

Plan Local d'Urbanisme Intercommunal Habitat (PLUiH) Valant Schéma de COhérence Territoriale

4-7-d Etude Preliminaires Zone CREUSOT

PLU Arrêté	Vu pour être annexé à la délibération du Conseil de Communauté en date du : 27 juin 2019 La Vice-Présidente chargée de l'Urbanisme : Frédérique Lemoine	
PLU Approuvé	Vu pour être annexé à la délibération du Conseil de Communauté en date du : 18 juin 2020 La Vice-Présidente chargée de l'Urbanisme : Frédérique Lemoine	

Concession du Creusot

**Etude préliminaire à l'élaboration
d'un Plan de Prévention des Risques Miniers**

**Communes du Creusot, Montcenis, Charmoy,
Les Bizots, Saint-Bérain-sous-Sanvignes, Blanzly,
Saint-Eusèbe, Montchanin, Torcy et le Breuil (71)**

DIFFUSION :

Pôle Après-mine Est
GEODERIS

B. HELBLING (3 ex.)
I. VUIDART
R. HADADOU
J.P. JOSIEN
J.F. NOIREL

Réf : GEODERIS E2007/111DE – 06BOU2100

Date :

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	I. VUIDART	J.P. JOSIEN	R. HADADOU
Visa			

SOMMAIRE

1.	<i>Objet-Contexte</i>	3
2.	<i>Méthodologie</i>	3
3.	<i>Situation et description des travaux</i>	3
3.1.	Localisation géographique	3
3.2.	Geologie - hydrogéologie	4
3.3.	Les travaux miniers	4
3.3.1.	Travaux souterrains	5
3.3.2.	Ouvrages débouchant aux jours	7
3.3.3.	Terrils et crassiers.....	8
3.3.4.	Gaz de mine.....	8
4.	<i>Evaluation des aléas</i>	8
4.1.	Généralités	8
4.2.	Aléa effondrement localisé	9
4.2.1.	Aléa effondrement localisé par éboulement d'une galerie isolée	9
4.2.2.	Aléa effondrement localisé lié aux anciens travaux situés à faible profondeur (moins de 50 m).....	10
4.2.3.	Aléa effondrement localisé par rupture d'un puits.....	11
4.3.	Aléa mouvement de terrain lié aux ouvrages de dépôt	12
4.4.	Aléa lié au gaz de mine	12
4.5.	Aléa lié aux échauffements et aux feux	13
5.	<i>Cartographie des aléas</i>	14
6.	<i>Conclusion</i>	14
7.	<i>Liste des annexes</i>	15

Mots clés : PPRM, aléa, charbon, Le Creusot

1. OBJET-CONTEXTE

A la demande du Pôle Après-mine Est et conformément au programme technique 2006, l'étude de l'aléa sur la concession houillère du Creusot a été menée. Pour ce faire, GEODERIS a sollicité la participation de l'INERIS pour la réalisation de la phase informative et de l'évaluation de l'aléa sur cette concession¹.

GEODERIS synthétise dans ce document les principales caractéristiques des travaux miniers de la concession du Creusot ainsi que les aléas retenus.

2. METHODOLOGIE

La démarche mise en œuvre s'inspire du Guide Méthodologique d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers élaboré en 2004 (« L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers. Guide méthodologique. Volet technique relatif à l'évaluation de l'aléa ». Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie et Ministère de l'Equipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer. *Ouvrage collectif résultant des contributions de divers organismes. INERIS, BRGM, GEODERIS, ENSMP, IRSN, CSTB*).

L'étude a été réalisée principalement à partir des archives déposées à l'Académie François Bourdon ainsi qu'à partir de divers documents et articles traitant des travaux réalisés sur la concession. Par ailleurs, des enquêtes ont été menées auprès de personnes ayant des connaissances sur l'exploitation ou le souvenir de désordres en surface et une campagne de terrain a été réalisée au printemps 2006.

3. SITUATION ET DESCRIPTION DES TRAVAUX

3.1. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE

La concession du Creusot, d'une superficie de 6 211 hectares, s'étend sur les communes du Creusot, Montcenis, Charmoy, les Bizots, Saint-Bérain-sous-Sanvignes, Blanzay, Saint-Eusèbe, Montchanin, Torcy et le Breuil. Elles sont situées dans le département de la Saône-et-Loire.

Le tableau ci-après récapitule les principales caractéristiques de la concession.

¹ Rapport INERIS-06-78105/R01 intitulé « Etudes préliminaires à l'élaboration du Plan de Prévention des Risques Miniers sur les anciens travaux de la concession du Creusot, sise sur les communes du Creusot, Montcenis, Charmoy, les Bizots, Saint-Bérain-sous-Sanvignes, Blanzay, Saint-Eusèbe, Montchanin, Torcy et le Breuil (71) », décembre 2006

Concession	Superficie (ha)	Date d'institution	Abandon des travaux	Production (tonnes)	Dernier Exploitant	Date de retrait
Le Creusot	6211	29/03/1769	Août 1946	13 millions	Société Creusot-Loire	26/11/2001

Les travaux miniers sont concentrés dans la partie nord-ouest de la ville du Creusot (cf. carte de l'annexe 1). Les autres communes ne sont pas concernées.

3.2. GEOLOGIE - HYDROGEOLOGIE

Le gisement houiller de Blanzay Montceau-les-Mines forme une bande continue de plusieurs centaines de mètres de large sur une quarantaine de kilomètres de long. Les terrains houillers, d'une épaisseur moyenne de l'ordre de 1200 m, se composent essentiellement d'une alternance de bancs schisto-gréseux conglomératiques et charbonneux.

La concession du Creusot est située sur la bordure nord-ouest du sillon permo-houiller de Blanzay-Montceau. Le gisement du Creusot est très complexe et se présente comme un synclinal fortement dissymétrique avec un flanc nord-est très redressé, parfois même renversé. La couche principale exploitée, appelée Grande Couche, a une puissance moyenne de 12 m mais peut atteindre localement 30 m d'épaisseur. Elle affleure dans le secteur des Alouettes et de la Molette. Sa profondeur ne dépasse guère 300 m, avec un maximum de 350 m très localement à l'est du bassin. La Grande Couche peut être localement accompagnée au mur de deux autres veines. Le toit de la Grande Couche est formé d'une épaisse formation schisteuse.

Le charbon du Creusot est d'excellente qualité. Les archives mentionnent un charbon plutôt friable et facilement inflammable en présence d'air.

L'exhaure des travaux miniers s'est arrêtée en 1943. Les mesures effectuées en 1944 ont montré que la remontée des eaux était déjà presque complète.

Les archives et les dernières mesures piézométriques permettent de conclure avec certitude que tous les travaux miniers situés au-dessous de la cote + 355 m NGF sont totalement ennoyés et depuis fort longtemps.

Seule la zone ouest du gisement (quartiers des Alouettes et de la Molette) jusqu'au quartier des Riaux (altitude comprise entre 370 m et 390 m) et qui a fait l'objet de travaux miniers à très faible profondeur, peut encore receler d'anciens chantiers miniers souterrains émergés. Il en est de même des terrains superficiels remaniés de l'ancien découvert de la Croix, au sud des Riaux.

3.3. LES TRAVAUX MINIERS

L'emprise des travaux miniers est relativement peu étendue : un peu plus de 2000 m, d'est en ouest, et moins de 800 m du nord au sud, sur une superficie sous-minée de l'ordre de 150 hectares qui ne représente donc qu'une très faible partie de la surface totale de la concession (cf. carte informative de l'annexe 4).

3.3.1. TRAVAUX SOUTERRAINS

Une exploitation primitive du charbon a débuté sur le secteur dès le XVI^{ème} siècle sur les affleurements mais la véritable exploitation a eu lieu à partir de 1769. L'arrêt des travaux est intervenu après le bombardement du 20 juin 1943.

Les méthodes d'exploitation mises en œuvre sont très variées et dépendent en partie de la période d'exploitation. Les tous premiers travaux se caractérisent par l'absence de méthode et de schéma d'exploitation précis. De nombreux puits étaient foncés, à partir desquels les galeries partaient sur une distance assez restreinte. A partir de 1836, de véritables méthodes d'exploitation sont apparues.

De nombreuses méthodes d'exploitation ont été mises en œuvre sur la concession du Creusot. Elles sont reprises dans le tableau de la page suivante.

On notera également que quelques exploitations à ciel ouvert ont été réalisées entre 1850 et 1870. Elles sont cependant très peu nombreuses et concernent des secteurs où le charbon était situé à faible profondeur. Il ne subsiste en surface plus de trace de ces découvertes.

Ces méthodes d'exploitation, parfois très différentes les unes des autres, sont associées à des moyens de traitement dont la nature conditionne les répercussions possibles en surface, comme cela est synthétisé dans le tableau ci-après.

Dès la fin du XVIII^{ème} siècle, des mouvements de terrain provoquant des dégâts importants en surface sont régulièrement mentionnés. Les causes étaient les méthodes d'exploitation et la faible profondeur de certains travaux.

L'introduction du remblayage complet contribua à réduire sensiblement ces problèmes. Toutefois, le déplacement des chantiers vers l'ouest à partir des années 1910 dans des champs de plateaux situés à faible profondeur et qui avaient fait l'objet d'anciens travaux au cours du XIX^{ème} siècle va provoquer de nombreux et graves dégâts de surface par affaissement du sol entre 1920 et 1939. Depuis l'arrêt définitif des installations en 1946, aucun sinistre, tassement ou affaissement n'a été signalé.

On notera enfin qu'une incertitude existe sur certains secteurs susceptibles d'avoir été exploités à des profondeurs inférieures à 50 m, en particulier sur la zone située au sud-ouest, sans qu'aucun document n'en apporte la preuve irréfutable. En effet, une partie des archives de l'exploitations ont disparu lors de bombardements durant la seconde guerre mondiale. Certains documents mentionnent la présence de puits mais aucun plan miniers n'a été retrouvé attestant de la présence de chantiers associés à ces ouvrages. Par précaution, il a été décidé de cartographier ces secteurs et de considérer que des travaux miniers étaient présents. (cf. carte informative de l'annexe 4).

Type d'exploitation	Méthode d'exploitation	Traitement des chantiers	Conséquences <u>possibles</u> sur les terrains de surface
Exploitations partielles	Galeries filantes, galeries de recherche, galeries isolées ou galeries d'infrastructure	Le plus souvent abandonnés en l'état, galeries parfois foudroyées et décadées	Fontis (galeries à faible profondeur)
	Chambres et piliers (ancienne méthode) (avant 1830 et de façon très limitée)	Aucun. Niveaux souvent superposés. Présence de vides importants	Effondrements importants Effondrements localisés et fontis
Exploitations anciennes par dépilages pouvant laisser des vides résiduels plus ou moins importants en fonction de la qualité des opérations de dépilages	Galeries et recoupes foudroyées (dépilages partiels) (vers 1830-1840)	Aucun. Eboulements fréquents. Persistance de vides dans les zones dépilées et les voies	Fontis (travaux à faible profondeur)
	Méthode des éboulements (vers 1828-1875)	Exploitation incomplète pouvant laisser des vides dans les chantiers	Fontis (travaux à faible profondeur)
	Dépilages des massifs longs (vers 1835-1860)	Foudroyage quasi-total Remblayages partiels comme soutènement	Tassements
Exploitations totales, supposées ne laisser aucun vide notable	Tranches descendantes foudroyées (vers 1850-1860)	Foudroyage total des chantiers, y compris des voies	Tassements
	Tranches descendantes (vers 1840-1860) Tranches montantes remblayées : on distingue deux périodes correspondant à une évolution de cette technique d'exploitation (vers 1840-1860 pour la méthode dite des remblais de bas en haut ensuite vers 1850-1940).	Remblayage, soutirage dans les voies après décadage	Tassements (limités mais liés au nombre de niveaux exploités)

La description des phénomènes est disponible en annexe 2.

3.3.2. OUVRAGES DEBOUCHANT AUX JOURS

Un recensement exhaustif et une recherche sur la localisation des anciens puits de mine du Creusot ont été réalisés en 1989 par le BRGM (Rapport R30134, Javey, 1989). Dans cette étude approfondie, l'ancien système de coordonnées orthogonales (dit « Pierre Chaptal »), à partir duquel ont été établis la plupart des plans de mine, a été converti par le BRGM dans l'actuel système de coordonnées Lambert, avec des données complémentaires acquises par un géomètre de Creusot-Loire (M. Boxberger).

Ce rapport dénombrait au total 67 puits et 1 descenderie. La recherche documentaire de l'INERIS a permis de compléter légèrement la liste pour aboutir à un total d'au moins 74 puits et 2 descenderies. Ce recensement n'est pas exhaustif car nombre de puits anciens, descenderies ou cheminées d'aéragé, ont dû être « oubliés » et ont disparu de la mémoire collective. Certains plans anciens permettent de retrouver les traces de certains d'entre eux, sans fournir d'autres informations.

Selon l'origine et la fiabilité de l'information, six classes d'incertitude ont été définies :

- classe 1 : puits encore visibles en 1978 et parfaitement situés ;
- classe 2 : puits de coordonnées (« Chaptal » et Lambert) connues avec une certaine précision ;
- classe 3 puits uniquement connus par leurs coordonnées Chaptal ;
- classe 4 : puits figurés sur les plans d'archives mais aux coordonnées inconnues et approximatives car déduites d'un calcul de calage ;
- classe 5 : puits dont la localisation est incertaine, faute de renseignements concordants ;
- classe 6 : puits recensés d'après les archives, mais dont la localisation est inconnue.

La plupart des puits ont été remblayés, sans plus de précision. Seuls trois puits ont fait l'objet d'un traitement définitif en 2000 : puits de la Glacière, Saint Laurent et de la Sablière.

Le tableau de l'annexe 3 présente l'ensemble des 74 puits (localisation, caractéristiques, traitement effectué pour la mise en sécurité et classe d'incertitude).

On dénombre au moins deux anciennes descenderies, dont on n'a que très peu d'informations :

- L'ancienne descenderie des Alouettes à l'ouest du bassin, assez bien située sur plan. Elle est entièrement confondue dans la zone des travaux situés à moins de 50 m de profondeur, près du puits Chaussard.
- L'ancienne descenderie dite de « la Pierre Chaptal ». Si son entrée est assez bien localisée, nous n'avons, par contre, pas d'information précise concernant la descenderie en elle-même, en particulier sur sa direction. Elle serait située à 150 m à l'est du puits Chaptal (rapport BRGM, 1989).

Les archives ne mentionnent pas de dégât spécifique aux puits et autres ouvrages débouchant au jour. Néanmoins, compte tenu de l'incertitude sur les conditions de fermetures de ces ouvrages, les phénomènes d'instabilités ne peuvent être écartés.

La carte informative de l'annexe 4 permet de localiser ces différents ouvrages.

3.3.3. TERRILS ET CRASSIERS

Les travaux étant situés sous des zones urbaines ou péri-urbaines, les exploitants de la concession du Creusot eurent recours très tôt au remblayage pour minimiser les risques de feux et de mouvements de terrain. Les quantités de remblai nécessaires étant importantes, les dépôts miniers furent donc très limités et souvent remodelés ou repris par la suite.

Un grand dépôt est recensé : le dépôt des Crassiers, situé en haut de la Combe Denis, sur la commune du Creusot. Il s'agit normalement d'un dépôt de scories provenant de l'activité des fonderies du Creusot et éventuellement de dépôts d'origine minière mais sans information précise sur la nature exacte des matériaux le constituant. Il se présente sous la forme d'un dépôt remodelé et aplani mis en place par déversement sur les pentes de la colline. L'angle de talus, formant le flanc nord-est en bordure du dépôt plat, correspond sensiblement à la pente naturelle des terrains en place, comprise entre 20 et 30°, environ. Ce flanc est recouvert d'une importante végétation. Il sert actuellement de terrain pour des activités de loisir.

3.3.4. GAZ DE MINE

L'exploitation du Creusot était classée non grisouteuse à faiblement grisouteuse selon les quartiers. cependant, le charbon du gisement du Creusot est friable et facilement inflammable, ce qui a provoqué de nombreux accidents, coup de grisou ou feux, principalement au début de l'exploitation. L'introduction du remblayage a fortement réduit les accidents au cours de la seconde moitié du XIX^{ème} siècle.

L'étude du contexte hydrogéologique a montré que les travaux situés en dessous de la cote 355 NGF étaient ennoyés depuis plus de 60 ans. Ces travaux ne sont pas concernés par les risques liés aux phénomènes d'auto-échauffement et de dégagements de gaz de mine. Par contre, pour les travaux émergés, il est nécessaire d'examiner ces phénomènes.

4. EVALUATION DES ALEAS

4.1. GENERALITES

L'analyse menée lors de la phase informative a permis d'identifier un certain nombre d'aléas potentiels. Ces aléas sont directement liés aux caractéristiques du gisement, aux méthodes d'exploitation mises en œuvre et aux traitements opérés pour leur mise en sécurité.

Les aléas potentiels identifiés peuvent être regroupés de la façon suivante :

- risque d'effondrement localisé dans les anciens travaux situés à faible profondeur (moins de 30 à 50 m), résultant de la présence :
 - de vides dans les chantiers les plus anciens (1^{ère} moitié du XIX^{ème} siècle) exploités par les méthodes archaïques de dépilage (essentiellement galeries et recoupes ou méthode des éboulements) ;
 - de galeries non remblayées et non totalement écrasées par les pressions de terrain (principalement les galeries d'ossature ou de desserte « au rocher » des chantiers pris par tranches horizontales) ;
- risque d'effondrement localisé par rupture d'un puits insuffisamment traité ;
- risque de tassement, de glissement ou d'échauffement sur les ouvrages de dépôts ;

- risque d'émission de gaz de mine, d'échauffement ou de feu dans les chantiers les plus proches de la surface.

La description des phénomènes et la quantification des aléas sont présentées en annexe 2.

On notera enfin que l'emprise des travaux miniers se trouve exclusivement sur la commune du Creusot. Ainsi, bien que la concession soit située sur plusieurs communes, seule la ville du Creusot est concernée par les aléas miniers.

4.2. ALEA EFFONDREMENT LOCALISE

4.2.1. ALEA EFFONDREMENT LOCALISE PAR EBOULEMENT D'UNE GALERIE ISOLEE

En dehors des chantiers proprement dits, des galeries isolées de diverses importances peuvent encore subsister. Si les anciennes descenderies étaient le plus souvent remblayées sur une certaine longueur après l'exploitation, les galeries de liaison, les travers-bancs et les galeries au rocher étaient généralement abandonnées en l'état.

Les coupes et plans disponibles indiquent que, classiquement, les galeries sont de formes trapézoïdales et de faibles dimensions (2 x 2,5 m).

Afin d'évaluer si un phénomène de fontis pouvait se produire, des simulations de remontées de fontis ont été réalisées pour calculer la hauteur de montée de voûte. Le logiciel, mis au point par l'INERIS, qui a été utilisé repose sur le principe de déplacement volumique.

Une étude de sensibilité a été réalisée en faisant varier les paramètres tels que les dimensions des galeries, le taux de foisonnement (pour tenir compte de la variation des terrains). La hauteur d'auto-comblement ainsi obtenue est égale à environ 35 m au niveau d'une intersection de galeries, et d'une trentaine de mètres pour une galerie isolée. Ces valeurs, comparées à la hauteur des terrains de recouvrement des travaux miniers, permettent d'évaluer si le fontis peut déboucher en surface ou pas.

L'expérience montre que, pour de telles galeries isolées, les fontis en surface sont, le plus souvent, de l'ordre de 2 à 3 m de diamètre et rarement plus (3 à 5 m). L'intensité du phénomène peut donc être qualifiée de « faible » à « moyenne ».

Concernant la prédisposition du phénomène (« probabilité d'occurrence »), la rareté des cas observés laisse penser qu'elle est très peu sensible, alors que la présence constatée de vide en sondage, la nature plutôt friable du recouvrement et la faiblesse de la profondeur sont des indices d'une certaine sensibilité du site.

L'aléa correspondant a été jugé faible pour les galeries isolées situées à moins de 35 m de profondeur et négligeable au-dessous.

Les secteurs concernés sont sensiblement les mêmes que ceux concernés par l'aléa effondrement localisé lié aux travaux anciens à faible profondeur.

4.2.2. ALEA EFFONDREMENT LOCALISE LIE AUX ANCIENS TRAVAUX SITUES A FAIBLE PROFONDEUR (MOINS DE 50 M)

Les risques potentiels d'effondrement localisés résultent essentiellement de la présence de vides dans les secteurs les plus anciens, où les méthodes d'exploitation mises en œuvre étaient partielles et surtout mal maîtrisées. Malgré la rareté, voire l'absence, des observations de fontis sur l'ensemble du bassin de Blanzky et celui du Creusot (d'après les archives consultées), on ne peut pas totalement exclure, à terme, la survenance accidentelle de ce type de phénomène (présence de vides en sondages à Blanzky).

Compte tenu de la faible importance des vides supposés, de la faible profondeur des travaux, de la nature des terrains de recouvrement (schistes plus ou moins résistants et probablement assez friables) et de la rareté des désordres observés ou connus, l'intensité du phénomène redouté a été qualifiée de limitée à moyenne et la probabilité d'occurrence de peu sensible à sensible. L'expérience montre en effet que les fontis associés à ce type de vides résiduels pourraient atteindre un diamètre de l'ordre de quelques mètres de diamètre et rarement plus (moins de 10 m).

Les coupes et plans disponibles indiquent que, classiquement, les galeries sont de formes trapézoïdales et de faibles dimensions (2 x 2,5 m). Les très vieux chantiers devaient vraisemblablement avoir des caractéristiques identiques. Les calculs ont montré que la hauteur d'auto-comblement était de l'ordre de 35 m. On ne peut toutefois pas exclure que localement, les dimensions des chantiers aient été plus importantes. Par ailleurs, l'exploitation des secteurs peu profonds situés à l'ouest qui ont été exploités au 19^{ème} siècle et repris vers 1910 ont été le sièges d'affaisements importants liés à des effondrements non contrôlés des chantiers. Des vides avec des dimensions variables pourraient subsister dans ces secteurs.

La profondeur seuil, à partir de laquelle les conséquences en surface d'un phénomène d'instabilité deviennent négligeables, est considérée classiquement de l'ordre d'une cinquantaine de mètres dans ce type de terrain.

L'aléa correspondant a été jugé de faible jusqu'à une profondeur de 50 m et négligeable au-dessous de 50 m de profondeur.

Les secteurs menacés sont essentiellement situés à l'ouest de la ville du Creusot, des anciens quartiers des Moineaux et des Alouettes en se prolongeant jusqu'aux Riaux. Il s'agit de secteurs urbanisés. On trouve également des zones plus éparses et de moindre extension au nord de la ville, le long de la route D28. Ces zones sont globalement non urbanisées mais la zone la plus à l'est se trouve à l'aplomb de la voie ferrée PLM.

Il est toutefois observé que les terrains à l'aplomb des anciens travaux ont été, pour la plupart, le siège d'importants affaisements miniers ou de remaniements dus aux activités minières. Les terrains ainsi « décomprimés » présentent désormais des caractéristiques mécaniques amoindries nécessitant, pour tout projet particulier, que des précautions de reconnaissance, associées à des dispositions constructives adaptées, soient prises pour limiter de possibles effets sur les structures.

4.2.3. ALEA EFFONDREMENT LOCALISE PAR RUPTURE D'UN PUIITS

Les recherches effectuées lors de la phase informative ont permis de recenser 74 puits. Sur l'ensemble de ces puits, 5 sont parfaitement localisés, 36 le sont avec une certaine précision ou par leurs anciennes coordonnées dites « Chaptal », 11 sont repérés sans précision, uniquement à partir des anciens plans, 7 sont mal localisés d'après des données non concordantes et les 15 derniers ne sont pas localisés du tout.

Sur la base de ces informations, un rayon d'incertitude de positionnement a été défini pour chaque classe de puits (cf. tableau de l'annexe 5).

La plupart des puits ont été remblayés, sans information plus précise (47 ouvrages). Seul trois puits ont été traités en 2000 de façon pérenne. Il existe enfin 24 puits pour lesquels nous ne disposons d'aucune information.

Deux types de puits sont distingués sur la concession du Creusot :

- Les puits de petites dimensions : puits dont la section est de l'ordre de 5 m² (soit un diamètre de 2 à 2,5 m) et dont la profondeur ne dépasse guère 60 m ;
- Les puits de plus grandes dimensions, pour lesquels les conséquences seraient plus importantes en cas d'effondrement de la 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...);
 - le débouillage d'un puits remblayé.
- Le second phénomène est une aggravation du premier et peut l'accompagner, notamment dans le cas 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.

En s'appuyant sur ces considérations, l'intensité du phénomène redouté a été jugée de « *modérée* » pour les puits de faible section et peu profonds (inférieure à 2 ou 2,5 m de diamètre et moins de 50 ou 60 m de profondeur) et de « *élevée* » pour les puits plus importants (en diamètre et profondeur). La prédisposition des puits à la rupture est apparue comme « *peu sensible* » du fait de l'analyse en retour d'expérience, de l'ancienneté des travaux et des traitements opérés, même si le simple remblayage est souvent considéré comme insuffisant.

Ces critères ont permis de qualifier le niveau de l'aléa en adoptant :

- aucun aléa pour les 3 puits Saint-Laurent, de la Glacière et de la Sablière, mis en sécurité récemment de façon pérenne ;
- un aléa faible pour les 22 puits de petite section et peu profonds, remblayés et/ou dallés ;

- un aléa moyen pour les 34 autres puits importants en dimensions (diamètre et profondeur), simplement remblayés et/ou dallés.

Les 15 puits non localisés et sur lesquels on ne dispose d'aucun renseignement fiable, à savoir : les puits Saint-sauveur, puits n°6, n°7, n°15, n°16, n°20 (ou XX), de la Fontaine, Saint-Nizier, Monin, de la République, du Centre, de l'Écoulement, de la Pompe et les 2 puits de la Vesvre, n'ont pas été pris en considération dans l'analyse des aléas.

Le tableau de l'annexe 5 présente l'aléa pour chaque ouvrage.

Ces différents ouvrages miniers sont situés très majoritairement dans des zones urbanisées à quelques exceptions près comme les puits Muller, 10bis, des Noyers, des Jardins, de la Montagne, n°14, du Sud, des Nouillots, de l'Ouche, Saunt-Antoine Est, Saint-Louis, Sainte-barbe Est et Mamby.

4.3. ALEA MOUVEMENT DE TERRAIN LIE AUX OUVRAGES DE DEPOT

Il existe un seul ouvrage de dépôt sur la concession du Creusot : le dépôt des Crassiers (ou crassier de la Combe Denis). La nature exacte et les caractéristiques des matériaux le constituant ne sont pas connues. Le dépôt présente une faible hauteur et des pentes peu raides (20 à 30°). Il est végétalisé sur toute sa surface. Le dépôt a été remodelé et aplani et est utilisé actuellement pour des activités de loisir.

De manière générale, deux types de phénomène peuvent être redoutés sur ce type de dépôt :

- Les phénomènes de tassement : compte tenu de l'épaisseur plutôt moyenne des dépôts (probablement une vingtaine de mètres ou un peu plus), de la nature des composants (scories, schistes, grès, schistes carbonneux, etc.) et de l'âge des dépôts, on peut raisonnablement qualifier la prédisposition du site au phénomène de tassement de peu sensible à sensible. La sensibilité naturelle des ouvrages de dépôts aux phénomènes de tassements est liée à leur hétérogénéité. Elle conduit à leur attribuer **un aléa « tassement » faible** dont la finalité est de prévenir ces sites de toute utilisation ou aménagement inadapté, voire préjudiciable à leur tenue, sans prendre de mesures élémentaires de prévention.
- Les phénomènes de glissement : compte tenu de la géométrie du crassier (faible hauteur, pente peu raides) et de la végétalisation de l'ensemble de sa surface, le phénomène de glissement peut être écarté.

4.4. ALEA LIE AU GAZ DE MINE

Les données d'archives indiquent que la concession était considérée comme pas à peu grisouteuse. La composition du gaz de mine devrait être, en principe, celle d'un gaz **partiellement désoxygéné**, contenant du dioxyde de carbone et du méthane, en quantité respectivement faible et très faible. Sans exclure totalement la possibilité d'un risque d'inflammation, le gaz remontant en surface présenterait éventuellement plus un risque d'asphyxie ou d'intoxication. L'intensité du phénomène peut donc être qualifiée de limitée.

Les travaux situés en dessous de la cote 355 m NGF sont totalement ennoyés depuis de nombreuses années. La remontée des eaux est terminée. Aucun risque de pistonnage en liaison avec une remontée des eaux n'est à craindre. La prédisposition pour les travaux ennoyés sous une tranche d'eau de plus de 10 m peut donc être considérée comme nulle ou négligeable.

Les terrains recouvrant les réservoirs miniers non ennoyés (10 à 20 m, au maximum) ont été largement fracturés par les exploitations sous-jacentes, ce qui laisse supposer une certaine facilité au gaz de pouvoir remonter en surface. Par ailleurs, le gisement considéré comme « non ou peu grisouteux » permet de conclure que la capacité du réservoir à se recharger en grisou est faible, voire très faible. La prédisposition pour les travaux non ennoyés ou ennoyés sous une faible tranche d'eau peu donc être qualifiée de peu sensible à sensible.

Ainsi, l'aléa « émission de gaz de mine » est qualifié de faible dans les zones non ennoyées ou ennoyées sous une faible tranche d'eau (moins de 10 m) et de nul dans les zones ennoyées sous plus de 10 m de hauteur d'eau.

Les ouvrages débouchant au jour peuvent constituer des zones privilégiées de migration des gaz vers la surface. L'aléa lié à la migration de gaz à travers le puits peut donc être qualifié de faible dans les secteurs non ennoyés et nul ou négligeable dans les secteurs ennoyés.

Les secteurs concernés par l'aléa gaz de mine sont situés à l'ouest du bassin. Certains secteurs comme le quartier des Alouettes, de la route de Montcenis, du boulevard Saint-Quentin, de la route de Marmagne et des Riaux sont urbanisés.

4.5. ALEA LIE AUX ECHAUFFEMENTS ET AUX FEUX

Cet aléa concerne les vieux travaux à faible profondeur (non ennoyés) et le Crassier de la Combe Denis.

Dans le cas des travaux souterrains, les facteurs de prédisposition au phénomène d'auto-échauffement sont principalement la teneur en soufre et la faible profondeur des travaux. Bien entendu, l'occurrence de tels phénomènes lors de l'exploitation sont à prendre en compte. Le charbon de la concession du Creusot est très peu cendreux et peu pyriteux. Quelques incidents de type échauffement sont signalés dans les archives, mais aucun depuis la fin de l'exploitation. La prédisposition des vieux travaux peut être qualifiée de très peu sensible.

L'aléa échauffement associé aux vieux travaux à faible profondeur est faible.

Aucune information n'est disponible sur la nature des matériaux constituant le Crassier de la Combe Denis. L'expérience montre que ce type de dépôts peut contenir des matériaux combustibles (charbon, coke sidérurgique...). L'aléa échauffement ne peut être écarté. Cependant, la probabilité d'occurrence ainsi que l'intensité peuvent être qualifiées de faible.

L'aléa échauffement associé au Crassier de la Combe Denis est qualifié de faible.

Rappelons par ailleurs qu'une combustion interne d'un terril est susceptible de modifier la structure de ce dernier, pouvant avoir ainsi des conséquences sur sa stabilité.

5. CARTOGRAPHIE DES ALEAS

La représentation des contours des zones d'aléas s'établit en définissant une marge de sécurité », laquelle comprend :

- Une marge d'influence, correspondant à la zone en bordure susceptible d'être influencée par l'évolution du désordre attendu ;
- Une marge d'incertitude qui matérialise les incertitudes de positionnement des ouvrages miniers dues à la précision des données disponibles (plans, levé topographique, points de calage, report fond-jour des travaux...).

Dans le cas du bassin du Creusot, les incertitudes de calage des contours des travaux miniers sont importantes du fait de l'ancienneté des travaux et des plans. Une valeur de 20 m a donc été retenue.

Concernant les puits, une valeur d'incertitude a été attribuée à chaque classe de puits en fonction de la source des informations. La marge d'incertitude varie entre 0 pour les 3 puits traités (classe 1) et 20 m pour les puits appartenant à la classe 5. Les valeurs sont reprises dans le tableau de l'annexe 5.

Concernant la marge d'influence, une valeur a été attribuée en fonction de l'aléa retenu. Pour l'aléa effondrement localisé dans les anciens travaux situés à faible profondeur (galeries isolées ou travaux) et pour l'aléa lié au gaz de mine, une valeur de 5 m a été retenue. Pour l'aléa associé au puits, une marge d'influence de 5 m a été retenue pour les puits de petites dimensions et une marge de 10 m a été retenue pour les puits plus grands.

Pour les aléas glissements et tassements associés au Crassier de la Combe Denis, une marge de sécurité forfaitaire de 10 m a été retenue.

Les cartes des annexes 6 et 7 présentent les aléas mouvements de terrains respectivement à l'échelle 1 / 5 000 et 1 / 2 000. Les cartes des annexes 8 et 9 présentent les aléas émissions de gaz et échauffement respectivement à l'échelle 1 / 5 000 et 1 / 2 000.

6. CONCLUSION

L'étude des travaux miniers de la concession du Creusot lors de la phase informative a mis en évidence un certain nombre d'aléas potentiels :

- risque d'effondrement localisé dans les anciens travaux situés à faible profondeur (moins de 30 à 50 m), résultant de la présence :
 - de vides dans les chantiers les plus anciens (1^{ère} moitié du XIX^{ème} siècle) exploités par les méthodes archaïques de dépilage (essentiellement galeries et recoupes ou méthode des éboulements) ;
 - de galeries non remblayées et non totalement écrasées par les pressions de terrain (principalement les galeries d'ossature ou de desserte « au rocher » des chantiers pris par tranches horizontales) ;

- risque d’effondrement localisé par rupture d’un puits insuffisamment traité ;
- risque de tassement, de glissement ou d’échauffement sur les ouvrages de dépôts ;
- risque d’émission de gaz de mine, d’échauffement ou de feu dans les chantiers les plus proches de la surface.

L’aléa effondrement localisé associé à un puits a été qualifié de faible ou moyen en fonction des caractéristiques des ouvrages. L’ensemble des autres types d’aléa ont été qualifiés de faible.

Ces aléas sont situés sur la ville du Creusot. Certains des secteurs sont urbanisés. Les autres communes situées à l’aplomb de la concession du Creusot ne sont pas dans l’emprise des travaux miniers et n’ont donc pas d’aléa sur le territoire.

7. LISTE DES ANNEXES

Annexe	Intitulé	Nb page
1	Carte de localisation de la concession du Creusot	1
2	Description des différents phénomènes susceptibles d’être rencontrés sur la concession du Creusot et qualification de l’aléa (extrait du guide PPRM)	17
3	Tableau de synthèse des caractéristiques et des aléas des puits de la concession du Creusot	4
4	Carte informative de la concession du Creusot au 1 / 5 000 – Commune du Creusot	1
5	Carte des aléas mouvement de terrain de la concession du Creusot au 1 / 5 000	1
6	Carte des aléas mouvement de terrain de la concession du Creusot au 1 / 2 000	1
7	Carte de l’aléa émissions de gaz de la concession du Creusot au 1 / 5 000	1
8	Carte de l’aléa émissions de gaz de la concession du Creusot au 1 / 2 000	1

ANNEXES

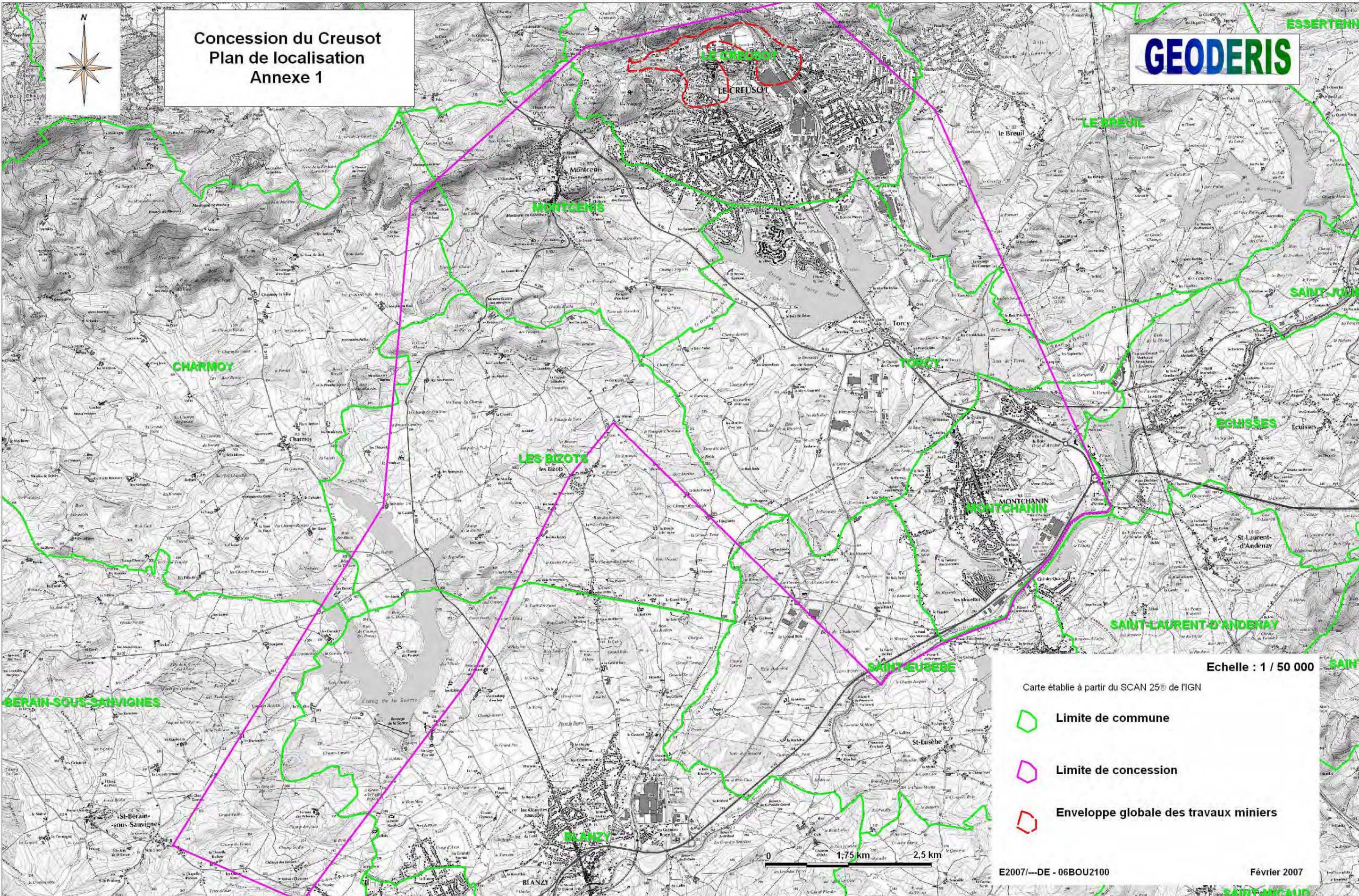
Annexe 1

Carte de localisation de la concession du Creusot



Concession du Creusot Plan de localisation Annexe 1

GEODERIS



Echelle : 1 / 50 000
Carte établie à partir du SCAN 25® de l'IGN

-  Limite de commune
-  Limite de concession
-  Enveloppe globale des travaux miniers

0 1,75 km 2,5 km

E2007/---DE - 06BOU2100

Février 2007

Annexe 2

Description des phénomènes et qualification de l'aléa

Description des phénomènes

1. Les tassements

Définition et effets

Dans le cadre de l'après-mine, on parle de tassements lorsque les mouvements du sol ne résultent pas de l'extraction, de la combustion ou de la dissolution du minerai mais s'expliquent par la recompaction d'un massif meuble (amas de matériaux granulaires) ou affecté par les travaux souterrains (terrains foudroyés).

Sous l'action de perturbations extérieures (applications de surcharge en surface, mouvements de nappes au sein des terrains concernés, sollicitations vibratoires...) ou sous l'effet de leur propre poids, les terrains qui présentent une forte porosité peuvent être amenés à se tasser et donner naissance à des mouvements de faible ampleur en surface (sauf exception, l'amplitude maximale est d'ordre décimétrique).

Ce type de manifestation peut avoir des conséquences assez similaires avec le phénomène naturel de retrait-gonflement des sols argileux, sous l'effet de battements de nappe ou de variations du profil hydrique dans le proche sous-sol.

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

Mécanismes ou scénarios initiateurs

Anciennes exploitations menées par foudroyage du toit ou anciennes zones effondrées

Même si la majorité des terrains exploités à l'aide d'une méthode induisant le foudroyage du toit (exploitation par taille ou par piliers dépilés) sont sujets, durant la phase de mouvements résiduels, au développement de tassements, les manifestations les plus perceptibles se développent à l'aplomb des secteurs peu profonds (quelques dizaines de mètres sous la surface).

Dans ces conditions, en effet, le poids des terrains surmontant les anciens chantiers miniers n'est pas suffisant pour garantir une recompaction complète des terrains foudroyés au cours des années suivant les travaux d'extraction. Ceci permet la persistance d'une porosité artificielle élevée proche de la surface.

2. 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 plateau 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 plateau. 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.

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.

Les glissements ou mouvements de pente

Définition et effets

Les mouvements de pente, qu'ils soient superficiels ou profonds (glissements, ravinements), constituent le type de désordres le plus couramment observé le long des flancs des ouvrages de dépôts ou des versants de découvertes creusées en roche meuble.

Mouvements superficiels

Il s'agit de phénomènes généralement lents et mettant en jeu des volumes de matériau restreints (quelques dizaines de m³). Ils prennent principalement la forme de glissements pelliculaires ou de rigoles de ravinement, parfois profondes, avec pour conséquence l'épandage de matériau en pied. Si les éboulis ne sont pas remaniés, la configuration redevient stable et l'instabilité cesse.

Si ce type de phénomènes induit fréquemment des nuisances paysagères, il est relativement rare que des risques pour les personnes et les biens en résultent directement, tant en pied qu'en crête de talus. Les éléments éboulés peuvent toutefois contribuer à affecter l'écoulement de cours d'eau situés en aval immédiat du pied. D'autre part, lorsque les crevasses de ravinement atteignent des profondeurs importantes (jusqu'à plusieurs mètres) et présentent des parois sub-verticales, des risques de chutes de personnes dans ces « canyons » ainsi que des risques de chutes de pierres ou d'ensevelissement sous des éboulements de parois doivent être pris en compte.

Le développement d'instabilités superficielles peut favoriser le déclenchement d'une rupture de plus grande ampleur et devra donc, systématiquement, être pris en considération. Une attention toute particulière doit ainsi être accordée au développement de ce type de désordres le long des flancs de digues de rétention. En effet, un affaiblissement, même limité, des ouvrages de rétention des résidus liquides ne doit, en aucun cas, être négligé.

Mécanismes ou scénarios initiateurs

La rupture d'un flanc de talus intervient lorsque les forces motrices (de pesanteur et hydrauliques) qui tendent à le mettre en mouvement deviennent supérieures aux forces résistantes (résistance au cisaillement des matériaux) qui s'opposent pour leur part aux déformations et aux glissements des pentes. C'est généralement le développement de perturbations affectant les conditions environnementales caractérisant le talus qui constitue

l'élément déclencheur de la rupture (mauvaise gestion des eaux, topographie des flancs mal adaptée, affaiblissement du pied de talus, rupture des terrains d'assise, activité humaine ou animale...).

Le dégagement de gaz de mine

Définition et effets

Le phénomène d'émission de gaz de mine en surface, susceptible d'engendrer des dangers pour les personnes et les biens, ne concerne pratiquement que les exploitations minières souterraines. Ces exploitations peuvent, en effet, réunir trois éléments nécessaires pour l'apparition du phénomène redouté :

- la présence de vides constituant un réservoir souterrain ;
- la présence de gaz dangereux ;
- la possibilité d'accumulation et de migration de ces gaz, à des teneurs significatives, vers la surface.

Les vides résultant de l'activité minière présentent un espace permettant un dégagement ou une accumulation de gaz de mine. Lors de l'exploitation, ces gaz sont dilués et évacués par la ventilation. Après l'arrêt de l'exploitation, les vides miniers, s'ils ne sont pas ennoyés en totalité, constituent un véritable réservoir souterrain plus ou moins confiné, dans lequel les gaz peuvent s'accumuler à des concentrations élevées.

Le gaz de mine présent dans le réservoir minier souterrain peut, sous certaines conditions, migrer en quantité significative vers la surface. Cette migration peut se faire de manière privilégiée au travers d'anciens ouvrages reliant les travaux souterrains à la surface (puits, descenderies, galeries d'accès, sondages..) si ceux-ci sont non ou mal obturés, mais aussi au travers des terrains de recouvrement.

Les mécanismes pouvant conduire à ces migrations sont nombreux. Ils résultent le plus souvent du gradient de pression régnant entre les travaux souterrains et l'atmosphère extérieure.

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

Le gaz de mine est généralement un mélange de gaz d'origines diverses, à des teneurs variables. Certains gaz ont une origine endogène² (grisou, dioxyde de carbone, radon), d'autres une origine exogène³ (monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, sulfure d'hydrogène, par exemple).

Les principaux constituants du gaz de mine, mentionnés ci-dessus, ne présentent pas les mêmes niveaux de risque pour les personnes ou les biens situés en surface. Toutefois, les dangers de chacun des composants se combinent. Ainsi, une même teneur en gaz toxique sera

² Endogène : contenu dans le gisement avant l'exploitation

³ Exogène : produit à partir d'une transformation chimique du gisement ou de certains éléments de la mine, pendant ou après l'exploitation

plus dangereuse dans un mélange gazeux contenant d'autres gaz toxiques (ou encore un déficit en oxygène) que si elle y est seule.

Parmi les gaz susceptibles d'être rencontré, on citera le méthane. C'est le principal constituant du grisou, gaz qui se rencontre essentiellement dans les exploitations de combustibles solides et, de manière moins importante, dans les mines de sel ou de potasse.

Dans les *mines de charbon ou de lignite*, le méthane représente généralement une partie très majoritaire du grisou (jusqu'à 95 %, voire plus).

Le grisou se trouve « piégé » dans le matériau exploité (charbon, lignite, schistes bitumineux...), sous forme adsorbée, et, de manière minoritaire, dans les pores des roches encaissantes, sous forme libre. Pendant l'exploitation et peu après celle-ci, du fait de la détente des terrains, il se dégage du charbon abattu et des terrains influencés. Néanmoins, des quantités notables de ce gaz restent contenues dans le gisement non exploité et les roches. Le dégagement gazeux, même s'il est lent, peut donc perdurer durant une longue période de temps, jusqu'à établissement d'un nouvel équilibre, différent pour chaque site, entre le grisou encore contenu dans les roches et le gaz libre existant dans les vides souterrains.

Le méthane est un gaz inodore, incolore et sans saveur. C'est un gaz non toxique et inoffensif sur le plan physiologique dans la mesure où sa présence n'engendre pas une diminution de la teneur en oxygène de l'atmosphère susceptible de présenter un danger d'asphyxie (voir plus loin). C'est essentiellement son inflammabilité (ou explosibilité) qui fait du méthane un gaz particulièrement dangereux.

Un mélange binaire d'air et de méthane est directement explosible lorsque la teneur en méthane est comprise entre 5 % (limite inférieure d'explosibilité) et 15 % (limite supérieure d'explosibilité). L'inflammation d'un tel mélange provoque des effets thermiques et mécaniques dangereux pour les personnes et dommageables pour les biens.

Les effets mécaniques d'une inflammation de méthane dépendent du volume de méthane disponible, de l'homogénéité du mélange et du degré de son confinement. On parlera ainsi, selon le cas, d'inflammation⁴ ou d'explosion⁵.

Notons qu'un mélange très (trop) riche en méthane (teneur supérieure à la limite supérieure d'explosibilité) s'avère également très dangereux, car il peut avoir un caractère asphyxiant (déficit d'oxygène) et sa dilution dans l'air peut le rendre directement inflammable.

Mécanismes ou scénarios initiateurs

Plusieurs mécanismes, agissant seuls ou simultanément, peuvent être à l'origine de la remontée potentielle de gaz de mine vers la surface. Hormis les mécanismes spécifiques de diffusion et de transport de gaz dissous dans l'eau, des migrations de gaz vers la surface sont principalement animées par les mécanismes qui contribuent à générer une différence de pression positive entre un réservoir minier souterrain et l'atmosphère extérieure.

En effet, si le gaz de mine présent dans les vides souterrains est en surpression relative, même minime, par rapport à l'atmosphère externe, il aura tendance à s'écouler vers la surface. Toutes choses égales par ailleurs, cet écoulement sera d'autant plus important que la différence de pression sera élevée.

⁴ Flambée de grisou, en langage minier.

⁵ Coup de grisou, en langage minier.

Parmi les mécanismes à l'origine de la production et la migration de gaz vers la surface, on citera : Production de gaz au sein des vieux travaux, Le pistonnage par remontée de la nappe, Variations de la pression atmosphérique, Tirage naturel, La diffusion, Transport de gaz sous forme dissoute dans l'eau, Mécanismes exceptionnels tels que des travaux de terrassement ou le débouillage de remblais d'un puits...

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	Très peu sensible	Peu sensible	Sensible	Très sensible
Intensité				
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	$\emptyset < 3 \text{ m}$
Modérée	$3 \text{ m} < \emptyset < 10 \text{ m}$
Elevée	$\emptyset > 10 \text{ m}$

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.

4. L'aléa « tassement »

Qualification de l'intensité

Les éventuelles nuisances initiées par le phénomène de tassement résultent principalement du développement de **tassements différentiels**. En présence de tassements différentiels, c'est principalement l'amplitude verticale de ces mouvements qui conditionne l'intensité du phénomène prévisible. Puisqu'il s'avère généralement difficile de prévoir l'amplitude de ces tassements différentiels, on se réfère généralement à l'amplitude des tassements globaux prévisibles.

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

Classe d'intensité	Description
Très limitée	Tassements limités
Limitée	Tassements sensibles

Qualification de la prédisposition

Critères de prédisposition communs

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

- **l'existence d'indices d'anciens** mouvements de type « **tassements** » (encore visibles en surface ou décrits dans les archives), dans un secteur proche présentant des caractéristiques géologiques et d'exploitation voisines, peut contribuer à augmenter la prédisposition au développement futur de ce type de phénomènes ;
- la **modification** lente (remontée de nappe) ou plus rapide (rupture de canalisation, obturation de drains...) **des conditions hydrauliques** (eaux de surface et souterrains) est souvent à l'origine du déclenchement de phénomènes de tassements ;
- l'application de fortes **surcharges en surface** dans le cadre d'un aménagement du site (constructions, entreposage...).

Ouvrages de dépôt et découvertes exploitées par auto-remblayage

Parmi les principaux facteurs de prédisposition, on citera :

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

5. L'aléa « glissement ou mouvement de pente »

Qualification de l'intensité

C'est principalement le **volume de matériau mis en mouvement** qui influera sur l'intensité du phénomène. La définition des classes d'intensité s'appuiera principalement sur la notion d'effets prévisibles sur les biens même si, dans certaines circonstances défavorables, les désordres infligés aux bâtiments sont de nature à mettre en péril la sécurité des personnes qui y résident.

Parmi les principaux facteurs susceptibles de jouer sur le volume de matériau mis en mouvement, on citera : la nature et la granulométrie des matériaux constituant le talus, la hauteur et la morphologie de la pente, l'intensité des ruissellements prévisibles, l'existence ou non de mesures d'aménagement (géotextiles, engazonnement...).

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

Classe d'intensité	Description	Volume mis en jeu
Très limitée	Reptations, ravinements	quelques m ³
Limitée	Glissements superficiels, ravinements importants	De 10 à 100 m ³
Modérée	Glissements profonds	100 à 5 000 m ³
Elevée	Glissements majeurs	> 5 000 m ³

Qualification de la prédisposition

Les facteurs qui contribuent à augmenter la prédisposition d'un talus à subir des glissements ou mouvements de pente superficiels sont, pour la plupart, communs à l'ensemble des talus concernés par l'après-mine (digues, terrils, fosses non remblayées creusées en terrain tendre...). Parmi les principaux, on citera, sans souci de hiérarchisation :

- l'**existence d'indices d'anciens** mouvements de type « **mouvement de pente** » (encore visibles en surface ou décrits dans les archives), dans un secteur proche présentant des caractéristiques géologiques et d'exploitation voisines, peut contribuer à augmenter la prédisposition au développement futur de ce type de phénomènes ;
- une mauvaise **gestion des eaux de surface**. Ceci peut résulter de l'absence de mesures adéquates ou de la dégradation du dispositif de drainage préexistant (rupture de canalisation, drains bouchés, canaux de ruissellement remplis par des éboulis...). Les talus situés dans des régions sujettes à des précipitations violentes (orages méditerranéens par exemple), seront plus prédisposés à subir des mouvements défavorables ;
- la **topographie et morphologie des flancs** : présence de banquettes, pente moyenne du flanc ;
- la **nature des matériaux** constituant le talus : nature et granulométrie des matériaux, existence de discontinuités stratigraphiques ou tectoniques. La présence de matériaux contenant une proportion importante de particules fines augmentera par exemple la prédisposition du site à être affecté par des phénomènes d'érosion et de ravinement ;
- la présence de **signes traduisant l'activité des mouvements** déjà initiés (fissures de décompression, bourrelets en pied, arbres penchés...)

- la présence **d'anciens travaux miniers** souterrains au droit du talus susceptible de se rompre et d'engendrer la déstabilisation du flanc de fosse ou des terrains d'assise supportant l'ouvrage de dépôt ;
- l'éventuelle **modification des conditions hydrauliques** locales (affaiblissement de la butée de pied en cas de crues sévères, altération du dispositif de drainage ou d'aménagement des écoulements, création de bassins de décantation...) ;
- l'existence de **réaménagements** ou de **parades**, dans la mesure où ces dernières présentent des garanties satisfaisantes de pérennité et d'entretien ;

l'existence de **facteurs aggravants** tels que l'absence de végétalisation adaptée en surface, l'existence possible de sollicitations dynamiques (séismes, vibrations...), le développement de certaines activités humaines (VTT, moto-cross, surcharge en bord de crête...) ou la présence d'animaux fouisseurs sont également susceptibles de contribuer à la déstabilisation des flancs de talus.

6. Aléa émission de gaz de mine

Qualification de l'intensité du phénomène de l'aléa émission en surface de gaz de mine

Le phénomène redouté correspond à une remontée en surface d'un gaz de mine susceptible de présenter des dangers, principalement pour les personnes et, plus exceptionnellement, pour les biens. Il s'agit des dangers d'inflammation ou d'explosion, d'asphyxie, d'intoxication et d'irradiation.

Des dangers vis-à-vis des biens ou infrastructures n'existent que lorsque le gaz de mine est inflammable. En effet, seules l'explosion ou l'inflammation peuvent entraîner des dégâts matériels, les personnes étant également exposées dans un tel scénario. Pour simplifier la réflexion, nous considérerons, dans ce qui suit, que l'intensité du phénomène ne se traduit qu'en terme de dangerosité sur les personnes.

Les grandeurs les plus caractéristiques permettant de décrire l'intensité du phénomène redouté sont les suivantes :

- la composition du gaz de mine. Parmi les composants gazeux redoutés, seuls quelques gaz sont inflammables ou toxiques et, parmi les gaz toxiques, tous n'ont pas le même niveau de toxicité. C'est donc par la connaissance de la composition constatée ou prévisible du gaz de mine que l'on peut en déterminer les dangers et leur intensité ;
- l'importance du flux gazeux et sa répartition à la surface du sol. Les conséquences du phénomène seront d'autant plus intenses que le flux de gaz pouvant émaner en surface sera important. La valeur du flux dépend directement de la différence de pression entre l'atmosphère des travaux et l'air libre. De même, un dégagement gazeux concentré localement aura, à débit égal, des conséquences plus importantes que s'il était réparti sur une vaste surface, situation qui contribue à faciliter sa dilution dans l'air atmosphérique.

L'échelle d'intensité proposée ci-dessous devra être prise en considération à titre indicatif : il s'agit de valeurs guides pour l'évaluation de l'aléa plus que des références absolues.

Classe d'intensité	Emission de gaz de mine
Très limitée à limitée	Emission contenant : <ul style="list-style-type: none"> • soit des gaz inflammables, à des teneurs inférieures à la LIE⁶ • soit des gaz asphyxiants, toxiques ou ionisants, à des teneurs supérieures à la TMR⁷ mais ne pouvant pas entraîner qu'un impact faible et réversible⁸ • soit du radon, à des teneurs supérieures à 1000 Bq/m³ mais inférieures à 10 000 Bq/m³⁹
Moyen	Emission limitée contenant des gaz : <ul style="list-style-type: none"> • soit directement inflammables ou pouvant le devenir par dilution dans l'air • soit asphyxiants ou toxiques à des teneurs pouvant entraîner un impact significatif Emission de radon à des teneurs supérieures à 10 000 Bq/m ³
Elevée	Emission importante contenant des gaz : <ul style="list-style-type: none"> • soit directement inflammables ou pouvant le devenir par dilution dans l'air • soit asphyxiants ou toxiques à des teneurs pouvant entraîner un impact significatif
Très élevée	Emission importante contenant des gaz asphyxiants ou toxiques à des teneurs élevées pouvant entraîner directement un impact létal

Prédisposition

Plusieurs facteurs essentiels gouvernent la prédisposition d'un site minier à être siège d'émanations de gaz de mine. Les premiers, qui concernent la production du gaz de mine, auront trait au réservoir constitué par les vides miniers et à son alimentation. Les seconds concernent la propension qu'aura le gaz présent dans les vides miniers à remonter jusqu'en surface.

Prédisposition du réservoir à émettre du gaz de mine

Les deux éléments déterminant la prédisposition du réservoir et des terrains encaissant à émettre du gaz de mine sont la nature du mécanisme à l'origine de la présence de gaz au sein des vides miniers et le volume de ces vides :

- Mécanisme à l'origine de la présence de gaz : Un réservoir réalimenté en continu en gaz dangereux sera plus susceptible d'émettre du gaz en surface qu'un réservoir dans lequel la production de gaz a désormais cessé. De ce fait, à titre d'exemple, une ancienne mine exploitée dans un gisement franchement grisouteux sera *a priori* plus prédisposée à émettre du gaz qu'une exploitation située dans un gisement

⁶ LIE : Limite Inférieure d'Explosibilité (voir annexe F).

⁷ TMR : Teneur Maximale autorisée par la Réglementation en vigueur (voir annexe F).

⁸ Voir annexe F.

⁹ Voir annexe F.

faiblement grisouteux. La prédisposition à une remontée de gaz en surface intégrera donc la nature du matériau extrait et celle des terrains encaissants, la présence constatée ou non de gaz au sein du gisement durant les travaux d'extraction ainsi que l'occurrence d'accidents liés au gaz pendant ou même après l'exploitation. La prédisposition du matériau exploité et des terrains encaissants à subir des transformations chimiques conduisant à une production de gaz devra également être prise en considération. On citera, par exemple, le risque de feu ou d'échauffement de matériaux combustibles ou encore l'attaque de carbonates par de l'eau acide.

- Volume des vides miniers : Quelle que soit l'origine du gaz de mine, la quantité de gaz susceptible de s'accumuler et de migrer vers la surface est directement liée au volume disponible au sein du réservoir minier. L'évaluation du volume non ennoyé du réservoir souterrain, de sa répartition dans l'espace et de son évolution dans le temps (effet de l'ennoyage) influera également directement sur la prédisposition du phénomène redouté.

Prédisposition à la remontée de gaz de mine jusqu'en surface

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

- Différentiel de pression : Plus la différence de pression (positive) entre les anciens travaux et l'atmosphère en surface sera importante, plus la prédisposition du site à être le siège d'émanations de gaz en surface sera jugée sensible. On notera qu'il n'est pas nécessaire que cette surpression relative s'établisse de manière permanente, l'émission, même transitoire, de gaz de mine peut, en effet, suffire à engendrer des situations dangereuses pour les personnes et les biens exposés. A titre d'exemple, toute choses égales par ailleurs, la prédisposition d'une exploitation au cours de l'ennoyage à développer des remontées de gaz en surface sera plus importante que celle d'une exploitation où le niveau d'eau est déjà stabilisé (effet de pistonage par remontée de la nappe).
- Épaisseur et perméabilité des terrains de recouvrement : La prédisposition d'un gaz à migrer vers la surface au travers des terrains de recouvrement dépend de deux principaux facteurs : leur épaisseur et leur perméabilité au gaz. Ces deux facteurs, très variables d'une exploitation à une autre, peuvent être considérés ensemble ou séparément :
 - l'importance de la profondeur aura, tout naturellement, un effet réducteur sur la prédisposition à la remontée de gaz. Ainsi, sauf configurations exceptionnelles (par exemple, la présence des failles traversantes et ouvertes), on considère généralement qu'au-delà d'une épaisseur de recouvrement de 200 mètres, la probabilité que du gaz puisse remonter en quantité significative jusqu'en surface devient nulle à négligeable ;
 - la perméabilité des terrains dépendra de nombreux paramètres : perméabilité naturelle des bancs de roches et couches de sol, présence ou non de nappes aquifères dans le recouvrement, épaisseur et continuité de ces nappes, degré de déstructuration du recouvrement résultant de l'exploitation, paramètre directement relié à la méthode d'exploitation. Une forte perméabilité des terrains de recouvrement contribuera à augmenter la prédisposition à la remontée de gaz jusqu'en surface.

- Existence de « drains préférentiels » : Les ouvrages de communication entre les vieux travaux et la surface (puits, descenderies, fendues, galeries d'accès...) sont susceptibles, lorsqu'ils n'ont pas été obturés de manière suffisamment étanche, de constituer des vecteurs privilégiés pour la remontée du gaz vers la surface. Ainsi, en fonction de la nature du traitement mis en œuvre, la présence d'un ouvrage de type puits ou galerie pourra contribuer à augmenter, de manière plus ou moins sensible, la prédisposition à l'émanation de gaz de mine en surface. Ceci est vrai au droit de l'ouvrage mais également dans les terrains environnants, en raison des incertitudes de localisation des anciens travaux, de la migration possible dans d'anciennes galeries de subsurface, de l'étendue des terrains déconsolidés... Dans le même ordre d'idée, on attachera une attention particulière aux failles naturelles ou aux fractures majeures provoquées par l'exploitation. Ces discontinuités, lorsqu'elles sont franches et ouvertes, peuvent en effet également constituer des points privilégiés vis-à-vis des écoulements gazeux vers la surface.

Annexe 3

**Tableau de synthèse des caractéristiques
des puits de la concession du Creusot**

**Synthèse des informations sur les puits et leur localisation
(Extraits du rapport BRGM 30134, 1989 et des archives AFB)**

Nom du puits (date de fonçage)	Classe incertitude	Coordonnées Lambert (données BRGM) en mètres			Profon- deur (m)	Diamètre (m)	Traitement et observations	Aléa	Marge d'incertitude (m)
		X	Y	Altitude Z					
Les Alouettes (1834)	3	758 645	202 613	+ 372		2,5	Remblayé avant 1946	Faible	5
Saint-Antoine (1898)	1	759 518	203 272	+ 355	205	3,5	Foncé en 1921 Remblayé en 1922	Moyen	0
Saint-Antoine Ouest (1843)	3	758 600	202 593		40	2,5	Remblayé avant 1946	Faible	5
Sainte-Barbe Est (1842)	2	(759 706)	(203 235)		250	3,0	Extraction puis aérage Remblayé vers 1917	Moyen	5
Sainte-Barbe Ouest (1804)	4	758 514	202 832				Puits d'extraction Remblayé avant 1946	Faible	10
Du Bois	5	759 040	203 292		44	2,0	Remblayé avant 1946	Faible	20
Des Boulets	5	(759 880)	(203 112)				Remblayé avant 1946	Moyen	20
De la Bourrique	5	758 480	202 770		50	2,3	Puits d'extraction Remblayé avant 1946	Faible	20
Du Centre	6						Aucun renseignement		Non localisé
De la Chaise	3	758 376	202 898	+ 354		2,0	Remblayé avant 1946	Faible	5
Chaptal (1841)	2	759 100	203 194	+ 363	189	3,0	Puits d'extraction Arrêt en 1912 Remblayé avant 1946	Moyen	5
Chaussard (1854)	2	758 577	202 762		55	2 ou 3	Puits d'extraction Remblayé avant 1946	Faible	5
Du Creusot (1818-1831)	1	758 805	203 039	+ 362	126	3 ou 4,3	Puits d'aérage Remblayé en 1944	Moyen	0
De l'Écoulement	6						Aucun renseignement		Non localisé
De l'Église (1835)	3	758 506	202 814		60	2,0	Puits d'extraction Remblayé avant 1946	Faible	5
Saint-Eloi (1841)	3	759 456	203 228		244	2,7	Remblayé avant 1946	Moyen	5
De la Fontaine	6						Au nord de la rue Chaptal, près du puits de la Montagne	–	Non localisé
Saint-François	3	758 593	202 908	+ 376	59	2 ou 3,5	Puits d'extraction Remblayé avant 1946	Faible	5

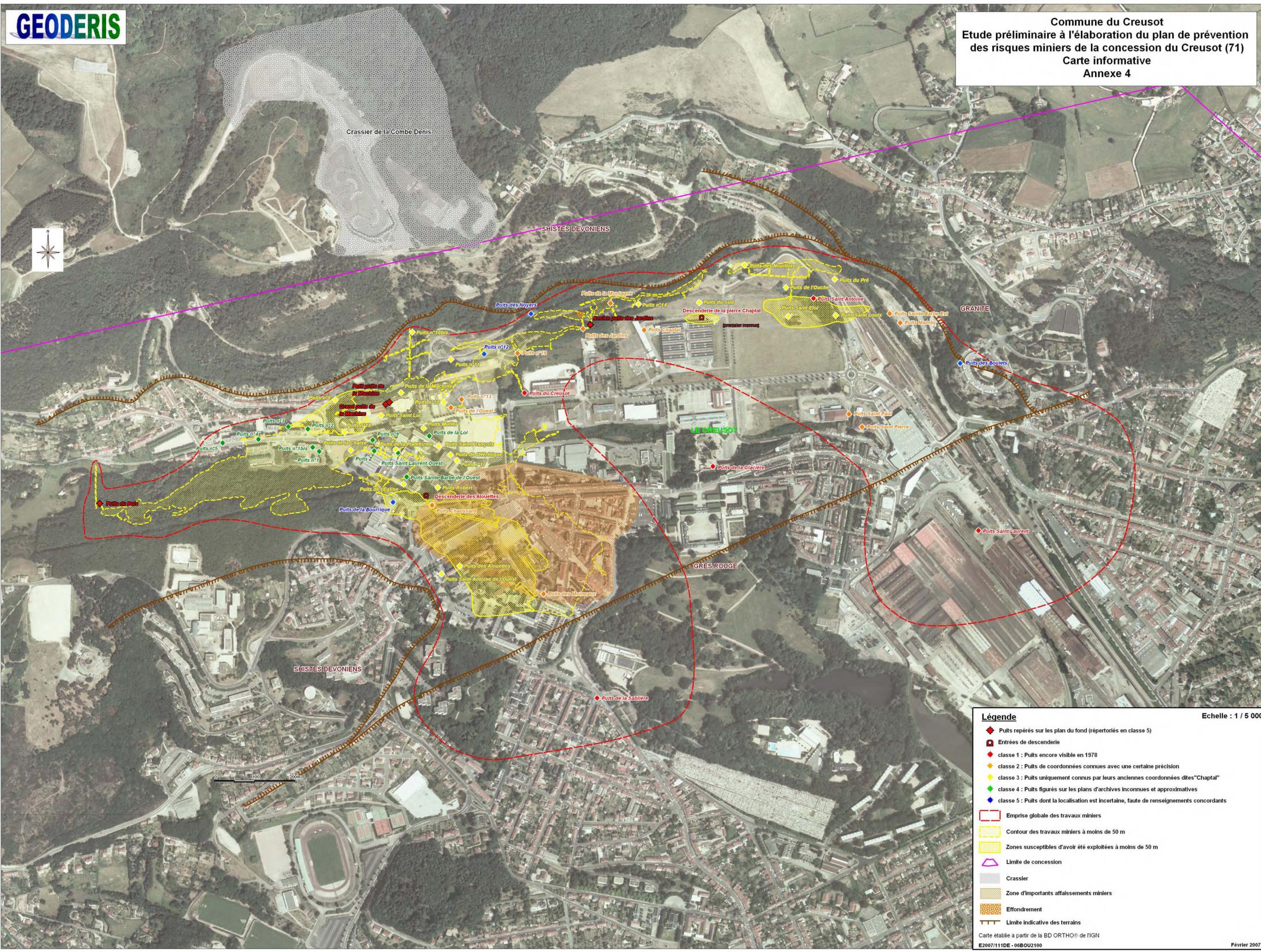
Nom du puits (date de fonçage)	Classe incertitude	Coordonnées Lambert (données BRGM) en mètres			Profon- deur (m)	Diamètre (m)	Traitement et observations	Aléa	Marge d'incertitude (m)
		X	Y	Altitude Z					
De la Glacière (1856)	1	759 270	202 858	+ 369	256	2 ou 3,3	Puits de recherche 1852 Remblayé en partie avec dalle de fermeture en béton Plein d'eau <u>Traité définitivement en 2000 par remblayage complet et pose d'une grille de sécurité</u>	Sans	0
De l'Hérétique	3	758 622	202 887			2,5	Puits d'extraction Remblayé avant 1946	Faible	5
Des Jardins (1855)	3	758 949	203 197		68	2 ou 3	Remblayé avant 1946	Moyen	5
Saint-Laurent Ouest	4	758 492	202 892				Remblayé avant 1946 Situé vers l'IUT, près du puits de la Plateforme	Sans	0
Saint-Laurent (1854)	1	759 925	202 700	+ 350	432	3,7 et 4,0	Puits d'épuisement abandonné en 1921, plein d'eau. <u>Traité définitivement en 2000 par remblayage complet et pose d'un bouchon en béton autobloquant</u>	Moyen	10
De la Loi	4	758 570	202 933				Situé vers l'IUT, entre les puits Muller et St-François	Moyen	10
Saint Louis (1852)	3	759 573	203 230		249	3,0	Remblayé avant 1946	Moyen	5
Saint Luc (1848)	3	758 451	202 984		83	2,5	Puits d'extraction Remblayé avant 1946	Moyen	5
De la Machine (1876)	3	758 500	203 040		86	2,0	Puits d'extraction Remblayé avant 1946	Moyen	5
Petit puits de la Machine	5						Aucun renseignement	faible	20
Grand puits de la Machine	5						Aucun renseignement	Moyen	20
Mamby (1831)	2	(759 732)	(203 212)		239	3,0	Puits d'extraction puis aéragé Remblayé vers 1917	Moyen	5
Des moineaux (1834)	2	758 852	202 544	+ 373	112	2,5 à 3,3 (ovale)	Puits d'extraction puis aéragé Arrêté en 1878 et remblayé Remblayé totalement en 1941	Moyen	5
Monin	6						Aucun renseignement	–	Non localisé
De la Montagne (1845)	2	759 017	203 260	+ 373	120 ou 205	2,5	Puits d'extraction puis aéragé Arrêté en 1909 et remblayé	Moyen	5
Muller	3	758 556	202 952			2,3	Remblayé avant 1946	Faible	5

Nom du puits (date de fonçage)	Classe incertitude	Coordonnées Lambert (données BRGM) en mètres			Profon- deur (m)	Diamètre (m)	Traitement et observations	Aléa	Marge d'incertitude (m)
		X	Y	Altitude Z					
(1837)									
Saint-Nizier	6				80	3,5	Foncé en 1854	–	Non localisé
Des Nouillots (1810-1816)	3	759 348	203 354	+ 366	137	3,0	Remblayé avant 1946	Moyen	5
Des Noyers (1838)	5	758 821	203 234		48	2,3	Remblayé avant 1930	Faible	20
De l'Ouche (1830)	3	759 450	203 299	+ 373	235	2,5	Remblayé avant 1946	Moyen	5
De l'Ouest (1845)	2	758 623	203 003	+ 373	149	3,8	Remblayé en 1976 par la CUCM	Moyen	5
Saint-Paul (1855)	2	759 606	202 987	+ 351	298	3,0	Puits d'extraction Remblayé totalement en 1944	Moyen	5
Saint-Pierre (1855)	2	759 638	202 955	+ 351	375	3,0	Puits d'extraction Remblayé totalement en 1944	Moyen	5
De la Plateforme	3	758 487	202 900		120	2,0	Puits d'extraction Remblayé avant 1946	Moyen	5
De la Pompe	6						Aucun renseignement		Non localisé
Du Pré (1841)	3	759 570	203 319		82	2,5	Remblayé avant 1946	Moyen	5
De la République	6						Aucun renseignement	–	Non localisé
Robert (1840)	3	758 591	202,806		54	2,3	Puits d'extraction Remblayé avant 1946	Faible	5
De la Sablière	1	758 984	202 287	+ 373	80	2,3 à 3,1 (ovale)	Puits de recherche Plein d'eau <u>Traité définitivement en 2000 par remblayage complet et pose d'une dalle en béton</u>	Sans	0
Saint-Sauveur	6						Au sud du puits Saint- Pierre Aucun renseignement	–	Non localisé
Du sud (1818-1842)	3	759 236	203 262		269	2,6 à 3,0	Remblayé avant 1946	Moyen	5
Grand puits de la Vesvre	6				337	3,7 ou 5,0	Puits de recherche Commune de Charmoy Remblayé en 1890	–	Non localisé
Petit puits de la Vesvre	6				62	3,0	Puits de recherche Commune de Charmoy Remblayé en 1890	–	Non localisé
Puits Z	4	(758 434)	(202 896)			2,0	Remblayé avant 1946	Moyen	10
N°1	4	758 298	202 895				Aucun renseignement	Faible	10
N°1 bis	4	758 282	202 905				Aucun renseignement	Faible	10
N°2	4	758 270	202 950				Aucun renseignement	Faible	10

Nom du puits (date de fonçage)	Classe incertitude	Coordonnées Lambert (données BRGM) en mètres			Profon- deur (m)	Diamètre (m)	Traitement et observations	Aléa	Marge d'incertitude (m)
		X	Y	Altitude Z					
N°3	4	758 222	202 956				Aucun renseignement	Faible	10
N°4	4	758 148	202 925				Aucun renseignement	Faible	10
N°5	4	758 060	202 916				Aucun renseignement	Faible	10
N°6	6						Aucun renseignement	–	Non localisé
N°7	6				2,6		Aucun renseignement	–	Non localisé
N°8 ou VIII (1852)	3	758 338	203 022		2,5		Puits d'extraction Remblayé avant 1946	Faible	5
N°9 ou IX (1841)	4	758 430	202 923		53		Puits d'extraction Remblayé avant 1946	Faible	10
N° 10 ou X (1786)	3	758 606	203 015		98	2,0	Puits d'extraction Remblayé avant 1946	Moyen	5
N°10 bis	3	758 528	203 189		84	2,2	Puits d'extraction	Moyen	5
N°11	3	758 623	203 122			2,5	Aucun renseignement	Moyen	5
N°12 ou XII (1809)	5	758 705	203 135		102	2,0	Remblayé avant 1946	Moyen	20
N°13 (1809)	2	758 649	203 023	+ 368	143	3,0	Puits d'extraction Remblayé avant 1950 Plein d'eau	Moyen	5
N°14 ou XIV (1818)	3	759 086	203 258		92	2,5	Remblayé avant 1946	Moyen	5
N°15	6						Aucun renseignement	–	Non localisé
N°16	6						Aucun renseignement	–	Non localisé
N°17 (1811)	3	758 638	202 873			3,0	Puits d'extraction Remblayé avant 1946	Moyen	5
N°18 (1811)	3	758 361	202 942	+ 368		2,5	Puits d'extraction Remblayé avant 1946	Moyen	5
N°19 (1849)	2	758 788	203 137	+ 368	125	2,0 ou 3,0 (ovale)	Puits d'extraction Arrêté et remblayé en 1918	Moyen	5
N°20 ou XX (1800-1830)	6				30	2,5	Aucun autre renseignement	–	Non localisé

Annexe 4

Carte informative de la concession du Creusot au 1 / 5 000



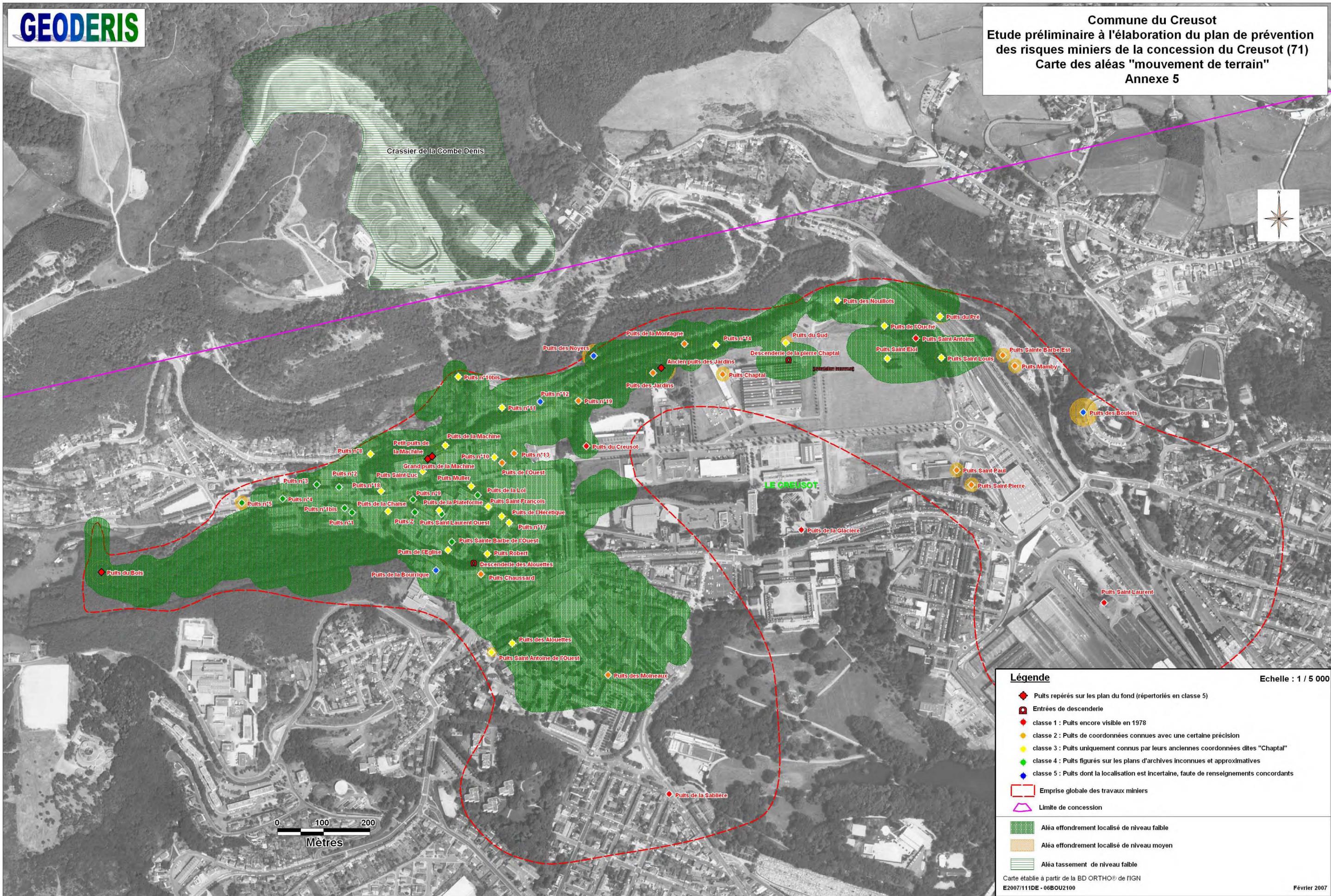
Légende Echelle : 1 / 5 000

- ◆ Puits repérés sur les plan du fond (répertoriés en classe 5)
- Entrées de descenderie
- classe 1 : Puits encore visible en 1978
- classe 2 : Puits de coordonnées connues avec une certaine précision
- classe 3 : Puits uniquement connus par leurs anciennes coordonnées dites "Chaptal"
- classe 4 : Puits figurés sur les plans d'archives inconnues et approximatives
- classe 5 : Puits dont la localisation est incertaine, faute de renseignements concordants
- Emprise globale des travaux miniers
- Contour des travaux miniers à moins de 50 m
- Zones susceptibles d'avoir été exploitées à moins de 50 m
- Limite de concession
- Crassier
- Zone d'importants affaissements miniers
- Effondrement
- Limite indicative des terrains

Carte établie à partir de la BD ORTHO® de l'IGN
E200711DE - 06BOU2100 Février 2007

Annexe 5

**Cartes des aléas mouvement de terrain de la concession du Creusot
au 1 / 5 000 – Commune du Creusot**



Légende Echelle : 1 / 5 000

- ◆ Puits repérés sur les plan du fond (répertoriés en classe 5)
- Ⓜ Entrées de descenderie
- ◆ classe 1 : Puits encore visible en 1978
- ◆ classe 2 : Puits de coordonnées connues avec une certaine précision
- ◆ classe 3 : Puits uniquement connus par leurs anciennes coordonnées dites "Chaptal"
- ◆ classe 4 : Puits figurés sur les plans d'archives inconnues et approximatives
- ◆ classe 5 : Puits dont la localisation est incertaine, faute de renseignements concordants
- Emprise globale des travaux miniers
- Limite de concession
- Aléa effondrement localisé de niveau faible
- Aléa effondrement localisé de niveau moyen
- Aléa tassement de niveau faible

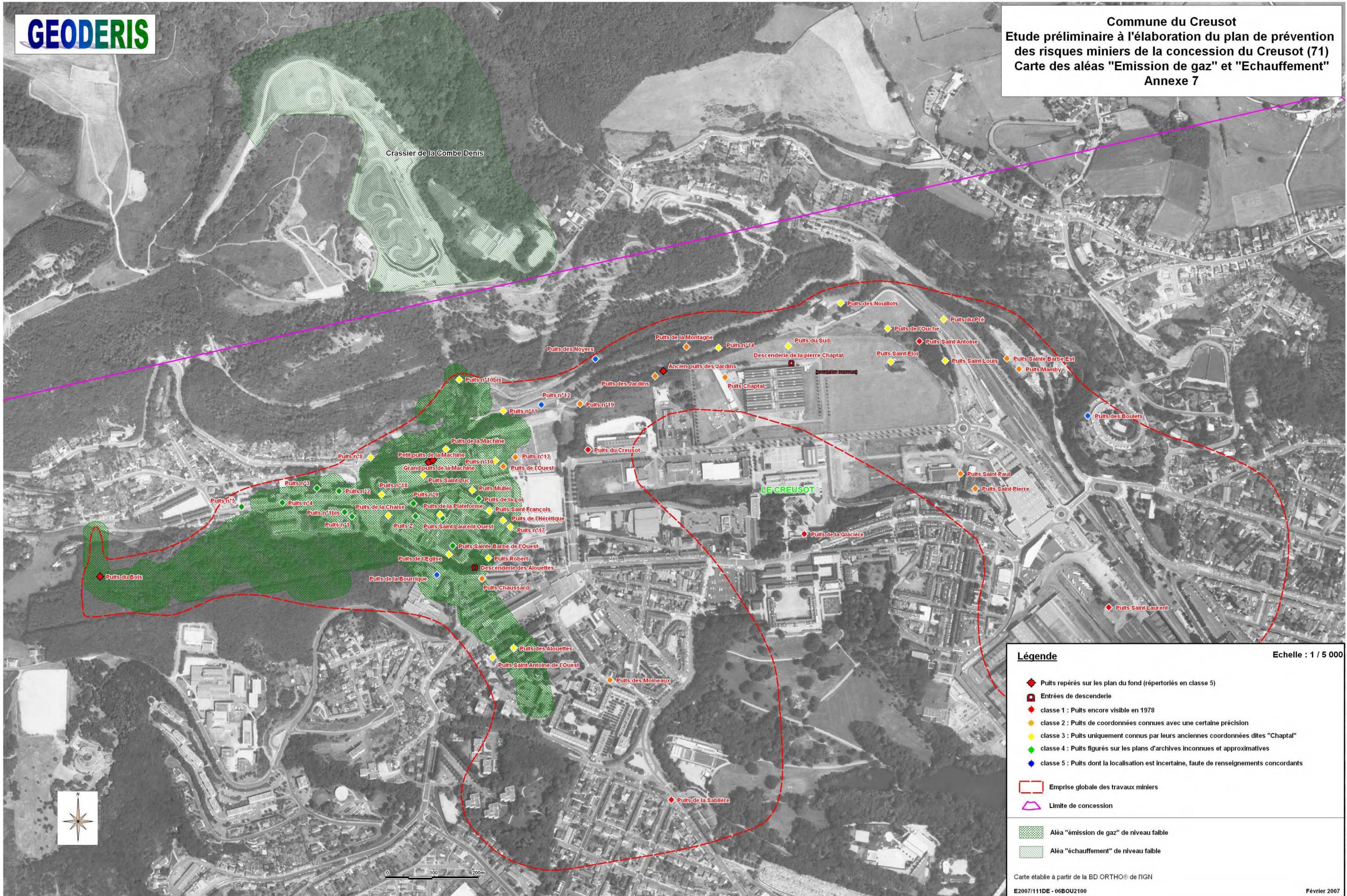
Carte établie à partir de la BD ORTHO® de l'IGN
E2007/111DE - 06BOU2100 Février 2007

Annexe 6

**Cartes des aléas mouvement de terrain de la concession du Creusot
au 1 / 2 000 – Commune du Creusot**

Annexe 7

**Cartes de l'aléa mouvement de terrain de la concession du Creusot
au 1 / 5 000 – Commune du Creusot**



Légende Echelle : 1 / 5 000

- ◆ Puits repérés sur les plan du fond (répertoriés en classe 5)
- Ⓜ Entrées de descenderie
- ◆ classe 1 : Puits encore visible en 1978
- ◆ classe 2 : Puits de coordonnées connues avec une certaine précision
- ◆ classe 3 : Puits uniquement connus par leurs anciennes coordonnées dites "Chaptal"
- ◆ classe 4 : Puits figurés sur les plans d'archives inconnues et approximatives
- ◆ classe 5 : Puits dont la localisation est incertaine, faute de renseignements concordants

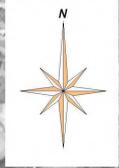
- Emprise globale des travaux miniers
- Limite de concession

- Aléa "émission de gaz" de niveau faible
- Aléa "échauffement" de niveau faible

Carte établie à partir de la BD ORTHO® de l'IGN
 E2007/111DE - 06BOU2100 Février 2007

Annexe 8

**Cartes de l'aléa émissions de gaz de la concession du Creusot
au 1 / 2 000 – Commune du Creusot**



Légende Echelle : 1 / 2 000

- Puits repérés sur les plans du fond (proportionnés en classe 5)
- Entrées de descentes
- classe 1 : Puits encore visible en 1978
- classe 2 : Puits de coordonnées connues avec une certaine précision
- classe 3 : Puits uniquement connus par leurs anciennes coordonnées dites "Chaplat"
- classe 4 : Puits figurés sur les plans d'archives incertaines et approximatives
- classe 5 : Puits dont la localisation est incertaine, faite de renseignements concordants
- Emprise globale des travaux miniers
- Limite de concession
- Aléa "émission de gaz" de niveau faible
- Aléa "échauffement" de niveau faible

Carte tirée à partir de la BD ORTHO® de l'IGN
E2017110E-040020100 Fevrier 2007