

Antenne EST
1 Rue Claude Chappe
BP 25198
57075 METZ CEDEX 3
Tél : +33 (0)3 87 17 36 75
Fax : +33 (0)3 87 17 36 89

BASSIN FERRIFERE DE L'AVESNOIS (59)

ETUDE DES ALEAS MINIERS

COMMUNE DE WALLERS-EN-FAGNE

RAPPORT E2012/191DE – 12NPC3600

06/12/2012

**Rapport adapté du rapport GEODERIS 2011-031DE
pour la commune de Wallers-en-Fagne**

BASSIN FERRIFERE DE L'AVESNOIS (59)

ETUDE DES ALEAS MINIERES

COMMUNE DE WALLERS-EN-FAGNE



RAPPORT E2012/191DE – 12NPC3600
06/12/2012

**Rapport adapté du rapport GEODERIS 2011-031DE
pour la commune de Wallers-en-Fagne**

Diffusion :

Pôle Après-mine Est
GEODERIS

P. HANOCQ (5 ex + CD)
C. FRANCK
J. LE GOFF

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	J. LE GOFF	C. FRANCK	
Visa			

SOMMAIRE

1	OBJET ET CONTEXTE	5
2	METHODOLOGIE	5
3	SITUATION ET DESCRIPTION DES TRAVAUX	5
3.1	CONTEXTE	5
3.2	EXPLOITATIONS MINIERES	6
3.3	OUVRAGES DEBOUCHANT EN SURFACE ET DESORDRES CONNUS	11
3.4	TERRILS	11
3.5	ELEMENTS RELATIFS AU GAZ DE MINE	11
3.6	CARTOGRAPHIE ET INCERTITUDES DE POSITIONNEMENT	12
3.7	ALEAS RETENUS	12
4	EVALUATION DES ALEAS « MOUVEMENTS DE TERRAIN »	13
4.1	DEFINITION DE CONFIGURATIONS-TYPE POUR LES TRAVAUX	13
4.2	ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN LIE AUX TRAVAUX SOUTERRAINS	13
4.2.1	<i>Effondrement localisé lié aux puits</i>	13
4.2.2	<i>Effondrement localisé au droit de galeries ou descenderies isolées</i>	14
4.2.3	<i>Effondrement localisé lié aux travaux miniers souterrains</i>	15
4.2.4	<i>Effondrement localisé à proximité d'affleurements</i>	18
4.2.5	<i>Tassement à l'aplomb de galeries</i>	18
4.2.6	<i>Tassement au-dessus de travaux souterrains</i>	19
4.3	ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN ASSOCIE AUX TERRILS	20
4.4	ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN LIE AUX EXPLOITATIONS A CIEL OUVERT	20
5	CARTOGRAPHIE DES ALEAS MINIERES RETENUS	21
5.1	CARTOGRAPHIE DE L'ALEA EFFONDREMENT LOCALISE	21
5.1.1	<i>Effondrement de la tête de puits</i>	21
5.1.2	<i>Effondrement localisé à l'aplomb d'une galerie</i>	22
5.1.3	<i>Effondrement localisé à l'aplomb de travaux d'exploitation</i>	23
5.1.4	<i>Effondrement localisé à proximité d'affleurements</i>	23
5.2	CARTOGRAPHIE DE L'ALEA TASSEMENT	24
5.2.1	<i>Tassement au droit de galeries isolées</i>	24
5.2.2	<i>Tassement au droit de travaux souterrains</i>	24
5.2.3	<i>Tassement au droit des terrils</i>	24
5.2.4	<i>Tassement au droit des exploitations à ciel ouvert</i>	24
6	SYNTHESE DES ALEAS POUR LES MINES DE FER DE L'AVESNOIS	25
7	BIBLIOGRAPHIE	26
8	ANNEXES	26
1	LES TASSEMENTS	36
1.1	DEFINITION ET EFFETS	36
1.2	MECANISMES OU SCENARIOS INITIATEURS	36
2	LES AFFAISSEMENTS PROGRESSIFS	36
2.1	DEFINITION ET EFFETS	36

2.2	MECANISMES OU SCENARIOS INITIATEURS.....	37
3	LES EFFONDREMENTS LOCALISES.....	38
3.1	DEFINITION ET EFFETS.....	38
3.2	MECANISMES OU SCENARIOS INITIATEURS.....	38
4	LES GLISSEMENTS OU MOUVEMENTS DE PENTE	40
4.1	DEFINITION ET EFFETS.....	40
4.2	MECANISMES OU SCENARIOS INITIATEURS.....	40
5	LE DEGAGEMENT DE GAZ DE MINE	40
5.1	DEFINITION ET EFFETS.....	40
5.2	MECANISMES OU SCENARIOS INITIATEURS.....	42
6	DEFINITION DE L’ALEA	44
7	QUALIFICATION DES CLASSES D’ALEA	44
8	L’ALEA « TASSEMENT »	45
8.1	QUALIFICATION DE L’INTENSITE	45
8.2	QUALIFICATION DE LA PREDISPOSITION	45
9	L’ALEA « EFFONDREMENT LOCALISE ».....	45
9.1	QUALIFICATION DE L’INTENSITE	45
9.2	QUALIFICATION DE LA PREDISPOSITION	46

Mots clés : Fer, phase informative, aléa, puits, terrils, Nord Pas-de-Calais, Avesnois

1 Objet et contexte

A la demande de la DREAL du Nord Pas-de-Calais et conformément au programme technique de GEODERIS, l'étude des aléas miniers sur les concessions de fer de la région de l'Avesnois a été menée. Pour ce faire, GEODERIS a sollicité l'INERIS afin de réaliser la phase informative [1]. En s'appuyant sur l'étude réalisée par l'INERIS [1] et par celle, plus ancienne, du BRGM [3], GEODERIS synthétise dans ce document les principales caractéristiques des mines de fer de l'Avesnois et définit les aléas miniers retenus.

2 Méthodologie

La démarche mise en œuvre s'inspire du Guide méthodologique d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers élaboré en 2006 [2].

Afin de rassembler les informations relatives à ces exploitations, les Archives Départementales à Lille et les Archives Nationales à Paris ont été consultées les 19 et 28 juin 2006. Les fonds retrouvés sont constitués majoritairement par des lettres et des rapports d'Ingénieur des Mines ou des Travaux Public de l'Etat. Ils conservent surtout la monographie de 1871 de A. Meugy [4].

Les documents du Service de l'Inspection des Carrières Souterraines ont également été consultés à Douai, le 27 juillet 2006.

Les autres structures habituellement interrogées dans la région Nord-Pas de Calais, le Centre de Ressources documentaires du Centre Historique Minier de Lewarde ainsi que le Centre des archives du monde du travail à Roubaix, ne disposent d'aucune information sur ces exploitations.

La phase informative s'est appuyée principalement sur la monographie d'A. Meugy décrivant l'intégralité des secteurs ayant été exploités jusqu'en 1851, soit sur un total de 57 communes [4]. Cette étude est la seule source d'information synthétique et précise disponible sur la Mine Jaune.

Quant au rapport réalisé par le BRGM, en octobre 1997, à la demande de la DRIRE Nord Pas-de-Calais [3], il a servi de référence pour les 11 communes étudiées à l'époque, soit Boussois, Damousies, Féron, Ferrière-la-petite, Fourmies, Glagéon, Ohain, Roussies, Sars-Poterie, Trélon et Wallers-en-Fagne. Ce territoire recouvre notamment l'intégralité de la zone occupée par les exploitations de la Mine Rouge. L'objectif de cette étude était de rechercher les informations et ouvrages miniers présents sur ces communes et de proposer, le cas échéant, des mises en sécurité si nécessaire.

3 Situation et description des travaux

3.1 Contexte

Les exploitations de fer du département du Nord (59) se localisent dans l'Avesnois, entre les agglomérations de Maubeuge au nord et de Fourmies au sud. Elles occupent le territoire d'une

soixantaine de communes. La liste des communes est fournie en annexe 3. On notera que les recherches dans les archives ont permis d'identifier une vingtaine de déclarations de travaux réalisées entre 1851 et 1862, sans autre information (localisation précise, travaux effectués...).

Les principaux gîtes se trouvent au sud de la rivière Sambre, excepté quelques-uns sur la rive gauche de la rivière en aval de Maubeuge. Le territoire est majoritairement occupé par des terrains agricoles et de grandes forêts, caractérisé par un habitat dispersé, excepté quelques villages. Les principales agglomérations se localisent le long de la Sambre.

Deux types de minerai de fer sont exploités dans la région de l'Avesnois :

- le minerai Couvinien ou Mine Rouge : réparti en couches régulières, orientées est-ouest, pentées entre 45° et 65° vers le Nord, il n'est connu qu'au sud-ouest du Massif des Ardennes. L'épaisseur moyenne de la couche principale exploitée est de 2,5 m ;
- le minerai d'alluvions ou Mine Jaune : il se trouve sous forme d'amas cunéiformes et allongés (dans les zones de contact entre calcaire et formations schisteuses) ou de pseudo-couches.

Les recouvrements varient principalement de 5 à 15 m d'épaisseur, de nature argileuse, sableuse ou limoneuse. Il faut noter l'absence de banc raide et le peu de cohérence générale des terrains de recouvrement.

Depuis la fin des exploitations en 1880, la situation hydrogéologique est considérée comme stabilisée. Compte tenu de la topographie et des observations de terrains, on peut estimer que l'ensemble des travaux est noyé.

3.2 Exploitations minières

Si la date du début des travaux est inconnue (antérieure à 1733), leur arrêt définitif se situe autour des années 1880. 62 communes des arrondissements de Maubeuge et Avesnes sont concernées par des exploitations où les travaux ont été significatifs.

Le minerai d'alluvions (Mine Jaune) était sous le régime des minières (pas de concessions, cf. extrait de la loi de 1810 en annexe 2). Seules 6 concessions concernent la Mine Rouge (cf. Tableau 1). 250 à 300 amas de Mine Jaune, plus ou moins irréguliers, ont été exploités à ciel ouvert ou en souterrain.

L'ensemble des travaux souterrains, en Mine Rouge comme en Mine Jaune, est considéré à moins de 50 m de profondeur. Les caractéristiques des exploitations de fer dans l'Avesnois sont synthétisées dans le Tableau 2.

Par les enquêtes menées par l'INERIS lors de sa phase informative (entretien avec le maire, un responsable des archives communales ou un féru d'histoire locale), sans garantir l'exhaustivité des témoignages, il reste indéniable que les réactions sont identiques et mettent en exergue notamment :

- la méconnaissance de l'existence de ces exploitations sur la majorité des communes ;
- l'absence de vestige connu ;
- l'absence de désordres d'origine minière sur les amas de la Mine Jaune.

La convergence des témoignages semble confirmer d'une part, le peu d'ampleur de ces exploitations et, d'autre part, l'absence de trace sur le terrain.

Une description plus exhaustive des travaux miniers est fournie dans le rapport de phase informative réalisé par l'INERIS et disponible en annexe 5.

Concession	Surface (ha)	Concessionnaire	Attribution	Déchéance	Renonciation	Arrêt des travaux	Communes concernées
Trélon-Ohain	1600	Comte de Mérode	décret du 19/04/1811	-	-	1880	Trélon Ohain Wallers-en-Fagne
Glagéon	275	M. Leroy et Mme Veuve Hufty puis cession aux forges de Sougland	Ordonnance royale du 19/04/1825	03/12/1929 (Sougland)	20/02/1962	1877	Glagéon
Féron	250	M. Leroy et Mme Veuve Hufty puis cession aux forges de Sougland	Ordonnance royale du 25/10/1825	03/12/1929 (Sougland)	20/02/1962	Date d'arrêt inconnue	Féron
Fourmies	275	M. Leroy et Mme Veuve Hufty puis cession aux forges de Sougland	Ordonnance royale du 25/07/1827	03/12/1929 (Sougland)	01/02/1962	Mine Jaune jusqu'en 1860	Fourmies
Pizons	123	M. Hanoir, Serret, Pillon et Cie, Hauts fourneaux du Nord Senelle-Maubeuge	Ordonnance royale du 12/10/1841	-	01/05/1906	Date d'arrêt inconnue	Wignehies Fourmies
Wignehies	268	Société Denain Anzin	décret du 13/06/1866	-	06/01/1902	Aucun travaux connus	Wignehies

Tableau 1 : Situation administrative des concessions de fer dans le département du Nord

Minerai	Concessions ou minières	Forme	Pendage	Nature des travaux	Profondeur des travaux	Dimensions des vides	Nombre de puits	Longueur des galeries autour des puits	Diamètre moyen des puits	Traitement	Remarques	Source des données
Mine Jaune	minières	amas	subhorizontal	ciel ouvert	0 à 20 m	ouverture de 10-15 m	–	–	–	aucun	souvent remplies d'eau	
Mine Jaune	minières	amas	subhorizontal	souterrain, tranches montantes remblayées	3 à 50 m	galeries de 1 m de largeur	des centaines (puits distants de 20 m chacun)	10 m	1 m	puits probablement remblayés		
Mine Rouge	Trélon-Ohain Glagéon Féron Fourmies Pizons Wignehies	stratiforme	45° à 68°	souterrain, tranches montantes remblayées (gradins renversés)	30 à 60 m	galeries de 1,5 à 2 m de hauteur et 1,5 m de largeur, épaisseur moyenne de couche = 2,5 m	puits espacés de 120 à 200 m	60 à 100 m (en direction de la couche)	2 à 2,5 m	puits probablement remblayés		
Mine Rouge	Trélon-Ohain	couche	45° à 68°		45 m max	galeries de 1,5 m ² de section et 1 galerie d'exhaure de 1,2 m ² de section	17	40 à 45 m	rectangulaire 2 x 1,5 m	puits probablement remblayés	1 galerie débouche en surface, eau de couleur rouge	plan de 1851
Mine Rouge et Mine Jaune	Glagéon	plusieurs couches	45° à 68°	souterrain, tranches montantes remblayées (gradins renversés)	60 m max		23 en 1824 dont 4 en Mine Rouge (affleurement), 2 en 1850		2 à 2,5 m	puits probablement remblayés		plan de 1824
Mine Jaune (et Mine Rouge?)	Fourmies	plusieurs couches	45° à 68°	souterrain, tranches montantes remblayées (gradins renversés)	15 m max		une dizaine en 1829		2 à 2,5 m	puits probablement remblayés		plan de 1829

Minerai	Concessions ou minières	Forme	Pendage	Nature des travaux	Profondeur des travaux	Dimensions des vides	Nombre de puits	Longueur des galeries autour des puits	Diamètre moyen des puits	Traitement	Remarques	Source des données
Mine rouge	Pizons	couche	45° à 68°	souterrain, tranches montantes remblayées (gradins renversés)	30 à 60 m		2 en 1842		2 à 2,5 m	puits probablement remblayés	travaux très limités et à l'affleurement	pas de plans
Mine rouge et Mine Jaune	Féron	3 veines jaunes et 1 veine rouge	45° à 68°				pas de puits connus				travaux très limités s'ils existent	plan de 1824

Tableau 2 : Caractéristiques des exploitations de fer dans le département du Nord

3.3 Ouvrages débouchant en surface et désordres connus

Très peu d'ouvrages débouchant en surface (puits ou entrées de galerie) ont été localisés sur le terrain (par un fontis ou une cuvette). En particulier, seules 6 galeries d'exhaure sur les communes de Marpent, Saint-Aubin et Glagéon sont repérées sur la carte informative (dont 4 ont été observées sur le terrain). Les caractéristiques des puits recensés lors de la phase informative (dans les documents d'archives) sont synthétisées dans le tableau suivant.

	Concession	Nombre de puits	Caractéristiques maximales	Profondeur maximale évoquée	Longueur maximale des galeries autour des puits	Traitement
Mine Rouge	Trélon-Ohain	17	2 à 2,5 m de diamètre distants de 120 à 200 m chacun	45 m	60 à 100 m en direction de la couche	Remblayés a priori
	Glagéon	5 en 1824		60 m		
	Fourmies	10 ^{aine} en 1829		-		
	Pizons	2 en 1842		-		
Mine Jaune	-	des centaines (estimation)	1 m de diamètre distants de 20 m chacun	50 m	10 m	Remblayés a priori

Tableau 3 : Inventaire et caractéristiques générales des puits

A noter qu'aucune exploitation n'est connue sur la concession de Wignehies et qu'aucun ouvrage n'est mentionné dans les archives sur la concession de Féron.

En 1997, plusieurs fontis avaient été repérés par le BRGM [3]. Leur origine a souvent été attribuée à des dissolutions karstiques. Néanmoins un doute subsiste quant à leur origine. Ils ont donc été cartographiés comme puits sur la carte informative. Seules quelques dépressions du sol en allure de cuvette de 2 m de profondeur maximum, correspondant à d'anciens puits remblayés en Mine Jaune ont été localisées (repérées en orange sur la carte informative) lors d'une nouvelle visite sur site en 2006. Les archives mentionnaient aussi des affaissements de sol au-dessus des exploitations de la Mine Jaune.

3.4 Terrils

Aucun terril minier d'ampleur conséquente n'a été relevé. Les plus importants (hauteur maximale de 2 à 3 m) concernent l'exploitation de la Mine Rouge sur la concession de Trélon et sont végétalisés.

3.5 Eléments relatifs au gaz de mine

Aucun incident ou désordre lié au dégagement de gaz potentiellement dangereux n'est mentionné dans les archives ou lors de la campagne sur le terrain.

3.6 Cartographie et incertitudes de positionnement

L'ensemble des données nécessaires à l'évaluation des aléas est reporté sur la carte informative en annexe 6.

Dans la phase informative menée par l'INERIS, les indices de localisation des secteurs exploités en Mine Jaune ou en Mine Rouge sont donnés par le recoupement de plusieurs sources de données géographiques :

- la carte géologique de A. Meugy au 1/200 000^{ème}. Elle a permis d'avoir une vue d'ensemble de la répartition du minerai et d'extrapoler les secteurs d'exploitations probables de la Mine Jaune à l'échelle du département ;
- les indications de A. Meugy, principalement les noms de lieux-dits détaillés par communes. Ces lieux sont ensuite repérés sur le terrain grâce aux indications de l'IGN ou à celles données lors des enquêtes auprès des habitants ;
- dans certaines communes, la Banque des données du Sous-Sol (BSS) localise précisément un gîte de minerai de fer. Ainsi, 25 gîtes ont été localisés. Notons que ces coordonnées sont des moyennes de points dont la représentativité est incertaine (incertitude pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres);
- pour la Mine Rouge, des plans issus des Archives Départementales, dont les dates s'échelonnent entre 1824 et 1851. Outre la délimitation des concessions, ils localisent surtout certains puits d'extraction.

Une incertitude globale a été déterminée par l'INERIS pour chaque objet de la carte informative en fonction de son incertitude propre et de l'incertitude du support cartographique (SCAN 25®).

	Incertitude de localisation	Incertitude cartographique(Scan 25)	Incertitude globale
Gîtes de fer de Meugy	50 à 100 m	15-20 m	100 m
Affleurements	20 m	15-20 m	40 m
Plans des concessions	10 m	15-20 m	30 m
Ouvrages repérés au GPS	1-2 m	15-20 m	20 m
Gîtes de fer de la BSS	10 à 40 m	15-20 m	50 m

Tableau 4 : Incertitude cartographique globale

3.7 Aléas retenus

La phase informative menée par l'INERIS sur les mines de fer de la région de l'Avesnois, permet de retenir uniquement les aléas « mouvement de terrain » de type :

- « effondrement localisé » lié d'une part aux éventuels vides restant dans les travaux souterrains peu profonds mais surtout lié à la présence des puits
- « tassement » à l'aplomb de travaux à ciel ouvert comblés ou souterrains remblayés.

A l'inverse, les aléas suivant ont pu être écartés :

- « affaissement » par absence de vides résiduels d'ampleur et par la faible étendue des exploitations ;
- « glissement ou écoulement » au vu des petites dimensions des quelques dépôts répertoriés et de l'envoyage de la plupart des excavations souterraines encore visibles ;
- « émission de gaz de mine » par l'absence d'incident mentionné, la nature des travaux (ciel ouvert en majorité) et leurs faibles profondeurs. De plus d'après les observations de terrains, on peut estimer que l'ensemble des travaux est noyé.

4 Evaluation des aléas « mouvements de terrain »

4.1 Définition de configurations-type pour les travaux

Compte tenu de la diversité des sources d'information concernant les exploitations des mines de fer de l'Avesnois, nous avons créé des configurations-type pour évaluer l'aléa mouvement de terrain :

- configuration 1 : les zones de travaux **souterrains** issues des **investigations** de terrain ou des plans d'exploitation ;
- configuration 2 : les zones de travaux **souterrains supposés** (données provenant de Meugy) ;
- configuration 3 : les exploitations à **ciel ouvert**.

Pour la cartographie de l'aléa, nous avons choisi de ne pas retenir les indices de type « gîtes de fer de la BSS » car ils ont été localisés avec une grande imprécision (cf. §3.6). De plus, ces indices correspondent globalement tous à une ou plusieurs indications de Meugy. Ces indices ne sont donc pas repris dans une des configurations-type définies ci-dessus.

4.2 Aléa mouvements de terrain lié aux travaux souterrains

Seront ici étudiés les aléas associés aux configurations-type 1 et 2.

Compte tenu de la géométrie des effondrements observables dans la région de l'Avesnois (formes coniques) et de la nature des terrains de recouvrement (alluvions, sable, marne et argile), nous avons considéré que l'épaisseur de la zone d'altération superficielle¹ est de l'ordre de 5 m au maximum. En effet, seuls les niveaux de terrains les plus superficiels sont susceptibles d'être déconsolidés par l'action des eaux météoriques ou des travaux de terrassement typiques de milieux urbains.

4.2.1 Effondrement localisé lié aux puits

La phase informative réalisée par l'INERIS fait mention de plusieurs dépressions du sol, en allure de cuvette, correspondant à d'anciens puits remblayés en Mine Jaune (débourrage).

¹ La zone d'altération superficielle correspond aux terrains peu cohérents de surface susceptibles d'être immédiatement affectés par un effondrement des secteurs voisins.

La plupart des puits mentionnés dans les archives et sur les plans ne sont plus visibles actuellement (comblés, végétalisés...). Quelques puits semblent avoir été remblayés ou mis en sécurité suite à l'étude du BRGM réalisée en 1997. Pour les autres puits, leur localisation exacte n'est pas connue et peu d'informations sont disponibles à leur sujet (Tableau 2 et Tableau 3).

Pour caractériser l'aléa effondrement localisé lié à la présence des puits miniers, nous avons retenu :

- une intensité modérée pour le phénomène en surface (le diamètre de l'effondrement attendu en surface est de quelques mètres) ;
- une prédisposition :
 - sensible pour les puits retrouvés lors des campagnes de terrain car pour ces puits remblayés, la prédisposition au débouillage ne peut être écartée ;
 - sensible pour les puits non retrouvés mais mentionnés dans les archives car on ne dispose d'aucune information quant à leur traitement éventuel.
- par conséquent, un **aléa moyen** pour tous les puits repérés sur la carte informative.

4.2.2 Effondrement localisé au droit de galeries ou descenderies isolées

Le nombre de cas de fontis, d'origine minière certaine, survenus dans la région de l'Avesnois ne permet pas, à lui seul, d'établir la profondeur limite à partir de laquelle le risque de remontée de fontis en surface devient nul.

Nous avons estimé la hauteur maximale de remontée de fontis à l'aplomb de galeries à partir d'un modèle de calcul prenant en compte en particulier les caractéristiques géométriques des vides résiduels, le coefficient de foisonnement et l'angle de talus naturel des terrains de recouvrement.

Le calcul est mené sur une base volumétrique : la hauteur maximale de remontée de fontis est celle pour laquelle le volume foisonné provenant de la cheminée du fontis égale la somme des volumes de la galerie et de la cheminée.

Compte tenu des quelques informations issues de la phase informative (plans et archives) sur la géométrie des galeries, nous avons fait les hypothèses suivantes :

Paramètre	Hypothèses A	Hypothèses B
Largeur de la galerie	1,5 m	1 m
Hauteur de la galerie	2 m	1,5 m
Angle des parements	90°	90°

Tableau 5 : Hypothèses sur la configuration des vides résiduels en galerie

L'expérience montre que les fontis s'initient sur une largeur égale ou légèrement inférieure à la largeur totale de la galerie. Pour rester du côté de la sécurité, nous avons fait varier le rayon du fontis dans une gamme de 80% à 100% du rayon maximal possible.

Les valeurs du coefficient de foisonnement retenues sont issues de la classification R.T.R.² pour les terrains marneux.

Les résultats des hauteurs maximales de remontée de fontis à l'aplomb de galeries sont présentés dans le Tableau 6.

Paramètre	Hypothèses A		Hypothèses B	
	Calcul 1	Calcul 2	Calcul 1	Calcul 2
Rayon au toit du fontis	0,75 m	0,6 m	0,5 m	0,4 m
Angle de talus des matériaux éboulés	35°		35°	
Coefficient de foisonnement	1,3		1,3	
Hauteur de remontée du fontis	24 m	35 m	20 m	29 m

Tableau 6 : Hauteurs maximales de remontée de fontis à l'aplomb de galeries

Les résultats indiquent qu'on ne peut exclure la possibilité d'apparition d'un fontis au droit d'une galerie dont la profondeur est inférieure à 30 m.

Compte tenu des retours d'expérience d'effondrement localisé dans la région de l'Avesnois et des facteurs défavorables vis-à-vis de l'auto-comblement d'un fontis, tels que la nature des matériaux constitutifs du recouvrement (marnes, sables) et le pendage moyen des galeries (le matériau éboulé du toit étant susceptible de se répandre en aval de la galerie), nous avons retenu, pour une galerie à moins de 30 m de profondeur :

- une prédisposition sensible des galeries et descenderies isolées pour le phénomène de fontis ;
- une intensité modérée (compte tenu que le diamètre de l'effondrement attendu en surface est évalué à quelques mètres) ;
- par conséquent, un **aléa moyen**.

Au-delà de 30 m de profondeur, le risque de remontée de fontis en surface peut être écarté. Précisons toutefois que des phénomènes de tassements différentiels sont néanmoins susceptibles d'affecter les terrains de surface à l'aplomb des cloches de fontis auto-comblées par exemple.

4.2.3 Effondrement localisé lié aux travaux miniers souterrains

La phase informative permet de citer des cas de fontis au droit de travaux proches du puits J n°4 sur la commune de Jeumont (Mine Jaune, cf. fiche relative à la commune dans le rapport de phase informative en annexe 5) ou encore sur la commune de Trélon (Mine Rouge).

D'après la phase informative, les vides résiduels liés aux travaux souterrains peuvent être de plusieurs ordres :

- vides de dimensions réduites liés à des galeries de tête ou de base utilisées lors de l'exploitation par tranches montantes remblayées et susceptibles d'être non comblées

² Recommandations pour les Terrassements Routiers (RTR). SETRA et LCPC. 1976.

(l'essentiel des travaux était remblayé) ;

- vides proches de la surface liés à un écoulement de produits de comblement vers des vides plus profonds (débouillage).

La présence de vide souterrain est donc possible sur l'ensemble des zones de travaux.

Le nombre et la description des cas de fontis, d'origine minière certaine, survenus dans la région de l'Avesnois ne permettent pas, à eux seuls, d'établir la profondeur à partir de laquelle le risque de remontée de fontis en surface peut être écarté à l'aplomb des zones de travaux.

Comme pour le cas des galeries, nous avons estimé la hauteur maximale de remontée de fontis à l'aplomb de vides souterrains à partir du modèle de calcul volumétrique (§4.2.2).

Compte tenu des quelques informations issues de la phase informative, on sait que la puissance de la couche exploitée est inférieure à 2,5 m et que les travaux sont parfois remblayés. Comme pour les galeries, nous avons donc fait les hypothèses suivantes :

Paramètre	Hypothèses A	Hypothèses B
Largeur de la galerie	1,5 m	1 m
Hauteur de la galerie	2 m	1,5 m
Angle des parements	90°	90°

Tableau 7 : Hypothèses sur la configuration des vides résiduels pour les travaux souterrains

Les résultats des hauteurs maximales de remontée de fontis à l'aplomb des travaux miniers souterrains pour les deux hypothèses de dimensions sont présentés dans le Tableau 8.

Paramètre	Hypothèses A		Hypothèses B	
	Calcul 1	Calcul 2	Calcul 1	Calcul 2
Rayon au toit du fontis	0,75 m	0,6 m	0,5 m	0,4 m
Angle de talus des matériaux éboulés	35°		35°	
Coefficient de foisonnement	1,3		1,3	
Hauteur de remontée du fontis	24 m	35 m	20 m	29 m

Tableau 8 : Hauteurs maximales de remontée de fontis à l'aplomb de travaux miniers souterrains

Les résultats indiquent qu'on ne peut exclure la possibilité d'apparition d'un fontis au droit d'un vide dont la profondeur est inférieure à 30 m.

Il faut ajouter que certaines des couches exploitées en Mine Rouge sont pentées à plus de 30°³. La présence de secteurs de travaux remblayés est attestée pour certaines zones, dans les documents consultés. Le pendage favorise le départ (ou débouillage) des remblais dans la mesure où un vide est disponible en aval et où l'hydrogéologie est favorable (remontée et/ou circulation des eaux). La cheminée de fontis peut ainsi remonter plus haut que dans la configuration des travaux en plateure, les vides potentiels disponibles étant plus importants.

³ Cette valeur de 30° correspond au pendage à partir duquel des matériaux présents dans une galerie (remblais...) sont susceptibles d'être mobilisés du fait de la pente.

Pour les travaux pentés de la Mine Rouge (concessions de Trélon, Fourmies, Glagéon, Féron, Pizons et Wignehies), l'aléa effondrement localisé sera donc maintenu pour des travaux souterrains situés entre 0 et 50 m de profondeur. Pour les travaux en plateure l'aléa effondrement localisé sera maintenu pour les travaux à moins de 30 m de profondeur.

Ainsi, pour des travaux en plateure à moins de 30 m de profondeur et pour les travaux pentés ou superposés à moins de 50 m de profondeur de la surface, nous avons retenu :

- pour la configuration 1 :
 - une prédisposition sensible des travaux souterrains pour le phénomène de fontis compte tenu, en particulier, de cas recensés et de la nature des matériaux constitutifs du recouvrement (marnes, sable, argile) non susceptible, a priori, de stopper la remontée jusqu'au jour d'une cloche de fontis. Dans les secteurs où des travaux ont été réalisés mais qu'aucun indice de désordre ou ouvrage n'a été répertorié en surface, une prédisposition peu sensible a été retenue ;
 - une intensité limitée à modérée pour le phénomène de fontis (dimensions de quelques mètres attendues).

Un aléa **effondrement localisé de niveau faible ou moyen** est donc retenu.

Au-delà des 30 m de profondeur pour les travaux en plateure et de 50 m pour les travaux pentés, le risque de remontée de fontis en surface peut être considéré comme négligeable. Des phénomènes de tassement différentiel sont néanmoins susceptibles d'affecter les terrains de surface. Ils sont traités dans le cadre de l'aléa tassement.

- pour la configuration 2 :
 - une prédisposition peu sensible à très peu sensible des travaux souterrains pour le phénomène de fontis, compte tenu des incertitudes sur l'existence effective de travaux, de l'absence de désordre observé sur les secteurs concernés et du remblayage supposé des travaux existant ;
 - une intensité limitée pour le phénomène de fontis (vides résiduels peu important limitant les dimensions du fontis en surface).

On retiendra donc un aléa **effondrement localisé de niveau très faible**. Les effets en surface étant assimilables à des tassements, ils ont été cartographiés en tant que tassement.

La profondeur des travaux de cette configuration n'est pas connue. Par mesures de précaution, on estimera qu'elle est toujours inférieure à 30 m et que l'ensemble des sites d'exploitation de la Mine Jaune repérés par Meugy sont soumis à l'aléa effondrement localisé de niveau très faible.

Remarque :

Plusieurs sites d'exploitation de la Mine Jaune ont été identifiés sur les communes de Glagéon et Wallers-en-Fagne, à l'aplomb de carrière actuellement en activité. Ces carrières à ciel ouvert atteignent au point le plus bas, dans le cas de la carrière de Glagéon, environ 80 m de profondeur et environ 100 m de profondeur dans le cas de la carrière de Wallers-en-Fagne.

Sur la commune de Wallers-en-Fagne, A. Meugy précise dans son état des lieux réalisé en 1851 que « *les seuls travaux faits à Wallers ont été opérés à la tête de deux filons de pyrite situés à l'est du Moulin. On n'en a pas extrait 100 m³.* »

Les travaux ont donc été peu importants et vraisemblablement superficiels. Il est raisonnable de penser qu'ils ont été détruits par l'exploitation de la carrière. Aucun aléa ne sera donc retenu sur les deux minières situées à l'est du Moulin. La carte de la commune de Wallers-en-Fagne a donc été modifiée en conséquence.

Sur la commune de Glagéon, la carrière à ciel ouvert atteint 80 m de profondeur environ. D'après les données d'archives, un affleurement passe au sud de la commune, à proximité de la carrière et du lieu dit « La Gotelette ». Un contact a été pris avec l'exploitant de la carrière qui a confirmé qu'aucune exploitation minière souterraine n'a été observée lors de l'exploitation. Compte tenu de la profondeur de la carrière, si une exploitation minière avait eu lieu, elle aurait été recoupée. Aussi, aucun aléa ne sera retenu à l'aplomb de la carrière. La carte de la commune de Glagéon a donc été modifiée en conséquence.

4.2.4 Effondrement localisé à proximité d'affleurements

D'après la phase informative, on sait que des travaux plus ou moins anciens ont été entrepris dans les terrains où affleurerait le fer : puits aux affleurements de la Mine Rouge et galeries aux affleurements de la Mine Jaune sur les communes de Trélon et Ohain.

On ne peut donc garantir l'exhaustivité des galeries débouchant en surface dont la phase informative a présenté le recensement. Ajoutons que la direction des galeries est parfois inconnue ou incorrectement reportée.

Par conséquent, on considèrera que, à proximité d'un affleurement :

- l'existence de galeries ou de puits non recensés dans les archives ne peut être exclue ;
- la prédisposition de la remontée d'un fontis est sensible à peu sensible (l'existence de vide n'est pas démontrée faute de plan ou d'ouvrages observés sur le terrain mais ne peut être exclue). Sur les secteurs où des désordres ont été observés sur le terrain, on aura une prédisposition sensible. Sur les secteurs sans aucun indice, la prédisposition est considérée comme peu sensible ;
- **l'aléa effondrement localisé est faible.**

Remarque : la zone située entre les affleurements de la Mine Rouge et de la Mine Jaune au sud a été cartographiée en aléa fontis de niveau faible partout car des indices de mouvements de terrain (fontis) et puits ont été observés.

4.2.5 Tassement à l'aplomb de galeries

Les tassements sont des phénomènes d'extension et d'amplitude limitées.

Nous évaluons à 50 m la profondeur jusqu'à laquelle une galerie est susceptible d'entraîner un tassement perceptible en surface. Cette profondeur s'appuie sur le fait que :

- les terrains de recouvrement sont meubles (marnes, argiles, sable) ;
- jusqu'à 30 m de profondeur, la remontée d'un fontis en surface ne peut être exclue ;
- entre 30 et 50 m de profondeur, un départ de fontis au toit d'une galerie serait auto-faisonné avant d'atteindre la surface. Nous considérons que le phénomène de tassement est alors possible à l'aplomb de la cloche de fontis auto-comblée située à moins de 30 m de profondeur.

Pour une galerie à moins de 50 m de profondeur, nous avons retenu :

- une prédisposition sensible pour le phénomène de tassement (compte tenu, en particulier, que quelques cas ont été recensés sur les titres miniers étudiés) ;

- une intensité limitée à très limitée pour le phénomène de tassement (compte tenu de l'impact limité du phénomène en surface). Rappelons que le tassement se traduit par des mouvements centimétriques à décimétriques ;
- par conséquent, **un aléa faible**.

Il apparaît que la très grande majorité des galeries sur le secteur étudié se situe à une profondeur inférieure à 30 m. L'aléa tassement n'est donc pas cartographié sur ces galeries déjà concernées par l'aléa effondrement localisé qui est un phénomène plus pénalisant que le tassement.

4.2.6 Tassement au-dessus de travaux souterrains

Les mines de fer de l'Avesnois présentent, en majorité, des exploitations par tranches montantes remblayées. Les vides miniers résiduels, peu profonds, sont alors de faibles dimensions mais toujours possibles si le remblayage est de mauvaise qualité.

Or, dans le cas de travaux remblayés, on peut s'attendre à deux mécanismes induisant du tassement en surface :

- le tassement de l'ensemble des terrains de recouvrement et du remblai sous l'effet de surcharges en surface ;
- la formation de petit vide lié à la compressibilité propre du remblai mis en place ou encore à un mauvais remblayage. Ces vides pourront se refermer sous l'effet de surcharges en surface.

Ces mécanismes n'entraîneront que des phénomènes d'intensité limitée à très limitée. Bien que manquant de retours d'expérience sur des cas observés, on peut toutefois préciser que l'ordre de grandeur des tassements attendus ne peut être que centimétrique à décimétrique tout au plus.

La prédisposition est difficile à déterminer dans le cas présent : aucun événement marquant, attribuable sans ambiguïté à ce mécanisme, n'est connu dans l'Avesnois. Par contre, des affaissements ont été repérés sur le territoire des communes de Trélon et Ohain mais d'après les retours d'expérience, ce type de mouvement de terrain a lieu au maximum quelques années après la fin de l'exploitation. La prédisposition des zones situées au-dessus d'exploitations totales peu profondes à être affectées par le mécanisme des tassements peut être évaluée comme peu sensible pour ces travaux.

Par croisement de l'intensité et de la prédisposition, **le niveau d'aléa « tassement » est qualifié de faible au-dessus des exploitations peu profondes.**

Ce niveau d'aléa est applicable à l'ensemble des secteurs en surface à l'aplomb des zones d'exploitations de configuration 1 de la Mine Jaune comme de la Mine Rouge.

Les travaux souterrains supposés (configuration 2) ont été cartographiés avec un aléa faible pour les mêmes raisons que ci-dessus.

Il apparaît que la majorité des travaux sur le secteur étudié se situe à une profondeur inférieure à 50 m pour les exploitations pentées ou 30 m pour les autres exploitations. L'aléa

tassement n'est donc pas cartographié sur ces travaux déjà concernés par l'aléa effondrement localisé.

4.3 Aléa mouvements de terrain associé aux terrils

Des terrils de faibles dimensions (2 à 3 m de hauteur) ont été observés sur les communes de Jeumont, Ohain et Trélon. Constitués de résidus stériles, ils sont aujourd'hui végétalisés pour la plupart.

Sous l'effet de surcharges importantes en surface ou à l'occasion de modifications sensibles des conditions hydriques au sein des matériaux constitutifs de ces ouvrages, des tassements d'extension et d'amplitude limitées sont susceptibles d'affecter la surface.

Aucun cas de tassement lié à ce mécanisme n'a été porté à notre connaissance. On notera, cependant, qu'en général, l'absence de bâtiments, d'infrastructures ou d'activités humaines au droit de ces zones n'a pas permis un suivi régulier et exhaustif des événements passés.

Pour ces terrils miniers, nous proposons :

- une prédisposition peu sensible pour le phénomène de tassement ;
- une intensité limitée pour le phénomène de tassement (compte tenu de l'impact limité du phénomène en surface) ;
- **par conséquent, un aléa faible.**

4.4 Aléa mouvements de terrain lié aux exploitations à ciel ouvert

Les archives mentionnent un nombre important de travaux à ciel ouvert concernant l'exploitation de la Mine Jaune. Des traces d'anciennes exploitations ont été repérées par l'INERIS. Il s'agit de dépressions dont certaines sont remplies d'eau. Leur lien avec l'exploitation minière reste cependant incertain. En effet, ces dépressions peuvent correspondre à l'exploitation du minerai de fer mais peuvent avoir une autre origine sans qu'il soit possible de le savoir.

La majorité de ces exploitations ont probablement été remblayées. Sous l'effet de surcharges importantes en surface ou à l'occasion de modifications sensibles des conditions hydriques au sein des remblais, des tassements d'extension et d'amplitude limitées sont susceptibles d'affecter la surface.

Ces mécanismes n'entraîneront que des phénomènes d'intensité limitée à très limitée. Comme pour les travaux souterrains, la prédisposition est difficile à déterminer dans le cas présent : aucun événement marquant, attribuable sans ambiguïté à ce mécanisme, n'est connu dans l'Avesnois. L'expérience montre cependant que les phénomènes de tassement surviennent principalement quelques années après la mise en place des remblais. Aussi, la prédisposition sera qualifiée de peu sensible.

Un aléa tassement de niveau faible est donc retenu à l'aplomb des exploitations à ciel ouvert remblayées.

5 Cartographie des aléas miniers retenus

Les cartes d'aléa mouvements de terrain pour chaque commune sont disponibles en annexe 7.

5.1 Cartographie de l'aléa effondrement localisé

Le Tableau 9 synthétise l'aléa effondrement localisé en fonction des ouvrages miniers concernés.

Ouvrage minier	Aléa effondrement localisé
Galeries isolées à moins de 30 m de profondeur	Moyen
Exploitations de la Mine Jaune à moins de 30 m de profondeur de configuration 1	Moyen ou faible
Exploitations pentées (Mine Rouge) à moins de 50 m de profondeur de configuration 1	Moyen
Exploitations de configuration 2 (emprises Meugy)	Très faible
Puits	Moyen
Secteurs proches d'affleurement ayant pu faire l'objet de travaux	Faible

Tableau 9 : Aléa effondrement localisé

La profondeur des travaux de la configuration 2 (sites Meugy) n'est pas connue avec précision. Par mesures de précaution, on estimera qu'elle est toujours inférieure à 30 m et que l'ensemble des sites d'exploitation de la Mine Jaune repérés par Meugy sont soumis à l'aléa effondrement localisé de niveau très faible, assimilable à des phénomènes de tassement en surface (aléa tassement de niveau faible).

Compte tenu de la précision et de la fiabilité des diverses sources d'informations, une distinction a été faite entre travaux suspectés et travaux avérés :

- dans le cas de la Mine Jaune, la cartographie des exploitations s'appuie sur les indications et la carte de A Meugy au 1/200 000^{ème}. Compte-tenu de l'imprécision de ces documents (emprise des travaux, type de travaux...), l'ensemble des amas alluvionnaires de la Mine Jaune ont été cartographiés en travaux suspectés ;
- au niveau des concessions, les travaux en Mine Rouge ou en Mine Jaune pour lesquels des plans d'exploitations ont été retrouvés et des ouvrages (puits, galeries) ont été observés en surface ont été cartographiés comme travaux avérés ;
- au niveau des affleurements identifiés par Meugy et les plans des concessions retrouvés dans les archives départementales, on ne peut exclure que des exploitations aient été menées, sans toutefois en connaître la localisation précise ni l'extension. Un aléa sur travaux suspectés a donc été retenu.

5.1.1 Effondrement de la tête de puits

Sur la carte d'aléa effondrement localisé, nous avons cartographié les zones d'aléa définies précédemment à proximité de la tête des puits.

Le rayon de la zone d'aléa est défini à partir du centre du puits et comprend :

- le rayon du puits (si non renseigné : 1,25 m pour ceux en Mine Rouge et 0,5 m pour ceux en Mine Jaune) ;
- un rayon supplémentaire correspondant à l'extension latérale du cône d'effondrement (pris égal à l'épaisseur des terrains peu cohérents de surface, soit au plus 5 m) ;
- un rayon supplémentaire correspondant à l'incertitude liée au support cartographique (SCAN 25®) et à l'incertitude sur la localisation exacte du puits (cf. Tableau 4) ;
- une marge supplémentaire pour englober les galeries et travaux souterrains autour du puits : 10 m autour des puits de Mine Jaune, 60 à 100 m autour des puits de Mine Rouge (dans le sens de la couche).

5.1.2 Effondrement localisé à l'aplomb d'une galerie

Sur la carte d'aléa effondrement localisé, nous avons cartographié les zones d'aléa moyen à l'aplomb des galeries connues.

Afin d'évaluer la distance horizontale de report du critère de profondeur (30 m) établi précédemment, nous avons retenu le principe général schématisé ci-dessous :

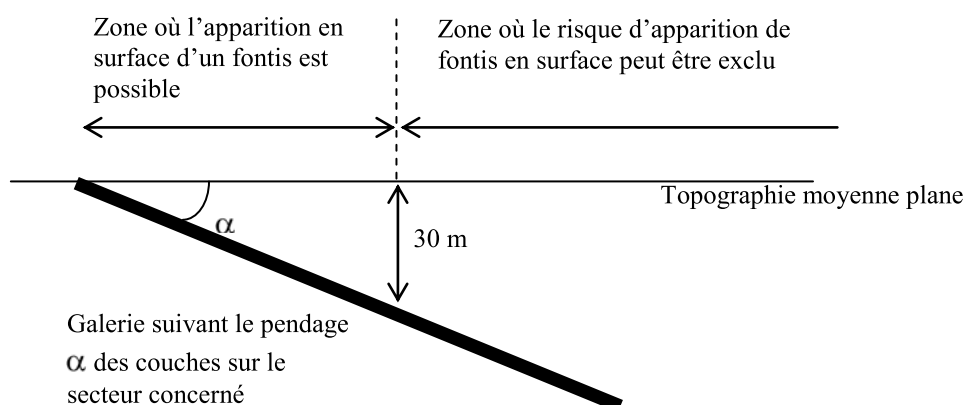


Figure 1 : Principe de cartographie de la zone où le risque d'apparition d'un fontis au droit d'une galerie souterraine ne peut être écarté

Nous avons ajouté une marge de sécurité comprenant :

- l'incertitude globale de localisation de la galerie (l'incertitude de positionnement de la galerie + l'incertitude liée au support cartographique, Tableau 4) ;
- et l'extension latérale d'un fontis apparaissant en surface (pris égal à l'épaisseur des terrains peu cohérents de surface, soit au plus 5 m).

En vue en plan, l'aléa effondrement localisé lié à la présence des galeries est cartographié de la manière suivante (on limite la zone d'aléa à l'affleurement lorsque celui-ci est connu ou interprété) :

A : Zone à l'aplomb de la galerie située à moins de 30 m de profondeur
 B : Incertitude de positionnement de l'entrée de la galerie et incertitude liée au support cartographique
 5 m : extension latérale maximale d'un fontis en surface

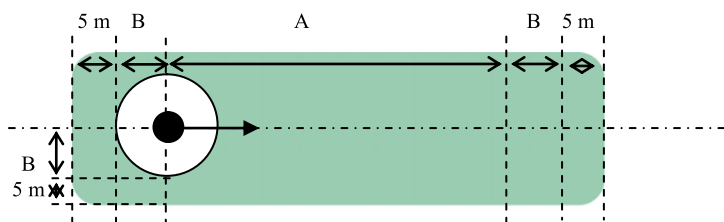


Figure 2 : Zonage de l'aléa effondrement localisé lié à la présence d'une galerie souterraine

La cartographie de l'aléa effondrement localisé à proximité d'un affleurement suit les mêmes principes que ceux présentés pour les galeries reconnues.

5.1.3 Effondrement localisé à l'aplomb de travaux d'exploitation

Sur la carte d'aléa effondrement localisé, nous avons cartographié les zones d'aléa moyen à très faible à l'aplomb des zones de travaux pentés de la Mine Rouge à moins de 50 m de profondeur et au droit des travaux en plateure à moins de 30 m de profondeur.

Nous avons ajouté une marge de sécurité comprenant :

- l'incertitude globale de localisation (incertitude de positionnement + incertitude liée au support cartographique, Tableau 4) ;
- et l'extension latérale d'un fontis apparaissant en surface (pris égal à l'épaisseur des terrains peu cohérents de surface, soit au plus 5 m).

Cas particulier des exploitations répertoriés par Meugy (configuration 2) :

Les travaux d'exploitation inventoriés par Meugy ont été localisés avec une grande imprécision, du fait du manque de points de calage. Par conséquent, l'enveloppe des travaux peu profonds connus est très globale et approximative. Lors de la cartographie de l'aléa, nous n'y avons pas ajouté de marge de sécurité supplémentaire. Rappelons que l'aléa associé à ces travaux est un aléa **effondrement localisé de niveau très faible**. Les effets en surface étant assimilables à des tassements, ils ont été cartographiés en tant qu'aléa tassement de niveau faible.

5.1.4 Effondrement localisé à proximité d'affleurements

En ce qui concerne les travaux aux affleurements, lors de la cartographie de l'aléa effondrement localisé, nous avons choisi de considérer une marge globale et sécuritaire de 50 m de part et d'autre de l'affleurement tracé. Cette marge englobe l'incertitude de localisation des affleurements (cf. Tableau 4) et la présence de vides miniers à faible profondeur (inférieure à 50 m).

5.2 Cartographie de l'aléa tassement

Le Tableau 10 synthétise l'aléa tassement en fonction des ouvrages miniers concernés.

Ouvrage minier	Aléa tassement
Galeries isolées à plus de 30 m de profondeur	Faible
Travaux souterrains peu profonds (configurations 1 et 2)*	Faible
Travaux à ciel ouvert (configuration 3)	Faible
Terrils	Faible

* il s'agit notamment des travaux pour lesquels un aléa effondrement localisé très faible assimilé à du tassement a été retenu

Tableau 10 : Aléa tassement

5.2.1 Tassement au droit de galeries isolées

L'aléa tassement concerne des galeries pour lesquelles un aléa effondrement localisé a également été retenu. Il n'est donc pas cartographié.

5.2.2 Tassement au droit de travaux souterrains

L'aléa tassement concerne des travaux souterrains pour lesquels un aléa effondrement localisé a également été retenu. Il n'est donc pas cartographié.

5.2.3 Tassement au droit des terrils

La cartographie de l'aléa tassement lié aux terrils intéresse les emprises des ouvrages augmentées de l'incertitude de positionnement du terril et de l'incertitude du support cartographique, soit 20 m (cf. Tableau 4). Cependant, pour la cartographie, l'incertitude de positionnement de l'ouvrage doit être prise en compte.

5.2.4 Tassement au droit des exploitations à ciel ouvert

La cartographie de l'aléa tassement lié aux exploitations à ciel ouvert intéresse les emprises des exploitations augmentées de l'incertitude de positionnement et de l'incertitude du support cartographique, soit 20 m (cf. Tableau 4).

6 Synthèse des aléas pour les mines de fer de l'Avesnois

A la demande de la DREAL du Nord Pas-de-Calais et conformément au programme technique de GEODERIS, l'étude des aléas sur le bassin ferrifère de la région de l'Avesnois a été menée.

Les communes concernées par les exploitations des mines de fer dans l'Avesnois sont au nombre de 62, comprenant celles citées par Meugy (Mine Jaune) et celles exploitées en couche rouge (Mine Rouge).

L'analyse des données relatives aux travaux miniers a permis de retenir :

- un aléa tassement de niveau faible sur les travaux souterrains remblayés, les terrils et les exploitations à ciel ouvert ;
- un aléa effondrement localisé de niveau moyen sur les puits, les travaux pentés souterrains à moins de 50 m de profondeur associés à la Mine Rouge, les travaux en plateure à moins de 30 m de profondeur connus associés à la Mine Jaune ;
- un aléa effondrement localisé de niveau faible sur les travaux en plateure à moins de 30 m de profondeur connus associés à la Mine Jaune où aucun indice n'a été observé en surface ;
- un aléa effondrement localisé de niveau faible sur les secteurs proches d'affleurements ayant pu faire l'objet de travaux (travaux suspectés) ;
- un aléa effondrement localisé de niveau très faible pour les exploitations de la Mine Jaune répertoriées par Meugy (travaux suspectés), assimilable à des phénomènes de tassement (aléa tassement de niveau faible).

Le tableau de l'annexe 8 reprend, pour chaque commune, la mine concernée (Rouge ou Jaune), les observations de terrains éventuelles, les types d'aléas retenus et leur niveau ainsi que les enjeux présents à l'aplomb des zones d'aléa à la date de rédaction du rapport et uniquement à partir de l'analyse de la BD Ortho.

Sur les 62 communes concernées par un aléa minier, seules 9 d'entre elles ne comportent aucun enjeu à l'aplomb d'une zone d'aléa. Il s'agit des communes de : Aibes, Bachant, Choisies, Louvroil, Obrechies, Petit-Fayt, Recquignies, Solre-le-Château et Wallers-en-Fagne.

9 communes sont concernées par un aléa de niveau moyen : Féron, Fournies, Glagéon, Jeumont, Marpent, Ohain, Saint-Aubin, Trélon et Wallers-en-Fagne. Ces communes sont situées dans le secteur sud. Seules les communes de Marpent, Saint-Aubin et Wallers-en-Fagne ne comportent aucun enjeu à l'aplomb des zones d'aléa effondrement localisé de niveau moyen.

Les cartes d'aléa mouvements de terrain pour chaque commune sont disponibles en annexe 7.

7 Bibliographie

- [1]. NACHBAUR A. et PILCH N. – Phase informative concernant les mines de fer du Nord Pas-de-Calais – *Rapport INERIS DRS-06-80079/R01 du 12 décembre 2006.*
- [2]. Ouvrage collectif résultant des contributions de divers organismes : INERIS, BRGM, GEODERIS, ENSMP, IRSN, CSTB – L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers. Guide méthodologique. Volet technique relatif à l'évaluation de l'aléa. Les risques mouvements de terrain, d'inondations et d'émissions de gaz de mine – *Rapport INERIS DRS-06-51198/R01 du 4 mai 2006 pour le Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie et Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer.*
- [3]. Recherche des exploitations de minerai de fer dans l'Avesnois (Nord Pas-de-Calais) – *Rapport BRGM R39508 d'octobre 1997.*
- [4]. A. Meugy, *L'état par communes des parcelles cadastrales où le minerai de fer a été exploité*, 1851, Archives Départementales du Nord, S 8365 ;

8 Annexes

Annexe 1	Glossaire
Annexe 2	Loi concernant les Mines, les Minières et les Carrières de 21 avril 1810
Annexe 3	Annexe 3 : Liste des 78 communes concernées par les mines de fer de l'Avesnois
Annexe 4	Description des différents phénomènes susceptibles d'être rencontrés sur le bassin ferrifère de l'Avesnois et qualification de l'aléa (extrait de INERIS DRS-06-51198/R01 [2])
Annexe 5	Phase informative concernant les mines de fer de l'Avesnois – Rapport INERIS DRS-06-80079/R01
Annexe 6	Carte informative Zoom sur le secteur sud (annexe 6bis)
Annexe 7	Cartes des aléas miniers concernant les mines de fer de l'Avesnois pour les 62 communes concernées par un aléa miniers
Annexe 8	Tableau de synthèse des aléas miniers pour les 62 communes concernées

Annexe 1 : Glossaire

Accrochage

Désigne toute recette dans un puits, à l'exception de la recette supérieure.

Aléa

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

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

Angle d'influence

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

BD Ortho

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

BD Topo

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

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

Borne de surface

Borne « physique » implantée au droit de puits matérialisés ou à proximité de la position supposée de puits localisé (photographie 1 en annexe 2).

Bure

Puits qui relie deux étages de la mine et qui ne débouche pas en surface.

Chambres et piliers

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

Chantier

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

Concession

Périmètre dans lequel un industriel est autorisé à rechercher et exploiter une ressource naturelle relevant du code minier (charbon, minerai de fer, bauxite, potasse, sel, etc.)

Couche

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

Effondrement localisé

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

Enjeux

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

Ennoyage

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

Eponte

Surface séparant le minerai du stérile. Par extension, terrains stériles au contact du minerai.

Exhaure

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

Faille

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

Fendue ou descenderie

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

Fontis

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

Galerias de service (ou de subsurface)

Galerias techniques à faible profondeur (moins de 50 m) mettant en liaison un puits avec un autre accès pour remplir différents services : permettre au personnel de descendre au fond par des échelles ou à un niveau de recette non encombré par l'extraction, lier un compartiment de retour d'air à un foyer d'aérage extérieur, évacuer les eaux du fond vers des aqueducs de

dimensions inférieures à elle ou inversement alimenter le fond en eau à partir de tels aqueducs, etc.

Gaz de mine

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

Intensité

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

Ouverture

Dimension d'un chantier mesurée perpendiculairement aux parois.

Panneau

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

Pendage

Angle du plan moyen du gisement avec l'horizontale.

Phénomène

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

Pilier

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

Prédisposition

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

Puits

Voie de pénétration dans le gisement, verticale, partant de la surface, comportant des accrochages, donnant accès à différents étages d'une mine et permettant de les desservir. Un

puits assure normalement la totalité ou plusieurs des services suivant : extraction, circulation du personnel, transport du matériel, descente du remblai, aérage (entrée ou retour d'air), exhaure, etc.

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

Puits d'exhaure ou d'épuisement

Puits dont le rôle consistait à évacuer l'eau pompée dans la mine.

Recette

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

Risque

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

Taux de défrètement

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

Titre Minier

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

Zone d'aléa

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

Annexe 2 : Loi concernant les Mines, les Minières et les Carrières de 21 avril 1810

ART. 1^{er}. Les masses de substances minérales ou fossiles renfermées dans le sein de la terre ou existantes à la surface, sont classées, relativement aux règles de l'exploitation de chacune d'elles, sous les trois qualifications de Mines, **Minières** et Carrières.

2. Seront considérées comme mines, celles connues pour contenir en filons, en couches ou en amas, de l'or, de l'argent du platine, du mercure, du plomb, du fer en filons ou couches, du cuivre, de l'étain, du zinc, de la calamine, du bismuth, du cobalt, de l'arsenic du manganèse, de l'antimoine, du molybdène, de la plombagine ou autres matières métalliques, du soufre, du charbon de terre ou de pierre, du bois fossile, des bitumes, de l'alun et des sulfates à base métallique.

3. Les minières comprennent les minerais de fer dits d'alluvion, les terres pyriteuses propres à être converties en sulfate de fer, les terres alumineuses et les tourbes.

Art 57. L'exploitation des minières est assujettie à des règles spéciales. Elle ne peut avoir lieu sans permission.- mais il ne s'agit pas comme pour une mine d'un acte de concession

**Annexe 3 : Liste des 62 communes concernées par les
mines de fer de l'Avesnois**

Liste des communes concernées par la Mine Rouge (concession) ou par la Mine Jaune (minières)

Communes	Code postal	Commune concernée par la Mine Rouge (concession)	Commune concernée par la Mine Jaune (minière)
Aibes	59146		X
Assevent	59600		X
Aulnoye-Aymeries	59620		X
Avesnelles	59440		X
Bachant	59138		X
Bas-Lieu	59440		X
Beaufort	59330		X
Beugnies	59216		X
Boussieres-sur-Sambre	59330		X
Boussois	59168		X
Cerfontaine	59680		X
Choisies	59740		X
Colleret	59680		X
Cousolre	59149		X
Damousies	59680		X
Dimechaux	59740		X
Dimont	59216		X
Dompierre-sur-Helpe	59440		X
Dourlers	59440		X
Eclaiibes	59330		X
Ecuelin	59620		X
Felleries	59740		X
Féron	59610	X	X
Ferrière-la-grande	59680		X
Ferrière-la-petite	59680		X
Flaumont-Waudrechies	59440		X
Floursies	59440		X
Fourmies	59610	X	X
Glagéon	59132	X	X
Haut-lieu	59440		X
Hautmont	59330		X
Jeumont	59460		X
Leval	59620		X
Lez Fontaine	59740		X
Limont-Fontaine	59330		X
Louvroil*			X
Marbaix	59440		X
Marpent	59164		X
Maubeuge	59000		X
Monceau-Saint- Waast	59620		X
Noyelles-sur-Sambre	59550		X
Obrechies	59680		X
Ohain	59132	X	X
Petit-Fayt	59244		X
Pont-sur-Sambre	59138		X
Quiévélon	59680		X

Communes	Code postal	Commune concernée par la Mine Rouge (concession)	Commune concernée par la Mine Jaune (minière)
Recquignies	59245		X
Rousies	59131		X
Saint-Aubin	59440		X
Saint-Hilaire- sur-Helpe	59440		X
Saint-Remy-Chaussée	59620		X
Saint-Remy-du-Nord	59330		X
Sars-Poteries	59216		X
Sassegnies	59145		X
Semeris	59291		X
Solre-le-Château	59740		X
Solrines	59740		X
Taisnières-en-Thiérache	59550		X
Trélon	59132	X	
Wallers-en-Fagne	59132	X	X
Wattignies-la-Victoire	59680		X
Wignehies	59212	X	

Liste des 17 déclarations⁴ de travaux faites entre 1851 et 1862, mais pour lesquelles nous ne disposons d'aucun renseignement particulier les concernant :

- Armandy
- Banfert
- Bellaing-Xallers
- Bellignies
- Conde
- Dielette
- Fermies
- Grassegnies
- Hergies
- Houdain-lez-Bavay
- Hon-Hergies
- Maysent
- Mormal
- Nordain
- Rocq
- Tasnières-sur-Hon
- Waller

⁴ Ces 17 sites ayant fait l'objet de déclaration de travaux identifiés comme des communes ne correspondent pas tous à des communes mais, pour un certain nombre d'entre eux, vraisemblablement à des lieux-dits ou des communes dont l'orthographe a été modifiée.

Annexe 4a : Description des phénomènes

1 Les tassements

1.1 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.

1.2 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

2.1 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 plateaux 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).

2.2 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.

3 Les effondrements localisés

3.1 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.

3.2 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.

4 Les glissements ou mouvements de pente

4.1 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.

4.2 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...).

5 Le dégagement de gaz de mine

5.1 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 endogène⁵ (méthane, dioxyde de carbone, radon), d'autres une origine exogène⁶ (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 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 rencontrés, 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

⁵ Endogène : contenu dans le gisement avant l'exploitation

⁶ Exogène : produit à partir d'une transformation chimique du gisement ou de certains éléments de la mine, pendant ou après l'exploitation

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'inflammation⁷ ou d'explosion⁸.

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.

5.2 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.

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...

⁷ Flambée de grisou, en langage minier.

⁸ Coup de grisou, en langage minier.

Annexe 4b : Qualification de l'aléa

6 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.

7 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				

8 L'aléa « tassement »

8.1 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

8.2 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).

9 L'aléa « effondrement localisé »

9.1 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	$3 \text{ m} < \emptyset < 10 \text{ m}$
Élevée	$\emptyset > 10 \text{ m}$

Remarque : dans le cas où il n'y a pas de terrains sableux dans le recouvrement (Landénien par exemple) une correspondance peut être faite entre le diamètre de l'effondrement attendu et sa profondeur.

Classe d'intensité	Diamètre du cratère (Φ)	Profondeur du cratère (L)
très limitée	Effondrement auto-remblayé (profondeur centimétrique)	
limitée	$< 3 \text{ m}$	$< 0,5 \text{ m}$
modérée	$3 \text{ m} < \Phi < 10 \text{ m}$	$0,5 \text{ m} < L < 2 \text{ m}$
élevée	$\Phi > 10 \text{ m}$	$L > 2 \text{ m}$

Par exemple, un effondrement localisé dont le diamètre en surface est inférieur à 3 m correspond à un cratère de moins de 50 cm de profondeur si l'angle des talus du cratère est proche de 45°.

9.2 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 serrements, 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.

Annexe 5 : Phase informative concernant les mines de fer de l'Avesnois Rapport INERIS DRS-06-80079/R01

Remarque 1 : une erreur s'est glissée dans le rapport INERIS relativement au nombre de communes concernées par les exploitations : 62 et non pas 59.

Remarque 2 : les 17 sites ayant fait l'objet de déclaration de travaux identifiés comme des communes ne correspondent pas tous à des communes mais, pour un certain nombre d'entre eux, vraisemblablement à des lieux-dits ou des communes dont l'orthographe a été modifiée.

Remarque 3 : La commune de Petit-Fayt, non prise en compte dans le rapport, est en fait concernée par un aléa effondrement localisé de niveau très faible assimilé à du tassement. Cet aléa, résultant de l'exploitation de la mine jaune, n'impacte aucun enjeu pour la commune de Petit-Fayt.

Remarque 4 : La BD Topo IGN utilisée pour la réalisation des cartographies contenait une donnée erronée concernant la dénomination de la commune de Wallers-en-Fagne. Il en résulte que cette commune a été nommée « Wallers-Trélon » à plusieurs reprises dans le rapport.

RAPPORT D'ÉTUDE
DRS-06-80079/R01

12/12/2006

Phase informative concernant les mines de fer du
Nord Pas-de-Calais

Phase informative concernant les mines de fer du Nord Pas-de-Calais

Direction des Risques du Sol et du Sous-sol

GEODERIS

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Vincent MARTINET

PREAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Nicolas PILCH et Aude NACHBAUR	Xavier DAUPLEY	Mehdi GHOREYCHI
Qualité	Technicien et Ingénieur à l'Unité Risques Géotechniques liés à l'exploitation du Sous-sol de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol	Responsable de l'Unité Risques Géotechniques liés à l'exploitation du Sous-sol de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol	Directeur de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

1. CONTEXTE ET OBJECTIF	5
2. RECUEIL DES INFORMATIONS ET DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES .	7
2.1 Recueil des informations	7
2.1.1 Recherche d'archives	7
2.1.2 Documents de référence.....	7
2.1.3 Recueil de témoignage	7
2.1.4 Visite du site.....	8
2.2 Documents cartographiques disponibles.....	8
2.2.1 Mine Jaune	8
2.2.2 Mine Rouge.....	8
3. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE	11
3.1 Situation géographique.....	11
3.2 Contexte géologique.....	11
3.2.1 Le minerai Couvinien (ou Eifélien) ou Mine Rouge	11
3.2.2 Le minerai d'alluvions ou Mine Jaune	12
3.2.2.1 Formation géologique du minerai	12
3.2.2.2 Le minerai exploité	12
3.2.3 Terrain de recouvrement.....	12
3.2.4 Affleurements.....	13
3.3 Contexte économique.....	13
3.4 Contexte administratif.....	13
3.5 Contexte hydrogéologique.....	14
4. EXPLOITATION SOUTERRAINE.....	17
4.1 Méthode d'exploitation.....	17
4.1.1 Mine Jaune	17
4.1.2 Mine Rouge.....	17
4.2 Production de minerai.....	19
4.2.1 Mine Jaune	19
4.2.2 Mine Rouge.....	21
4.3 Descriptifs des travaux de la Mine Rouge par concession	21

4.3.1 Concession de Trélon Ohain	21
4.3.2 Concession de Glageon (ou de Couplevoie)	21
4.3.3 Concession de Pizons	22
4.3.4 Concession de Fourmies	22
4.3.5 Concession de Féron.....	23
4.4 Ouvrages débouchant en surface	23
4.4.1 Les galeries.....	23
4.4.2 Les puits	23
4.4.3 Mode de traitement des puits.....	24
4.5 Localisation des exploitations.....	24
4.5.1 Travaux à moins de 50 mètres.....	24
4.5.2 Enveloppe de travaux	25
4.6 Désordres connus affectant les ouvrages débouchant en surface	25
4.7 Eléments relatifs au gaz de mine	25
4.8 Terrils et excavations à ciel ouvert	25
5. SYNTHESSES DES RESULTATS.....	27
5.1 Synthèse des investigations de terrains menées par l'Ineris	27
5.2 Récapitulatifs des exploitations par communes.....	27
5.3 Principe des rendus cartographiques	31
5.3.1 Système d'information géographique.....	31
5.3.2 Incertitude cartographique	32
6. IDENTIFICATION DES ALEAS	33
7. DOCUMENTS CONSULTÉS	35
8. LISTE DES FIGURES ET ANNEXES	37

1. CONTEXTE ET OBJECTIF

Sur le département du Nord (59), deux minéralisations en fer de la région de l'Avesnois ont fait l'objet de travaux miniers de productions notables. Ils ont été exploités respectivement sous l'appellation « Mine jaune » (minerai géodique du Wealdien) et « Mine rouge » (minerai en couche du Couvinien).

Si la date du début des travaux est inconnue (antérieure à 1733), leur arrêt définitif se situe autour des années 1880. 59 communes des arrondissements de Maubeuge et Avesnes sont concernées par des exploitations où les travaux ont été significatifs.

En vue de l'évaluation des risques miniers résiduels, la DRIRE du Nord Pas-de-Calais a sollicité auprès de GEODERIS, la réalisation, dans un premier temps, d'une phase informative et d'identification des aléas à retenir. GEODERIS a souhaité confier la réalisation de cette étude à l'INERIS.

Le présent rapport synthétise l'ensemble des informations et observations de terrain nécessaires à l'évaluation des aléas d'origine minière. Les cartes informatives en annexe et les tables MapInfo correspondantes synthétisent ces données.

2. RECUEIL DES INFORMATIONS ET DOCUMENTS **CARTOGRAPHIQUES**

2.1 RECUEIL DES INFORMATIONS

2.1.1 RECHERCHE D'ARCHIVES

Afin de rassembler les informations relatives à ces exploitations, les Archives Départementales à Lille et les Archives Nationales à Paris ont été consultées les 19 et 28 juin 2006. Les fonds retrouvés sont constitués majoritairement par des lettres et des rapports d'Ingénieur des Mines ou des Travaux Public de l'Etat. Ils conservent surtout la monographie de 1871 de A. Meugy [3].

Les documents du Service de l'Inspection des Carrières Souterraines ont également été consultés à Douai, le 27 juillet 2006.

Les autres structures habituellement interrogées dans la région Nord-Pas de Calais, le Centre de Ressources documentaires du Centre Historique Minier de Lewarde ainsi que le Centre des archives du monde du travail à Roubaix, ne disposent d'aucune information sur ces exploitations.

2.1.2 DOCUMENTS DE REFERENCE

L'INERIS s'est appuyé principalement sur la monographie d'A. Meugy [3] décrivant l'intégralité des secteurs ayant été exploités jusqu'en 1851, soit sur un total de 57 communes. Cette étude est la seule source d'information synthétique et précise disponible sur la Mine Jaune.

Quant au rapport réalisé par le BRGM, en octobre 1997, à la demande de la DRIRE Nord Pas-de-Calais [2], il a servi de référence pour les 11 communes étudiées à l'époque, soit Boussois, Damosies, Féron, Ferrière-la-petite, Fourmies, Glagéon, Ohain, Roussies, Sars-Poterie, Trélon et Wallers-Trélon. Ce territoire recouvre notamment l'intégralité de la zone occupée par les exploitations de la Mine Rouge.

Les informations rassemblées dans la note du SDICS de 1977 ont permises de collecter certaines données complémentaires sur 4 communes, à savoir Leval, Saint-Hilaire-sur-Helpe, Pont-sur-Sambre et Monceau Saint-Waast.

La liste détaillée des documents consultés est disponible au § 7.

2.1.3 RECUEIL DE TEMOIGNAGE

EN 1997, le BRGM avait mené une campagne complète d'investigation auprès des 11 communes citées ci-dessus dont les résultats seront repris dans la présente étude.

Au vu du peu d'information disponible et de l'absence totale de plan des exploitations de la Mine Jaune, une recherche de témoignage s'est imposée dans les autres communes. Il a donc été effectué une enquête téléphonique auprès de chaque mairie, avec, dans la mesure du possible, un entretien avec le maire, ses adjoints, un responsable des archives communales ou un féru d'histoire locale. Sans garantir l'exhaustivité des témoignages, il reste indéniable que les réactions sont identiques et mettent en exergue notamment :

- la méconnaissance de l'existence de ces exploitations sur la majorité des communes ;
- l'absence totale de vestige connu ;
- l'absence de désordres d'origine minière.

La convergence des témoignages semble confirmer, d'une part le peu d'ampleur de ces exploitations et, d'autre part, l'absence de trace sur le terrain.

2.1.4 VISITE DU SITE

L'expertise de terrain s'est déroulée sur plusieurs semaines au cours de l'été 2006 et a été assurée par N.PILCH de l'INERIS. Outre l'appréhension du contexte et des enjeux, ces visites avaient pour but de rechercher la trace des anciennes exploitations, principalement à partir des noms de lieux-dits évoqués par Meugy.

La plupart du temps, l'expertise a révélé l'absence totale de vestige dans les secteurs indiqués. Quant aux quelques dépôts, ouvrages ou mouvements de terrain éventuellement attribuables à l'exploitation minière, ils ont été repérés au GPS et reportés sur les cartes en annexe.

2.2 DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES DISPONIBLES

L'incertitude de positionnement attribuée à ces documents cartographiques est discutée au § 5.3.2.

2.2.1 MINE JAUNE

Aucun plan n'a jamais été retrouvé sur la Mine Jaune.

Les indices de localisation des secteurs exploités en Mine Jaune sont donnés par le recoupement de plusieurs sources de données géographiques :

- la carte géologique de A. Meugy au 1/200 000^{ème} (figure 1). Elle a permis d'avoir une vue d'ensemble de la répartition du minerai et d'extrapoler les secteurs d'exploitations probables de la Mine Jaune à l'échelle du département ;
- les indications de A. Meugy, principalement les noms de lieux-dits détaillés par communes. Ces lieux sont ensuite repérés sur le terrain grâce aux indications de l'IGN ou à celles données lors des enquêtes auprès des habitants ;
- dans certaines communes, la Banque des données du Sous-Sol (BSS) localise précisément un gîte de minerai de fer. Ainsi, 25 gîtes ont été localisés dont les références sont données en annexe 2, par communes. Notons que ces coordonnées sont des moyennes de points dont la représentativité est incertaine.

2.2.2 MINE ROUGE

En complément des renseignements de Meugy, nous disposons de plans issus des Archives Départementales (figures 2 à 5), dont les dates s'échelonnent entre 1824 et 1851. Outre la délimitation des concessions, ils localisent surtout certains puits d'extraction.

Les travaux de géoréférencement et d'orthorectification ont été réalisés avec l'assistance du logiciel ERMAPPER 6.4. A défaut d'ouvrages visibles en nombre suffisant pour caler les plans, ce sont les repères topographiques de l'IGN (routes, carrefour, anciennes maisons...) qui ont été utilisés comme points de référence.

Les fichiers orthorectifiés ont ensuite été transférés sous MAPINFO® 7.5.

3. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE

3.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Les exploitations de fer du département du Nord (59) se localisent dans l'Avesnois, entre les agglomérations de Maubeuge au nord et de Fourmies au sud. Elles occupent le territoire d'une cinquantaine de communes : 57 communes étaient concernées par ces exploitations en 1851 [3] et d'après l'étude bibliographique réalisée aux Archives Départementales, 20 autres communes auraient également fait l'objet de déclaration de travaux entre 1851 et 1862.

Les principaux gîtes se trouvent au sud de la Sambre, excepté quelques-uns sur la rive gauche de la rivière en aval de Maubeuge. Le territoire est majoritairement occupé par des terrains agricoles et de grandes forêts, caractérisé par un habitat dispersé excepté quelques villages. Les principales agglomérations se localisent le long de la Sambre.

3.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

Les minerais de fer exploités sont de nature géologique différente. L'un est un minerai couvinien, déposé au Dévonien alors que l'autre est un minerai d'alluvions contemporain de la formation wealdienne.

3.2.1 LE MINERAI COUVINIEN (OU EIFELIEN) OU MINE ROUGE

Le minerai exploité dans le cadre de la Mine Rouge est rattaché à l'étage du Couvinien (Eifélien) de la formation dévonienne. D'une extension très limitée, ces minerais ne sont connus qu'au sud-ouest du massif de l'Ardenne, depuis la région de Trélon jusqu'en Belgique [6].

Le Couvinien comprend deux formations :

- l'assise du Couvin au sommet, formée de schistes et de calcaires à calcéoles lenticulaires en alternances, les calcaires pouvant constituer toute la formation dans la région d'Ohain ;
- l'assise de Bure, calcaire prédominant et schistes calcarifères surmontés par un lit de fer oligiste à débris coquilliers calcaireux.

L'exploitation a porté sur ce minerai de fer oligiste réparti en couches régulières, orientées est-ouest et plongeant vers le nord avec un pendage entre 45° et 68°. Les couches sont calcaireuses mais non oolithiques même si leur aspect grenu porte à confusion.

D'une épaisseur moyenne de 2,50 m, le Grand Train de Mine Rouge est la couche la plus puissante, principalement exploitée. Les anciens ont également fait quelques travaux dans une seconde couche, parallèle et beaucoup moins épaisse (décimétrique).

3.2.2 LE MINERAI D'ALLUVIONS OU MINE JAUNE

3.2.2.1 FORMATION GEOLOGIQUE DU MINERAI

Le minerai d'alluvions est contemporain du Wealdien, formation fluvio-lacustre du début du Néocomien mais découle du plissement du terrain anthracifère. Sa formation a été décrite par Meugy dans un article des Annales des Mines [4].

Le terrain anthracifère comprend différents faciès dont, par ordre d'ancienneté, les systèmes quartzoschisteux inférieurs (poudingue de Burnot), calcareux inférieurs (calcaire de Givet), quartzoschisteux supérieurs (psammites du Condros) et calcareux supérieurs (calcaire de Visé). Dans le territoire étudié, les schistes et calcaires anciens prédominent.

Avant le dépôt du minerai, le terrain anthracifère a subi d'importantes compressions, donnant lieu à des plissements et occasionnant des fractures parallèles à la direction du plissement (et notamment entre des couches géologiques différentes, comme les schistes et les calcaires). Les minerais ont été déposés à l'époque wealdienne dans les cavités résultant de cette déformation, en même temps que les sables, graviers et glaises caractéristiques de la formation wealdienne. Ces derniers sont probablement le résultat de la désagrégation et la décomposition des poudingues et des schistes du terrain anthracifère.

Ainsi, le minerai repose directement en stratification discordante sur les roches du terrain anthracifère ou se trouve encaissé dans les fentes et cavités de ce terrain, notamment entre le schiste et le calcaire. Répandus à peu près uniformément, le minerai pourrait être assimilé à tort, à une vaste nappe horizontale.

3.2.2.2 LE MINERAI EXPLOITE

Le minerai de fer du Wealdien a été exploité sous l'appellation de « Mine Jaune ».

Ce minerai se trouve habituellement en amas cunéiformes et allongés parallèlement à la direction des couches calcaires et schisteuses du terrain anthracifère, soit E.10°N à O.10°S et présentant leur plus grande dimension dans la partie supérieure [5] (10 à 15 m de largeur maximale d'après Meugy [4]). Outre ces amas, trois pseudo-couches ont été identifiées : Mine Jaune du Midi, Train intermédiaire et Train du Nord.

Si le minerai exploité est principalement du fer hydroxydé (géodique), d'autres sont présents, notamment un minerai carbonaté qui diffère par sa texture et sa composition. Généralement, le fer carbonaté, pyriteux, se rencontre en masse compacte surtout dans la profondeur des gîtes, tandis que le fer hydroxydé géodique domine à la partie supérieure, mêlé à d'abondantes matières stériles [4].

3.2.3 TERRAIN DE RECOUVREMENT

Décrit par Meugy [4], les formations rencontrées avant d'atteindre le Wealdien sont :

- les alluvions quaternaires et une couche d'argile superficielle (ou limon) ;
- le terrain tertiaire inférieur, connu sous le nom d'argile plastique. Il est caractérisé par des bandes de sable et de glaise, exploitées dans de nombreuses carrières ;
- le système marneux du terrain de la craie. Les marnes grises, jaunes, bleuâtres ou verdâtres (dièves) sont glauconifères à la partie inférieure ;

- le greensand (ou sable vert) inférieur. Il consiste en du sable plus ou moins argileux, de couleur vert foncé.

Chacune de ces formations a une épaisseur très variable et peut même manquer en totalité. Les descriptions par commune de Meugy (§ 5) révèlent des recouvrements variant principalement entre 5 et 15 m d'épaisseur et dont la nature est essentiellement argileuse, sableuse ou limoneuse.

L'étendue de la zone exploitée ne permet pas de donner d'ordre de grandeur significatif. Notons cependant l'absence de bancs raides et le peu de cohérence générale des terrains de recouvrement.

3.2.4 AFFLEUREMENTS

La couche principale de la Mine Rouge affleure au sud du canton de Trélon, traversant d'ouest en est les communes de Féron, Wignehies, Glageon, Trélon, et Ohain sur plus de dix kilomètres avant de se poursuivre en Belgique. Cet affleurement est représenté sur la carte générale (annexe 1) à partir des indications données par la carte géologique de Meugy (figure 1) et par les plans des différentes concessions (figures 3 à 5).

Le minerai d'alluvion se répartit de manière plus aléatoire, comme le confirme son mode de formation décrit dans le paragraphe 3.2.2.1. Néanmoins, l'affleurement des trois pseudo couches de la Mine Jaune est représenté sur la carte générale (annexe 1) à partir des indications données par les plans des différentes concessions (figures 2 et 3). Ces lignes sont parallèles à celles de l'affleurement de la Mine Rouge.

3.3 CONTEXTE ECONOMIQUE

Les principales usines françaises approvisionnées par ce minerai sont les hauts-fourneaux de coke de Maubeuge, Denain, Ferrière-la-Grande et Aulnois-les-Berlaimont, ainsi que les hauts-fourneaux de charbon de bois de Sars-Poterie, Fourmies et Trélon [5].

A proximité, en Belgique, il existe une quarantaine de hauts-fourneaux de charbon de bois établis entre la frontière française et les environs de Liège, approvisionnés par des minerais de fer semblables.

3.4 CONTEXTE ADMINISTRATIF

Tout au long de l'exploitation, il existera un différent entre le cadre législatif de la Mine Jaune et celui de la Mine Rouge. En effet, le minerai d'alluvion n'était pas concessible et était exploitable par le propriétaire de la surface, sous le régime des minières. Ce point est explicité dans une lettre du Conseiller d'état au Préfet du Nord de 1834 [13] indiquant qu'« *en effet, la nature du minerai, sa disposition en amas peu considérable, disséminé irrégulièrement dans une bande argileuse [...] et qui présente fréquemment de vastes intervalles stériles, ne permettent point d'établir un système de travaux régulier et souterrain, système indispensable pour instituer une concession* ». Malgré ces différences, ces deux minerais sont aujourd'hui régis par la législation sur les mines. Les six concessions existantes concernent donc

uniquement la Mine Rouge ; leurs caractéristiques sont synthétisées dans le tableau 1.

Bien que la concession de Wigneihies soit citée dans les archives, nous n'avons pas trouvé de données sur l'exploitation ou l'existence de puits s'y rapportant.

Une demande de concession de mine de fer a été déposée en 1823 sur la commune de Cartignies et sur les communes voisines mais les lettres suivantes reprochent au demandeur, Mr Désiré Mary, le manque de preuve quant à l'existence du minerai [10]. Au regard de ces remarques et du peu de documents la concernant, cette concession ne semble donc pas avoir été accordée.

Notons une demande de fouille déposée par Mr. Walckiers en 1783 à 4 lieues de distance de Trélon pour la découverte « *du charbon de terre, de plomb et de cuivre* » [16]. Il est envisageable que l'exploitabilité du minerai de fer ait été prouvée à l'issue de cette prospection. Toutefois, la demande de concession aurait été rejetée en 1830 (cf. § 4.3.2).

3.5 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Nous ne disposons d'aucune étude hydrogéologique du bassin. Depuis la fin de ces exploitations en 1880, nous pouvons considérer que la situation hydrogéologique est désormais stabilisée.

Une nappe aquifère de faible importance existe à la base des limons ou des sables tertiaires reposant, en général, sur l'argile à silex ou sur les marnes turoniennes imperméables. Elle donne naissance à de nombreuses petites sources qui alimentent des ruisseaux à faible débit. Une nappe plus abondante se tient dans la craie du Turonien supérieur [19].

Au vu de la discontinuité des exploitations et du peu de vides miniers suspectés d'après les remblayages évoqués, il est fort probable que les exploitations minières n'aient pas perturbé le régime hydraulique à long terme.

Compte tenu de la topographie et des observations de terrains (cuvette remplie d'eau), on peut estimer que l'essentiel des travaux sont noyés.

Concession	Surface (ha)	Concessionnaire	Attribution	Déchéance	Annulation	Arrêt des travaux	Communes concernées
Trélon-Ohain	1600	Comte de Mérode	décret du 19/04/1811	-	-	1880	Trélon Ohain Wailers-Trélon
Glageon	275	M. Leroy et Mme Veuve Hufty puis cession aux forges de Sougland	Ordonnance royale du 19/04/1825	03/12/1929 (Sougland)	20/02/1962	1877	Glageon
Féron	250	M. Leroy et Mme Veuve Hufty puis cession aux forges de Sougland	Ordonnance royale du 25/10/1825	03/12/1929 (Sougland)	20/02/1962	Date d'arrêt inconnue	Féron
Fourmies	275	M. Leroy et Mme Veuve Hufty puis cession aux forges de Sougland	Ordonnance royale du 25/07/1827	03/12/1929 (Sougland)	01/02/1962	Mine Jaune jusqu'en 1860	Fourmies
Pizons	123	M. Hanoir, Serret, Pillon et Cie, Hauts fourneaux du Nord Senelle-Maubeuge	Ordonnance royale du 12/10/1841	-	01/05/1906	Date d'arrêt inconnue	Wignehies Fourmies
Wignehies	268	Société Denain Anzin	décret du 13/06/1866	-	06/01/1902	Aucuns travaux connus	Wignehies

tableau 1 : Situation administrative des concessions de fer existantes dans le département du Nord

4. EXPLOITATION SOUTERRAINE

4.1 METHODE D'EXPLOITATION

4.1.1 MINE JAUNE

250 à 300 amas plus ou moins irréguliers ont été exploités sous ce non générique, à ciel-ouvert ou en souterrain.

L'Ingénieur des Mines Drouot a détaillé l'exploitation du minerai de fer d'alluvion dans une notice de 1841 [5]. Jusqu'à 3 m de recouvrement, elle se faisait à ciel-ouvert (minière) avec une ouverture de 10 à 15 m et jusqu'à 15-20 m de profondeur. La production des minières variait de quelques mètres cubes à 300-400 m³.

Au-delà de 3 m de recouvrement, l'exploitation se menait par puits qualifiés dans les écrits de « *non permanents* », d'1 m de diamètre et boisés sommairement. Le premier puits est foré jusqu'au mur du gîte et les suivants sont distants de 20 m. L'exploitation se pratiquait ensuite par tranches montantes remblayées à l'aide de galeries d'un mètre de largeur, d'une longueur maximale de 10 m à partir du puits.

Si les minières en Mine Jaune sont généralement peu profondes (entre 10 et 20 m), une valeur maximale de 50 m est évoquée à propos des extractions sur la commune de Colleret : « *on peut citer comme un fait exceptionnel la profondeur de 49 m qu'ont atteint les travaux de la minière* » [3].

Ces exploitations étaient remblayées au moyen d'un puits à remblais (dit d'éboulement), foncé à proximité du puits d'extraction. Les remblais étaient fournis soit par les stériles soit par les couches argileuses de la surface, dont l'éboulement était provoqué au moyen de galeries montantes appuyées sur le mur du gîte et qui rejoignait ce puits [3]. Meugy juge ce système économique car il épargnait des frais de transports. Les exploitants s'élevaient ainsi sur les remblais jusqu'à la tête du gîte en ayant soin de laisser un pilier intact autour du puits d'extraction. En 1853, l'exploitation de la Mine Jaune demandée dans le Bois de Tréhon est obtenue sous l'engagement de « *remblayer et niveler le mieux possible le terrain exploité et de le recouvrir de terre végétale dont les travaux auraient exigés l'enlèvement* » (rapport de l'Ingénieur de 1854, [14]).

Ainsi, les travaux de la Mine Jaune semblent avoir été majoritairement remblayés, ce qu'a semblé confirmer l'investigation de terrain de l'INERIS et celle du BRGM en 1997.

4.1.2 MINE ROUGE

Rappelons que cette mine a été exploitée sous couvert de 6 concessions, parmi lesquelles, celles de Trélon-Ohain et Glagéon ont été particulièrement actives.

La Mine Rouge a été exploitée par tranches montantes remblayées (gradins renversés) nécessitant le creusement de rangées de puits, de diamètre de l'ordre de 2 à 2,50 m et de 30 à 60 m de profondeur.

D'après une lettre au Préfet de 1842 [15], l'exploitation était menée par des galeries boisées de 1,50 m à 2 m de hauteur sur 1,50 m de largeur. Il pouvait y avoir 4 galeries par étages, permettant ainsi « *d'exploiter sur une hauteur de 60 m environ, le Grand Train de Mine Rouge, avec 5 étages d'exploitation entre lesquels on laissera des massifs d'une égale hauteur, que l'on reprendra ensuite facilement et sans danger en commençant par celui qui sera la plus bas* ».

Ils s'élevaient ensuite par étage successif jusqu'à la hauteur des anciens travaux en remblayant les vides inférieurs avec les matières stériles mélangées au minerai, comme indiqué figure A. Ces « *anciens travaux superficiels* » sont très souvent évoqués laissant suggérer des exploitations espacées dans le temps.

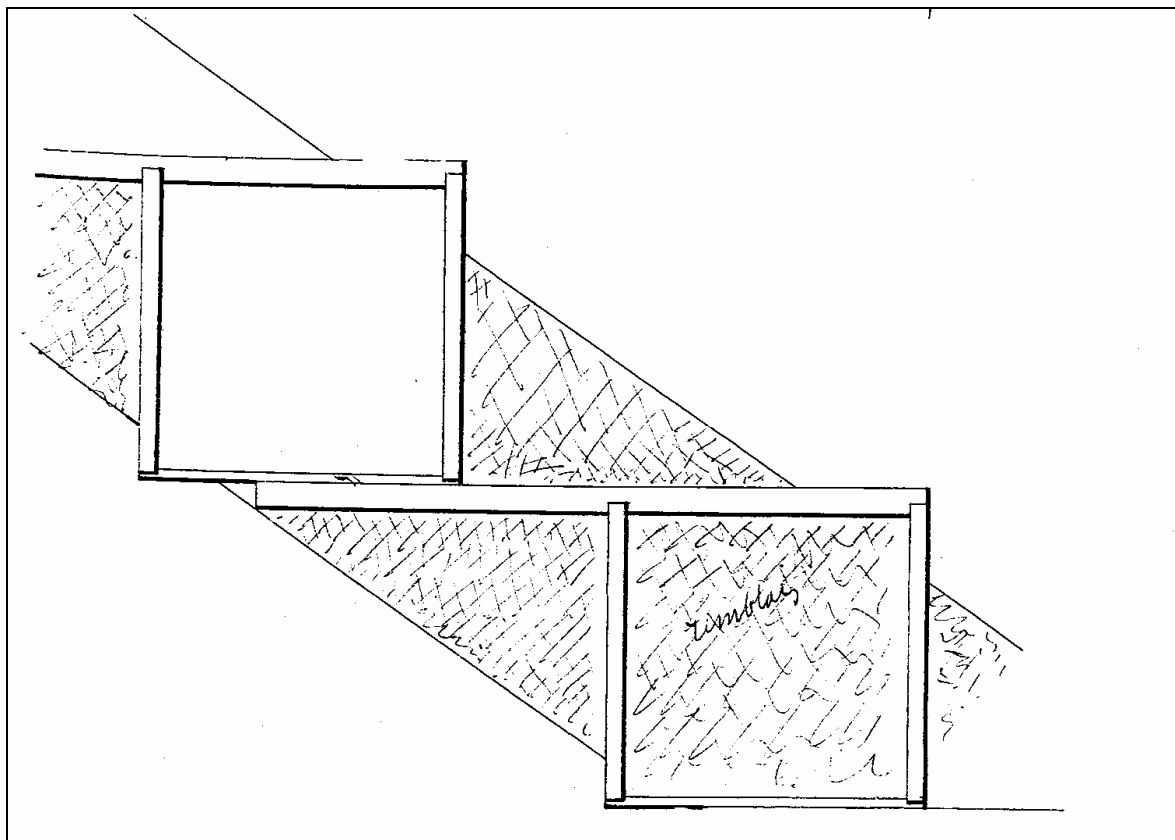


figure A : Schéma de l'exploitation par tranches montantes remblayées

Les toits et mur sont formés par des schistes bleuâtres, résistants de prime abord mais qui deviennent friables quelques temps après leur mise à nu.

Les puits sont espacés de 120 à 200 m desquels partent de part et d'autre des galeries de 60 à 100 m de longueur suivant la direction de la couche. Il n'y a donc jamais que deux chantiers placés symétriquement par rapport au puits d'extraction, comme l'indique la figure B. Quand le champ d'exploitation d'une fosse est épuisé, un nouveau puits est creusé, relié à la mine par une percée horizontale.

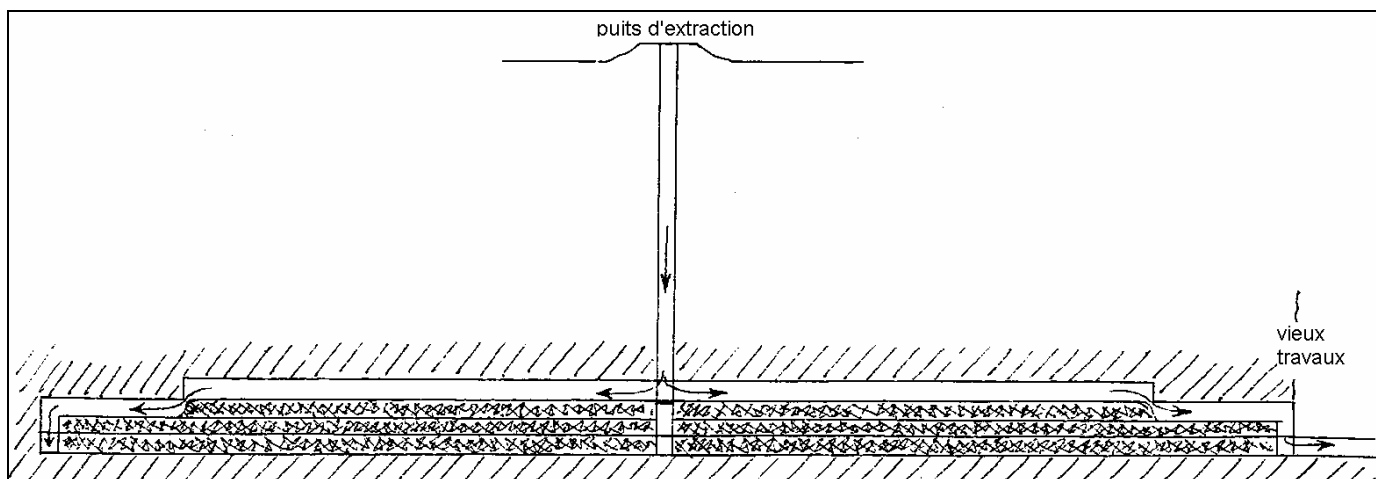


figure B : coupe schématique de l'exploitation, par chantiers symétriques [3]

L'exploitation par gradins renversés de Glagéon diffère légèrement de cette description. Au lieu d'être placés de part et d'autre de la fosse et au même niveau, les deux chantiers d'exploitation sont placés du même côté et l'un au-dessus de l'autre avec 2 à 3 m de décalage. Le minerai descendait par gravité dans la galerie inférieure et une galerie de roulage était foncée pour 4 étages [2].

Dans la concession de Trélon, l'exhaure est assurée par une galerie d'écoulement débouchant au jour et reliant les puits les uns aux autres et dans celle de Glagéon, par une machine à vapeur.

A Glagéon comme à Trélon, d'après les écrits, l'aérage laissait à désirer ; les fosses d'extraction ne communiquaient entre elles que par la galerie d'écoulement de laquelle le courant d'air se répandait par diffusion dans les galeries qui pouvaient atteindre jusqu'à 100 m de longueur.

4.2 PRODUCTION DE MINERAI

4.2.1 MINE JAUNE

La production journalière de chaque puits variait de 4 à 8 m³ [3]. Le tableau suivant établit le classement des volumes ayant été extraits sur chaque commune jusqu'en 1851.

Nom de la commune	Production (m3)
Saint Hilaire-sur-Helpe	127 205
Leval	100 606
Recquignies	97 335
Beaufort	81 281
Saint Rémy Chaussée	76 383
Ferrière la grande	67 445
Hautmont	57 386
Glagéon	49 029
Ecuelin	48 142
Ohain-Trélon	45 000
Rousies	41 962
Cerfontaine	33 994
Damousies	33 940
Saint Remy mal bâti	32 960
Colleret	32 808
Eclaibes	30 572
Boussois	30 000
Marbaix	28 850
Fourmies	27 990
Dimont	22 484
Pont sur Sambre	20 646
Avesnelles	17 520
Limont Fontaine	15 684
Dompierre-sur-Helpe	13 211
Wattignies la Victoire	11 495

Nom de la commune	Production (m3)
Quiévélon	10 702
Noyelles sur Sambre	9 332
Jeumont	8 066
Maubeuge	6 904
Ferrière la petite	6 302
Cousolre	5 698
Flaumont Waudrechies	5 298
Haut lieu	4 900
Beugnies	4 854
Taisnières en Thierache	3 795
Marpent	3 467
Choisies	3 329
Saint Aubin	3 278
Floursies	2 803
Bachant	2 400
Dourlers	2 129
Assevent	1 320
Felleries	985
Obrechies	829
Solrignes	749
Solre le Château	259
Semeries	149
Sars Poteries	99
Sassegnies	90
Wallers Trélon	70
Baives	55

tableau 2 : Classement des volumes les plus significatifs ayant été extraits sur chaque commune jusqu'en 1851 d'après Meugy

4.2.2 MINE ROUGE

Peu de données indiquent des valeurs globales de la quantité de minerai extraite.

A Trélon-Ohain, l'extraction journalière moyenne de la Mine Rouge était de 120 à 140 barils (soit environ 4 tonnes, avec une capacité de 30 kilos par baril) [8]. L'extraction annuelle atteint 1200 tonnes entre 1844 et 1847. A Glagéon, l'extraction journalière moyenne était de 200 à 280 barils de Mine Rouge (soit environ 6 à 8 tonnes).

4.3 DESCRIPTIFS DES TRAVAUX DE LA MINE ROUGE PAR CONCESSION

4.3.1 CONCESSION DE TRELON OHAIN

L'exploitation régulière de la mine de Trélon débute en 1780, dans la partie orientale de la commune, initialement à 700 ou 800 m à l'est du centre du village, un peu au nord des affleurements et est parvenue jusqu'à 500 m environ à l'ouest du village d'Ohain. L'exploitation est suspendue en 1849, à la 17^{ème} fosses. Après une longue période d'inactivité, les travaux auraient été repris en 1872 [11]. Mis à part l'évocation de travaux de recherche effectués par Mr Morel pendant l'automne 1869, aucun autre document n'évoque ou n'atteste de l'ampleur de cette exploitation tardive.

La seule couche exploitée en 1852 est le Grand Train de Mine Rouge, de 2 m de puissance moyenne. Les anciens ont également fait quelques travaux dans la seconde couche qui est beaucoup moins épaisse que la première.

Un plan de la concession de Trélon au 1/20 000^{ème} de 1851 (figure 2) localise ces 17 puits, alignés au nord de la zone d'affleurement entre l'étang de la rue des haies et le trou Beaumont, le n°17 [2].

D'après un rapport d'Ingénieur des Mines du 28/04/1846, on retiendra que, dans la concession de Trélon, les puits :

- ont une section rectangulaire de 2 m par 1,5 m ;
- ont une profondeur de 40 à 45 m ;
- sont boisés ;
- sont conservés pendant toute la durée de l'exploitation.

Notons un incident de nature environnementale relaté aux Archives Départementales [11]. Pendant les travaux de mise en exploitation, plusieurs puits du village d'Ohain ont été taris et le fait a été attribué au jeu des pompes d'épuisement dans un puits à 700 m environ du village. A cela, s'ajoutait un dérèglement qualitatif lié à l'influence du minerai de fer confirmé par une lettre de l'Ingénieur des Mines en 1873, « *l'eau de ces fontaines est très fortement colorée en rouge et est absolument impropre à la plupart des usages domestiques* ».

4.3.2 CONCESSION DE GLAGEON (OU DE COUPLEVOIE)

Des filons de houille de 30 cm d'épaisseur ont été découverts dans le hameau de Couplevoie (notamment dans la propriété de Jacques Lebrun) à 60 cm de la surface. Aux Archives Nationales, il est évoqué deux fouilles de 7 m de profondeur [16]. Une demande de concession de houille déposée par les frères Huffty en 1830, a été

rejetée suite à une visite des Ingénieurs sur le site, par manque d'indice de combustible [16].

D'après A. Meugy, on a exploité au hameau à Couplevoie la couche de Mine Rouge dont l'affleurement passe à 100 m environ de la ligne de contact entre le calcaire inférieur et les schistes rouges et verdâtres dans lesquels elle se trouve comprise. En 1842, la profondeur de la fosse est de 60 m [17]. En 1859, la Mine Rouge et 3 couches de Mine Jaune sont exploitées.

Un plan de la concession de Glagéon au 1/10 000^{ème} (figure 3) daté de 1824 montre l'emplacement de 23 puits, dont 4 le long de l'affleurement de la Mine Rouge. Les autres ouvrages concernent la Mine Jaune.

4.3.3 CONCESSION DE PIZONS

Meugy n'évoque aucuns travaux sur cette concession, alors qu'il existait déjà des puits lors de la rédaction de son état des lieux en 1852. Une coupe sur la concession de Pizons fait état de deux puits en 1842 sans qu'il ne soit possible de les localiser. Pourtant dans les PV suivants jusqu'en 1861, l'Ingénieur des Mines déclare qu'aucuns travaux n'ont jamais été entrepris sur cette concession. Ainsi, s'ils ont existé, ces travaux ont été très limités et se situent probablement sur l'affleurement de la Mine Rouge qui traverse la concession. La couche qui aurait été exploitée est donc le prolongement ouest de celles exploitées dans les concessions voisines.

4.3.4 CONCESSION DE FOURMIES

Un plan de la concession de Fourmies de 1829 (figure 4) montre seulement 2 puits le long de l'affleurement de la Mine Rouge ainsi que 13 puits projetés. Trois autres ouvrages concernent la Mine Jaune. En 1843, le seul minerai exploité est la Mine Jaune, par une exploitation semblable à celle de Trélon.

Plus tard, plusieurs PV de visite (1846, 1848) déclarent que « *la couche Mine Rouge n'existe pas dans cette concession qui renferme seulement quelques amas de Mine Jaune qu'on exploite par petits puits non permanents* » (PV de 1848 [18]) et qui sont étudiés dans la commune de Fourmies (cf. annexe 2).

En 1859, il est cité la présence de puits et galeries soit dans des propriétés privées (dont celle de Mme Legrand) soit dans la forêt communale de Fourmies. Ces exploitations ont été considérées dans un PV de 1859 [18] comme la tête du filons de Mine Rouge et dans d'autres comme des Mines Jaunes. Ces puits atteignent 15 m de profondeur.

Les descriptions d'archives ne permettent pas de définir précisément l'exploitation de Fourmies. Notons cependant que la présence de Mine Rouge est en désaccord avec la représentation de l'affleurement donnée par Meugy en 1851. Attesté également par la faible profondeur des puits et les doutes soulevés par les Ingénieurs dans les PV de visite, la Mine Jaune sera considérée comme le seul minerai exploité sur cette concession.

4.3.5 CONCESSION DE FERON

Un plan daté de 1824, annexé à une demande de concession dans la commune de Féron (figure 5), fait état de l’affleurement de 3 « veines jaunes » et d’une « veine rouge » mais aucun puits ne figure sur ce plan.

D’après un PV du 14/07/1843 [17], le minerai jaune d’alluvions est le seul exploité et « depuis quelques années aucun travail d’exploitation n’y a été entrepris ». En 1856 et en 1861, l’Ingénieur des Mines déclare qu’aucuns travaux n’ont jamais été entrepris sur cette concession. Ainsi, l’ampleur des travaux est certainement limitée.

4.4 OUVRAGES DEBOUCHANT EN SURFACE

4.4.1 LES GALERIES

Ces exploitations se sont déroulées à partir de puits. D’après les documents consultés, aucune galerie ne semble déboucher en surface, excepté la galerie d’exhaure de la concession de Trélon. Nous ne connaissons pas son mode de traitement mais aucun vestige n’est visible sur le terrain.

Cette galerie d’exhaure de Trélon a été commencée en 1780, date à laquelle l’exploitation régulière de la mine de Trélon débute. Interrompue en 1792 suite à un éboulement au fond, elle a été reprise en 1802 jusqu’au jour sans interruption sur plus de 1800 m. Cette galerie de 1,2 m de section suit parallèlement la Mine Rouge à 4 ou 5 m au mur de la couche et les puits d’extraction sont creusés successivement suivant sa direction. De direction nord-ouest, elle se jette dans le rieu des hameaux sur la commune de Glagéon [2].

Il est envisageable que d’autres galeries de ce type aient existé. Suite à la campagne d’investigation, l’INERIS signale quatre d’entre elles qui auraient été localisées sur le terrain dans la commune de Marpent et Saint-Aubin : situés au point bas de secteurs exploités, des écoulements s’échappent de dépressions affectant des talus. Ces indices sont indiqués sur la carte informative (annexe 1).

4.4.2 LES PUIITS

Parmi les puits recensés, nous distinguerons :

- les puits de la Mine Jaune, d’extraction ou à remblais, généralement de faibles profondeurs et de petites sections (1 m de diamètre environ pour une profondeur n’excédant pas 50 m et généralement de 10 à 20 m). La quasi-intégralité de ces ouvrages n’a pas été repéré sur le terrain ;
- les puits d’extraction de la Mine Rouge, potentiellement plus profonds et de plus grandes sections (2 à 2,5 m de diamètre environ). La majorité des ouvrages repérés sur le terrain appartiennent à cette catégorie, localisés grâce à un fontis, ou une cuvette.

Les caractéristiques de ces ouvrages sont synthétisées dans le tableau 3 ainsi que dans une table MapInfo associée à la carte informative.

	Concession	Nombre de puits	Caractéristiques maximales	Profondeur maximale évoquée
Mine Rouge	Trélon-Ohain	17	2 à 2,5 m de diamètre	45
	Glagéon	5 en 1824		60
	Fourmies	2 en 1829		-
	Pizons	2 en 1842		-
Mine Jaune	-	Des centaines (estimation)	1 m de diamètre	50

tableau 3 : Inventaires et caractéristiques générales des puits

4.4.3 MODE DE TRAITEMENT DES PUIITS

Aucune indication sur les modalités de traitement des puits n'est disponible. Toutefois, l'investigation de terrain et les enquêtes menées par l'INERIS n'ont révélé la présence d'aucun ouvrage ouvert. A l'inverse, les observations sur le terrain ont révélé la présence de nombreuses cuvettes de 3 m maximum de profondeur et de 1 à 5 m de diamètre s'apparentant à des déboussures de remblais ou au tassement de ces derniers, principalement le long des lignes d'affleurements. Il est donc envisageable :

- que les puits de la Mine Jaune (d'extraction ou à remblais) aient été remblayés au vu de leurs faibles dimensions et de l'absence de vestige sur le terrain. Leur qualification dans les écrits de « *puits non permanents* » tend également à confirmer cette hypothèse ;
- que la majorité des puits d'extraction de la Mine Rouge ait également été remblayés d'après les observations de terrain mais qu'ils auraient pu être sujets à des déboussures ou à des tassement de remblais.

4.5 LOCALISATION DES EXPLOITATIONS

4.5.1 TRAVAUX A MOINS DE 50 METRES

La plus grande profondeur de travaux évoquée en Mine Rouge est 60 m, atteinte sur la concession de Glagéon.

Si les exploitations en Mine Jaune sont généralement moins profondes (entre 10 et 20 m), il a été cité une valeur maximale de 50 m à propos des minières de la commune de Colleret : « *on peut citer comme un fait exceptionnel la profondeur de 49 m qu'ont atteint les travaux de la minière* » [3].

A partir de ces informations, l'ensemble des travaux est considéré comme étant à moins de 50 m de profondeur.

4.5.2 ENVELOPPE DE TRAVAUX

Les indications de travaux et les investigations de terrains ne donnent que des renseignements éparses et non représentatifs de l'étendue de ces exploitations.

A l'échelle du département, l'ensemble des secteurs susceptibles d'avoir été exploités sont localisés :

- sur les gîtes de fer indiqués par Meugy sur sa carte géologique générale (figure 1) ;
- sur les gîtes de minerai de fer localisés par la Banque des données du Sous-Sol (BSS). Les références des 25 sites concernés sont données en annexe 2, par communes ;
- à proximité des lignes d'affleurements données par les plans des concessions (figures 3 à 5). Avec un pendage des couches vers le nord de 45° minimum, l'enveloppe probable des travaux est limitée à 60 m au nord des affleurements de la Mine Rouge et à 50 m au nord de ceux de la Mine Jaune [2] ;
- sur les autres indices éventuels repérés sur le terrain par l'INERIS ou cités dans les document d'archives.

L'incertitude de positionnement attribuée à ces enveloppes de travaux est discutée au § 5.3.2.

4.6 DESORDRES CONNUS AFFECTANT LES OUVRAGES DEBOUCHANT EN SURFACE

Dans une notice de 1841 [5], Drouot précise que les remblais n'étaient jamais assez compacts et que le sol s'affaissait au-dessus des exploitations du minerai de fer d'alluvions. Aucun autre désordre n'a été recensé dans les archives ou évoqué par les mairies consultées.

La plupart des fontis recensés par le BRGM en 1997 ont été attribués à des origines naturelles, de dissolution karstique principalement. A défaut de vérification in situ de leurs origines, ils sont reportés sur la carte informative (annexe 1). L'investigation de terrain de l'INERIS a révélé la présence de plusieurs dépression du sol en allure de cuvette de 2 m de profondeur maximum, également reportés sur la carte. Il reste très probable que ces désordres correspondent à d'anciens puits remblayés en Mine Jaune, sans que l'on puisse s'en assurer en l'absence de plan.

4.7 ÉLÉMENTS RELATIFS AU GAZ DE MINE

Dans les archives, il n'est fait mention à aucun moment, d'incident lié au dégagement de gaz potentiellement dangereux.

4.8 TERRILS ET EXCAVATIONS A CIEL OUVERT

L'inspection de terrain, étayée par l'analyse de la carte IGN, n'a permis de détecter aucun dépôt minier d'ampleur. Les plus importants concernent l'exploitation de la Mine Rouge de la concession de Trélon et ont été indiqués sur la carte informative (annexe 1). D'une hauteur maximale de 2 à 3 m et constitué de résidus stériles, ils sont entièrement végétalisés et ne présentent aucun risque particulier.

D'après les écrits, il aurait existé un nombre important de travaux à ciel ouvert, essentiellement en Mine Jaune. L'investigation de terrain menée par l'INERIS a relevé quelques traces de ces vestiges, comme plusieurs grandes étendues d'eau ou dépressions. D'une superficie de quelques centaines de mètres carrés, elles sont indiquées sur la carte informative (annexe 1). Les plus importantes concernent les communes de Sars-Poteries, Ferrière-la-Grande et Boussois.

5. SYNTHESES DES RESULTATS

5.1 SYNTHÈSE DES INVESTIGATIONS DE TERRAINS MENEES PAR L'INERIS

La plupart du temps, l'expertise de terrain a révélé l'absence totale de vestige dans les secteurs indiqués. Dispersés sur l'ensemble des communes, les quelques indices suspectés d'être d'origine minière sont :

- des indices d'ouvrages (4 indices de galeries et une cinquantaine d'indices de puits repérés par des effondrements principalement sur les affleurements de la Mine Rouge) ;
- quelques dépôts, principalement situés dans la concession de Trélon-Ohain ;
- des traces d'anciennes exploitations à ciel-ouvert repérées par des dépressions dont certaines sont remplies d'eau. Leur lien avec l'exploitation minière reste incertaine ;
- des mouvements de terrain éventuellement attribuables à l'exploitation minière (fontis ou cuvette d'affaissement).

Notons que certaines observations de terrain sont éloignées géographiquement des secteurs identifiés par Meugy (cf. carte en annexe 1), dont l'exactitude et l'exhaustivité des résultats ne sont pas attestées.

5.2 RECAPITULATIFS DES EXPLOITATIONS PAR COMMUNES

Suite à la recherche d'archives, les principales communes concernées par les exploitations de fer dans l'Avesnois sont au nombre de 59, comprenant celles citées par Meugy et celles exploitées en Mine Rouge. Elles ont toutes été expertisées par l'INERIS et les résultats sont détaillés par commune en annexe 2. Le tableau 3 synthétise ces informations.

18 autres communes ont fait l'objet de déclaration de travaux entre 1851 et 1862 [2], mais nous ne disposons d'aucun renseignement particulier les concernant. Il s'agit de :

- Armandy
- Banfert
- Baslieu
- Bellaing Xallers
- Bellignies
- Conde
- Dielette
- Fermies
- Grassegnies
- Hergies

- Haoudain
- Honhengier
- Maysent
- Mormal
- Nordain
- Rocq
- Tasnières sur Hon
- Waller

Il ne nous a pas été possible de mener une étude poussée sur ces communes à partir du peu de données les concernant. Au vu de la quasi-inexistence d'archives à leur sujet et du peu de traces sur les 59 communes les plus souvent citées, il est fortement suspecté une ampleur très limitée et une absence probable de risque.

Commune	Code Postal	Commune concernée par la Mine Rouge	Commune concernée par la Mine Jaune	Nombre de lieux-dits évoqués par Meugy	Observation de terrain de l'INERIS			
					Puits (ou galerie)	Terril	Désordre (fontis ou affaissement)	Carrière / Excavation
Aibes	59146		X	1				
Assevent	59600		X	1				
Avesnelles	59440		X	2				
Bachant	59138		X	2				X
Baives	59132		X	1 à 2				
Beaufort	59330		X	9				
Beugnies	59216		X	6				
Boussieres s/Sambre	59330		X	3				X
Boussois	59168		X	6				X
Cerfontaine	59680		X	6				X
Choisies	59740		X	2				
Colleret	59680		X	5				
Cousolre	59149		X	5				X
Damousies	59680		X	6				
Dimechaux	59740		X	1				
Dimont	59216		X	6				
Dompierre-sur-Helpe	59440		X	5				
Dourlers	59440		X	2				
Eclaires	59330		X	5				
Ecuelin	59620		X	11				X
Felleries	59740		X	1				
Féron	59610	X	X	-	X			
Ferrière la grande	59680		X	8				X
Ferrière la petite	59680		X	8				X
Flaumont Waudrechies	59440		X	1 à 2				
Floursies	59440		X	2 à 3				
Fourmies	59610	X	X	2				
Glagéon	59132	X	X	4	X			
Haut lieu	59440		X	1				
Hautmont	59330		X	6				
Jeumont	59460		X	6	X	X	X	X

Commune	Code Postal	Commune concernée par la Mine Rouge	Commune concernée par la Mine Jaune	Nombre de lieux-dits évoqués par Meugy	Observation de terrain de l'INERIS			
					Puits (ou galerie)	Terril	Désordre (fontis ou affaissement)	Carrière / Excavation
Leval	59620		X	5				
Lez Fontaine	59740		X	1				
Limont Fontaine	59330		X	2				
Marbaix	59440		X	5				
Marpent	59164		X	2	X			
Maubeuge	59000		X	1 à 2				
Monceau Saint Waast	59620		X	7				
Noyelles sur Sambre	59550		X	4				
Obrechies	59680		X	2				
Ohain	59132	X	X	-	X		X	
Pont sur Sambre	59138		X	3				
Quiévélon	59680		X	4				
Recquignies	59245		X	4				
Rousies	59131		X	1				
Saint Aubin	59440		X	2	X			
Saint Hilaire sur Helpe	59440		X	9				
Saint Remy Chaussée	59620		X	8				X
Saint Remy mal bâti	59330		X	6				
Sars Poteries	59216		X	3			X	X
Sassegnies	59145		X	1				
Semeris	59291		X	2				X
Solre le Château	59740		X	1				
Solrignes	59740		X	4				
Taisnières en Thiérache	59550		X	2				
Trélon	59132	X		10 à 12	X	X	X	
Walleris Trélon	59132	X	X	2			X	
Wattignies la Victoire	59680		X	3				
Wignehies	59212	X		-				

tableau 3 : Synthèse des exploitations par communes

5.3 PRINCIPE DES RENDUS CARTOGRAPHIQUES

Au vu de la diversité et de l'étendue de l'étude, plusieurs cartes ont été réalisées, soit :

- une carte au 1/40 000 représentant l'ensemble du secteur géographique étudié (annexe1). Cette échelle a été retenue afin de donner une vue d'ensemble de la répartition des différents minerais sur la région de l'Avesnois ;
- une carte détaillée pour les communes sur lesquelles il existe des indices significatifs visibles sur le terrain. Ces cartes disponibles en annexe 2, concernent les communes de Féron, Glagéon, Jeumont et Trélon.

5.3.1 SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

Les éléments reportés sur la carte informative (annexe 1) sont disponibles sous la forme d'un Système d'Information Géographique (SIG) sous MAPINFO® 7.5, au système de coordonnées LAMBERT II CARTO, composé des couches cartographiques suivantes :

- les limites de communes ;
- les limites de concessions ;
- les affleurements de la Mine Jaune ;
- les affleurements de la Mine Rouge ;
- les gîtes de minerai de fer localisés par la BSS ;
- l'emprise des travaux de la Mine Jaune comprenant :
 - les gîtes de fer localisés sur la carte géologique de Meugy (figure 1) ;
 - l'enveloppe des travaux tracée à partir des affleurements des couches de minerai ;
- l'emprise des travaux de la Mine Rouge tracée à partir des affleurements des couches de minerai ;
- l'emprise des travaux de minerai non différenciée distinguant :
 - des indices d'exploitation repérés dans les archives ou lors de l'investigation de terrain ;
 - les exploitations à ciel-ouvert repérées lors de l'investigation de terrain menée par l'INERIS ;
- les emplacements d'ouvrages (puits ou galeries) repérés par l'INERIS ou calés à partir de plans ;
- les désordres repérés par l'INERIS ou par le BRGM dans son rapport de 1997 [2] ;
- les terrils repérés par l'INERIS ;
- les cuvettes d'affaissement repérées par l'INERIS ;
- le Scan 25® de l'IGN.

Une table MapInfo rassemble ces données.

5.3.2 INCERTITUDE CARTOGRAPHIQUE

L'incertitude de positionnement d'un élément minier lu sur la carte est décomposable en :

- une incertitude propre au support cartographique utilisé ;
- une incertitude relative à l'objet cartographique (puits, affleurement, gîtes...).

En effet, le support cartographique choisi pour représenter la surface est vecteur, en lui-même, d'une erreur de positionnement, indépendante de celle relative aux éléments miniers. Le support utilisé est le Scan 25[®] de l'IGN. L'incertitude de positionnement de cet outil cartographique est évaluée à 15 – 20 m maximum.

Les quelques ouvrages ou désordres repérés par GPS bénéficient d'une incertitude intrinsèque de l'ordre du mètre. D'après le BRGM, l'incertitude des coordonnées données par la BSS peut atteindre plusieurs dizaines de mètres.

D'après l'échelle de la carte de Meugy (1/200 000^{ème}), les données issues de cette carte bénéficient d'une incertitude plus importante (cinquantaine de mètres). Quant au calage des plans de Mine Rouge, il a engendré une incertitude estimée de l'ordre d'une dizaine de mètres, impactant la position des affleurements et de certains ouvrages.

Une incertitude globale a été déterminée pour chaque objet en fonction de son incertitude propre et de l'incertitude du support cartographique (tableau 4).

	Incertitude globale
Gîtes de fer de Meugy	100 m
Affleurements	40 m
Plans des concessions	30 m
Ouvrages repérés au GPS	20 m
Gîtes de fer de la BSS	50 m

tableau 4 : Incertitude cartographique globale

Toutes ces incertitudes sont intégrées dans la représentation cartographique présentées en annexe 1.

6. IDENTIFICATION DES ALEAS

Les recherches réalisées au cours de la phase informative nous ont permis de cerner l'ampleur des mines de fer dans le secteur de l'Avesnois. Ainsi, les travaux se sont déroulés à ciel-ouvert et en souterrain, sans excéder 50 m de profondeur et sont majoritairement remblayés. Sur le terrain, de rares vestiges d'excavation à ciel-ouvert sont visibles sous forme de cuvettes affaissées ou remplies d'eau. Quant à l'exploitation souterraine, seuls quelques puits ont été repérés par des effondrements de 2 m de profondeur maximum.

A partir de ces constats, les aléas qu'il convient de retenir en vue de la réalisation d'un PPRM ont pu être identifiés.

Dans le domaine des « mouvements de terrains », les aléas retenus sont ;

- **l'aléa « effondrement localisé » lié d'une part aux éventuels vides restant dans les travaux souterrains mais surtout lié à la présence des puits ;**
 - nous ne pouvons exclure la présence de vides résiduels due à des galeries de tête ou de base utilisées lors de l'exploitation par tranches montantes et susceptibles d'être non comblées, sachant que pour l'essentiel les travaux souterrains étaient remblayés ;
 - si les puits sont à priori comblés d'après les expertises de terrain, on ne peut assurément exclure l'existence de puits ouverts ou de puits partiellement remblayés ;
 - de nombreux exemples témoignent de l'apparition d'effondrement au droit des puits remblayés, phénomène susceptible de se reproduire par débouillage de remblais ou rupture de la tête de puits.
- **l'aléa « tassement » à l'aplomb de travaux à ciel-ouvert comblés ou souterrains remblayés :**
 - liés aux matériaux de remblais des travaux à ciel-ouvert ou souterrains ;
 - liés à l'existence de terrain de recouvrement peu épais et de très faible tenue.

A l'inverse, il nous a été permis d'exclure certains aléas comme :

- l'aléa « affaissement » par absence de vides résiduels d'ampleur et par le peu d'étendue surfacique de l'exploitation ;
- l'aléa « glissement ou écoulement » au vu des petites dimensions des quelques dépôts répertoriés et de la mise en eau de la plupart des excavations souterraines encore visibles ;
- l'aléa « émission de gaz de mine » par l'absence de désordres mentionnés, la nature des travaux (beaucoup de ciel ouvert) et leurs faibles profondeurs. De plus d'après les observations de terrains, on peut estimer que l'essentiel des travaux sont noyés.

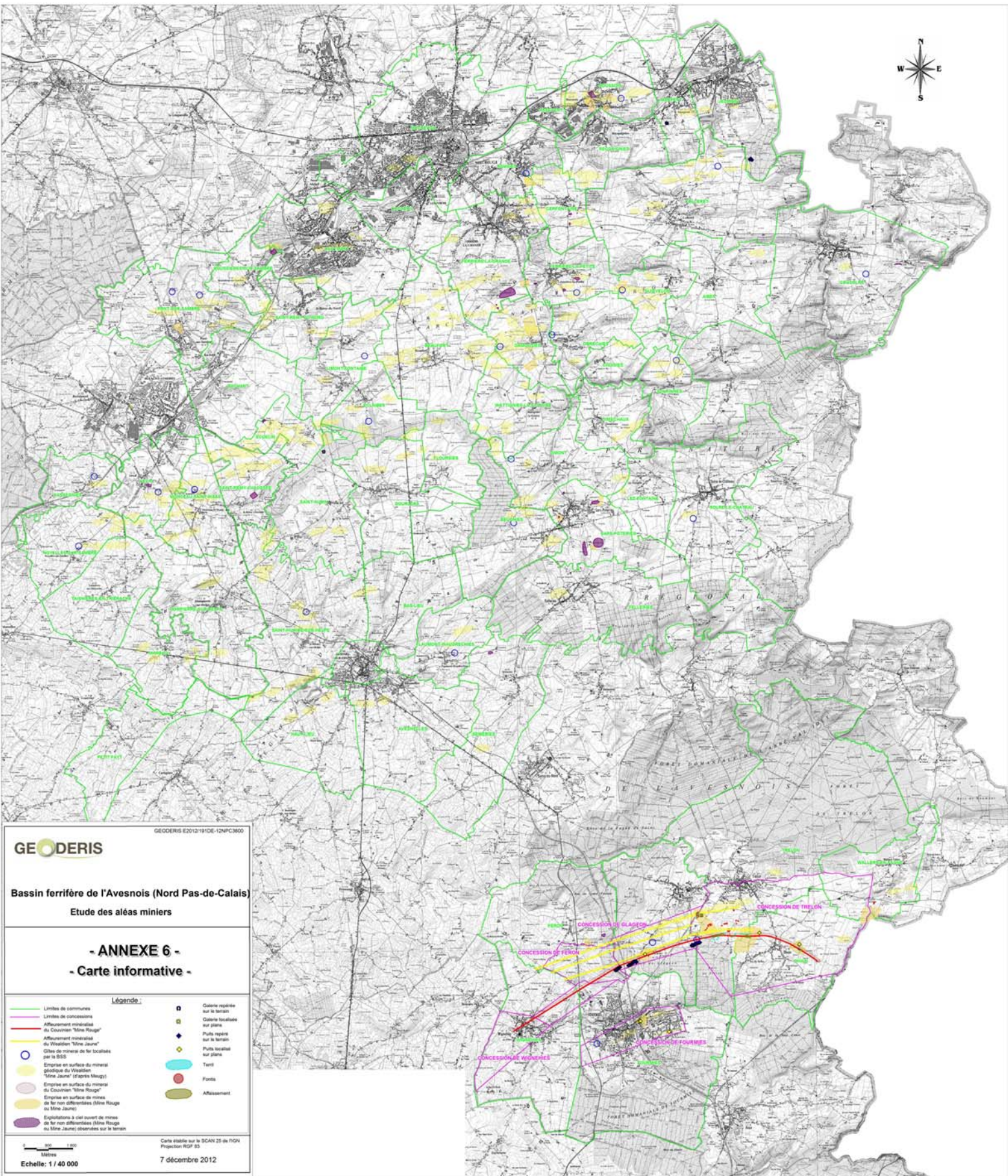
Ayant concerné 59 communes de l'Avesnois, l'investigation de terrain menée par l'INERIS a été exhaustive et n'a révélé que très peu de vestige de mines de fer. Les aléas auront probablement des niveaux peu élevés entachés, qui plus est, d'une incertitude de localisation relativement importante.

La carte informative rassemble les éléments nécessaires à l'évaluation de ces aléas.

7. DOCUMENTS CONSULTÉS

- [1] Note du Service de l'Inspection des Carrières Souterraines. *Recherche des exploitations de minerai de fer dans l'Avesnois (Nord-Pas-de-Calais)*, 08/12/1977 ;
- [2] Rapport BRGM R 39508, *Recherche des exploitations de minerai de fer dans l'Avesnois (Nord-Pas-de-Calais)* à la demande de la DRIRE Nord Pas-de-Calais, octobre 1997 ;
- [3] A. Meugy, *L'état par communes des parcelles cadastrales où le minerai de fer a été exploité*, 1851, Archives Départementales du Nord, S 8365 ;
- [4] A. Meugy, *Sur le gisement, l'âge et le mode de formation des minerais de fer du département du nord de la Belgique*, Annales des Mines, V^{ème} série, Tome VIII, pages 147 à 185 ;
- [5] M. Drouot, *Notice sur le gisement, l'exploitation et le lavage du minerai de fer dit d'alluvion, dans l'arrondissement d'Avesnes, département du Nord*, Annales des Mines de 1841, pages 497 à 525 ;
- [6] L. Cayeux, *Minerais de fer oolithique de France. Ministère des travaux publics. Etudes des gîtes minéraux de la France*. 1909. Tome 1, p 206 à p 227 ;
- [7] *Cahier des charges pour la concession des mines de fer existant dans la commune de Féron* (Archives Départementales du Nord) ;
- [8] *Mémoire sur les minerai de fer du département du Nord et notamment sur les gîtes ferrugineux de l'arrondissement d'Avesnes et de Belgique*, Ingénieur des Mines, Janvier 1852, Archives Départementales du Nord, S 8365 ;
- [9] Archives Départementales, S 8377 ;
- [10] Archives Départementales, S 8374 ;
- [11] Archives Départementales, S 8371 ;
- [12] Archives Départementales, S 8373 ;
- [13] Archives Départementales, S 8375 ;
- [14] Archives Départementales, S8382 ;
- [15] Archives Départementales, S 8264 ;
- [16] Archives Nationales, F 14 7810 ;
- [17] Archives Nationales, F 14 3848 ;
- [18] Archives Nationales, F 14 3850 ;
- [19] Cartes géologiques et notices des feuilles de Hirson (n°51), Trélon (n°39), Avesnes (n°38), Le Quesnoy (n°29), Laubeuge (n°30), Edition BRGM.

Annexe 6 : Carte informative concernant les mines de fer de l'Avesnois



GEOODERIS
Bassin ferrifère de l'Avesnois (Nord Pas-de-Calais)
Etude des aléas miniers

- ANNEXE 6 -
- Carte informative -

Légende

Limites de communes	Galerie reprise sur le terrain
Limites de concessions	Galerie localisée sur plans
Affaiblissement minéral du Couvran "Mine Rouge"	Puits repris sur le terrain
Affaiblissement minéral du Wasthan "Mine Jaune"	Puits localisés sur plans
Gîtes de minerais de fer localisés par le BSS	Tante
Emprise en surface du minéral géologique du Wasthan "Mine Jaune" (Ifrans-Mézières)	Fontaine
Emprise en surface du minéral du Couvran "Mine Rouge"	Affaissement
Emprise en surface de mines de fer non différenciées (Mine Rouge ou Mine Jaune)	
Exploitations à ciel ouvert de mines de fer non différenciées (Mine Rouge ou Mine Jaune) observées sur le terrain	








Echelle: 1 / 40 000
Carte établie sur le SCAN 25 de l'IGN Projection RGF 93
7 décembre 2012







Annexe 7 : Cartes des aléas miniers concernant les mines de fer de l'Avesnois



Bassin ferrifère de l'Avesnois (Nord-Pas-de-Calais)
Commune de Wallers-En-Fagne

- Carte des aléas mouvements de terrains -

Niveaux d'aléa		Instabilités	
	Fort		Effondrement localisé
	Moyen		Tassement
	Faible (travaux avérés)		Tassement (Mécanisme d'effondrement localisé assimilé à des tassements en surface)
	Faible (travaux suspectés)		

Autres légendes		Limites administratives	
	Galerie repérée sur le terrain		Limites de commune
	Galerie localisée sur plans		Limites de concession
	Puits repérés sur le terrain		
	Puits localisés sur plans		

Fonds cartographiques
 BD ORTHO © IGN+2005) fournie par l'ex DIREN du Nord Pas-de-Calais en 2009.
 Projection Lambert 2 Etendu



Echelle carte : 1 / 10 000
 GEODERIS E2012/19/DE - 12NPC3600

7 décembre 2012



Annexe 8 : Tableau de synthèse des aléas miniers par commune

(Pour les 62 communes du secteur de l'Avesnois concernées par un aléa minier)

Commune	Code Postal	Commune concernée par la Mine Rouge	Commune concernée par la Mine Jaune	Nombre de lieux-dits évoqués par Meugy	Observations de terrain de l'INERIS				Aléas retenus	Niveaux	Enjeux
					Puits (ou galerie)	Terril	Désordre (fontis ou affaissement)	Excavation			
Aibes	59146		X	1					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Champ
Assevent	59600		X	1					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Quelques habitations
Aulnoye-Aymeries	59620		X	1					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Quelques habitations
Avesnelles	59440		X	2					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Une trentaine de maisons d'habitation et 1 bâtiment d'activité
Bachant	59138		X	2					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Bois
Bas-Lieu			X	1					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	2 bâtiments
Beaufort	59330		X	9					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Quelques fermes, partie ouest du village de Beaufort (dont l'église), une partie du hameau Ropsies
Beugnies	59216		X	6					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Quelques fermes, entre 20 et 30 maisons sur le village de Beugnies
Boussières s/ Sambre	59330		X	3				X	Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Quelques bâtiments au niveau du village, une ferme
Boussois	59168		X	6				X	Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Plusieurs secteurs urbanisés de la commune

Commune	Code Postal	Commune concernée par la Mine Rouge	Commune concernée par la Mine Jaune	Nombre de lieux-dits évoqués par Meugy	Observations de terrain de l'INERIS				Aléas retenus	Niveaux	Enjeux
					Puits (ou galerie)	Terril	Désordre (fontis ou affaissement)	Excavation			
Cerfontaine	59680		X	6				X	Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	RD136 et RD436
Choisies	59740		X	2					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Champs
Colleret	59680		X	5					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Bâtiments agricoles, quelques habitations
Cousolre	59149		X	5				X	Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	3 maisons
Damousies	59680		X	6					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Quelques bâtiments agricoles, une dizaine de maisons
Dimechaux	59740		X	1					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	RD27
Dimont	59216		X	6					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	2 fermes, quelques maisons
Dompierre-sur-Helpe	59440		X	5					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Quelques habitations, une ferme, un terrain de sport
Dourlers	59440		X	2					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Quelques bâtiments dont des bâtiments agricoles
Eclaitbes	59330		X	5					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Quelques bâtiments
Ecuclin	59620		X	11				X	Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Château d'Ecuclin, 2 fermes

Commune	Code Postal	Commune concernée par la Mine Rouge	Commune concernée par la Mine Jaune	Nombre de lieux-dits évoqués par Meugy	Observations de terrain de l'INERIS				Aléas retenus	Niveaux	Enjeux
					Puits (ou galerie)	Terril	Désordre (fontis ou affaissement)	Excavation			
Felleries	59740		X	1					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Entre 20 et 30 maisons au nord-ouest du village
Féron	59610	X	X	-	X				Effondrement localisé Tassement	Moyen et faible Faible	Quelques habitations au lieu-dit « Le trou de Féron »
Ferrière la grande	59680		X	8				X	Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Quelques habitations au sud de la commune, une partie du quartier des Atefiers, plusieurs habitations au lieu-dit « Le chemineau »
Ferrière la petite	59680		X	8				X	Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Une partie du centre du village, au sud de l'église et plusieurs habitations à l'est (« hautevue ») et à l'ouest (« Garenne »)
Flaumont Waudrechies	59440		X	1 à 2					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	1 bâtiment
Floursies	59440		X	2 à 3					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Plusieurs bâtiments à l'ouest de la commune, le long de la RN2
Fourmies	59610	X	X	2					Effondrement localisé	Moyen Faible	L'ensemble des zones d'alaéa est situé en zone urbaine
Glagéon	59132	X	X	4	X				Effondrement localisé Tassement	Moyen et faible Faible	Une partie importante des bâtiments du hameau de Coupevoie
Haut lieu	59440		X	1					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Plusieurs bâtiments industriels et/ou agricoles, quelques maisons

Commune	Code Postal	Commune concernée par la Mine Rouge	Commune concernée par la Mine Jaune	Nombre de lieux-dits évoqués par Meugy	Observations de terrain de l'INERIS				Aléas retenus	Niveaux	Enjeux
					Puits (ou galerie)	Terril	Désordre (fontis ou affaissement)	Excavation			
Hautmont	59330		X	6					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	La plupart des zones d'aléa est située en zone urbanisée
Jeumont	59460		X	6	X	X	X	X	Effondrement localisé Tassement	Moyen et Très faible Faible	Plus de 70 maisons, quelques bâtiments industriels et/ou agricoles
Leval	59620		X	5					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	2 bâtiments en limite de zones
Lez Fontaine	59740		X	1					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Une voie ferrée
Limont Fontaine	59330		X	2					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	4 bâtiments
Louvroil*			X	1					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Champs
Marbaix	59440		X	5					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Une dizaine de bâtiments
Marpent	59164		X	2	X				Effondrement localisé Tassement	Moyen Très faible Faible	Une dizaine de bâtiments
Maubeuge	59000		X	1 à 2					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Quartier le sous-bois (plus de 150 hab, lycée, école...)
Monceau Saint Waast	59620		X	7					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Une trentaine de bâtiments (habitations...), quelques bâtiments agricoles
Noyelles sur Sambre	59550		X	4					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Un bâtiment agricole

Commune	Code Postal	Commune concernée par la Mine Rouge	Commune concernée par la Mine Jaune	Nombre de lieux-dits évoqués par Meugy	Observations de terrain de l'INERIS				Aléas retenus	Niveaux	Enjeux
					Puits (ou galerie)	Terril	Désordre (fontis ou affaissement)	Excavation			
Obrechies	59680		X	2					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Champs, forêt
Ohain	59132	X	X	-	X	X	X		Effondrement localisé Tassement	Moyen, faible et très faible Faible	Une trentaine d'habitation, plusieurs bâtiments industriels et/ou agricoles
Petit-Fayt	59244		X	1					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Champ
Pont sur Sambre	59138		X	3					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Une vingtaine de bâtiments, plusieurs bâtiments industriels
Quiévélon	59680		X	4					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Quelques habitations, une ferme
Recquignies	59245		X	4					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Champs
Rousies	59131		X	1					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	5 maisons
Saint Aubin	59440		X	2	X				Effondrement localisé Tassement	Moyen Très faible Faible	Une dizaine de bâtiments
Saint Hilaire sur Helpe	59440		X	9					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Une trentaine d'habitation, plusieurs bâtiments agricoles
Saint Remy Chaussée	59620		X	8				X	Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	2 bâtiments agricoles

Commune	Code Postal	Commune concernée par la Mine Rouge	Commune concernée par la Mine Jaune	Nombre de lieux-dits évoqués par Meugy	Observations de terrain de l'INERIS				Aléas retenus	Niveaux	Enjeux
					Puits (ou galerie)	Terril	Désordre (fontis ou affaissement)	Excavation			
Saint Remy du Nord	59330		X	6					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Une vingtaine d'habitations, un bâtiment industriel ou agricole
Sars Poteries	59216		X	3		X		X	Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Une dizaine de bâtiments, une ferme
Sassegnies	59145		X	1					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Une vingtaine de bâtiments (partie est du bourg)
Semeris	59291		X	2				X	Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Une voie ferrée
Solre le Château	59740		X	1					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Champs
Solrinnes	59740		X	4					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	RD80
Taisnières en Thiérache	59550		X	2					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	RD117
Trélon	59132	X		10 à 12	X	X		X	Effondrement localisé Tassement	Moyen, faible et très faible Faible	Plusieurs fermes, entre 30 et 40 habitations
Wallers-en-Fagne	59132	X	X	2				X	Effondrement localisé Tassement	Moyen et très faible Faible	Champs, carrières
Wattignies la Victoire	59680		X	3					Effondrement localisé Tassement	Très faible Faible	Une ferme, quelques habitations, RD155a

Commune	Code Postal	Commune concernée par la Mine Rouge	Commune concernée par la Mine Jaune	Nombre de lieux-dits évoqués par Meugy	Observations de terrain de l'INERIS				Aléas retenus	Niveaux	Enjeux
					Puits (ou galerie)	Terril	Désordre (fontis ou affaissement)	Excavation			
Wignehties	59212	X		-					Effondrement localisé Tassement	Faible Faible	Tout le nord du bourg

* Meugy recense le gîte sur la commune voisine de Ferrière-la-Grande mais il déborde légèrement sur la commune de Louvroil.