



**Bassin ferrifère de Normandie
Evaluation et cartographie des aléas
mouvements de terrain dans l'emprise
des concessions d'Estrées-la-
Campagne, Cinglais, Urville et Gouvix
(Calvados)**

GEODERIS

L. CAUVIN

*Unité Modélisation et Evaluation des Risques Géotechniques
Direction des Risques du Sol et du Sous-sol*

17 février 2005

Bassin ferrifère de Normandie Evaluation et cartographie des aléas mouvements de terrain dans l'emprise des concessions d'Estrées-la-Campagne, Cinglais, Urville et Gouvix (Calvados)

GEODERIS

17 FEVRIER 2005

Ce document comporte 33 pages (hors couverture, figures, planches photographiques et annexes).

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	L. CAUVIN	J.-J. TRITSCH	C. TAUZIEDE
Qualité	Ingénieur à l'Unité Modélisation et Evaluation des Risques Géotechnique de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol	Ingénieur à l'Unité Modélisation et Evaluation des Risques Géotechnique de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol	Directeur des Risques du Sol et du Sous-sol
Visa			

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	4
OBJECTIFS	4
PHASE INFORMATIVE.....	4
EVALUATION DES ALEAS « MOUVEMENTS DE TERRAIN »	5

PARTIE I

1. TRAVAUX REALISES.....	7
1.1 SUPPORTS CARTOGRAPHIQUES	7
1.2 DOCUMENTS TECHNIQUES CONSULTES	8
1.3 VISITES SUR SITE.....	8
2. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DU GISEMENT FERRIFERE DE SOUMONT.....	8
2.1 SITUATION ET TOPOGRAPHIE DU GISEMENT SYNCLINAL DE SOUMONT	8
2.2 GEOLOGIE.....	8
2.3 LA COUCHE DE MINERAI : COMPOSITION, PUISSANCE ET RESISTANCE.....	9
2.4 HYDROGEOLOGIE.....	10
3. HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION MINIERE	10
3.1 LES CONCESSIONS.....	10
3.1.1 <i>Concession de Estrées-la-Campagne</i>	11
3.1.2 <i>Concession de Urville</i>	11
3.1.3 <i>Concession de Gouvix</i>	11
3.1.4 <i>Concession de Cinglais</i>	11
3.2 FERMETURE DE LA MINE	12
3.3 TRAVAUX MINIERES ET METHODES D'EXPLOITATION	12
3.4 OUVRAGES DEBOUCHANT AU JOUR.....	13
3.4.1 <i>Les puits</i>	13
3.4.2 <i>Les descenderies et les galeries d'accès</i>	14
3.4.3 <i>Anciens travaux de recherche situés dans l'emprise du synclinal de Soumont</i>	14
3.4.4 <i>Travaux miniers localisés à faible profondeur</i>	15
4. TRAVAUX EXECUTES POUR LA MISE EN SECURITE DU SITE.....	15
4.1 FERMETURE DES ORIFICES DEBOUCHANT EN SURFACE.....	15
4.2 SURVEILLANCE	16
5. DESORDRES LIES AUX ANCIENNES EXPLOITATIONS MINIERES.....	16
5.1 DESORDRES EN PHASE D'EXPLOITATION	16
5.2 EFFONDREMENTS LOCALISES OBSERVES EN SURFACE EN 2004	17
6. ANALYSE SYNTHETIQUE DES RISQUES D'INSTABILITES POTENTIELS	17
6.1 ANALYSE ET CARTOGRAPHIE DE L'EXPLOITATION MINIERE	18
6.2 APPORT DES EXPERTISES RELATIVES A LA STABILITE DES TRAVAUX DE SOUMONT FLANC NORD	18
6.3 APPORT DE LA RETROANALYSE SUR L'ANALYSE DES RISQUES DANS LES GISEMENTS FERRIFERES DE L'OUEST	19
6.4 ANALYSE DU RISQUE D'EFFONDREMENT GENERALISE	21
6.5 ANALYSE DU RISQUE D'AFFAISSEMENT PAR MODELISATION NUMERIQUE	22
7. ETABLISSEMENT DE LA CARTE INFORMATIVE	23

PARTIE II

1. IDENTIFICATION DES ALEAS « MOUVEMENTS DE TERRAIN »	25
1.1 INTRODUCTION	25

1.2	LES DIFFERENTS ALEAS RETENUS.....	25
2.	EVALUATION DES ALEAS DANS LE BASSIN DE SOUMONT	25
2.1	EFFONDREMENTS LOCALISES A L'APLOMB DES CHANTIERS PEU PROFONDS	25
2.1.1	<i>Intensité du phénomène</i>	26
2.1.2	<i>Facteurs de prédisposition</i>	26
2.1.3	<i>Evaluation de l'aléa</i>	27
2.1.4	<i>Limites du zonage</i>	27
2.2	EFFONDREMENTS LOCALISES PAR RUPTURE DES TETES DE PUIITS	27
2.2.1	<i>Etat des puits</i>	27
2.2.2	<i>Evaluation de l'aléa</i>	28
2.2.3	<i>Limites du zonage</i>	28
2.3	EFFONDREMENTS LOCALISES PAR EBOULEMENT DE GALERIES ISOLEES	29
2.3.1	<i>Intensité du phénomène</i>	29
2.3.2	<i>Facteurs de prédisposition</i>	29
2.3.3	<i>Evaluation de l'aléa</i>	30
2.3.4	<i>Limites du zonage</i>	30
2.4	ELEMENTS INDIQUES POUR MEMOIRE SUR LA CARTE D'ALEA	30
3.	CONCLUSIONS	30
	BIBLIOGRAPHIE	33
	LISTE DES FIGURES, PHOTOGRAPHIES, ANNEXES ET CARTES	35

INTRODUCTION

OBJECTIFS

La Société des Mines de Soumont (SMS) a exploité, de 1920 à 1968, un gisement ferrifère sur le flanc nord du synclinal de Soumont-Urville (Calvados), orienté globalement est-ouest et dont la longueur est de 3 kilomètres environ. Ce synclinal se situe sur les communes de Bretteville-sur-Laize, Gouvix et Urville, à environ 20 km au sud-sud-ouest de Caen.

La présence d'exploitations minières réparties sur les quatre concessions d'Estrées-la-Campagne, Gouvix, Cinglais et Urville, aujourd'hui renoncées par arrêté ministériel, a conduit les pouvoirs publics à étudier l'opportunité de réaliser un Plan de Prévention des Risques Miniers (PPRM). Précisons que les Plans de Prévention des Risques Miniers ont été instaurés par la loi du 30 mars 1999.

Sur demande de la DRIRE de Basse-Normandie, service instructeur du dossier, GEODERIS a engagé la réalisation d'études et de cartographie concernant les aléas « mouvements de terrain » sur le territoire des trois communes en complément de l'étude réalisée en 2004 sur le flanc sud du synclinal. Dans cette optique, GEODERIS a confié à l'INERIS la finalisation des études préalables à l'élaboration de ce PPRM sur les communes concernées par les exploitations du flanc nord mais aussi sur l'ensemble des travaux de recherche (puits et galeries) des flancs nord et sud de ce même synclinal.

Ces travaux ont été menés en deux étapes : la première, effectuée par le BRGM et l'INERIS, concerne l'établissement de la phase informative, la seconde, prise en charge par l'INERIS, traite de l'évaluation de l'aléa « mouvements de terrain ».

La figure 1 représente la zone concernées par cette étude.

PHASE INFORMATIVE

Cette phase d'étude dite « phase informative » réalisée conjointement avec le BRGM (Rapport BRGM/RP-53243-FR, avril 2004) a permis de caler le plus précisément possible les plans de mine et de collecter un maximum d'informations afin d'identifier les phénomènes accidentels symptomatiques du gisement. La démarche a comporté les phases suivantes :

- l'enquête préalable qui a permis de recueillir les documents disponibles concernant les sites étudiés (plans d'exploitation, archives minières, rapports, thèses, études géotechniques, cartes géologiques, etc.). Cette approche documentaire et cartographique a été menée auprès des organismes spécialisés : la DRIRE de Basse-Normandie, GEODERIS, le BRGM, les services techniques des communes concernées ainsi qu'après des personnes ayant des connaissances sur le sujet, en particulier d'anciens mineurs ;
- les visites de terrain, qui ont permis d'observer les phénomènes d'instabilité recensés puis de les intégrer dans l'interprétation de l'ensemble des données collectées. Elles ont permis également, d'une part, de relever les mouvements apparents (récents ou passés) qui n'auraient pas été répertoriés dans les archives disponibles et, d'autre part, de mettre à jour les plans.

Cette phase d'étude est finalisée dans la partie I du présent rapport. Son support est les cartes informatives au 1/5 000^{ème} pour les travaux d'exploitation et au 1/20000^{ème} pour les travaux de recherche (cartes 1 et 2).

EVALUATION DES ALEAS « MOUVEMENTS DE TERRAIN »

A partir des informations acquises à l'issue de l'étape précédente, une analyse des aléas « mouvements de terrain » a été réalisée sur les différents phénomènes identifiés sur le site. Elle a consisté à effectuer :

- un découpage en zones homogènes établi selon les configurations d'exploitation et les aspects géologiques, géomorphologiques ou autres, explicités dans ce document ;
- une détermination des phénomènes attendus en surface, fondée sur les configurations identifiées et les désordres observés ou prévisibles.

Elle a pour objectif de réaliser :

- une évaluation de l'aléa par type de phénomène attendu, compte tenu de l'intensité et de la probabilité d'occurrence estimées ;
- une cartographie des aléas « mouvements de terrain » sur les anciens travaux et ouvrages de recherche (cartes 3 et 4).

Cette phase d'évaluation des aléas est finalisée dans la partie II du présent rapport.

PARTIE I

PHASE INFORMATIVE

1. TRAVAUX REALISES

Les travaux ont été réalisés en collaboration avec la DRIRE de Basse-Normandie, le BRGM (Service Géologique Régional des Pays de la Loire) et GEODERIS qui ont mis à notre disposition les documents utiles au nécessaire à m'analyse.

1.1 SUPPORTS CARTOGRAPHIQUES

Les informations cartographiques relatives au site (fond et surface) sont disponibles à plusieurs échelles, entre autres :

- fond au 1/2 500^{ème} datant de 1968 sous format papier ;
- surface au 1/10 000^{ème} ;
- orthophotoplan¹ informatisé avec une précision de l'ordre de 50 cm ;
- carte des travaux de la Société de Recherche de la Forêt de Cinglais au 1/10 000^{ème} ;
- plan d'ensemble du synclinal de Soumont au 1/20 000^{ème} ;
- carte IGN à 1/25 000^{ème}.

Afin d'obtenir un rendu suffisamment précis des informations et des futurs résultats, l'échelle de restitution choisie est le 1/5 000^{ème} (cartes informatives des travaux miniers et cartes d'aléas associés) et 1/20 000^{ème} (cartes informatives des recherches) et 1/15 000^{ème} (cartes d'aléas des recherches). Ces échelles permettent de rendre compte de façon lisible les informations les plus complètes (plans d'exploitation, ouvrages débouchant au jour, désordres de surface, etc.) et référencables sur l'orthophotoplan.

Pratiquement, le calage entre l'orthophotoplan et les plans d'exploitation a été assuré par le BRGM sur la base d'une campagne au GPS différentiel réalisée par le BRGM (Rapport BRGM/RP-53243-FR, avril 2004)). Les documents cartographiques dont nous disposons sont sous la forme d'un Système d'Informations Géographiques (SIG sous MapInfo) constitué de tables cartographiques associées à des données comprenant :

- les plans des travaux du fond scannés et géoréférencés en coordonnées Lambert I carto de Paris ;
- l'orthophotoplan géoréférencé en coordonnées Lambert I carto de Paris ;
- un Modèle Numérique de Terrain (MNT) de surface au pas de 20 m, à partir duquel ont été calculées les isovaleurs aux pas de 2,5 m et de 10 m ;
- le tracé des désordres reconnus en surface (effondrements localisés et fontis) ;
- les ouvrages débouchant en surface (puits et galeries) ayant servi au calage ;
- les limites des anciennes concessions minières ;
- le tracé d'anciennes fouilles reconnues ;
- le positionnement des anciens ouvrages de recherche.

¹ L'orthophotoplan correspond à la photographie aérienne informatisée, orthorectifiée et géoréférencée. Sa précision est de l'ordre de 50 centimètres. Elle est mise à disposition de GEODERIS par le Conseil Général du Calvados.

Les incertitudes de calage des plans miniers sur l'orthophotoplan ont été définies par le BRGM au niveau de leurs points de référence (ouvrages débouchant au jour) avec une incertitude en x, y et z n'excédent pas 2 m.

1.2 DOCUMENTS TECHNIQUES CONSULTES

L'exploitation des mines de fer de Soumont a été l'objet de nombreux rapports et articles. Les publications d'ordre général ont été recherchées et consultées à partir des fonds d'archives disponibles à l'INERIS, les dossiers d'exploitation des anciennes mines de fer à partir des archives de la DRIRE de Basse-Normandie.

Les documents consultés, archives, articles et rapports techniques analysés sont mentionnés dans la bibliographie citée en fin de rapport.

1.3 VISITES SUR SITE

Des visites détaillées du site ont été effectuées en collaboration avec le BRGM et GEODERIS.

Elles ont eu pour objet :

- d'observer la nature et l'état des ouvrages débouchant au jour (galeries, descenderies et puits) ;
- d'observer et de caractériser les désordres de surface, anciens et, le cas échéant, récents, liés à des affaissements miniers et/ou des effondrements localisés déjà connus ou non ;

2. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DU GISEMENT FERRIFERE DE SOUMONT

2.1 SITUATION ET TOPOGRAPHIE DU GISEMENT SYNCLINAL DE SOUMONT

Les terrains des communes concernées par les anciennes exploitations ferrifères sont majoritairement constitués de forêt, de terres d'élevage ou de cultures. Quelques fermes et hameaux se répartissent aux alentours des travaux du flanc nord. La plupart des infrastructures et des activités minières sont regroupées sur le territoire des communes de Gouvix et Urville.

La topographie générale du site est peu marquée (+104 m NGF à l'Obélisque, +109 m NGF à Urville, +70 m NGF au fond de la vallée de la Laize). Cette morphologie relativement plane est recoupée par la vallée encaissée et boisée de la Laize, d'orientation générale nord-sud à nord-est – sud-ouest.

2.2 GEOLOGIE

Le minerai de fer exploité sur le flanc nord du synclinal de Soumont s'intègre dans l'ensemble du bassin ferrifère de l'Ouest de la France constitué du bassin de Normandie (région Caen-Domfront et de May-sur-Orne) et du bassin d'Anjou-Bretagne (région d'Angers-Rennes) (figure 2).

Le minerai de fer exploité à Soumont est un minerai oolithique carbonaté, siliceux et phosphoreux d'âge silurien (paléozoïque), d'origine sédimentaire détritique, issu du démantèlement de la chaîne précambrienne.

Dans la région de Soumont, il s'intègre dans un ensemble dont le mur est formé de schistes noirs puis de grès (Grès armoricains) et le toit d'une succession de bancs de schistes et de grès, dits schistes noirs, puis de grès (Grès de May-sur-Orne) (figure 3). Cet ensemble d'âge primaire est plissé en formant un synclinal orienté approximativement Est-Ouest (axe principal d'azimut 105° N) dont la profondeur maximale est de l'ordre de 1 000 m.

Une série argilo-calcaire liasique, surmontée d'une série de calcaires jurassiques tabulaires (Bajocien et Bathonien) recouvre, en stratigraphie discordante, les formations primaires du synclinal. Les terrains superficiels des plateaux est et ouest bordant la vallée de la Laize sont formés de dépôts d'argiles à silex tertiaires (épaisseur maximale 5 m) qui recouvrent les calcaires jurassiques ou directement le Primaire. L'ensemble de ces formations atteint une vingtaine de mètres d'épaisseur à l'extrémité est des travaux et reste globalement inférieure à 10 m pour le reste du secteur (figure 4).

Les données provenant du BRGM (carte géologique cf. [4] et archives de la Banque de Données du Sous-Sol), ainsi que celles issues des observations de terrain et du Modèle Numérique de Terrain ont permis d'établir une carte d'isopaques de la couverture jurassique. Les courbes ont été tracées à un pas de 10 m d'épaisseur depuis l'affleurement (0 m) jusqu'à 50 m. Toutefois, elles ont été représentées sur la carte informative (carte 1) par des lignes en pointillé afin de ne pas leur conférer une précision trop importante compte tenu de la précision des données précitées (de l'ordre de 10 m).

Par ailleurs, deux grandes familles de failles subverticales, respectivement de direction 60° N et 160° N et de faible rejet, découpent le massif.

Dans les secteurs les plus fracturés, le gisement fut peu ou pas exploités, notamment dans le secteur de la vallée de la Laize.

2.3 LA COUCHE DE MINERAI : COMPOSITION, PUISSANCE ET RESISTANCE

La couche de minerai de fer sur le flanc nord du synclinal de Soumont-Urville est caractérisée par :

- un pendage général voisin de 50° à 70° ;
- une exploitation menée en une ou deux couches dont l'épaisseur total varie entre 3 et 6 mètres ;

La teneur en fer du minerai exploité varie entre 36 et 40 % (minerai brut), ou entre 42 et 47 %, après grillage. Le minerai se présente sous deux faciès différents :

- sous la forme d'hématite, proche de la surface, le minerai étant altéré (oxydé) et peu résistant ;
- le minerai carbonaté sain et résistant, en dessous du minerai à hématite.

Nous ne disposons pas de données sur la valeur de la résistance mécanique des terrains.

2.4 HYDROGEOLOGIE

Le fonctionnement hydrogéologique local est assez complexe. De manière synthétique, hors exploitation minière, les formations géologiques renferment deux nappes permanentes en continuité hydraulique :

- la première est localisée dans les calcaires jurassiques (aquifère du Dogger), dont le niveau moyen sur le secteur d'étude se situe entre les cotes NGF + 120 m à l'ouest de la Laize et + 80 m à l'est (cf. [5]). Cette nappe s'écoule régionalement vers le Nord-Est mais, localement, dans les vallées, elle se vidange par l'intermédiaire de sources (résurgences à flanc de coteau) ;
- la seconde est liée aux Grès armoricains sous-jacents, ces derniers présentant une perméabilité de fracture. Cet aquifère est alimenté par la nappe des calcaires sous lesquels ils sont en contact discordant.

Durant l'exploitation, l'exhaure se faisait par pompage à partir de deux salles des pompes proches de la base des puits 1 et 2. Le gisement ferrifère est ceinturé de schistes peu perméables (au mur et au toit). Cette configuration correspond à un système quasiment clos dans lequel les venues d'eau, de faible débit, se font par percolation aux travers des schistes, le plus souvent par des fractures parfois ouvertes.

L'arrêt des travaux miniers et du pompage des eaux d'exhaure, en mars 1968, a provoqué le remplissage des galeries jusqu'au Niveau 0. Le premier exutoire vers la Laize de la nappe du primaire correspond donc à la Galerie de Gouvix, à la cote +71 m. Cette eau est actuellement captée par le Syndicat d'Alimentation en Eau Potable de la Laize. Seule la teneur en manganèse nécessite un traitement avant distribution. La présence des vides miniers n'a que peu modifié le contexte hydrogéologique local.

3. HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION MINIERE

Le minerai du bassin normand est connu depuis plusieurs siècles. Les zones d'affleurement, en l'absence des calcaires jurassiques au-dessus, semblent avoir été le siège d'exploitation dès le Moyen-Age. A ces endroits, le minerai est relativement altéré (tendre et riche en fer) et facilement exploitable. Ce n'est qu'à la fin du XIX^{ème} siècle que l'exploitation souterraine a véritablement commencé.

3.1 LES CONCESSIONS

La mine de fer, située sur le flanc nord du synclinal de Soumont-Urville, concerne quatre concessions ; les concessions d'Estrées-la-Campagne, Urville, Cinglais et Gouvix (figure 1). L'exploitation a concerné principalement les concessions de Gouvix et Urville.

A la demande de GEODERIS, les travaux de recherche (puits et galeries), non étudiés lors de l'étude du flanc sud des mines de Soumont, sont analysés dans le cadre de cette présente étude et concernent donc ici l'ensemble des concessions du bassin de Soumont ainsi que certains secteurs hors du domaine concédé.

3.1.1 Concession d'Estrées-la-Campagne

La concession d'Estrées-la-Campagne a été instituée par décret du 29 août 1904 à la Société d'Etude Minière De Basse-Normandie. D'une superficie de 685 ha, elle s'étendait sur les communes d'Urville, Bretteville-le-Rabet, Grainville-Langannerie, Estrées-la-Campagne et OUILLY-le-Tesson. En 1923, cette concession est mutée en faveur de la Société des Mines de Soumont, puis en 1931, en faveur de la Société nouvelle des Mines d'Urville. Cette société est absorbée en 1973 par la Société des Mines de Soumont (SMS).

Cette concession n'a pas fait l'objet d'aucune exploitation.

3.1.2 Concession d'Urville

La concession d'Urville d'une superficie de 255 ha a été instituée par décret promulgué le 4 mars 1896. La concession d'Urville s'étend sur trois communes : Urville, Gouvix et Bretteville-le-Rabet. Sa mutation a été autorisée le 3 novembre 1927 en faveur à la Société des Forges et Aciéries de Firminy puis de la Société Nouvelle des Mines d'Urville, le 22 février 1931, et enfin en faveur de la SMS le 15 février 1973.

Une demande de renonciation a été faite par la SMS le 27 février 1990. La renonciation a été acceptée par arrêté du 16 novembre 1993.

3.1.3 Concession de Gouvix

La concession de Gouvix d'une superficie de 329 ha a été instituée par décret promulgué le 4 mars 1896. La concession de Gouvix s'étend sur quatre communes : Bretteville-sur-Laize, Gouvix, Barbery et Urville. Elle est cédée le 6 octobre 1919 à la Société de la Mine de Gouvix qui devient la Société des concessionnaires de la Mine de Gouvix, Figeac et Cie. Son amodiation est autorisée par décret du 14 février 1928 à la Société des Mines de Douaria. Le 22 février 1931, sa mutation est autorisée au profit de la Société Nouvelle des Mines d'Urville pour une durée de trente ans, à échéance du 31 décembre 1966. La SMS devient finalement concessionnaire par décret du 15 février 1973. Une demande de renonciation est faite par la SMS le 27 février 1990. La renonciation est acceptée par arrêté du 16 novembre 1993.

3.1.4 Concession de Cinglais

La concession de Cinglais a été instituée par décret du 9 février 1921 à la Société des Mines de Cinglais. D'une superficie de 1165 ha, elle s'étendait sur les communes de Bretteville-sur-Laize, Boulon, Saint-Laurent-de-Condé et Barbery. En 1960, cette concession a été amodiée au profit de la SMS qui, en 1973, absorbe la Société des Mines de Cinglais et devient donc concessionnaire de Cinglais.

La renonciation de la concession de Cinglais a été acceptée par arrêté ministériel du 25 mai 1992.

Cette concession n'a normalement pas été exploitée sur le flanc nord du synclinal de Soumont mais, compte tenu de l'incertitude sur la position des limites de concession par rapport aux travaux du fond, il est possible que quelques travaux, réalisés à partir de la concession de Gouvix, se prolongent d'une vingtaine de mètres sur cette concession.

3.2 FERMETURE DE LA MINE

Les travaux d'exploitation du flanc nord du synclinal se situent sous les communes de Gouvix et d'Urville. 2 108 064 tonnes de minerai y ont été extraites. Les travaux n'ont pas dépassé le niveau 90, en profondeur.

Pour des raisons techniques (pas d'extension possible avec les moyens d'exploitation existants, vétusté de certaines installations, et notamment des fours de grillage), la décision est prise d'arrêter cette exploitation et de reporter la production sur la Mine de Soumont, où un nouveau siège d'extraction est créé en 1969.

L'extraction est totalement arrêtée le 2 mars 1968, entraînant l'arrêt des pompages le 19 mars 1968. L'eau atteint la cote +38 m le 31 décembre 1968, et sort de la galerie de Gouvix à la cote +71 en 1969 à une date non précisée.

En 1968, les entrées Gouvix et Urville sont bouchées par des murs et des portes. Les puits 1, 2, 3 et le puits d'aérage d'Urville sont remblayés.

La sortie en surface du plan 6 est fermée fin 1985 (figures 12 et 13 et annexe B).

3.3 TRAVAUX MINIERS ET METHODES D'EXPLOITATION

L'extraction se faisait à partir de deux galeries à flanc de coteau, une pour l'exploitation de Gouvix et une pour l'exploitation d'Urville, de part et d'autre de la Laize. Elles desservaient par des plans inclinés les quatre niveaux d'exploitation appelés 0, 30, 60 et 90 sur 3200 m d'extension W-E.

La couche de 5 à 8 mètres de puissance a un pendage variant de 50 à 70°. elle affleure dans la vallée de la Laize, où était installé le carreau de la mine. On accédait aux travaux souterrains par les deux travers-bancs de 20 et 110 mètres de longueur, débouchant à flanc de coteau de part et d'autre de la vallée, au niveau du carreau (niveau 0)(carte 1).

A partir de ces travers-bancs, la couche a été tracée, au niveau 0 :

- vers l'Ouest (Gouvix), sur 1 140 mètres environ, jusqu'au plan 6 ;
- vers l'Est (Urville), sur 625 mètres environ.

L'épaisseur des terrains au-dessus de la galerie 0 est variable mais inférieur à 30 m.

A l'aval du niveau 0, la couche a été tracée sur 3 niveaux (30, 60, 90), sauf sous la vallée de la Laize et le carreau, où le traçage du niveau 30 a été interrompu pour ménager un stot de protection suffisant.

Chaque étage, d'une hauteur projetée verticale de 30 mètres (35 à 36 mètres de relevée) a été exploité par tailles chassantes et chambres-magasins, avec abandon de stots longitudinaux à l'amont et à l'aval des voies de niveau, et de piliers au milieu de la relevée.

- la méthode dite des « tailles chassantes », consistait à réaliser un montage central puis à creuser en gradins de part et d'autre de ce montage et à extraire le minerai au fur et à mesure de l'abattage (figures 6 et 7). La chambre est en permanence vide aussi bien pendant l'exploitation qu'après ;
- la méthode dite des « chambres magasins », qui consistait à réaliser un montage central puis à exploiter les panneaux en montant sur le minerai abattu (figures 5). Le remplissage de la chambre garantissait la stabilité du toit de l'exploitation pendant le creusement. Une fois l'abattage complètement fini, la chambre était vidée par sa base et laissée vide.

Il faut noter que ce changement de méthode n'est dû qu'aux fluctuations de l'activité de la mine en fonction des époques. Dans les années 30, la méthode des tailles chassantes était préférée aux chambres-magasins pour des raisons purement économique. En effet tout minerai abattu était rapidement extrait et vendu, alors que pour les chambres-magasins, la vidange complète des matériaux n'était réalisable qu'à la fin de l'exploitation complète du panneau (figure 5).

La couche comportait 2 bancs exploitables : un premier de 2 à 2,50 mètres d'épaisseur au mur et un deuxième de 1,7 mètre d'épaisseur au toit, les deux, séparés par un banc siliceux de 1,3 à 1,8 mètre d'épaisseur. Afin de limité l'extraction de stériles, on a, au début de l'exploitation, avant 1936, exploité séparément les bancs du mur et du toit en abandonnant le banc intercalaire (figure 14).

3.4 OUVRAGES DEBOUCHANT AU JOUR

L'accès au fond se faisait à partir des deux travers bancs de la vallée de la Laize.

Les exploitations de Soumont sur le flanc nord du synclinal comprenait au total 8 accès aux travaux miniers depuis la surface dont 5 puits, 2 travers bancs descenderies et 1 plan incliné (carte 2 et annexe B).

3.4.1 Les puits

Les puits réalisés au droit des travaux du flanc nord sont actuellement difficilement observables sur le terrain :

- le puits d'aérage des quatre routes a été localisé par un ancien mineur sans être observable. Ses caractéristiques n'ont pas été retrouvée. Ce puits aboutissait au sommet des travaux (niveau 0), sa profondeur devait être de 20 à 30 mètres ;
- le puits intermédiaire n'est plus visible en surface, il a pu être localisé après un recalage des plans miniers. Ses caractéristiques n'ont pas été retrouvées. Ce puits aboutissait, via une galerie supposée horizontale, hors couche, au sommet des travaux (niveau 0), sa profondeur devait donc être de 20 à 30 mètres ;
- la localisation approximative du puits 2 (photo 5) a été reconnue d'après l'observation de déblais autours de son emplacement supposé. Ses caractéristiques n'ont pas été retrouvée. Ce puits débouchait dans une galerie horizontale hors couche aboutissant au niveau 0. Sa profondeur est estimée à une vingtaine de mètres ;
- l'emplacement du puits 1 est marqué par un petit tumulus. Ses caractéristiques n'ont pas été retrouvée. Ce puits débouchait au niveau 0. Sa profondeur est estimée à une trentaine de mètres ;
- le puits 3 a été localisé à partir de la description de son environnement proche (tas de déblais et mur proche) Ses caractéristiques n'ont pas été retrouvée. Ce puits débouchait dans une galerie horizontale de contournement du niveau 0, hors couche. Sa profondeur est estimée à une vingtaine de mètres.

D'après le recollement des travaux de traitement des puits (annexe B), ils seraient tous intégralement remblayés depuis 1968.

3.4.2 Les descenderies et les galeries d'accès

Les entrées des galeries et des descenderies ont été systématiquement obturées par des remblais :

- l'entrée d'Urville, fermée par un mur en parpaings en 1968 était toujours visitable en 1992, date de la mise en place d'un mur en béton puis d'un remblai extérieur de talutage. Cette galerie a été localisée avec précision car le ravinement du talus laisse entrevoir le sommet de l'ancienne voûte de l'entrée (photos 3 et 4) ;
- l'entrée de Gouvix est localisée à l'emplacement actuel d'un captage d'eau. Cette galerie, fermée en 1968 par un mur en parpaing était toujours visitable en 1992, date de la mise en place d'un bouchon en béton à environ 80 m de l'entrée, du foudroyage de la galerie et du remblayage de la tranchée créée jusqu'à l'emplacement actuel du captage d'eau (photo 2) ;
- le plan 6, (photos 6, figures 12 et 13) a été fermé par un plancher en béton coulé sur d'anciens rails jointifs, le tout posé sur les murs de l'ancien bâtiment de la machine d'extraction. Ces travaux ont été réalisés en 1985. La dépression restante a été comblée par des remblais en 1992. La localisation exacte du plan 6 n'est plus possible. Seule une dépression d'une trentaine de mètres de diamètre subsiste au milieu d'un champ. D'après les archives consultées, le plan incliné, en lui-même, n'a pas été traité et la machine d'extraction (sauf les moteurs) serait restée en place dans l'ancien local sous la dalle. Les dimensions de ce plan incliné (d'après les plans figures 12 et 13) seraient, de 4 à 4.50 mètres de largeur, d'environ 2.50 mètres d'ouverture et de 85 mètres de profondeur dans le plan de la couche avec une recette à chaque niveau (0, 30, 60 et 90).

3.4.3 Anciens travaux de recherche situés dans l'emprise du synclinal de Soumont

Comme mentionné précédemment, ce présent rapport concerne également les anciens travaux de recherche. La phase informative, réalisée conjointement avec le BRGM (rapport BRGM/RP-53243-FR), a permis d'identifier 27 ouvrages de recherche (carte 2 et annexe C) de type puits ou galeries dans l'emprise des concessions de Cinglais, Estrées et Perrières. Seuls quatre d'entre-eux ont pu finalement être localisés approximativement sur le terrain :

- l'amorce de la galerie du Clair ;
- le travers-bancs d'Assy ;
- le puits Feugrés 1 ;
- le puits des 4 Vents 1.

Nous n'avons pas identifié, pour cette étude, les multiples travaux de recherche réalisés par tranchées ou sondages de petit diamètre car ils n'ont aucune incidence réelle sur l'évaluation de l'aléa.

Mis à part les 4 ouvrages localisés approximativement sur le terrain, les puits et galeries ont été repositionnés sur fond cartographique à partir des plans cadastraux au 1/10 000^{ème}, réalisés par la Société de Recherche de la Forêt de Cinglais (1915) et au 1/20 000^{ème}, réalisés par la Société des Mines de Soumont dans le cadre du dossier d'abandon (archives de la DRIRE).

La liste de ces ouvrages est fournie en annexe C et leur localisation sur la carte informative (carte 2). Nous ne disposons pas de données sur leurs caractéristiques.

3.4.4 Travaux miniers localisés à faible profondeur

Outre les ouvrages débouchant au jour (puits et galeries horizontales) cités précédemment, les travaux du niveau 0 sont situés à faible profondeur (moins de 30 m) sauf sous la vallée de la Laize et le carreau, où les traçages du niveau 0 et du niveau 30 ont été interrompus pour ménager un stot suffisant.

Localement, comme par exemple dans le secteur du plan 1 (carte 1), quelques travaux ont été réalisés au dessus du niveau 0, donc très proches de la surface (une dizaine de mètres) et ont, d'ailleurs, été l'objet d'apparition de fontis en surface.

4. TRAVAUX EXECUTES POUR LA MISE EN SECURITE DU SITE

4.1 FERMETURE DES ORIFICES DEBOUCHANT EN SURFACE

La mise en sécurité des différents ouvrages débouchant au jour a été réalisées en plusieurs phases (annexe B).

Dans un premier temps, lors de l'arrêt des travaux d'extraction de minerai en 1968, la Société des Mines de Soumont a déposé une demande d'abandon partiel des travaux, souhaitant conserver un accès au niveau 0. La SMS considérait le gisement du flanc nord comme une éventuelle réserve. Afin de garantir la sécurité publique, des travaux de mise en sécurité ont été réalisés à cette époque (1968):

Concession de Gouvix :

- puits 2 : totalement remblayé ;
- puits 1 : totalement remblayé ;
- puits 3 : murailonné au fond et remblayé ;
- plan 6 : bâtiment consolidé et cloturé ;
- galerie de Gouvix : fermée par un mur en parpaing et porte métallique.

Concession d'Urville :

- puits d'aérage des 4 routes : remblayé ;
- puits intermédiaire : remblayé ;
- galerie d'Urville : fermée par un mur en parpaing et une porte métallique.

Suite à une visite de terrain faite par MM Vouille et Tincelin², des travaux complémentaires ont été proposés par GEOSTOCK³.

² Stabilité à terme des zones exploitées dans le flanc nord du synclinal de Soumont, rapport complémentaire au rapport R89/19 sur la stabilité du flanc sud des mines de Soumont.

³ Rapport GEOSTOCK, Mines de Soumont et d'Urville/Gouvix, fermeture des accès, GK/DT/90-061.

Ainsi :

- la galerie d'Urville a été définitivement obturée par un bouchon en béton armé situé à 10 m à l'intérieur de la galerie puis par un talutage de la sortie pour masquer l'accès (travaux suivis par SOCOTEC) ;
- la galerie de Gouvix a été définitivement obturée par un bouchon en béton, situé à environ 80 m de l'entrée initiale laissant passer à sa base les eaux de la mine, puis pose d'une canalisation d'exhaure, foudroyage de la galerie jusqu'à sa sortie, et remblayage afin de restituer un profil "naturel" sur 65 m (rapport SOCOTEC, réf. VP.DL 92/2845) ;
- le plan 6 a été fermé en 1985 par la réalisation d'une dalle en béton posés sur des rails jointifs reposant sur les anciens murs du bâtiment de la machine d'extraction. L'excavation résiduelle a été remblayée en 1992.

4.2 SURVEILLANCE

Dans le cadre des travaux de fermeture de la mine de Soumont flanc nord, aucune surveillance particulière n'a été effectuée pendant la phase de remontée des eaux.

5. DESORDRES LIES AUX ANCIENNES EXPLOITATIONS MINIERES

Durant l'exploitation, plusieurs quartiers ont été affectés par des éboulements dont certains eurent comme répercussions des effondrements en surface.

5.1 DESORDRES EN PHASE D'EXPLOITATION

En mars 1935, un éboulement s'est produit dans les travaux situés à l'Ouest du plan 4, entre le niveau 0 et l'amont du niveau 60, et sur une largeur de l'ordre de 35 à 40 mètres au niveau 0 et atteignant 180 mètres au niveau 60 le tout suivi d'un effondrement localisé avec formation immédiate au jour d'un cratère de 20 m de diamètre (figures 14 et 15).

En janvier 1936, cet éboulement s'est propagé vers l'Est, entre les niveaux 0 et 60, sur une largeur de 70 mètres environ, ainsi que vers l'aval-pendage (niveau 90) sur une largeur de 20 mètres environ.

Au-dessus du niveau 0, cet éboulement s'est propagé en un deuxième endroit jusqu'à la surface, y créant un deuxième cratère de 20 à 30 mètres de diamètre (photos 8 et 9).

Les causes de ces éboulements ont été attribuées à l'époque à :

- un défaut de superposition des cloisons et piliers abandonnés dans les bancs du mur et du toit, ayant entraîné le cisaillement du banc intercalaire (figure 14) ;
- des infiltrations d'eau, consécutives à des pluies torrentielles, qui ont pu diminuer la résistance de ce banc intercalaire, qui comportait de nombreuses passes argileuses ;
- l'exploitation du banc supérieur au dessus du niveau 0, trop proche des terrains altérés de surface (moins de vingt mètres).

La chronologie précise des événements n'a cependant pas été clairement établie. Elle reste une hypothèse. Ce secteur qui n'était plus exploité à cette époque n'était plus visité qu'à titre de contrôle, au mieux, une fois par semaine. Nous ne disposons donc pas d'informations sur une éventuelle mise en charge du secteur avant sa rupture.

A la suite de ces éboulements, la méthode d'exploitation en deux bancs séparés a été abandonnée et la couche fut prise sur toute sa puissance.

5.2 EFFONDREMENTS LOCALISES OBSERVES EN SURFACE EN 2004

Les visites du site ont permis de localiser plusieurs fontis et effondrements localisés non ou partiellement remblayés.

Quatre désordres concernent la concession de Gouvix, d'est en ouest :

- les deux effondrements localisés évoqués ci-avant, d'une trentaine de mètres de diamètre et d'une dizaine de mètres de profondeur situés à l'ouest du plan 4, correspondant aux éboulements du fond de 1935 et 1936 (photos 8 et 9) ;
- un fontis d'environ 5 m de diamètre et 1 m de profondeur situé à l'ouest du puits 3 (photo 7) ;
- un ancien fontis d'une quinzaine de mètres de diamètre et de profondeur métrique localisé à mi-distance entre le puits 3 et le plan 4.

Un seul désordre a été localisé sur la concession d'Urville :

- un fontis de diamètre sensiblement métrique, presque totalement remblayé, en bordure d'un bois, 20 m à l'est du plan incliné 1.

Notons, cependant, que ces désordres sont ceux qui ont pu être observés à la date de la visite du site. D'après des documents non retrouvés mais cités par MM. Vouille et Tincelin en 1989, un fontis supplémentaire, d'une vingtaine de mètres de diamètre, serait apparu entre le chemin forestier et le puits 1 (carte 1) et correspondant à une chambre éboulée dans les travaux du fond à proximité du plan 4.

De plus, le rapport BRGM R 40714 (1999) mentionne l'existence d'un fontis récent de 5 m de diamètre entre les deux effondrements localisés majeurs de 1935 et 1936. Nous n'avons pas observé ce fontis en 2004, ce secteur forestier ayant été très largement déboisé récemment ce qui a pu masquer certains désordres de petite taille en surface.

6. ANALYSE SYNTHETIQUE DES RISQUES POTENTIELS D'INSTABILITE

L'identification et l'évaluation des aléas sur le bassin ferrifère de Soumont fait appel aux connaissances acquises lors de la phase informative, en particulier l'observation des désordres.

Néanmoins, cette démarche, à caractère de prévision, ne peut pas s'appliquer que sur la simple typologie des phénomènes observés. Elle doit également analyser les conditions de réalisation d'autres phénomènes non encore observés mais envisageables (c'est-à-dire prévisibles), en s'appuyant également sur les expertises menées pour évaluer la stabilité du site.

Cette analyse peut, d'autre part, être complétée par une étude plus globale (par retroanalyse) qui considère non plus le seul bassin de Soumont mais l'ensemble des bassins de risque appartenant à un même contexte, comme ceux des gisements ferrifères pentés de l'Ouest.

Elle peut enfin être finalisée par une approche plus théorique, par la mise en œuvre de calculs sur modèle calés sur des exemples réels d'instabilité, qui permet de valider ou non la crédibilité de réalisation des phénomènes accidentels supposés.

6.1 ANALYSE ET CARTOGRAPHIE DE L'EXPLOITATION MINIERE

A la suite de la fermeture des travaux, l'Etat a demandé la réalisation d'une étude des zones à risque d'instabilité liées aux anciennes mines de fer de Soumont. Cette étude s'intégrait dans le cadre de l'application de l'article R111-3 du Code l'Urbanisme par le biais de l'article 4 de l'arrêté préfectoral du 24 septembre 1991.

Cette étude, réalisée par la Direction Départementale de l'Equipement (DDE) du Calvados, a été rendue le 22 décembre 1995 et figure dans le dossier de renonciation sous le titre « Plan de Prévention des Risques d'effondrement des terrains des anciennes mines de fer » (cf. [6]).

La DDE y définit trois types de zone (figure 8) :

- Zone 1 : zone de première catégorie, dite à « stots », considérée comme ne présentant pas de risque d'instabilité ;
- Zone 2 : zone de deuxième catégorie, dite « douteuse », liée à l'effet de l'envoyage de la mine de Soumont ;
- Zone 3 : zone de troisième catégorie, dite « zone à risques de mouvements de terrain ». Elle correspond « aux secteurs au droit des galeries exploitées près de la surface où le risque de fontis ou d'effondrement est permanent ». Sur l'emprise des concessions concernées, il s'agit de l'ensemble des travaux réalisés sur le flanc nord du synclinal de Soumont.

Cette étude mentionne un certain nombre d'événements (désordres) redoutés, liés aux vides laissés après l'exploitation. Toutefois, l'analyse des secteurs exploités et le tracé des zones instables, réalisés à une trop petite échelle (exemple de la carte rendue à l'échelle de 1/20 000), rend leur lecture difficile par manque de précision.

6.2 APPORT DES EXPERTISES RELATIVES A LA STABILITE DES TRAVAUX DE SOUMONT FLANC NORD

L'ensemble des études réalisées montrent clairement l'instabilité des travaux miniers dans ces niveaux supérieurs et les risques d'évolution défavorable de ces anciens travaux dans le temps.

En effet, certains travaux proches du plan 4, considérés comme stables avant 1935, ont subi des éboulements au fond quelques années après l'arrêt de l'exploitation (environ 10 ans), provoquant la formation en surface de fontis de grandes dimensions.

Par la suite, peu de désordres sont mentionnés dans les archives jusqu'à l'arrêt des travaux en 1968.

En 1989, MM. Vouille et Tincelin ont eu l'occasion de visiter les travaux non ennoyés accessibles à partir du niveau 0. Leurs remarques et conclusions indiquent clairement une extension des zones instables ou éboulées dans les travaux du fond entre le puits 1 et le plan 6, ainsi que l'existence de plusieurs fontis au droit de travaux à faible profondeur dans d'autres secteurs : *« les éboulements décrits ci-dessus ... datent des années 1935 et 1936 et sont consécutifs à une exploitation de la couche en deux niveaux avec abandon d'un banc intercalaire siliceux d'environ 1,5 m d'épaisseur sans que les piliers abandonnés et les cloisons aient été correctement superposés.....les éboulements ont affecté la mine jusqu'au niveau 60 et même, en certains points, jusqu'au niveau 90, mais depuis 1936 aucun éboulement nouveau ne s'est produit. Cette dernière remarque, valable en 1968, suscite une interrogation en 1990 : en effet, au passage concernant les éboulements, le rapport ne fait mention que des plans 4 et 5 et il semble centrer les principaux désordres autour du plan 4, alors que les éboulements qui ont arrêté notre progression se trouvent à l'Ouest du plan. On peut donc considérer, sinon comme certain du moins comme vraisemblable, que ces derniers désordres se soient produits après la fermeture de la mine. Ces observations témoignent donc de l'existence de risques non négligeables de nouveaux éboulements du fond qui pourraient se répercuter au jour ».*

6.3 APPORT DE LA RETROANALYSE SUR L'ANALYSE DES RISQUES DANS LES GISEMENTS FERRIFERES DE L'OUEST

L'analyse prévisionnelle des phénomènes accidentels est largement valorisée lorsque l'on procède à une recherche qui déborde le cadre strict du site et se place à l'échelle de l'ensemble du bassin de risque, voire de plusieurs bassins de risque, s'ils présentent de fortes analogies (ex : gisements ferrifères des synclinaux de Soumont, May-sur-Orne, La Ferrière-aux-Etangs et Segré).

Le tableau ci-après récapitule de façon très synthétique les principales caractéristiques des différents bassins étudiés.

Comme on le constate sur ce tableau, les différents bassins présentent beaucoup d'analogies sur les aspects géologiques et d'exploitation. Ces gisements sont pentés, situés à des profondeurs très voisines (entre 20 et 500 ou 600m) et recèlent une ou deux veines de faible ou moyenne puissance (globalement 2 à 4 m, localement plus).

A quelques variantes près, les méthodes d'exploitation sont sensiblement les mêmes. On note que les chantiers les plus anciens ont été exploités par courtes tailles au pendage désignées également « dépilages », puis par des tailles descendantes chassantes. Par la suite, on a systématiquement appliqué la méthode des tailles montantes ou des tailles chassantes mécanisées pour les chantiers peu pentés (pendage inférieur à 50°) et la méthode des chambres magasins pour les chantiers pentés à très pentés (pendage supérieur à 50°).

	MAY-SUR-ORNE (14)	SOUMONT (14)	LA FERRIERE (61)	SEGRE (49)	
Dates d'exploitation	1896 - 1968	1907 - 1989	1905 - 1970	1907 - 1984	
Profondeur maximale	450 m	650 m	400 m	490 m	
Méthodes d'exploitation	Dépilages, Tailles descendantes (avant 1925) Chambres magasins (1925-1968)	Tailles montantes Chambres magasins Tailles chassantes ou « dépilages » (type quartier Livet)	Dépilages Tailles montantes Tailles rabattantes Chambres magasins (dressants)	Chambres magasins	
Pendage	Flanc nord	85° à 90°	45° à 65°	absent	80° à 90°
	Flanc sud	45° à 60°	30° à 60° 50° à 90° (plis)	25° à 45°	60° à 70°
Nombre de couches exploitées	1 (très localement 2)	1	1	2 (couches A et B)	
Puissance	3,5 à 4,0 m (localement : 6 à 7 m)	3 m (localement : 6 m)	3 à 4 m (localement : 5 m)	A : 1,5 à 5 m B : 1,5 à 6 m	
Recouvrement jurassique discordant	0 à 60 m (calcaire jurassique)	0 à 50 m (calcaire jurassique)	absente	absente	
Zone d'altération du minerai	20 à 50 m sous le contact jurassique	20 à 50 m sous le contact jurassique	< 80 m	< 80 m	
Types de désordres observés	Fontis (rupture de couronne) Éboulements (6 dans le flanc sud, 2 dans le flanc nord) Débourrage de puits ou cheminée	Affaissements (éboulements de 1929, 1951, 1961, 1965, 1966) Fontis (à l'aplomb de galeries proches de la surface) Deux gros éboulements en 1935 et 1936 avec fontis de 20 à 35 m en surface sur le flanc nord	Fontis (rupture de couronne) Fontis (à l'aplomb de galeries proches de la surface)	Fontis (rupture de couronne) Débourrage de cheminée	

Tableau 1 : Analyse comparative de différents bassins ferrifères de l'Ouest

Les désordres observés dans ces différents bassins sont comparables (essentiellement des effondrements localisés par rupture de couronne et de l'intercalaire, des débourages de puits ou cheminées des fontis dus à des éboulements de galeries). On note toutefois l'existence d'éboulements importants au fond, en phase d'exploitation, dans les exploitations de May-sur-Orne, de Soumont et de la Ferrière-aux-étangs. A Soumont et à la Ferrière-aux-Etangs, certains désordres se sont manifestés en surface par des phénomènes que l'on peut classer comme des affaissements plutôt que comme des effondrements généralisés : forme de cuvettes d'affaissement à bords étalés, amplitude verticale de l'ordre du mètre avec présence de fissures ouvertes mais absence de cassures franches de cisaillement (avec rejet).

6.4 ANALYSE DU RISQUE D'EFFONDREMENT GENERALISE

Les témoignages et recherches documentaires ne recensent aucun événement de type effondrement généralisé sur aucun de ces bassins étudiés (tableau 1) exploitant le minerai de fer.

Les mouvements de terrain de grande ampleur, observés sur ces différents bassins, sont : soit des effondrements du stot de protection de la surface dans le cas des chantiers subverticaux ou très pentés, soit des affaissements de la surface consécutifs à des éboulements du fond dans le cas des chantiers faiblement ou moyennement pentés.

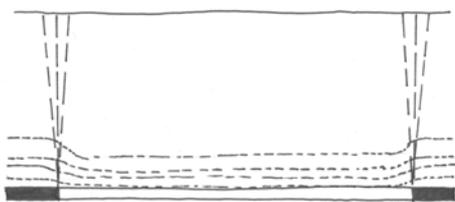
D'un point de vue général, les conditions d'apparition d'un effondrement généralisé peuvent être précisée pour les deux cas d'exploitation suivants :

a) Cas d'une exploitation en plateure

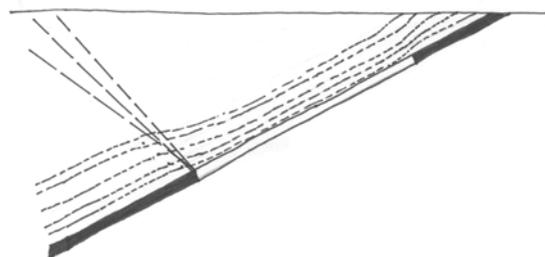
Dans le cas d'un chantier situé dans un gisement stratifié subhorizontal ou très peu penté, constitué de *bancs suffisamment raides*, les mécanismes du comportement des bancs du toit sont bien connus : les points de rupture par flexion ou par cisaillement se situent sensiblement dans un plan proche de la verticale reliant les bords du chantier à la surface. Le panneau est généralement sollicité de manière homogène, ce qui permet une libération rapide de l'énergie emmagasinée à la rupture, entraînant des effets dynamiques. Les zones de cisaillement se développent simultanément au droit des bords du chantier et concernent, en surface, un domaine bien défini. L'effondrement est dit « généralisé ».

b) Cas d'une exploitation pentée

Dans le cas d'un chantier penté (en supposant toujours les bancs raides), les points de rupture, par flexion ou cisaillement, se distribuent en s'éloignant du bord inférieur du chantier selon un angle sensiblement perpendiculaire au pendage des bancs. La zone de cisaillement ou de glissement potentiel, mobilisée en aval, devient beaucoup trop grande pour permettre un effondrement généralisé. Le mécanisme attendu est alors un mécanisme de flexion progressif, même si des ruptures locales sont possibles. Lorsque le pendage croît, le caractère instantané de la rupture devient peu probable. En devenant plus progressif, le phénomène d'effondrement fait place à un phénomène d'affaissement.



*Coupe d'un chantier en plateure :
Lignes de rupture par cisaillement à
l'aplomb de l'exploitation*



*Coupe d'un chantier en gisement penté :
Lignes de rupture par cisaillement à
l'aplomb de l'exploitation*

Les exploitations du flanc nord du synclinal de Soumont ont toute été réalisées dans des terrains ayant un pendage supérieur à 50°.

Conclusion : Ces différents arguments permettent d'exclure, au vu des connaissances actuelles, le scénario d'effondrement généralisé à caractère spontané sur l'exploitation de du flanc nord du synclinal de Soumont.

6.5 ANALYSE DU RISQUE D’AFFAISSEMENT PAR MODELISATION NUMERIQUE

Le bassin de Soumont est sujet, comme tous les autres bassins ferrifères de l’Ouest, aux phénomènes d’effondrements localisés de type rupture de couronne ou rupture de tête de puits.

La question que l’on peut se poser est de savoir si, en surface, les anciens travaux miniers peuvent être le siège de nouveaux phénomènes d’affaissement, tels que ceux de Soumont flanc sud de 1929, 1961, 1965 et 1966 et celui de la Ferrière-aux-Etangs.

L’étude de stabilité des gisements ferrifères pentés, menée par modélisation numérique montre que le déclenchement du processus d’affaissement s’opère par rupture en cisaillement des bancs jusqu’à la surface dans certaines conditions particulières (Renaud, 2004).

Les configurations d’exploitation qui permettent le déclenchement (ou non) du processus de rupture sont la combinaison des trois facteurs suivants :

- le pendage des couches ;
- le taux d’exploitation (ou taux de « défruitement ») ;
- l’ouverture (hauteur exploitée entre épontes).

L’étude paramétrique réalisée dans cette étude montre que le processus d’affaissement peut être exclu dans les conditions suivantes :

Pendage	Taux de défruitement ($\tau\%$)	Ouverture (w)
> 55°	$\leq 90 \%$	$\leq 4 \text{ m}$
45° à 55°	$\leq 90 \%$	$\leq 3 \text{ m}$
	$\leq 80 \%$	$\leq 5 \text{ m}$
30° à 45°	$\leq 80 \%$	$\leq 3 \text{ m}$
	$\leq 70 \%$	$\leq 5 \text{ m}$

Tableau 2 : conditions d'exclusion du processus d'affaissement

L’influence de l’augmentation du pendage se manifeste par un déplacement des zones de rupture plus près de la surface (ou de l’affleurement) : plus on est penté, plus on affecte les terrains proches de la surface (points de ruptures ou points plastiques).

En plus de ces configurations d’exploitation, d’autres conditions doivent être prises en compte pour éventuellement minimiser l’aléa, comme :

- condition n°1 : pour que l'affaissement se donne en totalité il faut que les dimensions des chantiers (largeur L) atteignent ou dépassent la profondeur (H) (soit : $L \geq H$), ce qui représente, dans le contexte de ces exploitations, une largeur au pendage de 250 à 290 m (profondeur inférieure à 220–250 m). En dessous ($L < H$), les affaissements sont d'autant plus limités et l'aléa plus faible ;
- condition n° 2 : on considère qu'il n'y a pas de répercussions en surface (affaissements non perceptibles) si le chantier présente une largeur $L < 0,4 H$;
- condition n° 3 : si la profondeur limite des travaux est supérieure à 250 - 300 m (en fonction de la géométrie des chantiers), on considère que les zones en rupture n'ont pas de chances d'atteindre la surface.

Les travaux miniers du gisement de Soumont flanc nord sont systématiquement placés dans les conditions d'exclusion du fait :

- d'un pendage proche mais supérieur à 55° et une profondeur d'exploitation comprise entre 20 et 90 m ;
- et surtout d'un taux de défrêtement qui est systématiquement inférieur à 70% pour une ouverture moyenne inférieure à 5 m.

Une analyse du processus d'affaissement ne s'impose donc pas..

7. ETABLISSEMENT DE LA CARTE INFORMATIVE

Par souci de cohérence et afin de synthétiser l'ensemble des informations disponibles, la carte informative est à l'échelle 1/5 000 (carte 1) . Elle comprend :

- le fond représenté par l'orthophotoplan ;
- les limites des concessions ;
- les limites de communes ;
- l'emprise au fond des travaux d'exploitation : cette cartographie a été réalisée à partir des plans scannés et géoréférencés en y ajoutant une marge de 15 m, liée à l'incertitude de calage des travaux (10 m) et à l'imprécision du dessin de 5 m. On notera que le rapport BRGM/RP-53243-FR d'avril 2004 attribue une précision métrique au calage des plans de Soumont sur les différents points utilisés comme références. La valeur de 10 m a finalement été retenue d'expérience par l'INERIS de façon sécuritaire.
- les ouvrages débouchant en surface (puits et entrées de galeries) comportant une indication d'observation et de traitement ;
- les désordres recensés et une indication de leur état ;
- les courbes isopaques supposées (pas de 10 m avec une incertitude de l'ordre de 5 à 10 m) du recouvrement argilo-calcaire jurassique.

Par ailleurs, les anciens travaux de recherche (puits et galeries) sur l'ensemble des concessions du bassin de Soumont sont portés sur la carte 2 à l'échelle du 1/20000^{ème}.

PARTIE II
EVALUATION DES ALEAS

1. IDENTIFICATION DES ALEAS « MOUVEMENTS DE TERRAIN »

1.1 INTRODUCTION

La présente étude d'évaluation et de cartographie des risques miniers menée sur le territoire des communes de Bretteville-sur-Laize, Gouvix, Barbery, Urville et Bretteville-le-Rabet ne concerne que les aléas géotechniques de « mouvements de terrain », liés aux exploitations minières (annexe D). Elle n'aborde pas les autres risques miniers tels que les émanations de gaz, par exemple, ou les impacts environnementaux sur les eaux et les sols. Elle ne considère pas non plus les phénomènes naturels de type karstiques, qui peuvent être présents sur le bassin de risque, ni ceux liés à la présence d'anciennes carrières souterraines.

1.2 LES DIFFERENTS ALEAS RETENUS

La phase informative a révélé sur les travaux miniers de flanc nord du synclinal du bassin de Soumont un certain nombre de phénomènes de mouvements de terrain observés ou considérés comme prévisibles. Les scénarios accidentels sont examinés plus loin de façon plus approfondie pour en déterminer l'intensité potentielle, la crédibilité de survenance et évaluer, ainsi, les niveaux d'aléas qui leur incombent.

Les phénomènes prévisibles identifiés sont les suivants :

- les phénomènes d'effondrements localisés provoqués par la rupture du stot de protection (couronne) des chantiers miniers situés à faible profondeur (anciens travaux du XIX^{ème} ou début du XX^{ème} siècles, exploités directement sous les terrains primaires ou jurassiques à moins de 60 m de profondeur, environ). Ces phénomènes peuvent se traduire en surface par des trous en forme de gouttières ou de tranchées qui suivent la couche à proximité de l'affleurement ;
- les phénomènes d'effondrements localisés de plus petites dimensions liés à la rupture d'anciens orifices miniers (puits et cheminées d'aéragé) ou des galeries à faible profondeur. Ces phénomènes se traduisent en surface par l'ouverture d'un fontis en forme de cratère ou d'entonnoir, généralement circulaire.

Au vu des connaissances acquises et des arguments développés précédemment, les scénarios d'effondrement généralisé et d'affaissement, sur le bassin de Soumont flanc nord ont été exclus.

2. EVALUATION DES ALEAS DANS LE BASSIN DE SOUMONT

2.1 EFFONDREMENTS LOCALISES A L'APLOMB DES CHANTIERS PEU PROFONDS

Ces chantiers (chambres et galeries de niveau) sont situés sous un recouvrement dont la hauteur varie entre quelques mètres seulement et une trentaine de mètres.

Le caractère sensible de ces travaux, vis-à-vis de la stabilité de la surface, est non seulement lié à leur faible profondeur, mais aussi à leur découpage, quelque peu anarchique, à leur ancienneté et à leur état général. souvent dégradé.

Les secteurs menacés de risque d'effondrement localisés à l'aplomb des chantiers les moins profonds correspondant aux secteurs exploités au dessus du niveau 60. En effet, les différents phénomènes observés en surface se situent à l'aplomb du sommet des travaux réalisés au dessus du niveau 30. Cependant, on ne peut pas exclure un éboulement des travaux entre les niveau 30 et 60. Du fait de la présence de travaux au niveau 90 et de la faiblesse du stot de protection horizontal entre ces deux niveaux, on ne peut pas considérer un possible autocomblement du niveau 60 en cas d'éboulement du toit et donc un blocage de la remontée au jour du phénomène. Ceci a d'ailleurs été observé sur les éboulements de 1935 et 1936. L'éboulement des travaux du niveau 30 aurait entraîné la rupture du niveau 60 puis le remplissage du niveau 90. Cependant le phénomène en surface est localisé entre les niveau 0 et 30.

On peut par contre penser que la remontée en surface d'une rupture locale du toit, au droit des travaux du niveau 90, serait bloquée par l'autocomblement du niveau du fait de sa profondeur (située entre 80 et 120 mètres) et de son ouverture (4 mètres).

2.1.1 Intensité du phénomène

Le secteur exploité en 2 couches à proximité du plan 4 a été le siège d'effondrements localisés en 1935 et 1936 dont les dimensions (plus de 20 mètres de diamètre) justifient de qualifier l'intensité de forte d'après la classification adoptée (tableau 1 de l'annexe D). Il n'y a pas eu, par contre, à ce jour de tels phénomènes de ce type sur les chantiers exploités en une seule couche.

Compte tenu de l'évolution défavorable de la stabilité des chantiers entre 1968 et 1989, date de la visite au fond de MM Vouille et Tincelin, l'ensemble des secteurs exploités au dessus du niveau 60 peut être qualifié comme pouvant être le siège de désordres d'intensité forte.

2.1.2 Facteurs de prédisposition

L'évaluation de la probabilité d'occurrence dépend essentiellement des facteurs de prédisposition suivants :

- la fréquence des désordres observés en surface ;
 - la nature et l'épaisseur des terrains de recouvrement ;
 - les configurations d'exploitation et l'état des cavités souterraines.
- 1) La rétroanalyse montre que la fréquence des désordres apparus en surface est relativement élevée. Au moins trois fontis de dimension au moins égale à 20 m sont apparus en surface au droit des secteurs exploités en bicouche alors qu'aucun n'est apparu dans les secteurs exploités en une seule couche.
 - 2) Si l'élément déterminant était l'épaisseur du recouvrement (recouvrement formé des calcaires du Jurassique) sur le flanc sud du synclinal de Soumont, sur le flanc nord de Soumont, ce recouvrement jurassique est inexistant. Il n'aura donc aucune influence bénéfique de ce critère sur la prédisposition du site.
 - 3) Finalement, la prédisposition d'un secteur dépendra essentiellement de la configuration et de l'état des exploitations.

Ainsi, nous proposons d'affecter à tous les secteurs exploités en bicouche, au dessus du niveau 60, une probabilité d'occurrence qualifiée de forte vis-à-vis du phénomène d'effondrement localisé.

Les secteurs exploités en une seule couche, au dessus du niveau 60, sont affectés d'une probabilité d'occurrence qualifiée de faible.

2.1.3 Evaluation de l'aléa

Compte tenu de l'intensité du phénomène redouté, considérée comme forte sur l'ensemble des zones des anciens travaux miniers situés à faible profondeur, la hiérarchisation des aléas évolue en fonction de la configuration des exploitations.

Pour les secteurs exploités en bicouche, le croisement d'une intensité forte et d'une prédisposition forte les classent en aléa fort.

Pour ceux exploités en monocouche, le croisement d'une intensité forte et d'une prédisposition faible les affectent en aléa moyen.

2.1.4 Limites du zonage

On considère d'une manière générale que l'éboulement produit par la rupture des ouvrages souterrains, se propage d'abord dans le plan de la couche (pour des pendages élevés, supérieurs à 50°). Sur le flanc nord (pendage compris entre 50 à 70°), on peut penser qu'une rupture des terrains encaissants puisse se produire par cisaillement du toit de la couche. La hauteur des terrains affectés par ce type de rupture est estimée à dix à vingt mètres sous les terrains déconsolidés, ce qui correspond approximativement aux travaux situés au dessus du niveau 30. L'épaisseur des terrains déconsolidés est estimée à une quinzaine de mètre, conformément à ce qui peut être observé dans les fontis toujours ouverts, de 1935 et 1936, (schéma de la figure 11 et photos 8 et 9).

Dans la zone des terrains altérés (une quinzaine de mètres sous la surface) l'effondrement qui affecte la surface forme un cratère selon un angle d'influence (angle de talus qui dépend de la nature des terrains superficiels. Globalement cet angle est estimé égal à 45°, en se formant à une profondeur de 15 m (figure 11).

La *marge d'influence* est de 15 m du côté du mur pris à partir de l'intersection de la couche et de la limite d'altération (15 m de profondeur) et de 15 m du côté du toit pris approximativement à l'aplomb du niveau 30. En effet, les effondrements de 1935 et 1936 se sont produits au sommet du toit des chambres les plus proches de la surface.

La *marge d'incertitude* a été estimée autour de 5 m par GEODERIS. Nous avons donc retenu, par précaution, la valeur de 10 m comme valeur de la marge d'incertitude sur les deux flancs du bassin.

Les limites de zonage cartographique correspondent à la *marge de sécurité* qui intègre les deux marges (figure 11).

2.2 EFFONDREMENTS LOCALISES PAR RUPTURE DES TETES DE PUIITS

2.2.1 Etat des puits

L'inventaire des puits et cheminées d'aérage effectué dans le cadre de la phase informative (chapitre 4.1) recense 5 puits et un plan incliné (60°) qui ont servi à l'extraction ou à l'aérage. Les quelques informations retrouvées nous indiquent que ces puits devaient être généralement circulaires et de faible profondeur car situés au sommet des travaux.

D'après le recollement des travaux, les cinq puits ont été complètement remblayés en 1968.

Par contre le plan 6 a simplement été obstrué par une dalle posée sur les anciens murs du bâtiment de la machine d'extraction (figures 12 et 13). Il n'existe aucune garantie à long terme sur la stabilité de ces murs de bâtiment qui sont devenus, de fait, des murs de soutènement depuis le remblayage de la dépression en surface en 1992. Le mur Sud du bâtiment se trouve à l'aplomb du plan 6 non remblayé sur 90 m de profondeur.

De façon synthétique, nous notons qu'aucun puits, sur le flanc nord des mines de fer de Soumont n'a été traité de manière à garantir sa stabilité à long terme.

2.2.2 Evaluation de l'aléa

On remarque que des travaux ont été réalisés pour la mise en sécurité de ces ouvrages. Néanmoins, ces travaux de mise en sécurité, ne permettent pas d'éliminer définitivement les risques à long terme en particulier pour les puits remblayés pour lesquels nous ne connaissons ni la nature ni la mise en œuvre des matériaux utilisés pas plus que les méthodes mises en œuvre pour la fermeture des recettes ainsi que pour le plan 6, simplement mis en sécurité par une dalle.

On ne peut donc pas éliminer, dans le long terme, le risque d'effondrement localisé par rupture de la tête de puits dont les dimensions pourraient dépasser le diamètre du puits. On estime que les terrains superficiels, constitués de terres végétales, de colluvions et de terrains altérés, primaires ou jurassiques, constituent une couverture de qualité médiocre jusqu'à une profondeur estimée globalement à une quinzaine de mètres.

L'intensité du phénomène redouté peut être jugée de moyenne (effondrement localisé de type fontis, relativement important, de quelques mètres à une dizaine de mètres de diamètre). En ce qui concerne la qualification de la probabilité d'occurrence, nous savons que les puits devaient avoir un diamètre faible (mine très peu mécanisée), de faible profondeur (inférieure à 30 m), ne débouchant pas directement dans les travaux mais généralement dans une galerie horizontale hors couche et, semble t'il, remblayés intégralement. La probabilité d'occurrence est donc qualifiée de faible pour les 6 ouvrages.

Le niveau d'aléa relatif aux différents puits et cheminées peut être donc considéré, comme moyen pour les ouvrages situés au droit des travaux du flanc nord des mines de Soumont.

En ce qui concerne les anciens ouvrages de recherche, nous ne disposons pas de données précises sur leur localisation. D'après les archives, ces puits étaient des ouvrages de petites dimensions aussi bien en profondeur qu'en diamètre. Leur réalisation date principalement de la fin du 19^{ème} siècle. Aucune trace de désordre n'a été remarquée en surface à proximité de leur localisation théorique. De ce fait, ces ouvrages sont cartographiés pour mémoire et affectés d'un niveau d'aléa faible.

2.2.3 Limites du zonage

On admet globalement que les terrains de recouvrement sont meubles près de la surface (terres végétales) et que les terrains primaires ou jurassiques peuvent avoir été altérés et déconsolidés sur une profondeur de l'ordre de 15 mètres, déterminée à partir des observations sur site et des sondages de reconnaissance. Du fait du caractère relativement cohérent et frottant des terrains, l'angle de cône moyen (angle d'influence) est estimé à 45°.

Si l'on considère un recouvrement de 15 m de terrains déconsolidés, la marge d'influence (limite des effets possibles en surface autour du centre du puits) forme ainsi un rayon d'influence égal à $R = r + 15$ m.

En considérant que les puits ont été suffisamment bien positionnés, au moins à partir du plan recalé, on peut estimer l'incertitude de positionnement de ceux ci égale à l'incertitude générale de positionnement du plan, c'est à dire 5 mètres. La marge de sécurité s'établit donc comme un cercle centré sur le puits d'un rayon égal à $R=r+20m$.

Le schéma de principe montrant la marge adoptée pour les puits et cheminées est représenté sur la figure 9.

En ce qui concerne les ouvrages de recherche, leur localisation étant approximative, voire très approximative, l'aléa faible qui leur est affecté est représenté par un cercle de 50m de rayon centré sur la position théorique de l'ouvrage, issue des archives.

2.3 EFFONDREMENTS LOCALISES PAR EBOULEMENT DE GALERIES ISOLEES

La présence de galeries isolées situées, à faible profondeur (galeries d'accès ou galeries de reconnaissance) peut provoquer, en cas d'éboulement, des phénomènes d'effondrement localisé en surface qui s'apparentent aux fontis. Il ne faut pas confondre ce type d'accident avec les effondrements localisés de taille plus importante provoqués par les instabilités des travaux et chantiers de tous types proches de la surface dont les dimensions sont beaucoup plus importantes.

2.3.1 Intensité du phénomène

L'intensité du phénomène redouté en surface, en cas de remonté d'un fontis est globalement proportionnelle au volume du vide et donc aux dimensions de la galerie. S'agissant de galeries relativement petites (3 m x 3 m, au maximum), on peut présumer que l'intensité du phénomène ne soit que moyenne (diamètre du cratère compris entre 3 et 10 m au maximum).

2.3.2 Facteurs de prédisposition

Un certain nombre de fontis a été observé au droit de galeries situées à faible profondeur au niveau de la galerie de contournement du plan 5. des galeries ont été creusées à faible profondeur (environ 20 m). Ces fontis sont de forme circulaire, de diamètre largement inférieur à 10 m et de profondeur métrique. Ils ne semblent plus évoluer actuellement.

Un autre facteur important de prédisposition est la hauteur du recouvrement. Par analogie au critère de prédisposition adopté précédemment pour l'estimation de la profondeur à partir de laquelle les éboulements localisés ont peu de chance de remonter jusqu'en surface, on peut retenir comme hauteur de recouvrement la valeur de 30 m, valeur fondée sur la nature et la résistance des terrains de recouvrement.

Cette hypothèse paraît, en effet, sécuritaire dans la mesure où, pour une galerie d'accès de dimensions habituelles (de l'ordre de 3 m x 3 m,), cette valeur de 30 m représente la hauteur à partir de laquelle il y aurait, en cas d'éboulement, autocomblement de la galerie (par le phénomène de foisonnement des éboulis).

Ce résultat est vérifié à partir d'un modèle de calcul, établi par l'INERIS sous tableur Excel, considérant une remontée (ou « cheminée ») de fontis circulaire et un coefficient de foisonnement de 1.3 (modèle en cours de validation). Dans ce dernier calcul, pour une cheminée de 2,5 m de diamètre, la hauteur d'autocomblement est de l'ordre de 30 m, toutes choses égales par ailleurs (annexe A).

Parmi les galeries isolées situées à moins de 30 m de profondeur, on retrouve les galeries décrites en au paragraphe 4.1, à savoir :

- la galerie de Gouvix ;
- la galerie d'Urville.

2.3.3 Evaluation de l'aléa

L'intensité du phénomène redouté étant jugée moyenne, le niveau de l'aléa peut être considéré comme moyen si la galerie ou la descenderie est située à moins de 30 m de la surface (prédisposition favorable à la remontée). Par contre, à plus de 30 m de profondeur, l'aléa est considéré comme nul (processus bloqué par autocomblement).

2.3.4 Limites du zonage

Le zonage de l'aléa se limite aux galeries situées à moins de 30 m de profondeur au droit desquelles on trace une bande de protection (de chaque côté de la galerie). On peut présumer, en effet, qu'un éboulement localisé de galerie remonterait, sous forme d'une cheminée plutôt circulaire, plus ou moins verticalement dans le milieu rocheux fracturé au moins jusqu'à 15 m de profondeur. Une fois débouché au jour, le fontis devrait prendre progressivement une forme classique d'entonnoir avec un angle de talus de 45°, environ, à partir de cette profondeur de 15 m (terrains meubles ou déconsolidés)..

Les galeries étant suffisamment bien géoréférencées à proximité des entrées, on peut négliger l'incertitude de positionnement et négliger de ce fait la marge d'incertitude sur les premières dizaines de mètres. A plus longue distance des entrées, on a considéré que la marge d'incertitude sur la localisation pouvait atteindre 5 m environ.

2.4 ELEMENTS INDIQUES POUR MEMOIRE SUR LA CARTE D'ALEA

L'enveloppe correspondant à l'emprise des travaux est reportée sur la carte des aléas pour garder en mémoire l'existence de l'exploitation souterraine, dans l'hypothèse où un ouvrage exceptionnel, sensible ou profond serait envisagé sur la zone d'étude.

Naturellement, ici, la marge d'incertitude de 10 m correspondant aux erreurs possibles de calage cartographiques est appliquée comme limite de l'enveloppe.

3. CONCLUSIONS

La présente analyse a conduit à la définition de l'aléa pour les risques « mouvements de terrains » liés aux exploitations souterraines et aux travaux de surface sur tout le secteur du bassin minier ferrifère du flanc nord du bassin ferrifère de Soumont concernant les communes de Bretteville-sur-Laize, Gouvix, Barbery, Urville et Bretteville-le-Rabet.

Un seul phénomène a été retenu sur le site :

- le phénomène d'effondrement localisé qui a différentes origines dont la rupture des anciens travaux et des chambres situés à faible profondeur et la rupture des puits ou l'éboulement de galeries isolées proches de la surface (moins de 30 m) ;

L'analyse des différentes configurations d'exploitation a permis d'exclure l'occurrence d'effondrements généralisés et d'affaissements sur l'ensemble des secteurs sous-minés du flanc nord de Soumont.

Effondrements localisés à l'aplomb des chantiers peu profonds

L'ensemble de la mine comporte des travaux à faible profondeur.

Ces chantiers, chambres, galeries de niveau sont situés sous un recouvrement dont la hauteur varie entre quelques mètres seulement à une trentaine de mètres.

Le caractère défavorable de ces travaux vis-à-vis de la stabilité de la surface, est non seulement lié à leur faible profondeur, mais aussi à leur découpage, à leur ancienneté et à leur état général qui semble être dégradé.

L'élément déterminant la probabilité d'occurrence du phénomène est finalement la méthode d'exploitation en une ou deux couches séparées par un intercalaire mince.

Les niveaux d'aléas ont donc été fixés en fonction de ce paramètre :

- les travaux situés au-dessus du niveau 60 et exploités en bicouche ont été classés en aléa fort ;
- les travaux situés au-dessus du niveau 60 et exploités en monocouche ont été classés en aléa moyen.

Effondrements localisés par rupture des têtes de puits

Selon les traitements réalisés pour la mise en sécurité de ces ouvrages l'aléa a été jugé moyen pour tous les puits.

On estime, en effet, que, quel que soit le traitement pratiqué, la stabilité des puits n'est pas totalement garantie à long terme contre les risques de débouillage par rupture des barrages réalisés à la base des puits, rupture susceptibles de s'opérer par altération ou vieillissement.

Nous attirons tout particulièrement l'attention sur le traitement du plan 6 qui peut difficilement être considéré comme stable à long terme. De plus, d'après certaines archives, la machinerie serait restée en place sous la dalle.

Effondrements localisés par éboulement de galeries

Pour le phénomène de fontis par éboulement de galerie, le facteur de prédisposition essentiel est la hauteur du recouvrement (en considérant le ratio ouverture/hauteur du recouvrement). Une hauteur de recouvrement de 30 m a été retenue, comme limite de protection de la surface vis-à-vis du risque de fontis.

Les secteurs concernés sont les suivants :

- la galerie d'Urville ;
- la galerie de Gouvix.

Le niveau de l'aléa a été considéré comme moyen si la galerie est située à moins de 30 m de la surface (prédisposition favorable à la remontée). Par contre, à plus de 30 m de profondeur, l'aléa est considéré comme nul (processus bloqué par autocomblement).

Le risque d'affaissement

Compte tenu de la configuration des travaux miniers sur le flanc nord du synclinal de Soumont, l'aléa affaissement, analysé à partir d'une étude spécifique par modélisation numérique est considéré comme nul.

Remarques complémentaires

Bien que non pris en compte dans le cadre de cette étude, d'autres phénomènes ou nuisances pourraient être induits par la présence des exploitations minières maintenant arrêtées (risques liés aux gaz de mine, inondations, problèmes environnementaux, etc.). Ils mériteraient d'être examinés dans le cadre de l'élaboration d'un PPRM.

BIBLIOGRAPHIE

Dossiers et articles relatifs à l'exploitation ferrifère :

F. Doré (1969) : Les formations cambriennes de Normandie. Thèse de l'Université de Caen, 1969.

J.A. Varoquaux et E. Gérard (1980) : Les gisements de minerai de fer français. Annales des Mines, p.135-154, juillet-août 1980.

Les gisements miniers de Basse-Normandie. Document DRIRE de Basse-Normandie Division Environnement Sous-sol, 1998.

Rapports et articles relatifs à la stabilité générale des travaux miniers :

R. Roignot, C. Mathon (1976) : Société Métallurgique de Normandie ; Etude de la stabilité de l'ancien front de taille de la carrière des Aucrais, rapport BRGM 76 SGN 503 PNO, 15 p., 1976.

R. Schwartzmann (1991) : Rapport d'étude sur l'effondrement de la Pouèze. Ardoisières d'Angers, 9 p., décembre 1991.

V. Renaud (2003) : Contribution à l'analyse des conditions d'effondrement des gisements pentés des bassins ferrifères de Soumont, May-sur-Orne et Segré (Calvados, Maine-et-Loire), rapport INERIS-DRS-03-50864/RN01 44 p., 2003.

Autres références :

- [1] Rapport de fermeture de la mine de fer de Soumont (Calvados) – avril 1998.
- [2] Dossier de renonciation aux concessions de la Société des Mines de Soumont – février 1990.
- [2bis] Mines de Soumont : Hydrogéologie + Fermeture des accès – rapport GEOSTOCK réf. GK/DT/90061-TY/TT – janvier 1990.
- [4] Carte et notice géologiques BRGM– Feuille de Mézidon (146) à 1/50 000 – avril 1999.
- [5] Carte hydrogéologique du département du Calvados BRGM à 1/100 000 – 1991.
- [6] Plan de Prévention des Risques d'effondrement de terrains des anciennes mines de fer – DDE Calvados - décembre 1995.
- [6bis] Modification du Plan de Prévention des Risques d'effondrement de terrains des anciennes mines de fer en date du 22 décembre 1995 (Document Provisoire) – DDE Calvados – novembre 1998.
- [7] E. Tincelin et G. Vouille : *Société des mines de Soumont - Stabilité à terme des zones exploitées à la mine de Soumont – flanc sud*. Rapport de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris – Centre de Géotechnique et d'Exploitation du Sous-sol, 1989, 40 pages.
- [8] E. Tincelin et G. Vouille : *Mine de Soumont – Définition des zones à risques et de la nature des risques*. Rapport de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris – Centre de Géotechnique et d'Exploitation du Sous-sol, 1991, 8 pages.
- [9] J.A. Varoquaux et E. Gérard : *Les gisements de minerai de fer français*. Annales des Mines. juillet-août 1980, p.135-154.

- [10] A. Perrotte et B. Lidou : *Diverses variantes de chambres avec piliers abandonnés dans la mine de fer de Soumont*. Industrie Minérale – Les Techniques, février 1983, p.74-78.
- [11] Bulletin Technique des Mines de fer. *Les mines de fer de Soumont*. Edition G.E.D.I.M. 2^{ème} trimestre 1976, p.61-68.
- [12] Société des Mines de Soumont. *Les Mines de Soumont*. Editeur local. 1980. 13 pages.
- [13] *Bassin ferrifère de NORMANDIE - Participation à l'élaboration de la phase informative du PPRM sur l'emprise des concessions de Cinglais, Barbery, Soumont et Perrières (Calvados)*. Rapport INERIS-DRS-03-44270/R01, juin 2003.
- [14] *Analyse du géoréférencement du plan minier de Soumont - Saint-Quentin (14)*. Rapport GEODERIS 2300-BN03-NT10-BM-CV, 2003.
- [15] *Bassin ferrifère de NORMANDIE - Participation à l'élaboration de la phase informative du PPRM sur l'emprise des concessions du Bully, Maltot, May-sur-Orne et Saint-André-sur-Orne (Calvados)*. Rapport INERIS-DRS-03-48514/R01-Projet, décembre 2003 (en cours de validation).
- [16] M. Desurmont : *Analyse des mesures de libération de contraintes effectuées à Soumont*. Rapport de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris – Centre de Géotechnique et d'Exploitation du Sous-sol. R74/4, 1974, 23 pages.
- [17] *Mine de Soumont - Caractéristiques mécaniques des terrains*. Rapport de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris – Centre de Géotechnique et d'Exploitation du Sous-sol. SE/762, 1976, 44 pages.
- [18] E. Tincelin et G. Vouille : *Stabilité générale des mines de Soumont*. Rapport de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris – Centre de Géotechnique et d'Exploitation du Sous-sol. R81/20, 1981, 18 pages.
- [21] Denis Buret (1991) : Détermination du champ de contrainte régional à partir de tests hydrauliques en forages, résultats de neuf expérimentations in situ réalisées en France. Thèse de doctorat de Géophysique Interne, université de Paris VII.
- [22] G Maurin (1999) : Concessions des mines de fer de Gouvix-Urville (calvados) Rapport BRGM R 40714, 119, 17 ann.
- [23] E. Tincelin et G. Vouille : *Société des mines de Soumont - Stabilité à terme des zones exploitées dans le flanc norddu synclinal de Soumont : concessions de Gouvix et Urville*. Rapport de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris – Centre de Géotechnique et d'Exploitation du Sous-sol, 1989,.
- [23] M Loislard : *Concessions des mines de fer de Gouvix et d'Urville(calvados), éléments pour la réalisation de la carte informative, Rapport final BRGM/RP-53243-FR, avril 2004.*

LISTE DES FIGURES, PHOTOGRAPHIES, ANNEXES ET CARTES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Figures		
Figure 1	Carte de localisation des concessions sur le synclinal de Soumont-Urville (environ 1/150 000)	1 A4
Figure 2	Carte de localisation des bassins ferrifères d'Anjou-Bretagne et de Normandie (modifié d'après Varoquaux et Gérard, 1980)	
Figure 3	Coupe géologique et localisation des travaux miniers au sein du flanc sud du synclinal de Soumont-Urville	1 A4
Figure 4	Carte synthétique indiquant l'épaisseur totale de la couverture au dessus des formations primaires (d'après notice de la carte géologique, édition BRGM cf. [4]) et en coupe (d'après Bulletin Technique des Mines de fer)	
Figure 5	Principe des chambres magasin sur le flanc nord de Soumont	1 A4
Figure 6	Préparation d'une taille chassante	
Figure 7	Méthode d'exploitation par taille chassante	1 A4
Figure 8	Zonage du risque lié aux anciens travaux miniers (d'après PPR de décembre 1995)	
Figure 9	Définition de la marge de sécurité (marges d'influence) concernant les puits et cheminées d'aérage	1 A4
Figure 10	Schéma général d'une « couronne »	
Figure 11	Définition de la marge de sécurité (marges d'influence) concernant les effondrements localisés	1 A4
Figure 12	Traitement du plan 6, vue en coupe	
Figure 13	Traitement du plan 6, vue en plan	1 A4
Figure 14	Plan de l'effondrement de 1935	1 A4
Figure 15	Plan des éboulements au fond de 1935 et 1936	1 A4

	Planches photographiques	
Photo 1	Ancien bâtiment du carreau d'Urville	1 A4
Photo 2	Ancienne entrée de la galerie de Gouvix	
Photo 3	Ancienne entrée de la galerie de la galerie d'Urville	1 A4
Photo 4	Ancienne entrée de la galerie d'Urville, détail de la voûte	
Photo 5	Tumulus proche du puits 2	1 A4
Photo 6	Localisation approximative du plan 6	
Photo 7	Fontis proche du puits 3	1 A4
Photo 8	Effondrement de 1935 et 1936	
Photo 9	Effondrement plan 4 de 1935 et 1936	1 A4

	Annexes	
Annexe A	Logiciel utilisé	1 A4
Annexe B	Recollement des travaux sur les ouvrages débouchant au jour	2 A4
Annexe C	Listes des ouvrages de recherche	2 A4
Annexe D	Evaluation et cartographie de l'aléa Méthodologie	10 A4

	Cartes	
Carte 1	Carte informative de l'exploitation du fer sur Soumont (flanc nord) (échelle 1/5 000 ^{ème})	1 plans hors texte
Carte 2	Carte informative sur les ouvrages de recherche du minerai de fer sur le synclinal de Soumont (échelle 1/20 000 ^{ème})	1 plans hors texte
Carte 3	Carte de l'aléa effondrement localisé (échelle 1/5. 000 ^{ème})	1 plans hors texte
Carte 4	Carte d'aléa effondrements localisé sur les ouvrages de recherche du minerai de fer du synclinal de Soumont	1 plans hors texte