

Gisement de lignite et de schistes bitumineux du Bois d'Asson (04).

**Communes de Dauphin, Saint-Maime,
Villeneuve et Volx.**

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

Date : 21 septembre 2004

Réf. : GEODERIS – 04 - PACA - 2303-R02/RH

GEODERIS, un service pour gérer l'après-mine

15 Rue Claude Chappe – BP 95038 - 57071 METZ CEDEX 3

☎ : 03.87.37.78.09 - 📠 : 03.87.37.78.18

Mél : geoderis@industrie.gouv.fr

GROUPEMENT D'INTERET PUBLIC - SIRET : 185 722 949 00012 - APE : 743B

Gisement de lignite et de schistes bitumineux du Bois d'Asson (04).

**Communes de Dauphin, Saint-Maime,
Villeneuve et Volx.**

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

DIFFUSION : M. René BEAUDOUIN (DRIRE PACA).

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	R. HADADOU	J.P. JOSIEN	A. DOMMANGET
Visa			

Date : 21 septembre 2004

Réf. : GEODERIS - 04- PACA-2303- R02/RH

GEODERIS, un service pour gérer l'après-mine

15 Rue Claude Chappe – BP 95038 - 57071 METZ CEDEX 3

☎ : 03.87.37.78.09 - 📠 : 03.87.37.78.18

Mél : geoderis@industrie.gouv.fr

GROUPEMENT D'INTERET PUBLIC - SIRET : 185 722 949 00012 - APE : 743B

SOMMAIRE

1 – Cadre et objectif	4
2 – Méthodologie et travaux effectués	4
2.1- Situation minière	4
2.2- Déroulement de l'étude	4
2.3- Risque et aléa	5
3 – Risques résiduels	5
3.1- Nature des risques résiduels retenus	5
3.2 - Cartographie des aléas retenus	5
3.1.1 - Aléa effondrement localisé	6
3.1.2 - Aléa affaissement	6
3.1.3 - Aléa «gaz de mine »	6

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.

Sur les territoires des communes de Dauphin, Saint Maime, Villeneuve et Volx ont été exploitées 3 concessions de lignite (Villeneuve, Dauphin et Hubacs-de-Vaulx). Sur les communes de Dauphin et Saint Maime sont également situées 3 concessions de schistes bitumineux (Grenouillet-Beauregard, Notre-Dame-d'Ubaye et Bois d'Asson).

Un arrêté préfectoral a été prescrit en date du 16 février 2004 établissant un Plan de Prévention des Risques Naturels et Miniers sur la commune de Saint Maime.

Une démarche en vue de l'établissement d'un Plan de Prévention des Risques Miniers, conformément à la loi du 30 mars 1999 et au décret du 16 juin 2000, a été engagée par la DRIRE Provence Alpes Cotes d'Azur qui a confié, par l'intermédiaire du Pôle de Compétence Sud, à GEODERIS, l'étude et la réalisation de la carte des aléas liées à ces exploitations minières en vue de la réalisation de ce PPRM.

L'objectif de l'étude est de :

- déterminer l'existence et la nature des risques résiduels après l'arrêt de l'exploitation,
- délimiter les zones concernées par ces risques,

Ces données doivent permettre de décider de la pertinence de la mise en œuvre d'un PPRM pour les communes non concernées par l'Arrêté Préfectoral du 16/02/04, de définir le périmètre d'instruction et d'établir les cartes réglementaires prescrivant les restrictions d'urbanisme et les modalités de construction.

2 – METHODOLOGIE ET TRAVAUX EFFECTUES

2.1- Situation minière

Les 3 concessions de lignite accordées en 1817 pour Dauphin, 1820 pour Hubacs de Vaulx et 1861 pour Villeneuve ont été renoncées en 1985. L'exploitation a été arrêtée en 1949. De 1874 à 1949 la production a atteint trois millions de tonnes.

Le gisement se compose de quatre faisceaux de couches de lignite de l'ordre de 3 m de puissance pouvant atteindre localement 5 m. Ils affleurent de part et d'autre de la vallée du Largue et s'enfoncent avec des pendages très variables jusqu'à 200 m de profondeur.

Les méthodes d'exploitation ont été très diverses. Elles restent inconnues pour les travaux anciens avant la reprise par la Sogerem entre 1874 et 1897.

Les 3 concessions de schistes bitumineux ont été attribuées en 1848. Les niveaux de schistes bitumineux se situent au mur des faisceaux de lignite. Ils ont fait l'objet de travaux d'exploitation par galeries et fouilles en tranchée aux affleurements.

2.2- Déroulement de l'étude

Notre étude est basée sur deux visites détaillées du site ainsi que sur des recherches d'archives (archives départementales, DRIRE, BRGM). L'analyse complète de ces données est réalisée dans le rapport de l'INERIS joint en annexe.

2.3- Risque et aléa

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.

L'aléa est hiérarchisé en l'appliquant à différentes configurations. 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 trouve un enjeu vulnérable en surface (habitation, infrastructure...).

3 – RISQUES RESIDUELS

3.1- Nature des risques résiduels retenus

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, au titre de l'article 2 du décret du 5 octobre 1995 sont notamment les suivants : affaissements, effondrements, fontis, inondations, émanations de gaz dangereux, pollutions des sols ou des eaux, émissions de rayonnements ionisants.

Seuls 2 types d'aléa ont été retenus : l'aléa **gaz de mine** associé dans ce gisement à l'échauffement et l'aléa **mouvement de terrain** sous les formes de tassement et d'affaissement d'une part et d'effondrement localisé (fontis en particulier) d'autre part.

Le risque émission de **rayonnements ionisants** d'origine minière est nul d'après les données en notre possession sur le minerai extrait (l'exploitation du lignite et des schistes bitumineux ne génère pas de risques de rayonnements ionisants).

Dans le cas de l'exploitation du Bois d'Asson, les risques d'**inondation** n'ont pas été retenus, en effet les travaux souterrains sont ennoyés jusqu'à la cote 372 m NGF correspondant au niveau de la rivière le Largue et aucun ouvrage de retenue n'est présent.

Les risques de **pollution du sol** sont nuls car aucune installation de traitement, de verse ou terril n'est identifié sur le site.

On considère également que les risques de **pollution des eaux** sont nuls car les eaux de mine éventuelles qui se déversent dans le Largue n'ont induit aucun incident de pollution depuis la fin de l'exploitation.

3.2 - Cartographie des aléas retenus

La cartographie des aléas est présentée en annexe 2 par commune et par type d'aléa effondrement localisé, affaissement et gaz de mine.

3.1.1 - Aléa effondrement localisé

Un effondrement localisé se caractérise par l'apparition soudaine en surface d'un cratère d'effondrement dont l'extension horizontale varie généralement de quelques mètres à quelques dizaines de mètres de diamètre. La profondeur du cratère dépend principalement de la profondeur et des dimensions des travaux souterrains. Si, dans la majorité des cas, cette profondeur se limite à quelques mètres, dans certaines configurations particulières, elle peut atteindre voire dépasser une dizaine de mètres (effondrement de tête de puits par exemple).

Dans le cas du gisement de Bois d'Asson, ce phénomène est retenu pour les galeries et travaux peu profonds et les puits.

Un **aléa effondrement localisé moyen** a été défini pour les galeries et les travaux connus situés à moins de 50 m de profondeur ainsi que pour les puits non traités. Ces zones se trouvent réparties sur les territoires des quatre communes, Dauphin, Saint-Maime, Villeneuve et Volx. Cette dernière n'est concernée que par une zone de faibles dimensions située à l'est, à la frontière avec la commune de Saint-Maime. Aucune urbanisation ne se trouve dans cette zone d'après le fond topographique en notre possession (scan25).

Un **aléa effondrement localisé faible** a été défini pour les travaux supposés à moins de 50 m de profondeur ainsi que pour les puits traités. Ces zones se trouvent réparties sur les territoires des communes de Dauphin, Saint-Maime et Villeneuve.

Aucune urbanisation ne se trouve dans cette zone d'après le fond topographique en notre possession (scan25).

3.1.2 - Aléa affaissement

L'affaissement se manifeste par un réajustement des terrains de surface induit par l'éboulement de cavités souterraines résultant de l'extraction de minerai. Les désordres, dont le caractère est généralement lent, progressif et souple, prennent la forme d'une dépression topographique, sans rupture cassante importante, présentant une allure de cuvette. Ce type de manifestation concerne aussi bien les exploitations en plateau menées à grande profondeur et présentant des extensions horizontales importantes que les exploitations pentées ayant laissé des vides résiduels importants après extraction.

Dans le cas du gisement de Bois d'Asson, ce phénomène concerne l'ensemble des travaux miniers souterrains. Ces zones à l'aplomb des travaux ont été définies en **aléa affaissement faible**. Ces zones sont réparties sur les communes de Dauphin, Saint-Maime et Villeneuve. Aucune urbanisation ne se trouve dans cette zone d'après le fond topographique en notre possession (scan25).

3.1.3 - Aléa «gaz de mine»

Le phénomène redouté consiste à l'émission en surface d'un gaz provenant des travaux souterrains et présentant des dangers d'inflammation, d'explosion, d'asphyxie, d'intoxication ou d'irradiation.

Dans le cas du gisement de Bois d'Asson, la production de gaz dangereux est liée principalement à l'échauffement du lignite qui produit en particulier des gaz toxiques (CO, CO₂, SO₂). Un échauffement actif est en cours depuis 1999.

Un **aléa de niveau fort** a été défini au dessus de la zone de l'échauffement connu depuis 1999. Cette zone est située au centre de la commune de Saint-Maime sur la rive gauche du Largue. Aucune urbanisation ne se trouve dans cette zone d'après le fond topographique en notre possession (scan25).

Un **aléa moyen** a été défini autour des ouvrages débouchant au jour (puits, entrées de galeries). Ces zones sont situées sur les territoires des communes de Dauphin (06), Saint-

GEODERIS

Maime (08) et Villeneuve (03). Aucune habitation ne se trouve dans cette zone d'après le fond topographique en notre possession (scan25).

Toutes les zones de travaux supposés ou non partiellement exploités à moins de 100 m de profondeur (au dessus du niveau du Lague) ont été définies en **aléa faible**. Ces zones sont étendues et se trouvent sur les territoires des communes de Dauphin, Saint Maime et Villeneuve. Aucune urbanisation ne se trouve dans cette zone d'après le fond topographique en notre possession (scan25).

ANNEXE 1

Rapport INERIS « Gisement de lignite et de schistes bitumineux du Bois d'Asson (04). Concessions de Dauphin, Hubacs-de-Vaulx, Bois d'Asson, Grenouillet-Beauregard et Notre-Dame-d'Ubaye. Contribution à la réalisation d'un PPRM sur les communes de Dauphin, Saint Maime, Villeneuve et Volx. Définition et cartographie de l'aléa.



**Gisement de lignite et de schistes
bitumineux du Bois d'Asson (04)
Concessions de Dauphin,
Villeneuve, Hubacs-de-Vaulx, Bois
d'Asson, Grenouillet-Beauregard et
Notre-Dame-d'Ubaye**

Contribution à la réalisation d'un Plan de Prévention
des Risques Miniers sur les communes de Dauphin,
Saint-Maime, Villeneuve et Volx.

Définition et cartographie de l'aléa

GEODERIS

C. LAMBERT, C. LOISEAU

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

16 SEPTEMBRE 2004

Gisement de lignite et de schistes bitumineux du Bois d'Asson (04) Concessions de Dauphin, Villeneuve, Hubacs-de-Vaulx, Bois d'Asson, Grenouillet-Beauregard et Notre- Dame-d'Ubaye

Contribution à la réalisation d'un Plan de Prévention
des Risques Miniers sur les communes de Dauphin,
Saint-Maime, Villeneuve et Volx.

Définition et cartographie de l'aléa

GEODERIS

16 SEPTEMBRE 2004

Ce document comporte 39 pages (hors couverture et annexes)

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	C. LAMBERT C. LOISEAU	J.M. WATELET	C. TAUZIEDE
Qualité	Ingénieur et technicien à l'unité Modélisation et Evaluation des Risques Géotechniques de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol	Ingénieur à l'unité Modélisation et Evaluation des Risques Géotechniques de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol	Directeur des Risques du Sol et du Sous-sol
Visa			

TABLE DES MATIERES

1. OBJET ET CONTEXTE.....	3
2. RAPPELS SUR LA PHASE INFORMATIVE	4
2.1 CONTEXTES GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE.....	4
2.2 EXPLOITATIONS DE LIGNITE.....	4
2.2.1 Travaux de la SOGEREM.....	4
2.2.2 Autres travaux	5
2.2.3 Méthodes d'exploitation	6
2.2.4 Installations de surface - orifices	7
2.3 EXPLOITATIONS DE SCHISTES BITUMINEUX.....	8
2.4 SUPPORTS CARTOGRAPHIQUES.....	10
3. DÉTERMINATION DE L'ALÉA MOUVEMENT DE TERRAIN.....	11
3.1 ALÉA AFFAISSEMENT / TASSEMENT	11
3.1.1 Description du phénomène en surface.....	11
3.1.2 Affaissements/tassements au-dessus de vides résiduels.....	13
3.1.3 Récapitulatif de l'aléa affaissement/tassement.....	18
3.1.4 Cartographie de l'aléa tassement/affaissement.....	18
3.2 ALÉA EFFONDREMENT LOCALISÉ	18
3.2.1 Effondrements localisés recensés sur les concessions du gisement du Bois d'Asson.....	19
3.2.2 Fontis.....	19
3.2.3 Effondrement par rupture d'une tête de veine pentée.....	22
3.2.4 Effondrement par rupture de pilier isolé.....	22
3.2.5 Effondrement des ouvrages miniers débouchant en surface.....	23
3.2.6 Effondrement de cavités constituées par combustion.....	24
3.2.7 Récapitulatif de l'aléa effondrement localisé	25
3.2.8 Cartographie de l'aléa effondrement localisé	26
3.3 ALÉA EFFONDREMENT GÉNÉRALISÉ.....	30
4. DÉTERMINATION DE L'ALÉA GAZ DE MINE.....	30
4.1 ÉMISSIONS DE GAZ DE MINE AU DROIT DES CONCESSIONS DU GISEMENT DU BOIS D'ASSON	30
4.2 ÉVALUATION DE L'ALÉA ÉMISSION DE GAZ DE MINE.....	32
4.3 CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA ÉMISSION DE GAZ DE MINE	34
4.3.1 Zone de l'échauffement actif.....	34
4.3.2 Ouvrages débouchant en surface.....	35
5. BIBLIOGRAPHIE.....	37
6. LISTE DES ANNEXES.....	39

1. OBJET ET CONTEXTE

La DRIRE Provence-Alpes-Côte-d'Azur (PACA) envisage la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques Miniers (PPRM) sur les territoires de communes des Alpes de Haute Provence (04) situés au nord-est du bassin du Luberon. La DRIRE a ainsi confié la réalisation des études préalables à l'élaboration du PPRM, à GEODERIS, qui a sollicité la collaboration du BRGM et de l'INERIS.

Au nord-est du bassin du Luberon, le gisement du Bois d'Asson est le siège de trois concessions de lignite (Villeneuve, Dauphin et Hubacs-de-Vaulx) et de trois concessions de schistes bitumineux (Grenouillet-Beauregard, Notre-Dame-d'Ubaye et Bois d'Asson).

Le gisement lignitifère du Bois d'Asson, composé d'une vingtaine de couches de lignite dont 11 exploitables (70 % à 75 % de carbone), s'étend sur le territoire des communes de Villeneuve, Volx, Dauphin et Saint-Maime. Il s'agit d'exploitations souterraines pentées (plateures à dressants). Exploitées dernièrement par une filiale de PECHINEY, elles se sont arrêtées en 1949 suite à une campagne de recherche infructueuse en vue d'une extension. Les travaux du Bois d'Asson s'étendent sur 2 km dans la direction des couches et 1 km en aval pendage.

On note également la présence de couches de schistes bitumineux proches du toit de la formation de lignite. Les concessions relatives à la recherche de ce matériau sont localisées sur les communes de Saint-Maime et Dauphin.

Le BRGM a synthétisé dans un document (*version provisoire*) intitulé « Mines du Bois d'Asson (04) Données informatives en vue de l'élaboration d'un PPRM » et référencé BRGM RP 53305 [1], l'ensemble des informations disponibles et des observations de terrain nécessaires à la réalisation du PPRM sur les concessions lignitifères et bitumineuses du Bois d'Asson. Une carte informative, à l'échelle 1/5000^{ème}, accompagne ce rapport de la phase informative.

En ce qui concerne les aléas à prendre en considération, nous avons proposé, à partir de l'analyse effectuée sur la base du rapport de la phase informative, de retenir, a priori : l'aléa mouvements de terrain lié aux exploitations souterraines (orifices miniers et exploitation) et l'aléa lié aux remontées de gaz de mine en surface.

Le présent document a pour objectifs de définir et de cartographier les deux aléas cités ci-dessus pour les concessions de lignites du Dauphin, de Villeneuve et d'Hubacs-de-Vaulx et pour les concessions de schistes bitumineux de Grenouillet-Beauregard, de Notre-Dame-d'Ubaye et du Bois d'Asson. Il accompagne trois cartes :

- une carte d'aléa « tassement/affaissement » au 1/10 000^{ème} (annexe 1) ;
- une carte d'aléa « effondrement localisé » au 1/10 000^{ème} (annexe 2) ;
- une carte d'aléa « émission de gaz de mine » au 1/10 000^{ème} (annexe 3).

La cartographie réglementaire et le règlement du PPRM seront à définir ultérieurement dans un autre cadre.

2. RAPPELS SUR LA PHASE INFORMATIVE

La phase informative, réalisée par le BRGM, synthétise les données mises à disposition par la DRIRE PACA sur les travaux miniers des six concessions citées précédemment. Des visites sur le terrain en avril, juin et août 2004 ont permis de reconnaître sur place les différents sites miniers existants. Le présent document se base sur le rapport provisoire du BRGM reçu le 9 août 2004.

2.1 CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Quatre faisceaux de couches métriques (épaisseur maximale de l'ordre de 5 m) composent le gisement de lignite du Bois d'Asson (de bas en haut) : le faisceau du Collet Rouge (très riche), le faisceau du Queyron, le faisceau du Bois d'Asson, et le faisceau de Sube (qualité médiocre).

Les niveaux de schistes bitumineux se situent au mur des niveaux lignitifères du Sube et ils ont fait l'objet de travaux d'exploration, par fouilles et galeries.

Le gisement est pris dans l'anticlinal de Volx, de sorte que les couches affleurent de part et d'autre de la vallée du Largue. D'importantes variations de plongement affectent ce gisement de 5° à 30° (plateures) au nord-est jusqu'à 70° à 80° (dressants) à l'Ouest. Les intercalaires irréguliers sont marno-calcaires. Seul le toit du faisceau du Bois d'Asson constitue un niveau marneux continu et imperméable. Le gisement est traversé par des failles transversales avec un rejet défini comme peu important (10 à 50 m).

Les Calcaires de Vachères surmontent les couches de lignite du Ravin des Baudens au Puits Neuf et au Puits du Collet Rouge. Plus à l'ouest, les couches exploitées sont directement surmontées par les alluvions calcaires récentes du Largue.

Selon le rapport de la phase informative, tous les travaux situés en dessous de la cote 372 NGF (niveau du Largue) sont ennoyés. Il indique toutefois la présence possible mais non attestée sur le terrain d'un aquifère perché au-dessus des marnes du toit du faisceau du Bois d'Asson. On rappelle que, pendant l'exploitation, l'eau d'exhaure étaient pompée et rejetée dans le Largue et que la mine a souvent été l'objet d'inondations dues aux infiltrations à partir de la nappe alluviale du Largue ou aux infiltrations directes des eaux pluviales au niveau des affleurements.

2.2 EXPLOITATIONS DE LIGNITE

Le lignite du Bois d'Asson s'étend sur le territoire des communes de Saint-Maime, Dauphin, Villeneuve et Volx. Les premières recherches de lignite datent de 1614, mais c'est à partir de 1874 que l'exploitation s'est vraiment développée. Les mines de lignite du Bois d'Asson ont extrait, entre 1874 et 1949, trois millions de tonnes. La renonciation des trois concessions (Dauphin, Hubacs-de-Vaulx et Villeneuve) a été obtenue en 1985, suite à la demande de la SOGEREM (Société Générale de Recherche Minière), dernier exploitant et filiale de PECHINEY.

2.2.1 Travaux de la SOGEREM

L'essentiel des travaux de la SOGEREM s'étend du Ravin des Baudens, au nord-est de Saint-Maime, jusqu'au ravin du Deffend. Vers l'ouest, au-delà du ravin de Champourlier, toutes les couches de lignite deviennent inexploitable. On peut distinguer des secteurs exploités en amont du niveau du Largue et d'autres en aval.

L'exploitation de la SOGEREM est limitée dans la zone faillée entre le Puits du Collet Rouge et le Puits Neuf et au niveau du Largue et de la voie de chemin de fer (stot de protection). Toutefois, il semble qu'il existe, dans ce secteur, d'anciens travaux, non répertoriés sur les plans.

Les quartiers ayant connu la plus grande activité sont ceux du Collet Rouge et du Bois d'Asson. Le faisceau du Sube n'a pas connu un fort développement compte tenu de sa mauvaise qualité et de la faible tenue des matériaux au toit (nombreuses chutes de toit signalées).

2.2.2 Autres travaux

D'anciens travaux dits de Bois d'Asson (1878 à 1897) sont situés au nord-est des chantiers de la SOGEREM et au nord du Largue (colline du Bois d'Asson). Ils auraient exploité la « couche du Toit » et la « couche du Mur » depuis des galeries de base et jusqu'aux affleurements à la surface.

Le rapport de la phase informative fait mention d'autres zones de travaux répertoriées dans les archives mais pas nécessairement cartographiées sur le plan dressé en 1985 par la SOGEREM. Il s'agit en particulier de :

- Zone 1. l'exploitation de la « couche du Toit » et de la « couche du Mur », de la cote 372 jusqu'aux affleurements, à l'est du Ravin du Deffend, au Sud du Largue et à proximité de l'entrée de l'ancienne ferme du Grenouillet ;
- Zone 2. la Galerie du Grenouillet (cote 370) et l'exploitation de la partie amont à partir de cette galerie ;
- Zone 3. des galeries qui ont suivi le lignite en bordure sud du Largue. Elles ont d'ailleurs fait l'objet de « petits effondrements » ;
- Zone 4. des travaux dans les couches du Sube entre la cote 370 et la cote 560, situés à l'ouest du ravin de l'Ausselet ;
- Zone 5. des travaux dans la « couche du Toit » et dans la « couche du Mur », en amont de la cote 370, situés à l'ouest du ravin de l'Ausselet (Mines du Gontard). D'anciennes entrées de galeries sont « à peine visibles ou effondrées » en bordure ouest de la colline d'Ubaye.

Des indices (entrées de galerie, désordres,...) attestent l'existence de ces zones d'exploitation mais aucune carte ne les délimite précisément. La cartographie de l'aléa représentera ces travaux de la manière suivante :

Nom de la zone	Travaux supposés (exploitations partielles)	Travaux certains (galeries isolées)
Zone 1	une bande reliant la cote 370 aux affleurements de la « couche du Toit » et de la « couche du Mur »	
Zone 2	une bande tracée à partir de la galerie à la cote 370 et jusqu'à l'affleurement supposé des couches (tracée par le BRGM)	la Galerie de Grenouillet (cote 370)
Zone 3		une bande comprenant l'entrée de galerie (30 m d'incertitude de positionnement) et le secteur à moins de 50 m de profondeur dans lequel serait dirigée la galerie
Zone 4	une bande rectiligne délimitée à l'est par les entrées de galeries repérées dans le ravin de l'Ausselet, au nord (aval) par le tracé de la galerie de cote 370 dans la couche du Sube, au sud (amont) par l'affleurement à la cote 560 et à l'ouest par la limite de concession du Dauphin	une bande comprenant l'entrée de galerie (30 m d'incertitude de positionnement) et le secteur à moins de 50 m de profondeur dans lequel serait dirigée la galerie
Zone 5	une bande rectiligne de 500 m de longueur (longueur maximale de galerie décrite) délimitée à l'est et au sud par les entrées de galeries repérées dans le ravin de l'Ausselet, au nord par les travaux dans la couche du Sube	une bande comprenant l'entrée de galerie (30 m d'incertitude de positionnement) et le secteur à moins de 50 m de profondeur dans lequel serait dirigée la galerie

Tableau 1 : Délimitations des zones de travaux supposés

2.2.3 Méthodes d'exploitation

L'ensemble des méthodes d'exploitations des chantiers récents (SOGEREM) est décrit dans le rapport de la phase informative. Outre les galeries de recherche, l'exploitation du lignite a été menée par :

- tailles montantes ;
- tailles chassantes ;
- chambres et piliers parallèles ou perpendiculairement au pendage ;
- bandes et piliers parallèles ou perpendiculairement au pendage ;
- tailles à foudroyage (méthode de West Canadian Collieries).

Le remblayage, même partiel, n'a été que très peu utilisé.

Pour les vieux chantiers, aucune information quant à la méthode d'exploitation n'a été retrouvée dans les archives.

2.2.4 Installations de surface - orifices

Aucun ouvrage de dépôt n'a été retrouvé en surface sur le site, ni mentionné dans les archives.

La visite sur le terrain a permis de repositionner certains ouvrages :

- certains pylônes correspondant aux ouvrages (entrées de galeries ou cheminée d'aération) et accidents (effondrements) traités en 1980 par la SOGEREM (Photographie 1) ;



Photographie 1 : Pylône 15 (INERIS, 2004)

- la zone de l'échauffement étudiée depuis plusieurs années par l'INERIS ([5] à [9]) ;
- les terrains chahutés et des entrées de galeries murées ou effondrées au sud de la colline du Bois d'Asson (anciens travaux du Bois d'Asson) ;
- le chevalement du Puits Neuf, reconstruit à proximité du puits d'extraction, aujourd'hui fermé à l'aide d'une dalle ;
- la plate-forme du Collet Rouge où le puits du même nom est rebouché et invisible ;
- l'entrée d'une galerie, aujourd'hui remblayée, à l'ouest du Puits du Collet Rouge (Photographie 2) ;



Photographie 2: Entrée d'une galerie remblayée près du Puits du Collet Rouge (INERIS, 2004)



Photographie 3: Orifice d'aérage (?) dans le ravin du Deffend (INERIS, 2004)

- la plate-forme du Grenouillet et l'entrée probable de la galerie du même nom ;
- l'orifice d'une cheminée (reliée probablement à la Galerie du Grenouillet) au lieu-dit « Plaine-Redonne » dans le ravin du Deffend (Photographie 3) ;
- les terrains chahutés (entrées de galeries ?) à l'extrémité sud-ouest de la concession de Dauphin.

2.3 EXPLOITATIONS DE SCHISTES BITUMINEUX

Trois concessions de schistes bitumineux (Notre-Dame-d'Ubaye, Grenouillet-Beauregard et Bois d'Asson), attribuées en 1848, sont localisées dans le gisement du Bois d'Asson.

Sur la carte informative, une quinzaine de fouilles ou d'entrées de petites galeries sont disséminées le long des affleurements de la couche de schistes bitumineux. Des travaux de défilage plus importants se trouveraient au Ravin de l'Ausselet (la galerie principale est actuellement comblée et introuvable).

L'essentiel des désordres en surface, répertoriés dans les archives, concerne des exploitations de lignite. Les travaux d'extraction de schistes bitumineux apparaissent de moindre ampleur et ne semblent pas à l'origine de tels mouvements de terrain en surface. On ne peut toutefois exclure la possibilité que le même type de désordres en surface se produise au droit des galeries d'exploitation des schistes bitumineux.

Pour les **entrées de galeries** de schistes bitumineux repérées dans les archives, faute d'information sur l'existence, la profondeur et la direction de ces galeries, on tracera des bandes intégrant les entrées de galerie (50 m d'incertitude de positionnement) et les secteurs à moins de 50 m de profondeur dans lesquels seraient dirigées ces galeries.

Très peu d'écrits ou cartes mentionnent les travaux pratiqués dans cette couche : méthodes d'exploitation, étendue des travaux... Il est pourtant mentionné plusieurs bâtiments en relation avec l'extraction des schistes bitumineux (usine du Grenouillet par exemple).

Concernant les **fouilles**, il pourrait s'agir de tranchées plus ou moins profondes creusées à l'affleurement. Ne disposant d'aucune donnée sur leur géométrie et leur traitement et d'aucun indice sur le terrain, il a été choisi de prendre en compte une zone circulaire de 50 m de diamètre autour de leur emplacement supposé. Cette zone comprend la marge d'incertitude sur leur localisation.

Lors de la visite sur le terrain, quelques galeries de recherche de schistes bitumineux ont été retrouvées :

- dans le ravin du Bois d'Asson, sur le flanc est de la colline du Mountéou, une entrée de galerie a été traitée en laissant un accès aux chiroptères. Elle semble se diriger vers l'ouest (Photographie 4) ;



Photographie 4 : Entrée d'une galerie pour schistes bitumineux dans le ravin du Bois d'Asson (INERIS, 2004)

- dans une falaise au sud du Largue (Photographie 5), une galerie ouverte a pu être visitée. L'entrée semble avoir été récemment remise à jour à la suite d'un glissement rocheux. Cette galerie isolée d'environ 15 m de longueur est en bon état (très peu de blocs à terre) mais ne semble pas avoir abouti à la couche bitumineuse (Photographie 6). Aucun soutènement n'est visible. Elle a une hauteur de 2 m pour une largeur de 1,5 m.



Photographie 5 : Entrée d'une galerie pour schistes bitumineux dans une falaise en bord du Largue (INERIS, 2004)



Photographie 6 : Galerie pour schistes bitumineux dans une falaise en bord du Largue (INERIS, 2004)

2.4 SUPPORTS CARTOGRAPHIQUES

Les informations cartographiques relatives au site (fond et surface) étaient disponibles à plusieurs échelles. Afin d'obtenir un rendu suffisamment précis des informations et des futurs résultats, l'échelle de restitution choisie par GEODERIS est le 1/10 000^{ème}.

Notons que, à la demande de GEODERIS, certains supports cartographiques dont l'échelle d'origine est inférieure à l'échelle retenue ont été agrandis et utilisés, en particulier la carte IGN SCAN 25. La précision en est donc diminuée.

La digitalisation du plan minier de la SOGEREM (travaux entre 1930 et 1949) a été faite par GEODERIS. Le calage et le redressement (logiciel ERDASS) de ce plan d'exploitation sur la BD orthophotoplan de l'IGN et le SCAN 25 ont été assurés par le BRGM [1] et mis à notre disposition en vue de la réalisation de la carte d'aléa. Les documents cartographiques dont nous disposons sont établis sous un Système d'Informations Géographiques (MapInfo) constitué de tables cartographiques associées à des données comprenant :

- l'ensemble des **travaux d'extraction de lignite** de 1930 à 1949 digitalisés (enveloppe des travaux, puits, entrées et axes des galeries principales) et géoréférencés en Lambert III avec une précision de 30 m ;
- l'emprise des **anciens travaux d'extraction de lignite** (1847 à 1930) avec une précision de 30 m ;

- les **fouilles et entrées de galerie pour schistes bitumineux** avec une précision de 50 m ;
- les cartes topographiques de l'IGN à l'échelle 1/25 000^{ème} scannées et géoréférencées ;
- la BD orthophotoplan de l'IGN digitalisée et géoréférencée ;
- le tracé des désordres reconnus en surface (effondrements) ;
- le tracé des affleurements supposés des couches de minerai. Les affleurements des diverses couches exploitées ont été tracés, soit par interprétation des pentages des couches exploitées jusqu'à la surface, soit grâce à des documents cartographiques.

L'emprise supposée des travaux du Gontard (à l'ouest du Ravin de l'Ausset) et des travaux à l'ouest de la plate-forme du Grenouillet (exploitation à l'amont de la cote 370 de la « couche du Toit » et de la « couche du Mur ») a été ajoutée.

Les incertitudes de calage des plans miniers sur les fonds choisis (orthophotoplan ou topographie) sont de l'ordre de 30 m selon le BRGM.

3. DETERMINATION DE L'ALEA MOUVEMENT DE TERRAIN

Dans le gisement du bois d'Asson du bassin du Luberon, l'aléa « mouvements de terrain » se décline en différents phénomènes correspondant à des effets distincts en surface :

- les tassements et affaissements progressifs,
- les effondrements localisés,
- les effondrements généralisés.

Nous ne saurions être complets sans citer, pour information, les phénomènes de glissement ou mouvement de pente et les écroulements rocheux associés directement à un site minier. Sur le territoire des concessions du gisement du Bois d'Asson, aucune configuration (terril, verses, découverte,...) susceptible de provoquer de tels phénomènes n'existe. Nous n'en ferons donc pas mention par la suite.

Le principe général de la démarche de caractérisation et de hiérarchisation d'un aléa est reprise dans le « guide PPRM » [4]. Les différents phénomènes redoutés et leurs conséquences en surface y sont présentés.

3.1 ALEA AFFAISSEMENT / TASSEMENT

3.1.1 Description du phénomène en surface

L'affaissement est consécutif à la ruine des travaux souterrains plus étendus qu'une seule galerie, comme un ensemble de galeries et bandes fermes. Un affaissement est aussi caractéristique de désordres initiés à de grandes profondeurs (plusieurs centaines de mètres). Il se traduit, en surface, par la formation d'une cuvette d'affaissement.

Ce type de manifestation concerne surtout les exploitations en plateau menées à grande profondeur (plusieurs centaines de mètres) et présentant des extensions horizontales importantes mais aussi les exploitations pentées profondes ayant laissé des vides résiduels importants après extraction.

Pour évaluer l'aire de la cuvette d'affaissement en surface en gisement penté (pendage supérieur à 20°), on est conduit à distinguer trois angles limites, pris sur la verticale, qui varient en fonction du pendage (Figure 1) :

- l'angle limite (γ), dans la direction de chassage dont la valeur est égale à l'angle limite en plateaux ;
- l'angle limite « amont », γ_{amont} , plus petit que l'angle γ ;
- l'angle limite « aval », γ_{aval} , toujours plus grand que l'angle γ .

Ces angles relient l'extrémité de la zone exploitée au fond, aux points de surface où les affaissements, déformations ou pentes des terrains sont considérés comme imperceptibles ou nulles.

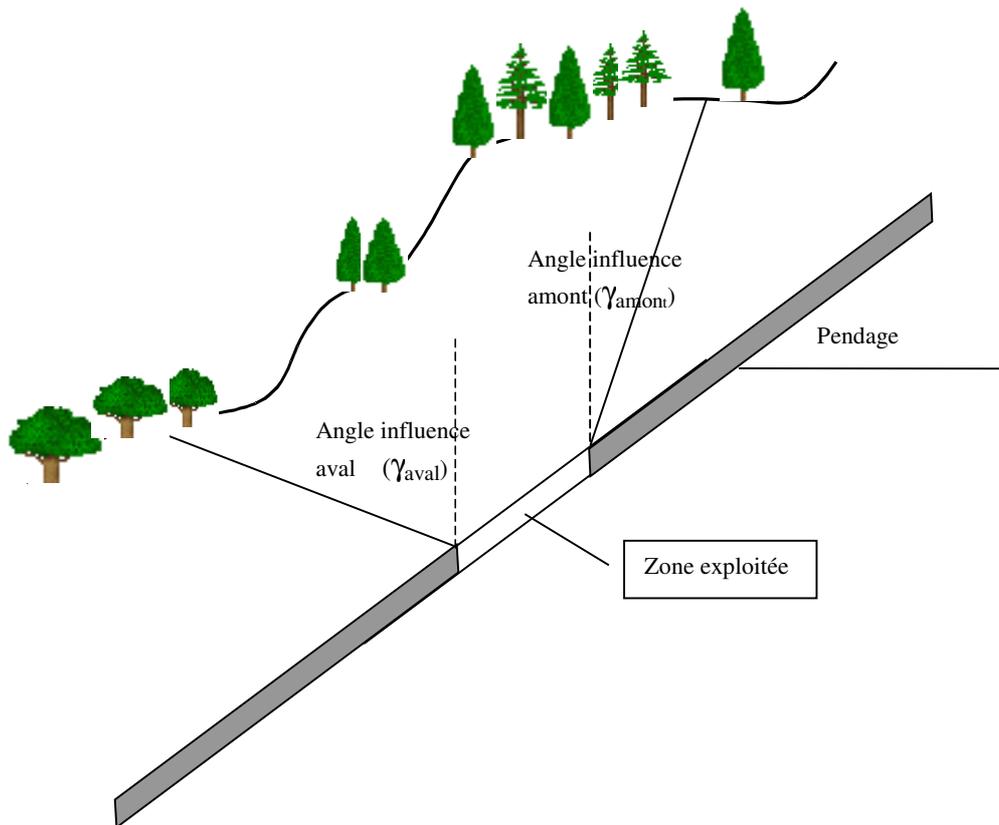


Figure 1: Représentation théorique des angles d'influence amont et aval en gisement penté

En l'absence d'informations précises sur les valeurs de ces angles dans le contexte géologique local des mines du Bois d'Asson, les rares résultats théoriques établis dans d'autres bassins (abaques d'affaissement des bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais, de Lorraine et de la Sarre) ont été utilisés par défaut. Les valeurs d'angles appliquées sont synthétisées dans le tableau ci-après (Tableau 2). Notons que ces valeurs ont été appliquées dans l'ensemble des bassins houillers de France qui regroupent plusieurs contextes différents. Nous disposons, en outre, de quelques retours d'expérience plus récents, dans le bassin ferrifère de Segré-Soumont par exemple [2] et [3], où ces résultats théoriques ont aussi été vérifiés. C'est pourquoi nous les appliquerons dans le cas présent.

Valeurs du pendage		0°	15°	25°	30°	40°	50°	60°	70°
Angles d'influence donnant les limites d'affaissement nul	Angle amont (γ_{amont})	35°	32°	30°	30°	30°	28°	27°	27°
	Angle aval (γ_{aval})	35°	38°	40°	43°	45°	47°	48°	55°

Tableau 2 : Valeurs données dans les abaques d'affaissement des bassins houillers du Nord Pas-de-Calais, de Lorraine et de la Sarre et utilisées dans les bassins ferrifères de l'Ouest

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 se caractérise, en contrepartie, par des amplitudes d'affaissement vertical et des déplacements différentiels horizontaux plus faibles. En revanche, du côté amont, les déplacements augmentent sensiblement.

Notons par ailleurs, que, contrairement aux exploitations totales par tailles foudroyées ou défilage, l'occurrence d'affaissements à l'aplomb d'exploitations par chambres et piliers abandonnés ou par chambres laissées vides (telles que les chambres magasins) dépend directement de la rupture des cavités (éboulement). Ainsi, des phénomènes d'affaissement peuvent alors être initiés plusieurs années ou décennies après la fermeture des travaux si les structures souterraines sont suffisamment résistantes pour demeurer stables jusqu'à ce terme.

Le **tassement** correspond à des mouvements du sol qui ne résultent pas de l'extraction, de la combustion ou de la dissolution du minerai mais s'expliquent par la recompaction d'un massif meuble ou affecté par les travaux souterrains.

Des tassements sont également à prévoir dans les zones de fouilles de schistes bitumineux. En effet, le matériau, qui a pu être utilisé pour remblayer ces anciennes fouilles, peut être de composition assez hétérogène, tant en terme de nature qu'en terme de granulométrie. En outre, une mise en place, souvent assurée par simple déversement, ne garantit pas une compaction complète des déblais et des dépressions en surface sont susceptibles d'être engendrées.

Devant la difficulté de pouvoir distinguer un affaissement d'un tassement dans le cas présent, nous avons pris le parti de traiter l'aléa « affaissement/tassement » de manière globale.

3.1.2 Affaissements/tassements au-dessus de vides résiduels

Les affaissements sont des phénomènes d'extension et d'amplitude limitées. Comparés aux effondrements localisés, ils présentent, en général, peu de dangers vis-à-vis des biens et aucun vis-à-vis des personnes. Par conséquent, ces phénomènes ne sont pas systématiquement portés à connaissance. C'est pourquoi la phase informative menée par le BRGM n'en fait pas cas.

Par contre, l'existence de secteurs éboulés au fond (colline de Montéou) est une manifestation qui prédispose au risque d'affaissement en surface, tout comme l'existence de fouilles pour schistes bitumineux peut engendrer un risque de tassement.

Facteurs de prédisposition

L'existence d'exploitations **partielles** non remblayées et d'exploitations **totales** ne permet pas d'exclure totalement l'occurrence de phénomènes de reprise d'affaissement liés à la fermeture progressive des vides résiduels et à la remobilisation des terrains sus-jacents.

Toutefois, par analogie avec les exploitations pentées ferrifères de Normandie et le bassin de Lorraine, on considèrera que l'affaissement sera d'autant plus limité et considéré comme non perceptible que le panneau exploité partiellement ou totalement présente une largeur inférieure à 0,4 fois sa longueur.

La prédisposition du phénomène « affaissement/tassement » sera considéré comme sensible sur l'ensemble des secteurs exploités en souterrain, partiellement ou totalement, dont la largeur est supérieure à 0,4 fois la longueur, pour les raisons suivantes :

- des terrains de recouvrement relativement peu résistants : la plus grande partie des terrains de recouvrement composés de marnes et de calcaire marneux est sensible au délitage (Photographie 7) ;



Photographie 7 : Terrains de recouvrement des couches de lignite du Sube (INERIS, 2004)

- des méthodes d'exploitation totale : certains secteurs sont exploités par dépilage et des secteurs éboulés au fond existent au droit de la colline Montéou ;
- des méthodes d'exploitation partielles : certains secteurs sont exploités par chambres et piliers (parfois remblayés) et d'autres par tailles montantes ;
- des piliers résiduels composés essentiellement de lignite dont la résistance à la compression est généralement faible. Un calcul d'aire tributaire, permettant d'évaluer la sollicitation due à l'épaisseur des terrains de recouvrement sur les piliers, nous permet de considérer comme très probable le risque d'affaissement sur l'ensemble des panneaux exploités à plus de 50 m de profondeur par une méthode partielle (la contraintes appliquée étant du même ordre de grandeur que la résistance limite du lignite composant les piliers).

Intensité

Il est reconnu que les caractéristiques d’affaissement qui matérialisent les dégâts les plus dommageables pour les biens situés en surface sont les déformations différentielles horizontales et les mouvements de mise en pente du sol plutôt que l’affaissement maximal en lui-même. Le guide PPRM [4] donne des valeurs indicatives des déformations et pentes qui permettent d’évaluer l’intensité du phénomène.

Plusieurs méthodes existent permettant d’évaluer ces diverses caractéristiques. En l’absence d’informations précises dans le contexte géologique local des mines du Bois d’Asson, les rares expressions théoriques établis dans d’autres bassins (bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais, de Lorraine et de la Sarre, bassin ferrifère lorrain, bassin ferrifère normand) peuvent être utilisés par défaut.

Les exploitations totales ont été intégrées au panneau d’exploitations partielles au même titre que les stots de protection lorsqu’ils existaient. Le taux de défrètement correspond donc à une valeur moyenne sur l’ensemble de la couche exploitée.

Dans ce paragraphe, les notations suivantes seront considérées :

- A_{max} = affaissement maximal
- ϵ_{max} = déformation maximale
- μ_{max} = mise en pente
- w = ouverture exploitée
- τ = taux d’exploitation (ou taux de défrètement)
- P = la profondeur moyenne du panneau
- K_2 = coefficient variable en fonction du pendage de la couche

Exploitations partielles en plateures

Pour les exploitations en plateures, on a pris les expressions suivantes (Proust, [17] et [18]) :

$$A_{max} = 0,5.w.\tau \text{ et } \epsilon_{max} = 0,75 .A_{max} / P \text{ et } \mu_{max} = 2.A_{max} / P$$

On en déduit les valeurs des déformations (ϵ_{max}) et pentes (μ_{max}) suivantes :

	Couche du Mur	Couche du Toit
Ouverture exploitée (w)	5 m	5 m
Taux de défrètement (τ)	50%	44%
Profondeur moyenne(P)	120 m	160 m
Affaissement maximal (A_{max})	1,25 m	1,1 m
Déformation maximale (ϵ_{max})	7,4 mm/m	5 mm/m
Mise en pente (μ_{max})	2,1 %	1,3 %
Classe d’intensité	Limitée	Limitée

Tableau 3 : Valeurs des déformations horizontales et pentes calculées sur l’exploitation en plateure du gisement du Bois d’Asson

Comme on le constate, l’intensité du phénomène d’affaissement déduite du Tableau 3 est limitée [4].

Ces valeurs restent purement indicatives mais elles permettent néanmoins de fixer les ordres de grandeur des affaissements.

On considérera l'intensité du phénomène comme limitée dans les zones d'exploitations partielles en plateaux à plus de 50 m de profondeur.

Pour les exploitations partielles pentées à plus de 50 m de profondeur

Les expressions utilisées diffèrent selon le bassin étudié (recouvrement de nature et de caractéristiques mécaniques différentes) :

	Affaissement maximal pour une couche (A_{max})	Déformation maximale (ϵ_{max})	Mise en pente (μ_{max})
Nord Pas-de-Calais (Proust)	$A_{max} = 0,9.w.\tau$	$\epsilon_{max} = 0,75 \cdot K_2.A_{max} / P$	$\mu_{max} = 1,5 \cdot A_{max} / P$
Bassin ferrifère Normand	$A_{max} = 0,3.w.\tau$	$\epsilon_{max} = 1,5 \cdot A_{max} / P$	$\mu_{max} = 5 \cdot A_{max} / P$
Bassin ferrifère Lorrain	$A_{max} = 0,5.w.\tau$	$\epsilon_{max} = 0,75 \cdot A_{max} / P$	$\mu_{max} = 3 \cdot A_{max} / P$

Tableau 4 : Expression des grandeurs caractéristiques de l'affaissement pour un gisement penté

Le tableau suivant donne les résultats obtenus sur le site étudié, en considérant un taux d'exploitation moyen de 50 %, une profondeur moyenne de panneau de 120 m et un pendage de 50°.

	Nord Pas-de-Calais (PROUST)	Bassin ferrifère Normand	Bassin ferrifère Lorrain
Ouverture exploitée (w)	5 m	5 m	5 m
Taux de défrètement (τ)	50%	50%	50%
Profondeur (P)	120 m	120 m	120 m
Affaissement maximal (A_{max})	2,25 m	0,75 m	1,25 m
Déformation maximale (ϵ_{max})	10,6 mm/m	9,4 mm/m	7,8 mm/m
Mise en pente (μ_{max})	2,8 %	3,1 %	3,1 %
Classe d'intensité	Limitée	Limitée/Modérée	Limitée/Modérée

Tableau 5 : Valeurs des déformations horizontales et pentes calculées sur les exploitations pentées du gisement du Bois d'Asson

Ces valeurs restent purement indicatives mais elles permettent néanmoins de fixer les ordres de grandeur des affaissements. L'intensité du phénomène d'affaissement déduite du Tableau 5 est classée en limite limitée/modérée [4]. Les expressions issues des bassins ferrifères normand et lorrain supposent des terrains de recouvrement assez résistants, tandis que l'expression de Proust prend en compte des terrains très souples. Dans le cas du gisement du Bois d'Asson, les valeurs de déformation maximale et de mise en pente correspondant à des terrains marno-calcaires seraient comprises entre ces dernières valeurs.

Toujours par analogie avec les exploitations pentées ferrifères de Normandie et le bassin de lorraine, on estimera que l'affaissement sera d'autant plus proche de l'affaissement maximal que le panneau exploité partiellement ou totalement présente une largeur supérieure à 1 fois sa longueur (panneau sur-critique). La plupart des panneaux exploités sont considérés comme critique ou sur-critique.

L'intensité du phénomène en surface doit donc être réajustée en fonction de la criticité du panneau et du nombre de couches exploitées. En effet, dans certains secteurs la superposition de 2 panneaux exploités pourra engendrer un mouvement en surface plus important que celui estimé par calcul.

Pour les exploitations *partielles* pentées du gisement du Bois d'Asson, *l'intensité du phénomène sera considérée comme limitée.*

Par manque d'informations, on émet l'hypothèse que les secteurs de travaux à partir de la Galerie de Grenouillet, de ceux dans la « couche du Toit » et la « couche du Mur » à l'est du ravin du Deffend et de ceux à l'ouest du Ravin de l'Ausset (Mines du Gontard) ont été exploités par une méthode laissant des vides résiduels (approche sécuritaire). Ils auront ainsi les mêmes caractéristiques que les panneaux d'exploitations partielles. Toutefois, la prédisposition de ces sites à l'aléa affaissement/tassement sera définie comme moindre du fait de l'hypothèse faite sur la présence de ces travaux non cartographiés sur les plans d'archives.

Pour les fouilles de schistes bitumineux

La prédisposition du phénomène « affaissement/tassement » sera considérée comme sensible à proximité des fouilles de schistes bitumineux car un matériau de composition assez hétérogène (type stérile), tant en terme de nature des matériaux qu'en terme de granulométrie, a pu être utilisé pour les remblayer. *L'intensité du phénomène sera prise comme très limitée.*

3.1.3 Récapitulatif de l'aléa affaissement/tassement

Par conséquent, on obtient :

	Prédisposition	Intensité	Aléa
Panneaux partiellement exploités à plus de 50 m de profondeur et pentés à plus de 30°	Sensible	Limitée	Faible
Panneaux partiellement exploités à plus de 50 m de profondeur et pentés à moins de 30°	Sensible	Limitée	Faible
Travaux du Gontard, travaux à l'est du ravin du Deffend et travaux à l'amont de Galerie du Grenouillet	Peu sensible	Limitée	Faible
Galeries isolées	Très peu sensible	Négligeable	Négligeable
Fouilles de schiste bitumineux	Sensible	Très limitée	Faible

Tableau 6 : Evaluation de l'aléa tassement/affaissement pour les mines du Bois d'Asson

3.1.4 Cartographie de l'aléa tassement/affaissement

L'aléa tassement/affaissement est reporté sur la carte en annexe 1.

Rappelons que les limites matérialisant en surface les secteurs influencés par l'affaissement/tassement ont été déterminées à partir d'angles dits « angles d'influence », pris sur la verticale, qui relie l'extrémité du panneau, au fond, aux points de surface où les affaissements, déformations ou pentes sont considérés comme imperceptibles ou nulles (cf. § 3.1.1, Tableau 2).

La marge d'influence a donc été calculée en chaque zone exploitée, selon le pendage des couches, la pente topographique et la profondeur des travaux.

Précisons que les angles d'influence amont (dus au pendage et/ou à la pente topographique) sont pris à la base des panneaux exploités. L'angle d'influence aval (dû au pendage et/ou à la pente topographique) est pris à la partie supérieure des panneaux exploités (en incluant les panneaux supérieurs).

Compte tenu de la démarche, somme toute assez sécuritaire, de la détermination des angles d'influence d'affaissement, il n'a pas été pris de marge d'incertitude sur les zones à risque d'affaissement.

Pour les fouilles de schistes bitumineux, essentiellement situées sur une topographie plane (vallée du Largue), une zone circulaire de 50 m de diamètre correspondant à la marge d'incertitude et à l'extension latérale possible du phénomène.

3.2 ALEA EFFONDREMENT LOCALISE

On parle d'**effondrement localisé** lorsque la rupture ne concerne qu'une zone d'extension limitée en surface (quelques mètres).

Les fouilles de schistes bitumineux, tranchées de surface, ne sont pas concernées par cet aléa.

3.2.1 Effondrements localisés recensés sur les concessions du gisement du Bois d'Asson

La synthèse générale des concessions de lignite SOGEREM datée de 1985 permet de citer plusieurs cas d'effondrement localisé survenus dans les concessions étudiées :

- effondrement des Granges traités en 1980, à l'ouest du pylône 15, sur la concession de lignite du Dauphin ;
- effondrements comblés en 1980, proche du pylône 15, sur la concession de lignite du Dauphin ;
- effondrement circulaire de 10 m de large pour 4 à 5 m de profond, derrière la ruine de Grenouillet (pylône 11, concession de lignite du Dauphin). Remblayé en 1980 ;
- cheminée ou effondrement (?) en forme d'entonnoir de 15 m² de superficie et de 5 m de profondeur. Il a été remblayé en 1980. Selon les photographies prises par la SOGEREM, cet effondrement laisse apparaître le mur et de toit de la couche exploitée pentée à 70° ;
- effondrement de 2 m de diamètre environ au droit d'une galerie dont l'entrée remblayée se situe proche la route menant au Puits du Collet Rouge.

Par ailleurs, les archives font allusion à une très mauvaise tenue du toit dans les travaux souterrains, essentiellement pour les couches du Sube.

3.2.2 Fontis

Un fontis correspond à la remontée jusqu'au jour d'un éboulement initié dans une excavation souterraine [4].

Le mécanisme initié par une rupture du toit de la cavité est surtout développé dans les gisements en plateaux ou le long des galeries.

Dans le cas d'un fort pendage des couches exploitées, les risques de rupture par flambage des bancs du toit (dû à la contrainte qui s'exerce dans l'axe du pendage) prédominent sur les mécanismes de rupture classique en flexion. Pour un pendage de l'ordre de 40°, on estime qu'il est toujours possible qu'un tel mécanisme de rupture au toit s'initie.

3.2.2.1 Evaluation de la hauteur de remontée d'un fontis

Le nombre de cas de fontis survenus sur le territoire du gisement du Bois d'Asson ne permet pas, à lui seul, d'établir la profondeur à partir de laquelle le risque de remontée de fontis en surface peut être considéré comme nul.

Nous avons estimé la hauteur maximale de remontée de fontis à l'aplomb de galeries ou de chambres à partir d'un modèle de calcul prenant en compte en particulier les caractéristiques géométriques de la cavité résiduelle, le coefficient de foisonnement et l'angle de talus naturel des terrains de couverture¹.

¹ Voir Mémoire de DEA de l'Ecole Centrale de Paris. R. Salmon. INERIS. 1998.

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

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

Les valeurs du coefficient de foisonnement retenues sont issues de la classification R.T.R.². Pour notre étude, on prendra un coefficient de foisonnement de 1,3 pour les calcaires et marnes.

L'angle des terrains naturels constituant les éboulis au fond est pris à 35°.

Compte tenu de la diversité des méthodes d'exploitation et du peu d'information sur leur géométrie, les hypothèses retenues et les résultats des hauteurs maximales de remontée de fontis correspondants sont donnés dans le Tableau 7 :

	Largeur de la cavité (m)	Hauteur de la cavité (m)	Longueur de la cavité (m)	Pendage (°)	Rayon du fontis au toit (m)		Hauteur de remontée du fontis (m)	
					0,8R	R	0,8R	R
Exploitations partielles non remblayées								
Chambres et piliers	5	5		0 à 20	2,8	3,5	54	41
Bandes et piliers	5	5		30	2	2,5	71	50
Galerie réservoir	6	5		0 à 10	2,4	3	62	45
Galeries isolées								
Galerie de montage pour quartiers vierges	4	5		0 à 20	1,6	2	83	58
Galerie de recherche	1,5	2		0 à 10	0,6	0,7	42	33
Autre galerie	3	3		0 à 10	1,2	1,5	43	30
	2,5	2,5		0 à 10	1	1,2	36	27

Tableau 7 : Hauteurs maximales de remontée de fontis à l'aplomb des travaux miniers.

Pour les galeries de montage en plateure, le calcul réalisé avec un rayon égal à 80% de la largeur de la cavité est sécuritaire. On tiendra compte essentiellement de la valeur trouvée avec 100% de la largeur. En effet, il est rare d'avoir retrouvé sur les sites français des fontis initié dans une cavité isolée à plus de 50 m de profondeur. On considèrera donc la valeur de 50 m.

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

Pour les exploitations **en plateure** situées à l'est de l'axe Puits Neuf / Puits du Collet Rouge, seules les zones exploitées par chambres et piliers à moins de 50 m de profondeur sont susceptibles d'être affectées par l'apparition d'un fontis en surface.

Le calcul ne permet pas de prendre en compte le pendage des couches et la possibilité du matériau à s'écouler le long de la pente jusqu'à l'extrémité aval des exploitations partielles pentées. Notre expérience sur les gisements pentés témoigne cependant qu'il est rare de voir des fontis s'initier à plus de 50 m de profondeur et provoquer un effondrement localisé en surface.

On considèrera donc qu'on ne peut exclure la possibilité d'apparition d'un fontis au droit d'un vide dont la profondeur est inférieure à 50 m pour les secteurs à exploitations partielles non remblayées (pentées ou non) et les galeries isolées

3.2.2.2 Evaluation de l'aléa fontis

Pour des travaux à moins de 50 m de profondeur dans les secteurs d'exploitation partielle non remblayée, pentée ou non, et à moins de 50 m de profondeur pour les galeries isolées, nous avons retenu un aléa moyen lié à :

- une prédisposition sensible pour le phénomène de fontis (compte tenu, en particulier, des cas recensés sur les concessions étudiées et de la nature des matériaux constitutifs du recouvrement (marno-calcaire pouvant se déliter en plaquettes) ;
- une intensité modérée pour le phénomène de fontis (compte tenu, en particulier, du risque pour les personnes associé à ce phénomène).

Au-delà des 50 m de profondeur pour les secteurs d'exploitation partielle et des 50 m de profondeur pour les galeries, l'expérience et notre analyse montrent que le risque de remontée de fontis en surface peut être considéré comme négligeable. Des phénomènes de tassement différentiel sont néanmoins susceptibles d'affecter les terrains de surface. Ils sont traités dans le cadre de l'aléa « affaissement/tassement », de manière distincte, compte tenu du fait qu'ils ne présentent pas de risques pour les personnes.

Pour les galeries de recherche de schistes bitumineux dont les entrées sont localisées sur la carte informative, l'évaluation de l'aléa « effondrement localisé » suit les mêmes principes que ceux présentés pour les travaux pour l'exploitation de lignite.

Par conséquent, on considèrera que, à proximité d'une entrée de galerie pour schistes bitumineux :

- la prédisposition de la remontée d'un fontis demeure sensible ;
- l'aléa « effondrement localisé » au droit d'une galerie à moins de 50 m de profondeur est moyen.

Pour les zones de travaux supposés (cf. §2.2), la prédisposition de l'aléa sera diminuée, il sera considéré comme peu sensible. L'aléa correspondant sera faible.

Les seuls travaux à moins de 50 m de profondeur sont ceux supposés dans la « couche du Toit » et dans la « couche du Mur » à l'ouest de la plate-forme du Grenouillet et certains panneaux du faisceau du Queyron.

3.2.3 Effondrement par rupture d'une tête de veine pentée

Lorsque l'exploitation d'un filon ou d'une veine pentée (pendage supérieur à 40°) s'est développée à proximité de la surface, il est possible qu'une rupture se développe par cisaillement le long des interfaces minéral - épontes ou encore par éboulement progressif de la couronne (ou de la « tête de veine ») à un endroit où le minéral est souvent altéré (on parle alors de rupture du pilier couronne).

Les secteurs où le pendage de la couche est supérieur à 40° et qui peuvent être le lieu d'un tel mécanisme de rupture sont les zones d'affleurement ayant fait l'objet de fouilles ou de travaux peu profonds (moins de 50 m). Il n'est toutefois pas exclu que des travaux plus profonds engendrent ce type de mécanisme.

Seuls les configurations de travaux de la « couche du Toit », de la « couche du Mur », situés à l'ouest de la ferme du Grenouillet, sont susceptibles d'être affectés par ce type de mécanisme de rupture.

Pour caractériser l'aléa « effondrement localisé » lié à la rupture d'une tête de veine, nous avons retenu un aléa moyen lié à :

- une intensité modérée pour le phénomène en surface (compte tenu, en particulier, du risque pour les personnes) ;
- une prédisposition sensible due à l'existence de travaux à fort pendage et peu profonds dans des terrains altérés proches de la surface et donc plus sensibles. De plus, on ne connaît pas précisément l'épaisseur résiduelle du pilier couronne.

Dans les exploitations pentées, la prédisposition de voir apparaître une rupture de tête de veine initiée dans des travaux à plus de 50 m existe mais est moindre. Par conséquent, une marge forfaitaire de 30 m de large sera tracée en aléa faible en aval de la zone d'aléa moyen.

3.2.4 Effondrement par rupture de pilier isolé

Au sein d'une exploitation menée par la méthode des piliers abandonnés, la ruine d'un (ou de quelques) pilier(s) peut se traduire, en surface, par un effondrement lorsque la profondeur des travaux et la raideur du recouvrement ne sont pas suffisamment importantes. On parle alors de **rupture de pilier(s) isolé(s)**.

L'analyse de la phase informative des mines du gisement du Bois d'Asson, menée par le BRGM montre que :

- les terrains de recouvrement marno-calcaires sont susceptibles de se déliter en plaquettes ;
- les travaux ont plus de 50 ans, et on peut supposer que dans les panneaux les plus profonds, les piliers constitués de lignite sont probablement déjà rompus ;
- certains travaux d'extraction de lignite, situés à moins de 50 m de profondeur ont été réalisés à l'aide de méthodes d'exploitation dites partielles laissant des vides résiduels ;
- la configuration en gisement penté peut induire des ruptures par cisaillement au sein des piliers, liées à l'angle que forme le pendage des couches par rapport au champ de contrainte existant au sein du massif.

Par conséquent, dans les secteurs peu profond (moins de 50 m) exploités par la méthode des chambres et piliers, le risque d’effondrement localisé par rupture de pilier ne peut être écarté. L’aléa lié à ce mécanisme de rupture est évalué de la même manière que celui lié au fontis.

3.2.5 Effondrement des ouvrages miniers débouchant en surface

Parmi les ouvrages miniers débouchant en surface, on compte essentiellement les galeries et les puits. Les derniers font objets du présent paragraphe. L’effondrement potentiel de galeries débouchant en surface est intégré à l’évaluation du risque fontis traité aux § 3.2.2.1 et 3.2.2.2.

3.2.5.1 Effondrements de têtes de puits dans le gisement du Bois d’Asson

La synthèse générale des concessions de lignite SOGEREM datée de 1985 permet de citer un cas d’effondrement de tête de puits survenu dans les concessions étudiées. Une dépression de 3 m par 2 m et profonde de 1,5 m dans le ravin de Champourlier (concession de lignite du Dauphin) correspondrait à un puits effondré (pylône 14). Elle a été remblayée et dallée en 1980. Des émanations de SO₂ étaient perceptibles.

3.2.5.2 Evaluation de l’aléa « effondrement localisé » lié à l’effondrement de tête de puits

Plusieurs puits ont été localisés sur les 6 concessions étudiées, principalement sur les concessions de lignite. On peut distinguer :

- les 2 principaux puits d’exploitation utilisés par la SOGEREM et traités en 1980 (catégorie 1) : le Puits du Collet Rouge et le Puits Neuf. Leur localisation est exacte et l’information relative au traitement du puits est disponible :

	Puits du Collet Rouge	Puits Neuf
Altitude orifice (m NGF)	373,99	400
Altitude fond (m NGF)	285,32	213,10
Diamètre (m)	5	6
Revêtement intérieur	béton	?
Etat	dalle	dalle en béton et remblai

Tableau 8 : Caractéristiques du Puits Neuf et du Puits du Collet Rouge

- les puits d’aérage traités par la SOGEREM en 1980 et pour lesquels nous disposons d’informations techniques sur le traitement de mise en sécurité (catégorie 2). Ces puits sont souvent de diamètre limité (1 à 2 m). Leur localisation exacte est connue par l’implantation de pylônes sur le terrain. On en dénombre 4 (points 1, 10, 12 et 15) ;
- les puits non traités et/ou non mentionnés dans les archives (catégorie 3) : la découverte, lors de la visite sur le terrain, au lieu-dit « Plaine-Redonne » dans le ravin du Deffend, d’un puits d’aérage ouvert et non mentionné sur les plans laisse supposer la présence d’autres orifices reliés aux travaux souterrains. Ces puits sont souvent de profondeur et de diamètre limités. Leur localisation exacte n'est pas connue et peu d'informations sont disponibles à leur sujet.

Pour caractériser l'aléa « effondrement localisé » lié à la présence des puits miniers débouchant en surface, nous avons retenu :

- une intensité modérée pour le phénomène en surface (compte tenu, en particulier, du risque pour les personnes) ;
- une prédisposition :
 - sensible pour les puits de catégorie 3 (c'est-à-dire les puits pour lesquels on ne dispose d'aucune information quant à leur traitement éventuel) ;
 - peu sensible pour les puits des catégories 1 et 2 (c'est-à-dire les puits pour lesquels le traitement réalisé est décrit dans la synthèse générale des concessions de lignite SOGEREM datée de 1985) ;
- par conséquent, un **aléa moyen** pour les puits de catégorie 3 et un **aléa faible** pour les puits de catégories 1 et 2.

3.2.6 Effondrement de cavités constituées par combustion

3.2.6.1 Effondrements localisés au-dessus de cavités constituées par combustion

L'apparition possible d'effondrements localisés en surface peut aussi être induite par une combustion souterraine entraînant la « disparition » de matériau et le développement d'un mécanisme de rupture dans les terrains surmontant la cavité ainsi créée. La lenteur du mécanisme et les volumes de vide, généralement limités, créés expliquent que les manifestations en surface se traduisent, à quelques exceptions près, par la création de cuvettes peu importantes, tant en terme d'amplitude des mouvements verticaux qu'en terme de superficie des cuvettes.

Aucun cas d'effondrement localisé au-dessus de cavités constituées par combustion n'a été recensé sur le territoire des concessions étudiées. Cependant, une zone d'échauffement active existe et, selon les archives, toutes les couches exploitées dans le gisement du Bois d'Asson sont sujettes à des feux spontanés.

3.2.6.2 Evaluation de l'aléa « effondrement localisé » au-dessus de cavités constituées par combustion

Sur le territoire des concessions étudiées, la formation de cavités par le mécanisme de combustion ne peut être exclue lorsque les éléments favorables suivants sont réunis :

- une disponibilité abondante de matériau combustible, fissuré ou perméable (anciens travaux souterrains) ;
- une configuration favorable pour la migration d'air au sein du gisement ou des matériaux ;
- un niveau piézométrique laissant la zone suspectée hors de l'eau.

Sur le territoire des concessions étudiées, ces facteurs sont réunis dans les zones de travaux non ennoyés situés à proximité des affleurements et autour de la zone d'échauffement active.

Tout comme pour les conditions d'apparition d'un fontis en surface, l'apparition d'un effondrement localisé au droit d'une cavité constituée par combustion dépend essentiellement de la profondeur de cette cavité.

Faute de retour d'expérience, nous retiendrons que l'évaluation de la hauteur de remontée de fontis applicable à une cavité constituée par combustion est identique à celle au droit d'exploitations partielles (§ 3.2.2.1). Une cavité constituée par combustion à plus de 50 m de profondeur n'est pas susceptible d'entraîner un effondrement localisé en surface.

Pour les zones de travaux non ennoyés à moins de 50 m de profondeur, nous avons retenu un aléa faible lié à :

- une prédisposition peu sensible pour le phénomène de fontis (compte tenu qu'aucun cas n'a été recensé et que le mécanisme est lent et intéresse des volumes limités) ;
- une intensité limitée pour le phénomène de fontis.

Pour la zone autour de l'échauffement, nous avons retenu un aléa moyen lié à :

- une prédisposition très sensible pour le phénomène de fontis ;
- une intensité limitée pour le phénomène de fontis.

3.2.7 Récapitulatif de l'aléa effondrement localisé

Nous avons identifié un aléa « effondrement localisé » sur l'ensemble des secteurs présentés dans le Tableau 9.

Ouvrage minier	Effondrement localisé				
	Fontis	Effondrement de tête de puits ou de galerie	Rupture de pilier(s)	Rupture d'une tête de veine pentée	Effondrement de cavités liées à une combustion interne
Exploitations totales	sans objet (aucun vide résiduel)				*
Exploitations partielles pentées à moins de 50 m de profondeur	*		*	**	*
Exploitations partielles en plateure à moins de 50 m de profondeur	**		*		*
Puits		*			
Galeries à moins de 50 m de profondeur	**	*			*
Echauffement actif					*
Zones d'affleurements au droit de travaux à moins de 50 m de profondeur				**	* (pour des travaux non ennoyés)

Tableau 9 : Secteurs concernés par l'aléa « effondrement localisé »

Le Tableau 9 indique, pour chaque type d'ouvrage minier concerné, la nature du (ou des) mécanisme(s) susceptibles d'entraîner l'apparition d'un effondrement localisé à leur aplomb. Lorsque, pour un ouvrage donné, plusieurs mécanismes sont envisageables, le mécanisme le plus probable est indiqué par un symbole double.

Le Tableau 10 synthétise l'aléa « effondrement localisé » en fonction des ouvrages miniers concernés. Cet aléa est reporté sur la carte en annexe 2.

Ouvrages miniers	Aléa « effondrement localisé »
Exploitations totales	Très faible
Exploitations partielles à moins de 50 m de profondeur – présence certaine	Moyen
Exploitations partielles à moins de 50 m de profondeur – présence supposée	Faible
Puits traités	Faible
Puits non traités	Moyen
Galeries à moins de 50 m de profondeur	Moyen
Echauffement actif	Moyen
Zones d'affleurements au droit de travaux à moins de 50 m de profondeur	Moyen

Tableau 10 : Aléa « effondrement localisé »

L'enveloppe correspondant à l'emprise des travaux est reportée pour garder en mémoire l'existence de l'exploitation souterraine, dans l'hypothèse où un projet exceptionnel, sensible ou profond pourrait être implanté dans la zone concernée.

3.2.8 Cartographie de l'aléa effondrement localisé

3.2.8.1 Galeries

Sur la carte d'aléa « effondrement localisé », nous avons cartographié les zones d'aléa moyen lié à un débouillage de galerie à l'aplomb des galeries connues d'extraction de lignite.

Nous avons ajouté une marge de sécurité comprenant :

- l'incertitude de localisation exacte de la galerie (30 m pour les galeries de lignite et 50 m pour celles de schistes bitumineux lorsque leur localisation n'est pas précise) ;
- l'extension latérale d'un fontis tracée en tenant compte de 5 m de terrain altérés en surface (Figure 4). Par simplification et comme la pente topographique est de l'ordre de 20°, le rayon aval sera pris égal au rayon et sera de 5 m environ.

L'aléa « effondrement localisé » lié à la présence de descenderies et galeries est cartographié de la manière suivante (Figure 2). On limite toutefois la zone d'aléa à l'affleurement lorsque celui-ci est connu ou interprété.

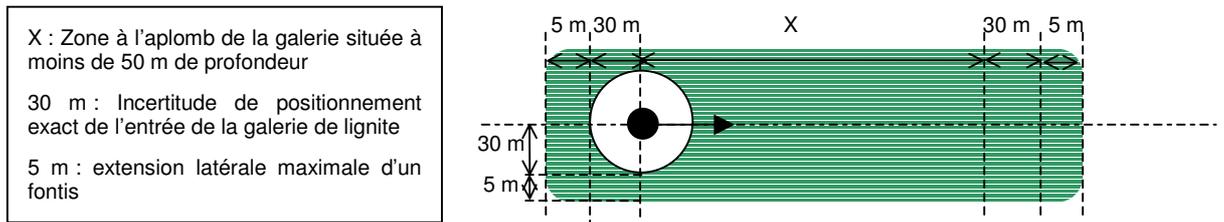


Figure 2 : Zonage de l'aléa « effondrement localisé » lié à la présence d'une galerie souterraine de lignite

On notera qu'un certain nombre de puits est situé en dehors de la limite des travaux miniers. On ne peut exclure qu'une galerie les relie aux travaux proches. Faute d'information sur l'existence, la profondeur et la position de ces éventuelles galeries, l'aléa associé ne peut être cartographié.

Lors de la phase informative et de la visite de terrain, il a été noté l'existence d'une galerie d'aéragé (pour l'exploitation de lignite) non sécurisée dont aucun document ne faisait mention (Photographie 3). On ne peut donc garantir l'exhaustivité des descenderies et galeries présentées dans le recensement issu de la phase informative.

Ajoutons que la direction des galeries (symbolisée par une flèche sur la carte informative) peut être inconnue ou mal reportée.

Concernant les fouilles de schistes bitumineux, comme seules les entrées des galeries sont répertoriées, on considèrera une zone circulaire de 50 m de diamètre centrée sur l'entrée supposée. Cette zone comprend l'incertitude de positionnement de la galerie et les diverses possibilités d'orientation de la galerie qui, logiquement, pouvait rejoindre la couche de lignite. On remarque que certaines entrées se situent en amont de la couche de lignite.

3.2.8.2 Exploitations partielles

Sur la carte d'aléa « effondrement localisé », nous avons cartographié les zones d'aléa moyen, lié à une rupture de toit et/ou à une rupture de pilier isolé, à l'aplomb des exploitations partielles de lignite connues, pentées ou non, situées à moins de 50 m de profondeur.

Nous avons ajouté une marge de sécurité de 35 m de largeur comprenant :

- l'incertitude de localisation des travaux (30 m) ;
- l'extension latérale d'un fontis apparaissant en surface. Compte tenu de la topographie du site, le fontis aura, en surface, une allure dissymétrique par rapport à sa cheminée. Le rayon amont sera plus grand que le rayon aval (Figure 4).

Sur la carte d'aléa « effondrement localisé », nous avons cartographié les zones d'aléa moyen, lié à une rupture de tête de veine à proximité des affleurements des couches pentées à plus de 40° et exploitées à moins de 50 m de profondeur (Figure 3). Ainsi, dans le sens de la plus grande pente :

- une marge forfaitaire de 50 m de largeur a été tracée en amont de l'affleurement de la couche exploitée à moins de 50 m de profondeur, afin de tenir compte de l'incertitude de positionnement des travaux et des affleurements;
- une marge de 35 m de large, en aval de la limite des 50 m de profondeur, correspond à l'incertitude de positionnement des travaux et de l'extension latérale possible du phénomène ;
- une marge 30 m de large en aléa faible, en aval de la marge de 35 m, caractérise les travaux situés à plus de 50 m de profondeur.

Latéralement, perpendiculairement au sens de la plus grande pente, cette marge de sécurité est de 35 m.

Seuls les travaux supposés situés à l'ouest de la plate-forme du Grenouillet sont concernés.

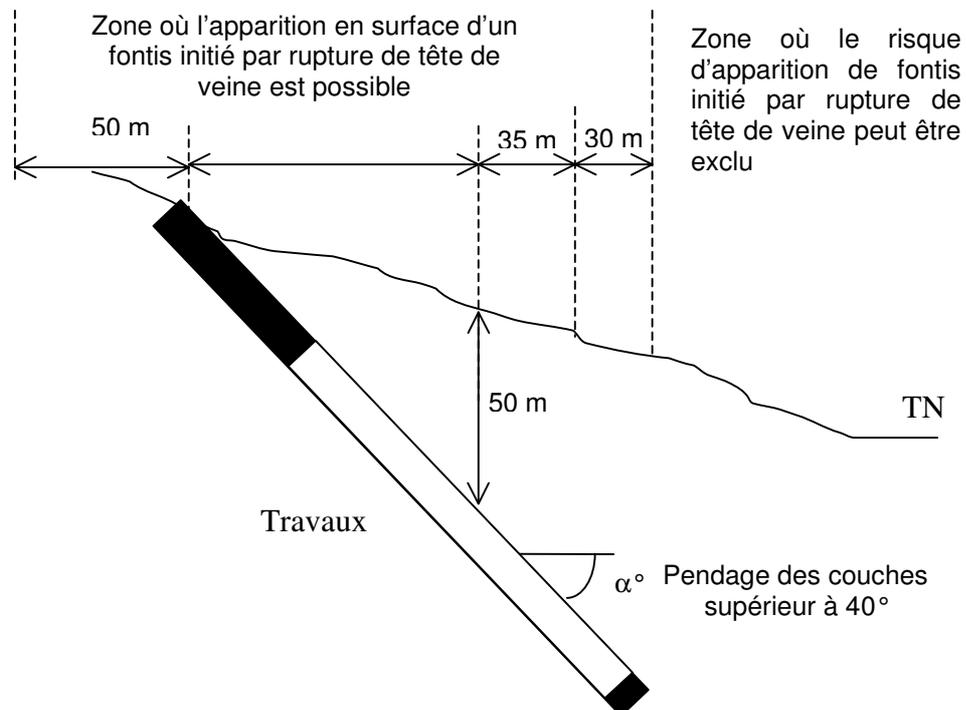


Figure 3 : Principe de zonage du risque d'apparition d'un fontis initié par rupture de tête de veine pentée (dans le sens de la plus grande pente)

3.2.8.3 Puits

Sur la carte d'aléa « effondrement localisé », les zones d'aléa lié aux effondrements de tête de puits sont définies à partir du centre du puits et comprennent :

- le rayon du puits (forfaitairement 1 m sauf pour le Puits Neuf et le Puits du Collet Rouge où il est de 3 m) ;
- un rayon supplémentaire correspondant à l'extension latérale du cône d'effondrement et calculé selon la pente topographique et à l'épaisseur moyenne des terrains peu cohérents de surface (Figure 4) ;

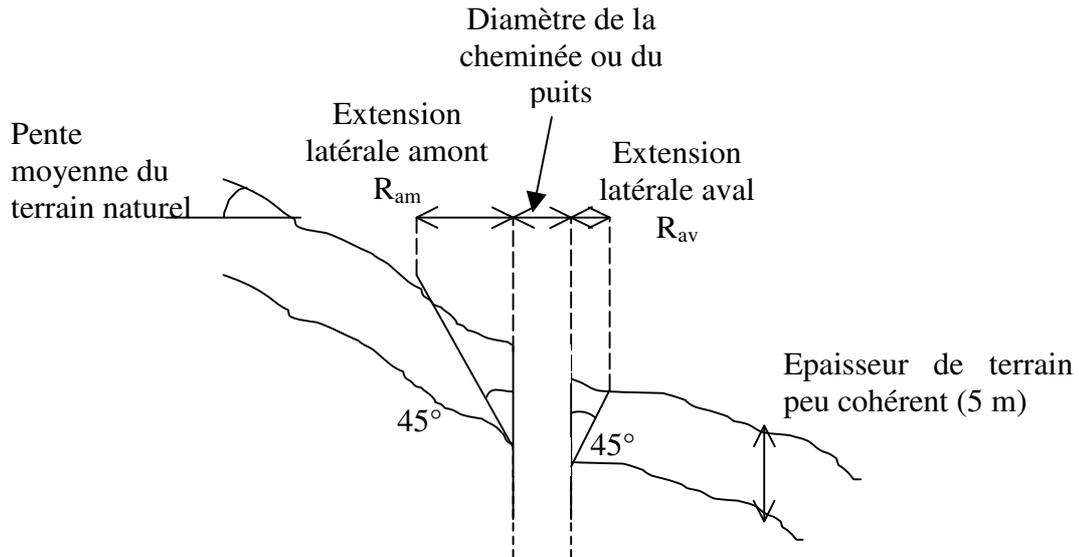


Figure 4 : Schéma de principe pour l'évaluation des rayons amont et aval d'extension latérale pour un effondrement localisé

- un rayon supplémentaire éventuel de 30 m lorsqu'il demeure une incertitude sur la localisation exacte du puits (catégories 2 et 3). La valeur de 30 m a été établie par le BRGM lors de la cartographie issue de la phase informative.

3.2.8.4 Effondrement lié à la combustion

Sur la carte d'aléa « effondrement localisé », nous avons cartographié les zones d'aléa au-dessus de cavités initiées par combustion interne de la manière suivante :

- une zone circulaire de 50 m de rayon centrée sur l'échauffement actif ;
- dans les secteurs de travaux non ennoyés à moins de 50 m de profondeur, des zones limitées en amont pendage par l'affleurement des couches et à l'aval pendage par la limite de recouvrement des 50 m (Figure 5).

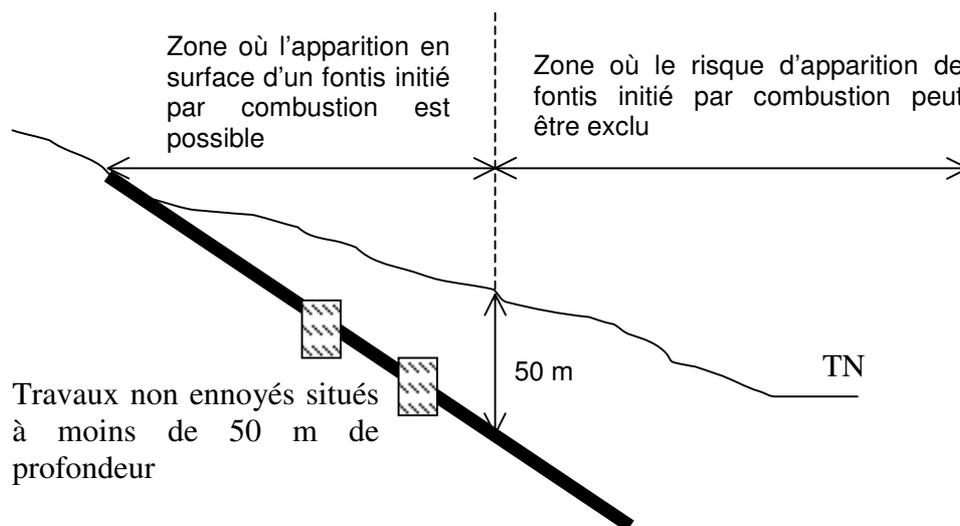


Figure 5 : Principe de zonage du risque d'apparition d'un fontis initié par combustion au droit de travaux miniers non ennoyés situés à moins de 50 m de profondeur

L'aléa « effondrement localisé » au-dessus de cavités constituées par combustion interne intéresse les zones à proximité des affleurements. La majeure partie de ces zones présente, d'ores et déjà, un aléa « effondrement localisé » lié au mécanisme de rupture de tête de veine pentée.

3.3 ALEA EFFONDREMENT GENERALISE

Un **effondrement** correspond à un abaissement brutal de la surface qui se traduit par une rupture franche des terrains de surface.

On parle d'**effondrement en masse ou généralisé** lorsqu'il concerne une zone étendue en surface (plusieurs centaines de mètres carrés d'extension). Aucun phénomène de ce type n'a jamais été constaté sur le territoire concerné par les concessions du gisement du Bois d'Asson.

D'un point de vue général, les effondrements généralisés peuvent se produire dans des exploitations ayant laissé des vides résiduels étendus, telles que les exploitations par chambres et piliers abandonnés, menées dans le gisement du Bois d'Asson.

Toutefois, les rares monographies ou les enquêtes consécutives à des accidents s'accordent à montrer qu'il n'a jamais été observé de rupture généralisée des piliers pour des exploitations souterraines pentées de 25° à 70° et dont les piliers avaient un élancement égal ou inférieur à 1. Cette configuration géométrique et géologique étant vérifiée à l'ouest du Puits Neuf et du Puits du Collet Rouge, le risque d'effondrement généralisé a été écarté a priori dans ce secteur.

A l'est de l'axe Puits Neuf / Puits du Collet Rouge, les exploitations partielles en plateaux laissent des piliers de grandes dimensions, allongés dans le sens du pendage, peu propices à un effondrement généralisé.

Le risque d'effondrement généralisé a donc été écarté sur l'ensemble du site du gisement du Bois d'Asson.

4. DETERMINATION DE L'ALEA GAZ DE MINE

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

4.1 EMISSIONS DE GAZ DE MINE AU DROIT DES CONCESSIONS DU GISEMENT DU BOIS D'ASSON

Certains documents consultés signalent une grande susceptibilité du lignite de la mine du Bois d'Asson à l'échauffement ([1] et [13]). Ceci n'est d'ailleurs pas étonnant, compte tenu de la teneur très élevée en pyrite et de celle en matières volatiles propres au gisement en question.

Les échauffements et les feux se déclaraient d'ailleurs très fréquemment lors de l'exploitation de la mine. Après sa fermeture, le développement de ce phénomène s'est manifesté par des émanations de fumées à partir de certains orifices encore ouverts comme :

- le point 14 traité en 1980, où « les émanations de SO₂, très importantes et perceptibles à plusieurs mètres de distance ont entraîné la mort des arbres les plus proches » ([13] et [14]) ;
- à 15 m du point 14, où un dégagement de fumées blanchâtres (vapeur d'eau) a été répertorié et traité par l'INERIS dès 1999, derrière un petit mur vertical de dimensions 1 m x 1 m, obturant de manière très imparfaite une ouverture dans le sol, vraisemblablement un ancien orifice minier (Photographie 8, [5] à [9]).



Photographie 8 : Zone d'échauffement avant traitement (INERIS, 1999)

L'analyse de l'INERIS sur le dégagement suivi depuis 1999 permet de définir quelques caractéristiques propres aux fumées pouvant émaner des travaux souterrains :

- forte odeur du goudron. Des tâches de cette matière étaient visibles sur le mur d'obturation ;
- débit des fumées de l'ordre de 0,2 à 0,3 m³/s ;
- température mesurée dans les cavités derrière le mur d'obturation d'environ 65°C ;

- composition du mélange émis typique des fumées dégagées par un échauffement de terrains houillers. Il s'agit, en effet, d'un mélange gazeux très chargé en vapeur d'eau, pratiquement privé d'oxygène (moins de 1 % vol.) et très enrichi en produits de combustion (environ 16 % vol. de CO₂ et de 0,1 à 0,4 % vol. de CO). On a noté aussi la présence d'une certaine quantité d'hydrocarbures (environ 1 % vol.) et d'hydrogène (gaz produits par la pyrolyse de la houille autour du foyer d'échauffement), ainsi que le dégagement de produits soufrés toxiques, lié sans doute à la transformation du soufre (pyrite ...) contenu dans la houille. Le complément du mélange était constitué essentiellement d'azote et de gaz rares.

Les mesures et observations faites sur le dégagement de fumées suggèrent toutefois que l'échauffement observé à proximité du pylône 14 est de nature plutôt locale et limitée, compte tenu de la faible quantité de fumées dégagées. De plus, il n'y a pas de lien connu entre l'orifice traité et les travaux répertoriés sur les cartes.

Notons également par ailleurs :

- une explosion de gaz (1 blessé) dans les travaux souterrains de la concession de Gaude (au sud des concessions étudiées) en décembre 1879 [20] ;
- une flambée de grisou (1 blessé), référencée sur la concession de Villeneuve, en septembre 1898, dans la mine Fine [19] ;
- en janvier 1930, un coup de poussière (à la suite d'un tir) dans les travaux de la concession de Dauphin, qui causa la mort de 6 hommes et en blessa 10. Cet accident n'a toutefois peut-être pas comme cause un dégagement de gaz issu du lignite [13].

Le schiste bitumineux est également un matériau susceptible de s'échauffer. Bien qu'aucun incident de ce type n'a été mentionné dans les archives, le risque d'émission de gaz de mine par les orifices liés aux galeries d'exploitation de schistes bitumineux ne peut être exclu.

4.2 EVALUATION DE L'ALEA EMISSION DE GAZ DE MINE

Le contexte général du site semble être très favorable à l'apparition et au développement des échauffements. On retiendra notamment les éléments de prédisposition suivants :

- une susceptibilité intrinsèque très importante du lignite et du schiste bitumineux constituant le gisement (présence abondante de soufre) ;
- l'affleurement des couches en surface, pouvant, par endroits, avoir fait l'objet de grattages ;
- la présence de vides non ennoyés, sous la colline du Bois d'Asson, près du Puits Neuf, au niveau de la Galerie du Grenouillet (au-dessus de la cote 370 m) et au droit du quartier du Gontard ;
- une géologie avec un pendage subvertical, favorisant la migration d'air ;
- une fissuration des terrains très importante liée au clivage naturel et à l'influence des anciennes exploitations ;
- la présence de divers ouvrages souterrains débouchant en surface, probablement mal obturés pour certains et pouvant servir d'entrée d'air ;

- la morphologie de la surface très variée, avec les dénivellations très importantes favorisant l'effet du tirage naturel dans le massif ;
- la profondeur des travaux. En effet, celle-ci, c'est-à-dire l'épaisseur du recouvrement, joue en défaveur vis-à-vis de la remontée de gaz. Une profondeur de 100 m a été considérée comme suffisante pour faire un obstacle suffisant à la remontée de gaz de mine en surface.

Les secteurs retenus pour l'aléa gaz de mine seront de ce fait :

- le secteur de l'échauffement suivi depuis 1999 ;
- les ouvrages de communication reliant la surface aux travaux de lignite ou de schistes bitumineux (descenderies, puits,...). Les ouvrages de communication à proximité de la cote 370 et supposés reliés à des travaux enoyés présenteront une intensité moindre mais non nulle ;
- les secteurs au droit de vides miniers non enoyés (zones partiellement exploitées au-dessus de la cote 370), certains ou supposés. Les travaux « supposés » auront une prédisposition moindre que les travaux « certains » d'émettre du gaz de mine en surface.

On considèrera alors :

	Prédisposition	Intensité	Aléa
Zone de l'échauffement suivi depuis 1999	Très sensible	Modérée	Fort
Ouvrages miniers débouchant au jour (entrée de galerie, puits)	Sensible	Modérée	Moyen
Zones partiellement exploitées à moins de 100 m de profondeur (au-dessus de la cote 370) – présence certaine	Sensible	Limitée	Faible
Zones partiellement exploitées à moins de 100 m de profondeur (au-dessus de la cote 370) – présence supposée	Peu sensible	Limitée	Faible
Fouilles de schistes bitumineux et zones effondrées traitées	Très peu sensible	Très limitée	Négligeable
Zones partiellement exploitées à plus de 100 m de profondeur (au-dessus de la cote 370)	Très peu sensible	Très limitée	Négligeable

Tableau 11 : Evaluation de l'aléa « émission de gaz de mine »

Remarque : L'intensité est considérée comme modérée à limitée compte tenu, en particulier, de l'émission limitée et locale des fumées observée proche du pylône 14.

L'aléa négligeable n'est pas cartographié sur le carte d'aléa « émission de gaz de mine ».

4.3 CARTOGRAPHIE DE L'ALEA EMISSION DE GAZ DE MINE

L'aléa émission de gaz de mine est cartographié sur l'annexe 3.

Les limites matérialisant en surface la zone influencée par l'émission de gaz de mine sont déterminées à partir d'angles dits « angles d'influences », pris sur la verticale, qui relient l'extrémité des panneaux d'exploitation, au fond, aux points de surface où les émissions de gaz sont considérées comme imperceptibles ou nulles.

Le choix des valeurs de l'angle d'influence joue donc directement sur l'importance de la zone affectée et doit être pris avec précaution. Ces valeurs (issues d'une dissymétrie géométrique) sont prises égales à celles établies pour les cuvettes d'affaissement en considérant que les terrains mécaniquement influencés par l'exploitation sont ceux les plus susceptibles de permettre la remontée de gaz en surface.

La première étape consiste à vérifier que les caractéristiques observées sur le terrain par l'INERIS au droit de la zone d'échauffement sont compatibles avec les caractéristiques théoriques d'autres bassins (par exemple : abaques d'affaissement des bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais, de Lorraine et de la Sarre, Tableau 2).

4.3.1 Zone de l'échauffement actif

Pour la zone de l'échauffement actif (située à près de 70 m de profondeur au droit de travaux non ennoyés), le calcul des angles d'influence et leur impact en terme de distance en surface donne les résultats suivants :

- angle amont dû à l'influence du pendage à 65° : 28° soit 33 m en surface ;
- angle aval dû à l'influence du pendage à 65° : 54° soit 57 m en surface ;
- angle de chassage amont dû à la pente topographique de 20° : 35° soit 43 m en surface ;
- angle de chassage amont dû à la pente topographique de 20° : 35° soit 42 m en surface.

Ces valeurs correspondent bien aux observations sur le terrain puisque les fumeroles liées à l'échauffement migrent à près de 50 m de l'orifice traité.

Un zonage circulaire de 100 m de diamètre est ainsi tracé correspondant à la migration latérale possible des gaz par l'ouvrage et les terrains déconsolidés ou fracturés de surface. Afin de prendre en compte, la migration possible de l'échauffement souterrain, tout en étant raisonnablement sécuritaire, une marge forfaitaire de 20 m de largeur a été rajoutée en aléa moyen autour de la zone d'aléa fort.

On peut en déduire que les valeurs des abaques des angles d'influence pour les cuvettes d'affaissement dans les bassins houillers du Nord Pas-de-Calais, de Lorraine et de la Sarre peuvent être prises raisonnablement pour cartographier l'ensemble de l'aléa gaz de mine du gisement du Bois d'Asson.

La marge d'influence correspondant à la migration latérale possible des gaz a donc été calculée en chaque zone exploitée non ennoyée, selon le pendage des couches, la pente topographique et la profondeur des travaux.

Précisons que les angles d'influence amont (dû au pendage et/ou à la pente topographique) sont pris à la base des panneaux exploités jusqu'à la profondeur de 100 m. Au-delà, on estime, en effet, que la migration des gaz de mine est très limitée. L'angle d'influence aval (dû au pendage et/ou à la pente topographique) est pris à la partie supérieure des panneaux exploités (en incluant les panneaux supérieurs).

Compte tenu de la démarche assez sécuritaire de la détermination des angles d'influence de la migration de gaz de mine en surface, nous n'avons pas pris de marge d'incertitude sur les zones à risque d'émission de gaz de mine.

L'enveloppe correspondant à l'emprise des travaux est reportée 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 étudiée.

4.3.2 Ouvrages débouchant en surface

4.3.2.1 Puits

Le même type de calcul a été réalisé en prenant des angles amont et aval égaux à 35°. La marge d'influence n'étant variable qu'en fonction de la profondeur (différence entre la cote de surface et la cote 370).

Prenons l'exemple des deux principaux puits :

	Puits Neuf	Puits du Collet Rouge
Pente topographique	15°	15°
Profondeur du puits	30 m	4 m
Angle d'influence amont	35°	35°
Marge relative à l'angle d'influence	18 m	2,5 m
Angle d'influence aval	35°	35°
Marge relative à l'angle d'influence	19 m	2,5 m
Rayon du puits	3 m	2,5 m
Incertitude de localisation	10 m	10 m
Rayon global d'influence retenu pour l'aléa*	32 m	15 m

*Correspond à la somme de la marge relative à l'angle d'influence, du rayon du puits et de l'incertitude localisation.

Tableau 12 : Rayon d'influence retenu autour des deux puits principaux pour l'aléa émission de gaz de mine

Une marge d'incertitude de 10 m est prise pour le zonage de ces 2 puits. On considère, en effet, qu'ils ont été suffisamment bien géoréférencés. C'est le cas également de tous les orifices qui ont été traités en 1982 par la SOGEREM.

La marge de sécurité pour les autres puits traités est calculée de la même façon que pour le Puits Neuf et le Puits du Collet Rouge (en fonction de la profondeur et de la pente topographique).

Pour les autres puits ou cheminées (par exemple, le puits d'aéragé de 2 m de diamètre et non ennoyé sur environ 30 m de profondeur situé dans le ravin du Deffend (repère 50 sur la carte informative), on ne peut négliger la marge d'incertitude sur le positionnement qui est évaluée à 30 m par le BRGM. La marge de sécurité sera la somme de la marge due à la migration possible en surface des gaz et de la marge d'incertitude de positionnement. La marge adoptée s'établit comme un rayon, centré sur le puits et égal à 50 m.

4.3.2.2 Entrées de galeries

Pour **les entrées de galeries** (lignite et schiste bitumineux), traitées ou non, une marge globale de 50 m de rayon autour de l'orifice correspondra à la marge due à la migration possible en surface des gaz et à la marge d'incertitude de positionnement.

5. BIBLIOGRAPHIE

- [1] J. FELENC - Mines de lignite du Bois d'Asson, données informatives en vue de l'élaboration d'un PPRM – rapport provisoire référencé BRGM RP 53305 – août 2004.
- [2] J.-J. TRITSCH et T. DELAUNAY - Evaluation et cartographie des aléas mouvements de terrain sur le bassin minier de May-sur-Orne - Bassin ferrifère de Normandie - Communes de Maltot, Feuguerolles-Bully, Saint-André-sur-Orne, Saint-Martin-de-Fontenay, May-sur-Orne, Fontenay-le-Marmion, Rocquancourt et Saint-Aignan-de-Cramesnil (Calvados) - rapport référencé INERIS DRS-04-48514/R02 - 10 juin 2004.
- [3] J.-J. TRITSCH et T. DELAUNAY - Bassin ferrifère d'Anjou-Bretagne– Etude préliminaire à la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques Miniers sur les communes de Nyoiseau, Combrée, Noyant-la-Gravoyère et Bouillé-Ménard (Maine-et-Loire). Secteur dénommé Segré zone 1 – Phase informative et évaluation des aléas mouvements de terrain - rapport référencé INERIS DRS-04-42376/R03 – 25 mars 2004.
- [4] L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers (PPRM) - Guide méthodologique – rapport référencé INERIS DRS-04-51198/R01PROJET, en cours de validation, pour le MINEFI - 2004.
- [5] Z. POKRYSZKA - Echauffement dans la zone de l'ancienne mine de lignite du Bois d'Asson (04) – Résultat du suivi du phénomène en 2003 – rapport référencé INERIS DRS-04-50896/R01 – mars 2004.
- [6] Z. POKRYSZKA - Echauffement dans la zone de l'ancienne mine de lignite du Bois d'Asson (04) – Résultat du suivi du phénomène en 2002 – rapport référencé INERIS DRS-03-39383/R02 – janvier 2003.
- [7] Z. POKRYSZKA - Echauffement dans la zone de l'ancienne mine de lignite du Bois d'Asson (04) – Résultat du suivi du phénomène en 2001 – rapport référencé INERIS DRS-02-29896/R01 – janvier 2002.
- [8] Z. POKRYSZKA - Echauffement dans la zone de l'ancienne mine de lignite du Bois d'Asson (04) – Fermeture provisoire de l'orifice affecté et suivi du phénomène de février à novembre 2000 – rapport référencé INERIS DRS-01-25442/R02 – février 2001.
- [9] Z. POKRYSZKA - Echauffement dans la zone de l'ancienne mine de lignite du Bois d'Asson (04) – Analyse et premier diagnostique du phénomène - rapport référencé INERIS DRS-00-23761/R02 – janvier 2000.
- [10] X.L YAO, B.N. WHITTAKER and D.J. REDDISH - Non linear finite element analysis of surface subsidence arising from inclined seam extraction - Int J Rock Mech. Min. Sci and Geom. Abstract Vol. 30 n°4 – 1993.
- [11] S. LIN, B.N. WHITTAKER and D.J. REDDISH - Application of asymmetrical influence Functions for subsidence prediction of gently inclined seam extractions - Ed Elsevier, Amsterdam – 1992.
- [12] M.L. JEREMIC - Ground mechanics in hard rock mining - Balkema Publishers, A. A - 1987.
- [13] Synthèse générale des concessions de lignite SOGEREM, Bassin de Forcalquier son dossier photographique et ses plans– Société générale de recherches et d'exploitations minières et Pechiney – mars 1985.

- [14] Dossier photographique annexé à la synthèse– *Société générale de recherches et d'exploitations minières et Pechiney* – mars 1985.
- [15] R. SCHARZMANN – Mise en sécurité des anciennes mines de fer de Laissey (Doubs) - rapport référencé CERCHAR CTo-RSh/JS 84(1)-77 72-1304/1 – septembre 1984.
- [16] NCB - Subsidence Engineers Handbook - National Coal Board, London – 1975.
- [17] A. PROUST – Etude sur les affaissements miniers dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais – Revue de l'industrie Minérale (pp 513 à 546) – juin 1964.
- [18] A. PROUST – Etude sur les affaissements miniers dans le bassin du Nord et du Pas-de-Calais (suite) – Revue de l'industrie Minérale (pp 547 à 581) – juillet 1964.
- [19] Annales des Mines – Tome VII – 1905.
- [20] Annales des Mines – Tome X – 1886.