



☐ GEODERIS Est  
1 Rue Claude Chappe  
BP 25198  
57075 METZ CEDEX 3  
☎ : 03 87 17 36 60 – 📠 : 03 87 17 36 89

☒ GEODERIS Ouest  
Citis, le Pentacle  
Avenue de Tsukuba  
14209 HEROUVILLE ST CLAIR Cedex  
☎ : 02 31 46 50 15 – 📠 : 02 31 46 50 56

☐ GEODERIS Sud  
Pist Oasis 3, Bâtiment A  
Rue de la Bergerie  
30319 ALES  
☎ : 04 66 61 09 80 – 📠 : 04 66 25 89 68

## **Concessions de La Ferrière-aux-Etangs et Mont-en-Gérôme (Orne)**

**Etude préliminaire à la réalisation d'un Plan de  
Prévention des Risques Miniers (PPRM)**

**Evaluation des risques résiduels  
liés à l'activité minière**

**Evaluation et cartographie de l'aléa « mouvement de terrain »**

**9 novembre 2005**

**GEODERIS 5BNO2200-R01-CF**

*Europlaza - 1 Rue Claude Chappe - Entrée C2 - 57075 METZ Cedex 3*

*☎ : 03.87.17.36.60 - 📠 : 03.87.17.36.89*

*Mél : geoderis@industrie.gouv.fr*

*GROUPEMENT D'INTERET PUBLIC - SIRET : 185 722 949 00020 - APE : 743B*

# Concessions de La Ferrière-aux-Etangs et Mont-en-Gérôme (Orne)

Etude préliminaire à la réalisation d'un Plan de  
Prévention des Risques Miniers (PPRM)

Evaluation des risques résiduels  
liés à l'activité minière

Evaluation et cartographie de l'aléa « mouvement de terrain »

**DIFFUSION** :      DRIRE BNO : 2 ex  
                              JP. BESNARD : 1 ex  
                              Bibliothèque Géodéris Metz : 1 ex  
                              Bibliothèque Géodéris Caen : 1 ex  
                              INERIS, X. DAUPLEY (DRS) : 1 ex  
                              BRGM, M. LOISLARD (SGR/PAL) : 1 ex

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

9 novembre 2005

SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>Cadre et objectif</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Communes concernées par la présente étude</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Synthèse des principales données sur la mine et son environnement</b> .....	<b>6</b>
3.1	Concessions minières .....	6
3.2	Géologie et gisement .....	7
3.3	Exploitation .....	7
3.4	Modifications hydriques engendrées par les travaux miniers .....	9
3.5	Topographie et occupation du sol.....	10
<b>4</b>	<b>Méthodologie et travaux effectués</b> .....	<b>11</b>
4.1	Déroulement de l'étude .....	11
4.2	Risque et aléa.....	11
<b>5</b>	<b>Pertinence et évaluation des aléas sur les concessions de la Ferrière-aux-Etangs et Mont-en-Gérôme</b> .....	<b>12</b>
5.1	Termes juridiques .....	12
5.2	Aléas "mouvement de terrain" .....	12
5.2.1	L'affaissement.....	13
5.2.2	L'effondrement localisé .....	15
5.2.3	Les glissement et tassement .....	17
5.3	Aléa "inondation" .....	17
5.4	Aléa "émanation de gaz" .....	18
5.5	Aléa "pollution des sols et des eaux" .....	18
5.6	Aléa " rayonnements ionisants" .....	19
<b>6</b>	<b>Risques résiduels sur les concessions de La Ferrière-aux-Etangs et Mont-en-Gérôme</b> .....	<b>19</b>
6.1	Incertitude résiduelle.....	19
6.2	Modalités de cartographie de l'alea.....	19
6.3	Zones à risque.....	21
<b>7</b>	<b>Suites de l'étude</b> .....	<b>21</b>
7.1	PPRM.....	21
7.2	Analyse du risque.....	22
7.3	Etat zéro altimétrique.....	22

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : carte de localisation des concessions .....	6
Figure 2 : méthode des tailles rabattantes (extrait de PV de l'Ingénieur des Mines) .....	8
Figure 3 : principe de la méthode des « tailles montantes » (d'après Perrotte et Lidou).....	8
Figure 4 : dissymétrie des angles d'influence amont et aval en gisement penté .....	14
Figure 5 : modalités de construction cartographique de l'aléa « effondrement localisé » .....	20
Figure 6 : aléa « affaissement » - représentation des angles d'influence amont et aval appliqués aux concessions de la Ferrière-aux-Etangs et de Mont-en-Gérôme .....	21

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : communes concernées par les concessions minières de la Ferrière-aux-Etangs et de Mont-en-Gérôme .....	5
Tableau 2 : principales caractéristiques des concessions de la Ferrière-aux-Etangs et de Mont-en-Gérôme.....	6
Tableau 3 : caractéristiques principales des gisements ferrifères pentés de l'ouest de la France.....	9
Tableau 4 : documents techniques relatifs à l'étude d'aléa des concessions de la Ferrière-aux-Etangs et de Mont-en-Gérôme.....	12
Tableau 5 : affaissement - critères de pendage, taux de défrètement, et ouverture de la couche exploitée .....	15
Tableau 6 : niveau de l'aléa « effondrement localisé » sur les concessions de la Ferrière-aux-Etangs et de Mont-en-Gérôme.....	17

## LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photographie 1 : barrage d'obturation du TB 220.....	10
Photographie 2 : cuvette d'affaissement de Bray-en-Cinglais (Soumont) .....	13
Photographie 3 : effondrement localisé au droit de chantiers peu profonds – la Fieffe .....	16

## LISTE DES ANNEXES

Annexe A : rapport INERIS DRS-05-56323/R01

## LISTE DES PLANCHES

Planche 1 : carte des aléas « mouvement de terrain » (1/5 000)  
 Planche 2 : carte informative (1/5 000)

## **1 CADRE ET OBJECTIF**

---

Les Plans de Prévention des Risques Miniers (PPRM) ont été instaurés par la loi du 30 mars 1999. Le décret en conseil d'Etat n° 2000-547 du 16 juin 2000 relatif à l'application des articles 94 et 95 du Code minier, précise les modalités d'application du chapitre I de cette loi.

La DRIRE de Basse-Normandie, par l'intermédiaire du Pôle Après-Mine, a confié à GEODERIS une étude préliminaire à la réalisation d'un PPRM sur le bassin minier de La Ferrière-aux-Etangs.

Le présent rapport passe en revue l'ensemble des risques résiduels potentiels liés aux anciennes mines de fer. Notamment les aléas liés à la pollution des eaux, aux inondations potentielles et à l'émission de gaz de mine sont abordés, sans être cartographiés.

Ce document constitue par ailleurs une synthèse relative aux aléas « mouvement de terrain » qui sont les plus importants, en terme de risque, sur ce bassin minier. L'étude de ces aléas « mouvement de terrain » se concrétise par la réalisation de :

- cartes informatives rassemblant les données recueillies sur les zones étudiées ;
- cartes d'aléa « mouvement de terrain ».

Ces données doivent permettre d'établir, si un PPRM est arrêté, les cartes réglementaires prescrivant les restrictions d'urbanisme et les modalités de construction. Elles permettent également d'identifier et délimiter les zones « à risque » pour les biens et personnes.

## **2 COMMUNES CONCERNEES PAR LA PRESENTE ETUDE**

---

Les communes concernées par la présente étude sont celles dont le territoire recoupe le périmètre des anciennes concessions de La-Ferrière-aux-Etangs et de Mont-en-Gérôme. Ces communes sont les suivantes, par ordre alphabétique :

Banvou	Bellou-en-Houlme	Champsecret
Dompierre	Juvigny-sous-Andaine	La Coulonche
La Ferrière-aux-Etangs	La Sauvagère	Le Chatellier
Messei	Saint-André-de-Messei	Saint-Michel-des-Andaines
	Saires-la-Verrerie	

*Tableau 1 : communes concernées par les concessions minières de la Ferrière-aux-Etangs et de Mont-en-Gérôme*

### 3 SYNTHÈSE DES PRINCIPALES DONNÉES SUR LA MINE ET SON ENVIRONNEMENT

#### 3.1 CONCESSIONS MINIÈRES

Les concessions du bassin minier de La Ferrière-aux-Etangs concernées par des travaux d'exploitation et de recherche du minerai de fer sont au nombre de deux : La-Ferrière-aux-Etangs et Mont-en-Gérôme.

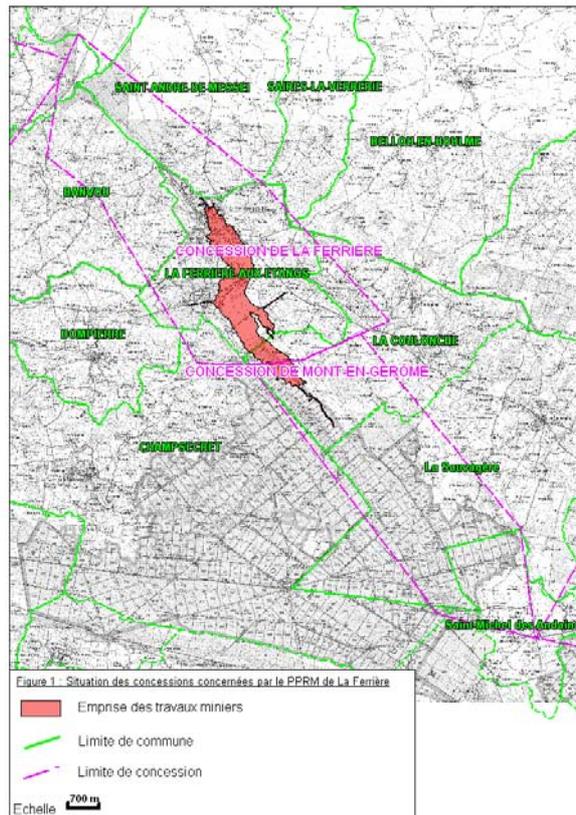


Figure 1 : carte de localisation des concessions

Leurs principales caractéristiques sont résumées sur le tableau suivant :

Concession	La Ferrière-aux-Etangs	Mont-en-Gérôme
Superficie (ha)	2407	1970
Date d'octroi	1901	1903
Date d'arrêt des travaux d'exploitation	1970	1970
Date de renonciation	1988	Demandée en 1983, sans suite
Dernier titulaire	Société des Mines de Fer de Segré	Société des Mines de Douaria
Communes concernées par le périmètre	Banvou, Bellou-en-Houlme, Champsecret, Dompierre, La Coulonche, Le Chatellier, La Ferrière-aux-Etangs, Messei, Saint-André-de-Messei, Saires-la-Verrerie	Champsecret, Juvigny-sous-Andaine, La Coulonche, La Sauvagère, Saint-Michel-des-Andaines

Tableau 2 : principales caractéristiques des concessions de la Ferrière-aux-Etangs et de Mont-en-Gérôme

## **3.2 GEOLOGIE ET GISEMENT**

Le synclinal de La Ferrière-aux-Etangs s'intègre dans l'ensemble des bassins ferrifères de l'Ouest de la France. Il correspond à une digitation du synclinal de Mortain-Domfront-l'Hermitage. Il se distingue des autres bassins normands par une orientation générale différente (N 140° E), ainsi que par l'absence de flanc nord, le synclinal étant interrompu par un réseau de failles bordières qui le met en contact avec des massifs cristallins ou des formations sédimentaires plus anciennes (schistes du Briovérien). Le flanc sud possède un pendage variant de 25 à 45° en direction du Nord-Est. Un accident décrochant délimite au Nord et au Sud deux principaux secteurs exploités.

La couche de minerai de fer, de 2 à 5 m d'épaisseur, d'âge ordovicien, se situe au sein des schistes silto-argileux du Pissot à une trentaine de mètres au toit de la formation régionale dite du Grès armoricain. Cette dernière est constituée de quartzites résistants qui constituent dans la topographie un relief caractéristique. Ces formations affleurent et ne sont recouvertes que d'alluvions dans les vallées et colluvions sur les pentes.

Le minerai de fer est de nature essentiellement chlorito-carbonaté, la présence d'hématite et de faciès oxydé et pulvérulent étant plus marquée en partie méridionale du gisement. La teneur en fer diminue du nord-ouest au sud-est, passant de 50 % à moins de 35 %. Sa résistance mécanique apparaît plus élevée que celles du minerai de fer des autres bassins occidentaux (tableau 3).

## **3.3 EXPLOITATION**

Le minerai de fer, affleurant à proximité du bourg de La Ferrière-aux-Etangs, fut exploité certainement depuis le Moyen-Age, et probablement depuis des temps plus anciens, par des « minières » (exploitations à ciel ouvert) que l'on observe aisément dans le paysage. Mais c'est au tout début du XX<sup>ème</sup> siècle que l'exploitation souterraine commence de manière industrielle.

L'exploitation débute par le creusement de deux galeries sous les anciennes minières et l'extraction du minerai par un travers-banc de 600 m (TB 220) débouchant dans le quartier du Gué Plat. Les travaux s'approfondissent et s'étendent progressivement par la mise en service de puits et le creusement de galeries de niveau, pour atteindre la profondeur de 150 m environ dans les années 1930. A partir de 1939, le puits Pralon est mis en service pour exploiter le gisement plus profond et devient l'ouvrage d'extraction principal au détriment du TB 220 qui assure l'exhaure des travaux. Après guerre, l'exploitation continue à se développer pour atteindre son apogée en 1960, année où la production atteint 720 000 tonnes. Le puits Pralon est approfondi jusqu'à 470 m de profondeur et dessert alors les niveaux situés jusqu'à 400 m de profondeur. Les travaux se concentrent au sud du bassin, la couche étant interrompue au nord par un réseau de failles. Le gisement à des profondeurs rentables s'amenuisant et la concurrence de minerais étrangers devenant de plus en plus forte, la fermeture de la mine est officiellement annoncée en 1969 et devient définitive le 1er avril 1970.

Au total, environ 16 millions de tonnes de minerai de fer ont été extraites. L'emprise des travaux correspond à une bande de moins de 5 km de longueur du nord-ouest au sud-est, sur 500 à 700 m de large. La profondeur maximale de l'exploitation est 470 m. L'exploitation a été menée sur plusieurs panneaux accessibles par des galeries horizontales de niveau. Celles-ci sont espacées, en altitude, de 50 m à 100 m selon les secteurs et méthodes d'extraction employées. Les galeries de niveaux les plus superficielles sont proches du jour et des anciennes minières. Il subsiste donc des travaux miniers à très faible profondeur.

Les méthodes d'exploitation ont évolué avec le temps et se sont adaptées à la profondeur, la puissance et le pendage de la couche. Ces méthodes sont dites partielles puisqu'elles ont toutes consisté à éviter le foudroyage des terrains en laissant dans la couche exploitée des piliers et/ou stots de maintien de l'édifice minier. Les travaux souterrains les plus superficiels s'inscrivent directement sous les minières à ciel ouvert bien marquées dans le paysage lorsqu'elles n'ont pas été remblayées (5 à 10 m de profondeur, emprise de l'ordre de 20 m). Ces travaux anciens ont consisté en des dépilages anarchiques à partir des galeries de niveau, et des percements depuis ou vers le fond des anciennes dépressions. Puis, au début du XX<sup>ème</sup> siècle, s'est généralisée la méthode des « tailles chassantes ou rabattantes », jusqu'à 150 m de profondeur environ, consistant à individualiser des panneaux de 150 m à 200 m de longueur entre deux galeries de niveau et à dépiler le minerai latéralement en partant depuis un plan incliné ou se dirigeant vers celui-ci. Le panneau était découpé en sous étages : des piliers résiduels étaient laissés par les mineurs, ainsi que des stots de protection des voies de niveau, mais le taux de défrèvement global atteint est fort, de l'ordre de 90%.

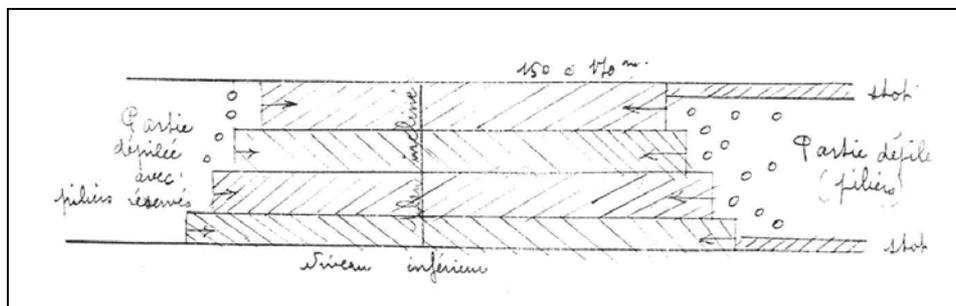


Figure 2 : méthode des tailles rabattantes (extrait de PV de l'Ingénieur des Mines)

A partir des années 1930, avec l'approfondissement de l'exploitation et la mise en service du puits Pralon, l'extraction s'est opérée principalement par « tailles montantes ». Cette méthode consistait à préparer entre deux voies de niveau un panneau de 50 à 150 m de large, et à abattre et extraire latéralement le minerai en montant dans la couche, individualisant ainsi des chambres ou « tailles » séparées par des piliers.

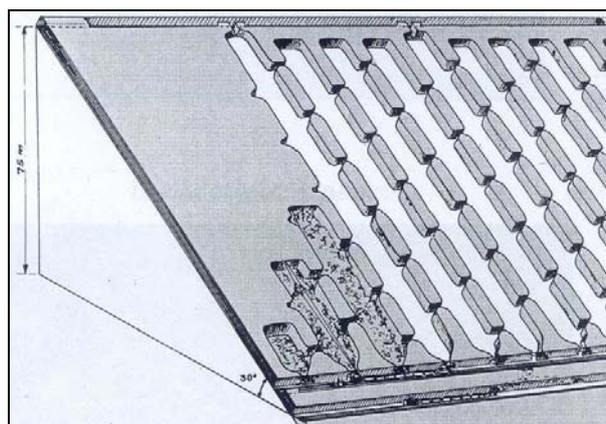


Figure 3 : principe de la méthode des « tailles montantes » (d'après Perrotte et Lidou<sup>1</sup>)

<sup>1</sup> Perrotte A., Lidou B., 1983. Diverses variantes de chambres avec piliers abandonnés dans la mine de fer de Soumont. *Revue de l'Industrie Minérale – Les Techniques*, février 1983.

Très localement, dans les secteurs où le pendage de la couche était proche de 45°, fut employée la méthode des « chambres magasins », consistant en l’abattage du minerai de bas en haut, le matériau étant progressivement évacué par gravité au sein des galeries de niveau.

Bassin	MAY-SUR-ORNE (14)	SOUMONT (14)	LA FERRIERE-AUX ETANGS (61)	SEGRE (49)
Dates d’exploitation	1896 - 1968	1907 - 1989	1905 - 1970	1907 - 1984
Profondeur maximale	450 m	650 m	470 m	490 m
Principales méthodes d’exploitation	Dépilages, tailles descendantes, chambres magasins	Tailles montantes, chambres magasins, tailles chassantes ou « dépilages »	Dépilages, tailles montantes, tailles rabattantes/chassantes	Chambres magasins
Pendage	45° à 90°	30° à 60°	25° à 45°	60° à 90°
Nombre de couches exploitées	1 (très localement 2)	1	1	2 (intercalaire de 40 à 50 m)
Nature dominante du minerai de fer	Faciès hématite	Hématite sous recouvrement calcaire. Carbonaté et siliceux en profondeur	Chlorito-carbonaté. Peu d’hématite	Carbonaté
Teneur en fer	35-50%	35-50%	35-50%	Moyenne 52%
Résistance à la compression du minerai	100 MPa	115 MPa	80 MPa parallèlement au litage, 200 MPa perpendiculairement au litage	???
Puissance	3,5 à 4 m (localement : 6 à 7 m)	3 m (localement : 6 m)	3 à 4 m (localement : 5 m)	1 à 2 m
Recouvrement discordant	0 à 60 m (calcaire jurassique)	0 à 50 m (calcaire jurassique)	absent	absent
Zone d’altération du minerai	20 à 50 m	20 à 50 m	20 à 80 m	20 à 80 m
Types de désordres observés	Fontis (rupture de couronne), éboulements, débouillage de puits ou cheminée	Affaissements (éboulements), fontis (à l’aplomb de galeries peu profondes)	Affaissement, éboulement, fontis (rupture de couronne), fontis (à l’aplomb de galeries peu profondes)	Fontis (rupture de couronne) Débouillage de cheminée

*Tableau 3 : caractéristiques principales des gisements ferrifères pentés de l’ouest de la France*

La mine de la Ferrière-aux-Etangs comprend six accès principaux aux travaux miniers (3 puits, 2 galeries, 1 travers-banc). Neuf anciens montages ou aérages, généralement reliés à faible profondeur à des plans inclinés tracés dans la couche de minerai, ont pu être identifiés et positionnés sur la carte informative. Ces ouvrages concernent deux communes : La Coulonche et la Ferrière-aux-Etangs.

Au nord de la concession de la Ferrière-aux-Etangs, des travaux de recherche par un puits et une galerie ont été menés dans le secteur dit « la Fonte » au début du XX<sup>ème</sup> siècle, mais les investigations peu fructueuses ont conduit à ne pas envisager l’exploitation de la zone.

### **3.4 MODIFICATIONS HYDRIQUES ENGENDREES PAR LES TRAVAUX MINIERES**

La mine s’est inscrite dans un contexte hydrogéologique relativement simple, avec pour principal aquifère le Grès armoricain fracturé délimité par des formations beaucoup moins perméables (schistes du Pissot et cornéennes altérées du Briovérien).

Durant l'activité minière, les débits d'exhaure permettant l'exploitation souterraine ont varié entre 1 700 m<sup>3</sup>/j et 2 900 m<sup>3</sup>/j. Après l'arrêt de l'exploitation, le niveau de l'eau dans la mine s'est stabilisé à une cote moyenne de 245 m NGF au niveau du Puits Pralon (fluctuation inter-annuelle de l'ordre de 10 m).

La nappe est drainée conjointement :

- par les anciennes galeries de Ste-Barbe et de Saint-André qui débouchent aux environs de la cote 250, dans le vallon du ruisseau de la Mousse (débit de l'ordre de 25 m<sup>3</sup>/h en mai 2003). Les écoulements par ces orifices sont absents en période d'étiage ;
- au lieu-dit « le Gué Plat », par le débouché obturé du travers-bancs 220 et par les nombreux percements au jour (fontis), qui se situent au droit de cette galerie et qui ponctuent jusqu'à ce jour son histoire post-exploitation. La rupture en 1972 par obstruction et mise en pression du premier mur d'obturation de ce TB a conduit à créer le barrage en béton observé aujourd'hui. Ce barrage, ainsi que les matériaux éboulés de fontis et mobilisés au sein de la galerie, constituent autant d'obstacles à un écoulement homogène des eaux. Celles-ci sortent donc au jour de manière discontinue (fontis, cheminée d'équilibre en amont immédiat du mur) aux cotes variant de 227 à 237 m NGF environ, en fonction des fluctuations inter-annuelles et de fréquentes mises en charge ou « vidanges » au sein de l'ouvrage lors d'effondrements. Le débit de sortie cumulé est de l'ordre de 68 m<sup>3</sup>/h (données mai 2003).



*Photographie 1 : barrage d'obturation du TB 220*

### **3.5 TOPOGRAPHIE ET OCCUPATION DU SOL**

La morphologie du bassin est marquée par les barres gréseuses (grès armoricain et grès de May), de direction NW-SE, qui culminent à +290 m NGF et délimitent à l'Est la vallée de la Vée et à l'Ouest une zone au relief peu marqué, aux cotes de +220 m NGF environ. L'emprise des travaux miniers est recoupée par les ruisseaux de la Mousse et de la Monnière (au Nord) qui s'écoulent en direction de l'Ouest.

L'occupation du sol au droit des anciennes exploitations minières est principalement la sylviculture ou l'élevage. Hormis le bourg de la Ferrière-aux-Etangs, l'habitat est relativement dispersé en hameaux et corps de fermes ou suit les principales voies de communication. L'ancienne cité minière du Gué Plat s'est édifiée à proximité des anciens accès à la mine. Par ailleurs, la barre gréseuse est localement exploitée pour extraction de matériau, sans qu'il n'y ait de communication ou d'interaction avec la mine.

Les principaux axes de communication sont des routes départementales (RD 18, 21, 208 et 225). Il est à noter que des sentiers de randonnée informant sur l'exploitation de fer suivent l'implantation des anciennes minières.

## **4 METHODOLOGIE ET TRAVAUX EFFECTUES**

### **4.1 DEROULEMENT DE L'ETUDE**

L'étude des aléas « mouvement de terrain » s'est déroulée en 2004-2005. Elle a consisté en :

- L'établissement de phases informatives avec la production de cartes informatives, correspondant au calage de l'ensemble des travaux miniers par rapport à l'orthophotoplan, mis à disposition par le Conseil Général de l'Orne, au recensement et au géoréférencement des ouvrages débouchant au jour, au recensement des désordres liés à des mouvements de terrain. Ces phases informatives ont également permis de recueillir l'ensemble des informations nécessaires et suffisantes relativement à la mine, aux méthodes d'exploitation, aux travaux de fermeture des ouvrages débouchant au jour, aux ouvrages ou dépôts connexes à l'exploitation.
- L'établissement d'une étude de modélisation des gisements pentés relatifs aux bassins ferrifères de l'Ouest. Certains mouvements de terrain, tels que l'affaissement (au sens minier du terme) ou l'effondrement généralisé, sont en effet bien connus pour les gisements horizontaux dits en plateures, mais moins aisés à appréhender dès lors que les gisements ont un pendage important. Afin de mieux caractériser l'intensité et l'éventualité de tels aléas, observés sur les bassins miniers de Soumont et de la Ferrière-aux-Etangs, il a été convenu en accord avec la DRIRE de faire réaliser cette modélisation.
- Enfin l'évaluation des aléas « mouvements de terrain ».

Par ailleurs, des études relatives aux diagnostics et solutions de remédiation des nuisances liées à l'obturation du travers-banc TB 220 ont été entreprises : les principaux rapports sont présentés dans le tableau 4.

### **4.2 RISQUE ET ALEA**

L'aléa est un 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 d'un phénomène redouté et de l'éventualité de sa survenance (ou de la prédisposition d'un site à en être affecté).

L'aléa est hiérarchisé selon les différentes configurations rencontrées. Les termes « aléa fort » ou « aléa très fort » signifient que les zones concernées sont plus prédisposées à l'apparition de dégradations en surface que les zones « d'aléa moyen » ou « aléa faible » ou que les phénomènes susceptibles de se produire dans cette zone sont d'un niveau plus élevé.

Une zone de risque est définie comme la partie de la zone d'aléa dans laquelle se trouvent des enjeux de surface (habitation, infrastructure, aire de concentration de personnes...).

<i>Date</i>	<i>Organisme émetteur et n° de rapport</i>	<i>Intitulé</i>
<b>Phase informative</b>		
<i>Avril 2004</i>	<i>BRGM/RP-53242-FR</i>	<i>Concessions des mines de fer de la Ferrière-aux-Etangs et de Mont-en-Gérôme (Orne). Eléments pour la réalisation de la carte informative. Rapport final.</i>
<i>Mai 2004</i>	<i>BRGM/REM/2004/n°344</i>	<i>Redressement des plans miniers de la Ferrière-aux-Etangs et Soumont Nord</i>
<b>Modélisation</b>		
<i>Décembre 2003</i>	<i>INERIS DRS 03-49161/R01</i>	<i>Bassins ferrifères de Normandie et d'Anjou-Bretagne. Phase préliminaire à la réalisation d'une modélisation numérique sur les gisements pentés des bassins ferrifères de Soumont, May-sur-Orne et Segré (Calvados et Maine-et-Loire)</i>
<i>Juin 2004</i>	<i>INERIS DRS 04-50864/RN01</i>	<i>Contribution à l'analyse des conditions d'effondrement des gisements pentés des bassins ferrifères de Soumont, May-sur-Orne et Segré (Calvados et Maine-et-Loire)</i>
<b>Hydrogéologie</b>		
<i>Juin 2003</i>	<i>GEODERIS 2500BNO3-NT11-BM</i>	<i>Evaluation des écoulements aux alentours de la mine de la Ferrière-aux-Etangs</i>
<b>Evaluation et cartographie de l'aléa</b>		
<i>Janvier 2005</i>	<i>INERIS DRS-05-56323/R01</i>	<i>Etude préliminaire à la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques Miniers sur le territoire des concessions de la Ferrière-aux-Etangs et de Mont-en-Gérôme (texte présenté à l'annexe A)</i>
<b>Principales études relatives au TB 220</b>		
<i>Août 1999</i>	<i>BRGM R 40 713</i>	<i>Commune de la Ferrière-aux-Etangs (Orne). Origine des venues d'eaux constatées dans le quartier du Gué Plat et risques associés à la présence du « travers-bancs 220 » (rapport dans le cadre des actions de Service Public)</i>
<i>Février 2004</i>	<i>INERIS DRS-04-52035/R01</i>	<i>Mine de la Ferrière-aux-Etangs (61). Etude des scénarios de traitement des problèmes hydrauliques dans l'environnement du Travers-Banc 220</i>

*Tableau 4 : documents techniques relatifs à l'étude d'aléa des concessions de la Ferrière-aux-Etangs et de Mont-en-Gérôme*

## **5 PERTINENCE ET EVALUATION DES ALEAS SUR LES CONCESSIONS DE LA FERRIERE-AUX-ETANGS ET MONT-EN-GEROME**

### **5.1 TERMES JURIDIQUES**

Le décret en conseil d'Etat n° 2000-547 du 16 juin 2000 relatif à l'application des articles 94 et 95 stipule que les PPRM sont élaborés et mis en œuvre dans les conditions prévues par la loi du 22 juillet 1987 ainsi que par le décret du 5 octobre 1995. Les risques pris en compte sont notamment les suivants : affaissements, effondrements, fontis, inondations, émanations de gaz dangereux, pollutions des sols ou des eaux, émissions de rayonnements ionisants.

### **5.2 ALEAS "MOUVEMENT DE TERRAIN"**

Le rapport de l'annexe A décrit plus précisément la pertinence et l'évaluation des aléas « mouvement de terrain ». Le présent chapitre s'attache à en proposer une synthèse.

Les risques qui ont été retenus sur le bassin minier de la Ferrière-aux-Etangs sont ceux liés à des affaissements et effondrements localisés, liés aux travaux souterrains et ouvrages miniers

débouchant à la surface, et de glissements et tassements, en relation avec la présence d'anciennes extractions à ciel ouvert.

L'absence d'évènements sur l'ensemble des bassins ferrifères de l'ouest de la France, la dissymétrie du recouvrement des travaux miniers souterrains liée au pendage de la couche, l'extension limitée des panneaux exploités à faible profondeur, l'absence de banc raide à proximité de la surface sont autant d'éléments qui ont permis d'écarter le phénomène d'effondrement généralisé (rupture brutale du recouvrement au droit d'un quartier par ruine de ses piliers ou stots de maintien), tel que constaté sur certains gisements en plateaux lorrains ou certaines carrières souterraines.

## **5.2.1 L'AFFAISSEMENT**

L'observation durant l'étude d'une cuvette d'affaissement sur le bassin de la Ferrière-aux-Etangs, qui a pu être corrélée à l'ancien relevé au fond des zones effondrées ou influencées, la manifestation de désordres similaires sur le bassin minier de Soumont, ainsi que les résultats de l'étude de modélisation des gisements pentés, ont permis de retenir et évaluer l'**affaissement**.



*Photographie 2 : cuvette d'affaissement de Bray-en-Cinglais (Soumont)*

L'affaissement se manifeste par un réajustement des terrains de surface induit par l'effondrement de vides miniers. Les désordres en surface, dont le caractère est généralement lent, progressif et souple, prennent la forme d'une dépression topographique qui présente une allure de cuvette, sans rupture cassante importante (des fractures ouvertes sont possibles dans la zone en extension, située sur la bordure de l'affaissement). Les exploitations en couche pentée se caractérisent par une dissymétrie de la cuvette d'affaissement en fonction du pendage. L'existence d'un pendage influe, en effet, directement sur les valeurs des angles d'influence en amont et en aval.

Quand la profondeur d'exploitation devient importante, l'influence de l'angle aval se traduit généralement par une large extension de la cuvette d'affaissement mais, en contrepartie, par des amplitudes de pente des terrains et des déformations horizontales plus faibles. En revanche, du côté amont, l'angle d'influence est plus réduit, mais les déformations et les pentes augmentent sensiblement.

Les phénomènes d'affaissement d'exploitations partielles (c'est-à-dire laissant des piliers ou des stots de maintien de l'édifice minier souterrain) telles que celle de la Ferrière-aux-Etangs, peuvent se produire plusieurs années ou décennies après la fermeture des travaux.

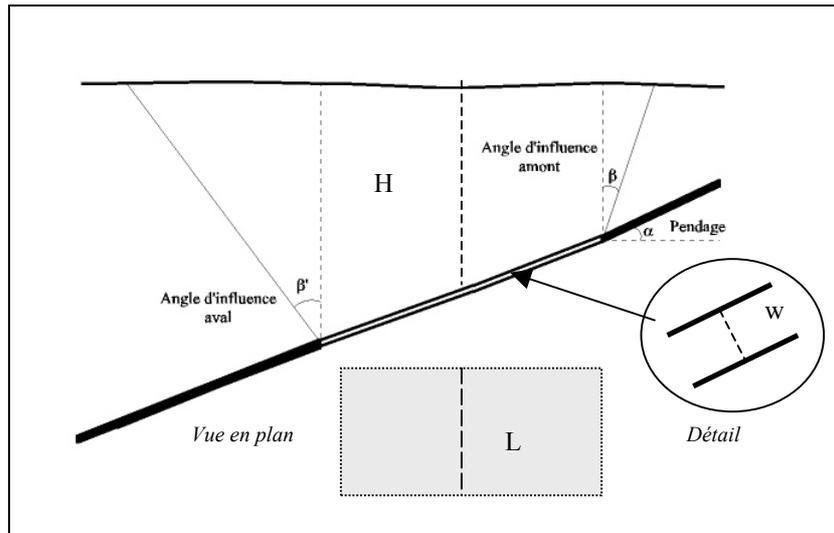


Figure 4 : dissymétrie des angles d'influence amont et aval en gisement penté

Les caractéristiques qui permettent de qualifier l'intensité de l'aléa sont celles qui peuvent occasionner les dégâts les plus dommageables pour les biens : ce sont généralement les déformations différentielles horizontales et les mouvements de mise en pente du sol.

La stabilité des stots, dalles ou piliers laissés en place pour assurer la tenue des épontes du gisement gouverne la prédisposition d'une exploitation pentée à subir des affaissements en surface. La présence ou le recensement d'anciennes cuvettes d'affaissement contribuent à augmenter la prédisposition d'un site à subir, à l'avenir, d'autres phénomènes similaires.

Les principaux facteurs susceptibles d'influencer l'intensité de l'aléa et la prédisposition à pouvoir en être affecté sont le pendage des couches exploitées, la géométrie, l'ouverture et la profondeur des travaux miniers, la méthode d'exploitation, la nature du recouvrement et son degré de fracturation, la topographie de surface, etc.

Sur le bassin minier de la Ferrière-aux-Etangs, l'aléa affaissement a été évalué d'un **niveau faible à moyen** pour les configurations de travaux suivantes :

- couche non verticale ou non subverticale ;
- largeur L du panneau ou du quartier exploité supérieure ou égale à la profondeur moyenne (prise en milieu de panneau - H) de celui-ci ;
- profondeur de la base du panneau inférieure à 300 m ;
- configurations de pendage, taux de défrètement et ouverture exploitée (w) de la couche, issues des résultats de la modélisation et résumées dans le tableau 5.

Ce niveau se justifie en considérant :

- une **prédisposition faible à moyenne**, attribuée au cas par cas selon que le panneau ou quartier se situe dans ou en limite des critères de pertinence évoqués ci-dessus, en considérant de surcroît qu'un affaissement a été constaté à la surface et que les travaux peu profonds et au fort taux d'exploitation possèdent des configurations favorables à ce phénomène ;

Si le <i>pendage</i> de la couche est ...	... le processus d'affaissement est considéré pertinent si le <i>taux de défruitement</i> de l'exploitation est ...	... pour une <i>ouverture</i> exploitée ...
Compris entre 30° et 45° (cas de la mine de La Ferrière-aux-Etangs)	Supérieur à 70 %	Supérieure à 5 m
	Supérieur à 80 %	Supérieure à 3 m
Compris entre 45° et 55°	Supérieur à 80 %	Supérieure à 5 m
	Supérieur à 90 %	Supérieure à 3 m
Supérieur à 55°	Supérieur à 90 %	Supérieure à 4 m

*Tableau 5 : affaissement - critères de pendage, taux de défruitement, et ouverture de la couche exploitée*

- une **intensité très faible à forte**, en fonction des valeurs attendues de déformation et de mise en pente en surface, selon la profondeur, l'ouverture et le taux d'exploitation (déformation de 1 à 30 mm/m et mise en pente maximale de 2 à 10 % – les valeurs les plus élevées correspondant au secteur très localisé de la Fieffe où des travaux très défruités sont présents à faible profondeur).

Compte tenu de ces résultats, la zone de bassin au sud du bourg de la Ferrière-aux-Etangs est soumise en grande partie à l'aléa affaissement.

### **5.2.2 L'EFFONDREMENT LOCALISE**

L'**effondrement localisé** correspond à l'apparition en surface d'un cratère dont le diamètre et la profondeur influent sur la dangerosité du phénomène. Plusieurs mécanismes peuvent conduire à de tels désordres :

- ***L'effondrement localisé à l'aplomb de chantiers peu profonds***

Ce type de phénomène est consécutif à des éboulements plus ou moins importants des chantiers ou galeries anciens, peu profonds, par rupture des structures souterraines (pilier, couche intercalaire, toit ou couronne).

Le stot de protection de la surface, constitué par un recouvrement de terrains primaires (principalement des schistes) peut se rompre progressivement avec la remontée d'une cloche d'éboulement.

Lorsque les terrains mobilisables de surface (roche altérée, sol, remblai) sont atteints, ce type de désordre provoque en surface un effondrement soudain de forme circulaire et relativement limité (fontis) ou de plus grande dimension (en forme de gouttière suivant la couche), en fonction du type de rupture initiale et de la configuration des travaux sous-jacents.

L'intensité du phénomène est en effet fonction du volume et de la configuration des ces vides peu profonds (puissance et pendage de la couche, développé –dans le sens du pendage– de l'exploitation, largeur de chantier). L'évaluation de l'éventualité qu'un tel phénomène puisse se manifester en surface est faite à partir de la fréquence des désordres apparus au jour, des

configurations et de l'état des cavités souterraines, de la nature et de l'épaisseur des terrains de recouvrement.

- ***la rupture de la tête de puits***

La rupture de la tête d'un puits ou d'une cheminée peut être assimilée à un effondrement localisé en terme de conséquences en surface alors qu'il est différent en terme de mécanismes originels. Un puits non sécurisé d'une manière pérenne peut, s'il est remblayé, débousser et provoquer une rupture du revêtement et un effondrement des terrains environnants en surface généralement peu compétents. Un puits non remblayé, dont le revêtement ou un mode de fermeture insuffisant rompt, provoque le même type de désordres.



*Photographie 3 : effondrement localisé au droit de chantiers peu profonds – la Fieffe*

- ***l'éboulement du toit d'une galerie isolée***

Ce type de mécanisme peut provoquer l'apparition soudaine en surface d'un entonnoir de quelques mètres de rayon et quelques mètres de profondeur. Les dimensions de cet entonnoir dépendent de l'importance du vide et de la nature des terrains qui le séparent de la surface. Le fontis correspond à une dégradation progressive de la voûte d'une galerie ou de travaux peu profonds qui remonte peu à peu dans le recouvrement et peut atteindre la surface.

- ***résultats de l'étude d'aléa***

Sur le bassin minier de la Ferrière-aux-Etangs, l'aléa effondrement localisé est évalué, lorsqu'il est retenu, d'un **niveau faible à moyen**, selon les mécanismes initiateurs et les configurations de travaux ou de recouvrement. Les justifications sont très succinctement présentées dans le tableau 6. Nous invitons le lecteur à consulter l'annexe A pour plus de détail ou de précision.

<b>Phénomène</b>	<b>Intensité</b>	<b>Prédisposition ou éventualité</b>	<b>Aléa retenu</b>
Rupture du toit ou de piliers de chantiers peu profonds	<b>Moyenne, localement forte (cratères de plusieurs mètres de diamètre)</b> , d'après les observations des désordres et les configurations de travaux	<b>Faible à moyenne pour les travaux situés à moins de 50 m de profondeur</b> , en fonction des mode et taux d'exploitation et de la densité d'événements passés.	<b>Faible à moyen</b>
Rupture de tête de puits ou montages d'exploitation	<b>Faible à moyenne</b>	Les puits et montages ont été remblayés ou obturés à la fermeture des travaux miniers. L'éventualité d'un effondrement n'en est toutefois pas nulle : elle est fonction de la qualité et de la pérennité de ces travaux de fermeture. Elle a été qualifiée de <b>moyenne</b> (puits remblayés mais mobilisation possible du remblai, obturations non pérennes de type dalle).	<b>Faible à moyen</b>
Eboulement du toit d'une galerie isolée	<b>Faible à moyenne</b>	<b>Moyenne à forte</b> pour des hauteurs de recouvrement inférieures à 30 m (forte pour le TB 220 ou de très nombreux fontis ont été constatés). Au-delà de cette valeur, la galerie et la cloche de fontis par foisonnement des éboulis, et la surface n'est pas atteinte par l'instabilité.	<b>Moyen</b>

*Tableau 6 : niveau de l'aléa « effondrement localisé » sur les concessions de la Ferrière-aux-Etangs et de Mont-en-Gérôme*

### **5.2.3 LES GLISSEMENT ET TASSEMENT**

Le **glissement de pente** est défini comme le déplacement de la partie superficielle (glissement superficiel) ou d'un volume important (glissement dit profond) d'une pente. Le glissement superficiel s'opère sur une épaisseur réduite (généralement de 0 à 3 m). Cet aléa a été retenu à l'emplacement des anciennes minières. Les talus bordant ces fouilles peuvent atteindre une dizaine de mètres de hauteur et des pentes de l'ordre de 45°. Compte tenu qu'il n'est pas exclu que de tels mouvements puissent se produire, mais que leur intensité est limitée, **le niveau de l'aléa retenu est faible**.

Le **tassement** est défini par un enfoncement du sol par consolidation ou remaniement. Il a été retenu pour ces mêmes secteurs de minières, où les anciennes excavations ont engendré un important remaniement des terrains. Le phénomène ne pouvant générer que des mouvements de surface de faible amplitude, l'aléa a été considéré de **niveau faible**.

### **5.3 ALEA "INONDATION"**

L'obturation du TB 220 et le déclenchement de nombreux fontis a été la source de nuisances (inondation des caves de l'école et d'un propriétaire résidant à proximité de la galerie). Il a été décidé, après examen des différentes solutions techniques envisageables, de percer le mur en diamètre suffisant pour éviter un colmatage du drain créé, tout du moins à court et moyen termes. Ces travaux seront réalisés à la fin de l'année 2005.

Toutefois, l'amplitude relativement importante de la variation de la nappe et la possibilité d'émergences occasionnelles dans le ruisseau de la Mousse en amont du hameau du Gué Plat nous conduit à considérer un **aléa faible** dans ce secteur et impose que soit effectué un entretien régulier de ces exutoires (examen du bon fonctionnement et éventuel décolmatage du drain du TB 220, entretien du lit de la Mousse en amont et au passage du Gué Plat).

#### **5.4 ALEA "EMANATION DE GAZ"**

La présence de gaz dans des anciens travaux miniers peut être le fait :

- d'une concentration en gaz dans les formations encaissantes qui se libère dans les cavités du fait de la détente des terrains liée à l'exploitation ;
- de la décomposition ou de l'altération d'ouvrages, matériels ou produits qui sont restés au sein de ces travaux.

Ce gaz peut migrer vers la surface par l'intermédiaire des terrains de recouvrement lorsqu'ils sont fracturés ou par les conduits préférentiels que sont les ouvrages débouchant au jour. L'émanation à la surface peut se produire durant l'exploitation, mais également durant la phase d'ennoyage des vides après la fin des travaux, les gaz migrant vers la surface par effet piston. Après stabilisation hydrique, le risque d'émanation de gaz, pour peu que sa concentration résiduelle dans les vieux travaux soit importante, résulte essentiellement :

- de la mise en communication des vieux travaux avec l'atmosphère extérieure (débouillage de puits, réalisation d'ouvrages atteignant ces travaux) ;
- du transport de gaz dissous dans les eaux profondes au contact des anciens travaux, qui peut être relargué en surface par la colonne du puits ou d'autres ouvrages débouchant au jour.

Dans le cas présent, le gisement est très faiblement producteur de gaz (éventuellement CO<sup>2</sup> ou CO, absence de méthane car gisement non houiller). Le niveau de la nappe est stabilisé à une profondeur relativement faible. Un volume limité de vide correspondant aux travaux et galeries de niveau les plus superficiels n'est donc pas ennoyé et communique avec l'atmosphère par l'intermédiaire des ouvrages débouchant au jour (notamment les montages), des fontis et minières présents sur la zone d'étude.

L'ensemble de ces éléments conduit à considérer que l'aléa « émanation de gaz de mine » est **nul** sur ce bassin minier.

Pour ce qui concerne le radon, dont la production n'est pas du fait de la mine mais qui peut être concentré dans les vides créés par l'exploitation souterraine, on ne dispose actuellement que des données communales de l'IRSN. Ces mesures d'activité volumique ont été recueillies en 1995-1996 et ont été synthétisées dans un bilan de janvier 2000. Elles font apparaître une valeur d'activité très faible (inférieure à 50 Bq/m<sup>3</sup>) pour les communes de Champsecret et la Ferrière-aux-Etangs.

Toutefois, en l'absence d'information plus précise, et au vu des concentrations substantielles relevées dans la mine de May-sur-Orne (Calvados) présentant une configuration géologique semblable, il convient de procéder à des mesures dans certains ouvrages débouchant au jour pour préciser l'éventuel niveau d'aléa radon lié à l'activité minière.

#### **5.5 ALEA "POLLUTION DES SOLS ET DES EAUX"**

Les travaux de la phase informative n'ont pas mis en évidence la présence de stérile ou de résidus de traitement sur la concession, ni trouvé d'information relative à la pollution accidentelle des sols. On considère donc que **l'aléa pollution des sols est de niveau nul**.

La qualité des eaux de la mine peut être appréciée en référence aux études réalisées en 2000 par SAFEGE pour le Syndicat de l'Eau de l'Orne<sup>2</sup> dans le cadre de la faisabilité d'alimentation en eau par pompage dans le puits Pralon, projet abandonné depuis.

Il a été constaté des concentrations assez importantes en sulfates, fer et manganèse au niveau du TB 220 et au niveau du puits Pralon, résultats classiques pour une ancienne mine de fer. Cette qualité devait rendre nécessaire un traitement dans le cadre d'une AEP. Par ailleurs, l'absence de métaux dans les prélèvements réalisés est mentionnée.

En aval du TB, les eaux d'exhaure sont acheminées dans le milieu naturel sans qu'il n'ait été constaté aucun impact sur la qualité de l'eau et du milieu en aval (notamment la ZNIEFF de type 1 des prairies de l'étang du Vieux Fourneau).

Toutefois, en l'absence de donnée ou mesure récente, on gardera par prudence et pour mémoire un **aléa pollution des eaux de niveau faible**.

## **5.6 ALEA " RAYONNEMENTS IONISANTS "**

Les données en notre possession sur le minerai extrait et la nature géologique des terrains permettent de dire que le risque lié à des rayonnements ionisants dus à l'activité minière est **nul**.

# **6 RISQUES RESIDUELS SUR LES CONCESSIONS DE LA FERRIERE-AUX-ETANGS ET MONT-EN-GEROME**

## **6.1 INCERTITUDE RESIDUELLE**

L'incertitude cartographique résiduelle considérée est la conjonction de :

- l'erreur de positionnement des géomètres de la mine durant l'exploitation (plans de mine) ;
- l'incertitude de calage des plans miniers (à l'échelle de 1/1 000) par rapport à l'orthophotoplan ;
- l'incertitude du tracé des travaux superficiels les plus anciens sur les plans de mine.

**Pour l'établissement de la carte d'aléas « mouvement de terrain », cette incertitude a été prise égale à 10 m, en tout point et selon toute direction, sauf pour les ouvrages débouchant au jour confirmés sur le terrain. Cette incertitude peut être éventuellement précisée au cas par cas par une reconnaissance spécifique permettant un meilleur calage des travaux miniers.**

## **6.2 MODALITES DE CARTOGRAPHIE DE L'ALEA**

---

<sup>2</sup> Etude hydrogéologique complémentaire sur la mine de la Ferrière-aux-Etangs. Rapport d'étude 20/I239/PhB-V2. Avril 2000.

Les modalités de construction des cartes d'aléas tiennent compte d'une marge d'incertitude, telle que définie ci-avant, et d'une marge dite d'influence correspondant aux terrains qui peuvent être mobilisés en surface si le phénomène se produit.

Pour ce qui concerne l'effondrement localisé, l'épaisseur de ces terrains mobilisables, ainsi que l'angle d'influence, ont été évalués forfaitairement en fonction de la connaissance géologique générale du site et de l'amplitude des désordres constatés. Ce volume d'influence peut être éventuellement précisé au cas par cas par une reconnaissance spécifique. La figure 5 indique les modalités de construction pour l'aléa « effondrement localisé » relatif à la rupture au sein de chantiers miniers peu profonds et de têtes de puits.

Pour la cartographie de l'aléa « affaissement », les angles d'influence ont été évalués par rétroanalyse des événements de Soumont et comparaison avec d'autres bassins miniers pentés. Ils sont les suivants (figure 6) :

- angle d'influence amont : 30°, pris à partir de la limite des panneaux supérieurs ;
- angle d'influence aval : 45°, pris à partir d'une profondeur de panneau de 300 m.

L'incertitude cartographique a été intégrée dans ces angles d'influence.

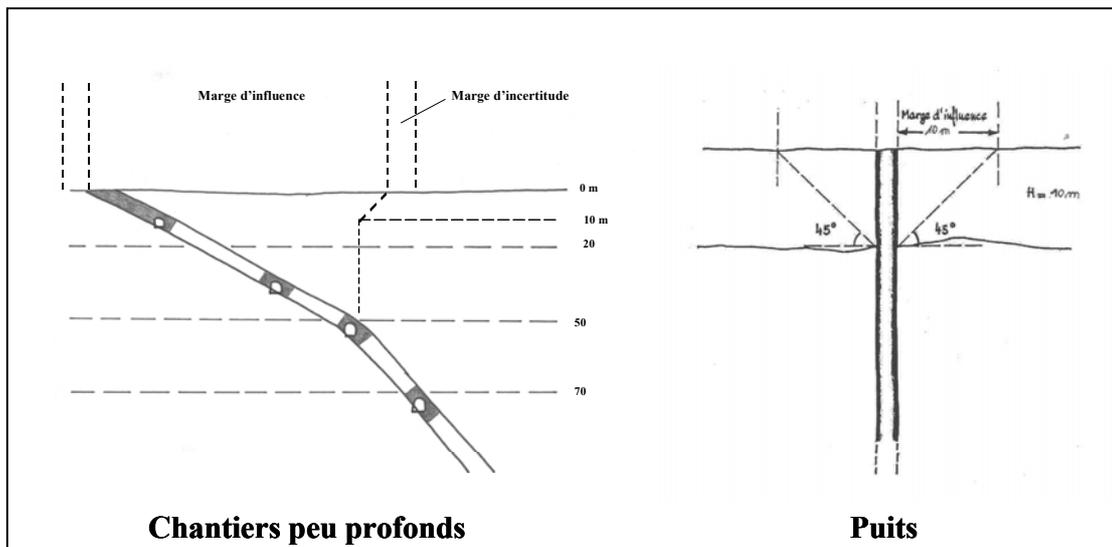


Figure 5 : modalités de construction cartographique de l'aléa « effondrement localisé »

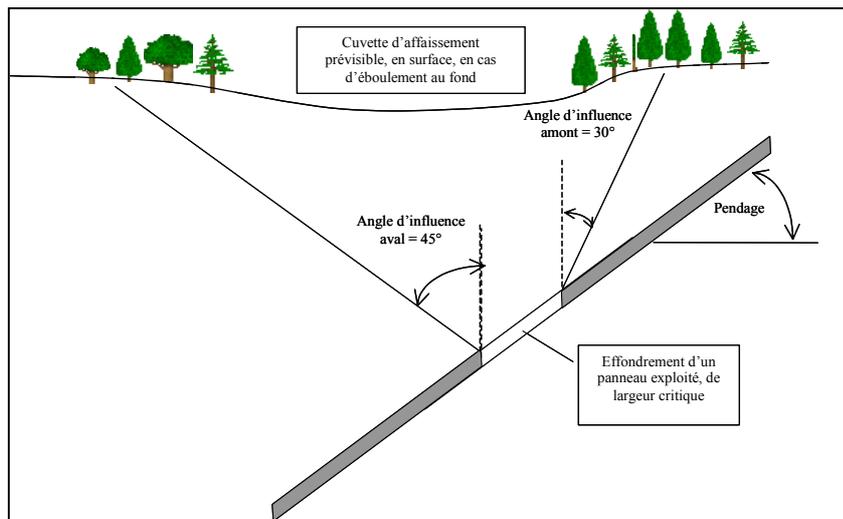


Figure 6 : aléa « affaissement » - représentation des angles d'influence amont et aval appliqués aux concessions de la Ferrière-aux-Etangs et de Mont-en-Gérôme

### 6.3 ZONES A RISQUE

Les zones à risque correspondent ici aux zones d'aléa effondrement localisé de niveau moyen où sont présents des enjeux de surface (au vu de l'orthophotoplan et de la carte topographique à 1/25 000 de l'IGN – ces zones d'enjeux seront mieux précisées ultérieurement). Les événements liés à ce type de phénomène peuvent dans ce cas être susceptibles d'occasionner des nuisances ou des désordres importants sur les biens, voire de constituer un danger pour les personnes.

Ces zones à risque sont les suivantes :

- **Commune de La Ferrière-aux-Etangs**

Lieu-dit « les Riautés » : quatre bâtiments, probablement des habitations, voie de communication.

Lieu-dit « le Brûlé » : une ou deux habitations.

Lieu-dit « la Pilière » : une habitation, voie de communication.

Lieu-dit « la Fieffe » : une habitation, voies de communication.

Lieux-dits « le Gué Plat », « les Minières » : voies de communication.

## 7 SUITES DE L'ETUDE

### 7.1 PPRM

L'établissement du PPRM devra tenir compte des conclusions et évaluations de la présente étude.

La carte d'aléas reproduit l'emprise des travaux miniers, afin d'en garder mémoire. La présence de ces travaux devra être prise en compte au moyen d'une étude spécifique au cas où un ouvrage exceptionnel, sensible ou profond serait envisagé sur ou à proximité de leur emprise.

## **7.2 ANALYSE DU RISQUE**

L'analyse du risque concerne les zones citées au chapitre 6.3, où l'aléa « effondrement localisé » a été évalué de niveau moyen et où existent des enjeux à la date de rédaction de ce document.

Dans le cas présent, d'après les plans miniers, ces aléas correspondent à la présence de quartiers exploités et galeries de niveau peu profonds. L'agencement précis et l'état de ces travaux miniers est à ce jour inconnu.

Dans le cadre d'une mise en sécurité des biens et personnes, il conviendra, pour ces secteurs, de préciser le risque par l'examen plus détaillé des enjeux et la réalisation d'une étude spécifique. GEODERIS établira début 2006 les modalités de cette étude.

## **7.3 ETAT ZERO ALTIMETRIQUE**

Les enjeux de surface répertoriés sur les zones d'aléa affaissement sont principalement des maisons et pavillons, des voies de communication (communales à départementales) et des bâtiments industriels. Des précisions seront apportées sur le type de bâti dans ces zones d'aléa.

L'intégrité structurelle de ces bâtiments ne sera pas affectée en cas de mouvements de terrain de ce type, qui seront donc sans danger pour les personnes.

Il est toutefois nécessaire d'établir un levé altimétrique des zones pouvant être affectées par le phénomène d'affaissement, afin d'avoir tous les éléments de décision en cas de désordre de surface et de dommage constaté sur une habitation. Cette opération consisterait à mettre en place un réseau de bases et de repères, et d'en faire un état zéro topographique, afin qu'en cas de survenance ultérieure de désordres sur les enjeux il puisse être établi de nouvelles mesures topographiques et une expertise fiable et argumentée sur l'origine minière ou non des dommages. GEODERIS établira début 2006 les modalités de ce levé.