

Convention n° 04 2 77 5778
Bassin minier de May-sur-Orne
Etude des risques liés à la présence de
travaux miniers souterrains peu profonds :
Synthèse des investigations
Avis sur les risques et propositions de mesures de
prévention ou de mise en sécurité

DIFFUSION :

Pôle Après Mine Ouest	J.-P. Besnard (5 ex.)
GEODERIS National	J.-P. Josien (1 ex.)
GEODERIS Ouest	Archivage (1 ex.)
INERIS	L. Cauvin (1ex.)

Réf : GEODERIS W2006/037 – 5BNO3100

Date : 14/06/2006

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	C. FRANCK	J.-P. JOSIEN	C. VACHETTE

SOMMAIRE

1	<i>Introduction.....</i>	4
2	<i>Rappel des résultats de l'étude d'aléas 2004.....</i>	4
3	<i>Enjeux de surface.....</i>	6
3.1	Les bâtiments à usage d'habitation	6
3.2	Les bâtiments recevant du public	7
3.3	Les voies de communication	7
3.4	Les aires aménagées pour le public.....	7
3.5	Numérotation des zones d'enjeux.....	7
4	<i>Investigations réalisées</i>	7
4.1	Rappel des objectifs	7
4.2	Nature des travaux réalisés.....	8
4.3	Ouverture des galeries de niveau B et I.....	8
4.4	Réalisation de sondages destructifs et carottés.....	9
4.5	Auscultation vidéoscopique et laser.....	11
4.6	Nivellement et géoréférencement des sondages.....	14
4.7	Réalisation de puits de descente et mise en place d'équipements connexes..	14
4.8	Inspection géotechnique des galeries : précisions sur l'aléa et analyse des risques résiduels	15
5	<i>Analyse des aléas, des risques résiduels et proposition de mesures.....</i>	17
5.1	<i>Principaux résultats</i>	17
5.1.1	Sur l'état géotechnique des travaux souterrains peu profonds et les mécanismes observés	17
5.1.2	Sur l'évolution et les mécanismes possibles des dégradations.....	19
5.1.3	Sur la qualité des terrains de recouvrement	21
5.1.4	Sur l'amplitude et l'extension de l'aléa « effondrement localisé »	21
5.1.5	Sur le risque pour les biens et personnes et les mesures possibles de prévention ou de protection	22
5.1.6	Remarques sur les travaux de traitement.....	24
5.1.7	Remarques sur les surveillances ultérieures	24
5.2	<i>Evaluation du risque et proposition de mesures, par commune</i>	24
5.2.1	Commune de Saint-André-sur-Orne (flanc nord).....	24
5.2.2	Commune de Saint-Martin-de-Fontenay (flanc nord)	25
5.2.3	Commune de May-sur-Orne (flanc sud)	25
5.2.4	Commune de Fontenay-le-Marmion (flanc sud)	26
6	<i>Bibliographie.....</i>	28

Mots clés : Aléa, auscultation, calcaire, effondrement localisé, enjeux, grès, minéral de fer, mise en sécurité, risque, puits, schiste, sondage, surveillance

Table des illustrations

<i>Figure 1 : carte d'aléas « mouvement de terrain » de la mine de May-sur-Orne établie en 2004</i>	5
<i>Figure 2 : extrait de plan GEOMINES « dans la couche » – flanc Sud</i>	6
<i>Figure 3 : nomenclature utilisée pour l'expertise géotechnique des travaux</i>	17
-	
<i>Tableau 1 : sondages réalisés dans le cadre de la convention « May-sur-Orne »</i>	10
<i>Tableau 2 : auscultations réalisées à Saint-Martin-de-Fontenay (flanc nord)</i>	12
<i>Tableau 3 : auscultations réalisées à May-sur-Orne et Fontenay-le-Marmion (flanc sud)</i>	13
<i>Tableau 4 : puits d'accès réalisés dans le cadre de la convention « May-sur-Orne »</i>	15
<i>Tableau 5 : organigramme de principe de la gestion du risque</i>	23
<i>Tableau 6 : précisions sur les niveaux de risque</i>	23
-	
<i>Photographie 1 : mur de béton de la galerie I pour partie démantelé</i>	8
<i>Photographie 2 : sondeuse à St Martin de Fontenay</i>	9
<i>Photographie 3 : galerie des morts-terrains pour partie remblayée (May-sur-Orne, sondage D02)</i>	11
<i>Photographie 4 : tampon de l'accès à Fontenay-le-Marmion</i>	14
<i>Photographie 5 : débouché du puits dans des anciens dépilages à Fontenay-le-Marmion. Photographie D. Butaeye.</i>	16
<i>Photographie 6 : glissement de matériau argilisé au mur de la couche (St-Martin-de-Fontenay). Photographie D. Butaeye</i>	18
<i>Photographie 7 : décollement du toit de la couche au contact du calcaire (May-sur-Orne). Photographie D. Butaeye</i>	19
<i>Photographie 8 : zone de glissement majeur du mur (St-Martin-de-Fontenay). Photographie D. Butaeye</i>	20

Table des annexes

<i>Annexe 1 : situation des zones d'enjeux (2A4)</i>
<i>Annexe 2 : implantation des investigations – fond orthophotoplan, échelle 1/5 000 (3 A3)</i>
<i>Annexe 3 : tableaux détaillés de l'ensemble des sondages et auscultations (4 A3)</i>
<i>Annexe 4 : synthèse et coupes des sondages carottés (1A3, 4 A4)</i>
<i>Annexe 5 : planches synthétiques des auscultations des zones non reconnues depuis le fond (11 A4)</i>
<i>Annexe 6 : rapport d'inspection géotechnique des travaux souterrains. Extrait du rapport INERIS-DRS-06-68230/R01</i>
<i>Annexe 7 : fiches descriptives par zones d'enjeux. Extrait du rapport INERIS-DRS-06-68230/R01</i>
<i>Annexe 8 : tableaux de synthèse par zones d'enjeux</i>
<i>Annexe 9 : nouvelle extension de la zone d'aléa « effondrement localisé »</i>

1 INTRODUCTION

Le présent document constitue la synthèse des investigations menées dans le cadre de la convention n° 04 2 77 5778, dénommée « convention bassin minier de May-sur-Orne », passée entre le Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie et GEODERIS, notifiée le 20 décembre 2004 pour une durée de 12 mois et prolongée par avenant jusqu'au 20 mars 2006.

Cette convention a été engagée suite à la mise en évidence, lors de l'établissement de la carte d'aléas « mouvement de terrain » sur le bassin minier de May-sur-Orne [1]¹, de zones à risque. Un aléa correspondant au phénomène d'effondrement localisé a en effet été évalué de niveau fort et peut affecter de nombreuses habitations et infrastructures.

Il a donc été décidé d'engager des travaux permettant de présenter un nouvel état géotechnique des lieux et préciser, à proximité des zones d'enjeux, l'aléa et le risque. Ces investigations aboutissent à des propositions de mesures de prévention ou de protection, selon la configuration des travaux miniers souterrains et les enjeux existants en surface, dans l'optique de constituer un outil d'aide au choix des dispositions qui peuvent être prises.

Par ailleurs, dans le cadre de cette convention, il a également été mis en place un état zéro altimétrique dans les zones potentiellement soumises à l'aléa affaissement. Cette opération lourde nécessite la mise en place de repères topographiques sur de nombreuses habitations concernées, après accord des propriétaires. Ces mesures font l'objet d'un rapport spécifique.

2 RAPPEL DES RESULTATS DE L'ETUDE D'ALEAS 2004

La carte d'aléas « mouvements de terrain » du bassin minier ferrifère de May-sur-Orne, établie par GEODERIS [1] (figure 1) a mis en évidence l'existence d'un aléa effondrement localisé avec un niveau évalué, sur bases documentaires, comme étant moyen à fort.

Ce niveau important est expliqué par la présence à faible profondeur de travaux miniers réalisés dans une couche de fort pendage (de 50° à 90°) et de puissance moyenne 3 à 4 m, mais pouvant atteindre localement plus de 10 m. L'exploitation en chambres verticales ou très inclinées a engendré la création de vides sur une hauteur relativement importante, avec des volumes dépilés pouvant être conséquents.

Les travaux s'inscrivent dans une formation schisto-gréseuse de résistance mécanique très variable. Cette formation est recouverte en discordance par les terrains calcaires du Jurassique, d'épaisseur variable (de 0 m à l'Ouest du bassin à plus de 30 m à l'Est).

Les plans établis dans les années 1970 par GEOMINES ont permis de se rendre compte de la complexité géométrique des travaux les plus superficiels, anciens et non guidés par des méthodes d'exploitation précises : puissance très variable de la couche, dédoublement de celle-ci, développés et portés au toit des chambres très variables, présence de galeries au contact du recouvrement.

¹ Références en fin de document, chapitre bibliographie
GEODERIS W2006/037DE- 5BNO3100

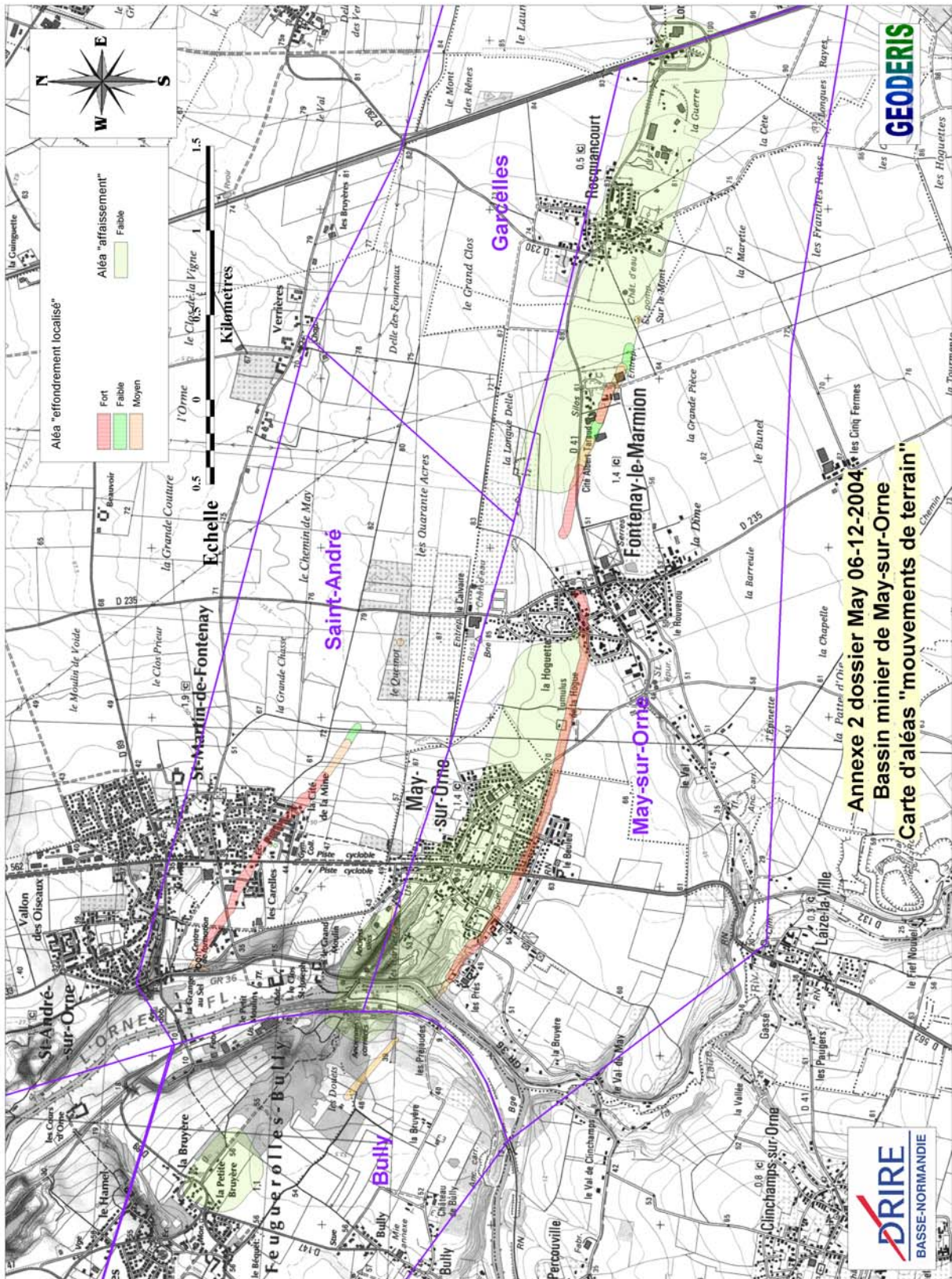


Figure 1 : carte d'aléas « mouvement de terrain » de la mine de May-sur-Orne établie en 2004

Ces plans traduisent également l'existence de zones ébouloées, de galeries inaccessibles, de toits de chambre ou de galeries dégradés. L'inspection en 1999 d'une zone de travaux sur le flanc sud du bassin dans le cadre du projet routier de déviation de May-sur-Orne confirme cette complexité, ainsi que l'évolutivité potentielle des dégradations.

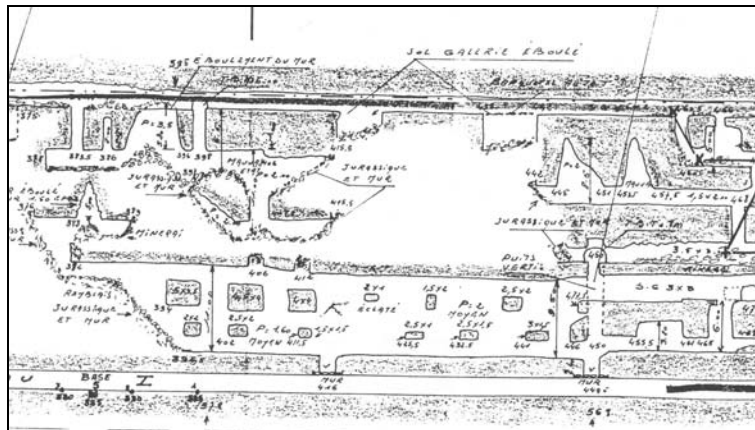


Figure 2 : extrait de plan GEOMINES « dans la couche » – flanc Sud

L'ensemble de ces observations documentaires a concouru à retenir un niveau d'aléa important. Le phénomène le plus préoccupant retenu est l'effondrement localisé par remontée progressive de voûte au sein du recouvrement de ces travaux miniers peu profonds, jusqu'à ce que celle-ci atteigne les terrains mobilisables de surface et qu'apparaisse brusquement un cratère en surface. Les dimensions de ce cratère sont tributaires du volume et des dimensions des travaux sous-jacents, ainsi que de l'épaisseur des terrains mobilisables de surface.

3 ENJEUX DE SURFACE

La cartographie de l'aléa effondrement localisé de 2004 [1] a tenu compte d'une marge d'incertitude sur la position réelle des travaux miniers superficiels (prise égale à 10 m) et d'une marge dite d'influence correspondant à l'emprise en surface pouvant être affectée par ce type de phénomène. De nombreux enjeux, répartis sur les territoires de quatre communes (Fontenay-le-Marmion, May-sur-Orne, Saint-André-sur-Orne, Saint-Martin-de-Fontenay) sont pour tout ou partie impliqués dans cette zone d'aléa.

3.1 LES BATIMENTS A USAGE D'HABITATION

Environ 70 habitations sont situées dans la zone de l'aléa effondrement localisé. On peut noter la prédominance du pavillon rectangulaire (dimension de l'ordre de 12 m X 8 m), R+1, maçonnerie en parpaings, un niveau enterré ou semi-enterré (cave, remise, garage).

Parmi les autres types de bâtiments, on peut citer d'anciennes maisons de la mine de taille plus importante, un corps de ferme ancien, des habitations accolées, ainsi qu'un lotissement en construction.

3.2 LES BATIMENTS RECEVANT DU PUBLIC

Le collège Guy de Maupassant à Saint-Martin-de-Fontenay, aujourd'hui pour partie désaffecté, ainsi que trois commerces, constituent ce type d'établissement.

3.3 LES VOIES DE COMMUNICATION

La principale voie de communication est la RD 562, axe Caen-Flers, qui recoupe les travaux miniers superficiels à Saint-Martin-de-Fontenay et May-sur-Orne. Le trafic de cette voie est très important, avec de nombreux véhicules de fort tonnage. Quatre voies départementales ou communales secondaires mais présentant un trafic relativement conséquent traversent également les travaux miniers superficiels. Enfin, on note au sein des communes les voiries de desserte de quartiers ou de lotissements.

3.4 LES AIRES AMENAGEES POUR LE PUBLIC

C'est essentiellement un jardin public ainsi qu'un terrain de basket qui le jouxte.

3.5 NUMEROTATION DES ZONES D'ENJEUX

Les zones d'enjeux définies par GEODERIS et utilisées par la suite sont les suivantes :

Flanc nord	Commune de Saint-André-sur-Orne	Z01 à Z1
	Commune de Saint-Martin-de-Fontenay	Z2 à Z15
Flanc sud	Commune de May-sur-Orne	Z16 à Z29
	Commune de Fontenay-le-Marmion	Z30 à Z44

Certaines de ces zones sont subdivisées en raison de la diversité des enjeux ou de la variation de configuration des travaux souterrains.

Ces zones figurent sur fond de plan à l'annexe 1.

4 INVESTIGATIONS REALISEES

4.1 RAPPEL DES OBJECTIFS

Ces investigations devaient permettre :

- de réduire l'incertitude de calage des travaux miniers par rapport à la surface dans les secteurs à enjeux ;
- d'apprécier la nature et la qualité géomécanique des terrains de recouvrement de ces exploitations minières ;
- de pouvoir de nouveau accéder à ces travaux miniers, par ouverture de galeries et réalisation de puits de descente, et de pouvoir pérenniser ces accès dans le cadre de surveillances ultérieures ;
- d'établir un nouvel état des lieux géotechnique des travaux miniers, en se focalisant sur les zones où des enjeux de surface sont présents : appréciation de l'état des cavités, des mécanismes d'instabilité observés ou potentiels ;

- de connaître les zones inaccessibles dont l'état ne peut être apprécié que depuis la surface.

4.2 NATURE DES TRAVAUX REALISES

Il a été réalisé les investigations suivantes, qui seront détaillées dans les paragraphes ci-après :

- ouvertures des galeries de niveau B (flanc nord) et I (flanc sud) ;
- réalisation de sondages destructifs et carottés ;
- auscultation des vides rencontrés par caméra et laser ;
- implantation, suivi et valorisation géologique de ces sondages ;
- réalisation de puits de descente et mise en place d'équipements facilitant les évolutions dans les travaux miniers ;
- inspections géotechniques du fond.

4.3 OUVERTURE DES GALERIES DE NIVEAU B ET I

Le niveau B et le niveau I sont les galeries d'infrastructure les plus proches de la surface qui longent en continu, d'ouest en est, les anciennes exploitations minières, respectivement du flanc nord et du flanc sud. Elles débouchent au jour en rive droite de la vallée de l'Orne et assurent l'émergence des eaux du réservoir minier. Ces débouchés se situent sur le territoire des communes de Saint-André-sur-Orne et de May-sur-Orne.

A la fermeture du stockage, ces galeries avaient été obturées par des murs en parpaings creux remplis de béton à plusieurs dizaines de mètres des entrées. L'ouverture de ces galeries par démantèlement partiel de ces murs a été effectuée en mars et avril 2005 par la société ETS ([2] et [3]). Ces travaux ont permis d'assurer un meilleur aérage des travaux, de réaliser une première visite « de faisabilité », et d'effectuer les inspections et faciliter les surveillances ultérieures des quartiers ouest de la mine.



Photographie 1 : mur de béton de la galerie I pour partie démantelé

4.4 REALISATION DE SONDAGES DESTRUCTIFS ET CAROTTES

Les objectifs de ces sondages étaient multiples :

- reconnaître les secteurs souterrains peu profonds et inaccessibles à proximité des enjeux ;
- permettre un meilleur calage fond/jour des travaux souterrains peu profonds accessibles depuis le fond pour diminuer l'incertitude cartographique de la zone d'aléa à proximité des enjeux ;
- déterminer les zones où de nouveaux accès s'avéreraient nécessaires, non seulement dans le cadre de la présente étude mais également pour des inspections et surveillances ultérieures ;
- se munir d'un référentiel géologique (coupe type) à proximité des zones de foration.

La société Francilienne de Forage a ainsi réalisé quatre-vingt neuf sondages, dont quatre-vingt cinq destructifs dans l'optique de recherche de vide et quatre carottés pour établir des coupes géologiques précises. Trente-six sondages destructifs ont rencontré des cavités et ont été équipés (tubage) pour permettre les auscultations vidéo et laser.

Ces forations ont été effectuées en deux phases : la première, sur l'ensemble des zones, en mars 2005 (68 sondages destructifs et 4 carottés), et la seconde, sur des secteurs spécifiques mis en évidence lors de la première campagne d'investigations, en juillet 2005 (17 sondages destructifs).

Les sondages ont été implantés et suivis par le BRGM qui a eu à charge d'en établir une synthèse et de lever les coupes et profils géologiques ([4]). Il est à noter que le calage initial des plans miniers et la qualité de l'implantation ont permis de limiter le nombre de sondages destructifs infructueux (c'est-à-dire ne traversant pas un vide).

Le tableau 1 constitue une synthèse succincte des sondages réalisés par commune et zones d'enjeux. Le plan d'implantation des sondages ayant rencontré du vide, à 1/5 000, sur fond orthophotoplan, est proposé à l'annexe 2. Le détail des investigations peut être consulté sur le tableau de l'annexe 3. Les coupes des quatre sondages carottés sont proposées à l'annexe 4.



Photographie 2 : sondeuse à St Martin de Fontenay

Flanc du synclinal	Commune	Zones d'enjeux GEODERIS	Lieu	Nombre de sondages destructifs de reconnaissance	Nombre de sondages ayant rencontré une cavité et équipés pour l'auscultation	Sondage carotté de référence	Objectif
Nord	Saint-Martin-de-Fontenay	2	Rue du Clos Saint-Joseph	5	3	1	Calage fond/jour des travaux. Evaluation du risque pour les galeries non accessibles
		4, 5	Halle de bricolage, jardin public	7	2		Calage fond/jour des travaux
		6	Champ en bordure d'habitations (entre rue Juno et route d'Harcourt)	1	1		Calage fond/jour des travaux miniers. Appréciation de la faisabilité d'un puits de descente à cet endroit (abandonné)
		7, 8	Route d'Harcourt (RD 562)	1	1		Calage fond/jour des travaux
		9	A proximité de la cheminée Saint-André (parking société ICF)	1	1	1	Recherche de l'ancien accès GEOMINES au puits d'aéragé de Saint-André, pour faisabilité d'une descente à cet endroit
		11	Ancien collège Guy de Maupassant	1	1		Calage fond/jour des travaux
		12,13	Rue du Collège et anciennes maisons de la mine	6	1		Calage fond/jour des travaux
		13, 14, 15	Rue des Jardins et habitations	2	2		Calage fond/jour des travaux
Sous-total flanc Nord				24	12	2	
Sud	May-sur-Orne	17 à 19	Maisons et route de la Mine	11	2	1	Recherche et calage de la galerie des morts-terrains, très peu profonde, au positionnement imprécis et inaccessible depuis le fond
		20, 21	Corps de ferme et dépendances. Habitations connexes. Rue Eugène Figeac	4	3		Recherche et calage de la galerie des morts-terrains, peu profonde, au positionnement imprécis et inaccessible depuis le fond
		22, 23	Champ en bordure d'un nouveau lotissement et d'une jardinerie	7	1		Recherche et calage de la galerie des morts-terrains, au positionnement imprécis et inaccessible depuis le fond
		24	RD 562	4	2		Recherche et calage de la galerie des morts-terrains, peu profonde, au positionnement imprécis et inaccessible depuis le fond
		25, 26	Rue Pasteur, habitations	2	1		Calage fond/jour des travaux
		27 à 29b	Rue Jules Ferry. Nombreux pavillons. Terrain de basket	7	4		Calage fond/jour des travaux. Faisabilité de réalisation d'un puits d'accès
	29 c	Jardin public	2	2	Calage fond/jour des travaux. Auscultation de travaux difficiles d'accès		
	Fontenay-le-Marmion	30	RD 41 B	3	1	1	Calage fond/jour des travaux. Auscultation de travaux difficiles d'accès
		31, 32	Rue du Parc, Rue Léonard Gilles, rue des Coteaux, habitations, ancien commerce	5	2		Calage fond/jour des travaux miniers. Appréciation de la faisabilité d'un puits de descente
		33 à 36	Rue de l'Espérance et habitations	11	3		Calage fond/jour des travaux miniers. Appréciation de la faisabilité d'un puits de descente (abandonné). Recherche de travers-banc
		40	RD 41	2	1		Recherche et calage de la galerie de niveau supérieur, au positionnement imprécis
		41	Bordure de garage	1	1		Recherche et calage de la galerie de niveau supérieur, au positionnement imprécis. Absence de plans miniers détaillés du fond
		44	Hangars	2	1		Recherche et calage de la galerie de niveau supérieur, au positionnement imprécis. Absence de plans miniers détaillés du fond
	Sous-total flanc Sud				61	24	2
TOTAL				85	36	4	

Tableau 1 : sondages réalisés dans le cadre de la convention « May-sur-Orne »

4.5 AUSCULTATION VIDEOSCOPIQUE ET LASER

Les investigations par laser (entreprise Flodim, rapports [5] et [6]) et par caméra vidéo (Inspection Générale des Carrières, rapports [7] et [8]) ont été menées en deux phases à l'issue des deux campagnes de sondages (mars à mai 2005 et août 2005). 22 cavités ont fait l'objet de mesures laser appuyées de photographies et 28 de contrôles vidéoscopiques.

Les images obtenues ont permis de positionner au mieux les puits de descente, et visualiser les secteurs soit inaccessibles, soit difficilement accessibles ou repérables depuis le fond. Pour ces derniers cas, l'imagerie laser permet par ailleurs de connaître avec précision le volume, la direction principale, la hauteur des cavités auscultées.



Photographie 3 : galerie des morts-terrains pour partie remblayée (May-sur-Orne, sondage D02)

Les principaux résultats sont présentés dans les tableaux 2 à 4 suivants proposés par commune. Le détail des investigations peut être consulté sur le tableau de l'annexe 3.

L'annexe 5 présente les coupes, plans et photographies, depuis les sondages, des zones qui n'ont pas été inspectées ultérieurement par le fond :

- Niveau proche de la surface de la rue du Clos Saint Joseph (Saint-Martin-de-Fontenay, Z2), inaccessible depuis le fond ;
- Galerie des morts-terrains inaccessible depuis le fond à May-sur-Orne (propriétés de MM. Philippine, Mourocq, Cancian, nouveau lotissement, RD 562, Z19 à 25) ;
- Extrémité Est du jardin public à May-sur-Orne (accessible mais avec de très grandes difficultés, Z29c) ;
- RD 41b à Fontenay-le-Marmion (accessible mais avec de très grandes difficultés, Z30) ;
- RD 41, garage Citroën et zone de hangars dans le secteur de la Cité Albert Taraud (éloignement des accès, Z40 à 44).

Commune de Saint-Martin-de-Fontenay

N° sondage	Voirie ou lieu	Propriétaire parcelle	Profondeur du toit du vide d'après sondage (m)	Profondeur du mur du vide d'après sondage (m)	Auscultation par	Volume de vide reconnu (m3)	Point le plus haut de la cavité (m)	Point le plus bas de la cavité (m)	Hauteur maximale de vide rencontrée (m)	Distance maximum auscultée (m)	Observations
D21	Champ au Sud-Est de la rue du Clos St Joseph	SCIAD Maître Dagorn AE128	5,80 10,30	8,20 12,80	IGC	100			2,5	14,0	Deux niveaux traversés : - défilage supérieur, ausculté, obstrué au niveau de la bordure de la route, inaccessible depuis le fond ; - deuxième niveau de galerie accessible depuis le fond
D34	Rue du Clos St Joseph, sur voirie	Commune	5,50 10,40 15,50	7,50 13,60 18,00	IGC	120			2,0	21,0	Trois niveaux traversés dont l'inférieur est la galerie de niveau B (sondage identifié depuis le fond) - défilage supérieur ausculté, obstrué au niveau de l'axe de la route. Continuité avec le sondage D21
D37	Champ au Nord-Ouest de la rue du Clos St Joseph	SJUV du Coisel AE2	7,40	8,70	IGC	30			1,8	8,5	Défilage supérieur. Continuité possible mais non visible avec D34 sous la rue. Remblai calcaire Au Nord-Ouest
D22	Aire de stockage derrière le magasin Weldom	Weldom, Fouques AE112	10,30	12,30	FLODIM	91	9,4	12,4	2,7	13,3	Galerie peu large. Le sondage débouche près du parement
D23	Parterre au Nord-Ouest de la rue Juno	Commune AE141	18,00	19,85	IGC	280			3,0	13,0	Galerie de niveau B : rails, tuyau. Sondage identifié depuis le fond
D24	Parcelle non construite au Sud-Est de la rue Juno	Commune AE132	9,60	15,55	FLODIM IGC	551	7,4	16,2	7,8	22,7	Défilage vertical important. Sondage identifié depuis le fond
D25	RD 562	Conseil Général du Calvados	23,70	25,70	IGC	80			2,0	15,0	Descenderie sous le niveau B, pour partie ennoyée (nappe des travaux miniers). Sondage repéré depuis le fond
D26	Parking ICF	ICF Garrido AE88	1,15	2,95	IGC	50			1,8	12,0	Ancien tunnel d'accès au puits d'aération de Saint-André aménagé par GEOMINES. Emplacement choisi pour creusement d'un puits
D27	Cour de l'ancien collège Guy de Maupassant	Commune AI18	20,40	23,80	FLODIM IGC	452	17,4	27,4	6,8	31,0	Défilage vertical. Observation de piliers et planchers intermédiaires. Sondage identifié depuis le fond
D28	Rue du Collège, face au 2	Commune	24,60	26,95	FLODIM IGC	174	18,2	26,9	3,0	33,5	Sondage approfondi traversant la cavité après cinq tentatives infructueuses (profondeur insuffisante). Galerie avec trémie observée. Sondage non identifié au fond
D29	Rue des Jardins	Commune	23,90	25,30	FLODIM IGC	26	23,3	25,8	1,8	6,9	Galerie partiellement remblayée. Présence de câbles. Infiltrations d'eau dans le sondage rendant les auscultations difficiles. Sondage repéré depuis le fond
D30	Rue des Jardins, face aux n° 6 et 8	Commune	23,00	27,30	FLODIM IGC	340	21,2	30,1	7,0	21,8	Galerie avec éboulis ou remblai en direction de l'Est. Sondage identifié depuis le fond

Tableau 2 : auscultations réalisées à Saint-Martin-de-Fontenay (flanc nord)

Commune de May-sur-Orne

N° sondage	Voirie ou lieu	Propriétaire parcelle	Profondeur du toit du vide d'après sondage (m)	Profondeur du mur du vide d'après sondage (m)	Auscultation par	Volume de vide reconnu (m3)	Point le plus haut de la cavité (m)	Point le plus bas de la cavité (m)	Hauteur maximale de vide rencontrée (m)	Distance maximum auscultée (m)	Observations
D36	En bordure est d'un pavillon	Philippine AE264	5,9	6,9	FLODIM IGC	2,3	6,9	4,7	1,0	2,8	Galerie remblayée mais non clavée. Vue limitée du côté de l'habitation
D2	Champ	Mourocq AE 141/207	5,50	6,10	FLODIM	1,4	5,3	6,4	0,7	3,3	Galerie remblayée mais non clavée
D3	Champ contre une grange	Mourocq AE 207	5,85	6,60	FLODIM	10,8	5,1	6,9	1,4	4,9	Galerie pour partie remblayée
D35	Cour intérieure	Cancier AE 173	5,20	5,80	FLODIM IGC	1,9			0,6	4,0	Galerie pour partie remblayée, avec présence d'anciens boisages. Vue limitée du côté de l'habitation. Forte différence de profondeur IGC/FLODIM, données IGC utilisées
D4	Rue Eugène Figeac	Commune	11,50	11,60	FLODIM						Cavité à une profondeur supérieure à la galerie attendue. Auscultation impossible (10 cm d'ouverture)
D40	Champ en friche. Proximité d'une descente de garage	Gardoin AE 290	3,10	4,10	FLODIM	0,4	4,9	2,8	1,3	2,1	Cavité à une profondeur moindre que la galerie attendue. Auscultation impossible. Blocs calcaires observés : remontée de fontis ?
D6	Champ en friche	Gardoin AE 137/300	7,10	7,80	FLODIM	6,6	6,0	8,0	0,8	7,9	Galerie pour partie remblayée avec boisages
D39	RD 562	Conseil Général du Calvados	7,30	7,85	FLODIM IGC	2,8			0,9		Galerie pour partie remblayée, avec présence d'anciens boisages. Vue limitée du côté de la RD562. Forte différence de profondeur IGC/FLODIM, données IGC utilisées
D7	Rue Pasteur	Commune	7,05	9,25	IGC	120			2,5	17,0	Cloison fermant la galerie vers l'ouest. Sondage identifié depuis le fond
D8	Rue Jules Ferry	Commune	9,35	10,20	IGC	100			2,8	10,0	Sondage contre parement galerie, identifié depuis le fond
D9	Rue Jules Ferry	Commune	9,60	11,65	IGC	50			2,0	10,0	Ciel galerie IPN. Sondage identifié depuis le fond
D10	Rue Jules Ferry	Commune	9,90	11,55	IGC	50			2,0	10,0	Ciel galerie IPN. Parements parpaings. Emplacement choisi pour creusement d'un puits
D11	Rue Jules Ferry/Rue Léonard Gilles	Commune	10,00	11,60	FLODIM IGC	398	4,7	25,2	5,8	49,8	Proximité d'un vide important (plancher morts-terrains absent). Matériel divers constaté. Sondage identifié depuis le fond
D12	Jardin public ZE 299	Commune	12,00	13,80	FLODIM IGC	111,9	10,6	14,7	2,6	22,0	Assez mauvais état de la galerie. Sondage identifié depuis le fond
D13	Jardin public ZE 299	Commune	8,35	9,80	FLODIM IGC	43,5	8,0	11,4	1,5	12,0	Cavité dans le calcaire : décollement de toit ? Continuité avec le sondage D12. Sondage non repéré depuis le fond

Commune de Fontenay-le-Marmion

N° sondage	Voirie ou lieu	Propriétaire parcelle	Profondeur du toit du vide d'après sondage (m)	Profondeur du mur du vide d'après sondage (m)	Auscultation par	Volume de vide reconnu (m3)	Point le plus haut de la cavité (m)	Point le plus bas de la cavité (m)	Hauteur maximale de vide rencontrée (m)	Distance maximum auscultée (m)	Observations
D14	Le long de la RD 41b	AA 213/228	16,30	19,10	FLODIM	163,1	15,0	20,1	3,4	18,5	Plaque ciment de surface détériorée. Galerie des MT (contact calcaire). Débouche au niveau du PG 578 fond (relevés GEOMINES)
D15	Aire bétonnée près d'une ancienne supérette	SA Coopérateurs de Normandie-Picardie AK302	10,35	14,60	IGC	200			4,6	14,0	Présence de dépilages supérieurs avec piliers résiduels. Accès aux niveaux inférieurs. Anciens wagonnets. Emplacement choisi pour creusement d'un puits.
D16	Rue Léonard Gilles/Rue des Coteaux	Commune	7,40	9,40	FLODIM IGC	100,5	7,4	13,9	2,9	16,3	Toit du minerai moins profond que D15. dépilage supérieur atteint. Sondage identifié depuis le fond
D17	Parking face au 38/40 rue de l'Espérance	AK 183	12,40	15,10	IGC	225			2,7	17,0	Toit du minerai moins profond que D15. Carrefour dépilage supérieur/TB atteint. Sondage identifié depuis le fond
D33	Allée n°7 rue de l'Espérance	M. Lamour AK180	11,85	13,15	IGC	100			2,5	25,0	Galerie avec trémiss remblayées et boisages. Obstruction (blocs) vers la maison Lamour. Continuité avec D31. Sondage identifié depuis le fond.
D31	Jardin du 5 rue de l'Espérance	AK179	11,10	13,70	IGC	120			3,0	7,0	Sondage identifié depuis le fond

Tableau 3 : auscultations réalisées à May-sur-Orne et Fontenay-le-Marmion (flanc sud)

4.6 NIVELLEMENT ET GEOREFERENCMENT DES SONDAGES

Les sondages destructifs équipés et auscultés, ainsi que les carottés de référence, ont été nivelés (IGN 69) et géoréférencés (Lambert I) par le cabinet de géomètres Lallouet, en juin ([9]) et septembre 2005 ([10]). Les deux entrées de galeries (niveau B et niveau I) ont également été relevées. La précision de ces relevés est meilleure que 10 cm.

4.7 REALISATION DE PUIITS DE DESCENTE ET MISE EN PLACE D'EQUIPEMENTS CONNEXES

Trois puits d'accès aux travaux miniers ont été réalisés par la société ETS (rapports de récolement [11] à [13]) : leur emplacement a été choisi pour permettre, dans le cadre de la présente étude mais également d'inspections ultérieures régulières, un accès facile à des zones souterraines éloignées des débouchés des galeries de niveau I et B.

En raison du caractère assez résistant du calcaire, des avant-trous ont été réalisés au marteau fond de trou en gros diamètre pour déstructurer le terrain. Puis le creusement a été opéré à la benne à câble.

Ces puits busés en fonte, de 1 m de diamètre environ, sont équipés d'échelles en aluminium et de sécurité antichute. La voirie de surface et les accès aux trois ouvrages sont sécurisés par des dalles réductrices et tampons en fonte de type assainissement qui ne peuvent s'ouvrir qu'avec une clé spécifique.



Photographie 4 : tampon de l'accès à Fontenay-le-Marmion

Par ailleurs, certains équipements supplémentaires (mise en place ou remplacement d'échelles, équipement de points d'assurage) ont été réalisés pour accéder à certains niveaux souterrains et faciliter ou sécuriser les inspections.

Enfin, la porte d'accès au niveau I a été remplacée, les gonds étant défectueux. Une grille a été apposée à la porte du niveau B. Les deux accès sont donc équipés de portes solides à ouverture intérieure et de grilles externes, permettant les inspections des quartiers souterrains tout en maintenant un aérage.

Commune	Parcelle ou rue	Sondage de reconnaissance préalable	Caractéristiques de l'ouvrage et équipements connexes.
Saint-Martin-de-Fontenay	AE 88, parking de l'entreprise ICF	D26	Petit puits d'accès à un ancien tunnel aménagé par GEOMINES et menant au puits d'aérage de Saint-André. Profondeur 3 m. Remplacement d'échelles défectueuses dans la colonne du puits d'aérage
May-sur-Orne	Rue Jules Ferry / Rue Léonard Gilles	D11	A proximité d'un ilot. Débouché dans la galerie des morts terrains murée à cet endroit. Profondeur 10 m. Remplacement d'une échelle défectueuse dans une descenderie (Harcourt)
Fontenay-le-Marmion	AK 302, aire bétonnée d'une ancienne supérette (S.A. Coopérateurs de Normandie-Picardie)	D15	Débouché dans la galerie des morts-terrains, irrégulière. Profondeur 10 m. Mise en place d'échelles supplémentaires dans les niveaux intermédiaires.

Tableau 4 : puits d'accès réalisés dans le cadre de la convention « May-sur-Orne »

4.8 INSPECTION GEOTECHNIQUE DES GALERIES : PRECISIONS SUR L'ALEA ET ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS

L'inspection géotechnique des galeries a été effectuée par l'INERIS de septembre à décembre 2005. Des équipes de deux à quatre personnes, sous la responsabilité du même chef de projet, ont investigué les quartiers accessibles, repéré depuis le fond les sondages, noté l'état et l'évolution des travaux souterrains, sur la base des plans établis par GEOMINES. Les passages les plus délicats ont été inspectés avec l'assistance du GRIMP du Calvados.

Rappelons que seuls les travaux sommitaux de la mine, non noyés, ont pu être inspectés. Ils concentrent toutefois la quasi totalité des dégradations susceptibles de provoquer, en surface, des effondrements localisés.

Ces expertises se sont concentrées dans les secteurs où des enjeux de surface étaient présents. Elles ont été opérées avec plus ou moins de difficulté selon les équipements de sécurité nécessaires, la distance par rapport aux accès, le pendage et l'étroitesse des travaux, et les conditions d'aérage.

Pour ces dernières, il a été noté à quelques reprises sur le flanc nord de la mine un léger déficit d'oxygène (18%) et une présence concomitante de dioxyde de carbone (2%). En revanche, aucune trace de méthane n'a été relevée. Les équipes étaient munies de dosimètres radon qui ont confirmé que les concentrations de ce gaz au sein des travaux étaient relativement importantes et qu'il convenait d'en tenir compte pour la cartographie de l'aléa, l'évaluation du risque en surface, mais également pour les inspections et surveillances futures.

Cette inspection a permis de mieux positionner les travaux miniers superficiels et de préciser, en amplitude comme en extension, la zone d'aléas « effondrement localisé » à proximité des enjeux. D'autre part, une analyse globale, et par secteur, des risques résiduels, a été réalisée par l'INERIS.

Des propositions en termes de modalités et priorités des travaux de surveillance ou traitement ont été établies par l'INERIS en concertation avec GEODERIS.

Les travaux de l'INERIS font l'objet du rapport [14] dont le corps et les fiches descriptives par zone d'enjeux (vues en plan, en coupe, principales observations et propositions) sont reproduites aux annexes 6 et 7. Le tableau de synthèse par zone d'enjeux établi par GEODERIS est présenté à l'annexe 8.

Enfin, il a été mis à profit l'accès aux travaux souterrains pour faire réaliser une couverture photographique professionnelle des observations les plus marquantes, à des fins d'utilisation pédagogique ou de communication. Ces photographies ont été assurées par M. Damien BUTAEYE, photographe, géologue et spéléologue ([15]).



*Photographie 5 : débouché du puits dans des anciens dépilages à Fontenay-le-Marmion.
Photographie D. Butaeye.*

5 ANALYSE DES ALEAS, DES RISQUES RESIDUELS ET PROPOSITION DE MESURES

5.1 PRINCIPAUX RESULTATS

Nous invitons le lecteur à consulter le rapport de l'annexe 6 pour plus de détail ou de précision.

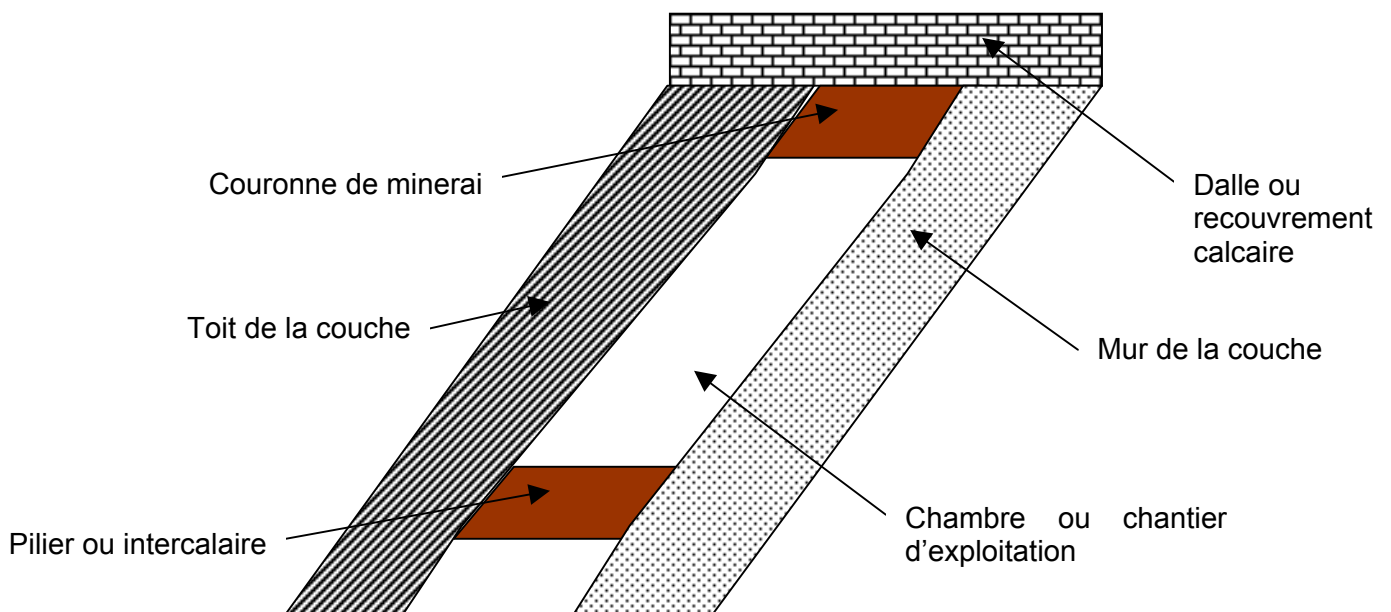


Figure 3 : nomenclature utilisée pour l'expertise géotechnique des travaux

5.1.1 SUR L'ETAT GEOTECHNIQUE DES TRAVAUX SOUTERRAINS PEU PROFONDS ET LES MECANISMES OBSERVES

FLANC NORD

Ont été inspectés sur ce flanc, lorsqu'ils étaient accessibles, le niveau B et les chantiers supérieurs à ce niveau.

Les travaux miniers du flanc nord ont été réalisés dans une couche verticale ou à très fort pendage, de puissance variable, comprise entre 2 et 10 m, et qui se dédouble localement. Ils n'ont été que très peu remblayés.

Le toit et le mur (schistes et grès) de la formation sont, localement, très altérés (avec des matériaux très argilisés observés au mur de l'exploitation à l'extrémité est de Saint-Martin-de-Fontenay – photographie 6). Plusieurs ruptures de ces parements, mentionnées sur les plans GEOMINES, ont effectivement été observées. Leur ampleur est variable : de quelques mètres cubes localement à plusieurs centaines de mètres cubes (Saint-Martin-de-Fontenay, à l'est de la rue des Jardins).



Photographie 6 : glissement de matériau argilisé au mur de la couche (St-Martin-de-Fontenay). Photographie D. Butaeye

Hormis dans cette zone d'éboulement et très localement, la couverture calcaire du Jurassique n'a été que très rarement observée sur ce flanc : les mineurs ont ainsi laissé du minerai en couronne des chambres. Il n'a pas été relevé de signes marquants d'instabilité de ces couronnes et dalles calcaires.

Le minerai laissé en place a été observé sous la forme de piliers horizontaux (qui maintiennent latéralement le toit et le mur de la couche lorsque les chantiers sont verticalement importants), d'intercalaires (minerai laissé entre deux chantiers ou traçages superposés verticalement) et de piliers verticaux (soutien des intercalaires). Ces structures montrent des signes de dégradations plus ou moins développées : fissuration à fracturation des piliers verticaux, éboulements des piliers horizontaux.

Le niveau B repose sur un intercalaire de minerai, d'épaisseur variable (2 à 4 m), régulièrement percé de communications avec les niveaux inférieurs qui sont aujourd'hui noyés. Cet intercalaire est localement dégradé, notamment dans le secteur de l'ancien collège de Saint-Martin-de-Fontenay où l'on observe des percements de cette dalle de minerai.

FLANC SUD

Ont été inspectés sur ce flanc, lorsqu'ils étaient accessibles, le niveau I et les chantiers supérieurs à ce niveau (niveaux supérieurs NS et galerie des morts terrains MT).

Les travaux du flanc sud ont été réalisés dans une couche moins pentée que le flanc nord (pendage 50 à 70°) et d'épaisseur plus constante (de l'ordre de 2 à 5 m). Ils ont atteint l'interface entre le minerai et le recouvrement calcaire du Jurassique (galerie des morts terrains). Un bon nombre de chantiers a été remblayé, avec du calcaire (May-sur-Orne), ou

en récupérant latéralement du matériau en creusant des travers-bancs (Fontenay-le-Marmion). On note d'ailleurs dans ce dernier secteur des travaux beaucoup plus anarchiques que sous May-sur-Orne.

Sur ce flanc l'altération du minerai, du mur et du toit n'a été observée que dans les vingt premiers mètres des travaux sous la dalle jurassique. Le toit et le mur de la couche ont été notés comme étant beaucoup plus dégradés à l'est de la zone investiguée, sous Fontenay-le-Marmion. Par ailleurs, il a été très clairement observé, à May-sur-Orne, , un fléchissement du toit de la couche se traduisant par un décollement « en coin » au contact du calcaire (photographie 7).

La dalle calcaire discordante a pu être aisément identifiée sur une grande partie de la longueur de la galerie des morts terrains visitable. Peu d'indices d'instabilité ou de dégradation ont été observés à May-sur-Orne. En revanche, dans le secteur de Fontenay-le-Marmion, la dalle calcaire présente un état plus médiocre (observation de fracturation et de rupture en voûtes).

Les dégradations des intercalaires et piliers laissés dans le minerai sont beaucoup moins marquées que sur le flanc nord : on note toutefois la rupture d'intercalaires sous la rue Léonard Gilles et sous un terrain de basket à May-sur-Orne.

A noter toutefois que ces chantiers supérieurs sont souvent remblayés et inaccessibles et, par conséquent, n'ont pas été inspectés de manière exhaustive.



*Photographie 7 : décollement du toit de la couche au contact du calcaire (May-sur-Orne).
Photographie D. Butaeye*

5.1.2 SUR L'EVOLUTION ET LES MECANISMES POSSIBLES DES DEGRADATIONS

Bien que de nombreux signes d'évolution des dégradations aient été perçus par rapport à l'état des lieux établi par GEOMINES au début des années 1970, on peut toutefois constater que ces évolutions restent assez limitées, en termes d'importance ou d'intensité. De plus, elles affectent de manière préférentielle les toit et mur de la couche, ainsi que les piliers et intercalaires. Les têtes ou « couronnes » des chantiers, ou la dalle calcaire au toit, ne sont pas ou peu affectées par des dégradations récentes.

Sur le **flanc nord**, la dégradation semblant la plus problématique est liée à la rupture des épontes (toit ou mur) verticales de la couche, localement en mauvais état ou intensément broyées ou argilisées. Ceci peut avoir pour conséquence :

- la perte de confinement des planchers intercalaires ou piliers horizontaux, qui peuvent fléchir puis s'ébouler dans les niveaux inférieurs et augmenter le volume de vide à proximité de la surface ;
- l'augmentation, en partie sommitale des chambres, de la portée de la couronne de minerai ou de la dalle calcaire, jusqu'à ce que celle-ci rompe par traction et qu'une remontée de voûte s'initie en direction de la surface.

Une partie de l'ancien éboulement de 1918, observée à l'extrémité est du bourg de Saint-Martin-de-Fontenay, traduit bien ce mécanisme : les bancs du mur se sont rompus en grand, en glissant dans les niveaux inférieurs ennoyés et en emportant les trois niveaux de galeries supérieurs par rupture des intercalaires. La cavité résiduelle a une hauteur de 12 à 15 m de hauteur pour une portée au toit de la dalle calcaire de même dimension, son volume avoisinant 4000 m³ (photographie 8).

Ce scénario de dégradation est d'autant plus pertinent que les épontes sont fragiles, que la puissance de la couche est importante et que les chantiers ont une extension verticale importante. Ces conditions se retrouvent préférentiellement dans la partie orientale des travaux miniers inspectés.



Photographie 8 : zone de glissement majeur du mur (St-Martin-de-Fontenay). Photographie D. Butaeye

Le caractère incliné, non vertical, des travaux miniers du **flanc sud**, de surcroît de puissance plus limitée, permet d'exclure ce scénario de dégradation. En revanche il peut se produire :

- l'éboulement d'intercalaires ou la rupture des piliers dans les morts terrains ;
- l'éboulement du toit de la couche dans les 20 premiers mètres de profondeur exploités, se propageant parfois jusqu'à la discordance jurassique ;
- la rupture localisée de la dalle calcaire par montée de voûte ;
- le débouillage de remblai dans les chambres, par remobilisation ou rupture des fermetures au niveau des trémies.

5.1.3 SUR LA QUALITE DES TERRAINS DE RECOUVREMENT

Les observations au fond ont permis de constater la relative bonne tenue de la dalle calcaire en partie sommitale des chantiers, hormis dans le secteur de Fontenay-le-Marmion où des remontées de voûte (hors zones d'enjeux) ont été notées.

Les sondages carottés réalisés dans le recouvrement calcaire indiquent plusieurs choses :

- sa discontinuité verticale est importante. En effet, six formations géologiques du Jurassique Inférieur et Moyen se superposent , à forte dominante de calcaire mais avec des passages plus argileux ou sableux. Elles peuvent surmonter localement un reliquat de conglomérats du Trias. Une formation ne dépasse pas six à sept mètres de puissance, et il semble que les bancs calcaires les plus résistants ne dépassent pas le mètre ou quelques mètres d'épaisseur ;
- les variations latérales d'épaisseur de ces formations sont importantes : celle-ci augmente d'ouest en est avec la puissance globale du recouvrement, ce qui semble logique, mais on a pu noter également, par comparaison avec des sondages destructifs, des variations plus locales. Ceci est à conjuguer avec l'assez forte variation verticale constatée du contact entre le minerai et le recouvrement.

Au niveau de la résistance intrinsèque de ces formations calcaires, on peut indiquer que les sondages destructifs les ont traversées avec une faible vitesse d'avancement, la vitesse la plus faible étant généralement notée au toit direct des cavités sur le flanc sud. Cette observation de « résistance » toute relative est tempérée par l'état de fracturation et le RQD relevés sur les sondages carottés, qui peuvent certes être aggravés par la foration, mais qui traduisent tout de même la présence de discontinuités relativement régulières.

Ces observations permettent de penser que le recouvrement est dans un état géomécanique jugé moyen, et qu'il n'est pas exclu qu'un fontis initié au sein des travaux miniers puisse atteindre la surface.

Enfin, point important, l'ensemble des sondages réalisés permet également de constater que les terrains déconsolidés de surface (sols, roches altérées, remblais) ne dépassent pas 3 m d'épaisseur.

5.1.4 SUR L'AMPLITUDE ET L'EXTENSION DE L'ALEA « EFFONDREMENT LOCALISE »

Après les investigations réalisées en 2005, au vu des dégradations souterraines pressenties et de leur possible répercussion en surface, et compte tenu de la faible profondeur des travaux miniers, le niveau de l'aléa dans les zones d'enjeux reconnues reste, **en amplitude**, élevé, localement moyen ou fort. Les tableaux de l'annexe 8 présentent par zone d'enjeux le niveau d'aléa évalué en fonction de critères géométriques, d'état et d'évolutivité des dégradations des travaux souterrains.

L'**extension** en surface de la zone d'aléa a pu être également réévaluée (annexe 9), grâce à une meilleure précision :

- de la position exacte des travaux les plus proches de la surface. La marge d'incertitude associée a donc été ramenée de 10 mètres (2004) à 2 mètres ;
- de l'épaisseur des terrains déconsolidés en surface. L'observation sur les sondages de terrains déconsolidés superficiels ne dépassant pas 3 m d'épaisseur, et la prise en

compte d'une marge de sécurité, nous conduit à évaluer cette épaisseur à 5 mètres (10 m en 2004).

Les autres paramètres de l'étude d'aléas (largeur des chantiers, zone de rupture potentielle du toit sur le flanc sud, épaisseur du recouvrement calcaire) ont été gardés car corroborés par les investigations.

Ces modifications engendrent une zone d'aléa de largeur 20 à 25 m sur le flanc nord, et 25 à 30 m sur le flanc sud.

Nous signalons par ailleurs, sur la commune de Fontenay-le-Marmion, depuis le secteur de la Hogue jusqu'au centre du bourg, un décalage important vers le Sud (de l'ordre d'une vingtaine de mètres au bourg) du plan de mine avec la réalité (notamment les relevés des géomètres de GEOMINES, corroborés par les sondages et investigations récents). Cela traduit probablement des erreurs de relevé ou de dessin des techniciens du temps de la mine, dans un secteur il est vrai très tortueux (les variations de pendage sont importantes sous le bourg), fortement dégradé (secteur de la Hogue) et d'exploitation ancienne. Du fait de ce décalage, la nouvelle zone d'aléa déborde légèrement de l'ancienne, vers le Nord.

Enfin, les investigations réalisées montrent que le toit et le mur de la couche exploitée sont plus altérés lorsque l'on progresse vers l'est du gisement. Ceci nous a conduit à modifier la cartographie 2004 de l'aléa pour la terminaison orientale du flanc nord, en prolongeant l'actuelle zone d'aléa faible vers l'est (annexe 9).

5.1.5 SUR LE RISQUE POUR LES BIENS ET PERSONNES ET LES MESURES POSSIBLES DE PREVENTION OU DE PROTECTION

Les investigations complémentaires ont permis de réévaluer la zone d'aléas à proximité des enjeux, dans le sens d'une réduction de son extension. Ainsi bon nombre d'habitations, notamment sur le flanc sud, ne sont plus incluses dans cette zone : tout risque est donc écarté pour celles-ci.

Certaines d'entre elles, notamment à May-sur-Orne, restent toutefois dans le périmètre de l'aléa « affaissement », phénomène dont les effets potentiels peuvent être des dommages légers aux bâtiments et qui ne constitue pas une source de risque pour les personnes.

Pour les enjeux (habitations, infrastructures) restant dans la zone d'aléa « effondrement localisé », les études complémentaires menées permettent de conclure qu'il n'existe pas de danger imminent, mais que le risque pour les biens et personnes subsiste, pour les raisons évoquées aux paragraphes précédents (travaux souterrains à faible profondeur, localement dégradés, instabilités localement évolutives, recouvrement d'état mécanique jugé moyen).

Les tableaux suivants représentent un organigramme de principe et les critères permettant d'apprécier le risque et de proposer des mesures de surveillance ou de traitement.

L'étude de risque du bassin de May-sur-Orne nous conduit à recommander d'une manière générale des mesures de surveillance. Des traitements localisés sont recommandés : ils sont présentés par commune au chapitre 5.2.

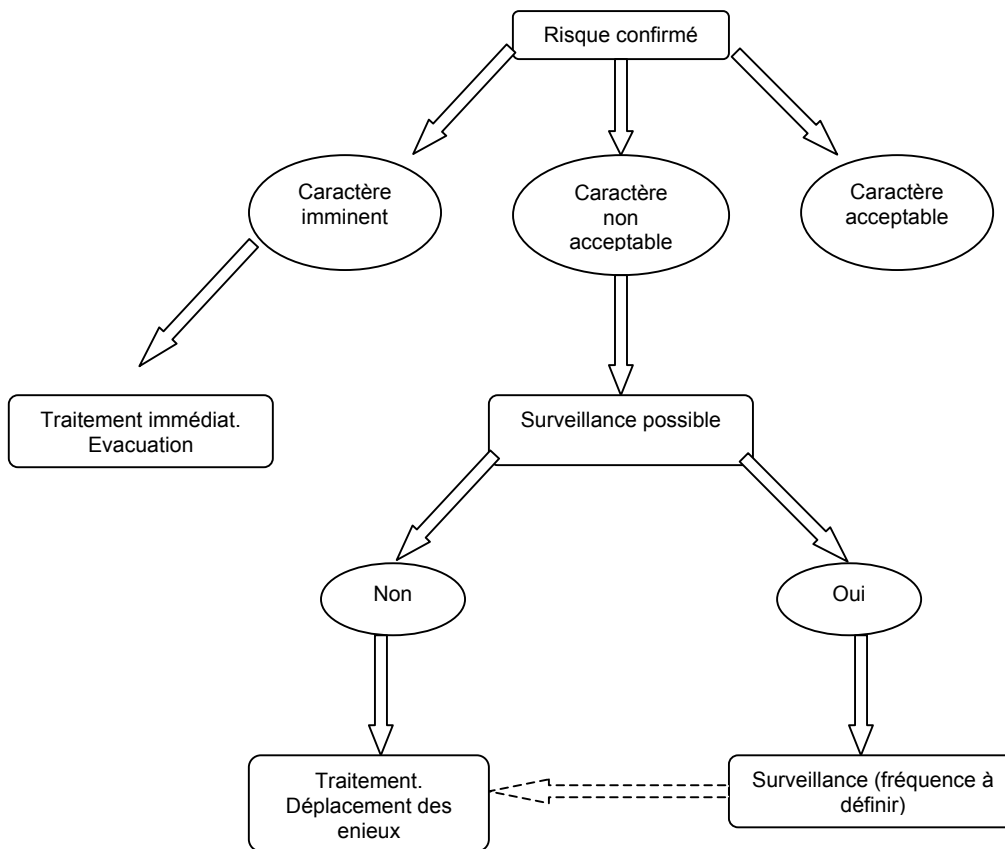


Tableau 5 : organigramme de principe de la gestion du risque

Risque	Critères d'évaluation et mesures proposées			
<i>Imminent</i>	<i>Aléa de niveau fort confirmé par l'étude de risque</i>	<i>Evolution soudaine probable vers la surface</i>	<i>Toute zone</i>	<i>Evacuation des enjeux. Traitement immédiat</i>
Non acceptable	Aléa de niveau moyen ou fort confirmé par l'étude de risque	Evolution rapide possible vers la surface	Zone inaccessible ou de surveillance difficile	Traitement conseillé ou déplacement des enjeux
		Evolution plus lente vers la surface	Toute zone accessible ou surveillable	Surveillance : fréquence semestrielle ou annuelle selon les enjeux, réévaluée à la fin de chaque intervention
Acceptable	Aléa de niveau faible : porté à connaissance			

En italique : cas de figure absent à May-sur-Orne

Tableau 6 : précisions sur les niveaux de risque

5.1.6 REMARQUES SUR LES TRAVAUX DE TRAITEMENT

Les traitements proposés sont principalement des travaux de remblayage des vides, présentant plus ou moins de difficulté selon les accès à la surface et au fond et le mode de confinement du matériau mis en place. Le tableau de l'annexe 8 indique des ordres de grandeur de volumes à combler. On peut considérer pour mémoire un coût de remblaiement de l'ordre de 100 euros H.T. par mètre cube, hors amenée - repli et dispositions spécifiques (coffrages, murs, dégagement et préservation des accès) qui augmentent rapidement le prix des travaux. Bien entendu, plus le volume augmente et plus le prix unitaire du matériau diminue. Nous invitons le lecteur à consulter le rapport de l'annexe 6 pour plus de détail.

5.1.7 REMARQUES SUR LES SURVEILLANCES ULTERIEURES

Les mesures proposées concernent principalement des actions de surveillance, surtout visuelles à intervalles de temps réguliers, avec éventuellement quelques instrumentations spécifiques. La fréquence proposée est de l'ordre de l'année, resserrée au semestre lorsque les vides sont dégradés et évolutifs, à faible profondeur sous des enjeux de type habitation, ou en attente de travaux de traitement.

Les travaux de mise en sécurité réalisés doivent permettre de pouvoir conserver des accès dans ces zones de surveillance.

Par ailleurs les galeries principales (niveau I et B) doivent régulièrement être inspectées pour observer l'état de dégradation des trémies (elles sont assez dégradées sur le flanc sud), l'encombrement de ces galeries et notamment les obstacles à un bon écoulement des eaux.

5.2 ÉVALUATION DU RISQUE ET PROPOSITION DE MESURES, PAR COMMUNE

Les fiches de l'annexe 7 permettent sur une seule planche de situer les travaux miniers les plus superficiels sur orthophoto de surface, sur extrait de fond de plan GEOMINES « dans la couche », et au moyen d'une coupe verticale et transversale schématique. Les principaux éléments sur la configuration et l'état des travaux miniers, ainsi que les mesures proposées, sont également présentés. Le présent chapitre décline les principales mesures recommandées, par commune.

5.2.1 COMMUNE DE SAINT-ANDRE-SUR-ORNE (FLANC NORD)

La commune de Saint-André-sur-Orne n'est concernée que par trois secteurs d'enjeux :

- le passage de la rue du Minerai au-dessus du niveau B (plan de mine probablement erroné car aucun passage trouvé au fond) et de l'accès depuis le jour jusqu'à celui-ci (Z01) ;
- le parking de l'espace Coisel (Z1a, Z1b);
- la voie d'accès à l'espace Coisel (Z1b)

Nous recommandons, pour cette commune :

- d'inspecter régulièrement l'accès sous la rue ;
- de vérifier l'absence de galeries de subsurface sous la voie d'accès à l'espace Coisel (le très faible trafic ne rend pas cette action prioritaire) ;

- de confirmer l'absence du niveau B sous la rue du Minerai (il est peu probable qu'une galerie soit présente dans ce secteur).

5.2.2 COMMUNE DE SAINT-MARTIN-DE-FONTENAY (FLANC NORD)

La réévaluation de l'extension de la zone d'aléa «effondrement localisé » permet d'extraire cinq habitations, ainsi que des pavillons accolés, des zones à risque.

Le risque le plus important concerne un pavillon au 53, route d'Harcourt (Z6). Celui-ci est sis au droit de chantiers verticaux d'assez fort volume et dont la couronne est à la profondeur de 8,50 m. Ces paramètres conduisent à recommander un traitement de la zone, et une surveillance resserrée avant les travaux. L'agencement complexe des vides et l'existence de nombreuses trémies reliant le niveau B rendent assez difficile le traitement à réaliser : il s'agirait de combler ces chambres avec du matériau qui pourrait être bloqué par des coffrages ou murs d'arrêt réalisés depuis le fond. La tenue de l'intercalaire séparant les niveaux inférieurs est une inconnue et il conviendra de la caractériser si des travaux au fond sont réalisés. Enfin une alternative par renforcement des terrains de surface peut être envisagée, mais elle est également complexe. Il est recommandé de réaliser une étude de faisabilité du traitement de cette zone dans les meilleurs délais.

Nous recommandons également comme étant à traiter la galerie très peu profonde (5,50 m) sise sous la rue du clos Saint-Joseph (Z2), qui a été interdite aux poids lourds de plus de 3,5 tonnes dès la détection de ce vide.

L'état de dégradation du mur de la couche augmente globalement lorsqu'on progresse vers l'Est de la commune. La manifestation la plus importante de cette dégradation est une cavité très importante (de l'ordre de 4000 m³) détectée sous les habitations accolées de la rue des Jardins (Z15a). Le toit calcaire ne montre pas de signe d'altération récent, ce qui conduit à considérer que le traitement n'est pas de première priorité. En revanche, l'accès très difficile, l'importance du volume, les communications avec les niveaux inférieurs et la présence d'eau rendent extrêmement complexes les travaux de mise en sécurité.

L'importance de ce vide nécessite une surveillance renforcée. Ceci est également valable pour les zones de dégradation observées sous la rue de la Mine, la rue des Jardins, et les pavillons attenants (zones Z10b, Z13b, Z14).

L'habitation du 16 avenue Léonard Gilles (Z15b) est située sur la couche sud du minerai qui se dédouble à cet endroit. D'après les plans miniers, des dégradations similaires à la branche nord existent. Malheureusement, les géotechniciens de l'INERIS n'ont pu passer une zone dangereuse et accéder à ce secteur. Nous recommandons donc une étude spécifique de ce secteur par sondage et auscultation.

Nous recommandons également pour cette commune d'inspecter régulièrement la quasi totalité de ce niveau B en zone urbanisée, et notamment la zone de travaux peu profonds sous le jardin d'une propriété privée (5, rue du Clos Saint Joseph, Z3).

5.2.3 COMMUNE DE MAY-SUR-ORNE (FLANC SUD)

La réévaluation de l'extension de la zone d'aléa «effondrement localisé » permet d'extraire vingt-sept habitations des zones à risque.

Les travaux miniers inspectables sont globalement moins dégradés que sur le flanc nord et à Fontenay-le-Marmion.

Nous recommandons de traiter les secteurs des morts terrains non accessibles et difficilement surveillables, où des vides résiduels, plus ou moins remblayés, subsistent à très faible profondeur (moins de 10 m, localement 5 m) sous des habitations. Les zones concernées sont les habitations de la rue de la Mine et la rue Eugène Figeac (Z19 : M. Philippine, Z20b : M. Cancian) et un pavillon route d'Harcourt (Z25 : M. Bœuf, près de la RD 562). Les travaux pourraient consister en un simple comblement des vides résiduels avec du matériau suffisamment visqueux pour qu'il ne migre pas dans les travaux inférieurs. Les difficultés sont inhérentes à la présence des habitations et à l'exiguïté des parcelles où ces travaux seraient entrepris.

Une surveillance renforcée – éventuellement une instrumentation, est proposée en zone Z27 (jardins de pavillons entre la rue Pasteur et la rue Jules Ferry) où un décollement du toit a été observé.

Enfin, sous la RD 562, les plans de mine indiquent « une zone de remblais suspendus » à faible profondeur sous la voirie, en deçà des morts-terrains. Le seul accès possible vient d'être équipé par la société ETS (pose d'une échelle) mais ce secteur n'a pas été inspecté et devra l'être dans les mois qui viennent. En fonction de l'état et de la tenue de ces remblais suspendus, des traitements pourront être entrepris.

Nous recommandons également :

- d'inspecter régulièrement les morts-terrains visitables (Z25 à Z29 – secteurs rue Pasteur et Jules Ferry) ;
- de confirmer l'absence de vides peu profonds sous certaines habitations (Z17 rue de la Mine, Z25 - ancienne descenderie Salerno) ;
- d'apprécier l'état des vides dans des secteurs de moindre enjeu (entrepôt Z16b, jardinerie Z23) ;
- d'ausculter régulièrement les secteurs non ou difficilement accessibles, depuis les sondages existants (Z20a sous une grange rue de la Mine, Z29 dans le jardin public) ;
- de combler l'ancien puits d'Harcourt (Z29a).

5.2.4 COMMUNE DE FONTENAY-LE-MARMION (FLANC SUD)

La réévaluation de l'extension de la zone d'aléa «effondrement localisé » permet d'extraire dix habitations des zones à risque. En revanche, du fait du décalage vers le Nord des travaux miniers, une habitation entre dans la nouvelle zone d'aléa (Z36, rue de l'Espérance).

Les travaux miniers des morts-terrains sous le bourg sont peu profonds (5 à 15 m). Ils sont accessibles et donc inspectables, mais apparaissent plus dégradés et anarchiques qu'à May-sur-Orne. Ils imposent donc un niveau de vigilance accrue, sans pour autant que des travaux s'avèrent nécessaires à court terme.

Le seul traitement recommandé est le remblayage d'une très ancienne cheminée en mauvais état débouchant près du pignon nord-est d'une Supérette (Z31, rue du Parc).

Une surveillance renforcée est recommandée dans les travaux des morts-terrains, de la zone Z31 (rue du Parc, rue Léonard Gilles) à la zone Z36 (jardins privés entre la rue de l'Espérance et la rue de la Libération). Si un caractère évolutif est détecté lors de ces

inspections, du fait de la faible profondeur des cavités, des traitements devront être réalisés au cas par cas.

Les autres mesures sont les suivantes :

- auscultation régulière sous les RD 41 et RD 41b par les sondages existants (Z30, Z40) ;
- inspection et surveillance de la galerie de niveau supérieur à partir du puits de Rocquancourt (Z41 : garage à Z44 : hangars).

6 BIBLIOGRAPHIE

- [1] Bassin minier de May-sur-Orne. Concessions de Bully, Maltot, May-sur-Orne et Saint-André-sur-Orne (Calvados). Etude préliminaire à la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques Miniers (PPRM). Cartographie de l'aléa « mouvement de terrain ». Rapport GEODERIS 4BNO2600-R02-CF, 14 juin 2004.
- [2] Saint-André-sur-Orne. Mine de fer. Niveau B, ouverture de galerie. Rapport ETS 2005/440, avril 2005.
- [3] May-sur-Orne. Mine de fer. Niveau I, ouverture de galerie. Rapport ETS 2005/440, avril 2005.
- [4] Sondages de reconnaissance sur les galeries du synclinal ferrifère de May-sur-Orne (Calvados). Rapport final. BRGM/RP-53854-FR.
- [5] Campagne laser-image avril 2005. Rapports 05-214 à 05-225. Flodim, avril 2005 (deux volumes).
- [6] Campagne laser septembre 2005. Rapports 05-338 à 05-342. Flodim, septembre 2005.
- [7] Vidéo en sondage. Fontenay-le-Marmion, May-sur-Orne, Saint-Martin-de-Fontenay (Calvados). IGC, non référencé, juin 2005.
- [8] Vidéo en sondage. Fontenay-le-Marmion, May-sur-Orne, Saint-Martin-de-Fontenay (Calvados). IGC, non référencé, septembre 2005.
- [9] Levé topographique de sondages. Rapport de levé. Cabinet Lallouet, dossier n° 10969, juin 2005.
- [10] Levé topographique de sondages. Rapport des mesures. Cabinet Lallouet, dossier n° 10969A, septembre 2005.
- [11] Saint-Martin-de-Fontenay. Puits d'accès sur tunnel béton, SD 26. Dossier de récolement. Rapport ETS 2005/467, septembre 2005.
- [12] Fontenay-le-Marmion. Puits d'accès sur galerie, SD 15. Dossier de récolement. Rapport ETS 2005/467 (2), septembre 2005.
- [13] May-sur-Orne. Puits rue Léonard Gilles, SD 10. Dossier de récolement. Rapport ETS 2005/467 (3), septembre 2005.
- [14] Bassin ferrifère de Normandie. Convention May-sur-Orne (Calvados). Inspection géotechnique des galeries de niveau supérieur. Rapport INERIS-DRS-06-68230/R01, mars 2006.
- [15] Photos Fontenay-le-Marmion, May-sur-Orne, Saint-André-sur-Orne. Mars 2006. Damien BUTAEYE. 3CD-ROM. Photos haute et moyenne résolution, formats bmp et jpg.