sud sur une longueur de 9 m ;
- sur la branche sud de la galerie, à 15 m du travers-banc, une recoupe ouest de 7,50 m a été creusée.

Aucun de ces ouvrages n'a été remblayé, à priori.

• Verses

Les haldes résiduelles ont été nivelées, recouvertes de terre végétale et engazonnées. Aucune halde n'est observable sur le terrain.

3.4.3. Désordres

Hormis le débouillage du puits en 1996 et le tassement du tout-venant local (murs et dalles de béton, ferrailles, haldes et débris végétaux) utilisé par le propriétaire pour combler le puits en 1989, aucun désordre n'a été recensé sur la mine de Mandelasse pendant et après l'exploration, ni signalé à la mairie de Panazol ou connu des riverains.

3.4.4. Analyses chimiques

Six échantillons de sol ont été prélevés à proximité au puits de la mine (figure 11).

Les résultats détaillés se trouvent en Annexe 4. On note toutefois pour les prélèvements 2 et 3 de fortes concentrations en arsenic supérieures à 2 g/kg, ainsi qu'en tungstène pour le prélèvement 2 de l'ordre de 2 g/kg.

Bien sûr, ces analyses mériteraient d'être affinées dans le cadre d'une étude plus spécifique du secteur.



Figure 11 : Localisation des échantillons.

3.5. CARTE INFORMATIVE

3.5.1. Géoréférencement et vectorisation des plans miniers

Il s'agit d'une étape importante de cette étude compte tenu de l'urbanisation développée à l'aplomb de ce site minier.

Deux plans ont été retrouvés dans les archives, seul l'un d'entre eux présentait suffisamment d'éléments pour être géoréférencé. Ce plan au 1/1 000 est issu du rapport de l'ingénieur en chef de mai 1919 faisant suite à la demande de concession de M. Mouchet. Il représente l'ensemble des travaux d'exploration réalisés sur la mine de Mandelesse.



Figure 12 : Éléments de calage par le géoréférencement du plan minier.

Ce plan minier a été géoréférencé à partir des coordonnées du puits de la mine (coordonnées prises sur le terrain au GPS et confirmées sur l'orthophotoplan en restituant le puits par rapport à l'habitation de M. CECCO) et des limites parcellaires communes au plan minier et au cadastre actuel (Figure 12).

En effet sur ce secteur, le cadastre numérisé est en ligne sur internet, il nous a permis d'extraire les coordonnées exactes des limites de parcelles dont certaines existaient déjà sur le plan de 1918. La phase de calage¹⁰ a permis de voir que les limites de parcelles de la partie ouest du plan minier étaient mal dessinées, par contre elles sont cohérentes dans la partie est, sud et nord, ce qui nous a permis de caler correctement les travaux souterrains.

Le géoréférencement du plan minier a été réalisé à l'aide du logiciel Arcgis en affectant une loi polynomiale d'ordre 1 (sans déformation du plan) à l'image. L'image calée résultante est ensuite importée dans MapInfo pour être utilisée comme un raster SIG.

Vu la cohérence entre les points de référence et l'extension limitée des travaux souterrains, on peut évaluer l'incertitude liée au calage du plan à 5 m maximum au niveau des galeries.

Une fois le plan minier géoréférencé, les tranchées de recherches et des galeries d'exploration ont été vectorisées sur une couche SIG. Les ouvrages, ayant débouchés au jour, qui n'étaient plus visibles ont été pointés afin de compléter la liste des ouvrages du site minier de Mandelèsse.

Compte tenu de cette approche plus précise du calage, des variations entre la localisation des ouvrages établie durant le projet de « scanning des titres miniers français » et la localisation des ouvrages obtenue via le géoréférencement actuel apparaissent (figure 13).

Étant donné que la photographie du plan minier géoréférencé a été réalisée avec un souci de conservation des échelles, que le géoréférencement actuel a utilisé plus de points de calage que celui¹¹ effectué lors du scanning et en considérant que sur le plan minier actuellement géoréférencé la longueur des galeries est cohérente avec celle décrite dans les rapports et procès-verbaux de visite à notre disposition, le géoréférencement actuel peut être considéré comme plus valide.

¹⁰ Quatre limites de parcelles et un point de croisements des limites parcellaires ont été utilisés pour le calage.

¹¹ Le puits et le nord matérialisé sur le plan p. 18, DRS-06-66305/R21.



Figure 13 : Carte comparative des localisations des ouvrages.

3.5.2. Précision des reports cartographiques

a) Le fond IGN

La BD ORTHO (Prise de vue aérienne de 2006) a été utilisée comme référence planimétrique pour le report des informations minières. La résolution des images est de 50 cm.

b) Géoréférencement des plans

Une incertitude de l'ordre de 5 m a été retenue.

3.5.3. Calcul et cartographie des épaisseurs du recouvrement des travaux souterrains

L'épaisseur de recouvrement au dessus de chaque couche exploitée est un paramètre important pour évaluer l'aléa lié aux travaux miniers souterrains. Elle a été calculée en utilisant les cotes inscrites sur les plans miniers et les informations topographiques liées aux images satellites de Google Earth. Des courbes isopaques ont ensuite été dessinées pour chacune des couches explorées.

La profondeur minimale atteinte par le niveau 15 serait de 11 m à l'extrémité de l'avancement nord.

3.5.4. Présentation de la carte informative

Les informations présentées au chapitre 3 sont représentées cartographiquement à l'échelle 1/1 000 (annexes 4 et 5 jointes en hors texte). Le support géographique est l'orthophotoplan de l'IGN.

L'annexe 4 renseigne sur les travaux miniers. Elle comporte six niveaux d'informations :

- la géographie et l'occupation des sols sur les orthophotographies ;
- les limites administratives ;
- les courbes de niveau topographiques tous les 10 m extraites de la carte IGN à 1/25 000 et vectorisés sous MapInfo ;
- les ouvrages miniers débouchant au jour (puits, puits de recherche, tranchées, cheminée) ;
- les galeries de recherche en distinguant les différentes couches explorées ;
- les traces des filons de quartz wolframifère observés dans les tranchées.

L'annexe 5 présente la cartographie des isopaques de recouvrement. Elle comporte six niveaux d'informations :

- la géographie et l'occupation des sols sur les orthophotographies ;
- les limites administratives ;
- les courbes de niveau topographiques tous les 10 m extraites de la carte IGN à 1/25 000 et vectorisés sous MapInfo ;
- les ouvrages miniers débouchant au jour ;
- les travaux miniers souterrains en distinguant les différentes couches explorées ;
- les isopaques de recouvrement.

4. Identification des aléas « mouvements de terrain » retenus sur la mine de Mandelesse

Le présent chapitre récapitule les aléas « mouvements de terrain » envisageables en général, 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 de la mine de Mandelesse et ceux qui ne le sont pas.

4.1. LE PHÉNOMÈNE D'EFFONDREMENT LOCALISÉ

4.1.1. 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. La Figure 14 schématise l'évolution de ce type de phénomène, en couche sédimentaire en plateure.



Figure 14 : Schéma de principe d'évolution d'un effondrement localisé (d'après Évaluation 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 50 m de profondeur pour une cavité de dimension habituelle.

S'il existe des approches d'évaluation 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 comme la dimension (diamètre) du cône d'effondrement résultant en surface. Le guide PPRM propose des indications de classe d'intensité :

- intensité faible pour des surfaces concernées inférieures à 8 m² (diamètre inférieur à 3 m) ;
- intensité moyenne pour des surfaces concernées comprises entre 8 et 75 m² (diamètre compris entre 3 et 10 m) ;
- intensité forte pour des surfaces concernées supérieures à 75 m² (diamètre supérieur à 10 m).

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

4.1.2. Cavités à l'origine des effondrements localisés

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. Notons la particularité des gisements pentés pour lesquels la rupture du pilier couronne (ou stot de protection) peut également être à l'origine d'effondrement localisé en surface.

Le tassement des matériaux de remblais mis en place dans des puits ou la rupture des matériaux superficiels et/ou d'un soutènement éventuel, peuvent provoquer des désordres similaires en surface à des effondrements de galeries ou de chantiers. On parle dans ce cas, de débouillage de puits pour les instabilités associées à une évolution des remblais. Cependant, comme indiqué dans le guide PPRM, ce type de phénomène sera également évalué en tant qu'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, remblayage, voire de soutènement et l'accès physique ou visuel aux anciens travaux, sont ensuite souvent nécessaires pour tirer parti de cette analyse.

4.1.3. Aléa retenu sur la mine de Mandelesse

Bien qu'aucun événement de type effondrement localisé n'ait été recensé, la présence de vides résiduels liés aux réseaux de galerie justifie que l'**aléa effondrement localisé soit retenu sur la mine de Mandelesse**.

4.2. L'EFFONDREMENT GÉNÉRALISÉ

4.2.1. Description du phénomène

Un effondrement généralisé se produit lorsque les piliers de soutènement laissés dans une mine se rompent simultanément et produisent en surface un mouvement du sol brusque (figure 15).

Ce type d'effondrement se produit dans des exploitations partielles (ayant laissé des vides résiduels conséquents) et dont l'extension latérale est suffisante (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres d'extension), dans des gisements en plateaux ou faiblement pentés.

4.2.2. Aléa non retenu sur la mine de Mandelesse

Ce type d'effondrement n'est envisageable que pour des secteurs pour lesquels la présence de vides résiduels est importante. D'après les recherches effectuées dans le cadre de la phase informative, les travaux menés sur la mine de Mandelesse n'ont consisté qu'en des galeries de recherche, ne permettant pas l'apparition d'un effondrement généralisé.

Le risque d'effondrement généralisé est donc écarté sur la mine de Mandelesse.

4.3. LE PHÉNOMÈNE D'AFFAISSEMENT

4.3.1. Description du phénomène

Le phénomène d'affaissement 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. 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. Les mouvements de la surface du sol peuvent être initiés plusieurs années ou décennies après la fermeture des travaux si les structures souterraines sont suffisamment résistantes pour demeurer stables jusqu'à ce terme.

4.3.2. Aléa affaissement non retenu sur la mine de Mandellesse

Comme l'effondrement généralisé, ce type d'événement n'est envisageable que pour des secteurs pour lesquels la présence de vides résiduels est importante. D'après les recherches effectuées dans le cadre de la phase informative, les travaux menés sur la mine de Mandellesse n'ont consisté qu'en des galeries de recherche, ne permettant pas l'apparition d'un affaissement.

Le risque d'affaissement est donc écarté sur la mine de Mandellesse.

4.4. LE PHÉNOMÈNE DE TASSEMENT

4.4.1. 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, fontis auto-comblés...) et d'autre part à l'aplomb de terrains de surface remaniés (dépôt minier, découverte remblayée...).

4.4.2. Aléa retenu sur la mine de Mandellesse

Aucun dépôt significatif n'a été repéré sur le terrain.

Le site de Mandelesse a fait l'objet de travaux superficiels consistant en 12 tranchées de 2,5 m de profondeur au maximum ainsi que 25 petits puits atteignant au maximum 3,3 m. La largeur des tranchées est de 1,5 m d'après les plans et le diamètre des puits est de 1,2 m. La très faible profondeur de ces ouvrages nous permet d'exclure l'apparition de tassement, d'autant que cette tranche de profondeur superficielle, a très probablement été remanié depuis.

Concernant les travaux souterrains, les fontis qui peuvent « s'auto-combler » à proximité de la surface pourraient provoquer un phénomène assimilable à un « tassement » de la surface, lors de l'application de surcharge.

Le phénomène de tassement sera donc évalué sur la mine de Mandelesse à l'aplomb des travaux souterrains.

4.5. LE PHÉNOMÈNE D'INSTABILITÉ DE PENTE

4.5.1. 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. On parlera ainsi de glissement pelliculaire pour les événements ne concernant que la partie la plus superficielle du sol. À l'opposé, on parlera de glissements profonds, pour les événements entaillant profondément (quelquefois plusieurs dizaines de mètres), le versant ou le talus sur lequel ils se produisent. Dans la majorité des cas, la présence d'une nappe dans le talus est un phénomène particulièrement aggravant ;
- les coulées boueuses qui sont des glissements peuvent se propager sur de très grandes superficiels pour lesquels, du fait de leur quasi liquidité, les matériaux distants ;
- les effondrements, éboulements, écroulements et chutes de blocs associées qui concernent plus spécifiquement les falaises ou talus rocheux.

4.5.2. Aléa non retenu sur la mine de Mandelesse

Aucune modification du terrain naturel n'ayant été observé, l'aléa instabilité de pente lié à l'exploitation minière n'est pas retenu sur la mine de Mandelesse.

5. Évaluation des aléas « mouvements de terrain »

5.1. ALÉA EFFONDREMENT LOCALISÉ LIÉ AUX PUITES

5.1.1. Zone d'altération superficielle

La zone d'altération superficielle correspond aux terrains peu cohérents de surface susceptibles d'être immédiatement affectés par une instabilité.

À l'aplomb des travaux miniers, les terrains de recouvrement sont constitués d'un substratum altéré, localisé spécifiquement dans la carte géologique (« Substratum altéré non identifiable et colluvions de plateaux ») et rappelé dans les PV de mine. Ainsi, le puits principal recoupe 13 m de terrain décrit comme sans cohérence et meuble. Nous ne connaissons pas la valeur de cette épaisseur ailleurs, 13 m reste donc un minimum.

Nous retiendrons une épaisseur de 15 m de terrain superficiel déconsolidé (ce qui correspond à une altération importante).

5.1.2. Aléa effondrement localisé liés aux puits

Il existe un puits principal et une cheminée. Le puits a une section rectangulaire de 3,2 x 1,5 m, tandis que la cheminée a une section limitée de 1,4 x 1,4 m.

De nombreux petits puits ont été foncés lors de la première campagne de travaux de recherche superficiels. Peu profonds (de 1,3 à 3,3 m) et probablement remblayés, ils ne sont plus visibles sur le terrain. De part leur fonction, ils sont borgnes. Le débouillage de leurs remblais n'est pas envisageable puisqu'il ne subsiste pas de vides au fond. Ces ouvrages ne sont donc pas soumis au phénomène d'effondrement localisé, mais pourront faire l'objet d'un phénomène de tassement.

Si l'épaisseur et la nature des terrains de sub-surface jouent un rôle important dans les dimensions de l'entonnoir d'effondrement en surface, le niveau de l'intensité est également atténué par la dimension des ouvrages. **Ce niveau est donc estimé à modéré pour le puits principal**, étant donné sa section et sa profondeur non négligeable (33 m). Bien que plus réduite, **un niveau limité à modéré est également attribué à la cheminée**, puisqu'inclinée à 45° sur 14 m, l'effondrement de la tête entraînerait en surface un désordre allongé en direction de cette pente.

D'après les observations de terrain et le témoignage du propriétaire, le puits principal serait remblayé, sans que nous n'ayons de certitude sur la nature et le mode de remblayage. Les archives précisent qu'il est boisé alors que le propriétaire témoigne de

parois bétonnées sur 4 m, avant le rocher. Bien que rien ne soit visible sur le terrain, le remblayage de la cheminée est moins probable étant donnée l'inclinaison de l'ouvrage.

Pour tous les puits, la rupture de la tête d'ouvrage est susceptible de s'opérer à long terme par altération ou vieillissement des revêtements et/ou des parois du terrain naturel. Ici, la mauvaise tenue des terrains superficiels, qualifiés de meubles et peu cohérents, est un facteur défavorable notamment pour la cheminée dont l'absence probable de remblayage ne permet pas le même confinement que celui du puits. Pour les ouvrages remblayés s'ajoute la possibilité d'un débouillage de leurs remblais, comme il est déjà arrivé au puits principal (d'après le témoignage du propriétaire).

La prédisposition est jugée comme peu sensible pour le puits principal, actuellement remblayé, puisqu'il a déjà fait l'objet d'un débouillage et qu'il a été recomblé à plusieurs reprises. **La cheminée, quant à elle, bénéficie d'une prédisposition d'un niveau qualifié de sensible**, puisque son inclinaison inciterait à l'écoulement des remblais s'ils existent. Si l'ouvrage n'est pas remblayé, la tenue des parois des terrains superficiels meubles n'est pas garantie.

À partir de ces informations, il est attribué un **aléa moyen à l'aplomb du puits principal et de la cheminée**.

Compte tenu de la nature du phénomène redouté, le zonage de l'aléa englobe :

- l'emprise de l'ouvrage (soit la section du puits principal et la tête de cheminée inclinée sur 14 m vers le nord) ;
- un rayon supplémentaire d'incertitude de positionnement de l'ouvrage (estimée ici à 5 m pour la cheminée et 2 m pour le puits) ;
- un rayon supplémentaire correspondant à l'influence latérale du cône d'effondrement en surface. Dans la littérature, il est communément admis qu'un angle de 45° appliqué à la limite des terrains déconsolidés est suffisamment sécuritaire. Ici, bien que l'épaisseur des terrains mobilisables soit estimée à 15 m sur le site (cf. § 5.1.1.), le volume des vides disponibles dans les ouvrages limitera à 5 m l'ampleur d'un éventuel débouillage ; nous limiterons donc l'extension horizontale supplémentaire due à l'influence latérale en surface, à 5 m de rayon.

5.1.3. Aléa effondrement localisé lié aux galeries

Suite aux recherches effectuées dans le cadre de la phase informative, aucun effondrement n'a été recensé à l'aplomb de ces galeries de recherche, dans les archives ou sur le terrain.

Intensité de l'aléa

Si l'épaisseur et la nature des terrains de sub-surface jouent un rôle prépondérant dans les dimensions de l'entonnoir d'effondrement en surface, l'intensité est aussi atténuée par le volume des vides disponibles. D'après les coupes transversales annexées au rapport du 26 mai 1919, relativement précises et exhaustives (extraits en Annexe 5),

les dimensions des galeries de recherche sont limitées, puisque d'une largeur d'environ 2 m en pied et 1,5 m en tête, pour une hauteur variant entre 1,2 et 1,6 m.

Le niveau de l'intensité est donc estimé à limitée pour la galerie de niveau 15, relativement proche de la surface et **très limitée pour celle du niveau 30**, pour lequel l'influence de l'autofoisonnement limitera encore le volume des vides à proximité de la surface et donc la taille de l'effondrement attendu en surface.

Prédisposition

La prédisposition d'un site à voir se développer un fontis à l'aplomb d'anciennes galeries dépend de la combinaison de plusieurs facteurs : la présence de vides, la rupture du toit, l'aptitude des terrains à la rupture et la remontée de l'instabilité jusqu'en surface.

Ici, les vides résiduels ne concernent que les galeries de recherche ; les configurations de rupture attendues au fond sont la rupture au toit de ces ouvrages et notamment au carrefour de galeries, où le volume de vide est maximal.

Vu la taille réduite du réseau de galeries, l'absence d'événements en surface n'est pas un élément exploitable pour justifier de la stabilité des ouvrages.

Le PV de 1918 précise que les galeries sont la plupart du temps foncées dans l'encaissant, suffisamment compétent. Cependant, localement, la mauvaise tenue de l'encaissant a contraint l'exploitant à les boiser. Cette particularité concerne particulièrement la galerie nord du premier niveau et pourrait correspondre au substratum altéré potentiellement plus épais ou plus profond dans ce secteur. La tenue du boisage n'est pas pérenne surtout dans un milieu non saturé.

Comme nous l'avons expliqué dans le § 4.1.1., la taille des excavations et leur profondeur sont également des facteurs de prédisposition important, qui aggravent la prédisposition des terrains à la rupture :

- d'après la topographie, la profondeur minimale qu'auraient atteint les galeries est évaluée à 11 m à l'extrémité nord de la galerie du niveau 15 ;
- d'après les coupes jointes au rapport du 26 mai 1919, les galeries sont trapézoïdales d'une largeur en pied d'environ 2 m et en tête de 1,5 m pour une hauteur entre 1,2 et 1,6 m. Ces dimensions limitent globalement la prédisposition à la rupture et à la remontée (volume de vide disponible) ;
- elles ne sont probablement pas remblayées.

La précision des dimensions disponibles permettent de limiter les sources d'incertitude. En faisant varier sur des plages sécuritaires les deux paramètres géomécaniques inconnus (angle de frottement interne et coefficient de foisonnement du

recouvrement)¹², une analyse volumétrique simplifiée montre que le risque de remontée d'un fontis jusqu'en surface est réelle jusqu'à 15 m et peut être écarté au droit d'un vide dont la profondeur est supérieure à 30 m. Cette analyse ne tient compte que du processus d'autocomblement ; elle reste donc sécuritaire en ne tenant pas compte d'une stabilisation mécanique de la cavité. Par contre, elle considère que le cône d'éboulement se stabilise avec un angle égal à l'angle de frottement interne du recouvrement et ne tient pas compte d'un écoulement ultérieur possible des remblais.

Pour tenir compte de l'influence de l'auto-comblement avec la profondeur, il a été retenu un niveau de prédisposition plus élevée pour des vides situés entre 0 et 15 m de profondeur par rapport à ceux situés entre 15 et 30 m de profondeur.

En croisant ces éléments, la prédisposition peut être jugée comme :

- sensible à l'aplomb des carrefours de galeries du niveau 15, où la portée du toit et le volume disponible pour le terrain effondré sont maximaux ;
- sensible à l'aplomb de la portion nord (par rapport au TB du puits) du niveau 15, foncée dans les schistes les plus tendres et dont la profondeur atteint 11 m à l'extrémité nord ;
- peu sensible à l'aplomb du reste la portion sud du niveau 15 ;
- très peu sensible à l'aplomb du niveau 30.

Évaluation de l'aléa

À partir de ces informations, il est attribué :

- **un aléa moyen à l'aplomb des carrefours de galerie et de la portion nord (par rapport au TB du puits) du niveau 15 ;**
- **un aléa faible à l'aplomb de la portion sud du niveau 15.**

Un extrait de la carte d'aléa effondrement localisé est disponible en figure 15.

Principes cartographiques de l'aléa effondrement localisé lié aux galeries de recherche

Compte tenu de la nature du phénomène redouté, le zonage de l'aléa correspond au tracé des galeries, complété par l'incertitude de positionnement du secteur (5 m) et l'influence latérale du cône d'effondrement. Dans la littérature, il est communément admis qu'un angle de 45° appliqué à la limite de la zone d'altération superficielle est suffisamment sécuritaire. Ici, bien que l'épaisseur des terrains déconsolidés soit estimée à 15 m sur le site, nous limiterons donc l'extension horizontale supplémentaire due à l'influence latérale en surface, à 5 m de rayon (correspondant à une profondeur

¹² Estimation des paramètres : angle de frottement = 35° ; coefficient de foisonnement = 1,3.

d'effondrement de 5 m, ce qui reste déjà fortement sécuritaire et très peu probable étant donnée le volume des vides disponibles).



Figure 15 : Extrait de la carte aléa effondrement localisé (ann. 6).

5.2. ALÉA TASSEMENT

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

Les vides résiduels sur la mine de Mandelèsse ne sont liés qu'aux galeries de recherche, dont l'instabilité se limite à engendrer la remontée d'un fontis. Dans le cas où celui-ci « s'auto-comble » à proximité de la surface (sans remonter au jour), l'application d'une charge en surface pourrait solliciter la recompaction de ces terrains déconsolidés si la surcontrainte se propage jusqu'à cette profondeur. Cette configuration serait susceptible de provoquer un phénomène assimilable à

un tassement de la surface. Concernant le niveau 30, si les calculs volumétriques ont montré que les voûtes de remontée de fontis n'atteignaient pas la surface, ils ne nous permettent pas d'exclure que ces déstructurations aient atteint la dizaine de mètres de profondeur. Or, selon la surcharge appliquée en surface, le réajustement des contraintes peut atteindre ces gammes de profondeur (la profondeur jusqu'à laquelle la surcontrainte se fait sentir dépendant de la taille de la fondation).

Par croisement de l'intensité et de la prédisposition, **un aléa tassement de niveau faible est donc attribué au droit des galeries de recherche (niveau 15 et niveau 30).**

L'emprise des terrains déconsolidés concerné par le phénomène de tassement est considérée être limitée à l'emprise des galeries.

5.3. RÉCAPITULATIFS DES ALÉAS RETENUS SUR LA MINE DE MANDELESSE

Dans l'état actuel des connaissances, deux types d'aléa (effondrement localisé et tassement) ont été retenus sur la mine de Mandelèsse, à l'aplomb des ouvrages débouchant au jour et du réseau de galeries.

5.4. PRÉSENTATION DE LA CARTE D'ALÉA

Les cartes localisant les zones d'aléa (Annexe 8) sont présentées à l'échelle du 1/1 000, sur un fond Orthophotoplan IGN, distinguant les aléas effondrement localisé et tassement. Sur les zones de superposition des types d'aléa retenu, seul le phénomène le plus défavorable (soit l'effondrement localisé) a été cartographié, dans un souci de lisibilité. Un extrait de la carte d'aléa effondrement localisé est inséré dans le corps du rapport (Tableau 5).

		Prédisposition	Intensité	Aléa
EFFONDREMENT LOCALISÉ	Puits principal	Peu sensible	Modérée	Moyen
	Cheminée	Sensible	Limitée	Moyen
	Portion nord du niveau 15	Sensible	Limitée	Moyen
	Portion sud du niveau 15	Peu sensible	Limitée	Faible
	Carrefour de galerie du niveau 15	Sensible	Limitée	Moyen
TASSEMENT	Réseau de galeries (niveau 15 et 30)	Peu sensible	Limitée	Faible

Tableau 5 : Récapitulatif des aléas retenus sur la mine de Mandelèsse.

6. Conclusions

Sur la mine de Mandelesse, sur la commune de Panazol, les travaux n'ont consisté qu'un des travaux de recherche sur environ 300 m de longueur. Deux ouvrages, aujourd'hui remblayés, ont été foncés à cet effet : un puits principal et une cheminée.

Dans l'état actuel des connaissances, deux types d'aléa (« effondrement localisé » et « tassement ») ont été retenus sur cette concession. Le niveau le plus élevé (estimé à « moyen ») est attribué à l'aplomb de la portion nord du niveau 15 foncée dans les schistes les plus tendres et dont la profondeur atteint 11 m à l'extrémité. Il a également été attribué au carrefour de galerie de ce niveau, où la portée du toit et le volume disponible pour le terrain effondré sont maximaux. Quant à l'aléa « tassement », il est retenu sur à l'aplomb du réseau de galerie de recherche (niveau 15 et niveau 30), dans le cas où un fontis « s'auto-comble » à proximité de la surface (sans remonter au jour) et que l'application d'une charge en surface sollicite la recompaction de ces terrains déconsolidés à faible profondeur.

Bien que les deux ouvrages principaux (cheminée et puits) soient concernés par un aléa effondrement localisé de niveau moyen, la cheminée, non localisée sur le terrain et associée à un niveau de prédisposition « sensible », reste plus problématique que le puits, repéré sur le terrain et concerné par un niveau de prédisposition « peu sensible ».

Retenons cependant l'absence d'événements recensés en surface (autre qu'en tête d'ouvrages). Deux maisons individuelles sont concernées par l'emprise de zones d'aléas de niveau moyen.

7. Bibliographie

Inconnu (1916-1919) - Recherches de wolfram de Mandelèsse (Haute-Vienne). Note technique BRGM NOTE/I-134

Mallard, F.-E. (1867) - Note sur les gisements d'étain du Limousin et de la Marche. Annales des Mines.

Mouchet, J (1923) - Note sur la mine de wolfram de Mandelèsse. CAC F14/18748.

Poulard F. (2006) - Phase 2 : Qualification rapide de l'aléa du site de Panazol (Haute-Vienne). Rapport INERIS DRS-06-66305/R21.

Dossiers des Archives Nationales de Paris.

Dossiers des Archives Départementales de la Haute-Vienne.

Dossiers des archives de la DRIRE Limousin.

Dossiers des archives du SGR Limousin.

Carte géologique de Limoges au 1/50 000 n° 688.

Base de données des sites et titres miniers français.

<http://www.cadastre.gouv.fr/scpc/accueil.do>

<http://infoterre.brgm.fr/>

http://www.ihtp.cnrs.fr/prefets/de/d010344mbf.html#_ftn117

Annexe 1

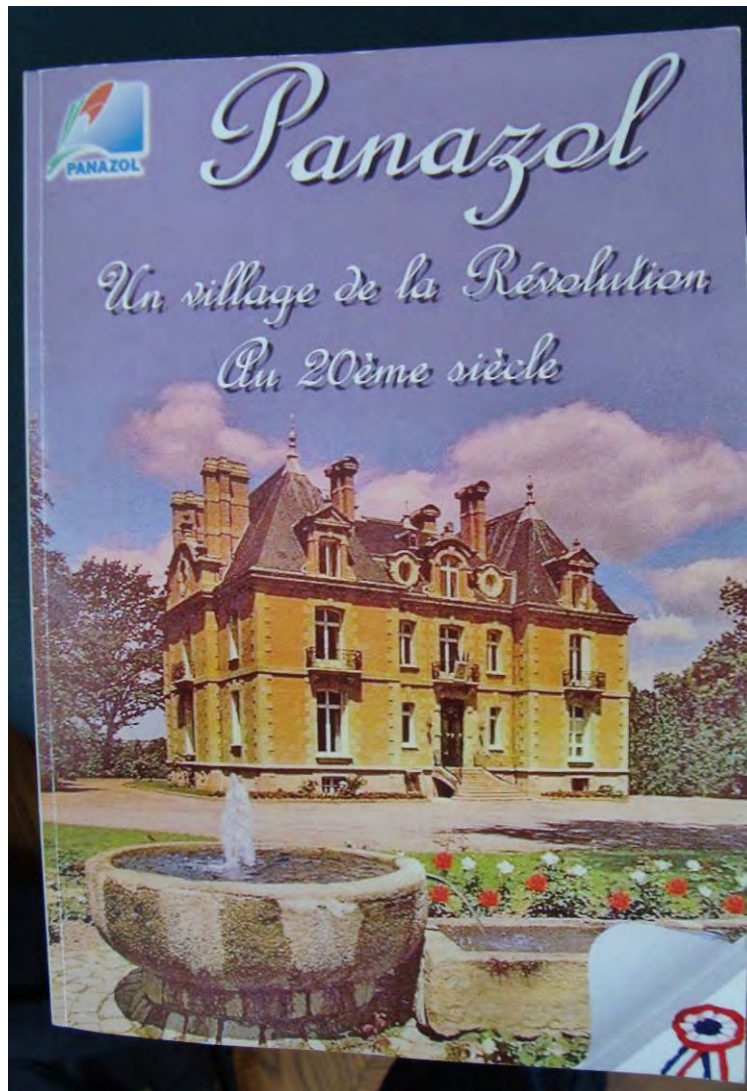
Liste des documents consultés aux archives nationales de Paris, de Fontainebleau (a), aux archives départementales de la Haute-Vienne et extrait de l'ouvrage de M. Villejoubert (b)

Annexe 1a

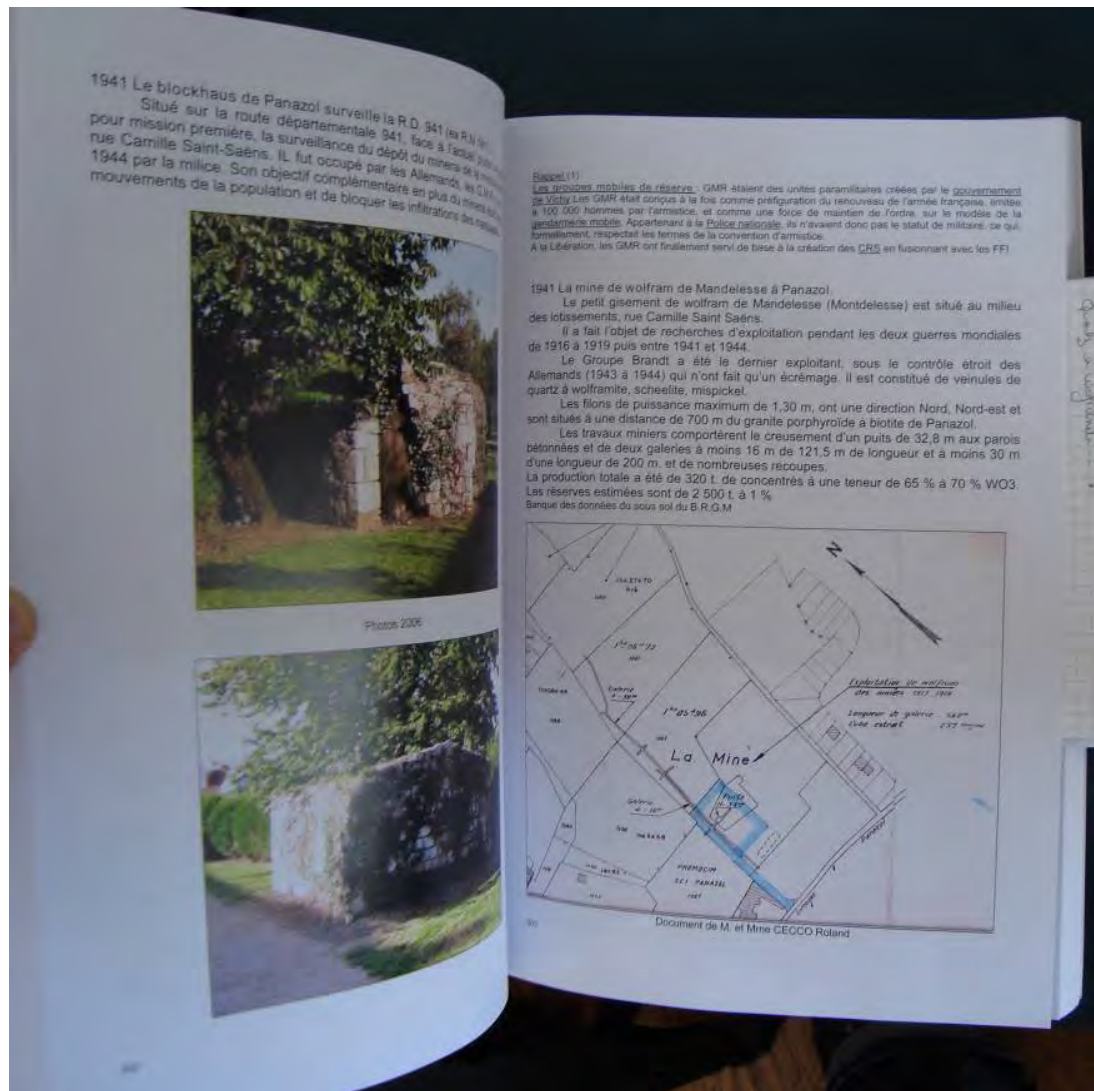
A.N : Archives Nationales de Paris, C.A.C. : Centre archives contemporaines Fontainebleau, A.D. : Archives départementales de la Haute-Vienne.

Origine	Cotes	Intitulés	Dates	Documents concernant Panazol
A.N	F/14/18748	concessions de mines (métaux) Panazol, Limoges, Mouchet, tungstène	1924	oui
A.N	F/14/3864	Surveillance des mines : PV de visite (dossier commun avec Vendée)	1835-1852	non
A.N	F/14/3878	Surveillance des mines : PV de visite (dossier commun avec 7 autres départ. dont Tarn, Var, Deux-Sèvres, Vendée)	1864-1872	non
A.N	F/14/3906	Surveillance des mines : PV de visite (dossier commun avec 4 autres départements.)	1872-1886	non
A.N	F/14/8354 F/14/8408	Surveillance des Mines, PV de visite (Haute-Vienne)	1886-1901 1886-1898	non
A.N		Redevances sur les mines (Var – Haute-Vienne)		non
A.N	F/14/8413	Demande d'abonnement à la redevance proportionnelle (Puy-de-Dôme - Vendée)	1860-1880	non
A.N	F/14/18991	Redevances fixes : états matrices des redevances départementales et communales : VIENNE (HAUTE).	1941-1953	non
A.N	F/14/18994	Procédures de déchéances de concessions minières : HAUTE-VIENNE.	1938-1939	non
C.A.C	19/830564	Mines de fer : Dossiers de concessions (1957-1978 env.) Mines du Centre Midi, Pyrénées, Alpes, Corse (IND/83/29-2)	1957-1978	Non consultable en désamiantage
A.D	8 S377	Mine de Mandelèsse, wolfram à Limoges et Panazol	1916-1924	oui
A.D	8 S 357	Prospection de mines dans les communes	1907-1918	non
A.D	1203w77	Cadastre réactualisé	1950	non
A.D	3 P 124	Cadastre napoléonien Panazol	1800-1940	non
A.D	1203w27	Cadastre, Panazol, Mandelèsse	1955	non

Annexe 1b



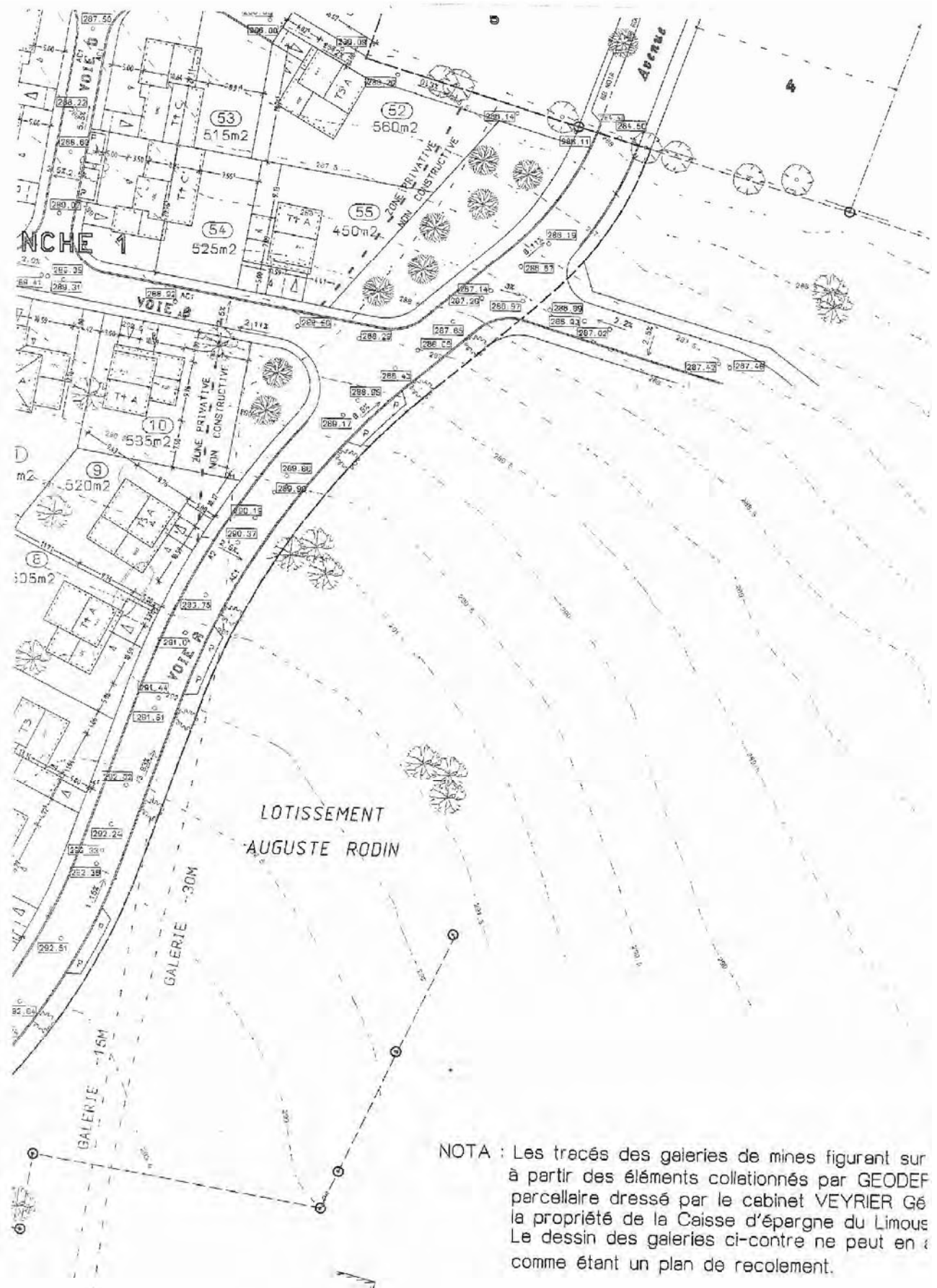
*Page de garde de l'ouvrage « Panazol un village de la Révolution au XX^e siècle.
M. Lestrade, B. Villejoubert. 2007 »*

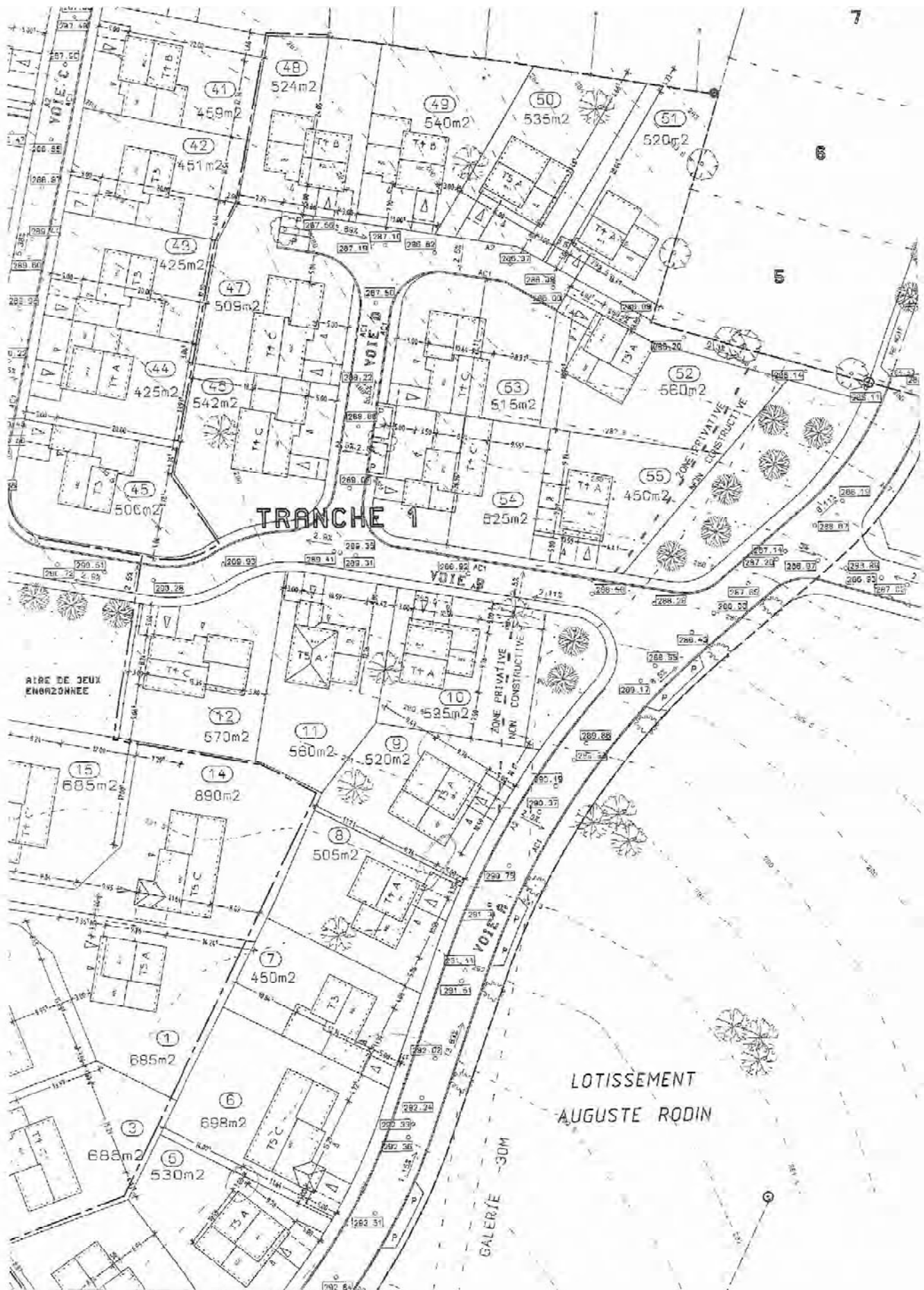


Extrait de « Panazol un village de la Révolution au XX^e siècle.
M. Lestrade, B. Villejoubert. 2007 »

Annexe 2

Extraits du plan interne du lotissement « Auguste Rodin » (commune de Panazol)



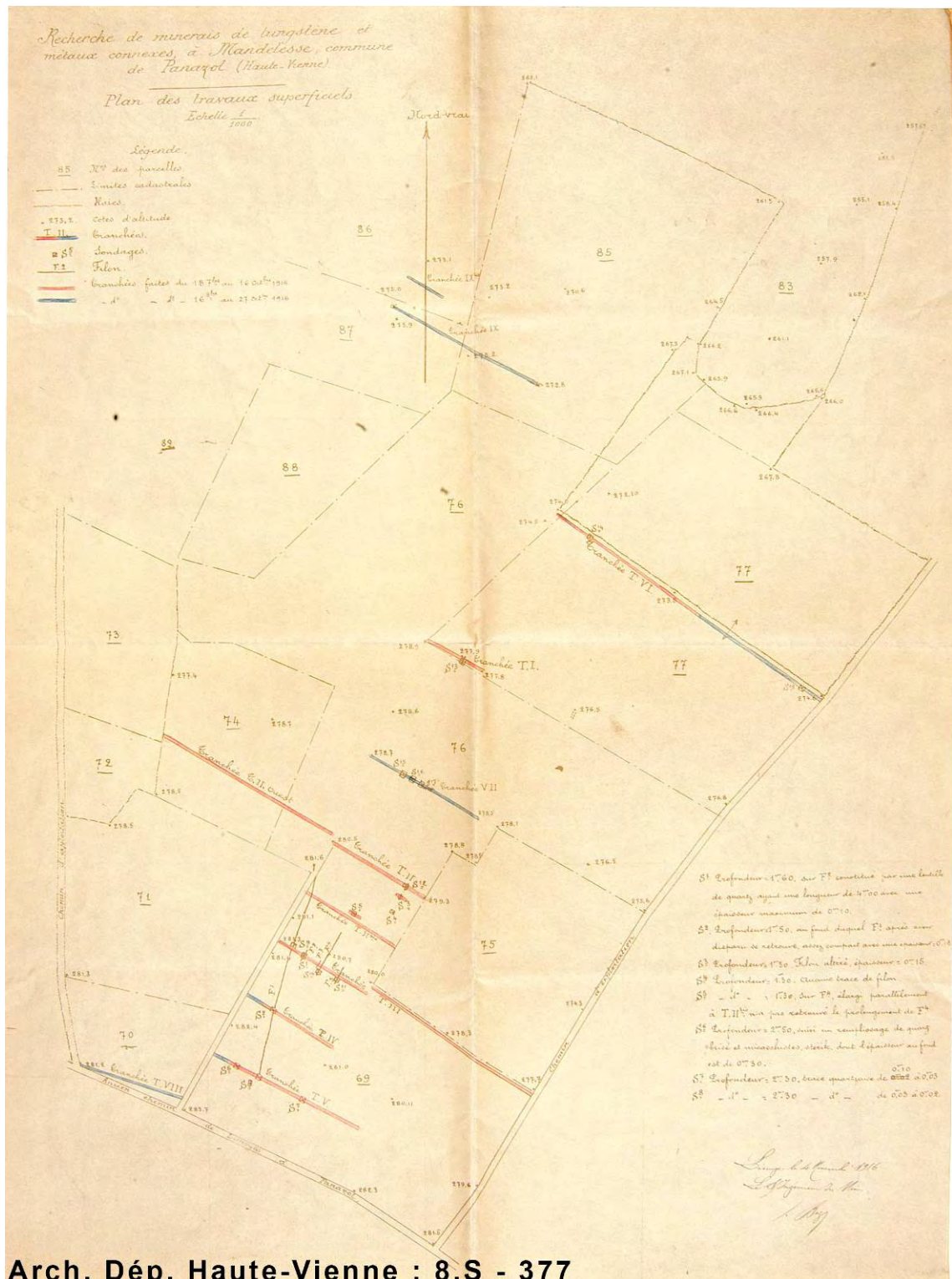




Annexe 3

Plan des travaux superficiels de recherche de la mine de Mandelesse

(archives départementales, 8S 377)



Arch. Dép. Haute-Vienne : 8.S - 377

Annexe 4

Résultats d'analyse des prélèvements de sol

RESULTATS EN mg/kg

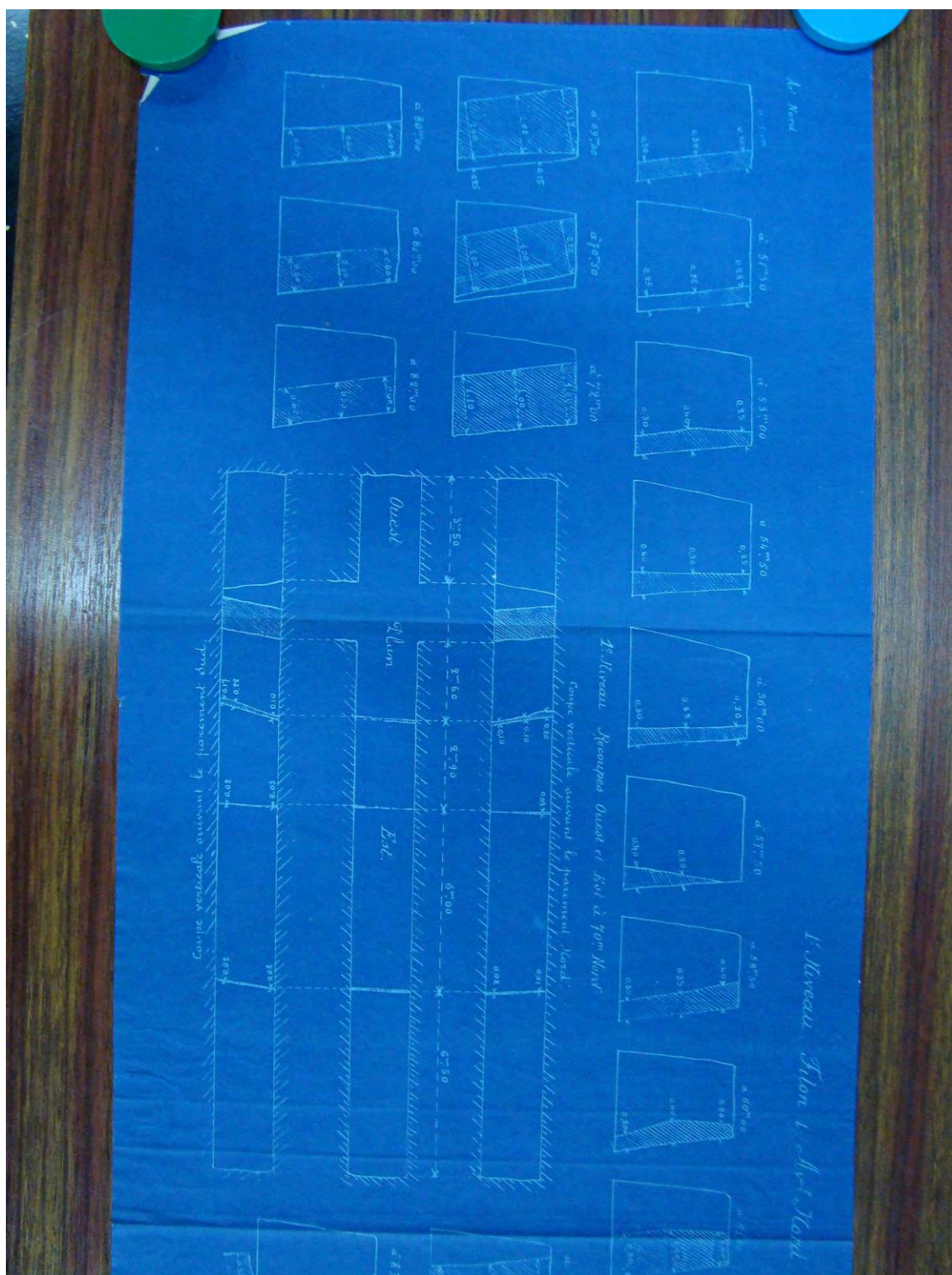
Référence	Ag	As	B	Ba	Be	Bi	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	La	Li
09-6-017-A 1	<5	29	54	685	7	27	<5	37	19	63	32	17	22
09-6-017-A 2	<5	2082	880	364	<5	92	<5	38	15	25	154	35	19
09-6-017-A 3	<5	2619	153	606	8	14	<5	44	15	43	53	28	20
09-6-017-A 4	<5	36	53	821	7	<5	<5	38	6	45	32	18	23
09-6-017-A 5	<5	27	56	723	8	<5	<5	32	14	54	47	19	21
09-6-017-A 6	<5	40	52	765	8	13	<5	35	21	47	35	14	20

Référence	Li	Mo	Nb	Ni	Pb	Sb	Sn	Sr	V	W	Y	Zn	Zr
09-6-017-A 1	22	20	<5	29	47	<5	8	66	63	59	12	144	52
09-6-017-A 2	19	10	<5	18	63	5	13	78	36	1948	13	124	43
09-6-017-A 3	20	21	<5	28	146	16	9	102	62	185	15	108	59
09-6-017-A 4	23	21	17	26	38	18	10	94	63	55	12	120	48
09-6-017-A 5	21	22	17	27	23	<5	<5	100	75	60	12	178	58
09-6-017-A 6	20	21	16	30	31	15	<5	98	68	93	12	114	46

Annexe 5

Coupes transversales de la galerie de niveau Extrait du rapport du 26 mai 1919

(archives nationales, Planche III_F14_18748)



Annexe 6

Carte informative au 1/1 000 de la mine de Mandelesse, commune de Panazol (Haute-Vienne)

Planche hors texte



Géosciences pour une Terre durable



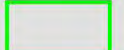
COMMUNE DE PANAZOL (87)

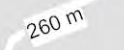
MINE DE TUNGSTENE DE MANDELESSE

CARTE INFORMATIVE

ECHELLE 1/1 000

Limites administratives

 Limite de commune

 Courbe de niveau

Ouvrages miniers

 Puits observé

 Cheminée d'aérage non observée

 Tranchée

 Puits de recherche

 Traces du filon en surface

 Galerie niveau - 15 m

 Galerie niveau - 33 m

Les fonds topographiques proviennent de la BD ORTHO IGN 42-2001- BRGM et 63-2004-BRGM conformément à la licence 2006/CUOC0153

Copyright IGN Paris 2002. Reproduction interdite

Projection Lambert II étendu

Rapport BRGM/RP 57203-FR

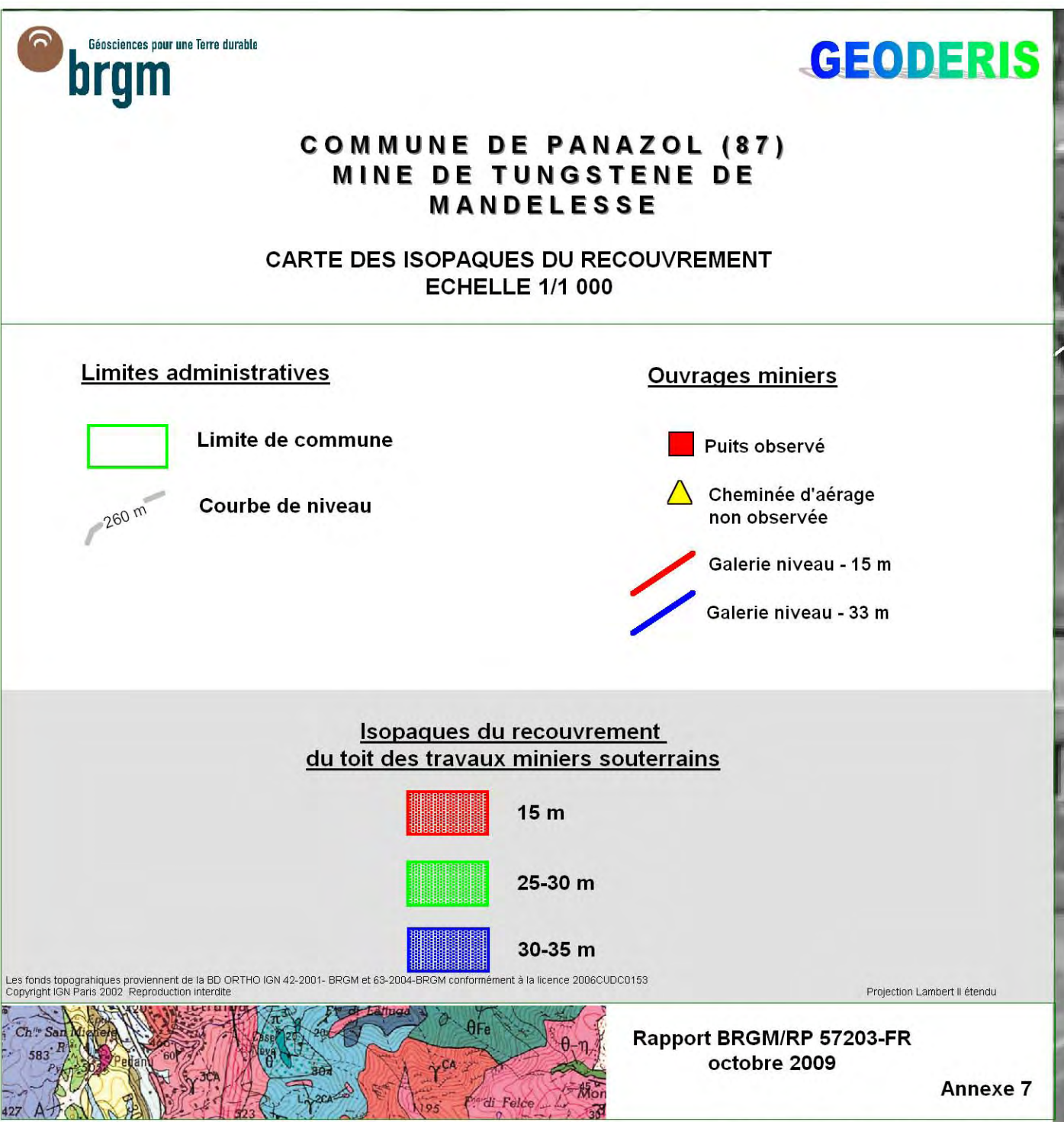
octobre 2009

Annexe 6

Annexe 7

Carte des isopaques au 1/1 000 de la mine de Mandelesse, commune de Panazol (Haute-Vienne)

Planche hors texte



Annexe 8

Carte de l'aléa « effondrement localisé » et aléa « tassement » au 1/1 000 de la mine de Mandelesse, commune de Panazol (Haute-Vienne)

Planche hors texte



Géosciences pour une Terre durable

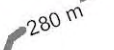


COMMUNE DE PANAZOL (87)
MINE DE TUNGSTENE DE
MANDELESSE

CARTE D'ALEA MOUVEMENT DE TERRAIN
ECHELLE 1/1 000

Limites administratives

 Limite de commune

 Courbe de niveau

Ouvrages miniers

 Puits observé

 Cheminée d'aérage non observée

 Galerie niveau - 15 m

 Galerie niveau - 33 m

Aléa mouvement de terrain

 Aléa effondrement localisé de niveau moyen

 Aléa effondrement localisé de niveau faible

 Aléa tassement de niveau faible

Les fonds topographiques proviennent de la BD ORTHO IGN 42-2001- BRGM et 63-2004-BRGM conformément à la licence 2006/CUCC0153

Copyright IGN Paris 2002. Reproduction interdite

Rapport BRGM/RP 57203-FR
octobre 2009

Annexe 8



The figure is an aerial photograph of a residential area in Panazol, France, with a mine site overlaid. The mine site is a vertical strip of land, approximately 100m wide and 200m long, running north-south. It is outlined in yellow and contains several red lines representing galleries at different levels. A red square marks the location of an observed well (Puits observé). The map is overlaid with a grid of orange, yellow, and blue lines, representing different types of ground movement risks: orange for localized medium-level collapse, yellow for localized low-level collapse, and blue for low-level settlement. Dashed white lines indicate contour lines at 280m and 290m. A scale bar at the bottom right shows distances of 0, 25, and 50 meters. An inset map in the bottom left corner shows the location of Panazol within the Limoges region, with a red box indicating the area shown in the main map.



Centre scientifique et technique
Service ressources minérales
3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34