



Communauté de communes
Brionnais Sud Bourgogne



Elaboration du PLU intercommunal

Pièce n°5.6 : Annexes – Aléas miniers



Opération soutenu par l'État



Porter à connaissance des services de l'État

Communauté de communes La Clayette –
Chauffailles en Brionnais

Élaboration du PLUi

Annexe 11 : « évaluation et cartographie des aléas miniers sur la commune de La Chapelle-sous- Dun »

**Evaluation et cartographie des aléas miniers
sur la commune de La Chapelle-sous-Dun (71)**

DIFFUSION :

POLE EST
DRIRE

GEODERIS

P. HANOCQ
C. PINSON
J.P. THOREY
R. HADADOU
L. DRIAD-LEBEAU
I. VUIDART

Réf : GEODERIS E2009/156DE – 09BOU2320

Date : 06/08/2009

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	L. DRIAD-LEBEAU	I. VUIDART	R. HADADOU
Visa			

SOMMAIRE

1. OBJET ET CONTEXTE	3
2. DEMARCHE ADOPTEE.....	3
2.1 METHODOLOGIE	3
2.2 BASE DOCUMENTAIRE.....	6
2.3 INVESTIGATIONS DE TERRAIN – CAMPAGNE DE FORAGE	7
2.4 REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE	7
3. CONCESSION DE LA CHAPELLE-SOUS-DUN ET DES MOQUETS	8
3.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE	8
3.2 CADRE GEOLOGIQUE ET TECTONIQUE	8
CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE LOCAL	9
3.3 LE GISEMENT	9
3.4 TRAVAUX ET MODE D’EXPLOITATION	10
4. DESCRIPTION DES TRAVAUX ET OUVRAGES MINIERES	12
4.1 OUVRAGES DEBOUCHANT AU JOUR	12
4.2 OUVRAGES TRAITES EN 2000	14
4.3 LES TRAVAUX SOUTERRAINS	15
4.4 OUVRAGES DE DEPOTS	16
4.5 DESORDRES MINIERES.....	16
5. LES TRAVAUX D’INVESTIGATION.....	17
5.1 RAPPEL DES TRAVAUX REALISES AVANT 2009 [3,4]	17
5.2 RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE FORAGE 2009	18
6. EVALUATION DES ALEAS.....	19
6.1 ALEA EFFONDREMENT LOCALISE POUR LES OUVRAGES DEBOUCHANT EN SURFACE	19
6.2 ALEA EFFONDREMENT LOCALISE POUR LES TRAVAUX SOUTERRAINS SITUES A FAIBLE PROFONDEUR	22
6.3 ALEA AFFAISSEMENT POUR LES TRAVAUX EXPLOITES EN CHAMBRES ET PILIERS	25
6.4 ZONAGE ET CARTOGRAPHIE DE L’ALEA	27
6.5 SYNTHESE DE L’EVALUATION DE L’ALEA.....	28
7. ANALYSE DU RISQUE.....	28
7.1 LE BOURG DE LA CHAPELLE-SOUS-DUN	29
7.2 HAMEAU DES MOQUETS	30
7.3 ZONE DES PERRIERES.....	30
8. REFERENCES.....	31
9. ANNEXES	43

Mots clés : La Chapelle-sous-Dun, Les Moquets, aléa, puits, travaux souterrains, galerie, charbon

1. OBJET ET CONTEXTE

Dans le cadre du programme 2009 de GEODERIS, l'étude des aléas miniers « mouvements de terrain » sur la commune de La Chapelle-sous-Dun a été menée à la demande de la DRIRE de Bourgogne par l'intermédiaire du Pôle de compétence Après-mine Est. GEODERIS a réalisé la phase informative, l'évaluation et la cartographie des aléas « mouvement de terrain » associés aux travaux miniers. La commune est située à 4 km au sud de la ville de La Clayette dans le département de la Saône-et-Loire (71, figure 1). L'étude porte sur l'ensemble des travaux miniers relatifs à la recherche et à l'exploitation du charbon.

Le contexte de l'étude de la concession de La Chapelle-sous-Dun et des Moquets apparaît naturellement à travers la chronologie des études et des investigations menées sur la commune :

- la première étude a été réalisée dans le cadre du retrait des anciennes concessions orphelines et a consisté en un examen des dossiers d'archives et d'un état des lieux du site en vue de proposer les mesures de mise en sécurité des anciens ouvrages (*BRGM, 1995*) ;
- suite aux résultats de l'étude précitée et à l'apparition de plusieurs désordres anciens et récents, notamment sur deux routes (dont la RD987) au sud du Bourg, de nombreuses investigations ont été entreprises afin de préciser les modalités de traitement de certains ouvrages débouchant au jour identifiés sur le terrain et de délimiter les zones de risque dans le Bourg surplombant des cavités minières à faible profondeur susceptibles de s'effondrer (*BRGM 1996-2000*) ;
- diverses campagnes de forage ont permis la localisation de galeries minières dans le Bourg (*BRGM 2000-2004 et GEODERIS, 2004-2005*).

Suite à ces investigations, la DRIRE a demandé à GEODERIS de compléter l'étude d'aléa sur le secteur du Bourg et de l'étendre à l'ensemble du territoire communal.

On rappellera que l'emprise des travaux d'exploitation est concentrée sur la commune de La Chapelle-sous-Dun. Celle-ci a, en effet, été le siège d'exploitations de houille depuis 1809 à 1960 (date d'arrêt des travaux).

2. DEMARCHE ADOPTEE

2.1 METHODOLOGIE

L'analyse a été menée selon le guide méthodologique d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers [1]. La démarche adoptée se décline selon les étapes de la figure 2.

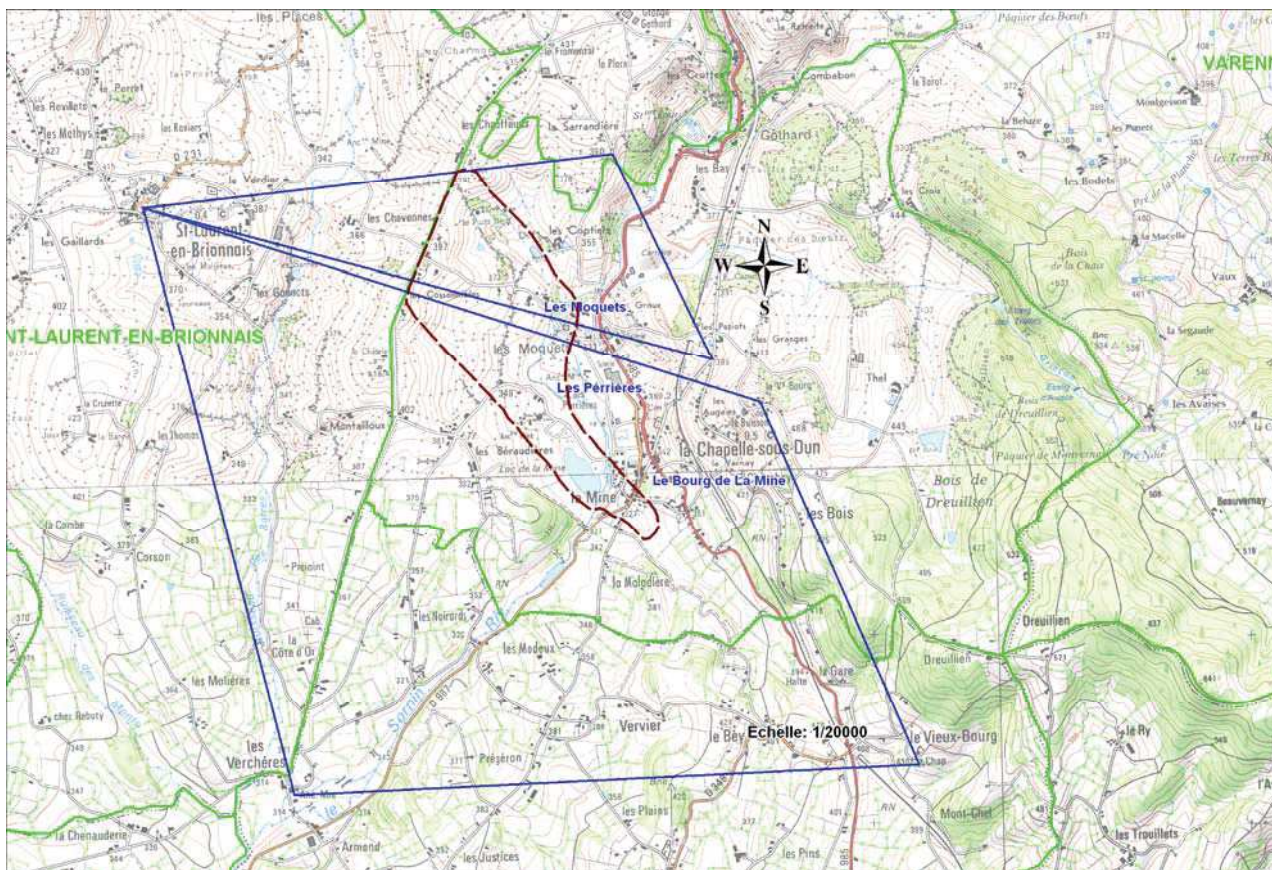


Figure 1 : Périmètre d'étude (limites commune en vert) - Emprise de la concession de La Chapelle-sous-Dun et des Moquets (en bleu) et des travaux (en brun)

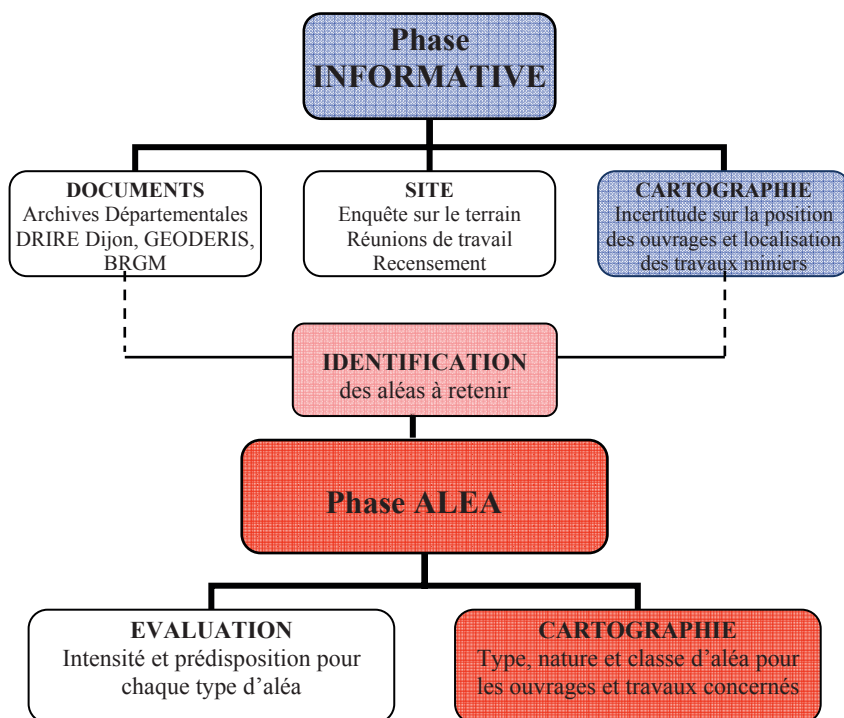


Figure 2 : Démarche adoptée pour la réalisation de l'étude d'aléa

Aléas et risques - Définition

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

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

La prédisposition d'un site à l'apparition de désordres ou nuisances est évaluée en fonction de paramètres caractérisant l'environnement du secteur considéré et la technique d'exploitation utilisée, autant de facteurs exprimant la « sensibilité » d'un site.

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

Phase informative

C'est la phase préliminaire de l'étude qui consiste globalement à renseigner au mieux les contextes minier, géologique et hydrogéologique de la zone d'étude, et ce en recensant toutes les informations disponibles ainsi que d'éventuelles mesures *in situ* de surface ou en forage. Ainsi, la phase informative réalisée a nécessité :

1. une recherche documentaire de diverses sources (Archives départementales, mairie, DRIRE...) (voir §3) ;
2. des visites de site et enquête auprès des habitants (anciens mineurs...) (reconnaissance des ouvrages et d'éventuels désordres) ;
3. une campagne de forage en complément des investigations entreprises par le BRGM et GEODERIS entre 2000 et 2004 dans le secteur de « La Mine » ;
4. une synthèse des résultats d'expertise de galeries dans secteur du Bourg ;
5. une identification des aléas retenus.

Phase d'évaluation et de cartographie des aléas

Les résultats issus de la phase informative sont ensuite analysés afin d'évaluer les aléas redoutés. Cette phase d'analyse est conduite selon deux grandes étapes :

1. identification et évaluation de l'aléa par type de phénomène (ou désordre) attendu compte tenu de leur intensité et de la prédisposition du site (i.e. probabilité d'occurrence) ;
2. cartographie des aléas.

2.2 BASE DOCUMENTAIRE

La phase informative de l'étude s'appuie sur des documents (rapports d'étude, articles, compte rendu visite de site, atlas, correspondances, plans miniers, etc.) provenant des organismes suivants :

1. **DRIRE Bourgogne** (Rapports relatifs au traitement d'ouvrages de surface, PV, compte rendu de visite de site, désordre) ;
2. **BRGM** (rapports d'étude, compte rendus de visite de site) ;
3. **GEODERIS** (archives, rapports d'étude, correspondances, cahier des charges, compte rendus de visite) ;
4. **Archives départementales** de Macon (PV, correspondances, notes d'expertises, décrets, demande d'autorisation de travaux, plans, etc.) ;
5. **Archives INPL Nancy** (Notices et atlas de Drouot, 1857) ;
6. **Mairie de La Chapelle-sous-Dun** (plans cadastraux Napoléoniens, note sur l'historique de la concession, communication des désordres survenus au niveau du bourg de La Chapelle-sous-Dun) ;
7. **Interview d'anciens mineurs** (M Pollette de la Chapelle-sous-Dun, mars 2008).

Une liste exhaustive de l'ensemble des documents consultés est présentée au chapitre « Bibliographie ».

De plus, l'ensemble des plans miniers disponibles à ce jour ou non ont été recensés :

Année/concession	Support	Echelle	Calage	Descriptif du contenu	Disponibilité
Mai 1834/Moquets	-	-	-	-	NON
1851/Chapelle	Papier/fichier	1/1000	Ortho/2009 Incertitude : 8 m	<i>Zone d'exploitation du sud au nord hors concession des Moquets – Coupes verticales au niveau de quelques puits</i>	OUI
Plan travaux miniers 1857	Papier/fichier	1/4000	Ortho/2009 Incertitude : 8 m	<i>L'ensemble des travaux de la concession y compris les Moquets</i>	OUI
Juin 1943/Chapelle	papier	-	-	-	OUI
Mai 1947	Papier	1/2000	Ortho/2009 Incertitude : 3 m	<i>Plan surface Exploitation de la GC</i>	OUI
1947	Papier	1/2000	Ortho/2009 Incertitude : 3 m	<i>Plan surface Exploitation de la CC</i>	OUI
Mai 1947	Papier	1/2000	Ortho/2009 Incertitude : 3 m	<i>Plan surface Exploitation CB</i>	OUI
Mars 1960	Papier/fichier	1/2000	Ortho/2009 Incertitude : 3 m	<i>Plan surface de galeries ouvertes et couches dépilées</i>	OUI
Mars 1960	Papier/Fichier	1/2000	-	<i>Plan de propriété</i>	OUI

On notera que le calage des plans précités a permis de reporter l'ensemble des travaux miniers datés du 20^{ème} siècle et vérifier la position des ouvrages débouchant en surface ainsi que les

affleurements des couches exploitées et les failles. Les anciens travaux (XIX^{ème} siècle) sont essentiellement reportés sur le plan de 1857 (annexe 3).

2.3 INVESTIGATIONS DE TERRAIN – CAMPAGNE DE FORAGE

Les investigations de terrain menées dans le cadre de cette étude consistaient dans un premier temps à :

- localiser sur la commune La Chapelle-sous-Dun, des désordres historiques connus et documentés ;
- rechercher une éventuelle trace des affleurements et des travaux ;
- identifier les ouvrages débouchant en surface (puits, galeries, fendus¹ traités ou non) ;
- identifier de nouveaux désordres en surface tels que des zones de dépressions ;

et ce, par reconnaissance visuelle sur site et enquêtes auprès des habitants et de la mairie.

Au vu des éléments informatifs disponibles à ce jour examinés depuis ces dix dernières années et du diagnostic effectué lors des visites de site, il en est découlé le besoin d'entreprendre des recherches complémentaires par forage. Il s'agissait de valider la position des affleurements houillers traversant la commune de La Chapelle-sous-Dun et de rechercher la présence éventuelle d'ouvrages miniers (i.e. galeries dans le secteur nord des Moquets) susceptibles d'être à l'origine de désordres au niveau des enjeux de surface (hameau des Moquets). Enfin, à l'issue des résultats de recherche d'affleurements, un complément de recherche de cavités s'est avéré nécessaire au niveau du Bourg.

C'est dans cette optique d'investigation qu'une campagne de forage a été menée sur la commune de La Chapelle-sous-Dun en mars 2009. Une cinquantaine de forages d'une profondeur allant de 10 m à 25 m ont été réalisés. Il est important de noter que la configuration d'implantation des forages a été élaborée en tenant compte :

- des résultats obtenus lors des anciennes campagnes de forages pour ce qui concerne le bourg de La Chapelle-sous-Dun ;
- des contraintes liées aux réseaux souterrains (eau, fibre optique, gaz...) ;
- de l'accessibilité des sites.

Les résultats de cette campagne de forage sont présentés au chapitre 7.

2.4 REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE

La carte informative est établie sur la base de l'orthophotoplan de l'IGN. Les informations cartographiques (emprise des travaux miniers, limite des travaux à moins de 50 m, ouvrages débouchant en surface et failles) proviennent essentiellement des résultats d'un géoréférencement du plan de 1857 et des plans des travaux exploités entre 1938 et 1960. Ce calage a pu être optimisé avec une incertitude de 8 m pour l'ensemble des ouvrages. De ce fait, nous avons retenu une incertitude de positionnement de 8 m. Pour ce qui concerne les

¹ Voie inclinée permettant l'accès au gisement depuis la surface

ouvrages de surface matérialisés par GPS, une incertitude de positionnement de 3 m a été retenue. Elle correspond à l'incertitude de mesure de l'appareil. A ces incertitudes de positionnement s'ajoutera, pour la représentation cartographique, une incertitude de 3 m liée au support cartographique et ce, pour l'ensemble des ouvrages. On notera que pour les galeries reconnues par sonar, aucune incertitude ne sera retenue, leur positionnement étant reporté très précisément. De même, aucune incertitude cartographique ne sera retenue pour la représentation sur fond cadastral.

3. CONCESSION DE LA CHAPELLE-SOUS-DUN ET DES MOQUETS

3.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le bassin houiller de la Chapelle-sous-Dun est situé au sud du département de Saône et Loire dans la vallée du Sornin sur le territoire des deux communes de La Chapelle-sous-Dun et de Chassigny sous Dun (Figure 3). Le houiller est en forme de « prisme » d'axe NNW-SSE dans le socle éruptif hercynien du sud de la dorsale granitique du Charollais (granite et rhyolite). Il disparaît au nord-ouest dans les morts terrains triasiques et jurassiques. Il est actuellement difficile voire impossible de rencontrer sur le terrain la trace des affleurements.

3.2 CADRE GEOLOGIQUE ET TECTONIQUE

Le bassin de la Chapelle-sous-Dun est délimité du socle et des terrains sédimentaires par deux failles bordières qui convergent vers le S-SE. Le Stéphanien productif forme une cuvette allongée nord-sud dans lequel **le faisceau houiller** se présente en une bande étroite de 200-300 m et une longueur d'environ 2500 m en direction SE à NO. Il constitue une enclave isolée limitée par les granites au sud-ouest et les rhyolites au nord-est (Figures 4a et 4b). Au cœur du bassin, profondément encaissé dans les rhyolites et les granites, les couches sont dirigées vers le nord-ouest et plongent de 45° vers le sud-ouest. Elles sont recoupées et légèrement décalées par de nombreuses petites failles normales.

D'un point de vue **lithologique**, le bassin est caractérisé par une couverture alluvionnaire (alluvions argileuses) et gréseuse sur les premiers mètres suivie d'une série de couches de charbon intercalées entre des schistes (essentiellement) et/ou des grès (Figure 5). On notera que l'épaisseur des terrains du recouvrement du houiller est de 5 m dans la partie sud de la concession (bourg de La Chapelle-sous-Dun) et atteint les 10 m au nord au niveau du bourg des Moquets (réf. données forages 2009).

Les affleurements sont situés sous quelques mètres d'alluvions argileuses au sud et profonds vers le nord où les morts terrains sont plus épais. Les affleurements sont situés entre les cotes 320 et 250 m NGF pour les 4 couches exploitées. Il en découle qu'aucune trace d'affleurement n'est visible sur le terrain, seule une campagne de forage est susceptible de les identifier sous la couche alluvionnaire.

Il est important de noter le **contexte tectonique** du bassin de la Chapelle-sous-Dun caractérisé par une forte fracturation des massifs cristallophylliens. Le socle est en effet affecté par des

accidents ayant pour orientations N320° (failles bordières du bassin de La Chapelle-sous-Dun) et N20°-40°/N0°-10° correspondant à des failles de moindre importance mais qui ont joué un rôle majeur dans les difficultés rencontrées lors des exploitations.

CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE LOCAL

Dans le secteur de La Chapelle-sous-Dun, deux formations contiennent des eaux souterraines :

- les alluvions argileuses surmontées par des remblais ;
- les formations de schistes carbonifères compacts et fracturés avec des niveaux houillers affectés par les travaux miniers (puits, galeries) en partie comblés et ennoyés. Les travaux miniers ont localement modifié la structure des terrains encaissants et ont créé une perméabilité dite de « conduite ».

Compte tenu du contexte morphologique et géologique, il est supposé que la rivière du Sornin d'axe NS représenterait l'axe majeur des écoulements souterrains puisqu'elle constitue l'exutoire principal des eaux souterraines. D'autre part, la partie la plus active des écoulements souterrains se situerait dans les alluvions argileuses car seule cette formation reposant sur un substratum granitique quasiment imperméable est présente à l'aval hydraulique du secteur de « La Mine ».

3.3 LE GISEMENT

Le gisement de houille comprend plusieurs couches parallèles d'importance inégale avec un pendage sud-ouest sub-horizontale à 20° au lieu-dit « La Mine » et 45° dans les autres secteurs. De haut en bas, les 5 principales couches exploitées sont décrites comme suit :

- **la Grande Couche (GC)** : dite aussi « couche supérieure » d'une puissance de 3,5 m à 4 m avec un pendage est de 45° vers l'ouest. Découverte en 1826, elle comptait pour 60 % dans l'extraction jusqu'en 1927 ;
- **la couche « Conchalon » (CC)** : dite deuxième couche d'une puissance d'1 m et localement pouvant atteindre les 2 m, elle est située entre 22 et 25 m en dessous de la Grande Couche et à l'ouest près de la route départementale (RD987). Cette couche a été très peu exploitée avant 1940 ;
- **la couche « Henriette » (CH)** : dite troisième couche d'une puissance 1 à 2 m, elle est située entre 15 et 20 m en dessous de la couche Conchalon. La CH a été exploitée essentiellement au sud de la concession à l'est de la route départementale depuis 1809 ;
- **la couche « Brancilly » (CB)** : dite quatrième couche située entre 5 et 15 m sous Henriette, d'une puissance allant de 0,7 m et 1 m partiellement exploitée avant 1900 (sud de la concession) et activement jusqu'en 1927 où elle donnait 40 % de la production totale ;
- **la couche « Gore » (CG)** : d'une puissance moyenne de 1,5 m, elle est située entre 7 et 11 m de Brancilly. Cette couche a été exploitée sporadiquement de 1902 à 1922.

3.4 TRAVAUX ET MODE D'EXPLOITATION

3.4.1 HISTORIQUE

Les premières recherches datent de l'année 1800. Elles furent faites au sud-est de la route de La Clayette à Châteauneuf. On découvrit la petite couche n°3 dite Henriette, dont la puissance était de un mètre. La concession dite de La Chapelle-sous-Dun fut accordée à la demoiselle Henriette Chambon par décret impérial du 20 novembre 1809. L'extraction se faisait au moyen de treuil à bras. Les produits ne servaient guère qu'à alimenter une teinturerie et un four à chaux. Les puits étaient ceux dits : Henriette, de la Cabane et du Treuil.

En 1824, la mine fut achetée par M. Teissier qui fit foncer le puits dit Conchalon et découvrit la couche de ce nom, ou n°2, qui se trouve au-dessus de celle dite Henriette. En 1826, on fonda le puits n°1 qui recoupa au niveau 20 mètres, la Grande Couche ou couche supérieure dans laquelle on établit les travaux. En 1830, on installa la première machine à vapeur.

L'exploitation dans cette partie de la concession a été très vite limitée. En effet, malgré l'étendue des terrains houillers qui affleuraient sous les alluvions, ces derniers offraient peu de ressources. Les couches Henriette et Conchalon ont été activement exploitées mais les produits étaient de qualité insuffisante. Pour ce qui concerne la grande couche, la quasi-totalité combustible en a été extrait et les couches inférieures s'y montraient inexploitable. Il apparut donc que les ressources principales se trouveraient dans le prolongement des gîtes sous les terrains secondaires en allant vers le nord (i.e. le hameau des Moquets).

La concession des Moquets a été accordée par ordonnance du 7 mars 1841. En 1854, les deux concessions de La Chapelle-sous-Dun et des Moquets, fusionnèrent.

Au début du XX^{ème} siècle, la production a atteint en moyenne les 80000 tonnes/an. L'horizon s'assombrit après la première guerre mondiale. La concurrence du nord et la vétusté des installations entraînèrent la fermeture en 1930. En 1938, la réouverture de la mine a vu le jour et ce, dans de meilleures conditions techniques et une conjoncture plus favorable. Dès 1958, le déclin du rendement des exploitations menace d'une nouvelle fermeture ; une lutte sans relâche des mineurs pour la poursuite de l'exploitation a ébranlé le monde médiatique et politique de cette époque. Hélas, les mines de la Chapelle ont dû se plier à la décision de fermeture rendue publique quelques mois après la lutte des mineurs.

Ainsi, l'exploitation détenue depuis 1931 par « Les Houillères de La Clayette », s'arrêta en avril 1960 sur dépôt de bilan pour rentabilité insuffisante. Le tonnage extrait entre 1809 et 1960 totalise 2,4 millions de tonnes. La Grande Couche a fourni l'essentiel du minerai extrait.

3.4.2 MODE D'EXPLOITATION

Le mode d'exploitation peut être décliné suivant trois périodes bien distinctes :

Avant 1850 : l'exploitation était effectuée par puits foncés jusqu'au niveau des couches destinées à l'extraction du minerai et qui communiquaient par des recettes et galeries horizontales. D'après les archives, ces galeries auraient été remblayées par des stériles notamment dans la partie sud de la concession. Cependant, l'apparition de désordres ces

dernières années au sud du gîte (hors secteur du Bourg) supposerait qu'en réalité le remblayage n'a pas été systématique ou bien il était partiel.

Au vu des anciens plans miniers, le tracé des travaux montre que les exploitations ont été de manière générale menées par chambres et piliers. Le mode d'exploitation a été amélioré depuis le début, les dimensions des galeries préparatoires ont été réduites à 2,40 m de hauteur sur 2,50 m de largeur au lieu de 3 m de largeur qu'on leur donnait avant 1848.

Après 1850 : l'exploitation par chambres et piliers menée essentiellement à des profondeurs inférieures à 70 m s'est avérée non rentable du fait que plus de 40 % du charbon restaient sur place (piliers). Par ailleurs, la présence de vides favorisait la circulation d'air dans les travaux, le risque d'incendie était donc important.

C'est ainsi qu'une nouvelle méthode a été mise en place pour pallier les contraintes que présentait l'exploitation par chambres et piliers. Il s'agit de la méthode par défilage et foudroyage. Des puits étaient foncés jusqu'au niveau des couches destinées à l'extraction du minerai et communiquaient par des recettes. La méthode d'exploitation consistait alors à tracer en couche des galeries horizontales laissant entre elles des piliers longs et parallèles à la direction des terrains puis, à revenir en arrière pour enlever les piliers (*d'après le rapport de l'ingénieur des mines du 3 avril 1850*). Cependant, des zones en chambres et piliers étaient maintenues au-dessous des maisons et de la rivière du Sornin pour prévenir des désordres en surface et des infiltrations des eaux dans les travaux miniers.

D'après les archives, cette méthode d'exploitation a été utilisée pour extraire le gisement jusqu'à la fermeture de la mine (1960).

Renouveau 1938 : les incendies, la remontée des eaux et la faible rentabilité économique de l'exploitation conduirent à la cessation de toute activité en 1930, et ce pendant 7 ans.

C'est en 1938 qu'une nouvelle période d'exploitation a vu le jour. Le premier puits fut ouvert dans le bourg (*puits 1937*), mais le principal était le *puits Josette (1938)*, situé sur l'actuelle aire de jeu. L'objectif était de commencer les exploitations aux affleurements, la recherche au puits 1937 rencontra Henriette (mauvaise qualité, faible puissance, 1 m) ce qui motiva le fonçage du puits Josette par lequel on espérait la rencontre de la couche Brancilly ; ce fut un échec. La découverte de la couche Conchalon entre la route Châteauneuf (actuelle RD987) et le chemin de fer fait redémarrer l'exploitation (puissance 1,8 m à 2 m de puissance, charbon de bonne qualité). Une descenderie fut creusée à proximité des travaux du Massardier (descenderie Conchalon 3) pour l'exploitation des couches Conchalon et Brancilly de la cote 256 aux affleurements (les affleurements se situent entre les cotes 250 - 320) jusqu'en 1950.

D'après les archives de 1947 et 1960, les anciens travaux en chambres et piliers (XIX^{ème} siècle) situés à faible profondeur (à moins de 50 m) ont été ré-exploités pour extraire le reste du gisement en prenant les piliers laissés sur place. D'après les plans miniers, il semblerait que l'ensemble des anciens travaux ait été repris. Cependant, les archives mentionnent que l'exploitant a parfois rencontré des difficultés dans ces anciens secteurs et que des piliers ont pu être laissés en place. Il n'est donc pas exclu que des vides subsistent localement, comme en témoignent certains désordres apparus notamment près du lac de la Mine.

En 1950, les installations du puits 7 prirent le relais. L'exploitation s'est étendue vers le nord de la concession et aux puits Neuf et d'aérage.

En résumé, les exploitations se sont déroulées en plusieurs étapes résumées comme suit :

- la « Grande Couche » entièrement tracée et en grande partie défilée sur toute sa surface. Elle a été longtemps seule exploitée entre 1900 et 1926. Les plus anciens ouvrages réalisés en Grande Couche sont les travaux dits « *Massardier* » exécutés entre 1826 et 1836. Le premier puits foncé (puits 1) a recoupé la GC à seulement 20 m de profondeur. Ces anciens travaux ont cessé à la suite des incendies et des inondations. Ils se sont ensuite affaissés, créant le lac minier actuel situé à une centaine de mètres du Bourg (ou hameau de la Mine). En 1957 et 1958, la GC est exploitée près du puits Neuf par enlèvement de piliers abandonnés dans les anciens travaux. Des échauffements ont donné naissance à trois feux qui ont contraint à fermer le quartier et à abandonner définitivement les travaux en GC. Notons que quelques secteurs de vieux travaux ont également été repris au sud ;
- la couche Conchalon a été exploitée de façon sporadique au-dessus de la cote 100 (< 200 m de profondeur) avant 1838 puis, de 1939 à 1960, du sud au nord (à 450 m du puits du manège) en amont de la cote 200 ;
- la couche Henriette essentiellement exploitée au sud du gîte au lieu-dit « La Mine » entre 1809 et 1823, puis sporadiquement entre 1937 et 1938, à l'extrême sud-est du gisement pendant 1 an et demi ;
- la couche Brancilly a été partiellement exploitée avant 1900 entre le puits 5 et le puits du manège. Après cette date, l'exploitation devint plus active jusqu'à la cote 100 dans la partie nord (Les Moquets). De 1942 à 1960 du sud au nord (puits Neuf) en amont de la cote 200 ;
- la couche Gore n'a pas été exploitée avant 1900. Elle a fait l'objet de quelques traçages entre 1902 et 1922, date à laquelle elle fut abandonnée.

On notera qu'après la période de 1823, des événements récurrents liés aux incendies et aux inondations ont perturbé l'avancement des exploitations et dans certains cas, ont incité l'arrêt des travaux pour de longues périodes (pour des raisons de sécurité et de solutions de repli souvent non disponibles). Ces événements démontrent le rôle majeur des failles (cause des inondations par infiltration des eaux souterraines) et du caractère inflammable du minerai lors de son extraction (incendies). Aucun événement lié au grisou n'a été relevé. Les mines de La Chapelle-sous-Dun sont en effet très peu grisouteuses.

Actuellement, l'ensemble des travaux et ouvrages est ennoyé. Le niveau d'eau est à des profondeurs entre 1 et 3 m dans le secteur de « La Mine » et au Perrière, et entre 6 et 8 m au nord (Les Moquets).

4. DESCRIPTION DES TRAVAUX ET OUVRAGES MINIERES

4.1 OUVRAGES DEBOUCHANT AU JOUR

Les informations relatives au recensement des ouvrages débouchant en surface proviennent de la base de données disponible à GEODERIS, complétée par des recherches récentes dans les archives, notamment le plan de 1857.

Nous avons recensé **29 puits, 2 galeries, 4 fendues et 1 descenderie**.

Les puits

Les 29 puits ont été classés en trois groupes décrits comme suit :

- **puits du groupe 1** : 3 puits, les plus anciens, datant de la première époque des exploitations artisanales (1809-1823), foncés à une profondeur maximale de 10 m et très probablement remblayés. Il s'agit des puits du treuil, de la cabane et Henriette ;
- **puits du groupe 2** : 11 puits de dimensions moyennes (profondeur < 60 m, Ø < 1,5m) exploités par des moyens mécaniques avec des techniques plus avancées et maîtrisées que celles adoptées avant 1823. Il s'agit des puits 1938 (ou Josette), 1937, de recherche, 1, 8, 9, Polette (ou 10), 11, 15, 17, Plattard ;
- **puits du groupe 3** : 15 puits, de grandes dimensions (profondeur > 60 m et rayon > 1,5 m). Il s'agit des puits : Conchalon, 3, de la Forge, 4, de la Grue, 6, Marc (ou 5), Manège, Pompe, St-Louis, Martin, Neuf et d'aérage. De même que pour le groupe 2, ces puits ont été foncés et exploités par des moyens mécaniques et techniques plus avancés et mieux maîtrisés. Certains de ces puits ont fait l'objet d'un traitement récent (2000) dans le cadre d'études de risques menées par le BRGM à la demande de la DRIRE Bourgogne.

Le descriptif et les caractéristiques de ces ouvrages sont présentés dans le tableau 1. A noter que pour la majorité des puits, le diamètre est inconnu. Pour les besoins de l'étude nous avons défini des diamètres hypothétiques (valeurs en italique, tableau 1) en s'appuyant sur les données d'archives et les informations disponibles sur les bassins houillers voisins similaires.

D'après les archives, les puits de la Pompe et Plattard auraient été remblayés complètement, ainsi que le puits 7 (252 m de profondeur) remblayé sur les derniers 100 m, et ce avant 1960. Cependant, aucune information sur les modalités de remblayage n'est disponible. Quant au puits du Manège, il a été traité en 2000 par remblayage et pose de dalle (voir § 4.2).

On notera que les puits dits « matérialisés » sont ceux connus et retrouvés sur le terrain à l'opposé des puits dits « non matérialisés » pour lesquels on connaît la position théorique mais qui ne sont pas observés sur le terrain.

Descenderie des Moquets

La descenderie des Moquets se situe à environ 90 m au Nord-est du puits du manège sous le parc à bois d'une scierie. Elle permettait l'accès aux travaux de ce dernier puits et du puits Martin. La descenderie, d'un pendage de 32° en direction sud-ouest, atteint la profondeur de 47 m mais ne passe pas sous la voie communale n°2. D'après les archives de 1960, l'entrée de la descenderie (aujourd'hui non visible sur le terrain) est obturée par un remblai sur une dizaine de mètres entre deux murs résistants ancrés.

En 1996, un fontis est survenu au droit de la descenderie au niveau de sa partie ennoyée (à environ 2 m du remblai en aval pendage). Le propriétaire du terrain a entrepris un remblayage artisanal du désordre en injectant environ 300 m³ de remblais (d'après ses dires). Le volume que peut contenir la descenderie est estimé à environ 280 m³, le remblayage serait donc suffisant mais on ne peut écarter une évacuation, par effet gravitaire, du remblai dans les anciens travaux. Depuis, aucune investigation n'a été entreprise pour la reconnaissance de la descenderie.

Galerie de la Pompe

L'entrée de la galerie de la Pompe a été découverte par le BRGM en 1997 à 80 m au Nord-Ouest du puits du Manège au pied d'un talus longeant la cour d'une habitation dans le hameau des Moquets. La galerie se dirige vers l'ouest en direction du puits St-Louis, sur une distance de 230 m en passant sous du bâti (habitation). La galerie située à 4,5 m de profondeur à son entrée a été reconnue sur une distance de 120 m en 1997. Le manque d'oxygène (17 % de O₂) n'a pas permis d'aller plus loin. La galerie, d'environ 2 m de haut et 2 m de large est entièrement maçonnée. A environ 90 m de l'entrée, la largeur de la galerie augmente de 50 à 60 cm sur une quinzaine de mètres puis repasse à 2 m au-delà. Les observations effectuées en 1997 ont mis en évidence des infiltrations et un état dégradé sur certaines portions de la galerie.

Galerie 7

La galerie 7 est située à une vingtaine de mètres au sud du puits 7, sur un terrain privé. Il s'agit du tunnel d'accès au puits appelé autrefois « voie des ateliers ». L'ouvrage, entièrement maçonné, est fermé par deux murs en parpaing, l'un à l'entrée, l'autre à environ 16 m. L'entrée de la galerie est toujours visible. Les dimensions de la galerie ne sont pas connues avec précision mais on estime que l'ouvrage mesure environ 2 m de haut et 1,5 m à 2 m de large.

Fendues Conchalon

Ces trois fendues sont situées à l'ouest du Bourg de La Chapelle-sous-Dun. Nous ne disposons pas d'information précise sur ces trois ouvrages, qui ne sont plus visibles sur le terrain. Elles ont été positionnées à partir des plans de 1857 et 1947. Elles permettaient l'accès aux travaux menés au sud dans la couche Conchalon. La fendue Conchalon 3 foncée en 1938 aurait été comblée et nivelée.

Fendue 6

Elle a été identifiée sur le plan de 1857 dont la position géographique a été reportée en surface. Nous n'avons trouvé aucune information sur les dimensions de cette fendue qui a servi d'accès aux travaux du puits 6 (travaux à moins de 50 m de profondeur).

4.2 OUVRAGES TRAITES EN 2000

Dans le cadre du retrait des anciennes concessions minières orphelines de Bourgogne, la concession de La Chapelle-sous-Dun et des Moquets a fait l'objet d'un examen d'archives et d'un état des lieux sur le terrain par le BRGM entre 1994 et 1997. Suite aux conclusions de cette étude, des travaux de mise en sécurité ont été menés entre 1999 et 2000 sur les ouvrages identifiés et matérialisés sur le terrain, à savoir :

- **puits d'aérage, puits Neuf, puits 7 et puits du Manège** (un total de 4 puits) ;
- **la galerie de la Pompe** se dirigeant en direction de l'ouest vers le puits St-Louis sur une distance d'environ 230 m.

Les puits

Le traitement des puits consistait à réaliser une dalle en béton armé pour obturer la tête du puits et qui résisterait au passage de véhicules. Le puits du Manège a, quant à lui, été remblayé avant la pose de la dalle. Les 3 autres puits ne sont pas remblayés ou partiellement remblayés (puits 7).

Galerie de la Pompe

Découverte en 1997 à 80 m au nord-ouest du puits du manège, elle relie le puits de la pompe au puits St-Louis.

En direction du puits St-Louis, la galerie passe sous la voie communale n°2 et sous l'angle d'une grange. Le traitement de la galerie a été effectué en 2000 par remblayage des 60 premiers mètres. La limite du traitement se situe au niveau de la V.C. n°2.

4.3 LES TRAVAUX SOUTERRAINS

D'après l'ancien plan minier de 1857, les travaux souterrains situés à moins de 50 m de profondeur ont été essentiellement menés dans la partie sud de la concession (Le bourg et les Perrières). On notera que ces travaux concernaient les exploitations aux affleurements de la Grande Couche dite couche supérieure et des couches Conchalon, Henriette, Brancilly.

Par ailleurs, d'après les plans de 1947 et 1960, la reprise des exploitations a été menée par dépilage depuis le sud de la concession (zones du bourg et lac minier) jusqu'au Moquets (puits Neuf) où les travaux sont les plus profonds. Ainsi, l'ensemble des secteurs situés sur l'axe nord-sud entre la fendue Conchalon 3 et le puits Neuf au nord des Moquets ont fait l'objet d'exploitation entre la cote 100 jusqu'aux affleurements. Ceci laisse à penser que les zones anciennement exploités en chambres et piliers décrits ci-après auraient été dépilés. Pour les anciens travaux profonds ($h > 50$ m), l'accès se faisant via des travers-bancs foncés au rocher afin d'accéder à ces vieux travaux. Tel est le cas des vieux travaux situés au nord dans la zone des Moquets.

Compte tenu du manque de précision des plans et des écrits d'archives concernant la reprise des anciennes exploitations en chambres et piliers et pour des raisons sécuritaires, nous avons considéré que les anciens travaux en chambres et piliers proches de la surface pouvaient ne pas avoir été entièrement dépilés et que des vides subsistaient. Ces travaux sont décrits comme suit :

Les travaux à moins de 50 m réalisés à partir du puits 6 constituent un panneau de dimensions d'environ 320 m x 40 m (Panneau 1), ceux situés plus au sud au niveau du puits 17, appelés « Vieux travaux Massardier » se sont affaissés (actuel lac minier). Il ne subsiste qu'une petite zone de travaux au sud du lac, dans le prolongement des travaux affaissés, ainsi que les travaux dit de la couche Conchalon, situés entre le lac et le bourg.

Dans la zone du bourg, l'information sur les anciens travaux provient uniquement des documents d'archives écrits et des investigations menées depuis ces dix dernières années (détection de galeries à moins de 20 m) ; aucun plan minier n'a été retrouvé (exploitation Henriette et Brancilly). On rappellera que ces travaux n'ont pas fait l'objet de dépilage.

Sous le panneau relatif aux travaux du puits 6 est identifié un autre panneau exploité par chambres et piliers situé entre 50 et 100 m de profondeur avec des dimensions d'environ 140 m par 30 m (Panneau 2).

Dans la zone des Moquets, un panneau exploité par chambres et piliers de dimensions 200 m par 60 m est identifié entre 30 et 100 m de profondeur (Panneau 3). Il est lié aux travaux des puits de la Pompe et du manège.

4.4 OUVRAGES DE DEPOTS

Les ouvrages de dépôts (terrils) ont disparus. Ils ont été évacués après la fermeture de la mine. Parmi les anciens terrils, on citera ceux qui se situaient à proximité des puits 7, neuf, St Louis et de la descenderie des Moquets. D'après le BRGM, le terril au sud-est du puits 7 occuperait environ 1 ha, sur 3 à 5 m de hauteur, soit un volume de 30 000 à 60 000 m³. Ce terril, dont on devine difficilement la trace en surface, se trouverait en partie sur l'actuel parc à bois.

4.5 DESORDRES MINIER

De nombreux désordres d'origine minière ont été recensés et concernent principalement la partie sud de la concession (zones du bourg et les Perrières). Ces désordres sont de type effondrement localisé (fontis) et affaissement. Le tableau 2 présente l'ensemble des désordres récents ou anciens recensés d'après les archives et des témoignages oraux

Zone du bourg et lac minier

La majorité des désordres sont localisés dans ce secteur. Les plus anciens concernent les anciens travaux du « Massardier » destinés à l'extraction de la Grande Couche à environ 20 m de profondeur (D6, D7, D8 et D9 – voir carte informative en annexe 5). Ces travaux ont été incendiés, ennoyés et se sont ensuite affaissés. L'actuel lac correspond au remplissage de la zone d'affaissement.

Plusieurs fontis sont apparus ces dernières années (1976-1990) dans le secteur du bourg où les travaux souterrains sont situés entre 10 et 15 m de profondeur, et parfois à quelques mètres seulement (D1 à D5 – voir carte informative en annexe 5). La commune se chargeait de remblayer les trous de fontis au fur et à mesure de leur apparition en surface. Cette zone sera plus longuement décrite dans le chapitre suivant.

Zone des Perrières au nord du lac minier

Cette zone n'a connu *a priori* qu'un désordre encore visible sur le terrain. Il s'agit d'un champ non occupé dont la morphologie pourrait correspondre à un affaissement de type minier (D10 – voir carte informative en annexe 5). Cet affaissement serait lié à l'effondrement des anciens travaux en chambre et piliers réalisé à partir du puits 6. Néanmoins, aucun élément ne permet de le confirmer avec certitude.

Zone des Moquets

Comme pour les Perrières, un seul désordre est identifié dans la zone des Moquets. Il s'agit du fontis qui s'est produit au niveau de la descenderie des Moquets (D11 – voir carte informative en annexe 5).

5. LES TRAVAUX D'INVESTIGATION

5.1 RAPPEL DES TRAVAUX REALISES AVANT 2009 [3,4]

L'apparition de plusieurs fontis et de nombreux indices de désordres sur des habitations au sud du bourg de La Chapelle-sous-Dun ont conduit à des investigations *in-situ* par mesures géophysiques et forages. L'objectif était de mener une reconnaissance du sous-sol pour détecter la présence éventuelle de galeries susceptibles d'être à l'origine des instabilités et à l'apparition de désordres en surface.

Les travaux réalisés peuvent être résumés comme suit :

1. **Imagerie microgravimétrique** : 2 campagnes entre 1998 et 1999 couvrant une superficie de 5 ha [7,8]. L'objectif de ces mesures était d'identifier d'éventuelles zones d'anomalies négatives du champ gravitaire susceptibles de correspondre à la présence de galeries minières ;
2. **Campagnes de forages** : 4 campagnes ont été réalisées entre 1999 et 2004 totalisant 58 forages foncés à une profondeur maximale de 20 m. L'objectif était de détecter la présence ou non des galeries minières ;
3. **Imagerie sonar** : auscultation réalisée dans tous les forages ayant détectés des vides francs. Ce type d'imagerie en trois dimensions permet de préciser les caractéristiques géométriques des vides rencontrés, à savoir l'orientation, la forme et l'extension latérale.

Les résultats de ces investigations ont permis de tracer une partie des anciens travaux souterrains réalisés à moins de 20 m de profondeur par l'identification d'un certains nombre de galeries. Ces galeries correspondent à l'exploitation des couches Henriette (en majorité) et Brancilly (peu exploitée). Dans la partie centrale du village le long de la RD987, l'exploitation a été entreprise dans les deux couches Henriette et Brancilly séparées par un intercalaire d'environ 5 m.

L'orientation et l'extension de ces galeries ont été reconnues par imagerie sonar aussitôt après leur découverte mais aussi lors des campagnes de surveillance dont l'objectif est d'identifier une éventuelle évolution des cavités (auscultation après 2004). Aucune évolution notable des vides (extension, forme, profondeur) par rapport aux mesures initiales (Figure 6) n'a été mise en évidence par cette surveillance.

On notera que les galeries ainsi identifiées se situent essentiellement sous des secteurs du bourg présentant des enjeux de type maisons d'habitation ainsi que sous la route départementale RD987 reliant La Chapelle-sous-Dun à La Clayette (voir au chapitre 10).

5.2 RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE FORAGE 2009

Identification des affleurements :

L'objectif principal est de rechercher les affleurements des couches dans le secteur du Bourg où aucun plan des anciennes exploitations n'est disponible. Ceci permettra de délimiter précisément les zones exploitées aux affleurements notamment pour les couches Brancilly et Henriette dans lesquelles des galeries ont été détectées avant 2009.

La mauvaise tenue des terrains alluvionnaires nous a amené à réaliser des forages carottés pour rechercher et identifier sans ambiguïté les couches de charbon. C'est le cas de l'affleurement de la couche Conchalon retrouvée à 7 m de profondeur à proximité du puits Conchalon (Annexe 4).

Certains forages destructifs ont également permis localement d'identifier des couches de charbon, notamment dans la rue de l'église et sur la RD987. Il s'agit *a priori* de la couche Brancilly rencontrée à environ 12 m de profondeur.

L'ensemble des données de forage (anciennes et celles de 2009) a été exploité pour réaliser deux coupes verticales perpendiculaires qui se croisent au centre du bourg. L'objectif est de tenter une projection des affleurements en surface afin de préciser leur position. Globalement, les couches se présentent de manière quasi horizontale. Aucun pendage n'apparaît clairement à l'échelle du Bourg.

A l'issue de ces observations, les affleurements ont été finalement positionnés sur la base de l'ancien plan minier de 1857, des conclusions de la campagne de forage 2009, des résultats issus d'une étude géologique de la concession réalisée en 1985 et des plans miniers de 1947 et 1960. L'incertitude de positionnement horizontal est estimée à 8 m pour l'ensemble des affleurements.

Recherche de galeries :

Cette recherche vient compléter les travaux de détection de vides réalisés avant 2009 au niveau de différents secteurs du bourg. Les forages ont été implantés de manière à affiner et/ou à compléter le réseau de galerie déjà tracé et imagé par sonar. Sur l'ensemble des forages foncés à une profondeur allant entre 10 et 20 m, un seul a rencontré une galerie dans un jardin privé (maison de madame Delouis).

Le toit de cette galerie issue de l'exploitation de la couche Brancilly se situe à 9,80 m de profondeur. L'ouvrage est complètement ennoyé (niveau d'eau rencontré à environ 1,80 m de la surface). D'après l'imagerie sonar, la galerie détectée est perpendiculaire à l'axe du sondage, elle se dirige (cf. figure 7) :

- vers la maison d'habitation Delouis à 3,80 m de distance du sondage (à la limite de la maison) ;
- dans le sens opposé, vers des dépendances de la maison Delouis à 12,50 m de distance du sondage.

Ainsi, cette nouvelle galerie de forme lenticulaire de 20 m de long sur 0,8 à 3 m de largeur vient croiser une autre galerie en couche Brancilly détectée en 2001. Les caractéristiques géométriques de cette galerie sont les suivantes :

- hauteur de la galerie : 1,8 m ;
- profondeur du toit : 9,8 m ;
- profondeur du mur : 11,6 m ;
- volume reconnu de la galerie : 62,6 m³.

Des investigations ont également été menées sur le secteur des Moquets. L'objectif était notamment de retrouver la galerie de la Pompe, dont le tracé passe à proximité d'un bâtiment. Sur les 4 forages réalisés au niveau du hameau dont trois ont été foncés à 20 m et un à 10 m de profondeur, aucun n'a rencontré de galerie ou de couche de charbon.

La carte informative est présentée en annexe 5.

6. EVALUATION DES ALEAS

L'analyse des données informatives relatives aux exploitations de la concession de La Chapelle-sous-Dun et des Moquets a permis de retenir les aléas suivants :

- **effondrement localisé** pour les travaux souterrains situés à faible profondeur et les ouvrages débouchant en surface ;
- **affaissement** pour les travaux souterrains réalisés en chambres et piliers.

On notera que les exploitations de la concession de La Chapelle-sous-Dun sont peu grisouteuses et qu'aucune trace d'événement passé lié au grisou n'a été retrouvée. De plus, les travaux sont actuellement ennoyés. L'aléa « gaz de mine » n'a donc pas été retenu dans cette étude.

Par ailleurs, la mine a connu de très nombreux incidents au fond liés aux incendies provoqués par l'exploitation du charbon. Cependant, l'ensemble des travaux étant actuellement ennoyé, l'aléa échauffement n'est pas retenu.

6.1 ALEA EFFONDREMENT LOCALISE POUR LES OUVRAGES DEBOUCHANT EN SURFACE

L'analyse de l'aléa concerne les puits, les galeries, fendues et la descenderie des Moquets pour lesquels l'intensité et la prédisposition (probabilité d'occurrence) du phénomène redouté (i.e. effondrement localisé ou fontis) ont été évaluées. Le croisement de l'intensité et de la prédisposition du phénomène redouté permet de qualifier l'aléa « effondrement localisé » pour chaque type d'ouvrage.

6.1.1 PUIITS

Deux types de mécanismes peuvent être à l'origine d'un effondrement localisé pour les puits non sécurisés ou insuffisamment bien traités :

- le débouillage des remblais pour les puits remblayés
- et/ou la rupture de la tête de puits (après rupture du cuvelage ou de la dalle de protection).

Les désordres en surface, localisés autour de l'orifice du puits, correspondent à des effondrements cylindriques puis coniques lorsque les bords du puits se dégradent. La zone d'influence en surface de ces effondrements peut atteindre des dimensions très variables qui dépendent des dimensions du puits, de l'existence ou non de recettes et de l'épaisseur des terrains peu cohésifs. Pour évaluer les dimensions du cône d'effondrement, les hypothèses suivantes ont été retenues :

- angle de talus : 45°
- épaisseur des terrains de surface peu cohésifs : 5 m dans le secteur de la Mine, 10 m aux Moquets.

1. Puits du groupe 1 : trois puits de faibles dimensions (*Puits Henriette, de la Cabane et du Treuil*) exploités de manière artisanale et très probablement remblayés. Un calcul volumétrique a montré qu'en cas d'apparition d'un désordre en surface, le diamètre de la zone d'influence serait de 6 m. Par ailleurs, aucune trace de désordre qui pourrait être associé à ces puits n'a été retrouvée. On retiendra donc, pour ce groupe, une intensité modérée et une prédisposition peu sensible. L'aléa qui en résulte est de **niveau faible**.

2. Puits du groupe 2 : 11 puits de dimensions moyennes pour lesquels la zone d'influence en surface en cas de désordre serait de l'ordre de 13 m au maximum. Aucune trace de traitement de ces puits exploités par des techniques plus modernes que celles mises en œuvre pour les 3 puits du bourg n'a été retrouvée. Pour cette catégorie, et à l'exception du puits Plattard, on retiendra une intensité modérée et une prédisposition sensible, l'aléa est de **niveau moyen**. D'après les archives, le **puits Plattard** aurait été remblayé, la prédisposition du phénomène redouté est, de ce fait, peu sensible. En gardant une intensité modérée, l'aléa est de **niveau faible**.

3. Puits du groupe 3 : il s'agit de 15 puits de dimensions plus importantes comportant des recettes foncés à travers 5 m (secteur du Bourg) à 10 m de terrains incohérents (secteur des Moquets). La zone d'influence d'un éventuel désordre en surface pourrait atteindre un diamètre allant de 14 m à 24 m au maximum. Bien que certains de ces puits ont été traités par la pose d'une dalle en béton cependant sans avoir été remblayés ou bouchonnés, leur stabilité n'est pour autant garantie à long terme. Il ressort de cette analyse qu'à l'exception du puits de la Pompe, on retiendra pour les 14 puits restants une intensité élevée et une prédisposition sensible. Ceci nous amène à un aléa « effondrement localisé » de **niveau fort**. Les **puits de la pompe et du manège** ont été remblayés, il est donc plus vraisemblable de leur attribuer une prédisposition peu sensible en gardant une intensité élevée (diamètre du cône d'effondrement = 24 m). L'aléa pour ces puits est de **niveau moyen**.

Le tableau 3 reprend, pour chaque ouvrage, la qualification de l'intensité et de la prédisposition, le niveau d'aléa ainsi que le diamètre du cône d'effondrement et de la zone d'influence.

6.1.2 GALERIE 7 (LES PERRIERES)

Cette galerie permettait l'accès au puits 7. Elle est située à quelques mètres de profondeur. Ces dimensions ont été estimées à 2 m de haut pour 2 m de large. Compte tenu de ces dimensions, un fontis est susceptible d'apparaître en surface en cas d'instabilité de la galerie. Le cône du fontis pourra avoir un diamètre d'une dizaine de mètre au maximum. Une intensité modérée sera donc retenue. D'après les documents d'archives, la galerie est maçonnée. Toutefois, son accès n'étant pas possible, son état n'est pas connu. Une prédisposition sensible sera donc retenue. Un aléa de **niveau moyen** est donc attribué à la galerie 7.

6.1.3 FENDUES 6 ET CONCHALON

Ces galeries d'accès ne sont pas bien connues excepté leur position théorique (non observées sur le terrain). Aucune information sur leurs dimensions ou sur un éventuel traitement n'a été retrouvée, hormis la fendue Conchalon 3. Un calcul de remontée de fontis a été réalisé sur la base des paramètres géométriques de la descenderie des Moquets (paramètres connus) foncés à la même époque. Pour une ouverture de 2 m et une largeur de 1,5 m, l'épaisseur des terrains de recouvrement pour avoir un auto-comblement doit être supérieure à 22 m². Ces ouvrages permettant l'accès aux travaux miniers depuis la surface, un fontis est donc susceptible d'apparaître en surface, au moins sur leur première partie située entre 0 et 22 m de profondeur. Pour une épaisseur des terrains peu cohésifs de 5 m, le diamètre maximum théorique du cône d'effondrement attendu en surface est estimé à environ 11 m. Par ailleurs, les désordres observés sur le terrain de type « fontis » ne dépassent pas les 10 m de diamètre. Ces observations permettent de retenir une intensité modérée et une prédisposition sensible. Un aléa de **niveau moyen** est donc attribué aux trois fendues Conchalon et à la fendue 6.

On notera que pour la fendue Conchalon 3, bien qu'elle aurait été comblée d'après les archives, aucune information sur les modalités de ce comblement n'est disponible, la prédisposition du phénomène redouté reste donc sensible.

6.1.4 GALERIE DE LA POMPE – HAMEAU DES MOQUETS

On rappellera que cette galerie reliant le puits St-Louis au puits de la Pompe sur une distance de 230 m est située à environ 4,5 m de profondeur au niveau de l'entrée et entre 15 et 20 m de profondeur à son extrémité (en considérant que la galerie est horizontale). En 2000, elle a été remblayée par le fond sur les 60 premiers mètres (en partant de l'entrée de la galerie située à proximité du puits de la Pompe) jusqu'à la voie communale n°1 qui la surplombe.

Il reste donc environ 170 m de galerie non traités. Lors de la visite effectuée par le BRGM en 1997, des venues d'eau ont été observées mais l'état de l'ouvrage était globalement satisfaisant. Aucun désordre en surface n'a été observé depuis son fonçage. Cependant, compte tenu de sa profondeur et de ses dimensions, on ne peut écarter l'hypothèse de l'apparition, à long terme, d'un désordre en surface. Le diamètre du cône d'effondrement en cas d'apparition en surface serait de 14 m au maximum, l'intensité du phénomène redouté est donc élevée.

² Le calcul a été réalisé en considérant un coefficient de foisonnement de 1,3 et un angle de talus de 35°

Ceci nous amène à considérer, pour les 170 derniers mètres non traités en allant vers le puits St-Louis, une intensité du phénomène attendu élevée avec une prédisposition peu sensible. **L'aléa est de niveau moyen.**

6.1.5 DESCENDERIE DES MOQUETS

Elle a été foncée pour permettre l'accès aux travaux du puits du manège en Grande Couche. D'après les archives, les dix premiers mètres ont été remblayés pour obturer l'entrée et le reste de la descenderie est ennoyée. Le calcul de remontée de fontis montre qu'il y a autocomblement à partir d'une épaisseur des terrains de recouvrement de 66 m. La profondeur maximale de la descenderie étant de 47 m, un fontis peut apparaître en surface. Compte tenu de ce résultat et de l'apparition d'un ancien fontis (1994) au niveau de la descenderie, on retiendra une prédisposition très sensible et une intensité élevée (diamètre du cône d'influence supérieur à 10 m). A noter que le remblayage artisanal de la descenderie effectué suite à l'apparition du fontis ne peut être une garantie pour envisager une prédisposition moins importante du phénomène redouté. Il en ressort un aléa de **niveau fort** pour la descenderie des Moquets sur la partie aval non traitée lors de la fermeture.

La synthèse des résultats de cette analyse est présentée dans le tableau 3.

6.2 ALEA EFFONDREMENT LOCALISE POUR LES TRAVAUX SOUTERRAINS SITUES A FAIBLE PROFONDEUR

Il s'agit des travaux en chambres et piliers réalisés à faible profondeur sur l'ensemble de la concession comportant les zones du Bourg, le secteur des Perrières et le hameau des Moquets.

6.2.1 BOURG DE LA CHAPELLE-SOUS-DUN – SECTEURS INVESTIGUES PAR SONDAGES

Pour une meilleure clarté dans la présentation de l'analyse relative aux zones de présence de galeries matérialisées par l'imagerie sonar, le bourg est subdivisé en 4 secteurs géographiques (voir carte informative, annexe 5) :

- **secteur 1** : un tronçon de la RD987 qui surplombe des galeries issues d'une exploitation superposée des couches Henriette et Brancilly ;
- **secteur 2** : sur la route de la cabane en direction du lac minier. Les galeries identifiées sont issues de l'exploitation de la couche Henriette ;
- **secteur 3** : au voisinage du puits 1937 et le long du chemin opposé à la route des cabanes où des galeries ont été détectées sur deux niveaux et correspondent à l'exploitation superposée des couches Henriette et Brancilly ;
- **secteur 4** : à proximité du puits Josette ou puits 1938 et au sud de la RD987 où on note la présence de galeries associées à l'exploitation de la couche Henriette.

Pour l'ensemble de ces secteurs, un calcul de remontée de fontis³ a été réalisé afin d'estimer si un fontis peut apparaître en surface. Pour ce faire, les caractéristiques géométriques des galeries indiquées dans l'étude de synthèse de GEODERIS (2005) ont été utilisées. D'autre part, un calcul particulier multicouche a été réalisé pour les secteurs contenant à la fois les galeries superposées dans les couches Henriette et Brancilly.

Les résultats de ces calculs montrent qu'en cas d'effondrement des galeries, il y a autocomblement pour des terrains de recouvrement ayant une épaisseur supérieure à 20 m. Dans le cas des secteurs exploités sur deux niveaux (secteurs 1 et 3), cette épaisseur atteindrait 32 à 36 m. Les galeries étant situées à moins de 20 m de profondeur, un fontis est donc susceptible d'apparaître en surface (phénomène qui s'est déjà produit sur le bourg). Par ailleurs, pour une hauteur des terrains peu cohésifs de 5 m, le diamètre du cône d'effondrement en surface atteindrait au maximum 12 m pour le secteur 1 à 12,5 m pour les autres secteurs. Ceci nous amène à retenir une intensité modérée à élevée du phénomène redouté, et ce pour l'ensemble des secteurs.

Cette zone de la concession a connu de nombreux désordres anciens et récents de type « fontis », la probabilité d'occurrence d'un tel phénomène s'avère donc importante. On retiendra donc une prédisposition très sensible pour l'ensemble des secteurs.

Par croisement de l'intensité et de la prédisposition, l'aléa « effondrement localisé » est de **niveau fort**.

6.2.2 AUTRES ZONES DE TRAVAUX DU BOURG

En dehors des secteurs où l'on a pu détecter des galeries, les autres zones du bourg comportent :

1. *la zone dans l'emprise de l'affleurement de la couche Brancilly* : les investigations par forage ont permis d'identifier la présence de la couche sans pour autant rencontrer de galeries. Ce constat n'est pas surprenant puisqu'il corrobore l'historique de ces travaux qui ont essentiellement concernés l'exploitation de la couche Henriette. La couche Brancilly a en effet été très peu exploitée dans cette partie sud de la concession compte tenu de sa mauvaise qualité. Néanmoins, on ne peut exclure la présence ponctuelle de galeries. Pour cette zone située dans l'emprise de l'affleurement de Brancilly, une intensité modérée et une prédisposition peu sensible sont retenues. L'aléa résultant est de **niveau faible** ;
2. *les travaux en couche « Henriette » situés dans l'emprise de l'affleurement Henriette* : bien que les multiples campagnes de forages réalisées depuis 2000 n'ont rencontré aucune galerie dans cette zone, il n'est pas possible d'écarter avec certitude toute présence de galerie notamment autour des puits du treuil, de la cabane et du puits Henriette. Par ailleurs, de nombreux fontis ont vu le jour témoignant ainsi d'un potentiel d'instabilité de ces anciens travaux. Pour cette zone exploitée essentiellement en couche Henriette, on

³ Paramètres de calcul de fontis :
 Coefficient de foisonnement : 1,3
 Angle de talus : 35°
 Epaisseur terrains peu cohésifs : 5 m

retiendra une intensité modérée et une prédisposition sensible. L'aléa obtenu est de **niveau moyen** ;

3. *les travaux en couche « Conchalon », au sud est du lac* : situées à moins de 20 m de profondeur, les galeries sont probablement non remblayées (d'après le plan 1857). L'apparition d'un fontis en 1999 sur le bord de la route des cabanes (emprise de l'affleurement Conchalon) ne peut écarter une probabilité d'occurrence de ce phénomène. Cependant, au vu des dimensions du fontis (diamètre < 10 m) apparu en surface en 1999, on peut conclure que l'intensité du phénomène reste modérée. En résumé, pour cette zone de travaux, une intensité modérée. D'après les archives, notamment les plans de 1947 et 1960, l'ensemble des anciens travaux peu profonds du XIX^{ème} siècle ont été ré-exploités pour enlever les piliers restants. Les zones de dépilage apparaissent effectivement sur ces plans mais rien ne permet d'écarter l'existence de zones en chambres et piliers non ou partiellement dépilées. On retiendra ainsi une prédisposition sensible. L'aléa obtenu est de **niveau moyen** ;
4. *les travaux en « Grande couche » - Zone du lac minier* : il s'agit des travaux dans l'emprise de l'affleurement de la Grande Couche correspondant aux vieux travaux du « Massardières » effondrés lors des exploitations dont l'effet en surface s'est traduit par la formation du lac actuel. Il existe cependant des travaux autour du lac situés à moins de 20 m de profondeur. De même que pour les travaux dans l'emprise de la couche Conchalon et en se basant sur les mêmes arguments, l'intensité du phénomène redouté est modérée avec une prédisposition sensible. L'aléa obtenu est de **niveau moyen**.

6.2.3 HAMEAU DES MOQUETS ET ZONE DES PERRIERES

Il s'agit de travaux en Grande Couche, couches Conchalon et Brancilly. D'après les archives et plans miniers, ces travaux sont pentés (autour de 45°) et les dimensions de galeries sont 2,5 m de hauteur pour 2 m de large. Le manque de précision du plan minier ne permet pas de confirmer ou non la superposition de certains travaux.

Les calculs de remontée de voute montrent que pour des travaux pentés, qu'il y a autocomblement pour une épaisseur des terrains de recouvrement supérieure à 50 m, de l'ordre de 70 m. Ainsi, il a été considéré que tous les travaux situés à moins de 70 m de profondeur sont susceptibles d'être à l'origine d'un fontis.

L'épaisseur des terrains de recouvrement dans le secteur est de 5 m pour les Perrières et 10 m pour les Moquets. Le diamètre maximal du cône susceptible d'apparaître en surface est égal à 12 m et 22 m respectivement pour les Perrières et les Moquets. Ceci nous amène à retenir une **intensité élevée**.

De même que pour les travaux menés dans la zone du lac, les couches dépilées dans les secteurs des Moquets et des Perrières apparaissent sur les plans de 1947 et 1960 mais l'incertitude sur ce dépilage ne permet pas d'écarter la présence de vide. Par conséquent une prédisposition sensible est retenue. Finalement, un aléa effondrement localisé de **niveau moyen** est donc retenu pour les travaux situés à moins de 70 m de profondeur au hameau des Moquets et sur le secteur des Perrières.

A noter que les anciens vieux travaux situés à plus de 100 m de profondeur dans le secteur des Moquets n'ont pas fait l'objet d'une analyse d'aléa. En effet, à l'exception de leur tracé sur les plans de 1947 et 1960, aucune autre information relative au descriptif de ces travaux n'est disponible. Par ailleurs, la plupart de ces travaux ont été réalisés après 1850, lorsque le dépilage était systématique.

6.3 ALEA AFFAISSEMENT POUR LES TRAVAUX EXPLOITES EN CHAMBRES ET PILIERS

Compte tenu du fait que certains des anciens travaux réalisés en chambres et piliers ont été repris pour être dépilés mais qu'aucune garantie de ce dépilage ne peut être avancée, nous avons analysé l'aléa affaissement pour l'ensemble des panneaux décrits au chapitre 4.3.

Des instabilités sont susceptibles de survenir au-dessus d'une exploitation par chambres et piliers, il s'agit de l'affaissement. Il se traduit par la formation en surface d'une cuvette de quelques dizaines à quelques centaines de mètres de diamètre.

Nous avons analysé l'aléa affaissement pour les panneaux exploités par chambres et piliers dans les secteurs des Moquets et des Perrières. Pour ce faire, il est nécessaire de réaliser un calcul qui permet dans un premier temps de vérifier si les travaux sont stables ou non. Dans le cas où l'affaissement ne peut être écarté, ses caractéristiques sont alors évaluées.

1. Taux de défruitement

Le taux de défruitement correspond au rapport entre la surface de vide et la surface totale du panneau exploité. Dans le cas des mines de La Chapelle-sous-Dun, le taux de défruitement n'est pas mentionné dans les archives. Cependant, il est possible de l'estimer à partir de l'ancien plan minier de 1857.

Les résultats indiquent que :

- pour les travaux situés dans la zone des Moquets (panneau 3), le taux de défruitement a été estimé à **62 %** ;
- pour les travaux situés dans la zone des Perrières (panneaux 1 et 2), le taux de défruitement a été estimé à **65%**.

2. Stabilité des exploitations par chambres et piliers

Afin de déterminer l'état de stabilité des piliers, il est nécessaire d'évaluer la charge qui s'exerce sur ces piliers. Pour cela, on calcule le poids des terrains sus-jacents que l'on répartit entièrement et également sur l'ensemble des piliers (théorie de l'aire tributaire). Cette sollicitation est ensuite comparée à la résistance mécanique du charbon.

Ainsi, si l'on applique la théorie de l'aire tributaire, la contrainte verticale dans les piliers en fonction du taux de défruitement τ est donnée par la relation $\sigma_p = YH/(1-\tau)$ ou H est la hauteur des terrains surmontant les vides et Y est le poids volumique de ces terrains (on considère ici 20 kN/m^3 compte tenu de la nature des terrains).

Le calcul de contrainte a été effectué pour les trois panneaux (1), (2) et (3) situés respectivement à la profondeur minimale de 10 m, 50 m et 30 m. Les valeurs minimales de contrainte σ_p pour les trois panneaux sont comme suit :

- panneau 1 (H = 10 m à 45 m) : **0,6 à 2,6 MPa**
- panneau 2 (H = 50 m à 100 m): **2,9 à 5,7 MPa**
- panneau 3 (H = 30 m à 100 m): **1,7 à 5,7 MPa**

La résistance à la compression du charbon à long terme est en moyenne de 5 MPa.

Pour ce qui concerne le panneau 1, le calcul montre ainsi que la contrainte verticale appliquée au pilier est largement inférieure à la résistance du charbon. Ceci suggère que les piliers sont toujours en place et que les travaux sont stables.

Dans le cas du panneau 2, la contrainte varie entre 3 et 5,7 MPa. L'essentiel des travaux sont situés entre 70 m et 100 m de profondeur. A ces profondeurs, la sollicitation est proche, voire supérieure à la résistance du charbon à long terme. Les piliers sont probablement en place mais compte tenu des incertitudes liées au taux de défrètement et dans une démarche de sécurité, on considérera que les travaux ne sont pas stables à long terme.

Pour ce qui concerne le panneau 3, la sollicitation sur les piliers varie entre 1,7 et 5,7 MPa. On notera toutefois que l'essentiel des travaux est situé entre 30 et 70 m de profondeur, profondeurs pour lesquelles la sollicitation est inférieure à 4 MPa. Par ailleurs, nous avons considéré par sécurité un taux de défrètement moyen de 65% pour l'ensemble du panneau or pour les travaux les plus profonds, le taux de défrètement est légèrement inférieur. Aussi, il est raisonnable de penser que les travaux miniers sont stables. L'aléa affaissement ne sera donc pas retenu pour ce panneau.

On retiendra donc un aléa affaissement seulement pour le panneau 2. Pour les autres panneaux, l'aléa est écarté. La prédisposition est considérée comme peu sensible. En effet, le seul cas d'affaissement recensé sur la concession de La Chapelle-sous-Dun s'est produit au moment de l'exploitation et fait suite à l'incendie et à l'inondation des travaux. Par ailleurs, les archives mentionnent que les travaux auraient été en partie remblayés, sans qu'il soit cependant possible d'identifier les secteurs concernés.

3. Evaluation de l'intensité

L'intensité de l'aléa affaissement est en rapport avec la pente maximale de la cuvette d'affaissement. Cette pente est fonction de l'affaissement maximal qui est donné par la relation $0,5(w*\tau)$ où w correspond à l'ouverture des travaux et τ le taux de défrètement. La couche exploitée avait une ouverture de 2,5 m, l'affaissement maximal théorique serait de 81 cm. Cependant, compte tenu de la faible largeur du panneau, l'affaissement maximal ne sera jamais atteint. En effet, le retour expérience des bassins houillers du Nord Pas-de-Calais et anglais montre que pour un rapport largeur du panneau (L)/profondeur des travaux (p) inférieur à 1,4, l'amplitude maximale n'est pas atteinte.

Dans le cas du panneau 2, le rapport L/p est égal à 0,42. L'amplitude de l'affaissement sera égale à 42 % de l'amplitude maximale⁴, soit 34 cm.

⁴ Issue des courbes d'abaque « affaissement en fonction de L/p » d'après Arcamone (1985)

La pente de la cuvette d'affaissement peut être estimée par la relation $2(A/H_{min})$, A étant l'amplitude de l'affaissement (ici 34 cm) et H_{min} la profondeur minimale (50 m). Nous obtenons une pente d'environ 1,4 %. On considérera donc une l'intensité limitée de l'affaissement.

Le croisement entre l'intensité et la prédisposition de l'affaissement implique un aléa affaissement de niveau faible pour les travaux du panneau 2 situés aux Perrières (entre le puits 7 et le puits 17).

6.4 ZONAGE ET CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

Aléa effondrement localisé

L'emprise de l'aléa correspond à la marge d'influence du phénomène attendu en surface à laquelle on ajoute l'incertitude de positionnement (voir chapitre 2.4) :

$$Z_i = M_i + I_p + R_o$$

Z_i : zone d'influence de l'aléa, M_i = marge d'influence liée à l'intensité du phénomène, I_p = Incertitude de positionnement des ouvrages et des travaux, R_o = rayon de l'ouvrage.

1. **Ouvrages débouchant en surface** : Z_i = rayon du cône d'effondrement + I_p
2. **Travaux souterrains** : Z_i = hauteur des terrains peu cohésifs + I_p + $\frac{1}{2}$ largeur de galerie.

Pour ce qui concerne les galeries du bourg de La chapelle-sous-Dun dont l'imagerie sonar est disponible, la hauteur des terrains peu cohésifs est de 5 m, l'incertitude de positionnement est nulle, ce qui implique une zone d'influence de l'aléa de 5 m.

Aléa affaissement

Le zonage de l'aléa correspond à l'emprise du panneau augmenté de la marge d'influence de l'affaissement en surface et de l'incertitude de positionnement des travaux. La marge d'influence dépend de l'angle d'influence α fixé à 35° et de la hauteur H des terrains (70 m) surmontant le panneau. Cette marge est de 50 m, à laquelle on ajoute l'incertitude de positionnement de 8 m (calage plan minier).

Les cartes d'aléa sont présentées en annexes 6a, 6b.

6.5 SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION DE L'ALÉA

Aléa « effondrement localisé »

Ouvrages débouchant en surface			
<i>Puits</i>	Niveau aléa	<i>Galerie/Fendues/descenderie</i>	Niveau aléa
3 puits (Groupe 1)	Faible	Galerie G7	Moyen
10 puits (Groupe 2)	Moyen	Fendues Conchalon 1, 2 et 3 et fendue 6	Moyen
Puits Plattard (Groupe 2)	Faible	Galerie de la Pompe (partie non traitée)	Moyen
13 puits (Groupe 3)	Fort	Descenderie des Moquets (partie non traitée)	Fort
Puits de la Pompe et du Manège (Groupe 3)	Moyen		

Travaux souterrains		
Bourg de La Chapelle-sous-Dun et zone du lac minier		Hameau des Moquets et zone des Perrières
Secteurs des galeries localisées	Fort	Moyen
Affleurement Brancilly	Faible	
Affleurements Henriette, Conchalon et Grande couche	Moyen	

On notera que la totalité des ouvrages débouchant en surface (puits, galeries, descenderies) est concernée par l'aléa de type « effondrement localisé ». On retiendra :

- 29 puits en aléa effondrement localisé dont 10 % de niveau faible et 40 % de niveau moyen et 50 % de niveau fort ;
- 4 fendues en aléa effondrement localisé de niveau moyen ;
- 2 galeries (de la Pompe et 7) en aléa « effondrement localisé » de niveau moyen ;
- la descenderie des Moquets en aléa « effondrement localisé » de niveau fort.

Aléa « affaissement » - Travaux souterrains

Aléa de niveau faible pour le panneau exploité en chambres et piliers sur le secteur des Perrières

7. ANALYSE DU RISQUE

Dans ce chapitre, un recensement des enjeux situés à l'aplomb des zones d'aléa est effectué. On attire l'attention sur le fait qu'aucune qualification de la vulnérabilité des enjeux et donc aucune qualification du risque n'est réalisée dans cette étude.

7.1 LE BOURG DE LA CHAPELLE-SOUS-DUN

Dans l'emprise de l'aléa effondrement localisé, les enjeux sont représentés par un certain nombre de bâtiments (numérotés sur la carte d'aléa) et de routes dont la départementale 987. Pour l'ensemble du Bourg et l'ensemble des enjeux sont recensés en fonction du niveau d'aléa en indiquant à titre comparatif l'évolution du risque depuis les expertises réalisées avant cette présente étude.

1. Enjeux situés dans l'emprise de l'aléa « effondrement localisé » de niveau fort lié aux travaux souterrains :

Les bâtis (maisons, dépendances...)

- les numérotés **14, 8, 7** adjacentes à la route des cabanes. Ces maisons ont été déjà identifiées en zones à risque fort avant la présente étude ;
- **la maison n°3** (propriété de Mme Delouis) adjacente à la RD987 classée en zone de risque d'effondrement avant cette étude, se situe dans sa quasi-totalité dans l'emprise de l'aléa fort. On notera que la récente découverte d'une galerie sous le jardin de cette maison renforce les conclusions de l'expertise précédente ;
- **les dépendances privées n° 4 et 5** (associées à la maison n°3). Seul le bâti n°4 est nouvellement concerné par le risque depuis la récente découverte de la galerie dans le jardin de la maison n°3. En effet, le bâti n°5 (garage) faisait partie des enjeux en zone de risque avant 2009 ;
- **les dépendances n° 13 (privée) et n°12 (communale)** anciennement placées en zone de risque sont maintenues dans le cadre de cette étude ;
- **la dépendance n°1** localisée en retrait derrière la propriété n°3 est nouvellement concernée par le risque compte tenu de sa situation par rapport à la zone d'aléa.

Les infrastructures

- **la RD987**, anciennement placée en zone de risque, se retrouve dans l'emprise de l'aléa fort sur une distance d'environ 200 m entre l'aire de jeu et le début de la route de l'église ;
- de même que pour la RD987, **les premiers 80 m de la route du lotissement des peupliers** et de la **voie communale** qui l'oppose se situent dans l'emprise de l'aléa fort.

On notera par ailleurs, que l'aire de jeu et le stade communal sont dans l'emprise de l'aléa effondrement localisé de niveau fort.

Globalement, la zone de risque totalise une superficie de 0,27 hectares.

En résumé et à titre comparatif, le tableau suivant dresse l'évolution de la zone de risque en fonction des enjeux concernés, et ce au regard des résultats de la présente étude et de ceux issus des expertises antérieures :

	Enjeu localisé dans l'emprise de la zone d'aléa	
	Avant 2009	Complément suite étude 2009
N° Maison	14, 8, 7, 3	14, 8, 7, 3
Dépendances privées	13, 5	13, 5, 4, 1
Dépendances communales	12	12
Infrastructure	RD987, route de la Cabane, rue de l'Eglise	<i>Apport de précision sur l'extension de la zone concernée</i>

2. Enjeux situés dans l'emprise de l'aléa « effondrement localisé » de niveau moyen lié aux travaux souterrains :

- 12 bâtis (dépendances et maisons) dont la majorité serait des maisons d'habitation ;
- les infrastructures : une partie de la RD987, route du lotissement des Peupliers et la voie communale qui lui est opposée.

3. Enjeux situés dans l'emprise de l'aléa « effondrement localisé » de niveau faible lié aux travaux souterrains :

- une vingtaine de bâtiments (dépendances et maisons) dont la majorité serait des maisons d'habitation ;
- les infrastructures : la partie nord de la RD987 et de la rue de l'Eglise.

7.2 HAMEAU DES MOQUETS

Dans l'emprise de l'aléa « effondrement localisé », les enjeux identifiés sur le hameau des Moquets sont comme suit :

- deux hangars et un parc de bois d'une scierie dans l'emprise de l'aléa de niveau fort lié à la descenderie des Moquets;
 - une maison d'habitation dans l'emprise de l'aléa de niveau moyen du puits de la Pompe et des travaux souterrains à moins de 50 m de profondeur ;
 - un corps de ferme dans l'emprise de l'aléa de niveau moyen de la galerie de la Pompe ;
 - une dépendance dans l'emprise de l'aléa de niveau fort lié au puits St Louis ;
 - une maison d'habitation dans l'emprise de l'aléa de niveau fort lié au puits Martin.
- Il serait nécessaire de réaliser des travaux de reconnaissance pour préciser sa position et procéder à son traitement éventuel.

On notera la présence de la voie communale n°2 dans l'emprise de l'aléa lié aux puits et aux travaux souterrains situés à moins de 50 m.

7.3 ZONE DES PERRIERES

Aucun enjeu vulnérable en surface n'est identifié dans la zone des Perrières.

8. REFERENCES

[1] « Elaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers – **Guide méthodologique** – Volet technique relatif à l'évaluation de l'aléa », 2004 : *ouvrage collectif résultant des contributions de divers organismes : INERIS, BRGM, GEODERIS, ENSMP, IRSN, CSTB*

[2] Archives DRIRE Bourgogne

1. « Concessions de La Chapelle-sous-Dun et des Moquets (71) » – **Compte-rendu de visite** – Rapport BRGM, réf. R38776 – Déc. 1995
2. « Ancienne concession de La Chapelle-sous-Dun » – Note d'avancement BRGM au 01/07/1996 relative aux **travaux de mise en sécurité** – secteur des Moquets. Document non référencé et non daté
3. « **Visite du puits Neuf** de La Chapelle-sous-Dun (71) » – Télécopie de M. Koch-Mathian du BRGM Franche-Comté – Juin 1996
4. « Concessions de La Chapelle-sous-Dun et des Moquets (71) » - Etat d'avancement – **Examen préalable des ouvrages**. Etude réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM 97-G-310, sept. 1997
5. « Concessions minières orphelines de La Chapelle-sous-Dun et des Moquets » - **Travaux de mise en sécurité** – Rapport d'exécution SOTRAMINES – Déc. 2000
6. « **Travaux de mise en sécurité** à La Chapelle-sous-Dun (puits neuf, zone d'affaissement) – Annexe BRGM, réf. SGR/BOU, déc. 2001
7. « Aspect **hydrogéologique** d'un projet de comblement minier au lieu-dit « La Mine » sur la commune de La Chapelle-sous-Dun » - Rapport ANTEA, réf. 40108/A – Déc. 2005
8. « Géologie et historique de l'exploitation de la Chapelle-sous-Dun » - Extrait rapport BRGM (ou note) non référencé et non daté
9. Divers documents « Concessions de La Chapelle-sous-Dun et des Moquets. Houillers de la Clayette – Titres miniers, Mines, Abandon des travaux » (plans et rapports) (Dossier DRIRE)

[3] Archives disponibles à GEODERIS Metz

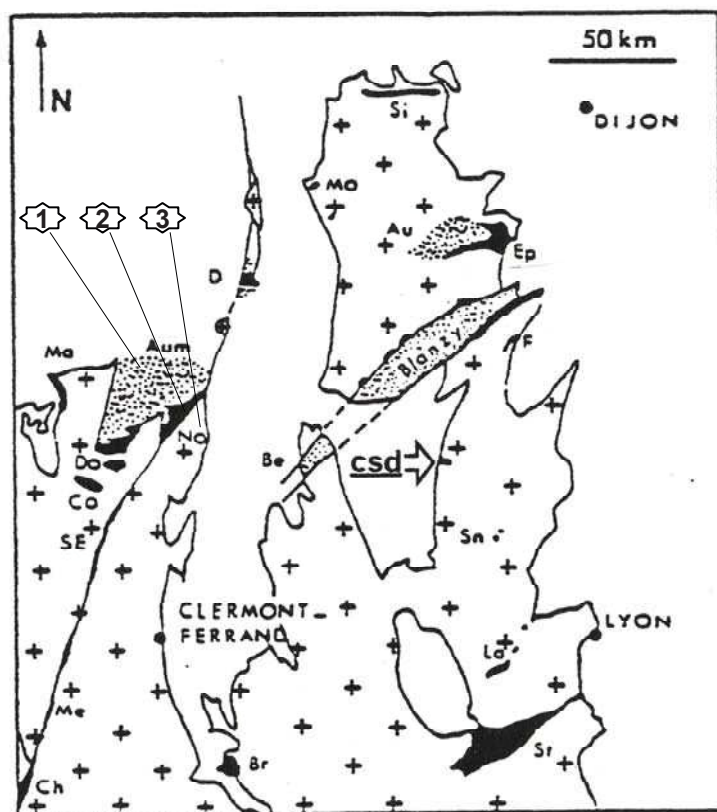
1. « Le bassin houiller de La Chapelle-sous-Dun et de Forges - Géographie, lithostratigraphie, tectonique et historique. Rapport de DEA de Sylvain Rey, Université des sciences de la terre de Dijon, 1985
2. « Les **gîtes de houille** et de manganèse – **Chapelle-sous-Dun** et Romanèche » - Notices par M. Drouot, Ingénieur en chef au corps impérial des mines, 1857
3. « Fiche inventaire de la concession de Chapelle-sous-Dun » - BRGM
4. « Commune de La Chapelle-sous-Dun (71) - Lieu-dit « La Mine » - **Contrôle par sonar de l'extension des vides détectés par microgravimétrie** et forages destructifs » - Rapport BRGM pour la DRIRE Bourgogne – Réf. BRGM/RP-51506-FR, jan. 2002

5. « Commune de La Chapelle-sous-Dun (71) - Lieu-dit « La Mine » – Contrôle **des anomalies gravimétrique** par sondages – *Rapport BRGM/RP-50601-FR pour la DRIRE Bourgogne, déc. 2000*
6. « Commune de La Chapelle-sous-Dun (71) - Lieu-dit « La Mine » – Contrôle **des anomalies gravimétriques**, seconde campagne de sondages – *Rapport BRGM/RP-51246-FR pour la DRIRE Bourgogne, oct. 2001*
7. « Au beau temps de la mine de La Chapelle-sous-Dun » - Monographie par Franck Nadel, 1960

[4] Rapports GEODERIS

1. « **Exploitation du gisement** houiller sur la commune de La Chapelle-sous-Dun (71) – Lieu-dit « La Mine » - *Rapport GEODERIS R-2002/034, sept. 2002*
2. « Exploitation du gisement houiller sur la commune de La Chapelle-sous-Dun (71) – Lieu-dit « La Mine » - **Investigations pour la détermination des vides** résiduels – *Cahier des charges GEODERIS R-2003/021, juin 2003*
3. « Finalisation de la **campagne de sondages** sur La Chapelle-sous-Dun » - *Rapport GEODERIS N-2004/049, mars 2004*
4. « **Forages de reconnaissance** sur La Chapelle-sous-Dun » - *Rapport GEODERIS N-2004/100, mai 2004*
5. **Calage des plans sonar** dans la mine de La Chapelle-sous-Dun » - *Note GEODERIS N2004-308*
6. « **Bilan des travaux** de reconnaissance en vue de la préparation des travaux de comblement minier au lieu-dit « La Mine » - Commune de La Chapelle-sous-Dun » - *Rapport GEODERIS N2005/012-5BOU2100*

FIGURES ET TABLEAUX



1: Permien – 2: Stéphanien – 3: Socle granitique

Figure 3: Principaux bassins permo-carbonifères du nord-est du massif central – Position du bassin de la Chapelle-sous-Dun (csd).

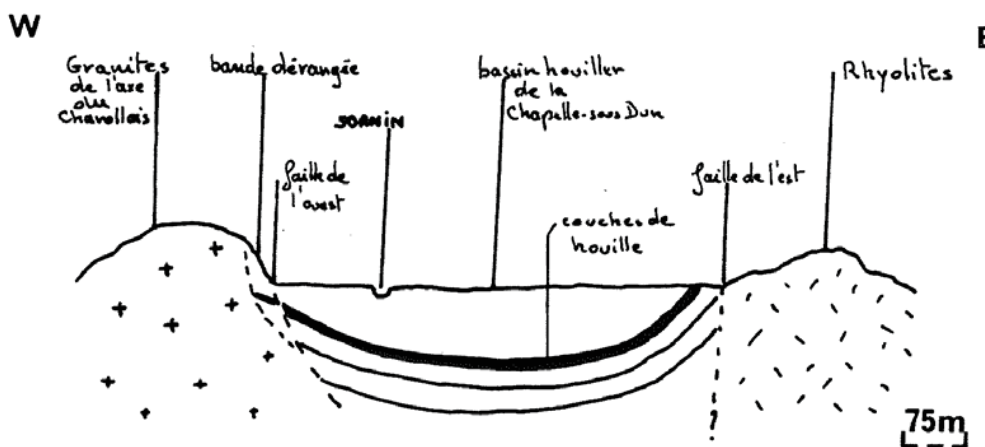


Figure 4a : Schéma structural du gisement (d'après S. Rey, 1985)

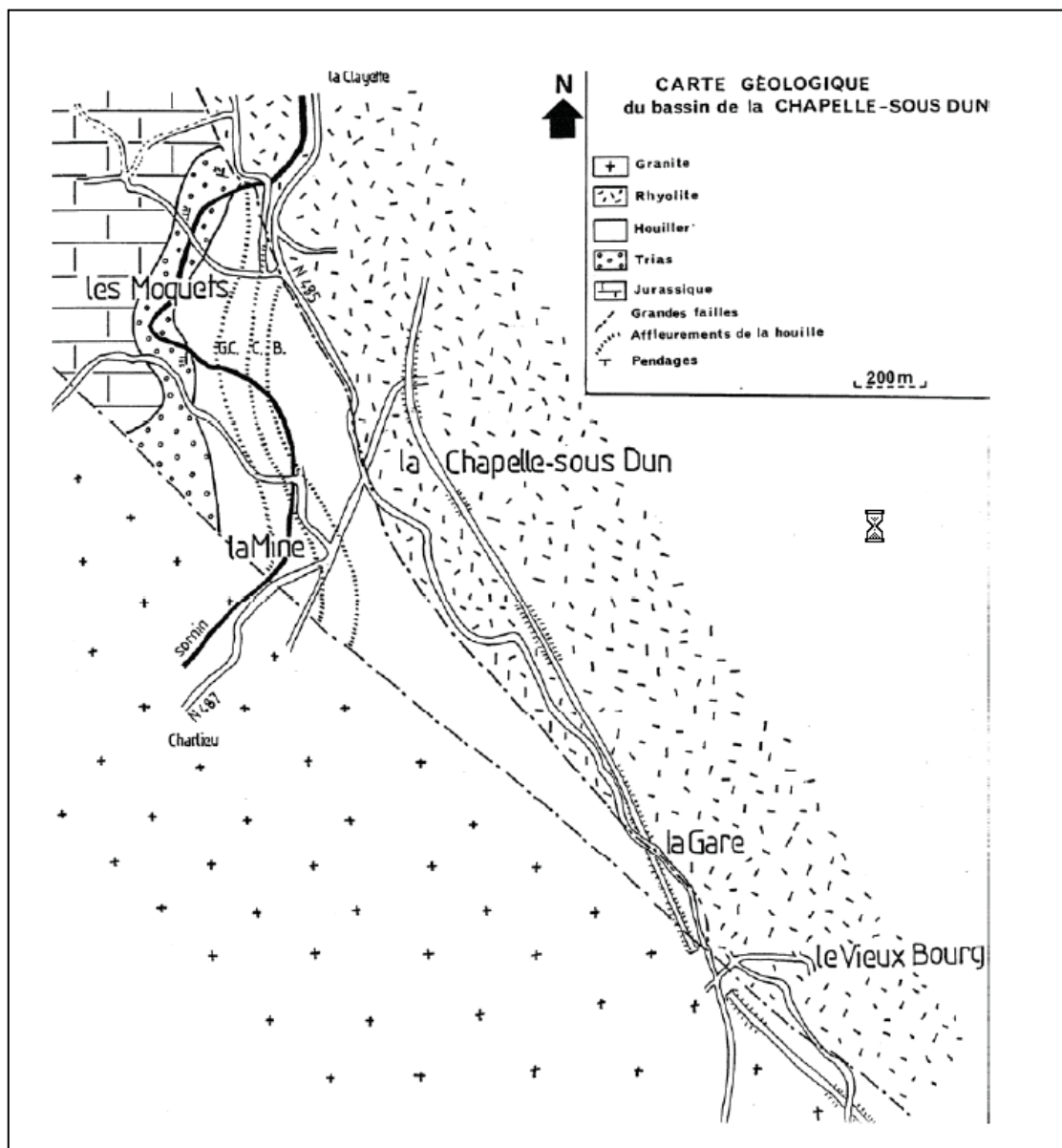


Figure 4b : *Géologie du bassin de la Chapelle-sous-Dun (d'après S. Rey, 1985)*

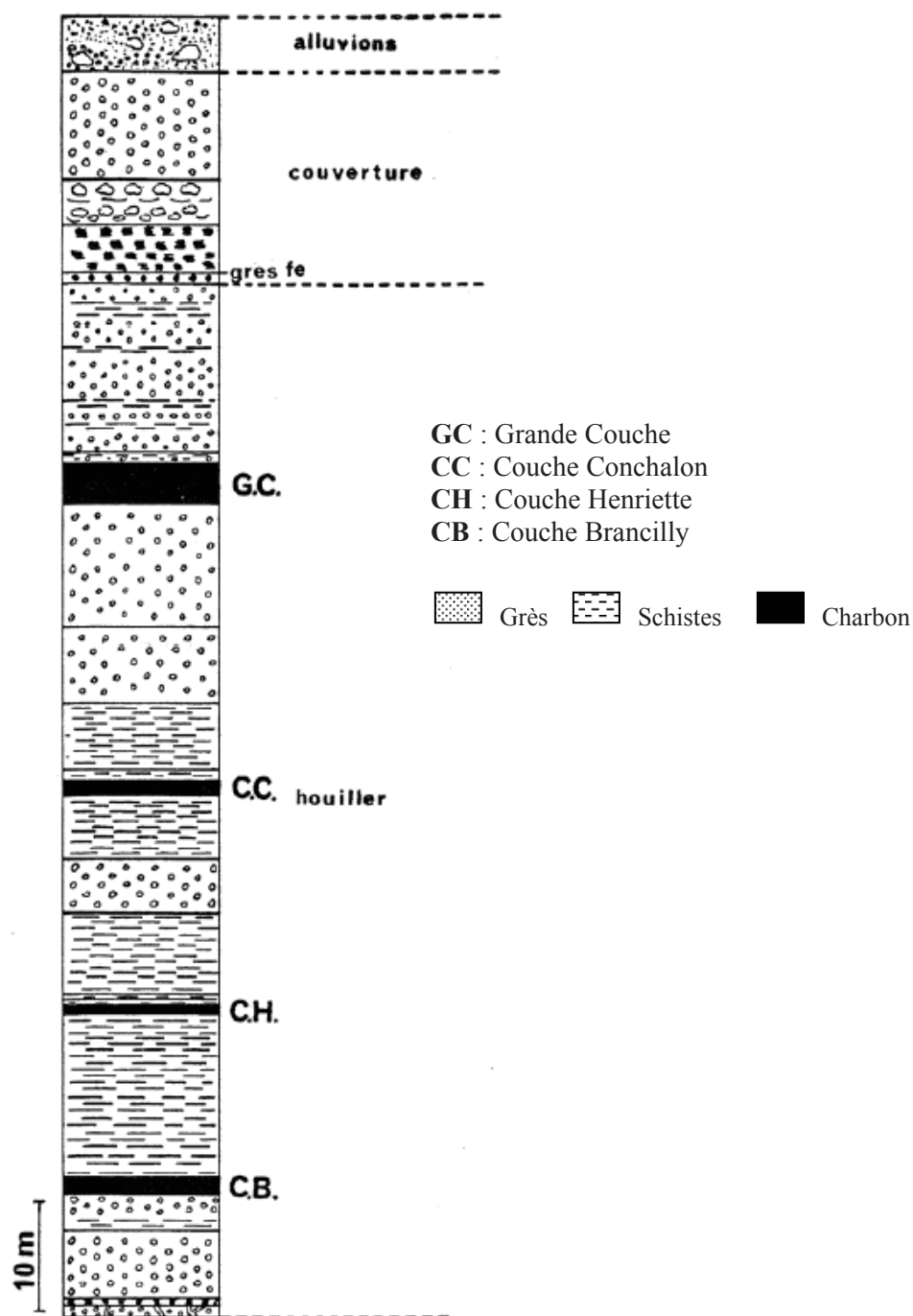


Figure 5 : Coupe lithologique et stratigraphique synthétique du puits des manèges
(Document BRGM)

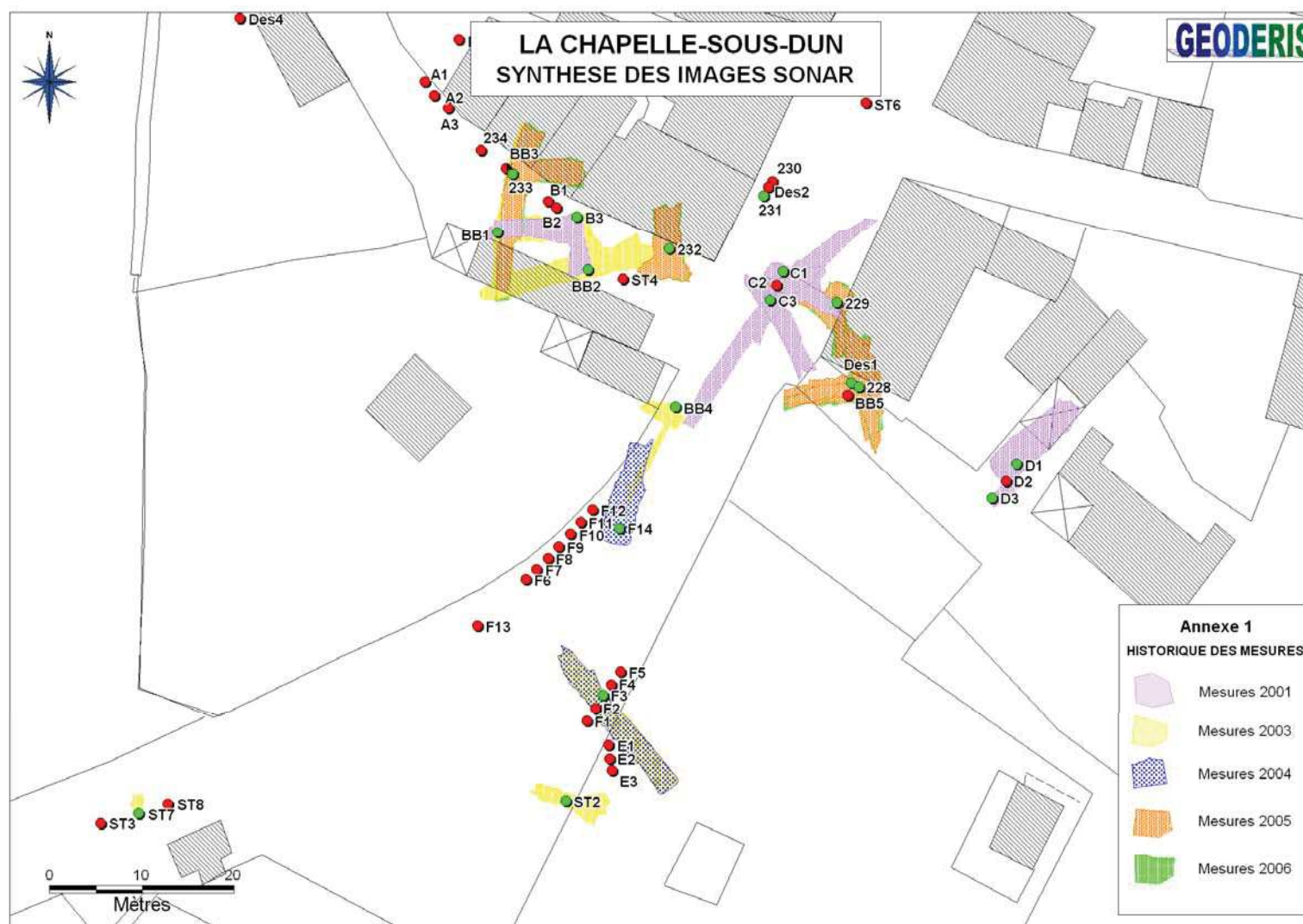


Figure 6 : Synthèse des images sonar de galeries détectées entre 2000 et 2006 (GEODERIS)

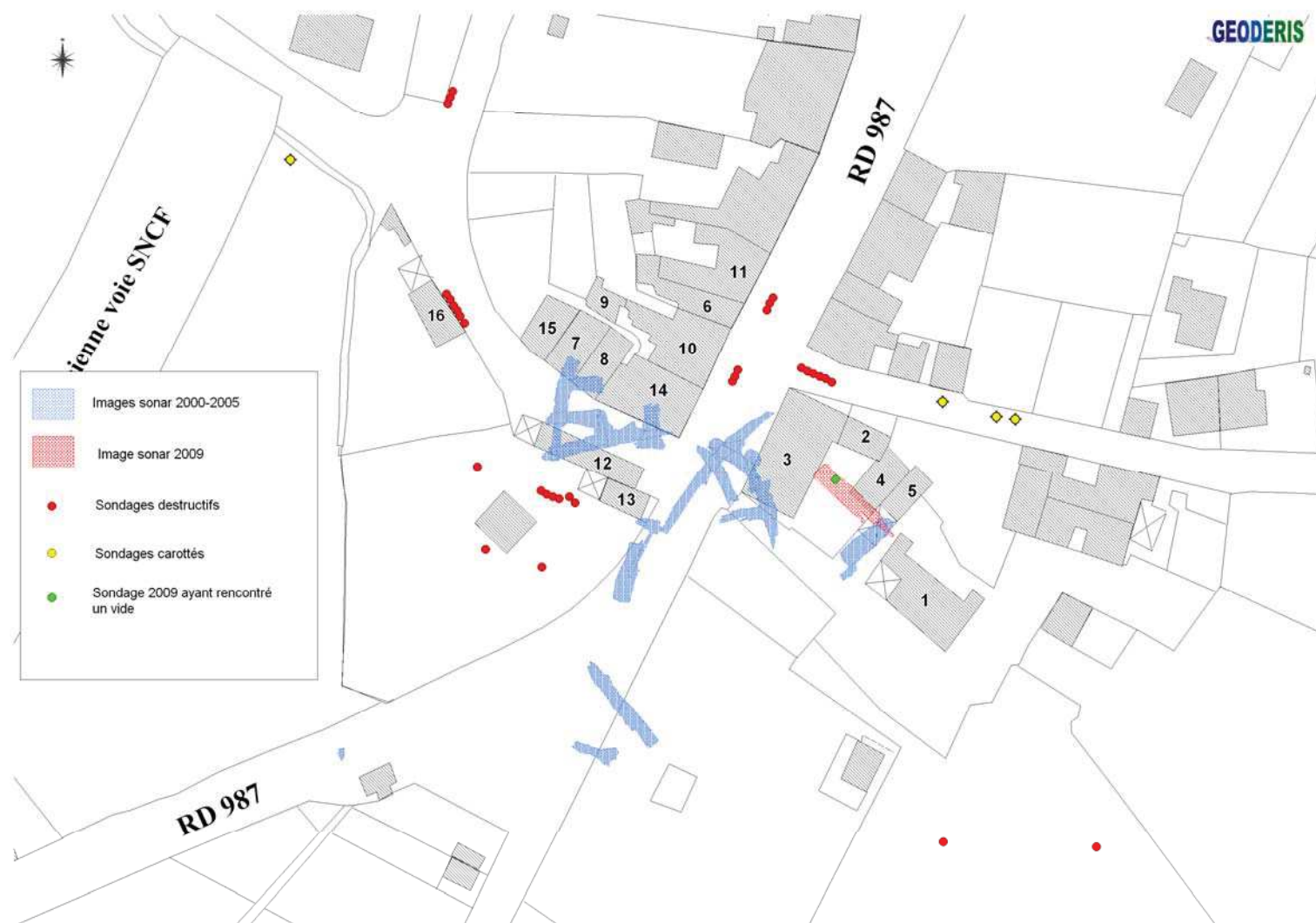


Figure 7 : Investigations réalisées en 2009 sur le secteur de la Mine

Tableau 1 : Caractéristiques générales des ouvrages débouchant en surface

PUITS	Secteur	Profondeur	Diamètre	Année-fonçage	Rôle	Traitement
Puits du treuil	La Mine	10 m	0.75 m	1809 - 1823	Extraction CH	
Puits de la cabane	La Mine	10 m	0.75 m			
Puits Henriette	La Mine	10 m	0.75 m			
Puits 1938 ou Josette	La Mine	20m	0.75 m	1938	Recherche	
Puits 1937	La Mine	15 m	0.75 m	1937	Recherche	
Puits Conchalon	La Mine	90 m	1.5 m	1824	Extraction	
Puits de recherche	La Mine	ND	0.75 m	1826	Recherche	
Puits 1	La Mine	30 m	0.75 m	1826	Extraction	
Puits 3	La Mine	70 m	1.5 m	1826		
Puits 8	La Mine	20 m	0.75 m	1826		
Puits 9	La Mine	20 m	0.75 m	1826		
Puits Polette ou n°10	La Mine	20 m	0.75 m	1826	Actuel lac minier	
Puits 11	La Mine	30 m	0.75 m	1826		
Puits de la forge	La Mine	185 m	1.5 m	1840		
Puits du diable	La Mine	110 m	1.5 m	1827	Extraction	
Puits 17	La Mine	10 m	0.75 m	1826		
Puits 15	Périers	10 m	0.75 m	1826		
Puits 4	Périers	120 m	1.5 m	1826		
Puits de la Grue	Périers	150 m	1.5 m	1826		
Puits 6	Périers	60 m	1.5 m	1826		
Puits marc ou n°5	Périers	180 m	1.5 m	1840	Extraction/Exhaure	Dalle en béton armé (2000) - Remblayé sur les 100 derniers mètres
Puits 7	Périers	252 m	2 m	1835	Extraction/Exhaure	
Puits du manège	Moquets habitation	120 m	1.25 m	1834	Extraction	Dalle en béton armé (2000) - Remblayé
Puits de la pompe	Moquets habitation	122 m	2 m	1834		Remblayé d'après archives + Dalle béton armé (année 2000)
Puits Saint-Louis	Moquets	100 m	1.5 m	1862		
Puits Martin	Moquets	75 m	1.5 m	1834		
Puits Plattard	Périers	53 m	0.75 m	1853		Remblayé d'après archives en 1864
Puits neuf ou	Moquets	163 m	4 m	1890		Dalle en béton armé (2000)
Puits d'aérage	Champs	300 m	4 m	1900	Aérage	Dalle en béton armé (2000)
Galerie/descenderie/fendue	Secteur	Largeur	Hauteur	Année-fonçage	Rôle	Traitement
Galerie de la pompe	Moquets	3 m	2 m	ND	Liaison entre puits	Remblayée sur 60 m depuis l'accès. Il reste 170 m de vide en direction du puits St Louis
Descenderie des Moquets	Moquets Scierie Garmier	1,5	2 m	1834	Galerie d'accès/ pente de 32°	Remblayée sur les dix premiers mètres d'après archives
Galerie 7	Périers	2 m	2 m	1835	Accès	Obstruée aux deux extrémités
FendueConchalon 1	La Mine	1.5 m	2 m	1824	Accès	
FendueConchalon 2	La Mine	1.5 m	2 m	1824	Accès	
FendueConchalon 3	La Mine	1.5 m	2 m	1938	Accès	Remblayée d'après les archives
Fendue P6	Périers	1.5 m	2 m	1826	Accès	
ND: Non Déterminé						

Type de désordre	N°	Observé sur le site	Date	Source
Fontis	D1	Non	récent	Archives
Fontis	D2	Non	récent	GEODERIS (témoignage oral)
Fontis	D3	Non	récent	GEODERIS (témoignage oral)
Fontis	D4	Non	récent	
Fontis	D5	Non	récent	GEODERIS (témoignage oral)
Fontis	D6	Oui	Date d'une dizaine d'années	Archives
Affaissement du lac	D7	Oui	1836	Archives
Fontis	D8	Non	ancien	Archives
Fontis	D9	Non	ancien	Archives
Affaissement présumé	D10	Oui	ancien	GEODERIS
Fontis	D11	Non	1996	BRGM

Tableau 2 : Désordres recensés sur la commune de La Chapelle-sous-Dun

Tableau 3a : Qualification de l'aléa « effondrement localisé » lié aux puits

Puits	Diamètre cône d'effondrement en m	Prédisposition	Intensité	Niveau Aléa	incertitude/position en m	Diamètre Zone d'influence en m
Puits du treuil	6	peu sensible	modérée	faible	8	22
Puits de la cabane	6	peu sensible	modérée	faible	8	22
Puits Henriette	6	peu sensible	modérée	faible	8	22
Puits 1938 ou Josette	7	sensible	modérée	moyen	8	23
Puits 1937	6	sensible	modérée	moyen	8	22
Puits Conchalon	12	sensible	élevée	fort	8	28
Puits de recherche	7	sensible	modérée	moyen	8	23
Puits 1	8	sensible	modérée	moyen	8	24
Puits 3	12	sensible	élevée	fort	8	28
Puits 8	7	sensible	modérée	moyen	8	23
Puits 9	7	sensible	modérée	moyen	8	23
Puits Polette ou n°10	7	sensible	modérée	moyen	8	23
Puits 11	8	sensible	modérée	moyen	8	24
Puits de la forge	13	sensible	élevée	fort	8	29
Puits du diable	13	sensible	modérée	fort	8	29
Puits 17	6	sensible	modérée	moyen	8	22
Puits 15	6	sensible	modérée	moyen	8	22
Puits 4	13	sensible	élevée	fort	8	29
Puits de la Grue	13	sensible	élevée	fort	8	29
Puits 6	13	sensible	élevée	fort	8	29
Puits marc ou n°5	13	sensible	élevée	fort	8	29
Puits 7	14	sensible	élevée	fort	8	20
Puits du manège	23	peu sensible	élevée	moyen	3	29
Puits de la pompe	24	peu sensible	élevée	moyen	3	30
Puits Saint-Louis	23	sensible	élevée	fort	8	29
Puits Martin	23	sensible	élevée	fort	8	39
Puits Plattard	9	peu sensible	modérée	faible	8	25
Puits neuf ou ConteGranchamps	24	sensible	élevée	fort	3	30
Puits d'aérage	24	sensible	élevée	fort	3	30

Galeries	Ouverture en m	Largeur en m	Hauteur maximale de remontée du fontis	Intensité	Prédisposition	Niveau aléa	Incertitude /position en m	Zone d'influence en m
Descenderie des Moquets	2	1,5	58	Elevée	Très sensible	fort	8	19
Galerie de la pompe	2	2	20	Nulle/Elevée	Nulle/peu sensible	moyen	3	14
Galerie 7	2	2	20	Modérée	sensible	moyen	8	14
Fendues Conchalon 1, 2 et 3, et fendue 6	2	1,5	22	Modérée	sensible	moyen	8	14

Tableau 3b : *Qualification de l'aléa « effondrement localisé » lié aux galeries*

9. ANNEXES

Annexe	Intitulé	Nb Pages
1	Glossaire	4
2	Description des différents phénomènes susceptibles d’être rencontrés sur la concession de La Chapelle sous Dun et qualification de l’aléa (extrait de INERIS DRS-06-51198/R01)	8
3	Plan minier de 1857	1
4	Implantation des forages 2009	2
5	Carte informative	1
6a	Carte d’aléa « mouvement de terrain » Effondrement localisé	1
6b	Carte d’aléa « mouvements de terrain » Affaissement	1

ANNEXE 1 : Glossaire

Affaissement progressif

Type d'instabilité pouvant survenir au-dessus d'une exploitation par chambres et piliers ou par dépilage. Il se traduit par la formation en surface d'une cuvette de quelques dizaines à quelques centaines de mètres de diamètre. Au centre de la cuvette les terrains descendent verticalement. Sur les bords, les terrains se mettent en pente avec un étirement sur les bords extérieurs (ouverture de fractures, fentes de tension) et un raccourcissement sur les bords intérieurs (apparition de bourrelets, fractures de compression...).

Aléa

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

Parmi les types d'aléa minier, on peut citer : l'affaissement, l'effondrement brutal, l'effondrement localisé, le tassement...

Angle d'influence

Lorsque des désordres se produisent au niveau des travaux miniers, les effets se propagent vers la surface suivant un cône d'effet dont l'angle s'appelle l'angle d'influence.

BD Ortho

La BD ORTHO est l'orthophotographie numérique standard. Elle utilise des prises de vues aériennes départementales. La précision de ce support cartographique est estimée à 3 m.

BD Topo

La BD TOPO, pour Base de Données TOPOgraphiques, est une base de données plutôt qu'une représentation graphique (cartographie) du territoire. Les voies de circulation sont notamment représentées par leur axe, ce qui amoindrit la lisibilité (la voirie est habituellement mise en évidence).

La base de données offre une description exhaustive des thèmes qui la composent avec une précision métrique. L'exactitude des données en plan est comprise entre 1,5 m et 5 m. La base comprend notamment les voies de circulation ferrées et routières, les bâtiments, l'altimétrie, l'hydrographie...

Chambres et piliers

C'est une méthode d'exploitation minière qui consiste à réaliser un creusement entrecroisé délimitant de proche en proche, des massifs résiduels de plus en plus petit ; principe dont l'usage a consacré l'appellation de «méthode par chambres et piliers» correspondant respectivement aux tronçons de galeries et aux massifs résiduels. Elle laisse subsister des vides au fond.

Chantier

Désigne tout emplacement de la mine où s'effectue une opération d'exploitation.

Couche

Dépôt sédimentaire de nature homogène. Selon sa composition (présence de métaux, de charbon...), elle peut être exploitée.

Effondrement localisé

C'est l'apparition soudaine en surface d'un cratère d'effondrement dont l'extension horizontale varie généralement de quelques mètres à quelques dizaines de mètres de diamètre. Les dimensions de l'effondrement localisé dépendent de l'importance du vide et de la nature des terrains qui le séparent de la surface. Selon le mécanisme initiateur de l'effondrement localisé, on peut distinguer le fontis, l'effondrement de tête de puits, l'effondrement par rupture de piliers isolés...

Enjeux

Personnes, biens, activités, moyens, infrastructures, patrimoines, etc. susceptibles d'être affectés par un phénomène. Il peut s'agir par exemple d'une densité de population, d'un trafic autoroutier...

Ennoyage

Lorsque l'activité minière s'arrête définitivement dans les mines maintenues à sec par pompage, les travaux miniers sont progressivement noyés par les différentes arrivées d'eaux d'infiltrations qui étaient jusqu'alors pompées.

Exhaure

Lors de l'exploitation minière, les eaux d'infiltrations sont évacuées gravitairement ou collectées aux points les plus bas des travaux et rejetées à la surface. Ces rejets d'eaux s'appellent l'exhaure.

Faille

Cassure de terrain avec déplacement relatif des parties séparées. En pratique, ce terme désigne le plus souvent des accidents verticaux ou à pendage fort.

Fendue ou descenderie

Voie inclinée permettant l'accès au gisement depuis la surface.

Fontis

Effondrement localisé qui résulte de l'effondrement du toit d'une cavité souterraine peu profonde.

Galeries de surface

Galeries techniques à très faible profondeur, qui débouchent dans un puits.

Gaz de mine

Après l'arrêt de l'exploitation minière, les vides miniers, s'ils ne sont pas noyés en totalité, constituent un véritable réservoir souterrain plus ou moins confiné, dans lequel les gaz (qui sont dilués ou évacués par ventilation lors de l'exploitation) peuvent s'accumuler à des concentrations élevées. Le gaz de mine est généralement un mélange de gaz d'origines diverses, à des teneurs variables. Certains gaz sont contenus dans le gisement avant l'exploitation (grisou, dioxyde de carbone, radon), d'autres sont produits à partir d'une transformation chimique du gisement ou de certains éléments de la mine, pendant ou après l'exploitation (monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, sulfure d'hydrogène par exemple).

Grisou

Gaz constitué principalement de méthane se dégageant dans certaines mines en particulier de charbon et donnant avec l'air ambiant des mélanges explosifs lorsque sa teneur est comprise entre 5 % et 15 % environ.

Intensité qualification d'un phénomène, évaluée ou mesurée par ses paramètres physiques. Elle intervient dans l'évaluation de l'aléa. Par exemple, pour le phénomène « affaissement », il peut s'agir de l'amplitude verticale du mouvement ou de la déformation maximale. Pour le phénomène « effondrement ou glissement de terrain », il peut s'agir du volume de matériau remanié. Lorsqu'il n'est pas possible d'évaluer ces paramètres physiques, on peut alors recourir à des méthodes indirectes, basées sur l'importance de leurs conséquences potentielles en termes d'endommagement ou de dangerosité ou de l'importance des parades théoriquement nécessaires pour annuler le risque.

Mur

C'est la limite basse d'une couche ou le sol d'une galerie

Ouverture

Dimension d'un chantier mesurée perpendiculairement aux parois.

Panneau

Volume minéralisé, limité latéralement, compris entre deux galeries principales. Un panneau constitue une unité d'exploitation desservie par une voie de base, une voie de tête et une ou plusieurs cheminées ou plans inclinés.

Parement

Paroi latérale verticale ou très inclinée d'une galerie ou d'un chantier.

Pendage

Angle du plan moyen du gisement avec l'horizontale.

Phénomène

Manifestation en surface résultant d'une instabilité effective. Dans le cadre des mouvements de terrain, il peut s'agir de l'affaissement, de l'effondrement localisé (fontis), de l'effondrement en masse ou généralisé, du tassement, du glissement...ne pas confondre avec risque.

Pilier

Volume de minerai non abattu et participant au soutènement du chantier.

Prédisposition

Qualification d'un site à partir de l'évaluation et la pondération des paramètres favorables au déclenchement d'un mécanisme d'instabilité et à la survenance d'un phénomène pour une période de temps donnée.

Puits

Voie de pénétration dans le gisement, verticale, partant de la surface, comportant des accrochages, donnant accès à différents étages d'une mine et permettant de les desservir. Un puits assure normalement la totalité ou plusieurs des services suivant : extraction, circulation

du personnel, transport du matériel, descente du remblai, aérage (entrée ou retour d'air), exhaure, etc.

Pour l'aérage des travaux, deux puits étaient foncés à proximité l'un de l'autre, l'un servait à l'entrée de l'air frais, l'autre au retour d'air. Pour renforcer l'aérage naturel, le puits de retour d'air était généralement raccordé à un ventilateur situé à la surface. Le puits d'entrée d'air était dévolu à l'extraction et au transport du personnel tandis que le puits de retour d'air servait à la descente du matériel.

Pour les études PPRM du Nord Pas-de-Calais, on distingue :

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

Recette

Lieu où se trouvent les dispositifs assurant la manutention des produits et du matériel et la circulation du personnel aux abords du puits, à chaque niveau.

Risque

Exprime les dommages potentiels en vies humaines, en biens et en activités consécutives à la survenance d'un aléa. Combinaison des composantes d'un aléa (prédisposition et intensité) par celles des enjeux et/ou de la vulnérabilité occasionnés au cours d'une période donnée sur un site donné.

Taux de défrètement

Rapport surfacique de la part de minerai abattu sur celui en place initialement. Il s'exprime en pourcentage.

Titre minier

Désigne tout droit ou titre, de recherche (de prospection) ou d'exploitation délivré conformément au code minier 15. Le titre minier est accordé pour un type d'élément donné ainsi que pour une période donnée et sur un périmètre donné.

Toit

C'est la limite haute d'une couche ou d'une galerie.

Travers-banc

Galerie de niveau recoupant les différentes formations. Par extension, galerie principale dans le stérile partant d'une recette.

Zone d'aléa

Zone de surface où pourrait se produire les effets d'un aléa minier, par exemple une zone d'aléa mouvement de terrain de type « effondrement localisé » est liée à une rupture des travaux miniers sous-jacents.

Zone vierge

Zone exempte de tous travaux miniers et non influencée par des travaux miniers voisins.

ANNEXE 2 (a) : Description des phénomènes

1. Les affaissements progressifs

Définition et effets

L'affaissement se manifeste par un réajustement des terrains de surface induit par l'éboulement de cavités souterraines résultant de l'extraction ou de la disparition (dissolution, combustion) de minerai. Les désordres, dont le caractère est généralement lent, progressif et souple, prennent la forme d'une dépression topographique, sans rupture cassante importante, présentant une allure de cuvette.

Ce type de manifestation concerne aussi bien les exploitations en plateure menées à grande profondeur (plusieurs centaines de mètres) et présentant des extensions horizontales importantes que les exploitations filoniennes ayant laissé des vides résiduels importants après extraction.

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

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

Les déformations et les pentes sont proportionnelles à l'affaissement maximum au centre de la cuvette et inversement proportionnelles à la profondeur de l'exploitation. Ainsi, pour une même épaisseur exploitée, les effets seront d'autant plus faibles que l'exploitation est profonde.

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

Mécanismes ou scénarios initiateurs

Cas des exploitations totales menées dans des terrains stratifiés

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

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

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

Le retour d'expérience disponible sur différents bassins miniers français et européens indique que la quasi-totalité de l'affaissement se produit durant l'extraction et que la durée de l'affaissement résiduel se limite à quelques années. Au-delà, les risques de reprise d'affaissement (ou de remontée de la surface du sol) résultent de variations importantes des conditions environnementales (ennoyage ou dénoyage des travaux, application de surcharges en surface) et affectent principalement les exploitations les moins profondes. Ils correspondent, de fait, pleinement au phénomène de tassement décrit plus haut.

Cas des exploitations partielles en terrains stratifiés

Dans le cas d'exploitations partielles, l'éboulement des travaux souterrains résulte de la rupture progressive des éléments assurant la stabilité de l'ouvrage minier (piliers, intercalaires entre couches, toit, mur). Le phénomène peut donc être initié plusieurs années ou décennies après la fermeture des travaux, suite à l'évolution de la résistance des roches. Lorsque l'éboulement des travaux miniers est réalisé sur une surface suffisante, les mécanismes de foisonnement et de flexion des bancs sus-jacents sont similaires au cas des exploitations totales par taille ou dépilage.

L'intensité de l'affaissement reste proportionnelle à l'ouverture des travaux souterrains. Il n'est donc pas rare que les mouvements verticaux observés puissent dépasser une amplitude d'ordre métrique. L'ampleur des mouvements est également proportionnelle au taux de défrètement. En effet, plus les piliers sont volumineux, plus ils occupent de l'espace en souterrain et limitent ainsi l'amplitude du mouvement.

On peut décomposer l'affaissement à l'aplomb d'exploitations partielles en trois phases distinctes.

La première phase, dite « de mise en place », peut s'avérer très longue (plusieurs années à plusieurs centaines d'années). Elle se traduit par un affaiblissement progressif des piliers sous l'effet cumulé du temps, de la pression des terrains de couverture et des paramètres environnementaux régnant au sein de l'édifice minier (eau, température...).

La seconde phase, dite « d'affaissement », intervient lorsque le phénomène de rupture des piliers s'initie au sein de l'ouvrage minier, sous l'effet possible d'un facteur déclenchant (modification de l'état de contrainte ou des paramètres environnementaux, par exemple). Elle se développe classiquement sur une période variant de quelques jours à plusieurs mois, durant laquelle la plus grande partie de l'affaissement se donne en surface. C'est donc la phase la plus critique durant laquelle un suivi attentif de l'évolution des structures présentes en surface peut s'avérer nécessaire.

La phase ultime, dite « résiduelle », correspond à l'affaissement résiduel. Si cette phase peut se prolonger sur des périodes assez longues (plusieurs années), les mouvements résiduels sont généralement très limités et, la plupart du temps, non décelables en surface.

2. Les effondrements localisés

Définition et effets

Un effondrement localisé se caractérise par l'apparition soudaine en surface d'un cratère d'effondrement dont l'extension horizontale varie généralement de quelques mètres à quelques dizaines de mètres de diamètre. La profondeur du cratère dépend principalement de la profondeur et des dimensions des travaux souterrains. Si, dans la majorité des cas, cette profondeur se limite à quelques mètres, dans certaines configurations particulières, elle peut atteindre, voire dépasser, une dizaine de mètres (effondrements de tête de puits, par exemple).

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

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

Mécanismes ou scénarios initiateurs

L'effondrement localisé par rupture du toit d'une galerie : le phénomène de fontis

On parle de **fontis** lorsque l'instabilité qui affecte la surface résulte de la remontée au jour d'un éboulement initié au sein d'une excavation souterraine (galerie, chambre d'exploitation...). Lorsque la voûte initiée par la rupture du toit de l'excavation ne se stabilise pas mécaniquement du fait de la présence de bancs massifs au sein du recouvrement, elle se propage progressivement vers la surface et, si l'espace disponible au sein des vieux travaux est suffisant pour que les matériaux éboulés et foisonnés puissent s'y accumuler sans bloquer le phénomène par « auto-comblement », la voûte peut atteindre la surface du sol. Si le développement d'une montée de voûte est un phénomène très lent qui peut prendre plusieurs années ou décennies, l'apparition du fontis en surface se fait, quant à elle, de manière soudaine, ce qui rend le phénomène potentiellement dangereux pour les personnes et les biens situés dans son emprise.

L'apparition de ce type de désordre en surface ne concerne que les travaux peu profonds. Les retours d'expériences menées sur plusieurs bassins miniers ont ainsi montré que, sauf spécificité géologique ou d'exploitation, au-delà d'une cinquantaine de mètres de profondeur (et parfois moins), les anciens vides miniers n'étaient plus susceptibles de provoquer ce phénomène en surface.

L'effondrement par rupture de pilier(s) isolé(s)

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

La dimension de la zone affectée en surface est généralement plus importante que celle résultant d'un simple fontis mais sensiblement plus réduite que dans le cas d'un effondrement généralisé décrit plus loin. Comme les fontis, les ruptures de piliers isolés sont des phénomènes purement locaux qui ne dépendent pas de la géométrie globale des exploitations mais uniquement de conditions locales défavorables.

Ces conditions défavorables peuvent résulter de la méthode d'exploitation ayant conduit, dans certains secteurs, à des extractions locales trop intensives laissant des piliers sous-dimensionnés, fragilisés ou mal superposés. Elles peuvent aussi résulter d'hétérogénéités géologiques (zones fracturées ou faillées, venues d'eau...).

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

L'effondrement d'une tête de puits

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

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

La manifestation en surface peut ainsi se restreindre à un cratère de petite taille (quelques mètres de diamètre au maximum) ou générer des désordres plus importants (diamètre pouvant dépasser une dizaine de mètres).

L'effondrement de la surface peut également résulter de la rupture de l'ouvrage réalisé en tête de puits (platelage en bois, dalle de surface, bouchon mal dimensionné...). Dans ce cas, l'effondrement se circonscrit généralement au seul diamètre de puits, la rupture des terrains environnants n'étant qu'exceptionnelle.

ANNEXE 2 (b) : Qualification de l'aléa

1. Définition de l'aléa

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

Dans une optique de prévention des risques et d'aménagement du territoire, telle que retenue dans le cadre de l'élaboration d'un PPRM, la période de référence pour identifier le niveau d'aléa est généralement le **long terme**. Il est ainsi nécessaire d'intégrer à l'analyse la dégradation inéluctable dans le temps des caractéristiques des matériaux rocheux ainsi que la propagation, dans l'espace, des fluides (eau ou gaz) soumis aux lois d'écoulement qui les caractérisent.

L'**intensité du phénomène** correspond à l'ampleur des désordres, séquelles ou nuisances susceptibles de résulter du phénomène redouté.

La notion de **probabilité d'occurrence** traduit pour sa part la sensibilité que présente un site à être affecté par l'un ou l'autre des phénomènes analysés. Elle s'appuie sur une classification qualitative caractérisant une **prédisposition** du site à subir tel ou tel type de désordres ou nuisances.

2. Qualification des classes d'aléa

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

On utilise une matrice de synthèse dont les principes de constitution sont illustrés dans le tableau suivant, en précisant bien, une fois encore, que chaque site peut donner lieu à des ajustements pour s'adapter au contexte spécifique qui le caractérise.

On distingue classiquement trois classes d'aléa : faible, moyen, fort.

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

3. L'aléa « effondrement localisé »

Qualification de l'intensité

C'est principalement le **diamètre de l'effondrement** qui influera sur les conséquences prévisibles sur la sécurité des personnes et des biens présents dans la zone d'influence du désordre. C'est donc ce paramètre que nous retiendrons comme grandeur représentative. Assez logiquement, c'est le diamètre maximal qui sera retenu dans l'évaluation (configuration stabilisée sous forme d'entonnoir). On gardera toutefois à l'esprit qu'en terme de dangerosité, c'est plutôt le diamètre instantané (zone affectée lors de l'effondrement), parfois sensiblement moins important que le précédent, qui compte.

La profondeur du cratère peut également influencer sur la dangerosité du phénomène mais, comme elle s'avère souvent très délicate à prévoir, notamment pour ce qui concerne les fontis et les débousses de puits, nous ne la retiendrons pas comme paramètre décisif.

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

Parmi les principaux facteurs susceptibles d'influer sur la valeur du diamètre de l'effondrement, on citera la dimension des vides résiduels au sein des travaux souterrains (volume des galeries), ainsi que l'épaisseur et la nature des terrains constituant le recouvrement. Notons, à ce propos, que l'épaisseur et la nature des terrains de sub-surface jouent un rôle prépondérant car leur rupture (lorsqu'il s'agit de terrains déconsolidés) peut contribuer pour beaucoup aux dimensions de l'entonnoir d'effondrement en surface.

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

Classe d'intensité	Diamètre de l'effondrement
Très limitée	Effondrements auto-remblayés à proximité immédiate de la surface (profondeur centimétrique)
Limitée	$\varnothing < 3 \text{ m}$
Modérée	$3 \text{ m} < \varnothing < 10 \text{ m}$
Elevée	$\varnothing > 10 \text{ m}$

Qualification de la prédisposition

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

- **l'existence d'indices d'anciens** mouvements de type « **effondrement localisé** » (encore visibles en surface ou décrits dans les archives), dans un secteur proche présentant des caractéristiques géologiques et d'exploitations voisines, peut contribuer à augmenter la prédisposition au développement futur de phénomènes sensiblement similaires en terme de mécanismes initiateurs (fontis, effondrements de puits...) ;
- la **présence de terrains déconsolidés en surface**, notamment sur une grande épaisseur, contribue à augmenter la prédisposition à voir se développer des cratères d'effondrement de fortes dimensions (classes d'intensité élevées).

Rupture de toit ou éboulement d'une galerie d'accès

La prédisposition d'un site à voir se développer un fontis à l'aplomb d'anciennes exploitations dépend de la combinaison de deux prédispositions : la rupture de l'ouvrage souterrain et la remontée de l'instabilité jusqu'en surface.

Prédisposition à la rupture de l'ouvrage souterrain

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

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

Prédisposition à la remontée de l'instabilité jusqu'en surface

Une fois la chute de toit initiée au sein des vieux travaux, deux mécanismes sont susceptibles de s'opposer à sa propagation vers la surface dans le long terme :

- *la stabilisation du phénomène par formation d'une voûte stable.* Vis-à-vis de ce mécanisme, c'est, à largeur de galerie égale, la présence de bancs massifs, épais et résistants au sein du recouvrement qui contribuera à diminuer la prédisposition d'un site à voir se développer des fontis en surface ;
- *la stabilisation du phénomène par auto-comblement,* du fait du foisonnement des éboulis. Le volume des vides résiduels disponibles au sein des vieux travaux (tenant compte de la dimension des galeries et de l'existence d'éventuels travaux de remblayage), ainsi que la nature (coefficient de foisonnement) et l'épaisseur des terrains de recouvrement, influenceront directement sur la prédisposition des remontées de voûte à se stabiliser ou non par auto-comblement.

Dans les faits, même si cette valeur dépend étroitement de la nature des terrains de recouvrement, le retour d'expérience disponible montre qu'au-delà d'une profondeur d'une cinquantaine de mètres, la prédisposition d'anciens travaux miniers aux remontées de fontis jusqu'en surface devient généralement négligeable pour des galeries de hauteur habituelle (< 4 m).

Rupture de piliers isolés

La prédisposition de piliers à la rupture dépendra principalement :

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

Effondrement d'une tête de puits

Deux phénomènes peuvent résulter d'une instabilité affectant une ancienne tête de puits.

Le premier résulte de l'effondrement de la surface du sol situé à l'aplomb direct de l'ancien ouvrage. Deux raisons peuvent générer cette rupture :

- l'effondrement de la structure mise en place en tête d'un puits vide (plancher en bois, voûte en briques, dalle, bouchon...). Dans ce cas, ce sont les caractéristiques de cette structure (résistance, dimensions), son altérabilité dans le long terme, la nature du revêtement ou

cuvelage du puits ainsi que la nature et la résistance des terrains encaissants qui influenceront directement sur la prédisposition du site à la rupture ;

- le débouillage d'un puits remblayé. Dans ce cas de figure, les variations prévisibles du niveau hydrogéologique (remontée des eaux, battements de nappe), la présence de galeries connectées au puits et non obturées par des serremments, l'ancienneté du remblayage et l'existence de facteurs aggravants (vibrations, surcharges...) contribueront à augmenter la prédisposition du puits à subir un débouillage.

Le second phénomène résulte directement du premier, notamment lorsqu'il s'agit du débouillage d'un très vieux puits. Il concerne la rupture possible des terrains environnants la tête de puits qui s'écoulent dans le puits après l'effondrement de tout ou partie du revêtement de l'ouvrage. Concernant ce phénomène, l'ancienneté et l'état de dégradation du revêtement du puits ainsi que la présence et l'épaisseur de terrains sans cohésion en sub-surface constituent autant de facteurs favorables au développement d'un effondrement qui peut, parfois, déborder très largement de l'emprise stricte du puits.

Fig. 2. Projection des ouvrages sur un plan vertical à peu près N.S.

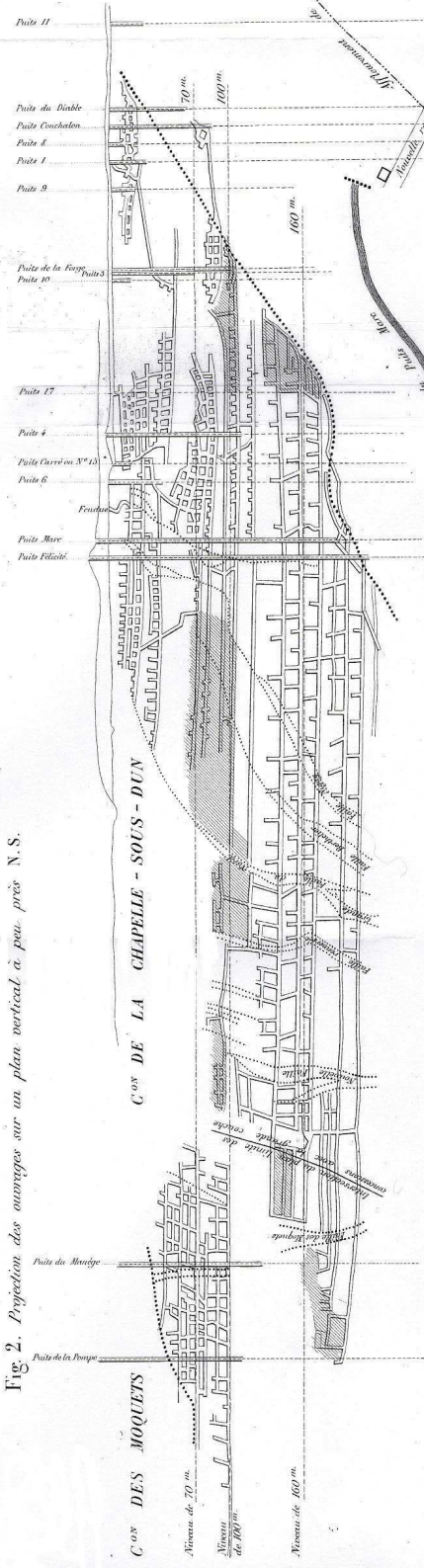


Fig. 3. Coupes horizontales de la grande couche.

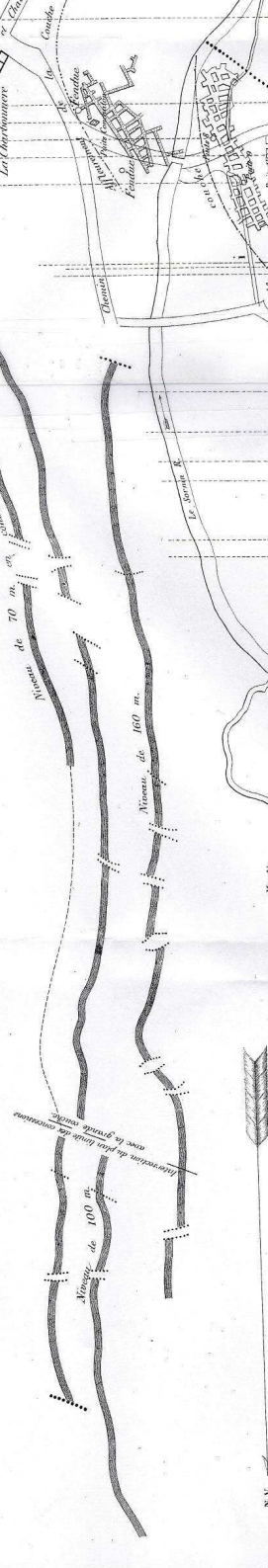
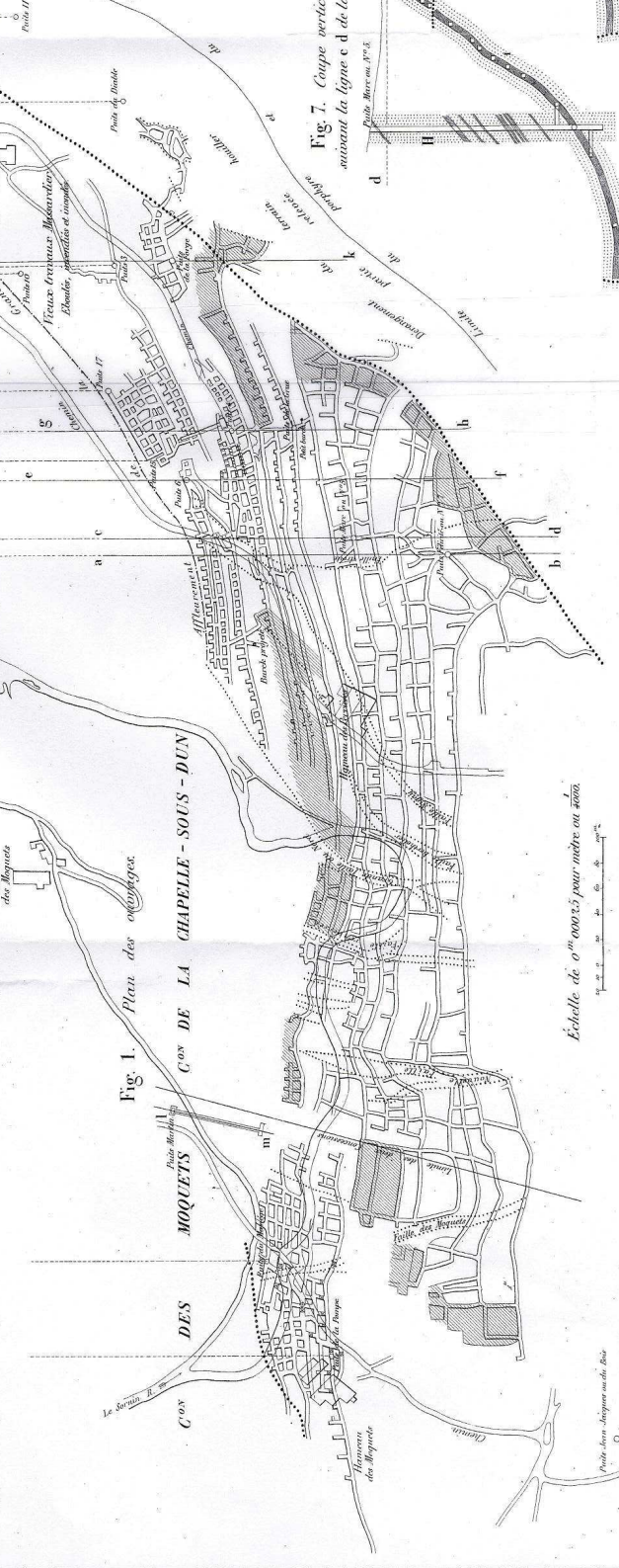


Fig. 1. Plan des ouvrages.



PLAN,
PROJECTION ET COUPES DES OUVRAGES.

LÉGEN

Solides gris	(X)	Terrain calcaireux	(X)
Marne jaune	(Y)	Forêt de pins	(Z)
Calcaire de	(A)	Forêt de chênes	(B)
Calcaire de	(C)	Forêt de hêtres	(D)
Calcaire de	(E)	Forêt de sapins	(F)
Calcaire de	(G)	Forêt de mélèzes	(H)
Calcaire de	(I)	Forêt de pins	(J)
Calcaire de	(K)	Forêt de hêtres	(L)
Calcaire de	(M)	Forêt de sapins	(N)
Calcaire de	(O)	Forêt de mélèzes	(P)
Calcaire de	(Q)	Forêt de pins	(R)
Calcaire de	(S)	Forêt de hêtres	(T)
Calcaire de	(U)	Forêt de sapins	(V)
Calcaire de	(W)	Forêt de mélèzes	(X)
Calcaire de	(Y)	Forêt de pins	(Z)

Fig. 6. Coupe verticale suivant la ligne

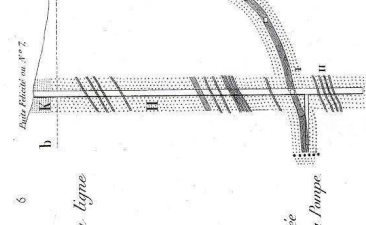


Fig. 5. Coupe verticale suivant la ligne



Fig. 4. Développement d'une coupe brisée

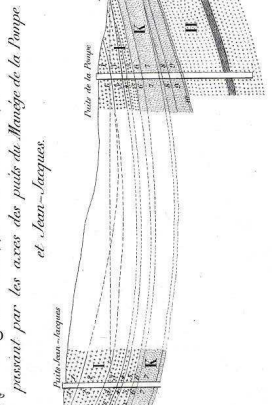


Fig. 7. Coupe verticale

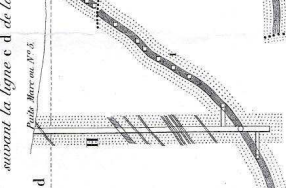


Fig. 8. Coupe verticale

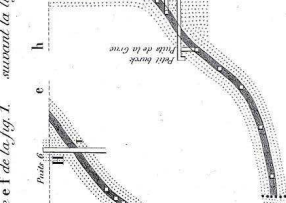
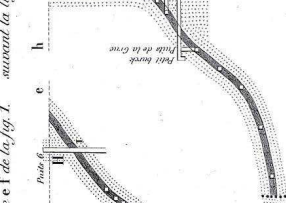


Fig. 9. Coupe verticale



Échelle de 0^m 000 à 5 pour mètres ou 2000.

