

**CONCESSION DE
SAINT-REMY-SUR-ORNE (14)
Synthèse de la phase informative
Evaluation et cartographie de l'aléa
« mouvement de terrain »**

DIFFUSION :

Pôle Après Mines Ouest	2 ex
Géodéris Ouest	1 ex
Géodéris National	1 ex
INERIS – L. Cauvin	1 ex

Réf : GEODERIS W2007/009DE – 06BNO2340

Date : 13/02/2007

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	T. DELAUNAY	J.P. JOSIEN	C. VACHETTE
Visa			

**CONCESSION DE
SAINT-REMY-SUR-ORNE (14)
Synthèse de la phase informative
Evaluation et cartographie de l'aléa
« mouvement de terrain »**

SOMMAIRE

<u>INTRODUCTION</u>	4
<u>1. CADRE ET OBJECTIF</u>	5
<u>1.1. La phase informative</u>	5
<u>1.2. La phase d'évaluation des aléas</u>	5
<u>2. SYNTHESE DES PRINCIPALES DONNEES SUR LE SECTEUR MINIER ET SON ENVIRONNEMENT</u>	6
<u>2.1. Concession minière</u>	7
<u>2.2. Géologie du gisement</u>	7
<u>2.3. Hydrogéologie et environnement</u>	8
2.3.1. Hydrogéologie	8
2.3.2. Aspects environnementaux	9
<u>2.4. Exploitation</u>	9
<u>2.5. Observations (cf. carte informative planche 1)</u>	12
2.5.1. Désordres liés à l'exploitation minière	12
2.5.2. Ouvrages débouchant au jour	12
<u>2.6. Topographie et occupation du sol</u>	13
<u>3. DEROULEMENT DES ETUDES ET DOCUMENTS PRODUITS</u>	13
<u>3.1. Aléas « mouvements de terrain »</u>	13
<u>3.2. Documents produits</u>	14
<u>4. PERTINENCE ET EVALUATION DES ALEAS SUR LA CONCESSION DE SAINT-REMY-SUR-ORNE</u>	14
<u>4.1. Risque et aléa</u>	14
<u>4.2. Aléas liés aux mouvements de terrain</u>	14
4.2.1. L'affaissement	15
4.2.2. L'effondrement localisé	17
4.2.3. Le tassement	20
4.2.4. L'écroulement	21
<u>5. ZONES A RISQUES RESIDUELS MOUVEMENT DE TERRAIN SUR LE SITE DE SAINT-REMY-SUR-ORNE</u>	21

Figures

Figure 1 : Carte de localisation de la concession de Saint-Rémy-sur-Orne6
 Figure 2 : Extrait de la carte géologique du BRGM.....7
 Figure 3 : Schéma en coupe de l'exploitation.....10
 Figure 4 : Taille chassante dans la couche carbonatée en plateure11
 Figure 5 : Taille montante dans la couche carbonatée en plateure.....12
 Figure 6 : Dissymétrie des angles d'influence amont et aval en gisement penté.....16
 Figure 7 : Schéma général d'une couronne ou pilier couronne en gisement penté.....18
 Figure 8 : Définition de l'emprise de l'aléa effondrement localisé sur chantiers peu profonds20
 Figure 9 : Définition de l'emprise de l'aléa effondrement localisé sur puits, montages et cheminées et sur galeries isolées20
 Figure 10 : Définition de l'emprise de l'aléa écoulement rocheux des fronts des minières.....21

Tableaux

[Tableau 1 : Liste des documents produits](#)14
[Tableau 2 : Affaissement - critères de pendage, taux de défrètement, et ouverture de la couche exploitée](#)17
[Tableau 3 : Niveau de l'aléa « effondrement localisé » sur la concession de Saint-Rémy-sur-Orne](#).....19

Photographies

Photographie 1 : Cuvette d'affaissement de Bray-en-Cinglais (Soumont) 15

Annexes

Annexe 1 : Rapport INERIS DRS-06-64788-R01

Planches

Planche 1 : Carte informative "mouvement de terrain" (1/2 500)

Planche 2 : Carte des aléas "mouvement de terrain " (1/2 500)

INTRODUCTION

A la demande de la DRIRE Basse-Normandie, par l'intermédiaire du Pôle Après-mine, GEODERIS a réalisé les phases informative et d'évaluation des aléas « mouvement de terrain » sur la concession ferrifère de Saint-Rémy-sur-Orne située dans le département du Calvados.

Ces phases constituent la première étape de la procédure d'analyse d'un site minier qui peut éventuellement conduire à la prescription d'un Plan de Prévention des Risques Miniers (PPRM). Le but de ces PPRM est d'identifier les secteurs les plus sensibles au développement de risques ou nuisances dans le long terme et d'établir des règles d'aménagement du territoire adaptées aux différentes contraintes liées à l'après-mine.

La réalisation d'un PPRM comprend généralement 4 phases successives qui se traduisent chacune par un ou plusieurs documents cartographiques :

- une phase informative,
- une phase d'évaluation des aléas,
- une phase d'appréciation des enjeux,
- une phase de zonage réglementaire avec le règlement associé.

Le décret n° 2000-547 du 16 juin 2000 précise, dans son article 2, disposition I, les aléas pris en compte : affaissements, effondrements, fontis, inondations, émanations de gaz dangereux, pollutions des sols ou des eaux, émissions de rayonnements ionisants. Cette liste n'est pas exhaustive et peut éventuellement être complétée.

La phase informative a pour principal objectif de collecter l'ensemble des informations disponibles. Elle se concrétise par la production de cartes informatives sur les différents aléas retenus.

La phase d'évaluation des aléas a pour objectif de localiser et de hiérarchiser en plusieurs niveaux les zones exposées à des phénomènes potentiels, sans tenir compte de l'occupation de la surface. Elle donne naissance à l'établissement d'une ou de plusieurs cartes qui localisent les zones d'aléas identifiées par la démarche d'évaluation.

Le présent rapport passe en revue l'ensemble des aléas potentiels liés aux anciennes mines de la concession de Saint-Rémy-Sur-Orne. Ce document constitue par ailleurs une synthèse des aléas "mouvement de terrain" avec production des cartes correspondantes.

1. CADRE ET OBJECTIF

Les Plans de Prévention des Risques Miniers (PPRM) ont été instaurés par la loi du 30 mars 1999. Le principal objectif des PPRM est d'assurer la sécurité des personnes et des biens en définissant des principes d'utilisation du sol dans les zones soumises à des aléas d'origine minière. C'est le décret n° 2000-547 du 16 juin 2000 qui assure la mise en application des PPRM, en précisant notamment la nature des risques pris en compte :

Les risques pris en compte, au titre de l'article 2 du décret n° 95-1089 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.

On notera que la mention, dans le décret, de l'adverbe « notamment » implique que la liste, quoique largement représentative des risques miniers, n'est pas strictement exhaustive.

Toute mine, arrêtée récemment ou abandonnée de très longue date, peut faire l'objet, quelle que soit sa situation administrative (exploitant identifié ou concession renoncée ou mine orpheline) de la prescription d'un PPRM.

Le bien fondé d'une telle prescription demeure évidemment conditionné à la justification d'un caractère prioritaire pour ce qui concerne la nature du risque, l'ampleur des conséquences prévisibles et la probabilité de sa survenue.

1.1. LA PHASE INFORMATIVE

La phase informative d'un PPRM a pour principal objectif de collecter l'ensemble des informations permettant une évaluation fiable des aléas. Elle exige une campagne d'investigation sur site (repérage des travaux miniers, recherche d'anciens désordres, enquête auprès des populations, ...) et une consultation attentive des archives d'exploitation ou de tout document susceptible de fournir des informations utiles à la caractérisation du contexte des ouvrages étudiés (géologie, hydrogéologie, méthodes d'exploitation...).

Cette phase de l'étude donne naissance à l'établissement de cartes informatives qui ont pour principale vocation d'étayer et de faciliter la compréhension des évaluations de l'aléa et secondairement d'informer et de sensibiliser la population aux risques et nuisances pressentis. Le recensement des anciens désordres ayant affecté le site par le passé (inondations, mouvements de terrain, pollutions...) permet notamment de justifier le bien fondé de la démarche de prévention entreprise.

1.2. LA PHASE D'ÉVALUATION DES ALÉAS

La phase d'évaluation des aléas a pour objectif de localiser et de hiérarchiser, en plusieurs niveaux, les zones exposées à des phénomènes potentiels, en fonction de leur intensité et de leur probabilité d'occurrence[®] prévisible. Cette évaluation n'intègre pas la nature de l'occupation de la surface. Elle transcrit, de manière objective, le potentiel de risque ou de nuisances que l'ancienne exploitation minière est susceptible d'engendrer, à terme, dans le secteur d'étude.

[®] ou, préférentiellement, de la prédisposition qu'une configuration de travaux miniers donnée puisse être affectée par un phénomène.

Cette phase requiert un niveau d'expertise technique élevé. Elle est, de fait, souvent confiée par le service instructeur à un organisme ou un bureau d'étude spécialisé dans le domaine concerné. La méthode d'évaluation adoptée doit être expliquée de manière aussi transparente que possible pour faciliter l'adhésion des futurs utilisateurs et des populations concernées.

Cette phase de l'étude donne naissance à l'établissement d'une ou de plusieurs cartes qui localisent les zones d'aléas identifiées par la démarche d'évaluation. Ces documents conditionnent, dans une large mesure, la définition du zonage réglementaire. Une attention toute particulière doit donc être apportée à leur caractère synthétique et aisément interprétable.

Pour les besoins de réalisation de ces cartes, sur des aléas reconnus pertinents mais pour lesquels il n'existe pas de mesures, des reconnaissances complémentaires (mesures in situ, prélèvements de déchets miniers, sols, sédiments et eaux pour analyses, ...) pourront être réalisées. Ces investigations doivent tenir compte du caractère saisonnier éventuel (hautes et basses eaux, tirage naturel, ...) voire évolutif de l'aléa.

2. SYNTHÈSE DES PRINCIPALES DONNÉES SUR LE SECTEUR MINIER ET SON ENVIRONNEMENT

La concession de Saint-Rémy-sur-Orne, d'une superficie de 750 ha, se situe en Basse-Normandie, dans le département du Calvados (Figure 1).

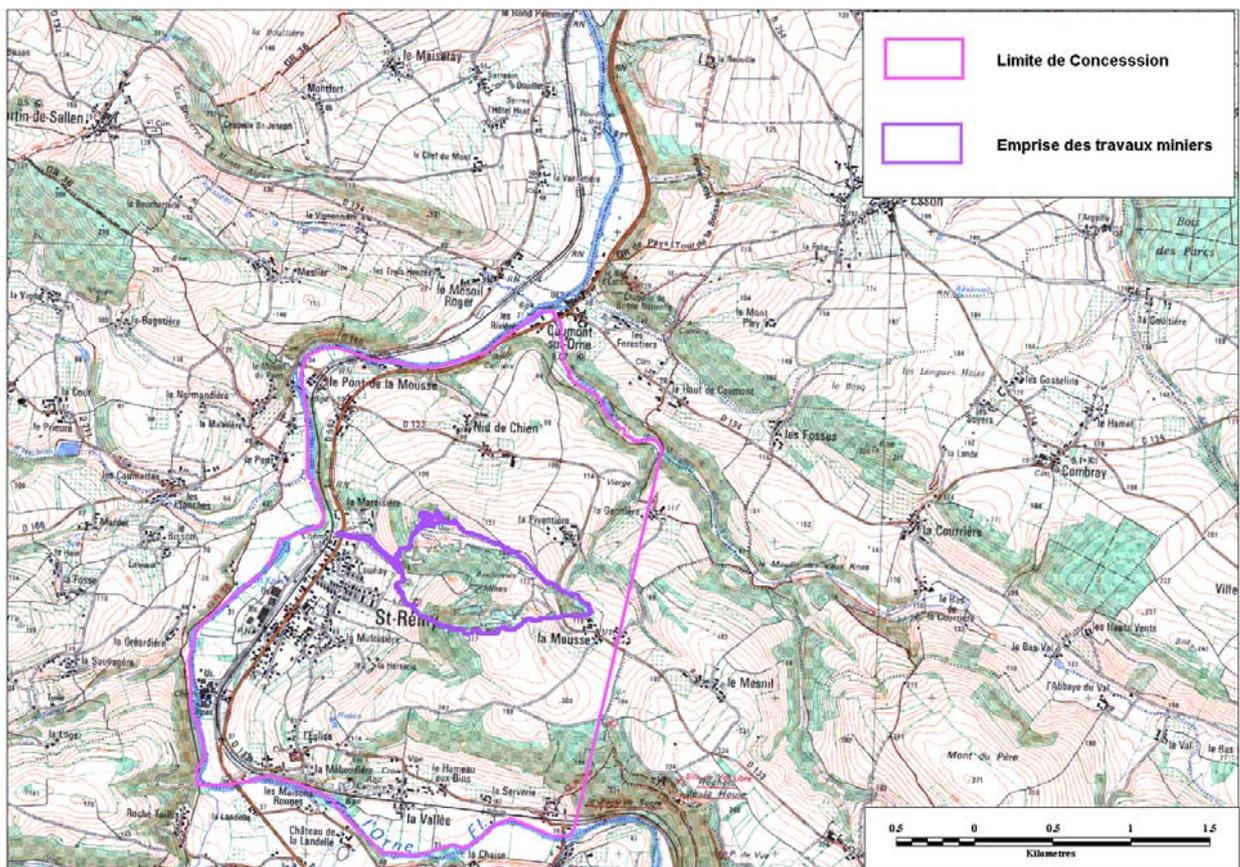


Figure 1 : Carte de localisation de la concession de Saint-Rémy-sur-Orne

De nombreux replis et failles directionnelles favorisent et multiplient les affleurements du minerai sur les deux flancs. L'allure très tourmentée de ce gisement donne des pendages très variables, allant de l'horizontale à la verticale.

La couche de minerai de fer, d'une puissance exploitable de 7 à 8 m, est située à la base des schistes d'Angers (occupant toute la dépression axiale du synclinal). Toutefois, contrairement à la plupart des gisements de fer de l'ouest, cette couche repose directement sur des quartzites cambriens qui remplacent ici les grès armoricains de l'Ordovicien. Par ailleurs, le bassin ne présente aucune couverture secondaire.

Le couche est constituée d'un banc d'hématite au mur d'environ 2,5 m de puissance et d'un banc de carbonate au-dessus, de 5 à 7 m d'épaisseur (figure 3). Le minerai hématisé, très riche en oxyde de fer (environ 53 %), fut la première couche exploitée. Il est considéré comme la « couche principale » en opposition à la « couche secondaire » qui surmonte l'hématite, constituée d'un minerai carbonaté moins riche. Cette couche ne fut d'ailleurs exploitée que dans un second temps (à partir de 1913).

2.3. HYDROGEOLOGIE ET ENVIRONNEMENT

2.3.1. HYDROGEOLOGIE

Le fonctionnement hydrogéologique local est relativement simple. Durant l'exploitation, les eaux étaient pompées depuis un albraque situé au niveau le plus bas de la mine, c'est-à-dire au niveau - 55 m puis rejetées par la galerie dite « Tunnel de l'Orne », seul exutoire du réservoir minier, en direction de l'Orne. A l'arrêt de l'exploitation, les travaux miniers ont été ennoyés jusqu'à la cote NGF + 47 m (dit « niveau 0 » correspondant au niveau du carreau de la mine) correspondant au niveau de l'Orne. Actuellement, les travaux miniers situés au-dessus de cette cote drainent les eaux de ruissellement de surface. L'écoulement de ces eaux est assuré par le Tunnel de l'Orne. Au niveau de la portion remblayée du tunnel (sous la route nationale n° 562), l'écoulement est repris, d'après Monsieur le Maire de Saint-Rémy, par une buse qui passe sous les remblais. A ce jour, l'écoulement des eaux est faiblement actif au niveau de la buse.

Par ailleurs, d'après le témoignage d'un riverain, un éboulement de cette galerie se serait produit au-delà des remblais. Dans l'hypothèse où une partie de la galerie se serait éboulée, les éboulis peuvent faire partiellement ou totalement barrage à l'écoulement des eaux drainées par la mine. Dans cette situation, il pourrait de produire :

- le remplissage du tunnel puis des résurgences par les travaux miniers supérieurs pouvant inonder les terrains en contre-bas de celles-ci ;
- une « vague » plus ou moins importante au niveau de la sortie du tunnel en cas de rupture des éboulis faisant barrage.

Ainsi, afin de confirmer le bon fonctionnement de l'actuel exhaure ainsi que la bonne ou la mauvaise tenue de la galerie, une visite de la galerie, suivant son accessibilité, devra être réalisée en basses eaux. **Ceci étant, le bon fonctionnement hydrique ne pourra être assuré sur le long terme que par le maintien en état du Tunnel de l'Orne.**

2.3.2. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

L'expérience acquise sur d'autres bassins miniers similaires (Soumont, May-Sur-Orne, la Ferrière-aux-Étangs, ...) minière permet de s'interroger sur les aspects environnementaux de type inondation (cf. § 2.3.1), émanation de gaz, pollutions des eaux et des sols. Cependant, en l'absence de données ou de mesures connues sur le site Saint-Rémy-sur-Orne, nous ne pouvons apprécier ces aspects que sur la base de cette expérience. Nous ne retiendrons ainsi que :

- le gisement de Saint-Rémy devrait être très faiblement producteur de gaz (éventuellement CO₂ ou CO, absence de méthane car gisement non houiller) ainsi que de radon¹ d'autant plus que la ventilation naturelle de la mine par les nombreux ouvrages ouverts et communiquant avec la surface empêche le piégeage des gaz ; gisement de Saint-Rémy devrait être très faiblement source de pollution des eaux et des sols (éventuellement des minéralisations des eaux) compte tenu que le minerai de fer et son encaissant proche ne peuvent présenter que des concentrations importantes en fer, manganèse et sulfates.

Remarque : Certains ouvrages de la mine non comblés ont fait l'objet de dépôts sauvages de déchets industriels entraînant entre 1974 et 1975 une importante pollution au phénol de l'Orne. Suite à cet évènement et afin d'y remédier, une décharge d'ordures ménagères contrôlée a été autorisée au SIVOM dans les minières les plus à l'est. Cependant, nous attirons l'attention sur d'éventuelles pollutions des eaux et des sols dans le cas où la mine serait une nouvelle fois utilisée en tant que décharge non contrôlée.

Il serait intéressant de valider les hypothèses émises sur la qualité de l'eau et la présence de radon par des mesures à réaliser lors de la visite du Tunnel de l'Orne prévue en basses eaux.

2.4. EXPLOITATION

Le minerai de fer, localisé à proximité du bourg de Saint-Rémy-sur-Orne, a sans doute été exploité depuis le XV^{ème} siècle probablement à l'affleurement. C'est dès 1875, date de l'institution de la concession de Saint-Rémy-sur-Orne, que l'exploitation a commencé de manière industrielle.

L'exploitation était divisée en deux secteurs distincts correspondant au deux versants du synclinal. Séparé par une faille, le quartier du Mont des Vêpres au sud (point bas à -33 m) était relevé par rapport à celui de Beaumont (point bas -49 m) (figure 3). Le gisement a été exploité depuis le niveau - 49 m jusqu'à + 150 m.

Un travers-bancs (Tunnel de Saint-Rémy) de 500 m de long permettait d'accéder à l'ensemble des galeries à partir du carreau de mine situé sur les bords de l'Orne. L'entrée de ce tunnel est le niveau de référence (niveau 0) d'où partent deux galeries rejoignant chacune un quartier d'exploitation. Les produits étaient évacués par des cheminées inclinées jusqu'au niveau 0.

Sur les deux flancs du synclinal, le minerai était extrait par le tunnel mais aussi par des galeries débouchant au jour aux étages 10, 15, 45 et 61 pour Beaumont et à l'étage 89 pour le Mont des Vêpres. Des bures et descenderies reliaient l'ensemble des niveaux tracés aux étages 0, 30, 61, 89, 110, 125, 140, 145, 150, pour le Mont de Vêpres et aux étages -50, -33, -14, 0, 10, 15, 29, 45, 59, 89, 107, 112, 120 pour Beaumont.

¹ Nous rappelons que la production du radon n'est pas du fait de la mine mais il peut être concentré dans les vides créés par l'exploitation souterraine.

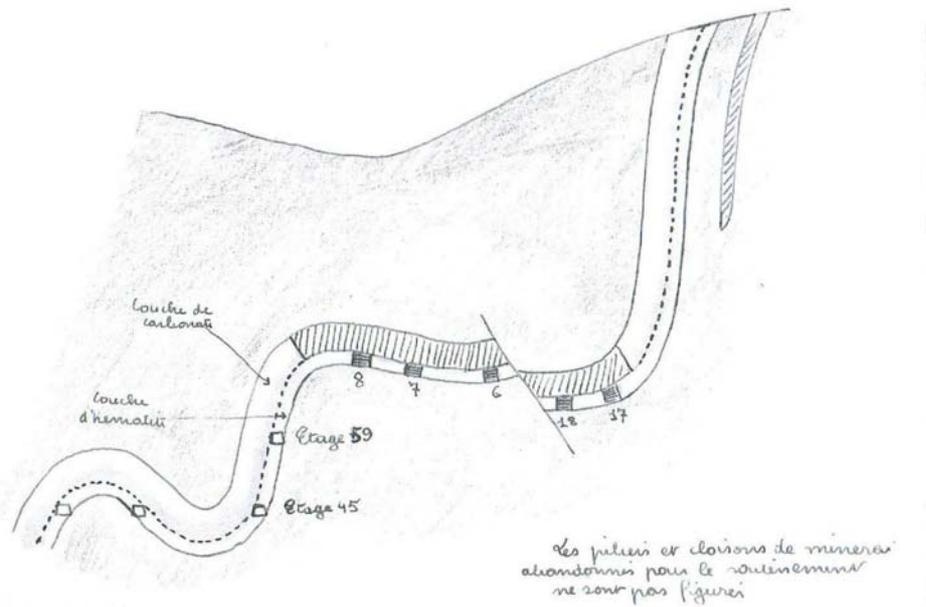


Figure 3 : Schéma en coupe de l'exploitation
(d'après procès-verbal de visite au fond, archives de la DRIRE Basse-Normandie)

L'extrême irrégularité du dépôt (pendage de 0 à 90°) a occasionné des méthodes d'exploitation très variées. De manière synthétique, trois phases d'exploitation se sont succédées.

La première phase fut l'exploitation souterraine du banc d'hématite. Lorsque le gisement se présentait en plateure, la méthode employée fut celle des petits « piliers abandonnés » avec un taux de défruitement voisin de 80 %. Lorsque le gisement était penté, l'exploitation a été menée essentiellement par « tailles chassantes » sur des relevées d'un maximum de 10 m pour une longueur de chambre de 70 m maximum. Pour cette méthode le défruitement était porté jusqu'à 90 %.

La deuxième phase fut l'exploitation souterraine du banc carbonaté. Le dépilage de cette couche a été effectué avec des méthodes adaptées à la prise préalable du banc d'hématite. Globalement, les quartiers étaient exploités soit par « tailles montantes », soit par « chambres magasins », soit par « tailles chassantes » (notamment pour les quartiers en plateure) aux dimensions variables suivant la méthode employée pour l'extraction de l'hématite (relevées de 20 à 70 m et des largeurs de 10 à 25 m – cf. figures 4 et 5). Un stot (ou intercalaire) d'une épaisseur moyenne de 2 m était, dans la majorité des cas, laissé au toit de la couche à hématite.

Carbonate - Taille chassante en plateau

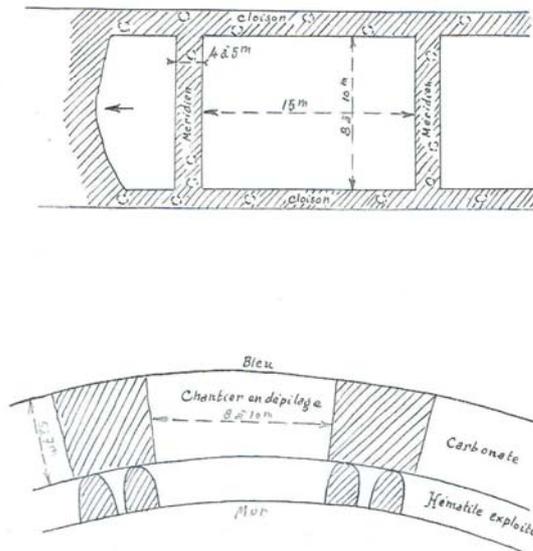


Figure 4 : Taille chassante dans la couche carbonatée en plateau
(d'après procès verbal de visite au fond, archives de la DRIRE Basse-Normandie)

La troisième phase fut l'exploitation à ciel ouvert. Les deux couches (hématite et carbonatée) ont été exploités aux niveaux des affleurements des deux flancs du synclinal. Mal connue, la méthode d'exploitation semble proche des techniques classiques d'abatage de carrière, laissant à ce jour des fronts de tailles allant de quelques mètres à 50 m de hauteur. De plus, pour faciliter son acheminement jusqu'au carreau, le minerai était déversé par des cheminées foncées jusqu'à la galerie de niveau 0. Compte tenu que l'exploitation souterraine a été menée jusqu'à proximité de la surface, l'exploitation à ciel ouvert a mis à jour une importante partie des travaux souterrains.

Par ailleurs, l'exploitation à ciel ouvert a produit une grande quantité de stériles. Ces matériaux ont été stockés sous la forme de verses, de faible hauteur (10 à 20 m) généralement adossées à un talus naturel ou à un ancien front d'exploitation et réparties sur tout le site. Ces verses contiennent les résidus de l'abatage du minerai, du toit et du mur de la couche mais sont essentiellement constituées de blocs décimétriques de schistes et grès primaires.

Carbonate - Methode par tailles montantes

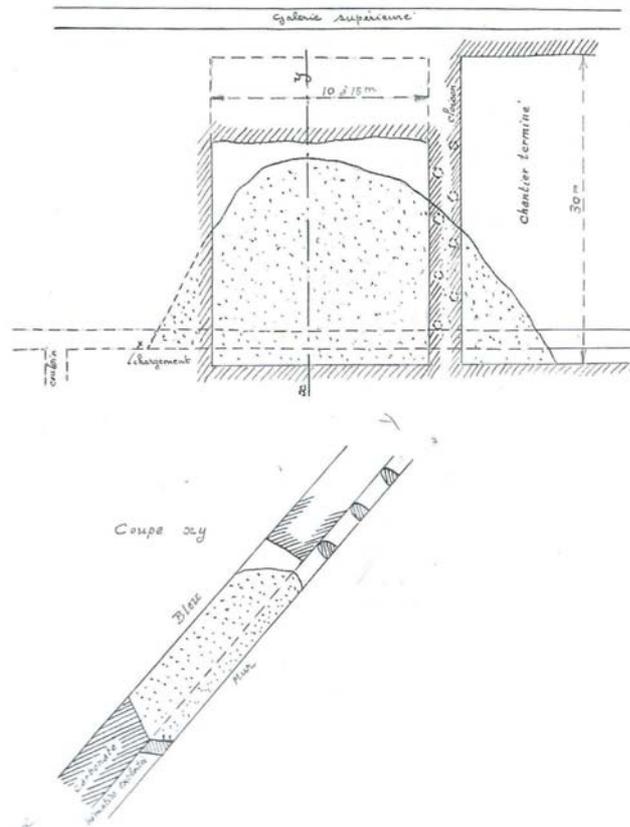


Figure 5 : Taille montante dans la couche carbonatée (d'après procès verbal de visite au fond, archives de la DRIRE Basse-Normandie)

2.5. OBSERVATIONS (CF. CARTE INFORMATIVE PLANCHE 1)

2.5.1. DESORDRES LIES A L'EXPLOITATION MINIERE

Sans exclure la possibilité d'un affaissement en surface, les principaux désordres observés sont de type effondrement localisé pouvant être localement d'étendue importante. Sur le site d'exploitation, onze effondrements localisés ou fontis ont été recensés. Leur diamètre varie de 3 à 10 m, exceptionnellement supérieur à 10 m (cas des effondrements dans le champ Potier de 50 m de diamètre en 2005).

2.5.2. OUVRAGES DEBOUCHANT AU JOUR

Les méthodes d'exploitation employées demandaient un important nombre d'ouvrages débouchant en surface. Au total, 106 orifices ont été répertoriés, comprenant :

- 52 entrées de galeries dont 11 ont été retrouvées ;
- 54 ouvrages verticaux (puits, trémies, cheminées, montages, ...) dont 8 ont été retrouvés.

Ces ouvrages présentent pour l'essentiel des sections n'excédant pas 2 m de largeur. Cependant, à la fermeture de la mine, très peu de travaux de mise en sécurité de ces ouvrages ont été conduits. En effet, on recense :

- comblement partiel du Tunnel de l'Orne sous la route nationale n°5 62 ;
- remblayage de deux accès à l'étage de la forge de Beaumont ;
- fermeture par murs de cinq autres ouvrages.

L'ensemble du site de la mine aurait, quant à lui, été clôturé en 1968 ainsi que certains orifices ou cônes d'effondrement. Cependant, il a été observé lors des visites de terrain que l'accessibilité au site est relativement aisée (clôtures en mauvais état ou inadaptées). **Il apparaît donc d'ores et déjà important de noter que les découvertes de l'exploitation à ciel ouvert, les désordres observés (effondrements localisés) et tous les accès aux travaux souterrains (cheminées ou galeries), dont la quasi totalité sont accessibles depuis la surface, confèrent une dangerosité au site de l'ancienne mine.**

2.6. TOPOGRAPHIE ET OCCUPATION DU SOL

Le site d'exploitation de la concession de Saint-Remy-sur-Orne est situé sur les flancs et au sommet du coteau à l'est du bourg de Saint-Rémy, limité à l'est au niveau du village de La Mousse. Epousant la topographie de surface, modelée par la géologie locale, l'altitude du site varie entre 75 m et 220 m. Les paysages sont pour moitié de type forestier et pour moitié de type agricole. **On notera la présence sur le site de deux maisons d'habitation, d'une ferme et des portions des routes départementales n° 562 (vers la sortie nord du bourg de Saint-Rémy) et n° 133.**

3. DEROULEMENT DES ETUDES ET DOCUMENTS PRODUITS

3.1. ALEAS « MOUVEMENTS DE TERRAIN »

L'étude des aléas « mouvements de terrain » s'est déroulée en 2005-2006. Elle a consisté dans un premier temps en la réalisation de la phase informative avec établissement des cartes informatives correspondant au calage de l'ensemble des travaux miniers par rapport à l'orthophotoplan de l'IGN et au recensement et au géoréférencement des ouvrages débouchant au jour, ainsi qu'au recensement des désordres liés aux mouvements de terrain. Cette phase informative a également permis de recueillir les informations relatives aux méthodes d'exploitation, aux travaux de fermeture des ouvrages débouchant au jour, aux ouvrages et dépôts connexes à l'exploitation.

Sur la base des données et observations précédentes, la phase d'évaluation des aléas « mouvements de terrain » a été réalisée dans un second temps courant 2006. Elle a consisté à identifier les phénomènes les plus pertinents, les configurations de travaux les plus défavorables, l'intensité potentielle des évènements.

La carte des aléas mouvement de terrain est présentée planche 2.

3.2. DOCUMENTS PRODUITS

La liste des documents produits est indiquée dans le tableau 1 suivant :

Date	Organisme émetteur et n° de rapport	Intitulé
Etudes préliminaires et Phase informative		
Juin 2005	BRGM RP-53993-FR	Concession des mines de fer de Saint-Remy-sur-Orne (14) – Cartographie Informative
Phase aléas		
Avril 2006	INERIS DRS-06-64788-R01 (joint en annexe 1)	Bassin ferrifère de Normandie – Evaluation et cartographie des aléas mouvements de terrain dans l’emprise de la concession de Saint-Remy-sur-Orne (14)

Tableau 1 : Liste des documents produits

4. PERTINENCE ET EVALUATION DES ALEAS SUR LA CONCESSION DE SAINT-REMY-SUR-ORNE

4.1. RISQUE ET ALEA

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

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 trouvent des enjeux de surface (habitation, infrastructure, aire de concentration de personnes...).

4.2. ALEAS LIES AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN

Le rapport de l’annexe 1 décrit plus précisément la pertinence et l’évaluation des aléas « mouvement de terrain ». Le présent chapitre s’attache à en proposer une synthèse.

Les aléas qui ont été retenus sur la concession de Saint-Rémy-sur-Orne sont ceux liés à des affaissements et/ou des effondrements localisés, en relation avec des travaux souterrains et ouvrages miniers débouchant à la surface, des tassements dus aux dépôts de surface, des glissements et écroulements rocheux consécutifs à la présence d’anciennes extractions à ciel ouvert.

L’absence d’évènements sur l’ensemble des bassins ferrifères de l’ouest de la France, la dissymétrie du recouvrement des travaux miniers souterrains liée au pendage de la couche, l’extension limitée des panneaux exploités à faible profondeur, l’absence de banc raide à proximité de la surface sont autant d’éléments qui ont permis d’écarter le phénomène d’effondrement généralisé (rupture brutale

du recouvrement au droit d'un quartier par ruine de ses piliers ou stots de maintien), tel que constaté sur certains gisements en plateaux lorrains ou certaines carrières souterraines.

4.2.1. L'AFFAISSEMENT

L'enquête historique et les données recueillies mentionnant en 1931 au moins un phénomène assimilable à un affaissement sur le bassin de Saint-Rémy-sur-Orne, la manifestation de désordres similaires sur le bassin minier de Soumont de structure géologique identique à celui de Saint-Rémy, ainsi que les résultats de l'étude de modélisation des gisements pentés, ont permis de retenir et d'évaluer l'**affaissement**.



Photographie 1 : Cuvette d'affaissement de Bray-en-Cinglais (Soumont)

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

Quand la profondeur d'exploitation devient importante, l'influence de l'angle aval se traduit généralement par une large extension de la cuvette d'affaissement mais, en contrepartie, par des amplitudes de pente des terrains et des déformations horizontales plus faibles. En revanche, du côté amont, l'angle d'influence est plus réduit, mais les déformations et les pentes augmentent sensiblement (figure 6).

Les phénomènes d'affaissement d'exploitations partielles (c'est-à-dire laissant des piliers ou des stots de maintien de l'édifice minier souterrain) telles qu'une partie des travaux de Saint-Rémy-sur-Orne, peuvent se produire plusieurs années ou décennies après la fermeture des travaux.

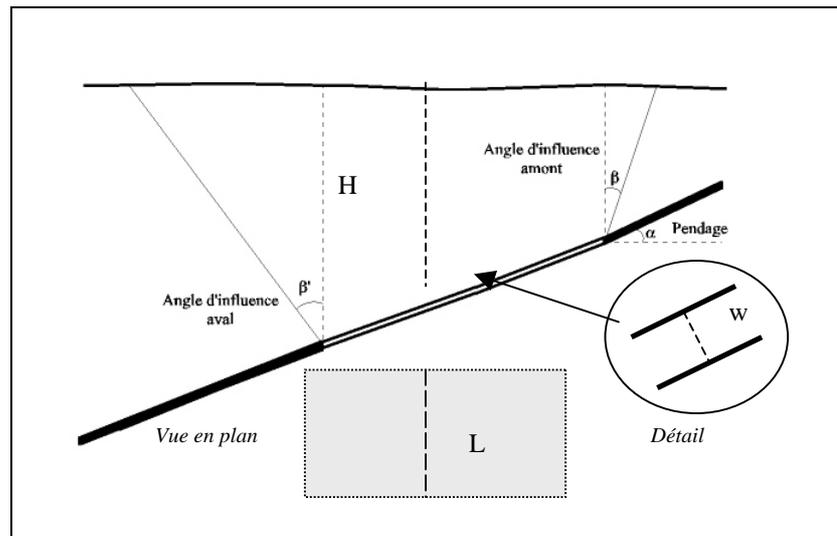


Figure 6 : Dissymétrie des angles d'influence amont et aval en gisement penté

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

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

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

Par ailleurs, une étude de stabilité des gisements ferrifères pentés, menée par modélisation numérique et sur la base d'une rétroanalyse de cas connus et documentés (Soumont, La Ferrière-aux-Etangs, etc.), a permis de comprendre le phénomène à l'origine de l'affaissement (rupture par cisaillement des bancs jusqu'en surface) et de définir les critères d'exploitation permettant son apparition².

Sur le bassin minier de Saint-Rémy-sur-Orne, l'aléa affaissement a été évalué d'un **niveau moyen** pour les configurations de travaux suivantes :

- couche non verticale ou non subverticale ;
- largeur L du panneau ou du quartier exploité supérieure ou égale à la profondeur moyenne (prise en milieu de panneau - H) de celui-ci ;
- profondeur d'exploitation au-delà de 50 m ;
- configurations de pendage, taux de défrètement et ouverture exploitée (w) de la couche, issues des résultats de la modélisation et résumées dans le tableau 2.

² V. Renaud (2003) : Contribution à l'analyse des conditions d'effondrement des gisements pentés des bassins ferrifères de Soumont, May-sur-Orne et Séggré (Calvados, Maine-et-Loire), rapport INERIS-DRS-03-50864/RN01 44p., 2003.
 GEODERIS W2007/009DE – 06BNO2340 Page 16 sur 22

Ce niveau se justifie en considérant :

- une **prédisposition faible à moyenne**, attribuée au cas par cas selon que le panneau ou quartier se situe dans ou en limite des critères de pertinence évoqués ci-dessus. De plus, les travaux miniers de Saint-Rémy (moyennement profonds et au fort taux d'exploitation) possèdent des configurations favorables au phénomène d'affaissement. Ceci tient compte également de l'existence signalée d'un phénomène d'affaissement qui se serait produit en 1931 bien que nous n'ayons que peu d'informations sur ce cas.

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

Tableau 2 : Affaissement - critères de pendage, taux de défrètement, et ouverture de la couche exploitée (en gras correspondent les configurations retenues pour la mine de Saint-Rémy-sur-Orne)

- une **intensité moyenne à forte**, en fonction des valeurs attendues de déformation et de mise en pente en surface, selon la profondeur, l'ouverture et le taux d'exploitation. Pour la mine de Saint-Rémy-sur-Orne, les déformations maximales et les mises en pente varient respectivement de 25 à 40 mm/m et de 8 à 13 %. Les valeurs les plus élevées correspondent aux secteurs de travaux compris entre 50 et 100 m de profondeur.

Compte tenu de ces résultats, **la zone centrale du bassin de Saint-Rémy-sur-Orne est soumise à l'aléa affaissement de niveau moyen.**

4.2.2. L'EFFONDREMENT LOCALISE

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

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

Ce type de phénomène est consécutif aux éboulements des chantiers peu profonds, par rupture de leur toit ou couronne (figure 7).

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

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

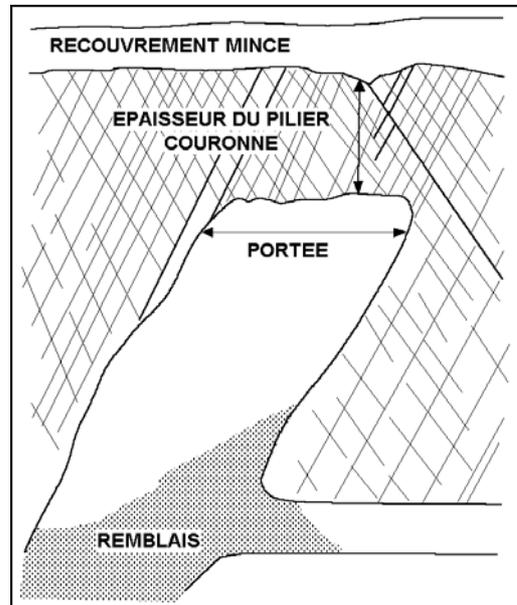


Figure 7 : Schéma général d'une « couronne » ou « pilier couronne » en gisement penté

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

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

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

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

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

- **résultats de l'étude d'aléa**

Sur la concession de Saint-Rémy-sur-Orne, l'aléa effondrement localisé est évalué, lorsqu'il est retenu, d'un **niveau moyen à fort**, selon les mécanismes initiateurs et les configurations de travaux ou de recouvrement. Les justifications sont très succinctement présentées dans le tableau 3 suivant. Nous invitons le lecteur à consulter l'annexe 1 pour plus de détail ou de précision.

Phénomène	Sites et configurations concernés	Intensité	Prédisposition ou éventualité	Aléa retenu
Rupture à l'aplomb de chantiers peu profonds	Tous sites	Moyenne à forte (quelques mètres à plus de 10 m de diamètre), d'après les observations des désordres et les configurations de travaux	Moyenne à faible , pour des travaux a priori déjà éboulés au fond situés jusqu'à 100 m de profondeur (cf. remarque suivante) Forte , pour des travaux non éboulés et situés jusqu'à 100 m de profondeur	Moyen à fort
Rupture de tête de puits, cheminées ou montages débouchant au jour	Tous sites	Faible à moyenne (quelques mètres à une dizaine de mètres) selon la section de l'ouvrage	Forte compte tenu de l'absence de mise en sécurité des 54 ouvrages répertoriés en phase informative	Fort
Eboulement du toit d'une galerie isolée*	Tunnel de l'Orne (TB de niveau 0)	Faible à moyenne (diamètre 3 à 10 m)	Faible (galeries isolées à moins de 30 m de profondeur)	Moyen (Faible sur la partie partiellement comblée du Tunnel de l'Orne sous la RD 562)
	Galerie d'accès à des travaux à ciel ouvert située au nord du site (en forêt)			

* n'ont été considérées comme galeries isolées, les galeries non superposées à des chantiers déjà en aléa effondrement localisé.

Tableau 3 : Niveau de l'aléa « effondrement localisé » sur la concession de Saint-Rémy-sur-Orne

Remarque : L'apparition en surface d'un effondrement localisé dont l'origine provient de travaux situés à 100 m de profondeur ne peut se faire que dans la continuité de travaux et de vides sus-jacents. La remontée d'un fontis de 100 m à travers le recouvrement rocheux est dans ce cas exclu.

- **zonage de l'aléa**

Ce zonage consiste à établir l'emprise cartographique de l'aléa (figures 8 et 9). Il est la conjonction d'une marge dite « d'incertitude » correspondant à l'erreur inhérente au tracé du plan de mine, et à l'incertitude de la projection de ce plan sur la surface en fonction du calage opéré. A Saint-Rémy-sur-Orne, cette marge a été évaluée entre **0 et 10 m** selon l'éloignement des travaux miniers à un ouvrage débouchant en surface parfaitement identifié et relevé au DGPS durant la phase informative. A cette marge d'incertitude s'ajoute la marge dite « d'influence » correspondant à la zone de surface pouvant être affectée par un phénomène si celui-ci se produit.

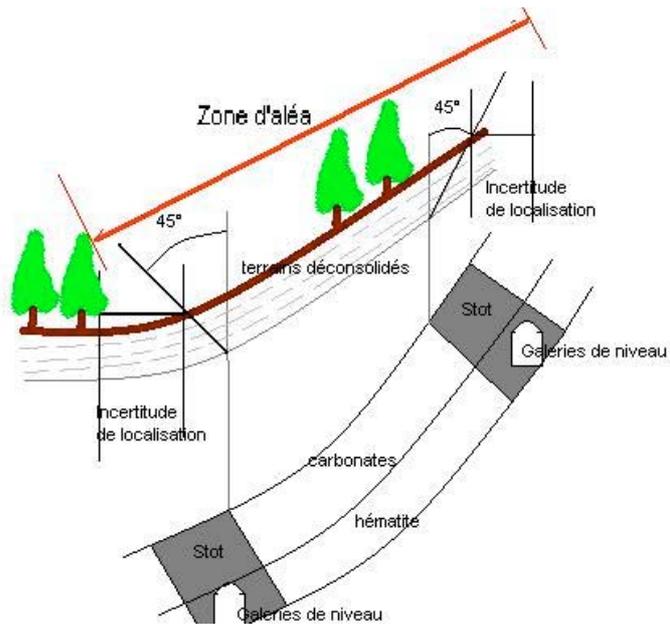


Figure 8 : Définition de l'emprise de l'aléa effondrement localisé sur chantiers peu profonds

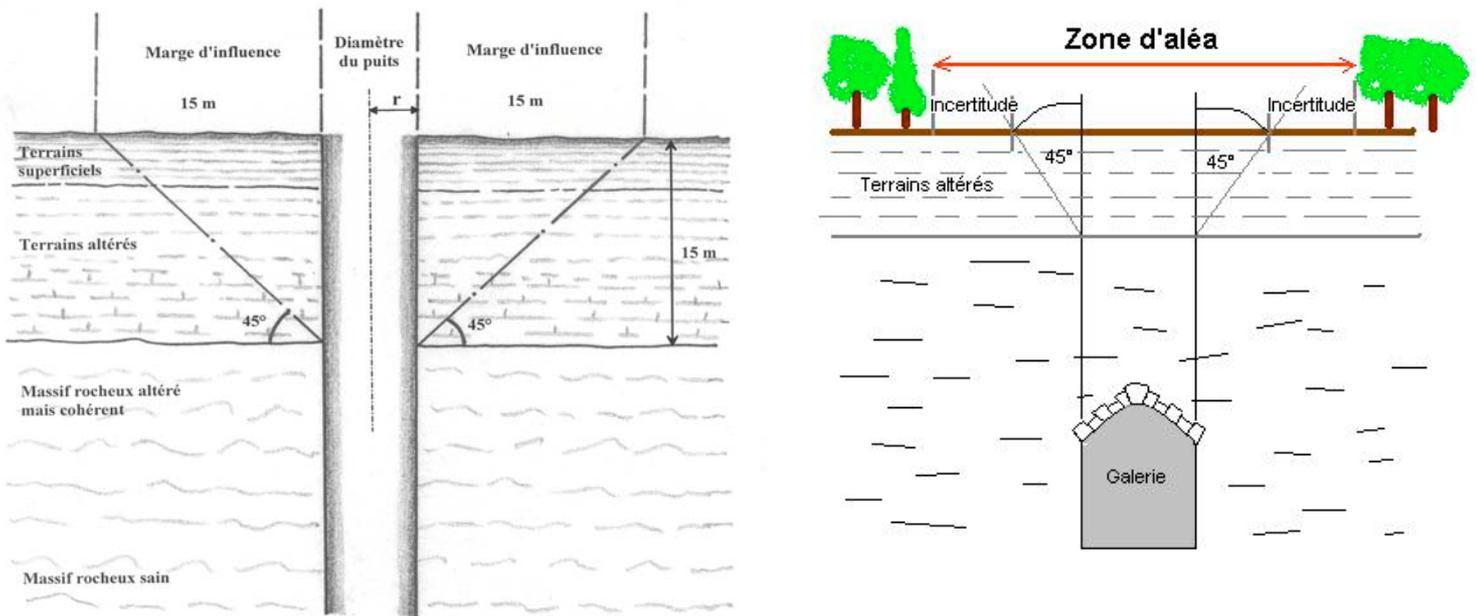


Figure 9 : Définition de l'emprise de l'aléa effondrement localisé sur puits, montages et cheminées (à gauche) et sur galeries isolées (à droite)

4.2.3. LE TASSEMENT

Le tassement est défini par un mouvement du sol par consolidation ou remaniement. Il a été retenu pour les secteurs de dépôts de stériles. Le phénomène ne pouvant générer que des mouvements de surface de faible amplitude, l'aléa a été considéré de **niveau faible**. A noter, qu'aucun aléa glissement n'a été retenu sur ces verses notamment compte tenu de leurs faibles pentes.

4.2.4. L'ÉCROULEMENT

L'éroulement est défini comme la mobilisation de fronts rocheux aériens. L'intensité d'un tel phénomène se mesure en fonction du volume mobilisable (de la pierre ou du bloc jusqu'à tout ou partie d'un parement rocheux), la prédisposition s'apprécie au travers de la fréquence des évènements recensés ou de l'état d'altération ou de fracturation de ces fronts (figure 10).

Dans le cas présent, cet aléa a été retenu sur le pourtour des anciens fronts d'exploitation à ciel ouvert dont la hauteur est globalement d'une dizaine de mètres mais peut atteindre localement 50 m. Le niveau retenu est **moyen**, notamment compte tenu des signes d'altération observés.

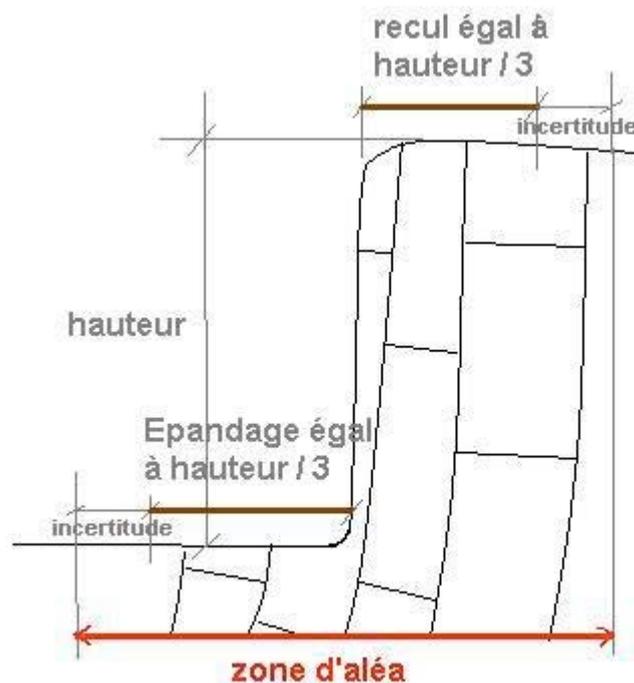


Figure 10 : Définition de l'emprise de l'aléa éroulement rocheux des fronts des minières

5. ZONES A RISQUES RESIDUELS MOUVEMENT DE TERRAIN SUR LE SITE DE SAINT-REMY-SUR-ORNE

L'examen de la carte des aléas « mouvement de terrain » de Saint-Rémy-sur-Orne permet de constater que la quasi totalité du site de Saint-Rémy sur Orne est soumis à des aléas de niveaux moyens à fort. Cependant, ces aléas sont majoritairement situés sur des zones boisées ou agricoles, à l'exception de :

- **deux maisons d'habitations et d'une ferme** situées dans l'emprise d'un aléa **effondrement localisé de niveau moyen** lié à la présence du Tunnel de l'Orne ;
- **une portion de la route départementale n° 562** (environ sur 10 m de longueur) située dans l'emprise d'un **aléa effondrement localisé de niveau faible** lié au Tunnel de l'Orne mais qui à cet endroit serait partiellement comblé ;

- **une portion de la route départementale n° 133** (environ sur 220 m de longueur) située en aléa **effondrement localisé de niveau fort** sur 175 m et de niveau moyen sur 45 m, lié à la présence de travaux miniers relativement importants et peu profonds. A noter que cette portion de route se situe également à cet endroit en aléa affaissement de niveau moyen.

Compte tenu de la vulnérabilité des enjeux de surface décrit ci dessus, l'aléa le plus préoccupant en terme de phénomène, à savoir l'effondrement localisé, constitue, dans la mesure où son niveau est jugé moyen à fort, un risque pour la sécurité publique. Cela traduit que l'événement futur peut être d'intensité importante, dommageable, et/ou qu'il y ait des chances qu'il se produise à court ou moyen terme, sans qu'il soit possible d'en évaluer la probabilité de survenance.

Nous rappelons que l'étude d'aléa mouvement de terrain sur une concession ou un bassin de risque de grande étendue s'opère uniquement sur base documentaire. Aller plus loin dans l'évaluation de l'aléa et du risque, très localement, à proximité de ces enjeux existants, nécessitera de procéder à une reconnaissance spécifique (sondages, auscultation) pour apprécier la géométrie et l'état des cavités peu profondes, et la qualité mécanique des terrains de recouvrement. Ce type de reconnaissance, dont les modalités seront précisées ultérieurement mais dont le nombre serait limité, sont recommandées dans le cas présent. Il est notamment prévu une visite du Tunnel de l'Orne en basses eaux, en fonction de son accessibilité. **Nous rappelons d'ailleurs que le fonctionnement hydrique a priori assuré actuellement par ce tunnel ne pourra être conservé sur le long terme que par son maintien en état.**

Cependant, nous attirons l'attention sur le risque corporel que présente le site de Saint-Rémy-sur-Orne. En effet, le grand nombre d'ouvrages miniers ouverts et non mis en sécurité, l'emprise importante de l'aléa « effondrement localisé » de niveau fort notamment liée à la très faible profondeur des travaux miniers ou encore les fronts de falaises de l'exploitation à ciel ouvert rendent ce site particulièrement dangereux pour les promeneurs. Il en est de même pour la portion de la route départementale n°133 soumise au même aléa. Compte tenu du peu d'enjeux (promeneurs, chasseurs, etc.), nous préconisons la mise en sécurité du site de manière passive par la pose ou la réfection des clôtures et l'installation d'une signalisation adéquate pour les zones les plus dangereuses.