

**ANNEXE 1**

*Rapport INERIS DRS-09-103984-08617A du 14 octobre 2009*

*Bassin ferrifère de Normandie  
Réévaluation de l'aléa, évaluation du risque et proposition de travaux de  
mise en sécurité au droit des travaux souterrains du flanc sud de la mine  
de Saint-Clair-de-Halouze (61)*

RAPPORT D'ÉTUDE  
DRS-09-103984-08617A

14/10/2009

### **Bassin ferrifère de Normandie**

Réévaluation de l'aléa, évaluation du risque et proposition de travaux de mise en sécurité au droit des travaux souterrains du flanc sud de la mine de Saint-Clair-de-Halouze (61)

**INERIS**

maîtriser le risque |  
pour un développement durable |

## Bassin ferrifère de Normandie

Réévaluation de l'aléa, évaluation du risque et proposition de travaux de mise en sécurité au droit des travaux souterrains du flanc sud de la mine de Saint-Clair-de-Halouze (61)

Direction des Risques du Sol et du Sous-sol

GEODERIS

## PREAMBULE

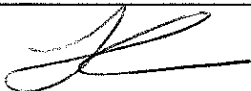
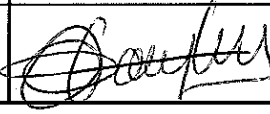
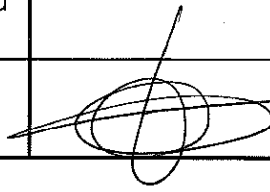
Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

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

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

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

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

	<b>Rédaction</b>	<b>Vérification</b>	<b>Approbation</b>
<b>NOM</b>	Laurent CAUVIN	Xavier DAUPLEY	Christophe DIDIER
<b>Qualité</b>	Ingénieur à l'unité Risques Géotechniques liés à l'Exploitation du Sous-sol de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol	Responsable de l'unité Risques Géotechniques liés à l'exploitation du sous-sol de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol	Directeur-Adjoint de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol
<b>Visa</b>			

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. CONTEXTE ET OBJECTIFS</b> .....	<b>5</b>
<b>2. ETAT DES CONNAISSANCES AVANT LES TRAVAUX DE RECONNAISSANCE</b> .....	<b>7</b>
2.1 Descriptif des zones exploitées en souterrain .....	7
2.1.1 Les puits et cheminées anciens.....	8
2.1.2 Les galeries et descenderies .....	9
2.2 Synthèse des connaissances sur la mine de halouze .....	9
<b>3. EVALUATION DES ALEAS DE 2007</b> .....	<b>10</b>
3.1 Effondrements localisés sur la mine de Halouze.....	10
3.2 Effondrements localisés par rupture du toit des chambres ou de piliers couronnes .....	11
3.2.1 Configurations d'exploitation.....	11
3.2.2 Intensité du phénomène .....	11
3.2.3 Facteurs de prédisposition.....	11
3.2.4 Evaluation de l'alea : « effondrement localisé ».....	11
3.2.5 Limites du zonage.....	12
3.3 Effondrements localisés de puits ou de montages .....	12
3.3.1 Etat des puits et montages .....	12
3.3.2 Evaluation de l'aléa.....	13
3.3.3 Limites du zonage.....	13
3.4 Cartographie 2007 de l'aléa .....	14
3.4.1 Secteur des cités .....	14
3.4.2 Secteur de la Bocagerie .....	15
<b>4. PHASE INFORMATIVE COMPLEMENTAIRE</b> .....	<b>17</b>
4.1 Détail du versement PASQUET .....	17
4.2 Valorisation des nouvelles données (partie ouest et centre).....	17
4.2.1 Repositionnement des plans du flanc sud .....	17
4.2.2 Données vectorisées .....	18
4.2.2.1 Repositionnement de l'affleurement. ....	18

4.2.2.2	Repositionnement des puits 2, puits à remblais, puits st remy, galerie de 40 et des cheminées dans les minières .....	18
4.2.3	Identification et localisation plus précise des méthodes d'exploitation du flanc sud .....	18
4.2.3.1	Méthodes d'exploitation.....	21
4.2.3.2	Cartographie des chambres magasins.....	23
4.3	Exploitations de la Bocagerie .....	24
4.4	Valorisation des données des sondages.....	26
4.4.1	Résultats de la reconnaissance complémentaire par sondages du secteur des cités .....	26
4.4.2	Caractérisation des terrains de recouvrement.....	29
4.4.3	Interprétation et localisation des vides.....	30
4.5	Nouvelle cartographie informative du flanc sud.....	33
<b>5.</b>	<b>NOUVELLE EVALUATION DE L'ALEA .....</b>	<b>35</b>
5.1	Secteur de la Bocagerie .....	35
5.1.1	Réévaluation de l'intensité et de la predisposition et de l'aléa .....	35
5.1.2	Zonage .....	36
5.1.3	Recommandations pour le secteur de la bocagerie.....	37
5.2	Secteur des cités.....	37
5.2.1	Intensité et predisposition et niveau de l'aléa effondrement localisé .....	37
5.2.2	Zonage .....	37
5.2.3	Recommandation sur le secteur des cités .....	39
5.3	Réévaluation globale des aléas du flanc sud .....	40
<b>6.</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>43</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>45</b>
<b>8.</b>	<b>LISTE DES ANNEXES .....</b>	<b>47</b>

## **1. CONTEXTE ET OBJECTIFS**

Dans son programme 2009, GEODERIS a planifié la réalisation d'une étude complémentaire visant à préciser l'aléa et le risque au droit de trois zones sous-minées à faible profondeur sur la commune de Saint-Clair-de-Halouze (cahier des charges GEODERIS W2008/098DE – 09BNO2410 du 18 décembre 2008).

Les cartes d'aléa "mouvements de terrain" établies par l'INERIS en 2007 pour le compte de GEODERIS ont en effet permis de mettre en évidence, sur l'exploitation de fer du synclinal, l'existence d'un aléa effondrement localisé (fontis) au droit de zones à enjeux.

GEODERIS a donc fait réaliser sur ces zones d'aléas à enjeux existants, des reconnaissances complémentaires afin de préciser et d'affiner l'évaluation de l'aléa.

Il s'agit :

- d'une première campagne de 7 sondages, en 2007 par CEBTP SOLEN, au lieu-dit les Cités suivie d'une campagne d'auscultation par FLODIM sur trois d'entre eux ;
- d'une deuxième campagne de 11 sondages destructifs de reconnaissance, en 2008 par CEBTP SOLEN, avec enregistrement des paramètres à l'aplomb de la route RD 225.

Ces travaux d'investigation ont fait l'objet des rapports suivants :

- compte-rendu de suivi des sondages de reconnaissance des galeries des anciennes mines de Saint-Rémy-sur-Orne et de Saint-Clair-de-Halouze (Calvados). Rapport DRS-07-92532-16318A du 29 novembre 2007 ;
- campagne sonar et laser-image de décembre 2007. Saint-Clair-de-Halouze et Saint-Rémy-sur-Orne. Rapport de Flodim ;
- compte rendu de suivi des sondages de reconnaissance des galeries minières de la Ferrière-aux-Etangs et de Saint-Clair-de-Halouze, rapport DRS-08-95816-04410A du 31 mars 2008 ;
- Rapports CEBTP SOLEN DLH 2.7-102.5 du 5 décembre 2007 et DLH 2.7-102.6 du 28 mars 2008.

Début 2009, GEODERIS a été informé d'un récent versement d'archives d'origine privée aux archives départementales de l'Orne (versement en janvier 2008) non connue lors de l'étude des aléas.

A la demande de GEODERIS, l'INERIS, lors d'une première consultation de ce fonds d'archives fait le 12 mars 2009 a montré l'intérêt d'une consultation plus en détail. Compte tenu de ce qui a été vu, ce versement d'archives devait permettre une bien meilleure estimation des niveaux d'aléa effondrements localisés du flanc sud de la mine, que ceux établis en 2007 compte tenu des données disponibles à l'époque.

On rappellera aussi qu'en janvier 2008, un effondrement localisé d'environ 20 m de diamètre est apparu dans le secteur du puits 1. Ces nouveaux documents devraient permettre de mieux comprendre cet événement.

Le présent rapport présente donc les résultats de la valorisation des données nouvelles acquises lors des recherches documentaires complémentaires ainsi que des sondages et auscultation associées :

Il présente en particulier :

- la valorisation du fonds d'archive Pasquet versé en janvier 2008 en vue de préciser les aléas du flanc sud de la mine de Halouze ;
- les modifications, le cas échéant, des zones d'aléa effondrements localisés dans le périmètre des enjeux concernés (niveau de l'aléa et/ou précision sur le calage fond-jour) ;
- l'évaluation des risques résiduels compte tenu des résultats des différentes investigations réalisées et proposition de travaux de mise en sécurité (ou de surveillance) sur les zones concernées.



## **2. ETAT DES CONNAISSANCES AVANT LES TRAVAUX DE RECONNAISSANCE**

La mine de Halouze a été étudiée par l'INERIS entre 2006 et 2007 afin d'en évaluer les aléas. Ce présent chapitre présente l'état des connaissances suite à cette étude.

### **2.1 DESCRIPTIF DES ZONES EXPLOITEES EN SOUTERRAIN**

- Le secteur de la Bocagerie :

Le secteur de la Bocagerie est l'un des plus anciens exploités sur la mine de Halouze. Les travaux étaient réalisés à partir de deux descenderies dont nous n'avons aucune information quant à leur section, pente ou longueur. Seule la localisation de leur débouché est bien connue. La méthode utilisée devait être celle des chambres magasins ou tailles chassantes avec piliers résiduels (méthodes utilisées à la même époque à La-Ferrière-aux-Etangs). Ces travaux sont situés entre 0 et 60 m de profondeur et ont une ouverture de 5 à 8 m

- Les travaux au-dessus de la galerie de 40 :

Ces travaux très anciens ont été réalisés depuis le début du siècle. Le seul plan connu en 2006 était un plan non daté mais probablement antérieur à 1939, date de mise en activité du puits 2, mentionnant déjà, en pointillés, l'existence de vieux travaux souterrains situés au-dessus de la galerie de 40.

Nous ne disposons pas d'informations sur l'existence de ce niveau de travaux sur la totalité de la longueur de la mine de Halouze. L'existence de vieilles cheminées au fond de minières sur la quasi-totalité de leur longueur permet d'admettre cependant comme très probable son existence.

- Les travaux du flanc sud :

Les travaux du flanc sud sont les plus anciens de la phase industrielle de l'exploitation. Ce flanc, très redressé voire déversé, a été exploité par la méthode des chambres magasins sur une ouverture de 5 à 8 m. Les travaux ont été menés de la base de la galerie de 40 jusqu'au fond du synclinal soit jusqu'à 180 m de profondeur, correspondant approximativement à la base du puits 1. Aucune information (plan de détail, coupe, PV de visites) n'a été retrouvée en 2007 quant à la dimension des stots de protection entre les différents étages.

L'extraction de la mine a eu lieu à partir de 3 puits :

- le puits 1, d'une profondeur de 180 m pour un diamètre de 3,50 m, desservait 5 étages ;
- le puits 2, d'une profondeur de 180 m et de même diamètre, qui dessert l'étage 180 ;

- le puits 1 bis, d'une profondeur de 365 m, de 4,5 m de diamètre et desservant les travaux à 6 étages.

La mine possédait un puits d'aérage principal d'une profondeur de 200 m situé au lieu-dit Le Rocher, ainsi qu'un puits à remblais dont les caractéristiques sont mal connues.

### 2.1.1 LES Puits ET CHEMINÉES ANCIENS

Deux puits ont été identifiés et approximativement localisés en 2007 :

- le puits Saint-Rémy, mentionné dès 1902 (PV) comme étant un ancien puits réutilisé mais dont les dimensions ne sont pas connues ;
- la cheminée de la Bocagerie qui a été remblayée sur une hauteur de 26 m. On peut raisonnablement en déduire que sa profondeur devait être de 26 m en référence à l'interprétation du plan ;

6 anciennes cheminées ont été approximativement localisées au fond des minières à l'ouest du centre aéré. En 2006, une cheminée ouverte a été observée de loin, du fait de la dangerosité du lieu, au niveau de la CA 7. La mise en sécurité de la CA 10 n'est réalisée que par des tôles recouvertes de terre.

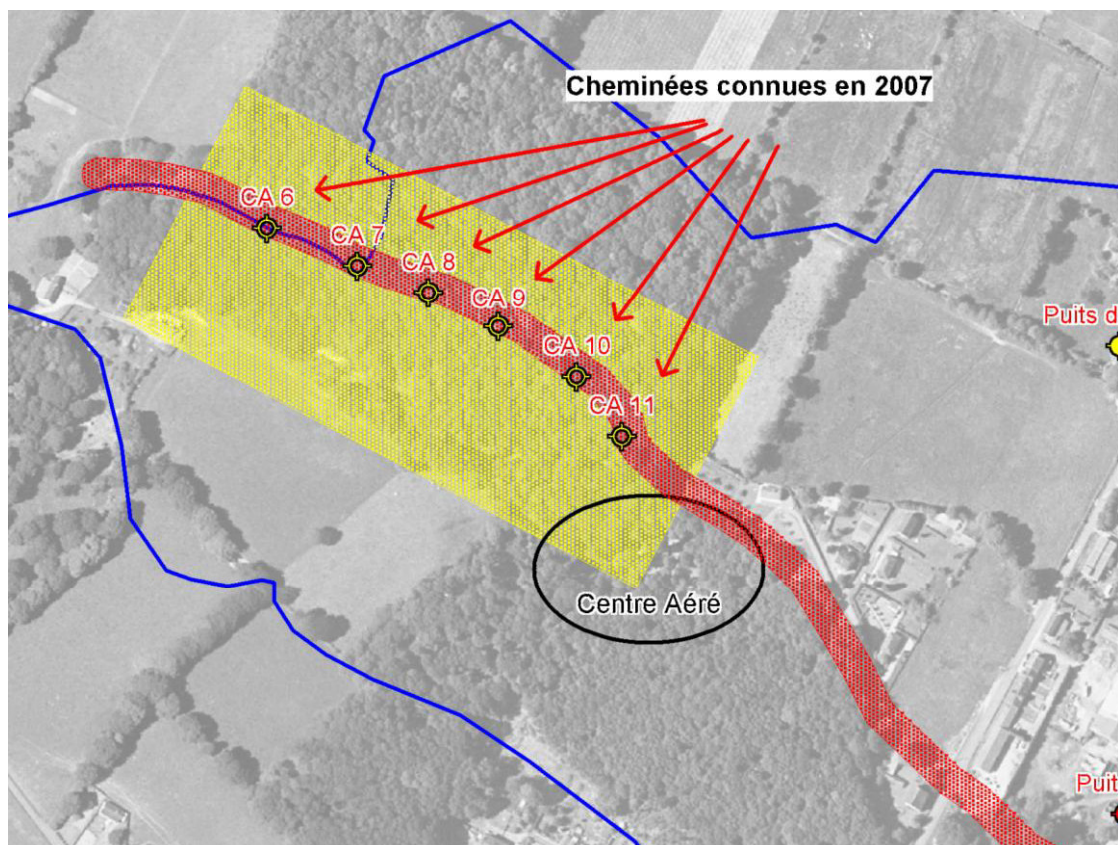


Figure 1 : localisation des cheminées identifiées en 2007

D'autres puits et cheminées existent ou doivent exister mais n'ont pas été localisés, en particulier au fond ou à proximité immédiate des minières. Certains ont été remblayés par USINOR en 1981. D'autres ont probablement été remblayés ou fermés depuis 1900.

Un grillage a d'ailleurs été posé, en 2008, par le DPSM tout le long de la mine afin d'éviter tout risque de chute dans les cheminées ouvertes.

### **2.1.2 LES GALERIES ET DESCENDERIES**

Il existe peu de galeries débouchant en surface sur le site de la mine de Halouze.

Après recherche dans les archives et sur le terrain, 4 ouvrages de ce type ont été identifiés :

- la galerie de 40, dont le débouché n'est plus visible. Sa localisation est par contre connue car une conduite d'eau d'exhaure y a été posée en 1981. Ses dimensions ne sont pas connues. Elle correspond à une des plus anciennes galeries connues sur le flanc sud du synclinal. Elle a été ouverte pour drainer les eaux des travaux réalisés au début du XX<sup>ème</sup> siècle au fond des affleurements dans le secteur du puits Saint-Rémy ;
- la dynamitière du carreau du puits 1bis : ce réseau de petites galeries correspond à l'ancien stockage des explosifs sur le carreau. Ces quelques galeries sont creusées dans le grès armoricain et débouchent de part et d'autre de la barre de grès. Ces galeries ont été visitées récemment par les membres d'une association locale mais sont normalement bouchées par un mur et une porte cadénacée ;
- les deux anciennes descenderies du carreau de la Bocagerie : ces deux galeries d'accès aux vieux travaux ne sont plus visibles sur le site mais leur localisation est bien connue. Nous n'avons aucune information sur leurs dimensions. Une d'entre elles a été retrouvée à la faveur de travaux sur la maison proche de leur localisation, il y a une dizaine d'années. Un camion a défoncé le toit d'une d'entre elle. Un ouvrage en brique était visible au fond du trou. Le vide a été comblé par le propriétaire. La trace de la deuxième descenderie est visible via une déclivité de terrain d'une cinquantaine de mètres de longueur.

## **2.2 SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR LA MINE DE HALOUZE**

La mine de Halouze a été exploitée en 4 phases de 1884 à 1978 :

- la première phase correspond aux vieux travaux souterrains sur tous les affleurements, à ciel ouvert (minières) ou en souterrain peu profond ;
- la seconde phase correspond aux travaux du secteur de la Bocagerie et du puits Saint-Rémy. Les travaux ont été réalisés à faible profondeur (de 0 à 60 m) suivant des schémas d'exploitation mal connus. Même si aucune donnée n'a été retrouvée dans les archives, les informations récoltées sur le

terrain montrent l'existence de tels travaux vers l'ouest du gisement, vers le centre aéré ;

- la troisième phase correspond aux travaux du flanc sud du synclinal (pendage de 70 à 90°) réalisés à partir des puits 1 et 2, jusqu'à 180 m de profondeur. La méthode employée était celle des chambres magasins. Ces travaux sont entièrement vides actuellement et leur sommet doit normalement correspondre à la base des travaux de la galerie de 40 ;
- la quatrième phase correspond aux travaux réalisés sur le flanc nord du synclinal (pendage de 0 à 40°). Ils ont été menés par la méthode des tailles montantes au pendage. Ces travaux sont entièrement vides et ennoyés actuellement. Ils ont été utilisés comme champignonnière entre 1978 et 1980.

Des travaux de mise en sécurité définitifs ont été réalisés à la fermeture de la mine entre 1981 et 1983. Les puits récents ont été complètement remblayés.

Par contre, il subsiste toutes les anciennes cheminées datant du début du XX<sup>ème</sup> siècle qui, elles, n'ont pas été mises en sécurité et présentent, pour certaines, un risque de réouverture.

Très peu de désordres ont été observés au droit des anciens travaux si ce n'est quelques effondrements localisés, au droit des minières sous lesquelles des travaux à très faible profondeur ont été réalisés. Certains de ces événements correspondent probablement à des débousses ou à des ruptures de planchers obstruant d'anciennes cheminées.

Aucun événement de grande ampleur (affaissements ou effondrements en masse) n'a été identifié sur le site en surface, ni même d'ailleurs d'éboulement important au fond. Le premier événement majeur n'apparaîtra finalement qu'en 2008, après la réalisation de l'étude.

### **3. EVALUATION DES ALEAS DE 2007**

#### **3.1 EFFONDREMENTS LOCALISES SUR LA MINE DE HALOUZE**

La mine de Halouze a été exploitée par plusieurs méthodes en fonction de la période.

Le flanc nord a été exploité entre 180 et 350 m de profondeur. Il ne peut donc pas être le siège d'effondrements localisés.

Seul, le flanc sud exploité jusqu'aux affleurements sera étudié dans cette partie du rapport.

## **3.2 EFFONDREMENTS LOCALISES PAR RUPTURE DU TOIT DES CHAMBRES OU DE PILIERS COURONNES**

### **3.2.1 CONFIGURATIONS D'EXPLOITATION**

Les secteurs menacés du risque d'effondrement localisé se situent à l'aplomb de tous les chantiers miniers proches de la surface. Les chantiers concernés correspondent à ceux exploités par tailles rabattantes et chambres montantes dont aucun, comme c'était le cas général pour ce type d'exploitation, n'a fait l'objet d'un traitement des vides pendant ou après l'exploitation. Ces chantiers sont principalement les vieux travaux réalisés au dessus de la galerie de 40.

Nous retenons ces travaux depuis l'affleurement (étendu à la largeur de la minière connue) jusqu'à 50 m de profondeur. Les cas d'effondrements localisés, connus à Halouze, se situent tous dans cette gamme de profondeur. Aucun effondrement n'a été constaté à l'aplomb de travaux plus profonds.

### **3.2.2 INTENSITE DU PHENOMENE**

La rétroanalyse, effectuée dans le cadre de la phase informative, a permis de caractériser l'importance de ce type de phénomène. Les diamètres des fontis apparus au jour, de 2 à 3 m, pour 3 des 4 cas où leurs dimensions sont connues, permettent de qualifier l'intensité du phénomène comme étant **modérée**.

### **3.2.3 FACTEURS DE PREDISPOSITION**

Tous les désordres de type effondrement localisé, par rupture du toit ou des piliers, sont apparus à l'aplomb des travaux les plus anciens aux dimensions mal connues. Cette configuration de travaux constitue le facteur de prédisposition principal pour que puisse s'initier un mécanisme de rupture et la progression dans le recouvrement d'une cloche de fontis.

Les conditions d'apparition au jour d'un fontis sont augmentées par le fait qu'il n'y a pas de banc résistant dans le recouvrement susceptible de stopper la progression d'une cloche d'éboulement. Les terrains de recouvrement sont constitués uniquement de schistes de résistance mécanique peu élevée lorsqu'ils sont altérés, ce qui est généralement le cas près de la surface. On peut d'ailleurs penser que la compétence mécanique des terrains à proximité des minières, et a fortiori sous celles-ci, est diminuée du fait de l'infiltration préférentielle des eaux.

En fonction de ces facteurs et de la densité des désordres observés, les secteurs menacés sont qualifiés de **sensible** à l'apparition au jour de fontis.

### **3.2.4 EVALUATION DE L'ALEA : « EFFONDREMENT LOCALISE »**

Les secteurs identifiés sont potentiellement exposés au phénomène d'effondrement localisé par rupture du toit des chambres et/ou de piliers. Ils sont classés **en aléa moyen**. Il s'agit des zones à l'aplomb des travaux exploités au dessus de la galerie de 40 à moins de 50 m de profondeur. Elle s'étend sur toute la longueur de la mine industrielle.

Tous les autres secteurs sous-minés par les anciennes exploitations minières plus profondes sont considérés en aléa négligeable et ne sont pas, de ce fait, retenus.

Pour mémoire, de très vieux travaux ont été réalisés à partir des minières depuis le Moyen Age. Des documents retrouvés lors de la phase informative montrent que lorsque que le filon n'était pas suffisamment épais, l'extraction se faisait via des galeries au fond des minières.

Ces travaux, de faible importance, situés à très faible profondeur dans les minières ont donc été affectés systématiquement d'un niveau d'aléa **faible** dès lors qu'aucun plan n'indiquait de travaux plus récents en dessous, à moins de 50 m de profondeur.

### 3.2.5 LIMITES DU ZONAGE

On considère qu'un fontis peut se développer par rupture du toit à partir d'une profondeur inférieure à 50 m. Il peut progresser de manière sensiblement verticale jusqu'à la surface en prenant par « talutage » des bords une forme d'entonnoir.

La « marge de sécurité » intègre les deux notions de « marge d'influence » qui matérialise la largeur potentielle de la zone d'effondrement et de « marge d'incertitude » qui matérialise les incertitudes cartographiques dues aux levés et assemblage des plans ainsi qu'au report fond – surface des plans d'exploitation.

La *marge d'influence* a été déterminée en considérant un angle de talus naturel moyen de 45° tracé à partir de la zone d'altération superficielle, **estimée à 10 m de** profondeur.

La marge de sécurité a été prise égale au minimum à 10 m à l'aplomb de la bordure aval des travaux situés à 50 m de profondeur et à 10 m au minimum à l'amont.

Les minières étant généralement bien limitées au sud par la barre de grès armoricain cette formation a été considérée comme bloquant la remontée verticale d'un éventuel fontis. Le zonage est donc systématiquement écrêté au sud sur cette formation.

## 3.3 EFFONDREMENTS LOCALISES DE PUIITS OU DE MONTAGES

### 3.3.1 ETAT DES PUIITS ET MONTAGES

L'inventaire des puits et montages, synthétisés dans le rapport de la phase informative de 2007, révèle que ceux-ci ont connu des modes de fermeture très différents :

- les puits 1, 1bis, 2, puits d'aération et puits à remblais, ouvrages principaux de l'exploitation (de 3 à 5 m de diamètre), profonds de 180 à 350 m, ont été remblayés. Par contre les recettes n'ont pas été obturées par de serremments avant remblayage ;

- les anciens puits et montages retrouvés ou non au fond des minières ont été soit remblayés par des fines soit simplement recouverts par des rails et des tôles. Ces ouvrages sont de section plus faible et aboutissaient généralement en tête de chambre.

### 3.3.2 ÉVALUATION DE L'ALEA

Les modes de fermeture mis en œuvre sur les ouvrages débouchant en surface, de type puits ou montage, ne permettent pas de garantir leur stabilité à long terme :

- concernant les puits 1, 1bis, 2, puits d'aérage et puits à remblais, la simple mise en place de remblais sans obturation préalable des recettes ne garantit pas contre le risque de débouillage de la colonne du puits. Pour ces ouvrages de grande profondeur, l'intensité du phénomène sera modérée. Ces ouvrages présentent une prédisposition **sensible** à l'apparition de phénomènes de type effondrement localisé, compte tenu de la nature des terrains encaissants et de leur mode de traitement non pérenne ;
- les anciennes cheminées d'extraction situées au fond des minières ne sont pas mises en sécurité. L'intensité du phénomène redouté peut être jugée modérée à limitée (effondrement localisé de plusieurs mètres de diamètre et à caractère spontané) pour tous les puits et montages. Ces ouvrages présentent une prédisposition **sensible à très sensible** à l'apparition de phénomènes de type effondrement localisé, compte tenu de la nature des terrains encaissants et de leur absence de mise en sécurité.

Ceci a conduit à classer, en aléa **moyen**, tous les ouvrages débouchant en surface qu'ils soient retrouvés ou non, remblayés ou non sur la mine de Halouze.

### 3.3.3 LIMITES DU ZONAGE

On a admis en 2007 une profondeur de l'ordre de 10 m comme épaisseur des terrains déconsolidés (valeur justifiée dans le cas des fontis). L'angle de cône moyen (angle d'influence) de l'effondrement est estimé à 45° (constaté également sur les cas de fontis).

Considérant un recouvrement constitué de 10 m de terrains déconsolidés, la zone « d'effet » potentiel (limite des effets possibles en surface autour du centre de l'ouvrage) forme ainsi un rayon « d'effet » égal à  $R = r + 10$  m ( $r$  est le rayon du puits compris entre 1,5 et 2,2 m, les 10 m correspondant à la marge d'influence). Pour les ouvrages bien géoréférencés, on a négligé l'incertitude de positionnement et négligé, de ce fait, la marge d'incertitude. Pour les autres puits ou montages, non retrouvés mais dont le calage des plans miniers a permis de les situer à quelques mètres près, en plus de la marge d'influence de 10 m, une marge d'incertitude de positionnement égale à 10 m a été ajoutée.

### 3.4 CARTOGRAPHIE 2007 DE L'ALEA

#### 3.4.1 SECTEUR DES CITES

La figure 2 rappelle l'emprise de la zone d'aléa dans le secteur des Cités, la figure 3, de l'aléa au droit de la RD225.

Pour mémoire, l'emprise de la zone a été tracée à partir de l'axe de l'affleurement supposé. La largeur de la minière a été considérée de 10 à 20 m. La marge d'incertitude sur la localisation de celle ci a été prise égale à 10 m. La marge d'influence a elle aussi était considérée égale à 10 m du fait des paramètres suivants : 10 m de formation altérée talutant à 45°.

Compte tenu de la nature très compétente des grès encaissants (en particulier des Grès Armoricaains et des observations sur le terrain, la zone d'aléa a été tracée sur une largeur de 40 m uniquement.

L'emprise de la zone d'aléa liée aux ouvrages a été augmentée de l'incertitude de positionnement.

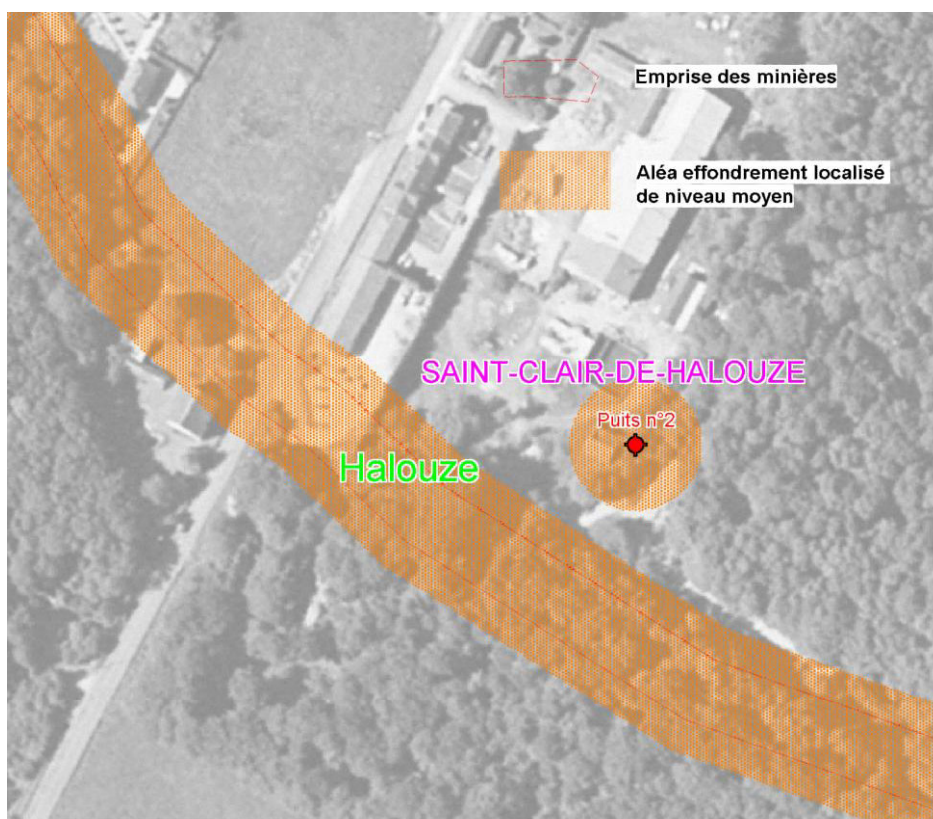


Figure 2 : cartographie de l'aléa effondrement localisé de 2007, secteur des cités



### 3.4.2 SECTEUR DE LA BOCAGERIE

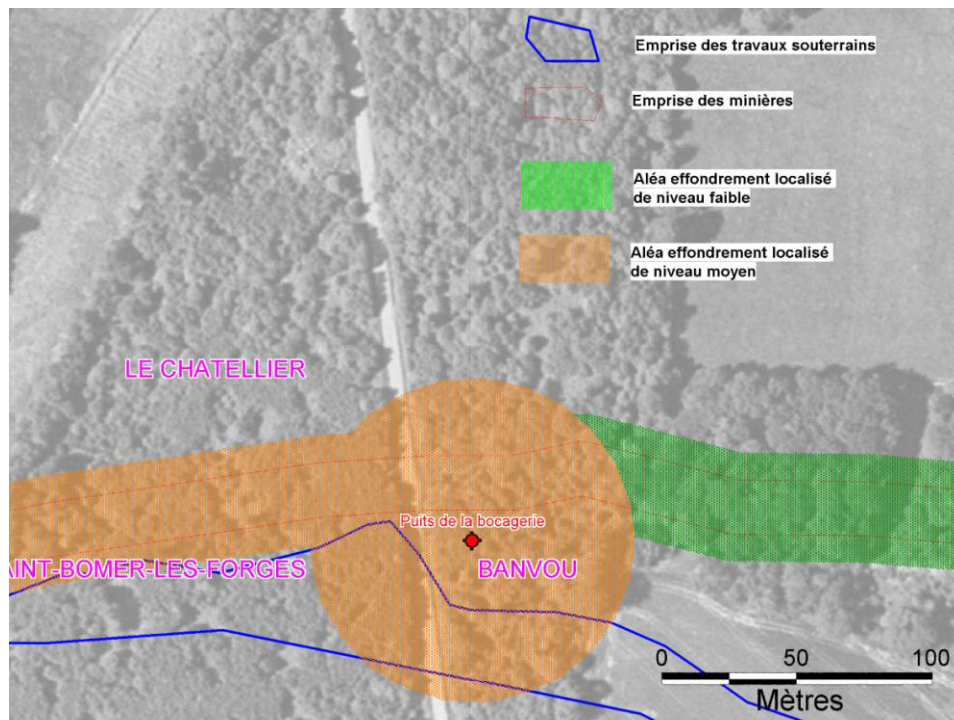


Figure 3 : cartographie de l'aléa effondrement localisé de 2007, secteur de la RD 225, en rouge, localisation approximative des anciennes minières



## **4. PHASE INFORMATIVE COMPLEMENTAIRE**

### **4.1 DETAIL DU VERSEMENT PASQUET**

Le fond d'archives de la mine de Saint-Clair-de-Halouze, a été remis en don aux Archives Départementales de l'Orne en janvier 2008 par Mme Pasquet. Il est constitué de documents d'archives sauvés de la destruction par son mari, André Pasquet, ancien technicien de la mine et auteur de recherches sur l'histoire de ce site minier.

Ce fond dont GEODERIS n'a eu connaissance que début 2009, par l'intermédiaire de passionnés d'histoire locale, constitue dorénavant la plus importante source d'informations disponible hormis les données du dossier d'arrêt des travaux archivé à la DRIRE de Basse-Normandie.

La consultation des archives a été grandement facilitée du fait d'une très bonne collaboration de M. Jean-Claude Martin, conservateur aux Archives Départementales de L'Orne qui a autorisé l'accès aux documents non encore référencés donc normalement non consultables.

De manière plus détaillée, ce fond représente plus de 20 mètres linéaires d'archives divisées en 183 références.

Les 75 premières références sont principalement constituées de documents manuscrits, de registres, rapports, schémas et extraits de plans.

La 76<sup>ième</sup> contient des plaques photographiques en verre illustrant le puits Saint-Rémy et les ouvrages de la Bocagerie. A noter que dorénavant, ces plaques ne seront plus accessibles au public, seule une copie photo papier sera consultable.

Les 107 autres sont des plans de différents formats et différentes époques.

Le principal apport de ce fond documentaire concerne les travaux du flanc sud du synclinal. Ces archives contiennent ainsi plusieurs écrits et plans produits entre 1905 et 1924, période d'exploitation à faible profondeur, réalisée au niveau 36-40, à partir de la Bocagerie, du puits 1 et du puits 2.

Ces documents ont été valorisés dans la suite du rapport en deux sous chapitres :

- le premier ne concerne que les travaux du flanc sud rattachés aux puits 1 et 2 (partie ouest et centrale du gisement) ;
- le deuxième, que la Bocagerie (partie est du gisement).

### **4.2 VALORISATION DES NOUVELLES DONNEES (PARTIE OUEST ET CENTRE)**

#### **4.2.1 REPOSITIONNEMENT DES PLANS DU FLANC SUD**

Le fond Pasquet contient plusieurs plans au 1/1000<sup>ème</sup> décrivant les travaux du flanc sud de la mine. Ces plans ont été photographiés directement dans la réserve des Archives Départementales de l'Orne. Ils n'ont pu être scannés à l'extérieur, ces documents n'étant pas encore accessibles officiellement au public.

Ces plans ont été géoréférencés sous Mapinfo afin de compléter le SIG constitué en 2006. Ces plans permettent de localiser toutes les galeries de niveau du flanc sud et les cheminées à remblais. Une coupe permet d'identifier le mode d'exploitation de chacune des chambres d'extraction.

Ces plans ont été géoréférencés à l'aide de points d'amer connus, ou de points GPS. La précision du calage des plans est localement très bonne (moins de 5 m). De manière globale la précision est estimée à 10 m au droit des travaux du flanc sud.

## 4.2.2 DONNEES VECTORISEES

### 4.2.2.1 REPOSITIONNEMENT DE L'AFFLEUREMENT.

A partir des nouveaux plans géoréférencés, la position de l'affleurement a pu être mieux localisée. Un nouveau tracé a été proposé dans le SIG fourni en annexe sur CD ROM.

### 4.2.2.2 REPOSITIONNEMENT DES PUIITS 2, PUIITS A REMBLAIS, PUIITS ST REMY, GALERIE DE 40 ET DES CHEMINEES DANS LES MINIERES

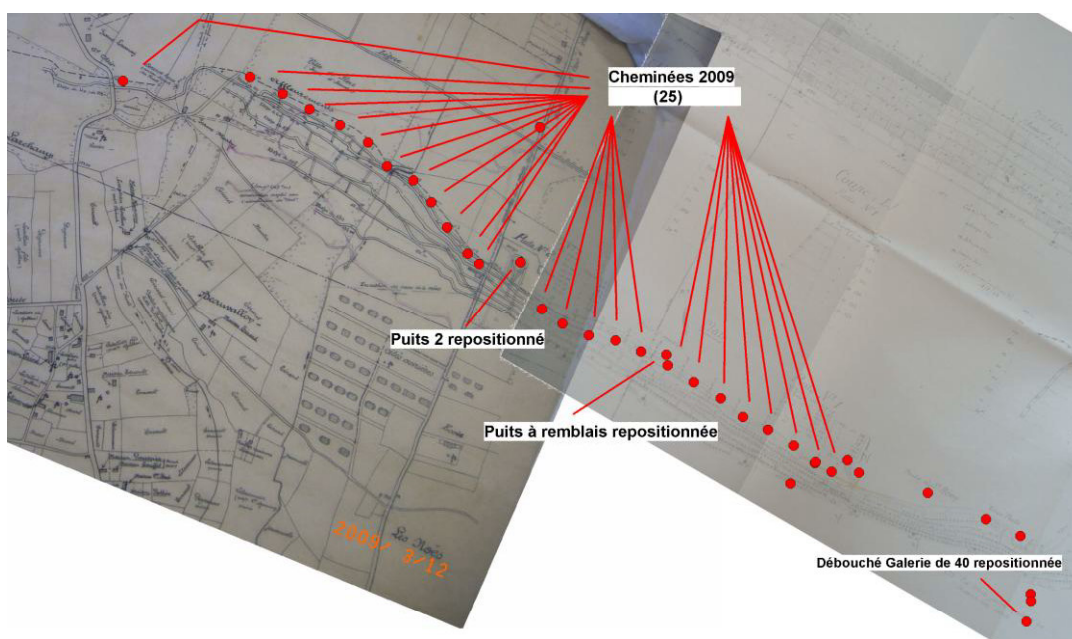


Figure 4 : extrait du SIG montrant la localisation des 24 cheminées identifiées lors de la phase informative complémentaire (plan de 1935)

## 4.2.3 IDENTIFICATION ET LOCALISATION PLUS PRECISE DES METHODES D'EXPLOITATION DU FLANC SUD

Une des grandes inconnues résultant de l'étude de 2007 était la manière dont le flanc sud du synclinal a été exploitée. Il n'avait en effet pas été retrouvé de données antérieures aux années 30.

Le fond Pasquet contient en particulier deux documents synthétiques datant de 1907 et 1910 ainsi que trois plans de 1917, 1928 et 1932 détaillant précisément l'évolution des travaux du flanc sud.

A titre d'information, le plan de 1917 contient une coupe passant exactement à l'aplomb du fontis de janvier 2008.

L'analyse en détail de cette coupe met en évidence une incohérence entre ce document et le plan général de 1924.

En effet, au niveau de la maison du garde, le plan de 1917, montre la présence de figurés qui laissent à penser que les travaux de ce chantier ont été réalisés en chambres magasins alors qu'en 1924, le figuré indique une chambre remblayée.

La chambre a donc peut-être été remblayée entre temps afin de garantir la stabilité dans le secteur du puits 1.



Figure 5 : interprétation de la nature des travaux souterrains à partir du plan de 1917

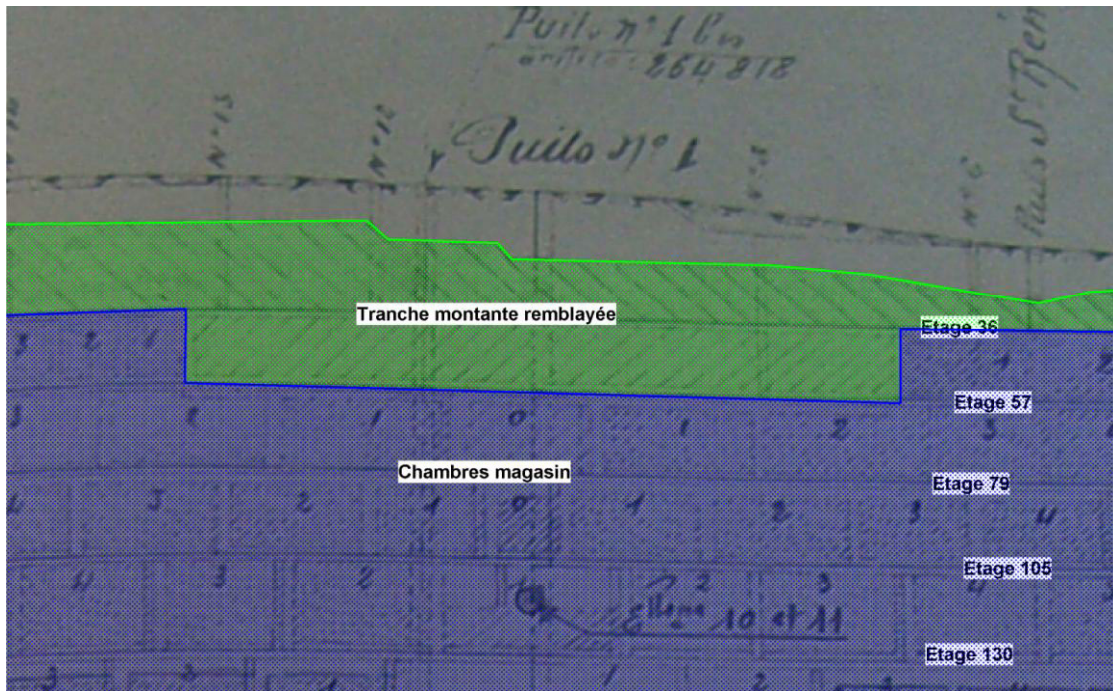


Figure 6 : interprétation de la nature des travaux souterrains à partir du plan de 1924

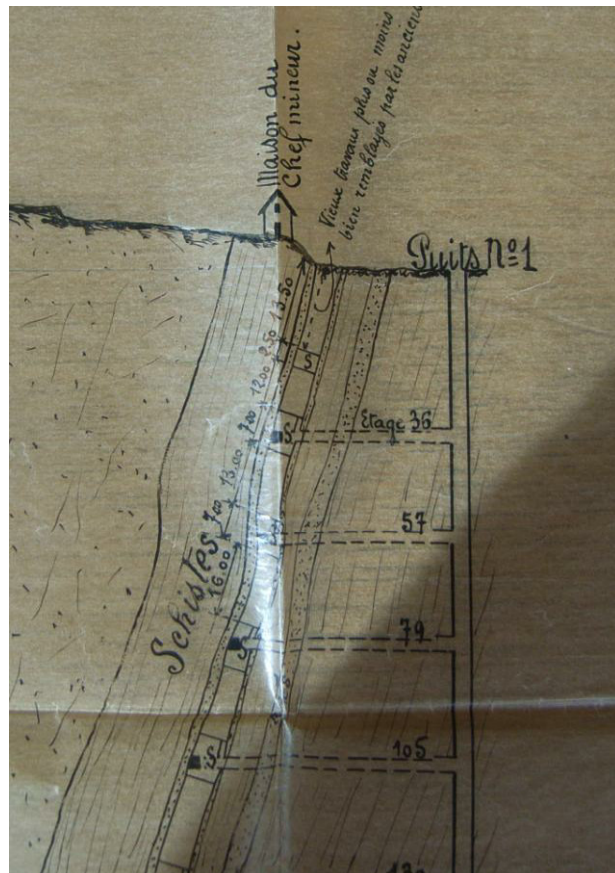


Figure 7 : coupe des travaux (1917) dans le plan du puits 1 et du fontis de 2008.

Comme tenu de la dimension de l'effondrement localisé qui est apparu début 2008, en ce lieu (diamètre 20 m, profondeur environ 15 m), on peut penser que cette chambre était vide car plus de 500 m<sup>3</sup> de matériaux ont « disparu » dans ce fontis.



Photo 1 : effondrement de janvier 2008 (GEODERIS)

#### 4.2.3.1 METHODES D'EXPLOITATION

En 2007, seule la méthode des chambres magasins avait été identifiée pour le flanc sud. Il s'avère en réalité que les travaux à très faible profondeur (entre l'affleurement et le niveau 36-40) ont presque tous été faits en tranches montantes remblayées. Et ce n'est qu'au niveau du dessous que la méthode des chambres magasin a été majoritairement employée.

Le choix d'une méthode ou d'une autre était imposé par la configuration et la tenue des toits et murs tout en sachant que la plus rentable était bien sûr la méthode des chambres magasins qui ne nécessitait pas de remblayage.

#### **Méthode des tranches montantes remblayées**

Dans les parties où la couche est assez redressée, la méthode mise en œuvre consistait à prendre le minerai par tranches montantes de 2 m de hauteur, avec remblayage complet. L'abattage se poursuit par groupes de deux chantiers, en gradins renversés poussés en chassant, à l'opposé l'un de l'autre, à partir d'une cheminée à remblais, jusqu'à la rencontre d'un couloir à minerais établi à mi-distance entre deux cheminées à remblais. Celles-ci sont généralement écartées l'une de l'autre d'une soixantaine de mètres (figure 8) ;

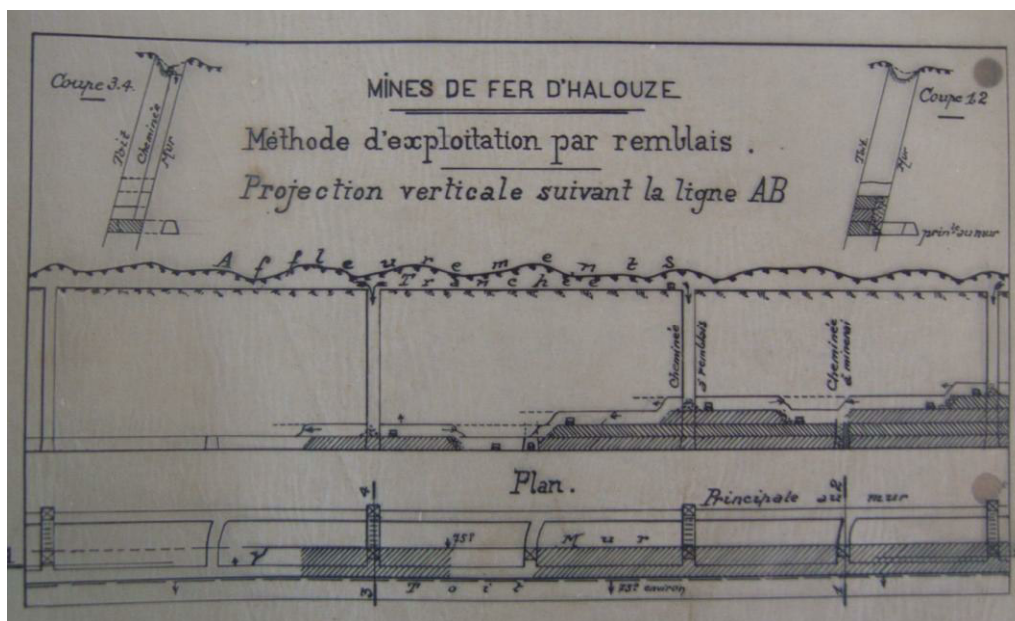


Figure 8 : exploitation par tranches remblayées (d'après Ad de l'Orne)

Il semblerait cependant que cette méthode décrite dans un mémoire datant de 1912 soit déjà une variante plus sécurisante d'une méthode plus ancienne qui consistait à prendre un panneau de relevée plus faible (une dizaine de mètres) de manière chassante oblique puis à remblayer de biais à l'avancement. Cette méthode avait pour défaut une plus grande mise à nu sans soutènement des épontes et était sujette à des éboulements lorsque le toit ou le mur n'étaient pas assez résistants.

En termes de stabilité, les secteurs exploités par cette méthode présentent l'avantage de ne laisser comme vide résiduel que, soit la dernière tranche non remblayée soit le tassement des remblais.

L'interprétation ci-dessous du sondage SCL4, penté à 10° vers le sud-est, réalisé presque dans le plan de la couche, montre d'ailleurs ce type de schéma d'exploitation.

Sondage	Profondeur (m)	Lithologie	Interprétation
SCL4	0 – 0,3	Remblais de la route.	Remblais de la minière sur environ 3 m
	0,3 – 3,25	Remblais de minière.	
	3,25 – 10,3	Roche dure.	Pilier couronne de 7 m
	10,3 – 11,7	Vide franc.	Vide au sommet des remblais
	11,7 – 27,3	Remblais.	Remblais de la chambre
	27,3 – 29,1	Roche dure.	Stot de 2 m (cf Fig 7)
	29,1 – 31	Remblais.	Remblais de la chambre



	31 – 32,8	Vide peu franc ou remblais.	du niveau 36-40
--	-----------	-----------------------------	-----------------

### Méthode des chambres magasins

La méthode des chambres magasins a été appliquée dans la mine de Saint-Clair-de-Halouze pour l'exploitation du flanc sud du synclinal (figure 9) principalement en dessous du niveau 36, lorsque les épontes étaient solides.

La relevée moyenne des chambres était de 60 m. Les chambres avaient jusqu'à 40 à 45 m de large et étaient séparées par des piliers de 6 m dans lesquels étaient creusées les cheminées d'accès de 2,5 m par 1,5 m.

L'ouverture de la couche variait de 5 à 7 m.

En bas des chambres, il y avait 3 ou 4 trémies de chargement équipées de tables Bodart.

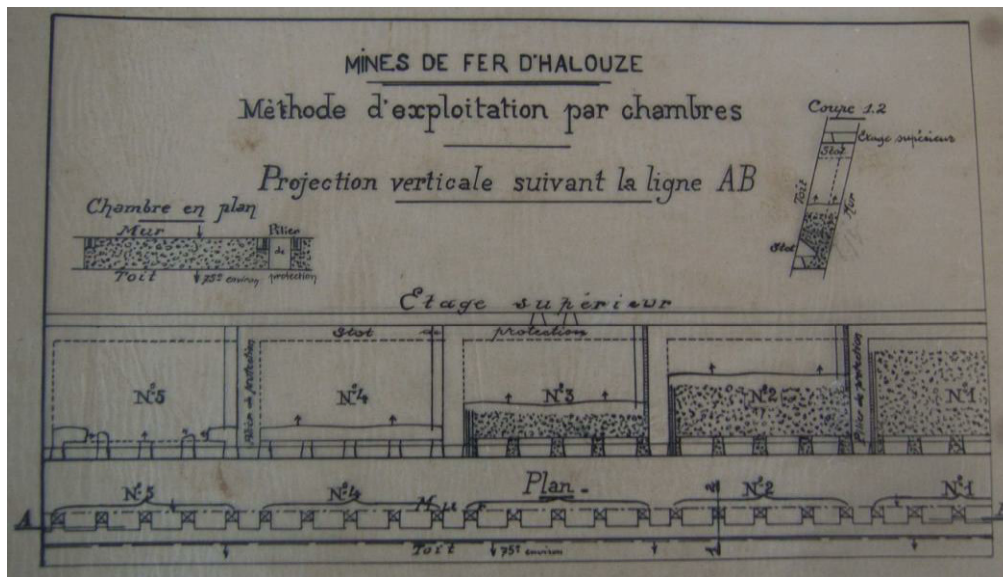


Figure 9 : exploitation par chambre magasin (d'après Ad de l'Orne)

La présence de trémies, visible aussi bien sur les coupes que sur les plans a permis de mieux préciser la localisation des chambres très probablement toujours vides actuellement.

#### 4.2.3.2 CARTOGRAPHIE DES CHAMBRES MAGASINS

Le plan repositionné a permis d'identifier les secteurs exploités par la méthode des chambres magasins au dessus de l'étage 57 (figure 10). Dans ces zones, seul le niveau supérieur est remblayé. En cas de rupture du stot de 7 m (figure 7) à sa base, il y a risque de vidange des remblais dans le niveau inférieur vide. Seule ne subsiste alors que la couronne qui parfois ne fait que deux mètres sous les remblais des minières. C'est d'ailleurs ce type de configuration qui semblait exister au droit du fontis de janvier 2008.

Ces secteurs seront considérés dans la suite de l'analyse comme plus prédisposés à l'apparition du phénomène d'effondrement localisé que ceux en tranches montantes remblayées.

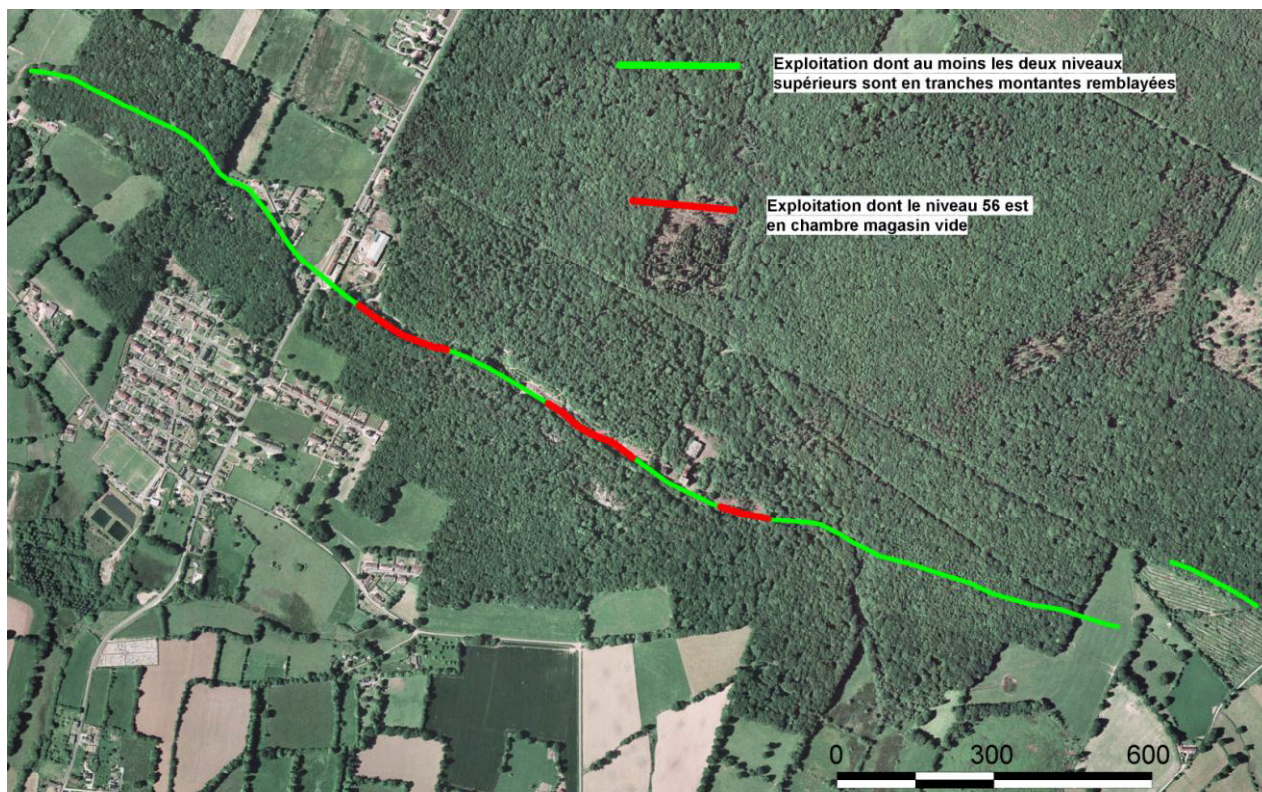


Figure 10 : extraits du SIG localisant les secteurs exploités en chambre magasin (en rouge) au-dessus de l'étage 56-57

### 4.3 EXPLOITATIONS DE LA BOCAGERIE

Lors de la consultation du fond Pasquet plusieurs documents indiquent que les travaux menés à partir des plans inclinés de la Bocagerie ont été arrêtés au début de la première guerre mondiale et n'ont jamais été repris par la suite.

La méthode d'exploitation utilisée était celle des tranches montantes remblayées.

Le plan de 1924 géoréférencé correspond donc bien à l'extension maximale des travaux souterrains.

La réinterprétation du plan et son nouveau géoréférencement a permis de mettre en évidence plusieurs faits nouveaux précisés dans la figure 11 :

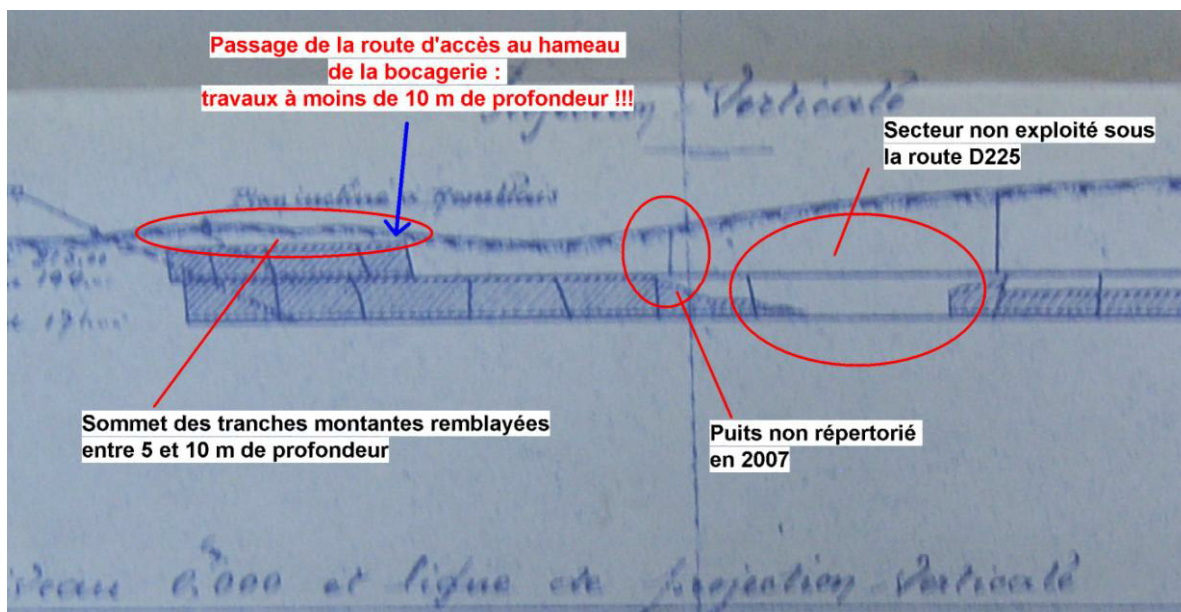


Figure 11 : interprétation du plan dans la couche des travaux de la bocagerie

- les sommets des chambres exploitées par tranche montante remblayée dans la partie ouest sont très proches de la surface. Le remblayage étant très ancien, il subsiste obligatoirement un vide ne serait ce que du fait du tassement des remblais. Un calcul de remontée de fontis montre qu'il faut largement plus de 10 m de recouvrement pour bloquer une éventuelle remontée d'un éboulement au fond jusqu'en surface. Ce même calcul montre par contre que considérant un vide résiduel de 2 m au sommet des remblais (hauteur maxi d'une tranche à l'abattage), sur une largeur de 5 m, un éventuel fontis ne remontra pas en surface pour les travaux en dessous de 30 m de profondeur. La valeur de 2 m correspond à la hauteur du vide observée sur le SCL 4 (1 m en vertical), majorée sécuritairement de 1 m ;
- on remarque ainsi que, comme indiqué sur le schéma, la route communale d'accès au hameau de la Bocagerie est très probablement sous minée à très faible profondeur (5 à 10 m maxi), la hauteur des vides doit cependant être faible (limité probablement au tassement des remblais, soit de 1 à 2 m) ;
- Il existe très probablement un ancien puits à mi chemin des travaux, qui n'a pas été répertorié en 2007. On observe d'ailleurs, sur l'orthophotoplan de 2002 une forme circulaire d'environ 5 m de diamètre très proche de la localisation possible de l'ouvrage (figure 12).



Figure 12 : localisation probable du puits et anomalie sur l'orthophoto de 2002

- la campagne de sondage réalisée le long de la route D 225 n'a pas mis en évidence de vides. Cette information est confirmée par le plan de 1924, seules deux galeries de niveau situées respectivement à plus de 30 m de profondeur et à plus de 50 m de profondeur passent sous la route.

#### 4.4 VALORISATION DES DONNEES DES SONDAGES

##### 4.4.1 RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE COMPLEMENTAIRE PAR SONDAGES DU SECTEUR DES CITES

Les tableaux 1 et 2 suivants récapitulent les principales caractéristiques des 7 sondages destructifs réalisés sur le site des cités.

Sondage	Coordonnées X (m)	Coordonnées Y (m)	Incertitude GPS (m)	Profondeur (m)	Tubé (oui/non)	Métrage tubé (m)	Hauteur des vides (m)
SCL1	382 296,4	2 414 297,3	1,2	15	Non	-	-
SCL2	382 294,6	2 414 290,7	2,2	15,9	Non	-	0,6
SCL3	382 294,9	2 414 292,3	2,4	15,9	Non	-	-
SCL4	382 294,5	2 414 292,0	1,5	32,8	Oui	10,4	1,4 (1 m en vertical)
SCL5	382 288,5	2 414 290,1	1	41	Oui	33,8	2,1
SCL6	382 285,9	2 414 285,8	1 à 2	40,5	Oui	33,6	2,6
SCL7	382 279,7	2 414 279,9	1 à 2	49,1	Non	-	0,4

Tableau 1 : caractéristiques des sondages du site de Saint-Clair-de-Halouze

Sondage	Profondeur (m)	Lithologie	Autres observations
<b>SCL1</b>	0 – 0,3	Remblais de la route.	Eau à 8 m.
	0,3 – 6	Roche altérée rouge, présence de morceaux de briques et de remblais.	
	6 – 15	Roche dure.	
<b>SCL2</b>	0 – 0,3	Remblais de la route.	Remontées de cuttings jusqu'à 10,8 m.
	0,3 – 4	Remblais.	
	4 – 4,5	Grès altéré.	
	4,5 – 10,8	Grès sains très durs.	
	10,8 – 11,4	Vide franc.	
	11,4 – 12,7	Remblais.	
	12,7 – 15,9	Roche dure.	
<b>SCL3</b>	0 – 0,3	Remblais de la route.	
	0,3 – 4,2	Remblais de minière et roche altérée.	
	4,2 – 7,8	Roche dure.	
	7,8 – 10,75	Minerai de fer (gisement).	
	10,75 – 14,50	Remblais.	
	14,5 – 15,9	Roche dure.	
<b>SCL4</b>	0 – 0,3	Remblais de la route.	Aucune remontée de cuttings. Sondage alésé et tubé jusqu'à 10,4 m. sondage penté à 10° sud-ouest
	0,3 – 3,25	Remblais de minière.	
	3,25 – 10,3	Roche dure.	
	10,3 – 11,7	Vide franc.	
	11,7 – 27,3	Remblais.	
	27,3 – 29,1	Roche dure.	
	29,1 – 31	Remblais.	
	31 – 32,8	Vide peu franc ou remblais.	
<b>SCL5</b>	0 – 0,3	Remblais de la route.	Perte des remontées de cuttings à 27,7 m. Sondage alésé et tubé jusqu'à 33,8 m.
	0,3 – 5,7	Grès altérés jaunes.	
	5,7 – 15,7	Grès sains.	
	15,7 – 27,4	Grès sains très durs.	
	27,4 – 27,7	Minerai de fer (gisement).	
	27,7 – 32,3	Remblais.	
	32,3 – 33,8	Roche dure.	
	33,8 – 35,9	Vide franc.	
	35,9 – 37,1	Remblais.	

	37,1 – 41	Roche dure.	
--	-----------	-------------	--

<b>SCL6</b>	0 - 1	Remblais.	Venue d'eau à 3,6 m.
	1 - 2,2	Grès altérés.	
	2,2 - 5,6	Grès sains.	
	5,6 - 6	Grès altérés.	
	6 - 11	Schistes noirs peu résistants.	
	11 - 27,8	Schistes gris.	
	27,8 - 29,5	Schistes grésifiés à quartzite très résistants.	
	29,5 - 30,3	Schistes gris.	
	30,3 - 32	Minerai fracturé peu résistants à remblais.	
	32 - 33,6	Minerai.	
	33,6 - 36,2	Vide franc.	
	36,2 - 38	Remblais.	
	38 - 40,5	Roche dure (schistes).	
	<b>SCL7</b>	0 - 1	
1 - 3		Grès altérés.	
3 - 6,8		Grès sains.	
6,8 - 7,3		Grès altérés.	
7,3 - 16,5		Grès sains plus ou moins fracturés.	
16,5 - 19		Grès altérés et fracturés.	
19 - 27		Schistes noirs peu résistants.	
27 - 44		Schistes gris avec quelques passées noires.	
44 - 46,5		Quartzite résistante.	
46,5 - 46,9		Vide franc.	
46,9 - 47,3	Remblais.		
47,3 - 49,1	Minerai.		

Tableau 2 : log synthétique des sondages

#### 4.4.2 CARACTERISATION DES TERRAINS DE RECOUVREMENT

Sur le site de Saint-Clair-de-Halouze, les caractéristiques du recouvrement des cavités recoupées sont les suivantes :

- SCL2 : 6 m de grès sains et très durs au toit de la cavité, surmontés par 4 m de remblais de mineière très peu résistants ;

- SCL4 : 7 m de roche dure (probablement des grès sains) au toit de la cavité, surmontés par 4 m de remblais de minière très peu résistants ;
- SCL5 : au toit du gisement, 21 m de grès très dur et 5 m de grès altéré en surface ;
- SCL6 : au toit du gisement, 19 m de schistes sains et résistants, 4 m de schistes altérés et 6 m de grès sains (altérés au mur et au toit) ;
- SCL7 : au toit de la cavité, un banc de quartzite très résistante de 2,5 m d'épaisseur surmonté de 25 m de schistes et 19 m de grès.

En surface, mis à part les remblais des minières qui peut atteindre 4 à 5 m, les formations superficielles et les terrains de recouvrement altérés en place ne représentent pas plus de 2 m d'épaisseur dans le secteur des cités.

#### **4.4.3 INTERPRETATION ET LOCALISATION DES VIDES**

Le géoréférencement du plan (figures 13 et 14), des sondages et des résultats de l'inspection de FLODIM (figures 15 et 16) a permis de mieux comprendre la nature des travaux souterrains au droit de la maison et de la route dans le secteur des cités.

En premier lieu, la galerie de niveau 36 a été recoupée par les deux sondages SCL5 et SCL6. La localisation de la galerie est donc connue au mètre près.

Le sondage SCL4, réalisé avec un pendage de 80° nord a suivi approximativement le plan de la couche exploitée. La coupe du sondage décrite correspond de manière étonnante au plan en coupe réalisée en 1917, proche du puits 1 (figure 7).

La figure 17 illustre la position des travaux souterrains localisés à l'aide des sondages et des résultats FLODIM géoréférencés.



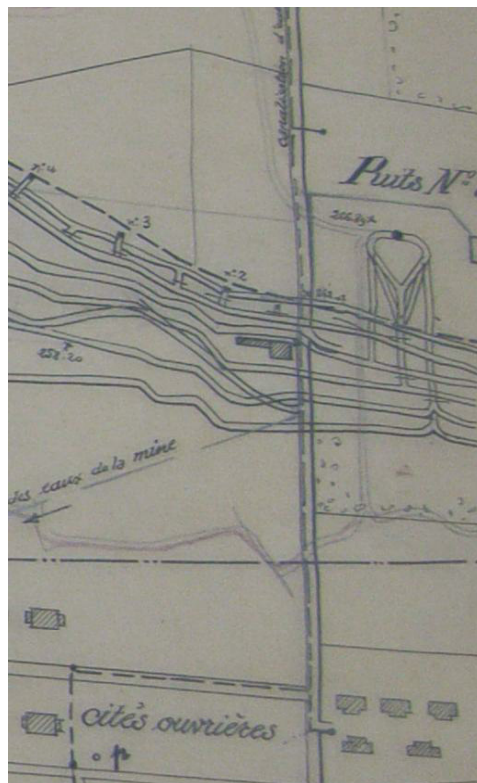
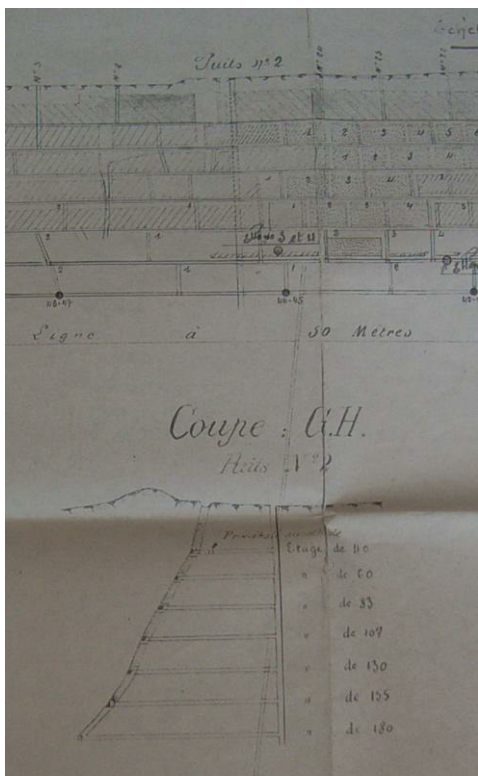


Figure 13 : coupes du secteur du puits 2 Figures 14 : plan du secteur des cités et puits 2

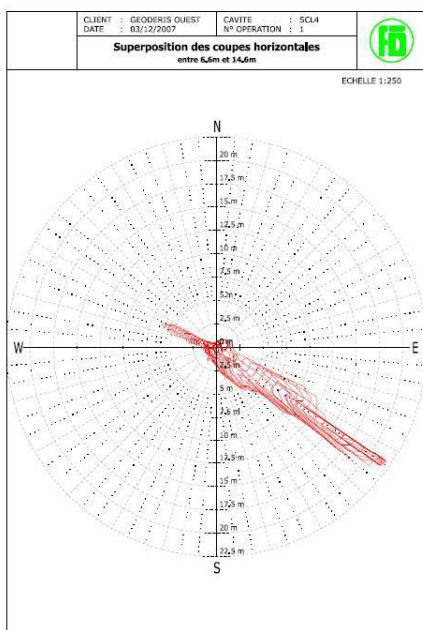


Figure 15 : projection en plan du vide trouvé entre 6 et 10 m de profondeur ; sondage SCL4 (incliné 10°sud-est)

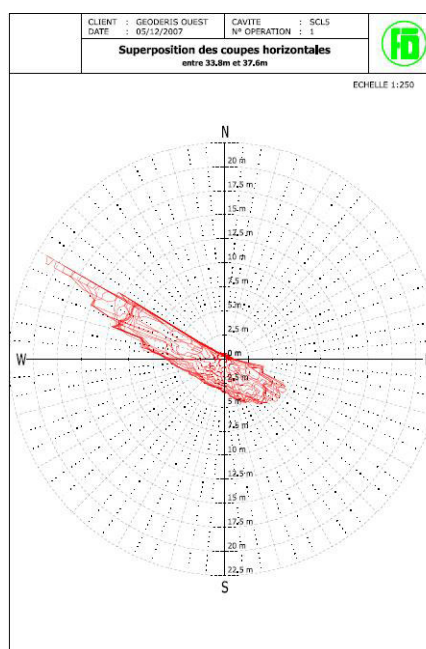


Figure 16 : projection en plan du vide trouvé entre 34 et 36 m de profondeur ; sondage SCL5



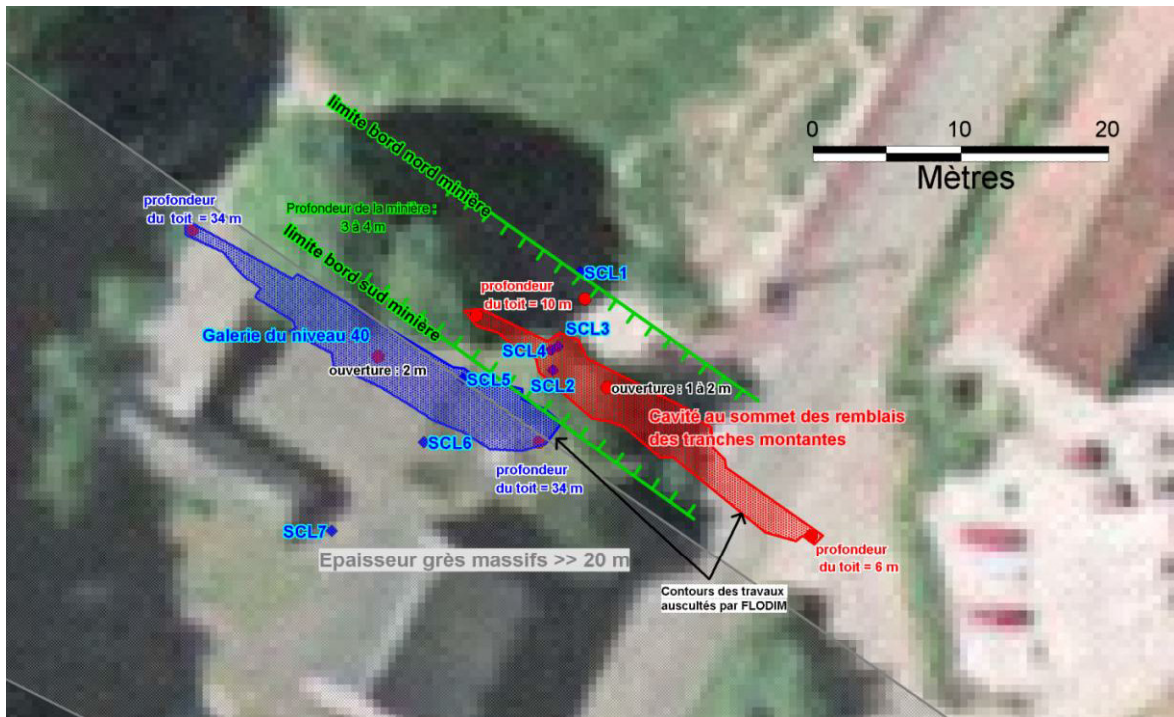


Figure 17 : extrait du SIG au droit des enjeux ; localisation des vides et de la minière avec une précision métrique ; zone grisée, zone où les grès ont plus de 20 m d'épaisseur

Les sondages et leur interprétation montrent clairement :

- la présence d'un vide de l'ordre de 1 mètre de hauteur à 6 m sous la route ;
- l'absence de vides à moins de 30 m de profondeur sous la maison ;
- la présence d'un recouvrement gréseux très massif au toit des vides souterrains ce qui écarte le scénario d'une remontée de fontis au toit d'une chambre ;
- la largeur de la minière n'est que d'une dizaine de mètres au droit de la ligne de sondages pour une profondeur de 4 à 5 m ;
- mais surtout que le pendage est bien inverse.

#### 4.5 NOUVELLE CARTOGRAPHIE INFORMATIVE DU FLANC SUD

Une nouvelle carte informative des travaux du flanc sud de la mine a été réalisée sur Mapinfo contenant le nouveau positionnement des ouvrages, des affleurements, des minières avec les nouveaux plans géoréférencés. Elle est fournie en annexe papier et sur le CD ROM.



## 5. NOUVELLE EVALUATION DE L'ALEA

### 5.1 SECTEUR DE LA BOCAGERIE

Le nouveau calage du plan de 1924 permet de diminuer l'incertitude de positionnement des travaux par rapport à 2007. Avec maintenant la certitude que ce document présente bien l'ensemble des travaux du secteur, il est possible d'identifier cinq zones distinctes :

- la première (configuration 1) correspond au secteur exploité sur tous les niveaux, en particulier le niveau supérieur pour lequel le sommet des chambres remblayées se situe à moins de 10 m de profondeur.
- la deuxième (configuration 2) correspond au prolongement de la première mais pour laquelle, le niveau supérieur n'a pas été exploité. La topographie fait que le sommet des travaux doit être à entre 20 et 30 m de profondeur ;
- la troisième (configuration 3), dans la continuité de la précédente se situe entre le nouveau puits identifié en 2009 et le puits de la Bocagerie proche de la RD 225. Dans cette partie n'existe que deux galeries de niveau, pas de chantiers ni de vieux travaux en minière en surface ;
- la quatrième (configuration 4), toujours dans la continuité, a été exploitée à plus de 30 m de profondeur en chambres remblayées mais aussi très probablement à l'affleurement, en minière ;
- une cinquième configuration a été identifiée entre les deux descenderies, à l'ouest du secteur. A ce niveau, il n'y a pas de travaux, seulement des galeries d'infrastructures.

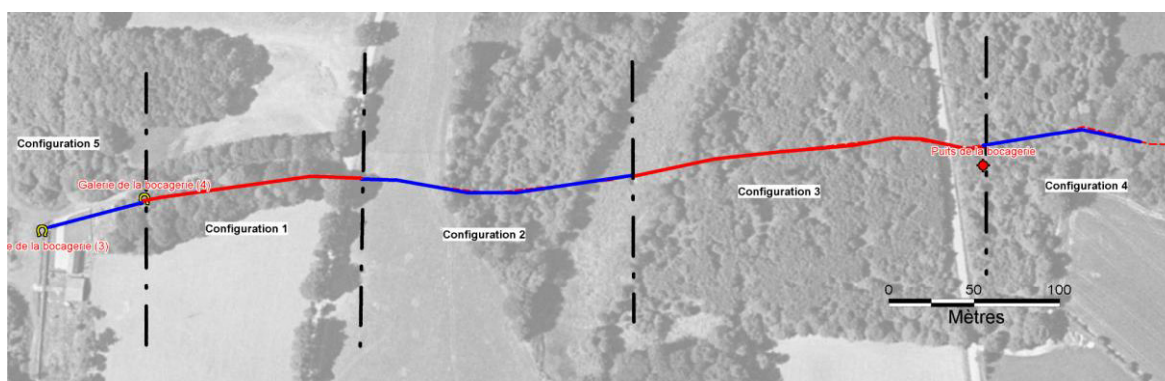


Figure 18 : localisation des 5 configurations retenues

Ces 5 configurations serviront de base au zonage de l'aléa dans le secteur.

#### 5.1.1 REEVALUATION DE L'INTENSITE ET DE LA PREDISPOSITION ET DE L'ALEA

La prédisposition à l'apparition d'un effondrement localisé peut être affinée suite aux investigations de 2009.

Dans cette nouvelle approche, nous avons considéré que :

Pour la configuration 1, l'évaluation du niveau de l'aléa n'a pas été modifiée par rapport à 2007, c'est à dire une intensité jugée à modérée et une prédisposition évaluée à sensible, ce qui attribue à cette configuration un aléa effondrement localisé de niveau moyen.

Pour les configurations 2, 4 et 5, l'absence de travaux à faible profondeur ne diminue pas l'intensité qui reste modérée mais diminue la prédisposition de 2007 de sensible à peu sensible. **L'aléa associé à ces trois configurations passe de moyen à faible en 2009.**

**Pour la configuration 3, l'absence de chantiers et de travaux à faible profondeur type minière nous a conduit à supprimer l'aléa, les deux galeries de niveau étant situées à plus de 30 m de profondeur.**

### 5.1.2 ZONAGE

Compte tenu des données évaluées au chapitre précédent, les nouvelles valeurs sont les suivantes :

- incertitude de localisation des travaux : 5 mètres au niveau des descenderies, pour atteindre plus ou moins 20 m suivant la direction nord sud au niveau du puits de la Bocagerie jamais retrouvé mais dont nous avons la certitude qu'il n'est pas sur la route, celle-ci existant déjà à l'époque de son creusement ;
- largeur des travaux : 5 à 8 m ;
- marge de sécurité prise à 5 m ;



*Figure 19 : cartographie de l'aléa du secteur de la Bocagerie*

Dans le secteur des descenderies à l'ouest la zone d'aléa et jusqu'à l'extrémité de la configuration 1, la zone a été tracée d'une largeur de 20 m ;

Au droit de la configuration 2, la zone a été tracée biseautée de 20 m à l'ouest jusqu'à 30 m à l'est du fait de l'augmentation de la marge d'incertitude de 5 à 10 m.

Il n'y a plus d'aléa au droit de la configuration 3.

La configuration 4 n'a pas été modifiée par rapport au zonage 2007, sauf au droit du puits de la Bocagerie donc l'incertitude est-ouest de localisation a été diminuée et n'impacte donc plus la route.

Le niveau d'aléa du puits de la Bocagerie a été diminué de moyen à faible pour trois raisons qui diminuent grandement la prédisposition :

1. ce puits, très ancien, ne fait que 26 m de profondeur ;
2. il ne débouche pas directement dans les travaux souterrains ;
3. il a été de nouveau remblayé par UINOR à la fermeture de la mine dans les années 1970.

### **5.1.3 RECOMMANDATIONS POUR LE SECTEUR DE LA BOCAGERIE**

Dans ce secteur, la campagne de sondage et les recherches documentaires complémentaires ont permis de supprimer l'aléa à l'aplomb de la route RD 225. Par contre, la présence très probable de vide à très faible profondeur sous la route d'accès au hameau de la Bocagerie est confirmée.

**Une reconnaissance complémentaire pourrait s'avérer nécessaire à ce niveau afin d'envisager d'éventuelles travaux de mise en sécurité de cette route par remblayage ou par géogrille par exemple.**

## **5.2 SECTEUR DES CITES.**

### **5.2.1 INTENSITE ET PREDISPOSITION ET NIVEAU DE L'ALEA EFFONDREMENT LOCALISE**

La configuration, la nature et les dimensions des travaux souterrains identifiés en 2009 ne provoque pas de changement dans les niveaux d'intensité et prédisposition vis à vis de l'effondrement localisé. L'intensité d'un éventuel effondrement localisé a été considérée modérée, ce qui est confirmé du fait de la présence de travaux souterrains en tranche montante remblayée laissant probablement un vide au sommet des chambres.

La prédisposition est conservée à sensible du fait de la présence avérée de vide à très faible profondeur.

L'aléa effondrement localisé est donc conservé à un **niveau moyen**.

### **5.2.2 ZONAGE**

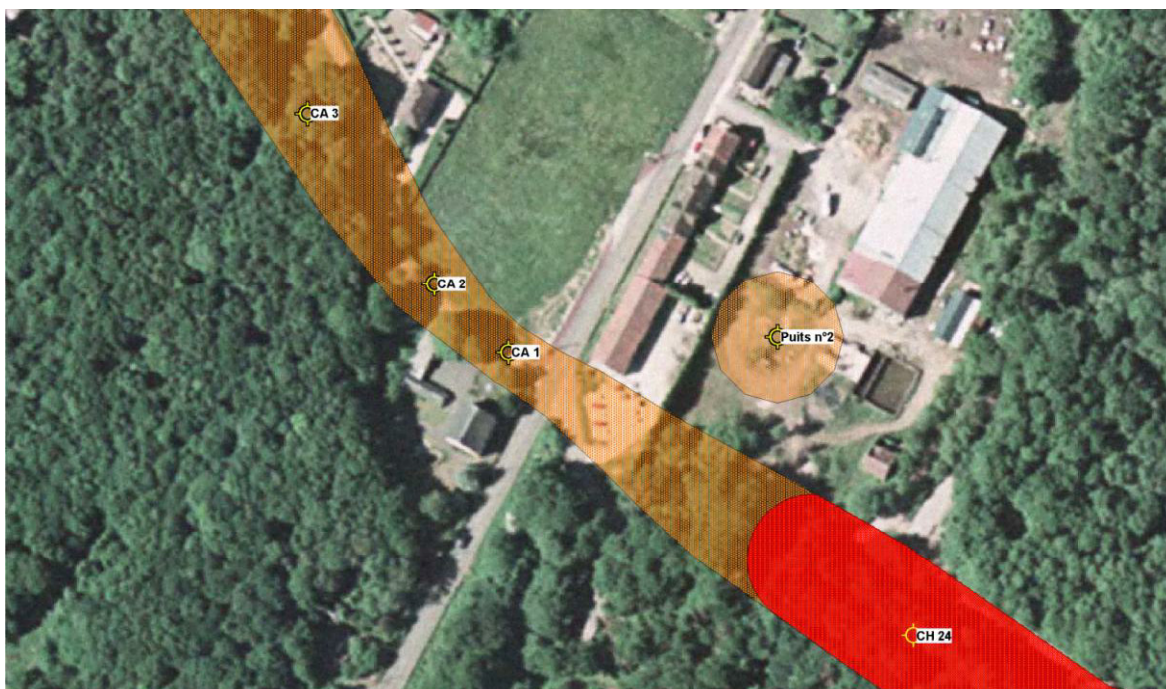
La modification du zonage a été faite uniquement sur une bande d'une cinquantaine de mètres de largeur au droit de la maison et de la route.

Dans ce secteur, la position des travaux du fond est connue au mètre près. La largeur de la minière a été reconnue à environ 10 m.

L'épaisseur des terrains déconsolidés a été vérifiée et est égale à environ 2 m.

Compte tenu de ces informations, la zone considérée comme potentiellement instable est constituée par la minière (largeur 10 m) augmentée d'une marge de sécurité constituée d'une marge d'influence de 2 m et d'une marge d'incertitude de 2 m.

La zone d'aléa effondrement localisé de niveau moyen a été tracée d'une largeur de 18 m dans ce secteur.



*Figure 20 : cartographie de l'aléa au droit des cités*

Comme le montre la figure 20, n'ayant pas d'informations précises sur la localisation des travaux souterrains de part et d'autre des sondages, la marge de sécurité a été augmentée en biseau pour revenir à la dimension retenue en 2007 qui était de 20 m.

Le présent rapport ne traite pas de la réévaluation des intensités et prédisposition des aléas effondrements localisés liés aux ouvrages débouchant en surface sauf pour le puits de la bocagerie.

Les seules modifications les concernant sont relatives à leur cartographie. Les modifications apportées sont de deux natures :

- un déplacement du zonage d'aléa quand l'ouvrage a été repositionné (cas des puits 2, Saint-Rémy, Galerie de 40, puits à remblais et certaines cheminées) ;



- pour certains ouvrages, leur localisation ayant été établie à partir du plan géoréférencé, la marge de sécurité associée à leur aléa a été considérée égale à celle des travaux à faible profondeur soit 20 m au lieu des 50 m considérés en 2007 (certaines cheminées, puits de la Bocagerie...).

### 5.2.3 RECOMMANDATION SUR LE SECTEUR DES CITES

La localisation des vides par les sondages et le repositionnement des plans montre qu'il n'y plus d'aléa au droit de la maison et donc qu'aucune mesure particulière n'est donc à prendre vis à vis de ce bâti.

Par contre, la présence d'un vide à faible profondeur au droit de la route est confirmée.

Compte tenu de la faible épaisseur de la couronne qui reste au toit, une solution de mise en sécurité de la route doit être envisagée sur le flanc sud du synclinal.

3 solutions sont envisageables :

#### 1. Protection de la route

L'objectif est de renforcer la chaussée afin d'éviter toute chute dans un effondrement naissant.

Deux méthodes sont possibles :

- soit renforcer la chaussée à l'aide d'une géogrille dont le rôle sera de retarder l'apparition au jour du fontis. Cette deuxième solution nécessite une bonne sensibilisation des acteurs locaux (riverains, mairie, DDE) qui devront être vigilants sur le secteur afin de déclencher l'alerte et bloquer le trafic routier en cas d'amorce de mouvement de la route. Une géogrille pourrait être posée sur une cinquantaine de mètres de longueur dans le secteur ;
- soit la réalisation d'un radier dimensionné pour résister au plus gros fontis redouté sur le secteur. Cette deuxième option serait très probablement la plus intéressante dans la configuration de ce secteur. En effet, la présence au sud de la barre de grès et au nord des schistes pourrait fournir un appui fiable à une dalle correctement ferrailée afin de supporter le passage de poids lourds et bus scolaires. Il est fort probable qu'il n'y ait pas d'ancienne minière au droit de la route, la campagne de sondage a d'ailleurs montré qu'elle était de largeur et de profondeur réduite comparativement à ce qui est observé plus à l'est et à l'ouest. Cette solution aurait pour deuxième avantage de limiter les investigations complémentaires de caractérisation des vides sous la route ;

#### 2. Surveillance

Compte tenu de la configuration des vides et de la faible profondeur des travaux, il n'existe pas de solution simple de surveillance pour ce type de site. Seule l'inspection visuelle périodique permettrait de suivre une éventuelle dégradation des travaux souterrains. Cette méthode peut-être réalisée soit depuis les travaux, soit à distance depuis la surface. Dans le premier cas, cela nécessite la

réouverture d'accès aux travaux souterrains. Dans le second cas cela nécessite la réalisation de sondages complémentaires afin d'optimiser la vision sous l'ensemble de la route à surveiller.

### 3. Remblayage

Un traitement par remblayage des vides pour supprimer l'aléa et le risque de manière définitive de devrait pas être trop coûteux du fait que le secteur a été exploité par une méthode remblayée. Le vide résiduel est dans ce cas avéré et à faible profondeur.

Par contre le coût de la reconnaissance beaucoup plus approfondie des vides (dimensions, volumes, communication avec des niveaux inférieures....) qui devrait être réalisée au préalable rendrait cette solution peu économique.

De plus, il n'est pas évident de supprimer totalement l'aléa sachant que le traitement du niveau le plus superficiel ne supprimera pas la possibilité ultérieure de vidange dans le niveau inférieur.

## 5.3 REEVALUATION GLOBALE DES ALEAS DU FLANC SUD

Hormis les zones traitées ci avant dans le rapport, la valorisation des archives du fond Pasquet a permis de mieux localiser et préciser les travaux du flanc sud de la mine.

Comme cela a été détaillé au chapitre 4.2, il a été possible d'identifier les secteurs exploités à faible profondeur en chambre magasin.

En cas de rupture des stots intermédiaires des étages supérieurs, le volume disponible dans ces chambres rend impossible tout autocomblement par foisonnement.

De plus, le fontis apparu en janvier 2008, au droit d'une chambre de ce type faisait environ 20 m de diamètre ce qui correspond à **une intensité élevée**.

Nous proposons donc pour les secteurs pour lesquels des chambres magasins sont présentes au dessus du niveau 57, d'augmenter l'intensité de modérée à élevée par rétroanalyse du fontis de 2008. La prédisposition restant à un niveau sensible.

Cette modification occasionne un classement des zones exploitées en chambre magasin au dessus du niveau 56, en aléa effondrement localisé de **niveau fort** (figure 21).

Les dimensions du zonage de l'aléa restent inchangées. Seule leur position a pu varier compte tenu du repositionnement des affleurements réalisé (4.2.2).



Figure 21 : localisation des secteurs du flanc sud cartographiés en aléa fort (rouge)



## **6. CONCLUSION**

A partir des reconnaissances effectuées par GEODERIS en 2007 et des investigations complémentaires réalisées sur la mine de Saint-Clair-de-Halouze, les conclusions du présent rapport sont les suivantes :

### **Secteur de la Bocagerie**

L'aléa au droit de la route départementale a été supprimé.

Les niveaux des aléas ont été réévalués. La dimension de la zone soumise à un aléa effondrement localisé moyen a été diminuée. Par contre, subsiste un doute sur la présence de vide à très faible profondeur sous la route d'accès au hameau de la Bocagerie.

Une investigation complémentaire par sondage y est suggérée.

### **Secteur des Cités**

Les forages et les auscultations en sondage réalisés respectivement par CEBTP SOLEN et FLODIM ont permis de mieux localiser les vides proches de la maison. Il est possible dorénavant de diminuer l'emprise de la zone d'aléa en surface et d'en sortir finalement la maison d'habitation.

Il subsiste actuellement un vide sous la route principale des cités. Celui-ci, situé à environ 6 m de profondeur, devra faire l'objet d'un traitement. Parmi les trois options proposées dans le rapport, il semble que la mise en sécurité par la création d'une dalle radier s'appuyant au sud sur les grès et au nord sur la barre de schistes au droit de la route soit la plus pertinente. Il conviendra de laisser un dispositif permettant de contrôler une éventuelle apparition de vide sous le radier.

Dans l'attente de la mise en sécurité, une certaine vigilance doit être maintenue au droit de ce vide situé sous une route fréquemment empruntée, en particulier par les transports scolaires.

En plus de ces deux secteurs qui étaient principalement l'objet de cette prestation, les données complémentaires acquises dans le fond Pasquet ont permis d'améliorer la connaissance globale du flanc sud de la mine (carte 1). On citera en particulier :

- la modification de la position du puits 2 ; cet ouvrage a été déplacé de plus de 50 m par rapport à sa position donnée en 2007. Aucun document ni indice sur le terrain n'avait permis de le localiser correctement à l'époque ;
- le repositionnement des plans au 1/1000<sup>ème</sup> des travaux a permis de repositionner 25 cheminées reliant le niveau 36-40 au jour. Ces ouvrages utilisés pour le remblayage des chantiers auraient plus ou moins été remblayés pour certains en 1981 sans aucune garantie toutefois. En 2007, seulement 6 d'entre-elles avaient été identifiées ;
- la localisation des affleurements et des puits Saint-Rémy et à remblais a été légèrement modifiée ;

- une meilleure compréhension des méthodes d'exploitation utilisées au début du XX<sup>ième</sup> siècle ;
- l'identification des secteurs exploités en chambres magasins à faible profondeur.

Ces modifications se sont traduites par la constitution d'une nouvelle base SIG complémentaire, fournie en annexe sur CD ROM et la nouvelle carte informative (carte 1 en annexe).

Cette nouvelle base a permis, en complément de la rétroanalyse rapide du fontis de grande dimension de janvier 2008, d'envisager une réévaluation des niveaux de l'aléa effondrement localisé sur le flanc sud de la mine.

Ainsi, pour les secteurs exploités en chambre magasin, au-dessus du niveau 56, l'aléa a été modifié **d'un niveau moyen à fort (carte 2)**.

## **7. BIBLIOGRAPHIE**

- [1] L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers. Guide méthodologique. Contribution de divers organismes (INERIS, BRGM, GEODERIS, ENSMP, IRSN, CSTB) sous la direction de l'INERIS. Rapport INERIS DRS-06-51198/R01, 4 mai 2006.
- [2] F. DORE (1969) : Les formations cambriennes de Normandie. Thèse de l'Université de Caen, 1969.
- [3] J. HUTCHINSON, C. PHILLIPS et G. CASCANTE (2002) : Risk considerations for crown pillar stability assessment for mine closure planning. *Geotechnical and Geological Engineering*, n° 20, p.41-63, 2002.
- [4] V. RENAUD (2004) : Contribution à l'analyse des conditions d'effondrement des gisements pentés des bassins ferrifères de Soumont, May/Orne et Segré (Calvados, Maine-et-Loire), rapport INERIS-DRS-04-50864/RN01, 49 p., 2004.
- [5] C. LAMBERT (2005) : Contribution au développement d'outils d'aide à l'évaluation des aléas dans le cadre des PPRM Aléa « mouvements de terrain » pour les gisements pentés et filoniens. Rapport interne INERIS-DR-05-55102/R02 (à paraître).
- [6] Compte-rendu de suivi des sondages de reconnaissance des galeries des anciennes mines de Saint-Rémy-sur-Orne et de Saint-Clair-de-Halouze (Calvados). Rapport DRS-07-92532-16318A du 29 novembre 2007.
- [7] Campagne sonar et laser-image de décembre 2007. Saint-Clair-de-Halouze et Saint-Rémy-sur-Orne. Rapport de Flodim.
- [8] Bassin Ferrifère de Normandie. Concessions de Halouze et de Larchamp. Contribution à la réalisation d'un plan de Prévention des Risques Miniers. Phase Informatrice. INERIS DRS-07-78448-07218A du 30 avril 2007.
- [9] Compte rendu de suivi des sondages de reconnaissance des galeries minières de la Ferrière-aux-Etangs et de Saint-Clair-de-Halouze, rapport DRS-08-95816-04410A du 31 mars 2008
- [10] Rapports CEBTP SOLEN DLH 2.7-102.5 du 5 décembre 2007 et DLH 2.7-102.6 du 28 mars 2008.