

Antenne OUEST
Pist Oasis 3 - Bât A
Rue de la Bergerie
30319 ALES CEDEX
Tél : +33 (0)4.66.61.09.80
Fax : +33 (0)4.66.25.89.68

**Bassin ferrifère de May-sur-Orne (14)
Synthèse de l'évaluation et de la cartographie
des aléas « mouvements de terrain » liés à
l'ancienne activité minière
Edition par commune**

RAPPORT W 2016/003DE - 16BNO22020

Date : 26/05/2016

Bassin ferrifère de May-sur-Orne (14)
Synthèse de l'évaluation et de la cartographie
des aléas « mouvements de terrain » liés à
l'ancienne activité minière
Edition par commune

RAPPORT W 2016/003DE - 16BNO22020

Diffusion :

Pôle Après-Mine Ouest

Dominique LEROY

DREAL Basse-Normandie




Jean-François BARBOT

11 ex. papier (2 DREAL, 8 communes, 1 DDT)

12 CD (2 DREAL, 8 communes, 1 DDT, 1 Préfecture)

GEODERIS

Rafik HADADOU

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	T. DELAUNAY	C. VACHETTE	C. VACHETTE
Visa			

SOMMAIRE

1	Définitions et méthodologie	7
1.1	Définitions de l'aléa et du risque	7
1.2	Incertitudes cartographiques	7
1.3	Méthodologie mise en œuvre.....	8
2	Contexte et périmètre de l'étude	11
3	Travaux réalisés et démarche adoptée	13
4	Synthèse du contexte géologique du bassin ferrifère de May-sur-Orne	15
4.1	Hydrogéologie.....	17
4.1.1	<i>L'aquifère du Primaire</i>	17
4.1.2	<i>Les nappes du Jurassique</i>	17
4.1.3	<i>Conditions hydrogéologiques actuelles</i>	18
5	Historique de l'exploitation	19
5.1	La mine.....	19
5.2	Le stockage souterrain d'hydrocarbures	19
5.3	L'exploitation des eaux d'exhaure	20
6	Description des travaux miniers	21
6.1	Ancienne méthode par traçage et dépilage.....	24
6.2	Méthode des tailles chassantes	25
6.3	Les tailles montantes ou « chambres magasins »	26
6.4	Synthèse.....	27
7	Etat des connaissances du bassin	29
7.1	Ouvrages débouchant au jour	29
7.2	Les dépôts : Verses et terrils.....	29
7.3	Les mouvements de terrain.....	29
7.3.1	<i>Désordres recensés en surface</i>	30
7.3.2	<i>Eboulements au fond</i>	31
7.4	Apport des sondages, inspections souterraines et des levés géotechniques	32
7.4.1	<i>Etat géotechnique</i>	32
7.4.2	<i>Evolution et mécanismes possibles des dégradations</i>	34
8	Synthèse des données informatives du bassin ferrifère de May-sur-Orne	37
9	Cartographie informative	39
9.1	Incertitudes de localisation	39
9.1.1	<i>Incertitudes sur la position des ouvrages débouchant au jour</i>	40
9.1.2	<i>Incertitudes de localisation des travaux miniers souterrains</i>	40
10	Liste des phénomènes	43

11	Nature des aléas « mouvements de terrain » résiduels retenus	45
11.1	Anciennes expertises relatives à la stabilité de la mine de May-sur-Orne	45
11.2	Apport de la rétroanalyse sur l'évaluation des aléas dans les gisements ferrifères de l'ouest	46
11.3	Evaluation de la possibilité d'un affaissement à May-sur-Orne par modélisation numérique	47
11.4	Conclusion sur les phénomènes de « mouvements de terrain » retenus pour évaluation de l'aléa sur le bassin de May-sur-Orne	48
12	Evaluation des aléas mouvements de terrain	51
12.1	L'effondrement localisé	51
12.1.1	<i>Description du phénomène</i>	51
12.1.2	<i>Zone d'altération superficielle</i>	53
12.1.3	<i>Evaluation de l'aléa effondrement localisé</i>	53
12.2	L'affaissement	60
12.2.1	<i>Description du phénomène</i>	60
12.2.2	<i>Evaluation de l'aléa effondrement affaissement</i>	61
13	Cartographie des aléas	65
13.1	Cartographie de l'aléa effondrement localisé	65
13.2	Cartographie de l'aléa affaissement	69
13.3	Synthèse de la cartographie des aléas	70
14	Evaluation et hiérarchisation des risques et mesures de traitements recommandées	73
14.1	Zones d'enjeux en aléa effondrement localisé de niveau moyen à fort	74
14.1.1	<i>Commune de Saint-André-sur-Orne (Flanc Nord)</i>	77
14.1.2	<i>Commune de Saint-Martin de Fontenay (Flanc Nord)</i>	77
14.1.3	<i>Commune de May-sur-Orne (Flanc Sud)</i>	77
14.1.4	<i>Commune de Fontenay-le-Marmion (Flanc Sud)</i>	78
15	Synthèse des traitements réalisés et des mises à jour de l'aléa effondrement localisé	79
15.1	Travaux de traitements et mises à jour de l'aléa (période 2007 - 2008) - (cf. [3] et [4])	79
15.1.1	<i>Commune de Saint-Martin-de-Fontenay (Flanc Nord)</i>	79
15.1.2	<i>Commune de Fontenay-le-Marmion (Flanc Sud)</i>	79
15.1.3	<i>Commune de May sur Orne (Flanc Sud)</i>	80
15.2	Travaux de traitements et mises à jour de l'aléa (période 2008 - 2011) - (cf. [5] et [15])	81
15.2.1	<i>Commune de Saint-Martin-de-Fontenay (Flanc Nord)</i>	81
15.2.2	<i>Commune de Saint-Martin-de-Fontenay (Flanc Nord)</i>	82
15.3	Travaux de reconnaissances complémentaires et mises à jour de l'aléa (période 2011 - 2013) - (cf. [6] et [7])	82
15.3.1	<i>Commune de Saint-André-sur-Orne (Flanc Nord)</i>	82

15.4	Travaux de traitements et mises à jour de l'aléa (période 2013 - 2014) - (cf. [8])	83
15.4.1	<i>Commune de Saint-Martin-de-Fontenay (Flanc Nord)</i>	83
15.4.2	<i>Commune de May-sur-Orne (Flanc Sud)</i>	83
15.4.3	<i>Commune de Fontenay-le-Marmion (Flanc Sud)</i>	83
15.5	Travaux de traitements et mises à jour de l'aléa (période 2014 - 2015)	84
15.5.1	<i>Commune de Fontenay-le-Marmion (Flanc Sud)</i>	84
16	Conclusions	85

Mots clés : Bully, Feuguerolles-Bully, Saint-André-sur-Orne, Saint-Martin-de-Fontenay, May-sur-Orne, Fontenay-le-Marmion, Rocquancourt et Saint-Aignan-de-Cramesnil, Garcelles, Fierville, Ouézy, Ouveille, Condé-sur-Iffs, Saint-Pierre-sur-Dives, aléa, risque, effondrement localisé, affaissement, fer

Introduction

La Société des Mines et Produits Chimiques a exploité un gisement ferrifère, de 1896 à 1968, sur les flancs nord et sud du synclinal de May-sur-Orne (Calvados), orienté globalement est-ouest sur plusieurs kilomètres. Le bassin ferrifère de May-sur-Orne se situe à environ 10 km au sud-sud-ouest de Caen, sur les communes de Maltot, Feuguerolles-Bully, Saint-André-sur-Orne, Saint-Martin-de-Fontenay, May-sur-Orne, Fontenay-le-Marmion, Rocquancourt et Saint-Aignan-de-Cramesnil. Par la suite, la Société GEOSTOCK (via une filiale du groupe, la société GEOMINES-CAEN) a utilisé la mine pour le stockage d'hydrocarbures (gazole) de 1972 à 1993.

Dans ce contexte la DRIRE de Basse-Normandie (aujourd'hui DREAL) a sollicité Geoderis, par l'intermédiaire du Pôle Après-Mine Ouest, pour la réalisation de l'étude des aléas du bassin ferrifère de May-sur-Orne. Depuis 2003, un important travail de collecte et d'exploitation des archives minières a été engagé. En parallèle, des inspections de terrain ainsi que des réflexions avec le concours d'experts nationaux et des modélisations de mécanismes à l'origine de phénomènes de « mouvements de terrain » ont été réalisés. L'ensemble de ces travaux ont conduit en 2004 à l'édition de l'étude préliminaire des aléas du bassin (cf. [1]¹).

Il en ressort que deux phénomènes de mouvements de terrain sont retenus :

- L'effondrement localisé ou fontis au droit des cavités peu profondes et de certains puits. Le niveau d'aléa varie selon les critères de faible à fort ;
- L'affaissement au droit des exploitations profondes du flanc sud. Le niveau d'aléa retenu y est faible.

La présence de ces aléas répartis sur les quatre concessions de mines de fer de Bully, Maltot, May-sur-Orne et Saint-André-sur-Orne, aujourd'hui renoncées par arrêté ministériel du 4 décembre 1975, a conduit les pouvoirs publics à prescrire, par arrêté préfectoral, la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques Miniers (PPRM²) le 14 janvier 2005.

Dans ce cadre, la DRIRE de Basse-Normandie a demandé à Géoderis, la réalisation d'une étude détaillée des risques sur le bassin. Sous convention n° 04 2 77 5778, dénommée « convention bassin minier de May-sur-Orne », passée entre le Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie et Geoderis, des reconnaissances par sondages géotechniques depuis la surface et levés précis par le fond des travaux minières souterrains au droit des zones à risque lié au phénomène d'effondrement localisé ont été réalisés. En surface, un réseau de nivellement et un état altimétrique zéro ont été mis en œuvre sur les habitations concernées par le phénomène d'affaissement. Le rapport de ces investigations comprenant la réévaluation précise et la cartographie détaillée des aléas au droit des enjeux a été éditée en 2006 (cf. [2]). Il précise notamment l'absence de danger imminent mais confirme la subsistance de risques sur certains secteurs à enjeux soumis à l'aléa effondrement localisé de niveaux moyen et fort. Sur ces cas, il conclue sur la hiérarchisation de zones à risque, propose des mesures de surveillance et recommande localement des traitements.

¹ Référence en fin de rapport au chapitre bibliographie

² Les Plans de Prévention des Risques Miniers ont été instaurés par la loi du 30 mars 1999. Le décret en conseil d'Etat n°2000-547 du 16 juin 2000, relatif à l'application des articles 94 et 95 du code minier, fixe les modalités d'application du chapitre I de cette loi.

Suite à cette étude, l'Etat, par l'intermédiaire du Département de Prévention et de Sécurité Minière (DPSM) du BRGM a engagé en 2007, d'une part des travaux de surveillance par des visites souterraines à périodicité semestrielle et d'autre part des traitements par comblement des cavités au droit des enjeux en commençant par ceux hiérarchisés comme prioritaires. Ces travaux se poursuivent encore actuellement. Des traitements sont prévus en 2016 et 2017.

Au fur et à mesure de la réception des dossiers de récolement des travaux de traitement, l'aléa et le risque lié à l'effondrement localisé ont été réévalués sur chaque secteur concerné. Cela a conduit à plusieurs mises à jour locales de la cartographie des aléas. Des rapports ont ainsi été produits par Geoderis en 2007 (cf. [3]), 2008, (cf. [4]), 2010 (cf. [15]), 2011 (cf. [5]), 2013 (cf. [7]) et 2014 (cf. [8]). Le rapport de récolement des travaux de 2015 (cf. [9]) conduit également à une mise à jour locale de l'aléa effondrement localisé. Celle-ci ne fait pas l'objet d'un rapport spécifique mais est intégrée dans le présent document.

La DREAL Basse-Normandie, a demandé à Geoderis, dans le cadre de son programme de travail de 2016, une édition des cartes d'aléas par commune base de travail à l'établissement du PPRM. Il est également demandé que ces cartes s'appuient sur un document autoporteur qui synthétise, en trois parties les différentes phases et mises à jour des aléas depuis l'étude préliminaire de 2004. En première partie, sont synthétisés, les éléments informatifs de l'étude préliminaire de 2004 complétés des données recueillies par les investigations de 2006 ainsi que d'autres événements (désordre, éboulement, localisation des travaux de traitement réalisés par l'Etat) survenus depuis. En deuxième partie, ce document reprend l'évaluation des aléas « mouvements de terrain » et les principes de leur cartographie de l'étude préliminaire de 2004 mis à jour en 2006 après analyse des nouvelles données acquises par les investigations. En troisième partie, sont synthétisés, l'ensemble des travaux de traitement menés par l'Etat jusqu'à fin 2015 et les mises à jour locales de la cartographie des aléas.

Ce rapport présente ainsi la synthèse des études réalisées sur le Bassin de May-sur-Orne depuis 2003 et en tenant compte de l'ensemble des travaux menés jusqu'à fin 2015. Il se conclue par le rendu actualisé (à fin 2015) des cartes d'aléas par commune dont les fonds topographiques ou photographiques géoréférencés utilisés sont les fonds IGN dont la BD Ortho® IGN (prise de vue de 2009).

Remarque : Les traitements prévus en 2016 et 2017 occasionneront potentiellement de nouvelles mises à jour locales de la cartographie de l'aléa des communes concernées.

1 DEFINITIONS ET METHODOLOGIE

1.1 Définitions de l'aléa et du risque

L'aléa est un concept qui correspond à l'éventualité qu'un phénomène d'intensité qualifiable ou quantifiable, se produise sur un site donné. Dans le domaine du risque minier comme dans celui du risque naturel, l'aléa résulte du croisement de l'intensité d'un phénomène redouté et de l'éventualité de sa survenance (cf. figure 1).

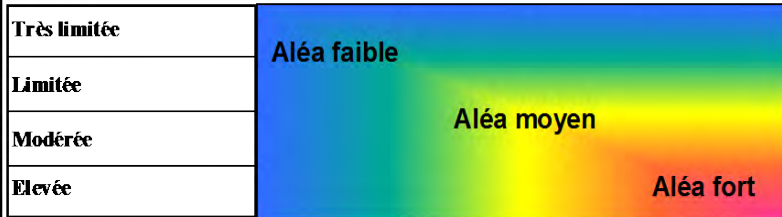
Prédisposition	Très peu sensible	Peu sensible	Sensible	Très sensible
Intensité				
Très limitée				
Limitée				
Modérée				
Elevée				

Figure 1 : Grille de croisement intensité /Prédisposition (cf. [10])

L'aléa est hiérarchisé. On utilise les termes « aléa fort », « aléa moyen » et « aléa faible ». Cette hiérarchisation peut signifier :

- que les zones concernées par l' « aléa fort » sont davantage prédisposées à l'apparition de dégradations en surface que les zones d' « aléa moyen » ou d' « aléa faible » ;
et/ou,
- que les phénomènes susceptibles de se produire dans les zones d' « aléa fort » sont d'un niveau plus élevé que dans les zones d' « aléa moyen » ou d' « aléa faible ».

Une zone de risque est définie comme la partie de la zone d'aléa dans laquelle se trouve un enjeu en surface (habitation, infrastructure...).

1.2 Incertitudes cartographiques

La première étape de l'étude d'aléa, appelée « phase informative » consiste entre autre, à positionner sur fond cartographique, les anciens travaux et autres éléments utiles (ouvrages débouchant au jour, indices de désordres, dépôts de surface) dans leur environnement.

Le positionnement des travaux miniers, des ouvrages et désordres qui n'ont pas été retrouvés sur le terrain est affecté d'une incertitude globale pouvant être décomposée de la manière suivante :

- Incertitude de localisation de l'ouvrage minier : elle dépend des éléments ayant mené à son positionnement. Si les ouvrages relevés sur le terrain au DGPS se voient attribuer une très faible incertitude (de quelques décimètres à quelques mètres), ceux dont la position est tirée d'anciens plans portant peu de points de repère se voient attribuer l'incertitude de ces plans.

- Incertitude liée à la reproduction du plan : par exemple, photographier un plan provoquera une incertitude plus grande que de le scanner.
- Incertitude liée à l'opération de géoréférencement du plan : elle dépend principalement de l'incertitude des points de repère utilisés pour son calage.
- Incertitude liée au choix du support cartographique : le support cartographique, la BD Ortho[®] de l'IGN dans le cas présent, de par sa précision est lui-même facteur d'une erreur de positionnement indépendante des ouvrages miniers. Elle est estimée à 3 m pour la BD Ortho[®] de l'IGN.

Ces incertitudes sont incluses dans les **marges** prises en compte pour la cartographie des aléas. En effet, la cartographie de l'aléa lié à un élément minier intègre l'extension du phénomène ainsi que l'incertitude globale décomposée ci-dessus.

1.3 Méthodologie mise en œuvre

Les différentes investigations ont été réalisées dans le cadre méthodologique retenu pour les études des anciens sites miniers, conformément aux textes réglementaires. Le déroulement de l'étude des aléas s'appuie donc sur la démarche établie dans le guide méthodologique d'élaboration des plans de prévention des risques miniers (cf. [10]). La réalisation d'une étude des aléas comprend deux phases successives, qui se traduisent chacune par un ou plusieurs documents cartographiques :

- **Une phase informative**, présente la synthèse des données minières, le repositionnement des travaux dans leur environnement et les éléments utiles et nécessaires à l'évaluation des aléas résiduels (géologie, hydrogéologie, indices de désordres...), l'ensemble s'appuyant sur une enquête de terrain. Le produit de cette phase est une **carte informative**, positionnant les différents éléments sur la BD Ortho[®] de l'IGN.
- **Une phase d'évaluation et de cartographie de l'aléa**. Sur la base des données acquises lors de la phase informative, les différents phénomènes potentiellement envisageables, compte tenu de la nature des travaux, sont étudiés et évalués à la lumière des paramètres spécifiques au site. Enfin, l'enveloppe des zones affectées par les différents aléas est reportée sur fond cartographique.

PHASE INFORMATIF

2 CONTEXTE ET PERIMETRE DE L'ETUDE

Le bassin ferrifère de May-sur-Orne a été le siège entre 1896 et 1968 de recherche et d'exploitations du minerai de fer. Les concessions minières concernées par des travaux de recherche et d'exploitation sont au nombre de quatre : Bully, Maltot, May-sur-Orne et Saint-André-sur-Orne. Leurs principales caractéristiques sont résumées sur le tableau 1 suivant. C'est le contour de ces 4 titres qui a guidé le périmètre de l'étude des aléas (cf. figure 2).

Concession	Bully	Maltot	May-sur-Orne	Saint-André-sur-Orne
Superficie (ha)	402	430	964	389
Date d'institution	1896	1903	1896	1893
Date d'arrêt des travaux miniers	1968			
Date de renonciation	1975			
Dernier exploitant	Société des Mines et Produits Chimiques (SMPC)			
Communes concernées par le périmètre	Feugerolles-Bully	Etterville, Feugerolles-Bully, Maltot, Saint-André-sur-Orne	Bully, Clinchamp-sur-Orne, Fontenay-le-Marmion, Laize-la-Ville, May-sur-Orne, Rocquancourt, Saint-Aignan-de-Cramesnil, Saint-Martin-de-Fontenay	Fontenay-le-Marmion, May-sur-Orne, Saint-André-sur-Orne, Saint-Martin-de-Fontenay

Tableau 1 : Principales caractéristiques des concessions du bassin minier de May-sur-Orne

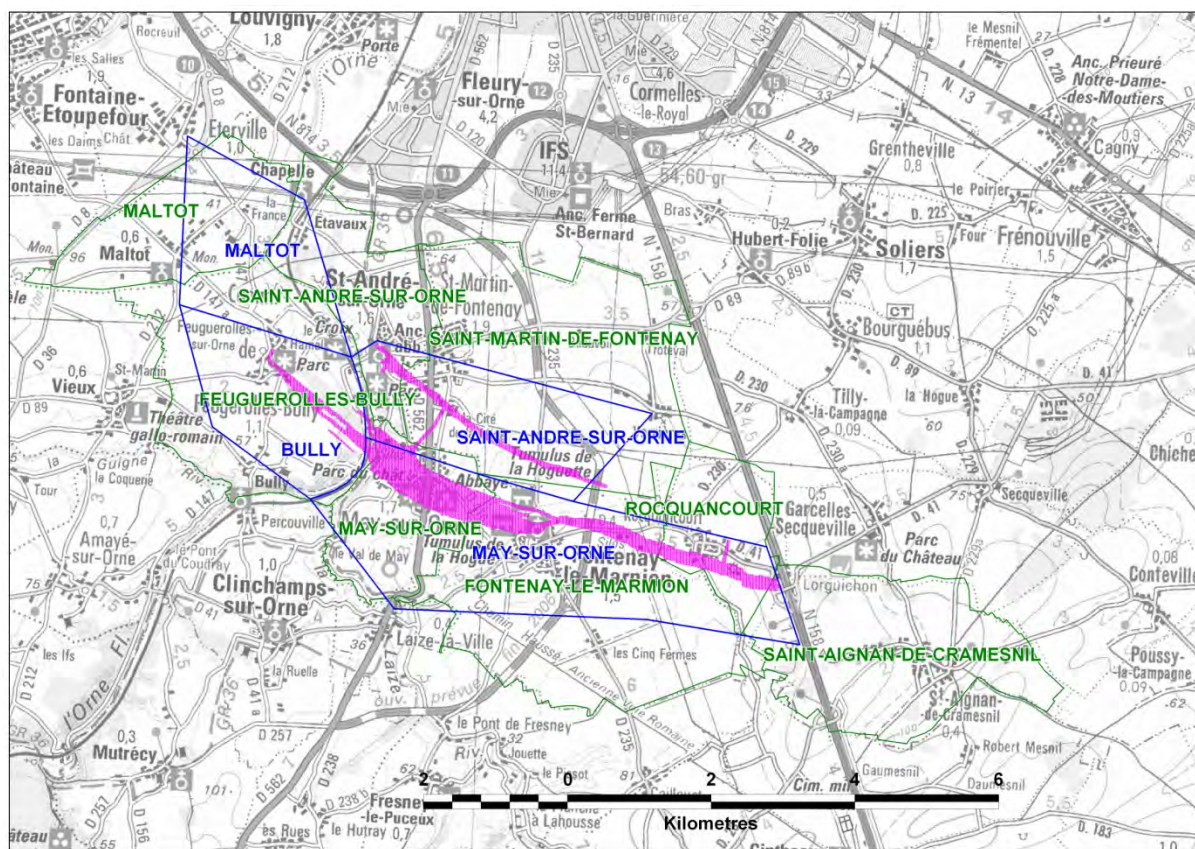


Figure 2 : Périmètre de l'étude des aléas sous fond SCAN100® IGN (en bleu les concessions, en vert les communes, en rose l'emprise des travaux miniers)

Remarque : Sur ce même bassin, les autres concessions octroyées n'ont jamais été exploitées. Il s'agit des concessions de Garcelles, Fierville, Ouézy, Ouille, Condé-sur-Iffs, Saint-Pierre-sur-Dives.

Les communes finalement concernées par les travaux miniers, au nombre de 8, sont ainsi les suivantes : Maltot, Feuguerolles-Bully, Saint-André-sur-Orne, Saint-Martin-de-Fontenay, May-sur-Orne, Fontenay-le-Marmion, Rocquancourt et Saint-Aignan-de-Cramesnil.

3 TRAVAUX REALISES ET DEMARCHE ADOPTEE

Dans le cadre de l'étude préliminaire des aléas menée de 2004, les données d'exploitations et cartographiques de base étaient essentiellement issues des dossiers de demande d'abandons définitifs des travaux (DADT) ou de renonciation aux titres miniers ainsi que des archives minières de la DRIRE (aujourd'hui DREAL). Une cartographie précise en coupe des travaux miniers avait été réalisée par la Société GEOSTOCK en préalable du stockage d'hydrocarbures (cf. figure 3). Les planches issues de ce travail ont été également exploitées.

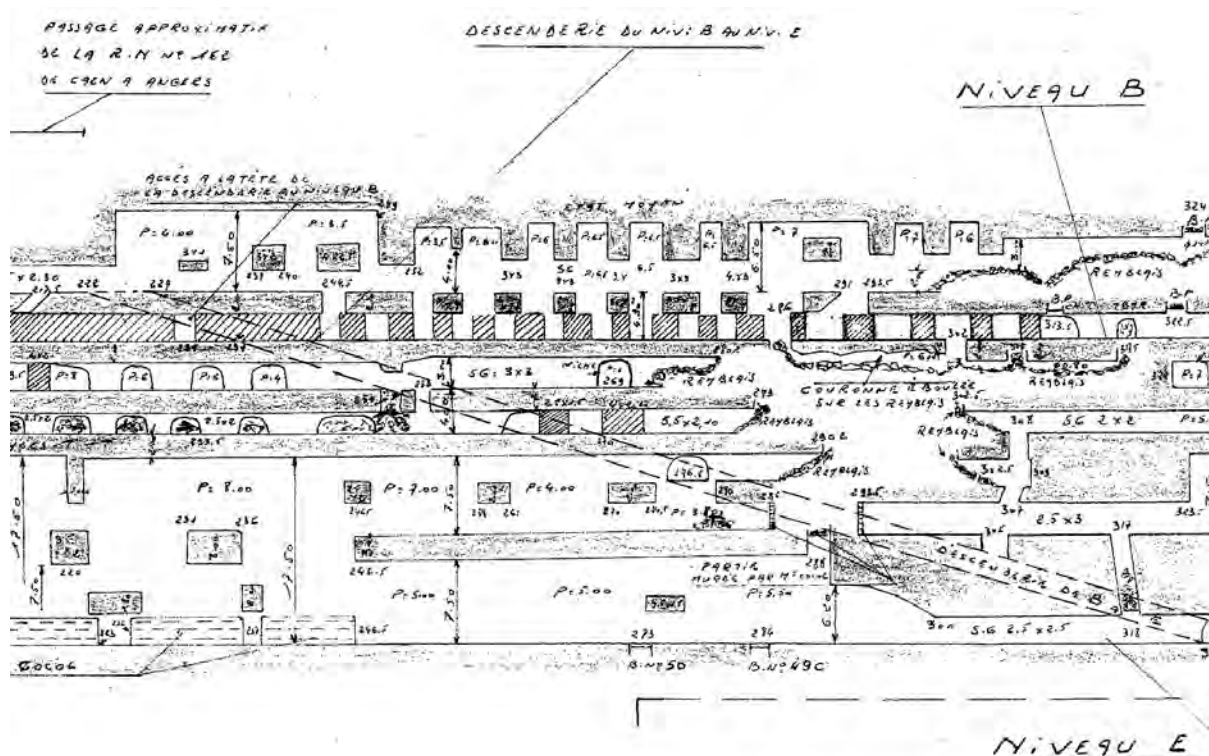


Figure 3 : Extrait de plan GEOMINES « dans la couche » entre la surface et le niveau E - Flanc Nord

En parallèle, des visites du site en surface ont été effectuées, de manière à :

- lever et observer la nature et l'état des ouvrages débouchant en surface (galeries, descenderies et puits) ;
- lever et observer et caractériser les désordres anciens et, le cas échéant, nouveaux en surface, liés à des instabilités minières déjà connues ou non.

Par ailleurs, la rencontre de personnalités locales ainsi que la mairie de May-sur-Orne avait permis de compléter les données recueillies dans les documents d'archives pour un certain nombre d'anciens accès à la mine et de désordres liés aux anciens travaux.

Pour affiner l'évaluation de l'aléa et la cartographie, dans le cadre de l'étude détaillée des risques, un complément d'informations avaient pour objectifs de :

- réduire l'incertitude de calage des travaux miniers par rapport à la surface dans les secteurs à enjeux ;
- apprécier la nature et la qualité géomécanique des terrains de recouvrement de ces exploitations minières ;
- pouvoir de nouveau accéder à ces travaux miniers, par ouverture de galeries et réalisation de puits de descente, et de pouvoir pérenniser ces accès dans le cadre de surveillances ultérieures ;
- établir un nouvel état des lieux géotechnique des travaux miniers, en se focalisant sur les zones où des enjeux de surface sont présents : appréciation de l'état des cavités, des mécanismes d'instabilité observés ou potentiels
- connaître les zones inaccessibles dont l'état ne pouvait être apprécié que depuis la surface.

Pour ce faire, les investigations suivantes ont été réalisées à partir de 2005 :

- réalisation de sondages destructifs (85 au total) et carottés (4 au total) ;
- auscultation des vides rencontrés par caméra et laser et valorisations géologique et géotechniques de ces sondages ;
- inspections et levés géotechniques des travaux miniers accessibles par l'intermédiaire des galeries de niveau B (flanc nord) et I (flanc sud) le long de l'Orne, ré-ouvertes à cette occasion, ou par trois nouveaux puits de descente forcés pour faciliter l'évolution sur tout le linéaire de galeries.

L'ensemble de ce travail est formalisé sous un Système d'Information Géographique (SIG) élaboré sous le logiciel MapInfo®. Il a conduit, en 2006 (cf. [2]), à la cartographie détaillée des risques base à partir de laquelle, l'Etat a entamé la surveillance et les travaux de traitement des zones à risques.

4 SYNTHÈSE DU CONTEXTE GÉOLOGIQUE DU BASSIN FERRIFÈRE DE MAY-SUR-ORNE

Le minerai de fer exploité à May-sur-Orne par la Société des Mines et Produits Chimiques s'intègre dans le bassin ferrifère de l'Ouest de la France constitué du bassin de Normandie (région Caen-Domfront) et du bassin d'Anjou-Bretagne (région Angers-Rennes et de Segré) (cf. figure 4).

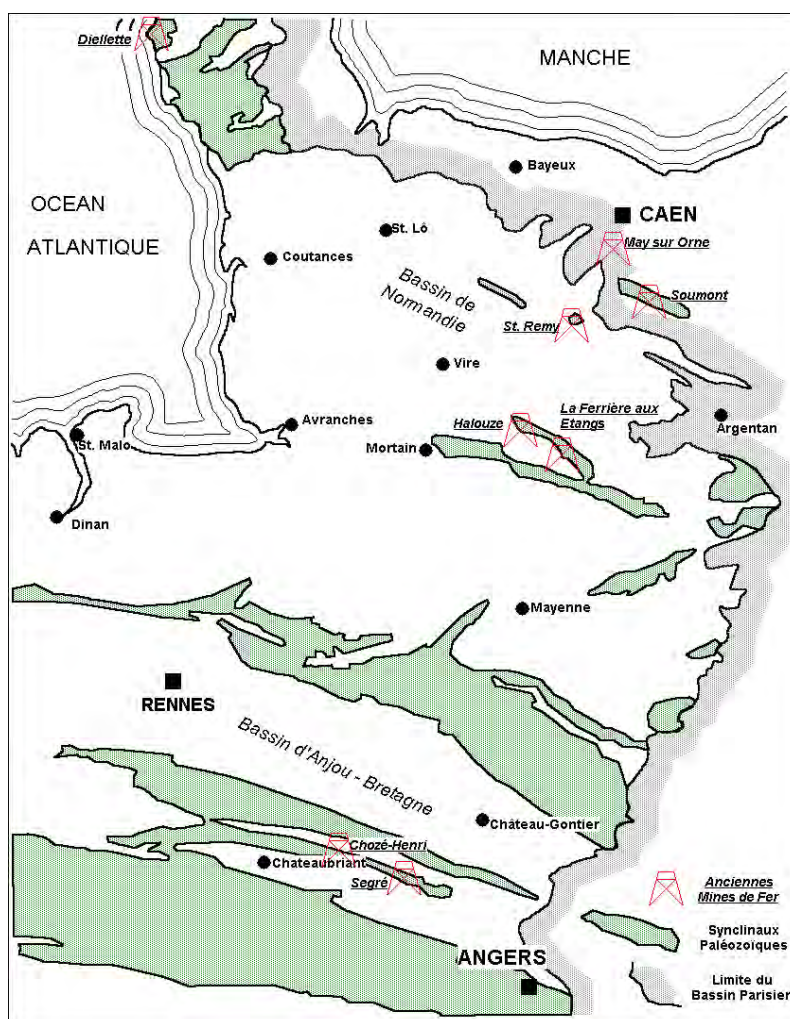


Figure 4 : Carte de localisation des bassins ferrifères d'Anjou-Bretagne et de Normandie (d'après [1])

Le minerai de fer est un minerai oolithique carbonaté siliceux, à faciès hématite, d'âge ordovicien, et se situe dans un massif dont le mur et le toit géologiques sont constitués par des schistes et grès (cf. figure 5). Ce massif primaire est plissé en un synclinal orienté approximativement est-ouest, atteignant une grande profondeur, et aux flancs très redressés (45° à 60° pour le flanc sud, subverticaux pour le flanc nord). Ce synclinal est recouvert en discordance par une série à dominante calcaire du Jurassique inférieur et moyen, dont l'épaisseur varie de 0 à 60 m.

La couche du minerai de fer présente une puissance de 2 à 7 m. Elle se subdivise localement en deux couches distinctes séparées d'un intercalaire réduit.

Par ailleurs, le massif est découpé par deux types d'accidents :

- le premier, de direction longitudinale au synclinal, à pendage nord et au jeu inverse, affecte uniquement les formations primaires. Dans le secteur de May-sur-Orne, une faille affecte particulièrement le flanc sud du gisement. En effet, son rejet relatif important donne un dédoublement de la couche de minerai (« digitalisation ») entre les niveaux – 72 et – 167 (la partie chevauchée vers le sud est alors appelée « lèvresud » et la partie chevauchante au nord est nommée « lèvresud »). La distance séparant les deux couches ainsi chevauchées est de l'ordre de 35 à 90 m en projection horizontale ;
- le second type d'accident tectonique, de direction sub-méridienne, au jeu dextre, est représenté par la faille de l'Orne qui présente au niveau des travaux miniers un rejet d'environ 100 m. Ces failles sont toutefois assez espacées, ayant laissé entre elles des panneaux réguliers et exploitables de plusieurs centaines de mètres.

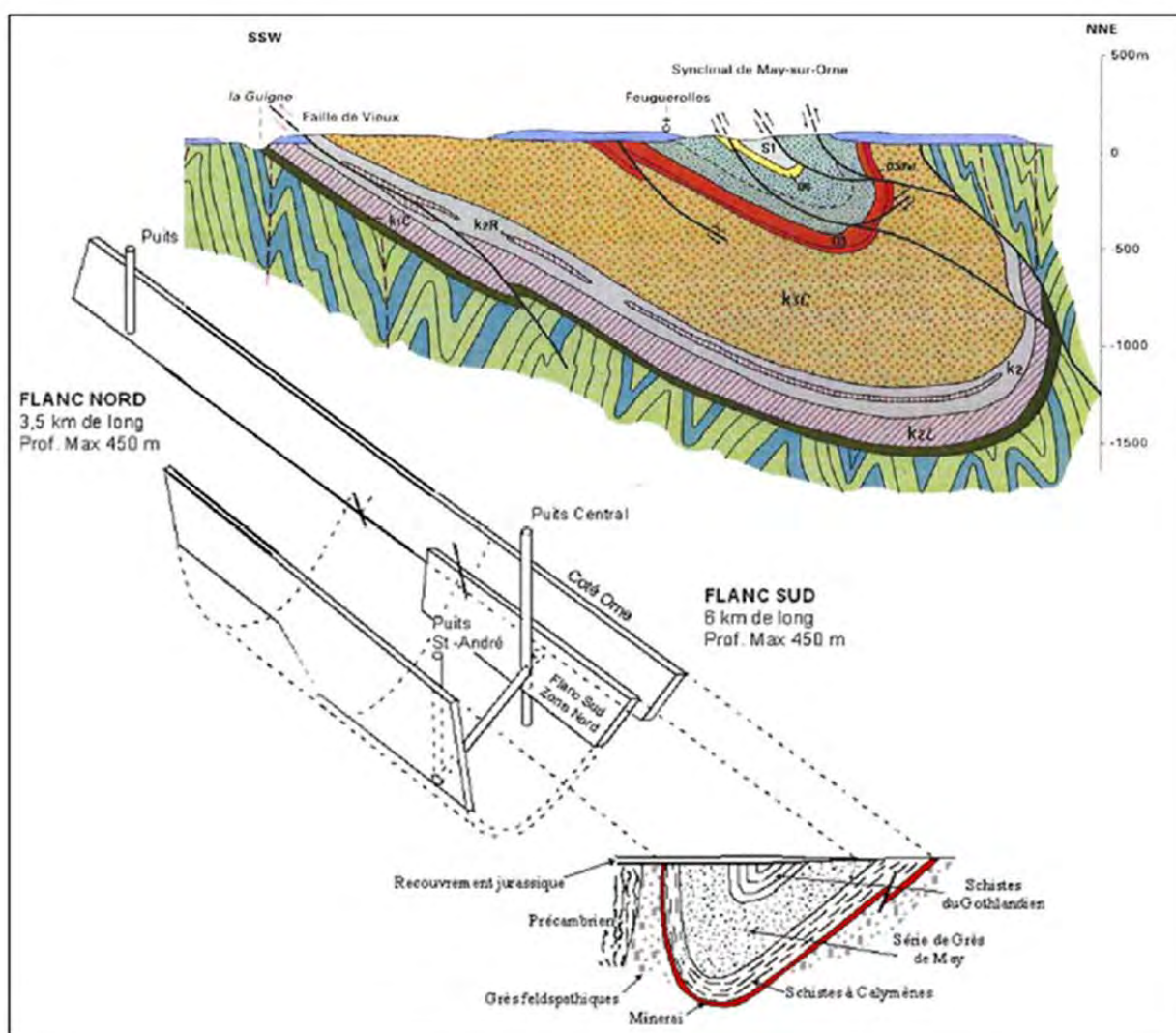


Figure 5 : Coupe géologique des formations primaires (hors couverture Jurassique) du gisement au niveau des travaux miniers (d'après [1])

D'un point de vue mécanique, les quelques résultats d'essai de résistance effectués sur le minerai et les épontes de la couche (schistes au toit et grès tachetés feldspathiques au mur) ont montré que les matériaux du flanc sud étaient plus résistants que ceux du flanc nord (cf. [1]). A titre indicatif, on peut donner les valeurs de résistance à la compression uniaxiale suivantes :

- minerai (flanc nord) : 90 à 110 MPa ;
- grès tachetés : entre 40 à 45 MPa (flanc nord) et 160 à 182 MPa (flanc sud) ;
- schistes : entre 20 à 28 MPa (flanc nord) et 70 à 85 MPa (flanc sud).

4.1 Hydrogéologie

Le site des anciennes exploitations ferrifères se caractérise par l'existence de deux aquifères, une nappe libre (double) dans les formations jurassiques et une zone saturée dans les terrains primaires. Ces deux aquifères sont séparés par un horizon imperméable discontinu (argiles liasiques).

4.1.1 L'aquifère du Primaire

Les formations du Primaire qui contiennent le gisement de fer exploité sont saturées mais ne renferment pas une nappe stricto sensu, les faibles porosité et perméabilité de ces terrains les empêchant de constituer un aquifère exploitable. Ces formations sont alimentées par les nappes jurassiques sus-jacentes par percolation verticale au travers de zones de plus grande perméabilité.

Du fait de leur très faible perméabilité, les niveaux d'eau dans les schistes sont généralement inférieurs à ceux des Grès de May et des grès feldspathiques.

A ce jour, l'exhaure est maintenue depuis les galeries de niveau I (May-sur-Orne) et B (Saint-André-sur-Orne) respectivement aux cotes NGF + 12,55 m et + 13,30 m. De plus, au droit des puits de Rocquancourt et d'Harcourt, les eaux d'origine jurassique et contenues dans les galeries de mine sont exploitées pour l'activité agricole locale.

4.1.2 Les nappes du Jurassique

Les niveaux du Jurassique au-dessus des formations primaires renferment deux aquifères séparés par un horizon plus ou moins continu et imperméable de calcaires argileux, de marnes et d'argiles. Régionalement on ne distingue (piézométriquement parlant) qu'une seule nappe.

Ces deux aquifères, largement exploités, sont situés dans les terrains suivants :

- les calcaires du Bathonien (niveau de la « Pierre de Caen ») limités à la base par une couche d'argile bleue ; c'est l'aquifère supérieur bathonien ;
- les calcaires oolithiques fissurés du Bajocien ; c'est l'aquifère inférieur bajocien.

L'écoulement général est de direction sud-nord ou sud-ouest – nord-est, sauf à proximité de l'Orne vers laquelle il est dévié. Les cotes moyennes mesurées dans les calcaires jurassiques varient de + 35 m NGF sur le flanc nord jusqu'à + 55 m NGF sur le flanc sud.

4.1.3 Conditions hydrogéologiques actuelles

Le niveau d'eau est aujourd'hui maintenu par l'existence de deux émergences au niveau de la cote NGF + 13 m (environ) avec toutefois l'existence d'un gradient qui fait évoluer le niveau piézométrique de + 10 à + 50 m, d'ouest en est. Les travaux miniers sont donc envoyés jusqu'à ces cotes, ce qui représente la quasi totalité des travaux à l'exception des parties hautes des puits et autres travaux miniers au-dessus des galeries de niveau I et B.

5 HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION

5.1 La mine

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

La mine de fer de May-sur-Orne, sur les deux flancs du synclinal, concerne quatre concessions : May-sur-Orne (964 ha) sur le flanc sud, Saint-André-sur-Orne (389 ha) sur le flanc nord, puis Bully (402 ha) et Maltot (430 ha). Cette dernière n'a fait l'objet que de faibles travaux. Rappelons que d'autres concessions sont réparties le long du synclinal de May-sur-Orne mais n'ont jamais été exploitées ; il s'agit de Garcelles, Fierville, Ouveille, Ouézy, Condé-sur-Iffs et Saint-Pierre-sur-Dives.

Les concessions de Maltot, Bully et Saint-André, respectivement octroyées par décrets entre 1893 et 1903 à différentes personnes physiques ont été acquises par adjudication par la Société des Mines et Produits Chimiques (SMPC) le 9 janvier 1926. Celle de May-sur-Orne, octroyée en 1896, et dont les derniers propriétaires étaient les héritières Lebas et Limbour avait été amodiée depuis à la SMPC depuis 1905 qui assura son exploitation jusqu'en 1968 date de l'arrêt des travaux pour raison économique. Le siège principal d'extraction se situait à May-sur-Orne où les travaux se sont prolongés sous la concession sur 1 700 m. Un stot de protection a été maintenu sous l'Orne.

La production annuelle était en moyenne de 650 000 à 700 000 tonnes, avec un maximum de 726 000 tonnes en 1955. Le minerai était vendu à des usines françaises, anglaises, belges, allemandes et hollandaises.

Fin 1973, la SMPC, concessionnaire de Maltot, Bully et Saint-André, ainsi que les héritières Lebas et Limbour, concessionnaires de May-sur-Orne demandèrent la renonciation aux concessions précitées. La renonciation aux quatre concessions fut acceptée le 4 décembre 1975.

La catastrophe économique régionale qu'a amenée la fermeture des mines, après un siècle d'exploitation, a néanmoins été atténuée par deux activités qui ont permis de continuer, plus ou moins directement, la vie de la mine :

- le stockage souterrain d'hydrocarbures ;
- l'exploitation des eaux d'exhaure.

5.2 Le stockage souterrain d'hydrocarbures

Dès 1969, la société GEOSTOCK s'est intéressée au site de la mine souterraine de May-sur-Orne pour étudier les possibilités d'un stockage souterrain d'hydrocarbures. Le 30 juin 1971, un accord est signé entre la SMPC et GEOSTOCK. Ensuite, les travaux d'aménagement de la mine ont été mis en œuvre par la société Géomines Caen (filiale de GEOSTOCK). L'utilisation des vides pour le stockage souterrain d'hydrocarbures liquides s'est traduite par un transfert de responsabilité en matière de sécurité publique entre la SMPC et la société Géomines Caen, gestionnaire du stockage pour le compte des compagnies pétrolières.

Seules cinq ouvertures ont été maintenues accessibles pour contrôler le stockage, pour l'aération et pour l'exhaure : le puits Saint-André, le puits Central et le puits Urbain-le-Verrier (ULV) ainsi que les galeries de niveau I (flanc sud) et B (flanc nord).

En 1982, le stockage a été perturbé par une activité microbienne productrice de méthane dont la maîtrise a demandé à la société Géomines Caen plus d'un an d'efforts techniques et financiers. Durant cette période, l'exploitation du stockage a dû être interrompue. Compte tenu de ces difficultés, la décision de vidange complète a été prise en août 1983 et mise en œuvre de 1984 à 1988. Cette vidange a été suivie d'une période d'observation de 3 mois, à l'issue de laquelle l'autorisation du remplissage en eau des cavités souterraines a été acceptée. La remontée des eaux a été conduite entre 1989 et 1990, accompagnée de mesures ponctuelles de sa qualité.

5.3 L'exploitation des eaux d'exhaure

En 1925, des venues d'eau très importantes, en provenance de la base des calcaires jurassiques, ont été interceptées. Ces calcaires, beaucoup plus perméables que les schistes et grès sont le siège, à leur base, d'une zone d'accumulation d'eau constituant des sources intéressantes pour le captage. Ces sources ont provoqué des venues d'eau intempestives qui ont obligé à renforcer l'exhaure qui se faisait par les galeries de niveau.

En 1955, ces réserves furent utilisées afin d'alimenter l'agglomération caennaise, en réaménageant un ancien puits (puits Taraud) reliant le niveau I à la surface. Depuis 1962, la gestion de ce puits fut confiée au Syndicat d'exploitation des eaux d'exhaure des mines de May-sur-Orne, suite à une convention signée le 2 février 1961 avec la SMPC pour une durée de 99 ans.

En 1965, une autre installation de pompage fut mise en place au puits de Rocquancourt et exploitée par une exploitation fruitière, la société « La Crête de Fontenay » (2 juin 1965 pour 99 ans).

A la fermeture du stockage, une convention de remise des installations fut signée entre la société Géomines Caen et le Syndicat d'exploitation des eaux pour le maintien de l'accès aux ressources dans les galeries de la mine par les puits Taraud et de Rocquancourt. Ces travaux furent réalisés pendant l'exécution des travaux de fermeture du stockage.

Ces eaux proviennent de sources liées au percement de la nappe des calcaires jurassiques (cote NGF + 44 m) et s'écoulant jusqu'à la galerie de niveau I (cote NGF + 25 m au droit de Rocquancourt). Ainsi, compte tenu que la cote maximale atteinte par le stockage était de – 15 m, ces eaux ne pouvaient être, en aucun moment, en contact direct avec les hydrocarbures, ce qui a permis son exploitation pour l'agriculture locale.

6 DESCRIPTION DES TRAVAUX MINIERS

Les travaux miniers s'étendent d'est en ouest sur environ 3,5 km pour le flanc nord (concessions de Saint-André-sur-Orne et Maltot) et 6 km pour le flanc sud (concessions de May-sur-Orne et Bully), avec des profondeurs allant jusqu'à 450 mètres.

L'exploitation a été menée sur plusieurs panneaux accessibles depuis le fond par des galeries horizontales de niveau (cf. figures 6 et 7) :

- flanc sud : 15 galeries (I à XV) échelonnées tous les 40 m environ et dont l'entrée au niveau I se situe à la côte + 12,55 m NGF ;
- flanc nord : 17 galeries (B à T) échelonnées de manière variable et dont l'entrée au niveau B se situe à la côte + 13,3 m NGF.

Les galeries de niveaux I et B ne correspondent pas aux ouvrages les plus superficiels. En effet, elles sont surmontées de travaux anciens ainsi que de galeries dites de « morts-terrains », percées en limite voire au sein même des calcaires jurassiques. Ainsi, la profondeur des exploitations les plus superficielles n'excède pas 50 m et est, le plus souvent, inférieure à 20 m (exemple de l'exploitation à 13 m de profondeur au niveau du puits Saint-André pour le flanc nord ou celle à moins de 10 m au niveau de la Descente de la Hogue pour le flanc sud).

Un travers-bancs, percé entre les niveaux XV et T, permettait de rejoindre les deux flancs de l'exploitation. Finalement, sur le flanc sud, un stot de 70 m de large a été laissé sous le passage de l'Orne.

Du fait des pendages (45° à 60° sur le flanc sud et plus de 80° sur le flanc nord) et des évolutions techniques au cours du temps, plusieurs méthodes d'exploitation se sont succédées à la mine de May-sur-Orne.

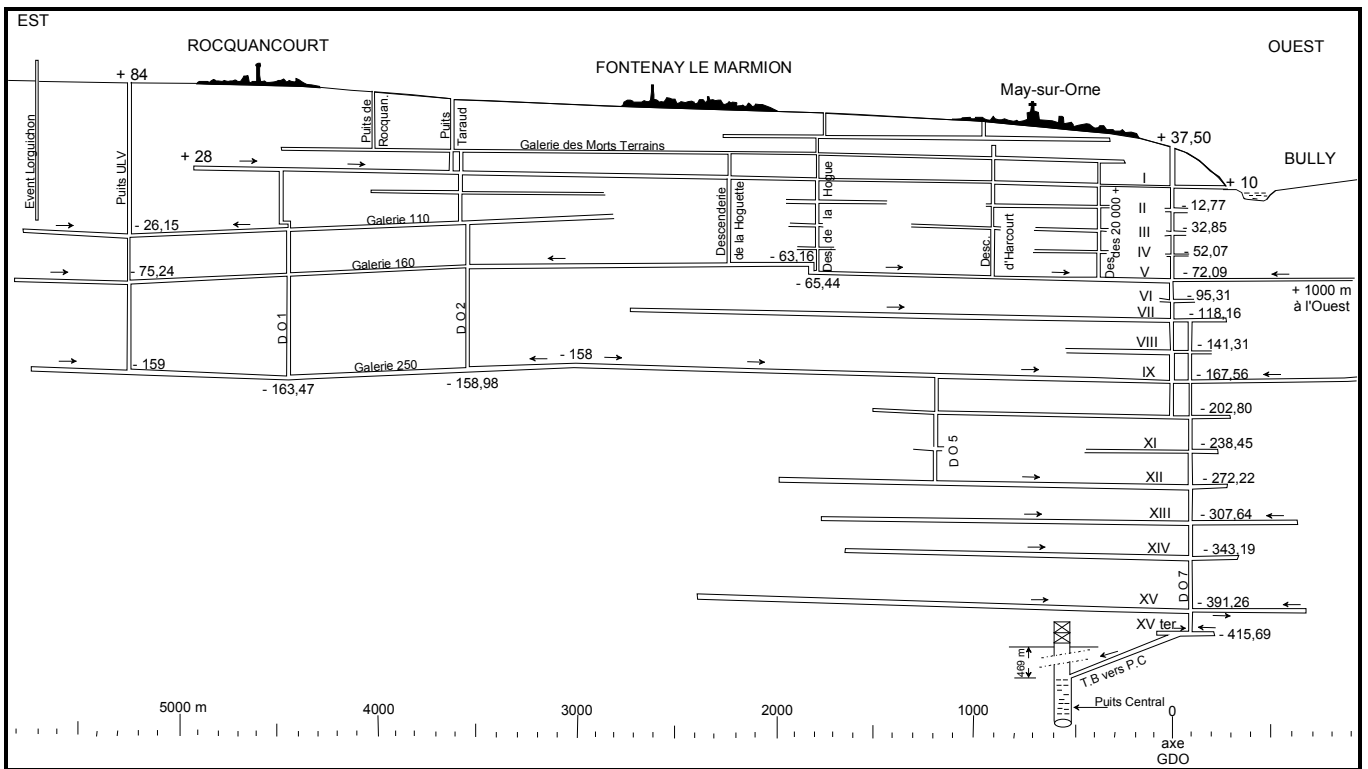


Figure 6 : Projection verticale des galeries de niveau du flanc sud (d'après[1])

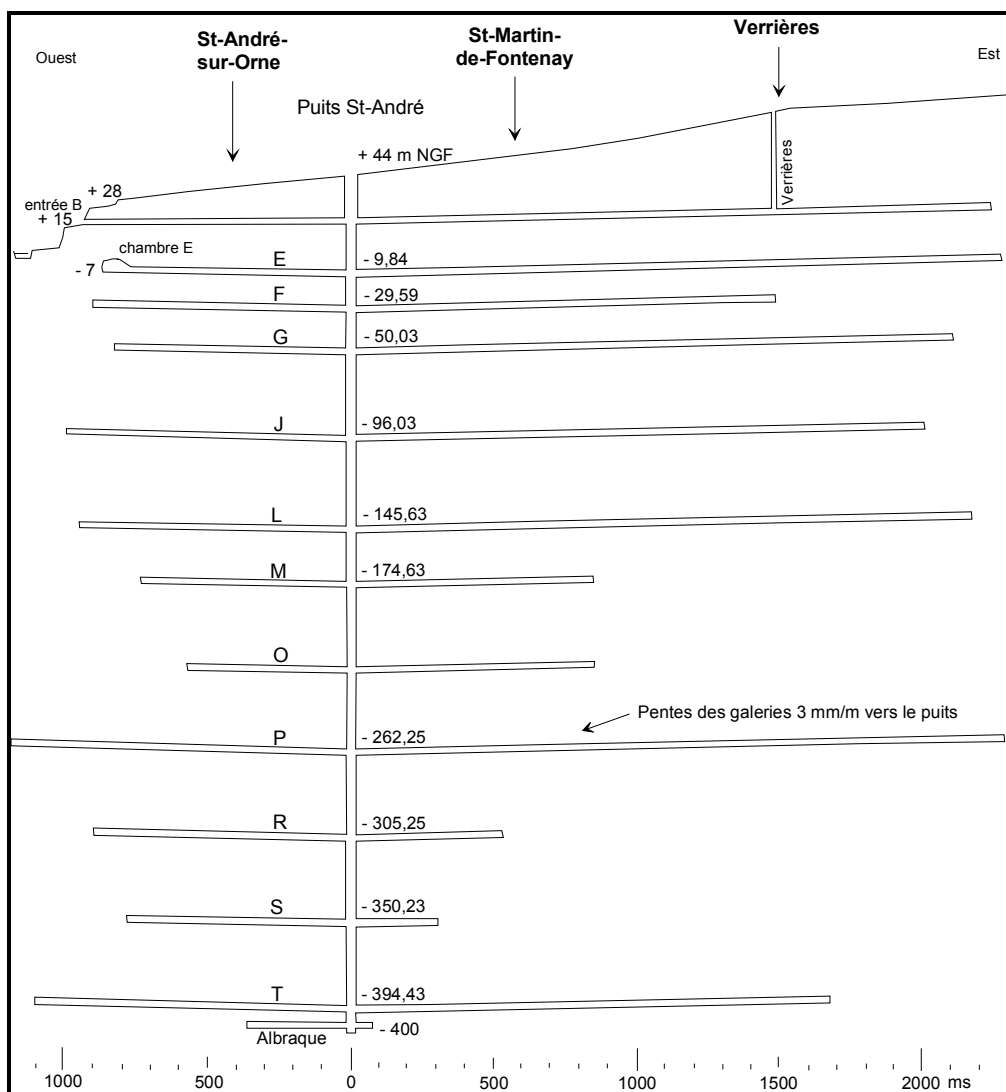


Figure 7 : Projection verticale des galeries de niveau du flanc nord (d'après[1])

6.1 Ancienne méthode par traçage et dépilage

La première, utilisée de la fin du XIX^{ème} siècle au début du XX^{ème}, fut l'exploitation par dépilage (cf. figure 9). Elle consistait, dans un premier temps, au creusement de galeries dites « voie de base » et « voie de tête » espacées de 20 à 25 m suivant la pente et, dans un deuxième temps, au percement de galeries parallèles intermédiaires accessibles par des cheminées. L'abattage du minerai se faisait, de façon manuelle, de haut en bas par dépilage progressif des piliers longitudinaux. Bien que les taux d'exploitation (ou taux de défruitement) était compris entre 80 et 85 %, cette méthode était longue à mettre en œuvre et peu rentable.

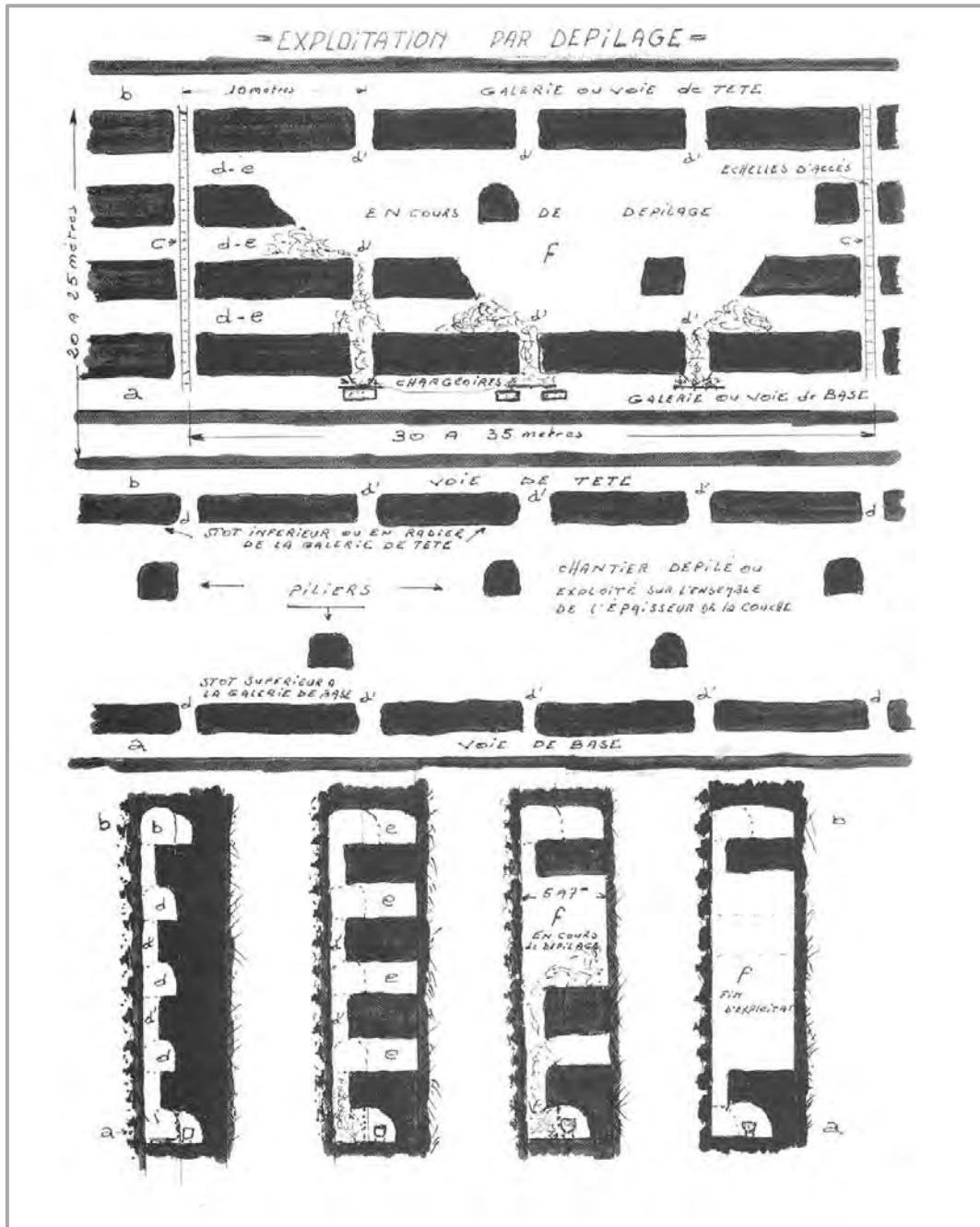


Figure 9 : Méthode d'exploitation primitive par traçage et dépilage d'après [13])

6.2 Méthode des tailles chassantes

La méthode par défilage fut abandonnée avant la Première Guerre Mondiale au profit de l'exploitation par taille chassante (cf. figure 10). Si les fronts se développaient en chassant entre les deux voies de tête et de base, séparées de 30 à 35 mètres, l'abattage s'opérait cette fois en descendant, en abandonnant régulièrement des piliers.

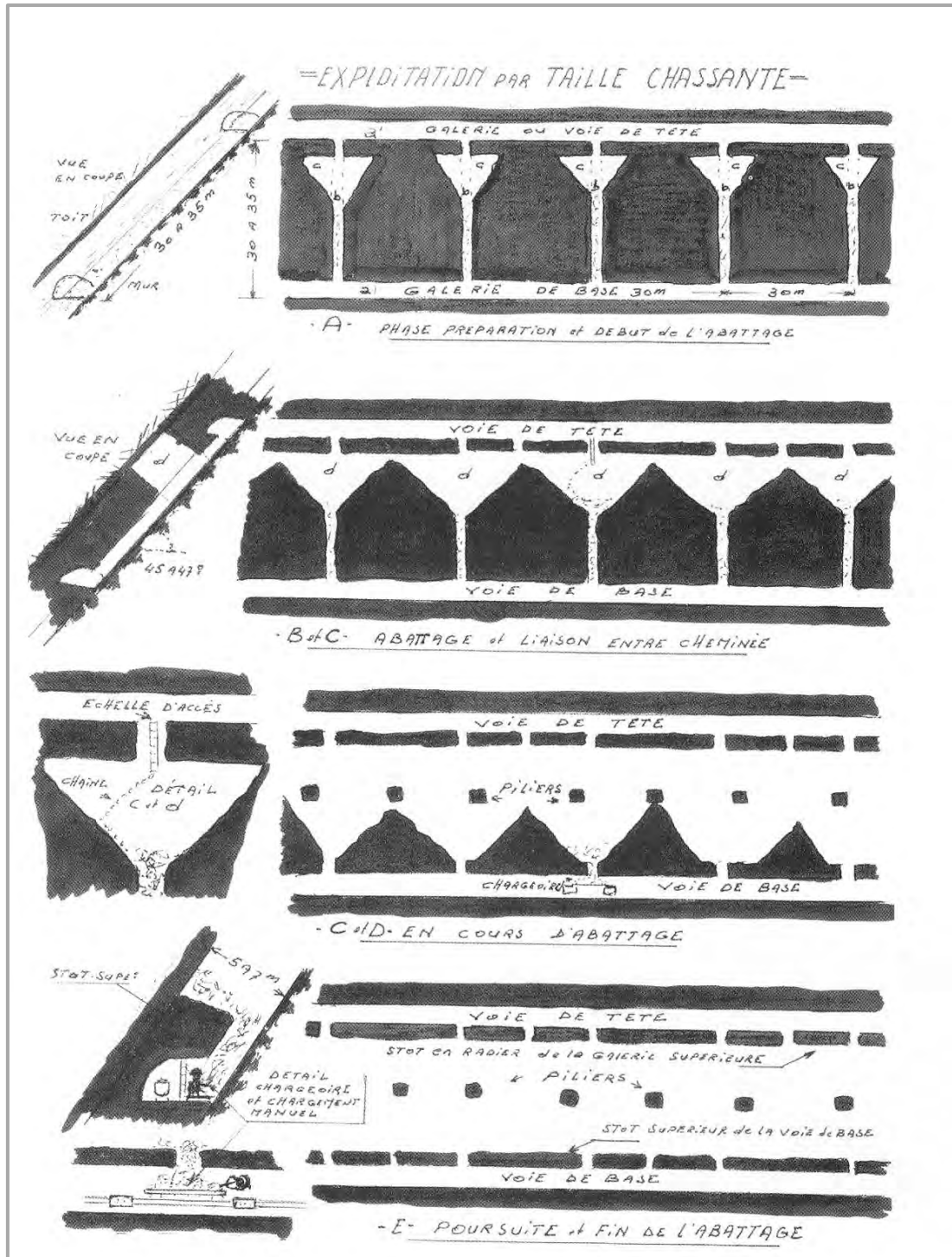


Figure 10 : Méthode d'exploitation par taille chassante (d'après [13])

6.3 Les tailles montantes ou « chambres magasins »

Finalement, vers 1925, cette dernière méthode fut aussi progressivement abandonnée pour être remplacée par l'exploitation par « chambres magasins » (cf. figure 11). Le principe général de celle-ci est l'abattage du minerai de bas en haut, les blocs « s'écoulant » par gravité au sein de la chambre. Durant l'abattage, les blocs sont retenus puis soutirés dans les berlines en galerie de base par un système de trémies. L'accès à la chambre se faisait par l'une des cheminées percées depuis la galerie de tête et équipées d'échelles. En cours d'exploitation, des piliers étaient laissés tous les 15 m (d'axe à axe) et devaient comporter une largeur correspondant à une épaisseur de couche exploitée plus 1 m. De plus, vers la tête du chantier, ces piliers étaient découpés suivant une forme triangulaire afin d'assurer l'écoulement du minerai.

Les dimensions types des chambres étaient les suivantes :

- dans la concession de Saint-André-sur-Orne, la distance suivant la relevée (hauteur verticale) entre les niveaux de tête et de base est de l'ordre de 44 m et la largeur de la chambre entre les parois extrêmes suivant l'horizontale est de 100 m. Le plus souvent, la chambre est limitée par des failles ;
- dans la concession de May-sur-Orne, la distance suivant la relevée entre les niveaux de tête et de base est de l'ordre de 60 m et la largeur de la chambre entre les parois extrêmes suivant l'horizontale est de 100 m.

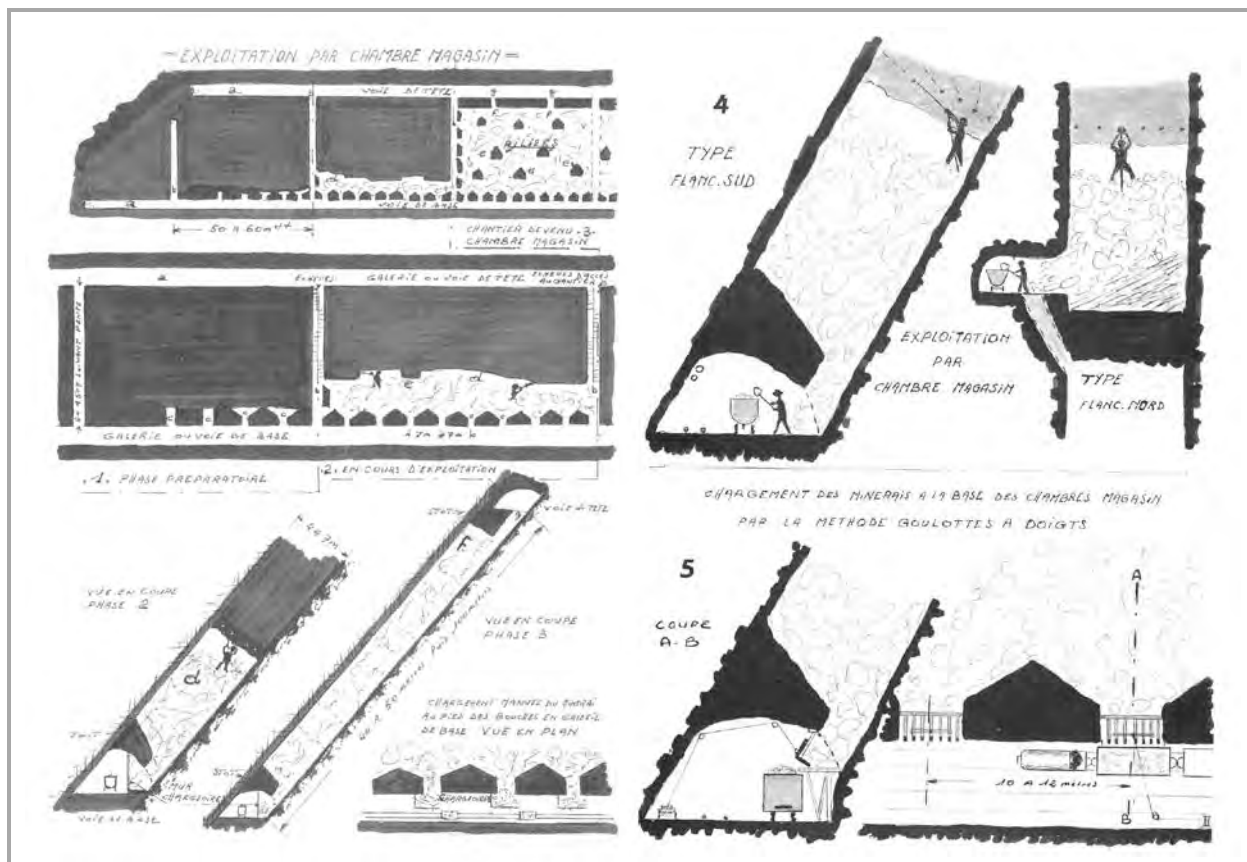


Figure 11 : Méthode d'exploitation par chambres magasins (d'après [13])

6.4 Synthèse

Ces trois méthodes d'exploitation se sont échelonnées au cours du temps, au fur et à mesure que la profondeur augmentait. Ainsi, l'exploitation par défilage concerne les niveaux les plus superficiels jusqu'au niveau E (flanc nord, soit à 50 m de profondeur au puits Saint-André), puis celle par taille chassante jusqu'à niveau L (flanc nord, soit à 190 m de profondeur au puits Saint-André), et finalement l'exploitation par « chambres magasins » jusqu'à 450 m (cf. figure 12).

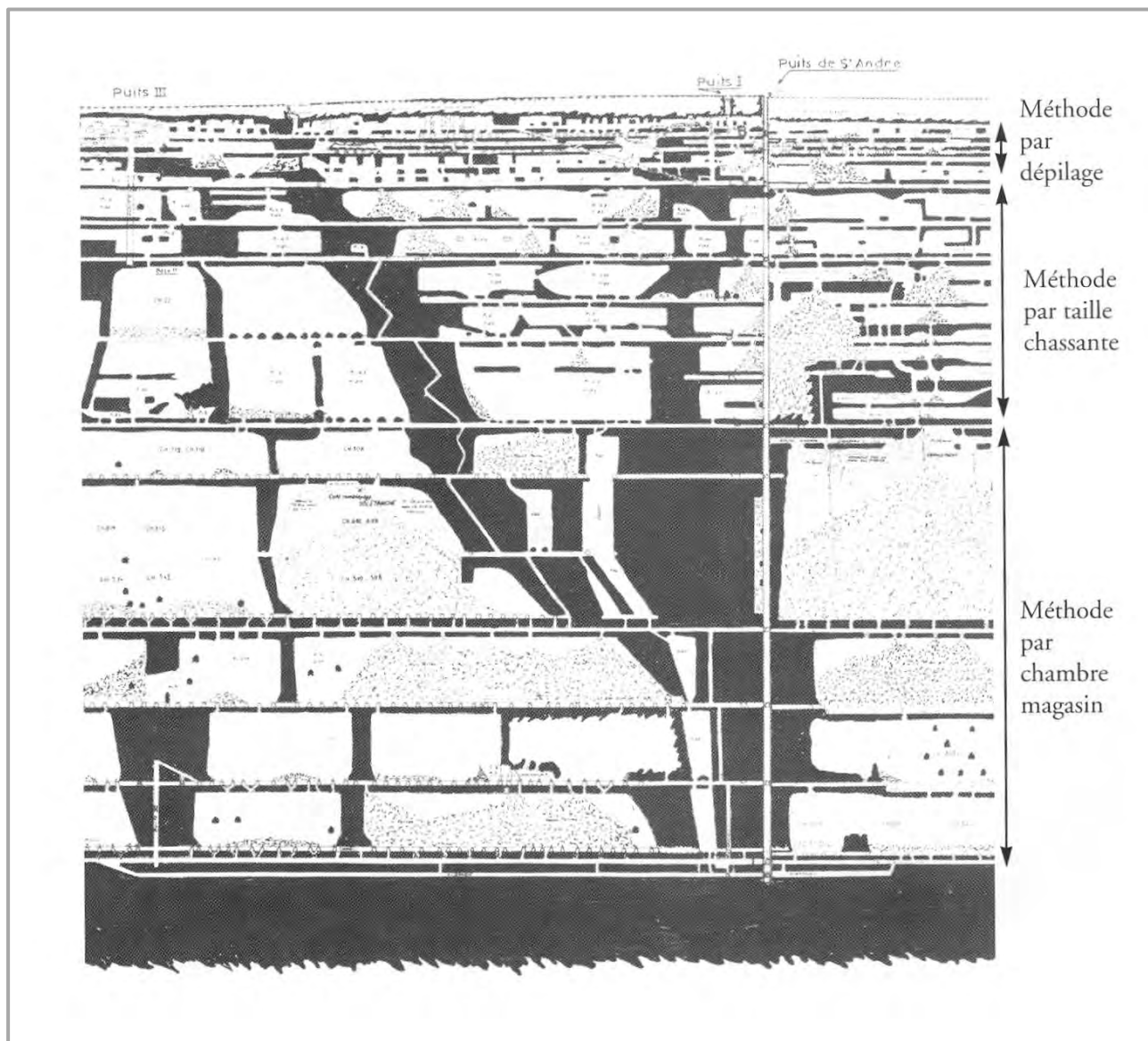


Figure 12 : Coupe générale d'un secteur du flanc nord montrant la localisation des différentes méthodes d'exploitation employées (d'après [13])

De manière synthétique, pour plus de compréhension dans la suite du présent document la figure suivante schématise un chantier d'exploitation superficielle et la nomenclature associée.

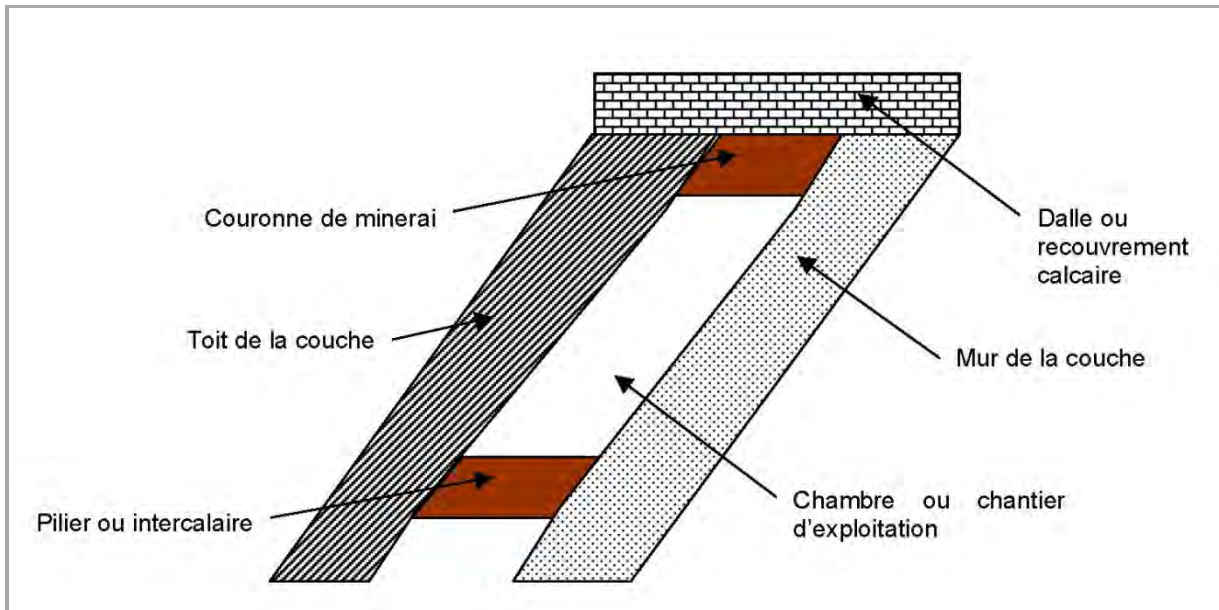


Figure 13 : Nomenclature utilisée pour l'expertise géotechnique des travaux

7 ETAT DES CONNAISSANCES DU BASSIN

7.1 Ouvrages débouchant au jour

La mine de May-sur-Orne comprenait 17 accès aux travaux miniers depuis la surface. Ils étaient destinés à l'extraction, l'aéragé ou le cheminement du personnel. On dénombre :

- 11 puits (Saint-André, Cheminée Saint Andrée et Puits de Verrières sur le flanc nord, Harcourt, ULV, Rocquancourt, Taraud, Cheminée garage Citroën, Cheminée de la Supérette et Cheminée Bully sur le flanc sud et le puits Central entre les deux flancs) :
- 3 descenderies (Grande descenderie, Harcourt (aussi appelée « Salerno ») et Hogue), toutes sur le flanc sud ;
- 5 galeries horizontales percées à flanc de coteau de l'Orne : deux à l'ouest de l'Orne (galerie de Maltot dans l'axe du flanc nord et Bully sur le flanc sud) et trois à l'est (entrée de niveau B sur le flanc nord, entrée de niveau I sur le flanc sud et Galerie de niveau + 13 assurant l'écoulement des eaux d'exhaure du puits Central).

Remarque : Une petite galerie de quelques mètres de longueur dite « galerie école » dédiée à l'enseignement des mineurs, a été creusé à proximité de l'entrée du niveau I. Cet ouvrage de très faible dimension ne présente pas d'aléa et ne sera pas pris en compte dans la suite de l'analyse.

Durant le stockage d'hydrocarbures 6 nouveaux accès dédiés à l'aéragé et au contrôle ont été foncés. Ces 6 ouvrages sont de très faible dimension (forages de gros diamètre, évent, etc.), leur diamètre n'excédant pas 50 cm. Ces forages traités par rebouchage en béton ne présentent pas d'aléas « mouvement de terrain » et ne sont pas pris en compte dans la suite de l'analyse.

La fermeture des ouvrages débouchant en surface a été réalisée en deux temps :

- en 1968, sur 13 orifices, à la fermeture de la Société des Mines et Produits Chimiques ;
- en 1993, sur 16 orifices (comportant des reprises sur les précédents) suite à l'abandon du stockage d'hydrocarbures ;

En 2008, dans le cadre des traitements engagés par les services de l'Etat, 3 orifices ont été recomblés au coulis béton : puits d'Harcourt et cheminées d'aéragé du garage Citroën et de la Supérette (cf. § 15.1).

7.2 Les dépôts : Verses et terrils

Aucun dépôt de surface n'a été répertorié sur le bassin de May-sur-Orne.

7.3 Les mouvements de terrain

Une évaluation pertinente des aléas de mouvements de terrain passe par un inventaire des événements passés.

7.3.1 Désordres recensés en surface

A ce jour, moins d'une dizaine de désordres anciens ou récents ont été recensés. La totalité des désordres en surface connus à ce jour sont des effondrements localisés correspondant à l'ouverture en surface d'un cratère de forme circulaire ou en forme allongée selon l'axe des travaux miniers. Ces effondrements sont liés à l'instabilité de puits, de galeries ou d'exploitations situées à faible profondeur. Ils se sont tous produits après que l'exploitation minière ait été achevée.

Sur le flanc nord

Plusieurs effondrements localisés se sont produits entre 1958 et 1959, puis en juin 1973. Ces effondrements étaient situés à environ 1 km à l'est de l'entrée de la galerie de niveau B, en limite sud des communes de Saint-André-sur-Orne et de Saint-Martin-de-Fontenay. Aujourd'hui remblayés et les terrains remodelés, ces effondrements ne sont plus guère visibles. Il s'agit probablement d'effondrements localisés de petites dimensions (fontis) résultant de l'éboulement des terrains de couverture à l'emplacement de galeries proches de la surface. En effet il semble que l'épaisseur du recouvrement au-dessus des chantiers n'excède pas 10 m, dont au maximum 5 m de terrains jurassiques (calcaires altérés de mauvaise tenue).

Sur le flanc sud

On recense deux d'effondrements localisés de nature différente.

Le premier effondrement localisé résulte de l'éboulement d'une galerie très proche de la cheminée de Bully plutôt que du débouillage des remblais d'une des cheminées d'aérage (hypothèse parfois émise). A ce jour, les cheminées ont été remblayées et ne sont plus visibles. Mentionné dans les archives de la DRIRE, ce désordre est un fontis relativement récent (1995). De forme circulaire, le diamètre du cratère était de l'ordre de 8 m et sa profondeur d'une dizaine de mètres. Ses flancs étaient très raides. Au fond du trou, se distinguait la présence de vides non comblés (ancienne galerie).

Le second correspond à un effondrement localisé plus important, longitudinal et en forme de gouttière (désordre nommé « Fontis Guillot » dans la suite du document). Ses dimensions sont de 25 à 30 m de largeur pour une longueur voisine de 150 m et une profondeur de 8 à 10 m. Il serait manifestement dû à la rupture de la « couronne » (toit immédiat) proche de la surface, sur le flanc du coteau bordant l'Orne, à un endroit où la dalle des calcaires jurassiques n'est pas présente. Cet effondrement aurait eu lieu en 1919 et résulterait de l'éboulement des terrains des chantiers des niveaux supérieurs en suivant, en surface, la trace de ces chantiers. A noter que ce type d'effondrement est classique dans les exploitations minières pentées des bassins ferrifères de l'ouest.

Depuis l'édition des études de 2004 et 2006, d'autres désordres se sont produits et ont été expertisés puis traités à la demande la DRIRE de Basse-Normandie.

Le premier, rue du Clos Saint Joseph à Saint-Martin-de-Fontenay, correspondait à une dépression sur la chaussée d'une dizaine de mètres carrés de surface et de quelques décimètres de profondeur. La circulation des poids lourds y avait été interdite. Les reconnaissances de ce désordre par sondages ont montré la présence d'un vide sous la chaussée de quelques mètres cubes sous lequel reposaient des remblais anthropiques. D'après le témoignage d'un riverain, ces remblais correspondaient au matériau de comblement d'un effondrement datant des années 1940.

Le second, s'est produit en 2007 en limite de l'enceinte du parking arrière du garage Citroën de la Cité Teraud à Fontenay-le-Marmion. Il s'agissait, d'un effondrement localisé de forme circulaire de 5 m de diamètre et de 0,5 mètre de profondeur. En limite de cet effondrement des fractures de 0,3 m de large ouvertes et profondes étaient observées. L'expertise de ce désordre a montré qu'il correspondrait au tassement des remblais de l'ancienne cheminée d'aérage inclinée qui desservait les travaux miniers (niveau supérieur) à une quinzaine de mètres de profondeur (cf. [3]).

7.3.2 Eboulements au fond

7.3.2.1 Les éboulements ayant affecté la mine

Quartiers anciens proches de la surface

Plusieurs éboulements ont été recensés au fond après l'exploitation des chantiers sans avoir de conséquence en surface. Ils sont mentionnés dans les études de stabilité et de reconnaissance effectuées dans le cadre du stockage d'hydrocarbures (cf. [1]).

La plupart d'entre eux sont cartographiés et répertoriés comme des éboulements provenant du toit des chambres ou des ruptures de stots. Ils sont essentiellement situés dans les niveaux les plus superficiels, où le minerai et les calcaires jurassiques montraient une mauvaise tenue. Trois de ces zones dites « instables » (deux au flanc nord et deux au flanc sud, situées à proximité de la surface, ont fait l'objet de travaux de confortement lors de la mise en sécurité pour l'exploitation du stockage d'hydrocarbures.

Quartiers plus récents et plus profonds

En dehors des quartiers anciens situés à faible profondeur (quartiers exploités par défilage), les éboulements sont rares et généralement de faible extension (30 à 50 m) montrant une forme classique de cloche ouverte dans le toit. On dénombrerait ainsi 6 éboulements localisés dans le flanc sud et 2 éboulements dans le flanc nord.

Un seul éboulement véritablement important est largement décrit : celui du flanc nord dit « éboulement du niveau L », éboulement qui aurait pu avoir « une influence catastrophique sur la stabilité des terrains sus-jacents » (cf. [1]). En effet, durant l'exploitation de l'étage L (cote NGF – 160 m sur le flanc nord), à environ 100 m à l'est du Puits Saint-André, un pilier de la chambre 503 (entre les étages L et P) a « lâché », des blocs du toit sont venus et la base de la galerie de niveau L s'est effondrée sur une longueur de 30 à 50 m.

D'après les mineurs, cet éboulement ne résulte pas de l'écrasement du pilier dans le toit, mais d'une erreur d'exploitation. Cette hypothèse fut confirmée par l'enquête qui montra que la tête du pilier avait été sous-cavée par un coup de mine malheureux dans le toit, entraînant la progression de l'éboulement. L'éboulement progressa dans le toit perpendiculairement à la couche (dans un plan horizontal) par claquage successifs des dalles (bancs pluridécimétriques) schisto-gréseuses formant le bas-toit (alternance, sur une dizaine de mètres, de bancs de grès raides de 50 cm d'épaisseur et de schistes argileux compacts formant les joints, avant de passer aux schistes à calymènes massifs). Après plusieurs expertises concluant à l'évolution possible de l'instabilité du quartier engendrée par cet éboulement et pour garantir une meilleure stabilité à long terme du stockage et des infrastructures servant au stockage (puits Saint-André), les vides résiduels autour de cet éboulement furent finalement remblayés.

7.4 Apport des sondages, inspections souterraines et des levés géotechniques

7.4.1 Etat géotechnique

Outre l'apport sur la précision de localisation des travaux miniers souterrains superficiels (cf. § 9.1.2), les investigations par inspections souterraines menées dans le cadre de l'étude de l'étude détaillées des risques de 2006 (cf. [2]) apportent des précisions sur les dimensions des travaux et leur état géotechnique.

Flanc Nord

Ont été inspectés sur ce flanc, lorsqu'ils étaient accessibles, le niveau B et les chantiers supérieurs à ce niveau.

Les travaux miniers du flanc nord ont été réalisés dans une couche verticale ou à très fort pendage, de puissance variable, comprise entre 2 et 10 m, et qui se dédouble localement. Ils n'ont été que très peu remblayés.

Le toit et le mur (schistes et grès) de la formation sont, localement, très altérés (avec des matériaux très argilisés observés au mur de l'exploitation à l'extrémité est de Saint-Martin-de-Fontenay – figure 14). Plusieurs ruptures de ces parements, mentionnées sur les plans GEOMINES, ont effectivement été observées. Leur ampleur est variable : de quelques mètres cubes localement à plusieurs centaines de mètres cubes (Saint-Martin-de-Fontenay, à l'est de la rue des Jardins).



*Figure 14 : Glissement de matériau argilisé au mur de la couche (St-Martin-de-Fontenay).
Photographie D. Butaeye*

Hormis dans cette zone d'éboulement et très localement, la couverture calcaire du Jurassique n'a été que très rarement observée sur ce flanc : les mineurs ont ainsi laissé du minerai en couronne des chambres. Il n'a pas été relevé de signes marquants d'instabilité de ces couronnes et dalles calcaires.

Le minerai laissé en place a été observé sous la forme de piliers horizontaux (qui maintiennent latéralement le toit et le mur de la couche lorsque les chantiers sont verticalement importants), d'intercalaires (minerai laissé entre deux chantiers ou traçages superposés verticalement) et de piliers verticaux (soutien des intercalaires). Ces structures montrent des signes de dégradations plus ou moins développées : fissuration à fracturation des piliers verticaux, éboulements des piliers horizontaux.

Le niveau B repose sur un intercalaire de minerai, d'épaisseur variable (2 à 4 m), régulièrement percé de communications avec les niveaux inférieurs qui sont aujourd'hui noyés. Cet intercalaire est localement dégradé, notamment dans le secteur de l'ancien collège de Saint-Martin-de-Fontenay où l'on observe des percements de cette dalle de minerai. En 2009, la surveillance en souterrain a montré une évolution de ces dégradations des exploitations sous l'ancien collège désaffecté de Saint-André-sur-Orne. La sole de la branche nord de la galerie de niveau B, dédoublée à cet endroit, montrait des signes d'instabilité (soufflage et effondrement partiel). Les piliers de minerai horizontaux de soutènement des parements des chambres au-dessus de la galerie commençaient à s'écailler. Les observations dans les mois qui suivirent confirmaient l'évolution de la dégradation. La sole de la galerie et les piliers horizontaux apparaissaient de plus en plus en ruine, traduisant le flambage du mur géologique des travaux miniers faillé à cet endroit et constitué, derrière les 0,5 m de minerai laissé en place, par les argiles vertes. C'est le même phénomène qui est observé à un stade plus avancé (et à évolution lente aujourd'hui) au niveau de l'éboulement de 1918 (cf. figure 16 au § 7.4.2).

Flanc Sud

Ont été inspectés sur ce flanc, lorsqu'ils étaient accessibles, le niveau I et les chantiers supérieurs à ce niveau (niveaux supérieurs NS et galerie des morts terrains MT).

Les travaux du flanc sud ont été réalisés dans une couche moins pentée que le flanc nord (pendage 50 à 70°) et d'épaisseur plus constante (de l'ordre de 2 à 5 m). Ils ont atteint l'interface entre le minerai et le recouvrement calcaire du Jurassique (galerie des morts terrains). Un bon nombre de chantiers a été remblayé, avec du calcaire (May-sur-Orne), ou en récupérant latéralement du matériau en creusant des travers-bancs (Fontenay-le-Marmion). On note d'ailleurs dans ce dernier secteur des travaux beaucoup plus anarchiques que sous May-sur-Orne.

Sur ce flanc l'altération du minerai, du mur et du toit n'a été observée que dans les vingt premiers mètres des travaux sous la dalle jurassique. Le toit et le mur de la couche ont été notés comme étant beaucoup plus dégradés à l'est de la zone investiguée, sous Fontenay-le-Marmion. Par ailleurs, il a été très clairement observé, à May-sur-Orne, un fléchissement du toit de la couche se traduisant par un décollement « en coin » au contact du calcaire (cf. figure 15).

La dalle calcaire discordante a pu être aisément identifiée sur une grande partie de la longueur de la galerie des morts terrains visitable. Peu d'indices d'instabilité ou de dégradation ont été observés à May-sur-Orne. En revanche, dans le secteur de Fontenay-le-Marmion, la dalle calcaire présente un état plus médiocre (observation de fracturation et de rupture en voûtes).

Les dégradations des intercalaires et piliers laissés dans le minerai sont beaucoup moins marquées que sur le flanc nord : on note toutefois la rupture d'intercalaires sous la rue Léonard Gilles et sous un terrain de basket à May-sur-Orne.

A noter toutefois que ces chantiers supérieurs sont souvent remblayés et inaccessibles et, par conséquent, n'ont pas été inspectés de manière exhaustive.



*Figure 15 : Décollement du toit de la couche au contact du calcaire (May-sur-Orne).
Photographie D. Butaeye*

7.4.2 Evolution et mécanismes possibles des dégradations

Bien que de nombreux signes d'évolution des dégradations aient été perçus par rapport à l'état des lieux établi par GEOMINES au début des années 1970, on peut toutefois constater que ces évolutions restent assez limitées, en termes d'importance ou d'intensité. De plus, elles affectent de manière préférentielle les toit et mur de la couche, ainsi que les piliers et intercalaires. Les têtes ou « couronnes » des chantiers, ou la dalle calcaire au toit, ne sont pas ou peu affectées par des dégradations récentes.

Sur le **flanc nord**, la dégradation semblant la plus problématique est liée à la rupture par flambage des épontes (toit ou mur) verticales de la couche, localement en mauvais état ou intensément broyées ou argilisées. Ceci peut avoir pour conséquence :

- la perte de confinement des planchers intercalaires ou piliers horizontaux, qui peuvent fléchir puis s'ébouler dans les niveaux inférieurs et augmenter le volume de vide à proximité de la surface ;
- l'augmentation, en partie sommitale des chambres, de la portée de la couronne de minerai ou de la dalle calcaire, jusqu'à ce que celle-ci rompe par traction et qu'une remontée de voûte s'initie en direction de la surface.

Une partie de l'ancien éboulement de 1918, observée à l'extrémité est du bourg de Saint-Martin-de-Fontenay, traduit bien ce mécanisme : les bancs du mur se sont rompus en grand, en glissant dans les niveaux inférieurs ennoyés et en emportant les trois niveaux de galeries supérieures par rupture des intercalaires. La cavité résiduelle a une hauteur de 12 à 15 m de hauteur pour une portée au toit de la dalle calcaire de même dimension, son volume atteignant plusieurs milliers de mètres cubes (cf. figure 16). Ce même mécanisme est actuellement observable et surveillé à une centaine de mètres au nord-ouest de l'éboulement de 1918, sous l'ancien collège désaffecté de Saint-André-sur-Orne.

Ce scénario de dégradation est d'autant plus pertinent que les épontes sont fragiles, que la puissance de la couche est importante et que les chantiers ont une extension verticale importante. Ces conditions se retrouvent préférentiellement dans la partie orientale des travaux miniers inspectés.



*Figure 16 : zone de glissement majeur du mur (St-Martin-de-Fontenay).
Photographie D. Butaeye*

Le caractère incliné, non vertical, des travaux miniers du **flanc sud**, de surcroît de puissance plus limitée, permet d'exclure ce scénario de dégradation. En revanche il peut se produire :

- l'éboulement d'intercalaires ou la rupture des piliers dans les morts terrains ;
- l'éboulement du toit de la couche dans les 20 premiers mètres de profondeur exploités, se propageant parfois jusqu'à la discordance jurassique ;
- la rupture localisée de la dalle calcaire par montée de voûte ;
- le débouillage de remblai dans les chambres, par remobilisation ou rupture des fermetures au niveau des trémies.

8 SYNTHÈSE DES DONNÉES INFORMATIVES DU BASSIN FERRIFÈRE DE MAY-SUR-ORNE

Les principales données acquises à partir des archives disponibles sur la mine de May-sur-Orne, lors de la phase informative, sont présentées dans la fiche synthétique suivante (tableau 7). On notera les caractéristiques suivantes :

- R_c = résistance à la compression uniaxiale ;
- R_t = résistance à la traction ;
- E = module d'élasticité ou « module de Young ».

DONNEES DISPONIBLES		CARACTERISTIQUES		VALEURS
EXPLOITATION	Date	1896-1968 + 1972-1993 (stockage hydrocarbures)		
	Type	Chambres magasins 2 couches A et B avec un intercalaire 40 m		
	Eau	Mine ennoyée sauf galerie des morts-terrains au contact des calcaires jurassiques		entre - 10 m/TN vers l'Ouest et -70 m/TN vers l'est
	Profondeur	de 0 à 460 m		
GEOMETRIE		FLANC NORD	FLANC SUD	
	Dimensions mine	largeur = 150 m et longueur = 3,5 km	largeur = 450 m et longueur = 6 km	
	Ouverture	3 à 5 m		
	Pendage	de 85° à 90°	de 45° à 65°	
	Taux de défrètement	> 80 %		
	Failles	transversales et nombreuses	faille longitudinale au jeu inverse faisant chevaucher la couche (bicouche) entre niveau V et niveau X sur une largeur de 170 m (intercalaire de 25 à 35 m) + failles transversales nombreuses	
GEOMECHANIQUE	Couche	monocouche sauf pour le flanc Sud dans le secteur faillé		Flanc Nord : E = 87 GPa ; Rt = 10 MPa ; Rc = 100 MPa Flanc Sud : E = 75 GPa ; Rt = 14 MPa ; Rc = 170 MPa
	Toit	Alternances schistes/grès sur 10 m puis schistes ardoisiers		Schistes: Flanc Nord : E = 70 GPa ; Rc = 25 MPa Flanc Sud : E = 45 GPa ; Rc = 25 MPa
	Mur	grès feldspathiques	schistes ardoisiers dans le secteur faillé ou grès feldspathiques	grès de très bonne qualité : difficulté de sciage et de carottage
	recouvrement en discordance	calcaires de 0 à 60 m depuis l'Ouest vers l'Est		
DIVERS	Enjeux	Villes de Saint-Martin-de-Fontenay et Saint-André-sur-Orne + quelques fermes	Villes de May-sur-Orne, Fontenay-le-Marmion, Rocquancourt et village de Lorguichon + quelques fermes	
	Plans disponibles	plans 1/2500 et coupes 1/2500 et 1/500		
	Effondrement connus	effondrements localisés par rupture de couronnes proches de la surface ou débouillage de puits, pas d'affaissement ni d'effondrement généralisé ; éboulements au fond du toit progressant dans les schistes et grès sans conséquence en surface		
	Traitements anciens	quelques travaux de confortement (travaux et ODJ) liés au stockage et surveillance pendant stockage : aucun indice d'instabilité et de mouvement de terrain relevé		

Tableau 2 : Fiche synthétique des données disponibles sur la mine de May-sur-Orne

9 CARTOGRAPHIE INFORMATIVE

Par souci de cohérence et afin de synthétiser l'ensemble des informations disponibles, la carte informative est à l'échelle 1/5 000. Elle est établie, par commune, sur la base de l'étude préliminaire de 2004 et est actualisée des compléments d'informations recueillis par les investigations de 2006 ainsi que des observations ou travaux récents (désordres, zones de traitements Etat). Elle comprend :

- le fond représenté par la BD ORTHO® de l'IGN (PVA de 2009) ;
- les limites des concessions ;
- les limites des communes ;
- l'emprise au fond des travaux d'exploitation ;
- les travaux miniers levés dans le cadre des reconnaissances de 2006 ;
- les secteurs où les chambres ne sont pas cartographiées sur le plan (flanc sud) ;
- la trace des anciennes fouilles observées ou indiquées sur les plans d'exploitation ;
- les ouvrages débouchant en surface (puits, descenderies et entrées de galeries) en précisant s'ils sont matérialisés ou localisés (cf. remarque ci-après) ;
- les désordres recensés ;
- la localisation des 3 zones de travaux remblayées par la société Géomines Caen à la fermeture du stockage ;
- la localisation des zones de travaux traitées par l'Etat depuis 2007 ;
- les courbes isopaques supposées (pas de 10 m) du recouvrement argilo-calcaire jurassique.

Remarque : les définitions cartographiques des ouvrages débouchant au jour ont été homogénéisées par la circulaire ministérielle du 6 janvier 2012 (NOR : DEVP1134619C) relative à la prévention des risques miniers résiduels, à savoir :

- un ouvrage « matérialisé » : *ouvrage qui a effectivement été retrouvé en surface et dont les coordonnées ont pu être relevées au GPS ou dGPS ;*
- un ouvrage « localisé » : *ouvrage qui n'a pas été retrouvé sur le terrain mais dont les coordonnées sont connues (archives ou exploitant) et comportant une incertitude de positionnement.*

Les cartes informatives par commune sont présentées en annexe 1 du présent document. Une version numérique au format PDF et JPG est également fournie sur CD.

Les éléments reportés sur les cartes informatives et d'aléas sont disponibles sous la forme d'un Système d'Informations Géographiques (SIG) établi sous un environnement MAPINFO 8.5®. Le système de coordonnées est le France Lambert 93. Les fichiers numériques composant ce SIG sont également fournis sur support informatique.

9.1 Incertitudes de localisation

L'affichage de l'aléa lié à un élément minier intègre l'extension du phénomène, l'incertitude de localisation intrinsèque de l'ouvrage ou du secteur de travaux concerné et une incertitude propre au support cartographique.

L'incertitude de localisation relative à l'ouvrage minier dépend des éléments ayant mené à son positionnement. Si les ouvrages relevés sur le terrain au GPS se voient attribuer une très faible incertitude (de quelques décimètres à quelques mètres), ceux dont la position est tirée d'anciens croquis portant peu de points de repère se voient attribuer l'incertitude du plan dont ils sont issus. A ceci doit s'ajouter l'incertitude liée à la reproduction du plan. En effet, photographier un plan provoquera une incertitude plus grande que de le scanner.

Le support cartographique (SCAN 25[®] IGN, photogrammétrie, BD Ortho[®] IGN) de par sa précision est lui-même vecteur d'une erreur de positionnement indépendante des ouvrages miniers. Elle est de l'ordre de 20 m environ pour le SCAN 25[®] IGN, et estimée à 3 m pour la BD Ortho[®] IGN.

Ces incertitudes n'apparaissent pas en cartographie de phase informative, mais sont incluses dans les marges prises en compte pour l'affichage des aléas.

9.1.1 Incertitudes sur la position des ouvrages débouchant au jour

L'incertitude globale des ouvrages débouchant au jour retenue est d'ordre métrique pour ceux encore visibles et levés au GPS sur le terrain. Par contre, un certain nombre de puits et descenderies volontairement masqués par un traitement de banalisation des sites n'ont pas pu être bien géoréférencés. Il s'agit des puits de Verrières, d'Harcourt, de La Hogue et Taraud, ainsi que des entrées de la galerie de niveau + 13 et de la descente d'Harcourt. Une marge d'incertitude de 10 m est appliquée sur ces puits et entrées.

9.1.2 Incertitudes de localisation des travaux miniers souterrains

Dans le cadre de l'étude préliminaire de 2004 (cf.[1]), la cartographie a été réalisée à partir des plans scannés et géoréférencés en y ajoutant une marge de 10 m liée à l'incertitude de calage des travaux et à l'imprécision du dessin.

Les investigations menées dans le cadre de l'étude détaillée des risques de 2006 (cf. [2]), en particulier les levés fond/jour des travaux au droit des enjeux existants à l'origine de l'aléa effondrement localisé de niveaux moyen et fort (cf. § 12.1.3 et 13.1) et, a permis de réduire l'incertitude de positionnement de ces exploitations de 10 m à une valeur comprise entre 3 et 4 m.

PHASE D'ÉVALUATION DES ALÉAS

10 LISTE DES PHENOMENES

L'étude des aléas est réalisée selon le guide méthodologique (cf. [10]) validé par l'administration et est conforme aux textes réglementaires qui précisent notamment la nature des aléas et risques pris en compte.

Les informations rassemblées lors de la phase informative permettent d'identifier les différents aléas qui seront à retenir pour la deuxième phase de l'étude. D'après les connaissances acquises, la rétroanalyse effectuée sur d'autres bassins miniers très similaires et des travaux de modélisation, les scénarii accidentels ont été examinés pour en déterminer les intensités potentielles, les crédibilités de survenance et évaluer, ainsi, les niveaux d'aléas qui leur incombent.

La synthèse de l'évaluation et les cartographies présentées dans le cadre de ce rapport concernent les aléas miniers liés **aux mouvements de terrain**.

11 NATURE DES ALEAS « MOUVEMENTS DE TERRAIN » RESIDUELS RETENUS

11.1 Anciennes expertises relatives à la stabilité de la mine de May-sur-Orne

Dans le cas présent, les avis et expertises formulés sur la stabilité des ouvrages miniers concernent la faisabilité géotechnique du stockage souterrain à la fermeture de la mine. Sont repris ici les points essentiels des paragraphes relatifs à ces expertises rédigés dans l'étude préliminaire de 2004 (cf. [1]).

Ces études, réalisées pour et par la société GEOSTOCK, avaient pour objectif de garantir la stabilité des ouvrages souterrains, à court et moyen termes, pour l'exploitation du stockage d'hydrocarbures. En particulier, GEOSTOCK avait examiné les conditions de stabilité de la mine sous l'aspect purement géomécanique. Des essais de caractérisation ont été réalisés en laboratoire (compression uniaxiale et essais brésiliens) sur le minerai, les grès du mur, les grès et les schistes du toit ainsi que quelques mesures ponctuelles pressiométriques au vérin plat. Prenant l'hypothèse que $\sigma_h/\sigma_v = 1$ (contrainte horizontale égale à la contrainte verticale) et $\nu = 0,25$ (coefficient de Poisson), la société GEOSTOCK a estimé par différents calculs numériques, calés sur les essais au vérin plat, que la contrainte dans les piliers était égale à 110 MPa, environ, pour une résistance à la compression uniaxiale, R_c , de 130 MPa (en évaluant le coefficient de sécurité à 1,3). Concluant que les piliers travaillaient en dessous de leur résistance son avis rejoint des experts sur la stabilité de la mine.

Suite aux observations faites dans les vieux travaux et aux réflexions des précédents experts, la Société GEOSTOCK a considéré que la stabilité des ouvrages souterrains était liée à un effet de voûte dans un toit particulièrement raide : « *Cependant, les observations dans certaines chambres ont montré que les piliers pouvaient travailler au-delà d'une rupture partielle sans affecter la stabilité de l'ensemble. Ainsi, le niveau de contrainte de ces piliers n'est pas directement reliable à la stabilité (...), et qu'il doit exister un autre agent de soutènement naturel* ».

Elle poursuit ainsi : « *La tenue des chambres de très grande portée que nous constatons avec des piliers même cassés, permet de penser (...) que les composantes latérale et longitudinale des contraintes par rapport au gisement doivent jouer ce rôle. Les dalles du toit, comme du mur, apparaissent alors non seulement, encadrées le long des stots, mais soumises à une sorte de précontrainte. A ce moment, les piliers n'interviennent plus que pour maintenir le frettage par collage de la dalle du toit immédiat, évitant éventuellement son flambage (...)* ».

Pour conclure, en dépit de ces résultats très intéressants et plutôt favorables, il faut en nuancer quelque peu la teneur en précisant :

- que ces études peuvent paraître, à présent, un peu anciennes, les techniques de caractérisation, d'auscultation (pressiométrie) et de calcul ayant significativement progressé depuis lors ;
- qu'aucune étude n'a été véritablement réalisée pour l'analyse du comportement « à long terme » de l'ensemble des exploitations de la mine de May-sur-Orne, si l'on fait abstraction des mesures et travaux adoptés dans le cadre de la fermeture de la mine et du stockage (§ 5.2), dont la cartographie des risques qui a abouti à la délimitation des zones douteuses « classées X », versions 1977 et 1988, (figure 20). Ceci est particulièrement vrai pour les travaux les plus superficiels dont les conditions de stabilité dépendent plus du phénomène d'altération des ouvrages que de l'état de contraintes.

11.2 Apport de la rétroanalyse sur l'évaluation des aléas dans les gisements ferrifères de l'ouest

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

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

Bassin minier		MAY/ORNE (14)	SOUMONT (14)	LA FERRIERE (61)	SEGRE (49)
Dates d'exploitation		1896 - 1968	1907 - 1989	1905 - 1970	1907 - 1984
Profondeur maximale		450 m	650 m	400 m	490 m
Méthodes d'exploitation		Dépilages, Tailles descendantes (avant 1925) Chambres magasins (1925-1968)	Tailles montantes Chambres magasins Tailles chassantes ou « dépilages » (type quartier Livet)	Dépilages Tailles montantes Tailles rabattantes Chambres magasins (dressants)	Chambres magasins
Pendage	Flanc nord	85° à 90°	–	absent	80° à 90°
	Flanc sud	45° à 60°	30° à 60° 50° à 90° (plis)	25° à 45°	60° à 70°
Nombre de couches exploitées		1 (très localement 2 séparées par un intercalaire de quelques mètres au maximum)	1	1	2 (couches A et B, séparées par un intercalaire de 40 à 50 m, environ)
Puissance		3,5 à 4,0 m (localement : 6 à 7 m)	3 m (localement : 6 m)	3 à 4 m (localement : 5 m)	A : 1,5 à 1,8 m B : 0,8 à 1,4 m
Recouvrement jurassique discordant		0 à 60 m (calcaire jurassique)	0 à 50 m (calcaire jurassique)	absente	absente
Zone d'altération du minerai		20 à 50 m sous le contact jurassique	20 à 50 m sous le contact jurassique	20 à 80 m	20 à 80 m
Types de désordres observés		Fontis (rupture de couronne) Éboulements (6 dans le flanc sud, 2 dans le flanc nord) Débourrage de puits ou cheminée	Affaissements (éboulements de 1929, 1951, 1961, 1965, 1966) Fontis (à l'aplomb de galeries proches de la surface)	Fontis (rupture de couronne) Fontis (à l'aplomb de galeries proches de la surface)	Fontis (rupture de couronne) Débourrage de cheminée

Tableau 3 : Analyse comparative de différents bassins ferrifères de l'Ouest

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

A quelques variantes près, les méthodes d'exploitation sont sensiblement les mêmes. Les désordres observés dans ces différents bassins sont comparables (essentiellement des effondrements localisés par rupture de couronne, des débourrages de puits ou cheminées, des fontis dus à des éboulements de galeries). Toutefois, on note l'existence d'éboulements importants au fond, en phase d'exploitation, dans les exploitations de May/Orne et de Soumont, en général sans répercussions en surface, à l'exception de Soumont.

A Soumont, des désordres se sont manifestés en surface en 1961, 1965 et 1966, pour certains éboulements seulement, par des phénomènes que l'on peut classer comme des affaissements ; forme de cuvettes classiques à bords étalés, affaissement limité à 0,65 m environ, au départ, présence de fissures ouvertes mais absence de cassures franches de cisaillement (avec rejet).

Par contre, les analyses documentaires ne recensent aucun accident de type effondrement généralisé (effondrement en masse) sur aucun de ces bassins exploitant le minerai de fer. Les seuls effondrements généralisés connus dans les bassins synclinaux de l'Ouest (donnés dans le tableau 5) sont exclusivement le fait d'exploitations ardoisières dont les facteurs communs sont leur géométrie complexe et la présence de vides importants. En outre, ces derniers arguments, pris en compte et vérifié dans l'analyse par modélisation numérique (cf. § 11.3 suivant) , permettent d'exclure, au vu des connaissances actuelles, le scénario d'effondrement généralisé à caractère spontané sur les exploitations des mines de fer.

11.3 Evaluation de la possibilité d'un affaissement à May-sur-Orne par modélisation numérique

Le bassin de May-sur-Orne est sujet, comme tous les autres bassins ferrifères de l'Ouest, aux phénomènes d'effondrements localisés de type rupture de couronne ou rupture de tête de puits.

La question ici est de savoir si les anciens travaux miniers peuvent être le siège de phénomènes d'affaissement, tels que ceux de Soumont, même si l'analyse informative ne mentionne aucun effondrement ni affaissement quelconque.

A noter que les épontes des couches exploitées à May-sur-Orne, formées essentiellement par des grès (feldspathiques) au mur et des schistes au toit de la couche sont sensiblement aussi résistantes que les épontes des autres bassins ferrifères de Normandie (comme à Soumont, où les épontes sont formées de schistes très résistants).

L'étude de stabilité des gisements ferrifères pentés, menée par modélisation numérique montre que le déclenchement du processus d'affaissement s'opère par rupture en cisaillement des bancs jusqu'à la surface dans certaines conditions particulières (cf. [1] et [19]).

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

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

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

Pendage	Taux de défruitement (τ)	Ouverture (W)
> 55°	≤ 90 %	≤ 4 m
45° à 55°	≤ 90 %	≤ 3 m
	≤ 80 %	≤ 5 m
30° à 45°	≤ 80 %	≤ 3 m
	≤ 70 %	≤ 5 m

Tableau 4 : Conditions d'exclusion du processus d'affaissement (d'après [19])

L'influence de l'augmentation du pendage se manifeste par un déplacement des zones de rupture plus près de la surface (ou de l'affleurement) : plus le pendage augmente, plus les terrains proches de la surface sont affectés (points de ruptures ou points plastiques).

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

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

Les travaux miniers du gisement de May-sur-Orne sont systématiquement placés dans les conditions suivantes :

Flanc nord :

- pendage subvertical ($> 80^\circ$) ;
- taux de défrèvement $\leq 85\%$ (chambres magasins) ;
- ouverture comprise entre 4 et 7 m (localement plus).

Malgré une ouverture relativement importante des chantiers ($w \geq 4$ m), le très fort pendage (80° à 90°) permet d'exclure sans ambiguïté le phénomène d'affaissement sur le flanc nord du gisement (résultats tirés de l'analyse numérique).

Flanc sud :

- pendage compris entre 45° (ouest) et 60° (est) ;
- taux de défrèvement $\leq 85\%$ (chambres magasins) ;
- ouverture comprise entre 3 et 5 m (localement plus).

Sur le flanc sud, compte tenu de la baisse du pendage (45 à 60°), on ne peut pas totalement exclure le phénomène d'affaissement, même si les autres caractéristiques (défrèvement et ouverture) sont sensiblement proches des valeurs limites d'exclusion.

11.4 Conclusion sur les phénomènes de « mouvements de terrain » retenus pour évaluation de l'aléa sur le bassin de May-sur-Orne

La phase informative a révélé sur les travaux miniers des flancs du synclinal du bassin de May-sur-Orne un certain nombre de phénomènes de mouvements de terrain observés ou considérés comme prévisibles (d'après les connaissances acquises et la rétroanalyse effectuée sur d'autres bassins miniers très similaires).

Les deux phénomènes prévisibles identifiés sont les suivants :

- **l'effondrement localisé** provoqué par l'instabilité locale d'une cavité souterraine ou d'un ouvrage débouchant au jour. Cette instabilité peut se propager puis créer, sous certaines conditions, un cratère en surface ;
- **l'affaissement** (non observé) que l'on ne peut pas totalement exclure sur le flanc sud (exploitation pentée) par référence aux événements passés observés sur le bassin ferrifère de Soumont (§ 11.2) et le calcul numérique (§ 11.3).

Il a été également considéré, au vu des connaissances acquises, que les arguments développés permettent d'exclure le scénario d'effondrement généralisé à caractère spontané sur les exploitations minières des bassins ferrifères de l'ouest étudiés, en particulier sur le bassin de May-sur-Orne.

12 EVALUATION DES ALEAS MOUVEMENTS DE TERRAIN

12.1 L'effondrement localisé

12.1.1 Description du phénomène

Un effondrement localisé correspond à une rupture des terrains qui ne concerne qu'une zone d'extension limitée à quelques mètres en surface. L'apparition des effondrements localisés en surface est brutale et n'est généralement pas accompagnée d'indices précurseurs visibles. C'est l'effet « pont de neige ». En effet, le phénomène d'effondrement localisé est causé par l'instabilité locale d'une cavité souterraine. Cette instabilité se propage alors au travers des couches situées au-dessus. Lorsqu'elle atteint les formations altérées et non cohésives les plus superficielles, ces dernières rompent soudainement ce qui crée un cratère en surface. Les matériaux impliqués sont donc déplacés et déstructurés de manière importante. La figure 17 schématise les processus possibles à l'origine de ce type de phénomène.

La vitesse de propagation de l'éboulement souterrain varie selon la nature des terrains mais elle est lente. Pour analyser la possibilité d'une apparition en surface, deux conditions doivent être analysées :

- la stabilité des cavités qui se créent au cours de la progression du phénomène ;
- la possibilité d'un autocomblement de la cavité du fait de l'augmentation de volume des matériaux entre leur état « en place » et leur état « effondré ». Ce phénomène d'augmentation de volume est aussi appelé foisonnement.

En général, pour la majorité des massifs, l'altération et la fracturation augmentent lorsqu'on se rapproche de la surface. La stabilité d'une excavation de dimension équivalente est donc souvent moindre lorsqu'on se rapproche de la surface. Toutefois, la présence de couches compétentes ou ayant des propriétés spécifiques peut stopper la propagation de l'effondrement.

Le foisonnement des matériaux géologiques est un phénomène connu. Il n'est cependant pas mesuré de manière systématique et il n'existe aucun standard reconnu pour sa détermination. Le phénomène d'auto-comblement est donc difficile à évaluer de manière rigoureuse, mais on admet le plus souvent que la probabilité d'apparition d'un fontis en surface diminue (à cavité de dimension égale) avec la profondeur de la cavité. Pour des cavités de grandes dimensions, comme des chantiers non remblayés par exemple, elles peuvent créer des fontis même si elles sont situées à des profondeurs avoisinant les 50 mètres. Pour les galeries isolées de dimensions habituelles (de 6 à 12 m² de section), les retours d'expérience permettent de limiter la hauteur de remontée d'un fontis jusqu'en surface.

S'il existe des approches basées sur l'évaluation naturaliste des coefficients de foisonnement, elles doivent également s'appuyer sur l'observation d'un nombre suffisant d'instabilités, survenues dans les mêmes conditions géomécaniques pour pouvoir être validées.

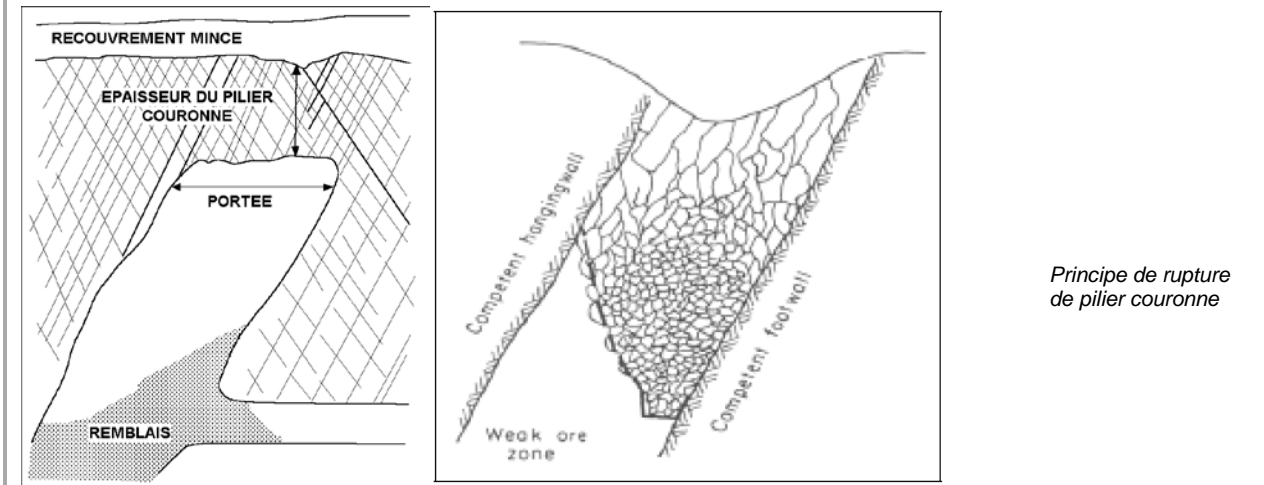
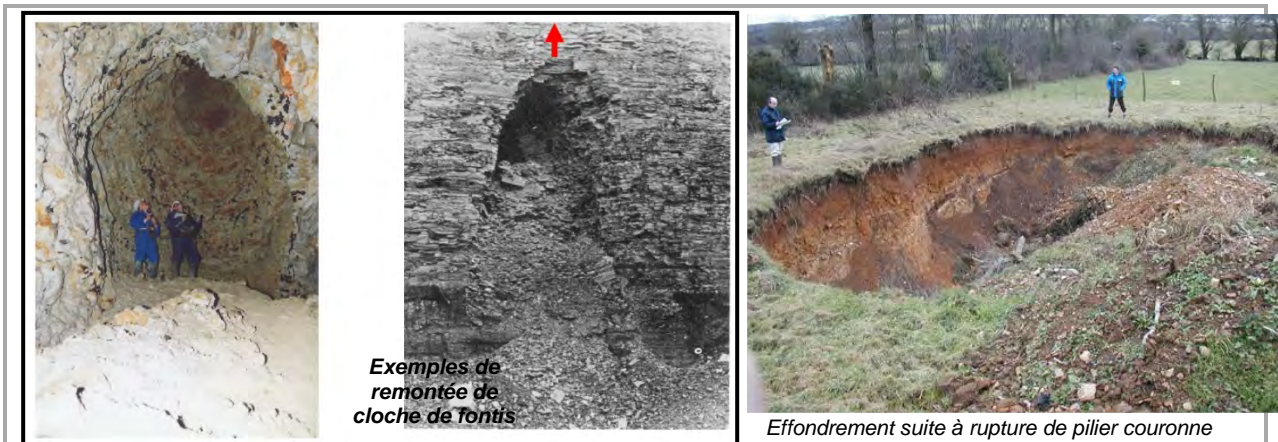
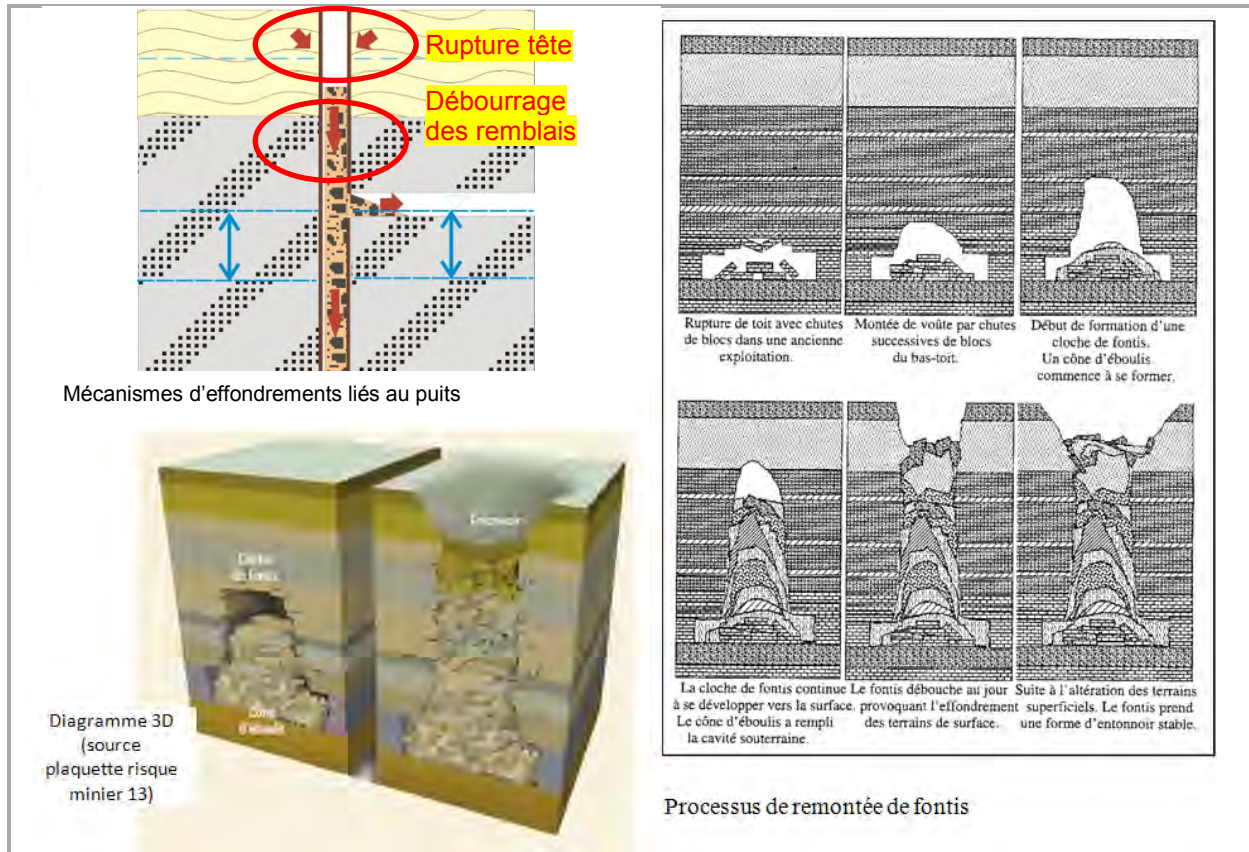


Figure 17 : Schématisations des trois processus à l'origine des effondrements localisés retenus

Outre l'expertise basée sur les calculs de stabilité et les observations du site étudié, l'analyse s'appuie à ce jour sur des guides méthodologiques d'évaluation des aléas (cf. [10]) et en particulier sur l'aléa « effondrement localisé » (cf. [11] et ([12]), rédigés sur la base des retours d'expérience d'études dans tous les contextes miniers et sur l'ensemble du territoire français.

12.1.2 Zone d'altération superficielle

La zone d'altération superficielle correspond aux terrains à très faible cohésion et donc facilement mobilisables, susceptibles d'être immédiatement affectés par une instabilité.

L'épaisseur de la zone d'altération superficielle est un paramètre déterminant pour les dimensions des désordres potentiels, elle est donc importante pour l'estimation de l'intensité du phénomène d'effondrement localisé. L'intensité du phénomène d'effondrement localisé est définie à partir du diamètre du cratère susceptible d'apparaître au jour.

Dans le cadre de l'étude préliminaire de 2004, l'épaisseur de la zone d'altération superficielle a été estimée à une dizaine de mètres (cf. [1]). Les investigations par sondages destructifs et carottés menées dans le cadre de l'étude de l'étude détaillées des risques de 2006 (cf. [2]) apportent des précisions sur la qualité des terrains de recouvrement. Ainsi, elles ont permis de constater que les terrains non cohésifs de surface (sols, roches pulvérulentes, remblais) ne dépassent que rarement 3 m d'épaisseur (5 m maximum observés). Néanmoins, les sondages ont également confirmé que les formations rocheuses au droit des cavités étaient altérées et fracturées sur plus d'une dizaine de mètres. Selon les mécanismes de rupture pour les différentes configurations de travaux ou d'ouvrages miniers envisagées (cf. ci-après), le comportement du recouvrement influera sur l'épaisseur des terrains mobilisés et ainsi sur les intensités retenues.

12.1.3 Evaluation de l'aléa effondrement localisé

Dans le cas du bassin de May-sur-Orne, les mécanismes retenus à l'origine d'instabilités susceptibles d'engendrer un effondrement localisé sont multiples :

- rupture du stot de protection (couronne) des chantiers miniers situés à faible profondeur (anciens travaux du XIX^{ème} siècle ou début du XX^{ème}, exploités directement sous les terrains primaires ou jurassiques à moins de 50 m de profondeur, environ). Ces phénomènes peuvent se traduire en surface par des trous en forme de gouttières ou de tranchées qui suivent la couche à proximité de l'affleurement (type effondrement « Fontis Guillot ») ;
- rupture du toit de galeries isolées d'accès à faible profondeur. Ce phénomène, appelé également « fontis », se traduit en surface par l'ouverture d'un cratère ou d'entonnoir, généralement circulaire et de plus petites dimensions ;
- débouillage et/ou rupture de têtes d'anciens orifices miniers (puits, cheminées d'aérage et descenderies lorsqu'elles sont fortement inclinées) se traduisant en surface par l'ouverture d'un cratère ou d'entonnoir, généralement circulaire au niveau de la tête de l'ouvrage ;

12.1.3.1 Effondrement localisé lié aux exploitations peu profondes

Les secteurs menacés de risque d'effondrement localisés à l'aplomb des chantiers les moins profonds (recouvrement de calcaire jurassique inférieur à une trentaine de mètres) affectent la quasi totalité du gisement minier, à proximité des affleurements de la couche de minerai, aussi bien sur le flanc nord que sur le flanc sud.

Prédisposition

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

- la fréquence des désordres apparaissant en surface ;
- les configurations d'exploitation et l'état des cavités souterraines ;
- la nature et l'épaisseur des terrains de recouvrement.

- 1) La retroanalyse semble montrer que la fréquence des désordres apparus en surface est relativement faible (une dizaine de recensés sur les deux flancs), même si certains ont probablement échappé à l'analyse (« oubliés », car anciens ou traités).
- 2) Par contre, les configurations d'exploitation et l'état des cavités souterraines décrits précédemment caractérisent des conditions précaires et préoccupantes de la stabilité de l'ensemble des anciens travaux proches de la surface. Des instabilités locales pourraient avoir des conséquences sur la surface là où l'épaisseur de la couverture est insuffisante.
- 3) En fait, l'élément déterminant qui apparaît à travers les différentes observations est l'épaisseur du recouvrement (recouvrement formé des calcaires du Jurassique). Son influence sur la prédisposition à l'effondrement est examinée ci-dessous.

Les terrains de recouvrement susceptibles de protéger la surface des instabilités du fond appartiennent à la formation des calcaires jurassiques du Bathonien bien connue dans la région (« pierre de Caen »). Les différentes données disponibles sur ces formations exploitées en carrière à ciel ouvert ou en souterrain dans la région de Caen montrent que ces terrains jurassiques, qui atteignent plus de 60 mètres vers l'est du bassin minier, sont composés de bancs relativement épais (d'ordre métrique) et résistants en dessous de la partie supérieure (altérée, fracturée ou de moins bonne qualité mécanique) épaisse d'une dizaine de mètres (entre 7 à 12 m, environ). Néanmoins, la partie inférieure de la formation calcaire, au contact des terrains primaires, est un calcaire tendre (sur 5 m, environ) qui se délite en plaquettes et qui est sujet au phénomène d'éboulement.

Pratiquement, sur la hauteur considérée en un point de la série calcaire appartenant aux terrains jurassiques, il faut retirer une quinzaine de mètres de terrains mécaniquement médiocres qui ne joue aucun rôle sur la stabilité du recouvrement et la protection de la surface. Cette valeur correspond à la valeur minimum qui a été observée par l'analyse des sondages réalisés au droit des exploitations minières dans le cadre de l'étude des risques de 2006. Les sondages ont montré :

- une importante discontinuité verticale. En effet, six formations géologiques du Jurassique Inférieur et Moyen se superposent, à forte dominante de calcaire mais avec des passages plus argileux ou sableux. Elles peuvent surmonter localement un reliquat de conglomérats du Trias. Une formation ne dépasse pas six à sept mètres de puissance, et il semble que les bancs calcaires les plus résistants ne dépassent pas le mètre ou quelques mètres d'épaisseur ;
- d'importantes variations latérales d'épaisseur. L'épaisseur de la couverture jurassique augmente globalement d'ouest en est mais des variations plus locales ont été observées. Ceci est à conjuguer avec l'assez forte variation verticale constatée du contact entre le minerai et le recouvrement.

Au niveau de la résistance intrinsèque de ces formations calcaires, on peut indiquer que les sondages les ont traversées avec une faible vitesse d'avancement, la vitesse la plus faible étant généralement notée au toit direct des cavités sur le flanc sud. Cette observation de « résistance » toute relative est tempérée par l'état de fracturation relevé sur les paramètres d'enregistrements des sondages et sur les carottes de forages (RQD³), qui peuvent certes être aggravés par la foration, mais qui traduisent tout de même la présence de discontinuités relativement régulières.

Ces observations permettent de penser que le recouvrement jurassique au-dessus des exploitations est dans un état géomécanique jugé moyen à médiocre. De plus, elles montrent que le toit et le mur de la couche exploitée semblent plus altérés lorsque l'on progresse vers l'est du gisement, en particulier sur le flanc nord (augmentation de la portée du recouvrement, localement doublée, lié à la rupture par flambage des parements du mur et/ou du toit de la couche - cf. § 7.4). Dans ces conditions, il n'est pas exclu que les bancs constituant le recouvrement puissent rompre par flexion ou cisaillement, même lorsque l'épaisseur de ce recouvrement est importante, autorisant ainsi la possibilité de l'apparition d'un effondrement localisé en surface.

En fonction de ces éléments d'observations et les calculs de résistance mécanique réalisés en 2004 (cf. [1]) puis actualisés en 2006 (cf. [2]), il est considéré que le recouvrement jurassique est stable si son épaisseur est supérieure à 50 m pour le flanc nord et 35 m pour le flanc sud.

Dans les épaisseurs intermédiaires, des classes de prédisposition à l'effondrement localisé ont été définies (cf. tableau 5). Elles sont déduites des valeurs des coefficients de sécurité des calculs de résistance mécanique et tiennent compte des observations en souterrains et des incertitudes liées à la nature et à l'épaisseur effective du recouvrement.

Flanc nord		Flanc sud	
Epaisseur du recouvrement	Prédisposition	Epaisseur du recouvrement	Prédisposition
< 25 m	Très sensible	< 25 m	Très sensible
25 à 40 m	Sensible	25 à 30 m	Sensible
40 à 50 m	Peu sensible	30 à 35 m	Peu sensible

Tableau 5 : Classes des prédispositions retenues liés à l'effondrement localisé sur exploitations

Intensité

L'intensité du phénomène d'effondrement localisé est définie à partir du diamètre du cratère susceptible d'apparaître au jour. Ce cratère est issu de « l'évasement » d'une colonne vide débouchant en surface. La dimension de la section de cette colonne est directement liée à la largeur des travaux et la nature des matériaux de surface.

³ Le RQD, de l'anglais *Rock Quality Designation*, caractérise la qualité d'une roche. Elle est déterminée en mesurant, sur la longueur totale d'un forage carotté, le pourcentage de récupération de morceaux de carotte de forage dont la longueur est supérieure à 100 mm. Ce taux de récupération permet de classer la « masse rocheuse ». Plus le taux est faible plus la « masse rocheuse » en mauvaise traduisant alors un état de fracturation élevé. Il est admis qu'au-delà de 75 % de récupération, la masse rocheuse est jugée globalement bonne.

Parmi les principaux facteurs susceptibles d'influer sur la grandeur du diamètre de l'effondrement, on retient : la dimension des vides résiduels au sein des travaux souterrains (volume) ainsi que l'épaisseur des terrains non cohésifs de surface lorsqu'elle est connue (à défaut c'est l'estimation de l'épaisseur des terrains altérés et fracturés qui est considérée) dont le rôle est prépondérant sur les dimensions de l'entonnoir d'effondrement.

Le tableau suivant définit les classes d'intensité retenue dans l'évaluation de l'aléa « effondrement localisé ».

Classe d'intensité	Diamètre de l'effondrement (valeurs purement indicatives)
Limitée	$\varnothing < 3 \text{ m}$
Modérée	$3 \text{ m} < \varnothing < 10 \text{ m}$
Elevée	$\varnothing > 10 \text{ m}$

Tableau 6 : Classes d'intensité de l'aléa « effondrement localisé »

La moitié des désordres recensés sur le bassin de May-sur-Orne sont des effondrements localisés consécutifs à des éboulements plus ou moins importants des chantiers anciens, peu profonds, par rupture des structures souterraines, piliers, planches ou couronne (toit). Ce type de désordre provoque en surface des effondrements de forme circulaire ou en forme de gouttière suivant le filon ou la couche. On citera notamment l'effondrement « Fontis Guillot » de grande dimension ; 25 à 30 m de largeur, pour une longueur voisine de 150 m et une profondeur de 8 à 10 m.

Même si les cas d'effondrement localisés de ce type, mentionnés ou observés, sur le site de May-sur-Orne sont relativement rares, la rétroanalyse des autres bassins ferrifères fait clairement état de cratères ou creux en forme de gouttières de plus de 20 m de largeur, dont la longueur de ces derniers est fonction de la propagation de l'effondrement le long de la couche exploitée. Compte tenu de l'importance de l'ouverture des chantiers (5 à 8 m, sur le flanc sud, et 7 à 15 m, sur le flanc nord) similaires aux autres bassins, il est fort probable qu'un éboulement conséquent dans les travaux supérieurs pourrait être suivi d'un effondrement localisé aux dimensions équivalentes.

Ces différentes constatations nous amènent à avoir considéré l'intensité du phénomène redouté comme élevée, conformément à la classification adoptée.

Niveaux d'aléa

Par croisement des niveaux de prédisposition et d'intensité retenus, les niveaux d'aléa « effondrement localisé » sur travaux d'exploitations sont retenus de faible à fort (cf. tableau 9).

Flanc nord		Flanc sud	
Epaisseur du recouvrement	Niveau d'aléa	Epaisseur du recouvrement	Niveau d'aléa
< 25 m	Fort	< 25 m	Fort
25 à 40 m	Moyen	25 à 30 m	Moyen
40 à 50 m	Faible	30 à 35 m	Faible

Tableau 7 : Niveaux d'aléa « effondrement localisé » sur exploitations retenus sur le bassin de May-sur-Orne

12.1.3.2 Effondrement localisé lié aux galeries isolées

Prédisposition

Un effondrement localisé en surface lié à une galerie est au départ causé par l'instabilité du toit de celle-ci. En effet, lorsque la voûte, initiée par la rupture du toit, ne se stabilise pas mécaniquement du fait de la présence de bancs massifs au sein du recouvrement, elle se propage progressivement vers la surface. Si l'espace disponible au sein des vieux travaux est suffisant pour que les matériaux éboulés et foisonnés puissent s'y accumuler sans bloquer le phénomène par « auto-comblement », la voûte peut atteindre la surface et engendrer un effondrement localisé (fontis) en surface.

Les observations des dimensions des galeries (de l'ordre de 2,5 x 3,5 m maximum), le retour d'expérience et les modélisations de remontée de cloche de fontis réalisées (cf. [12]) dans le cadre de l'étude de 2004 confirmée par celle de 2006 ont conduit à retenir la profondeur de 30 m au-delà de laquelle il y aurait, en cas d'éboulement, autocomblement de la galerie.

Parmi les galeries isolées situées à moins de 30 m de profondeur, on retrouve les cinq galeries décrites en phase informative (cf. § 7.1), à savoir :

- la galerie de niveau B, à proximité de son entrée ;
- la galerie dite « de niveau + 13 » ;
- la galerie de Maltot ;
- la galerie de niveau I ;
- la galerie de Bully.

Le seul désordre connu est le « fontis de Bully » (§ 7.3.1). Ce fontis résulte de l'éboulement localisé de la galerie de reconnaissance de Bully (sur le flanc sud). Cette galerie entame le coteau sous faible recouvrement peu épais. Il s'agit d'un fontis récent (1995), de forme circulaire (diamètre et profondeur de l'ordre de 8 m) et qui n'avait guère évolué au moment des études de 2004. Malgré la rareté de ce type de désordre sur l'ensemble du secteur exploité, on ne peut pas exclure qu'il puisse se produire, à terme, des fontis à l'aplomb des parties de galeries situées aux plus faibles profondeurs, ce qui est le cas sur d'autres bassins miniers ferrifères de l'Ouest (par exemple sur les gisements de Soumont et de La Ferrière-aux-Etangs). Pour ces raisons, une prédisposition de niveau sensible à l'effondrement localisé a été retenue.

Intensité

A l'image des intensités observées dans le cas d'effondrements localisés liés à la rupture de travaux d'exploitations, les dimensions des cas dont l'origine est liée à l'éboulement de galerie isolée sont plus faibles, inférieures à 10 m. Ces différentes constatations nous amènent à avoir considéré l'intensité du phénomène redouté comme modérée, conformément à la classification adoptée.

Niveaux d'aléa

Par croisement des niveaux de prédisposition et d'intensité retenus, les niveaux d'aléa « effondrement localisé » sur galeries isolées ont été retenus à un niveau moyen pour toutes les portions de galeries situées à moins de 30 m de profondeur.

12.1.3.3 Effondrement localisé lié aux puits et descenderies

D'autres effondrements localisés trouvent leur origine dans la rupture des ouvrages de type puits ou descenderie. Ils se produisent souvent avec le vieillissement de leurs matériaux constitutifs :

- dans le cas des puits vides, la rupture de leur tête consiste en l'effondrement du revêtement et des terrains peu compétents environnants dans la colonne du puits vide. Dans le cas d'ouvrages remblayés, ces désordres font nécessairement suite au débouillage du puits, c'est-à-dire à l'écoulement du remblai par une recette du puits libérant un espace en tête de l'ouvrage ;
- au droit des trois descenderies d'accès (Grande Descenderie, Descenderie de la Hogue et Descenderie d'Harcourt, pour lesquelles, compte tenu de leur inclinaison élevée, le mécanisme à l'origine de l'effondrement localisé est assimilé à celui des puits.

Remarque : la descenderie de la Hogue était desservie par le puits de La Hogue.

Prédisposition

L'inventaire des ouvrages débouchant au jour recense 10 puits ou cheminées d'aérage et 3 descenderies ayant servi à l'extraction ou à l'aérage. Parmi ceux-ci, Les cheminées d'aérage dites de « Bully »⁴ ne sont plus observables.

Les puits de forme circulaire ont un diamètre compris entre 1,5 et 5,5 m (respectivement puits Taraud et puits Central), pour une profondeur de quelques dizaines de mètres à 540 m (puits Central). Les cheminées d'aérage sont apparemment nettement plus petites en diamètre (manque d'informations). Les puits d'accès de section rectangulaire sont très peu profonds (quelques mètres à une cinquantaine de mètres).

Des travaux de traitement des ouvrages débouchant au jour ont été effectués dans le cadre de la procédure d'abandon et achevés en 1994. Selon les dossiers d'archives, 3 types de traitement ont été effectués :

- Travaux importants comprenant un traitement du sol par des injections de ciment et la pose de dalles en béton armé. C'est le cas des puits de St-André, puits GDO, puits Central et de la Grande descenderie ;
- Travaux d'obturation par bouchon en béton armé ou par dalle en béton armé. C'est le cas de la descenderie de la Hogue, du petit puits de St-André, du puits de Verrières ;
- Travaux de remblayage et orifice muré pour la descenderie d'Harcourt ;
- Les deux derniers puits (Rocquancourt et Taraud) n'ont pas été fermés pour permettre l'exploitation des eaux. Ils sont toujours actuellement sous surveillance ;
- Travaux de recomblement au coulis béton armé des puits d'Harcourt, Cheminées du Garage citrôen et de la Supérette.

Un seul désordre a été recensé au droit d'un puits. Il s'agit du phénomène de tassement des remblais de comblement de la Cheminée du Garage Citroën observé en 2007 (cf. § 7.3.1).

⁴ le fontis de Bully mentionné précédemment n'est pas un effondrement de cheminée comme il était envisagé dans certains écrits mais un fontis dû à l'éboulement de la galerie elle-même

Les facteurs de prédisposition à l'effondrement localisé dépendent des deux mécanismes d'instabilité qui peuvent affecter une ancienne tête de puits :

- cas de l'effondrement de la structure mise en place en tête d'un puits vide (cuvelage, plancher, voûte en briques, dalle, bouchon, etc.) : caractéristiques de cette structure, altérabilité dans le temps, nature du cuvelage, nature résistance des terrains encaissants ;
- cas du débouillage d'un puits remblayé : conditions hydrogéologiques (remontée des eaux, battements de nappe), présence de galeries connectées au puits et non obturées par des serrements, ancienneté du remblayage, facteurs défavorables (vibrations, surcharges, variations du niveau de la nappe, etc.).

Les travaux de traitement réalisés pour la mise en sécurité de ces ouvrages (injections de ciment avec pose de dalles en béton armé, bouchons en béton armé ou pose de dalles en béton armé) assurent une bonne protection à plus ou moins long terme. Néanmoins, la pose d'une simple dalle bétonnée même avec une tête de puits renforcée par injections ne permet pas d'éliminer définitivement l'aléa à long terme. En effet, la stabilité des puits n'est pas garantie contre les possibilités de rupture du cuvelage et l'éboulement des bords qui sont susceptibles de s'opérer par altération ou vieillissement au bout de plusieurs dizaines d'années, voire d'une centaine d'années. Ceci est dû à la qualité des terrains superficiels altérés et/ou fracturés (primaires ou jurassiques), jugée, d'après les sondages, de qualité mécanique médiocre jusqu'à une profondeur estimée globalement à une dizaine de mètres.

Compte tenu des facteurs de stabilité favorables (traitements lourds pour les grands ouvrages, traitements plus « légers » pour les ouvrages aux profondeurs ou dimensions plus modestes ou surveillance pour les puits non obturés), il est considéré un niveau de prédisposition peu sensible pour l'ensemble des ouvrages.

Intensité

En ce qui concerne les puits, en cas de rupture de tête, le principal facteur susceptible d'influer sur la grandeur du diamètre de l'effondrement est l'épaisseur des terrains de recouvrement altérés et fracturés au niveau desquels cette rupture s'effectue pour se propager jusqu'en surface.

En raison de l'épaisseur de terrains jugés mécaniquement médiocre jusqu'à une dizaine de mètres, l'intensité du phénomène a été retenue à un niveau élevé. Néanmoins, pour les 4 ouvrages traités par injection de sol, le niveau d'intensité est réduit à modéré.

Niveaux d'aléa

Par croisement des niveaux de prédisposition et d'intensité retenus, les niveaux d'aléa « effondrement localisé » sur puits et descenderies sont retenus de faible à moyen, selon :

- moyen pour les descenderies de la Hogue et d'Harcourt, du petit puits de St-André, de la cheminée Bully et des puits Verrières, Rocquancourt et Taraud ;
- faible pour la Grande descenderie et les puits St-André, GDO et Central.

Remarque : suite aux nouveaux traitements réalisés par l'Etat en 2008, l'aléa effondrement localisé du puits d'Harcourt et des Cheminées du Garage citrôen et de la Supérette a été supprimé (cf. § 15).

12.2 L'affaissement

12.2.1 Description du phénomène

L'affaissement se manifeste par un réajustement des terrains de surface induit par l'éboulement de cavités souterraines résultant de l'extraction du minerai. Les désordres, dont le caractère est généralement lent, progressif et souple, prennent la forme d'une dépression topographique qui présente une allure de cuvette (cf. figure 18), sans rupture cassante importante (des fractures ouvertes sont possibles dans la zone en extension, située sur la bordure de l'affaissement).

Les exploitations concernées par les affaissements possèdent généralement quatre points communs : exploitation dite « partielle » en plateure à faiblement pentée où des vides sur des superficies importantes ont été maintenus, grande profondeur (valeur dépendant du contexte mais en général une centaine de mètres au moins), extensions horizontales importantes (ratio largeur exploitée / profondeur) et recouvrement capable de se déformer de manière « souple » sur des amplitudes importantes.

L'amplitude maximale de l'affaissement est directement proportionnelle à l'ouverture des travaux souterrains. Le coefficient de proportionnalité dépend notamment de la profondeur des travaux, de la méthode d'exploitation (défruitement) et de traitement des vides (remblayage). Dans la majorité des cas, les amplitudes maximales observées sont d'ordre décimétrique à métrique.

Généralement, ce ne sont pas tant les déplacements verticaux qui affectent les bâtiments et infrastructures de surface, que les déformations du sol (déplacements différentiels horizontaux, flexions, mise en pente, etc.). En fonction de leur position au sein de la cuvette d'affaissement, les déplacements différentiels horizontaux peuvent prendre la forme de raccourcissements (zones en compression vers l'intérieur de la cuvette) ou d'extension (zones en traction vers l'extérieur de la cuvette).



Figure 18 : Photographie d'une cuvette d'affaissement Bray-en-Cinglais – Soumont (14)

Plusieurs configurations peuvent être à l'origine de ce phénomène :

- les exploitations totales (tout le minerai est enlevé dans les tailles), menées à moyenne ou grande profondeur et présentant des extensions horizontales importantes. Il se produit dans les cinq ans suivant l'arrêt de l'exploitation. Ce phénomène a été observé dans le cadre d'exploitations de gisements houillers (Bassin de Provence) ou ferrifères (Bassin Ferrifère Lorrain) menées par ce type de méthode (dépilages ou foudroyages) ;
- Les exploitations partielles (chambres et piliers) présentant des configurations de profondeur, d'exploitation et de pendage favorables au déclenchement de ce type de phénomène (gisements pentés avec possibilité de débourages de remblai, ou suffisamment profonds pour menacer la stabilité des piliers). C'est le cas du Bassin de May-sur-Orne.

Sur le Bassin de May-sur-Orne, même si l'analyse informative ne mentionne aucun affaissement, la retroanalyse sur les autres bassins ferrifères de l'ouest, en particulier celui de Soumont, et les calculs sur modèle (cf. § 11) ont montré que le flanc sud pouvait être, dans certaines conditions, le siège de phénomènes d'affaissement.

12.2.2 Evaluation de l'aléa effondrement affaissement

Prédisposition

L'étude par modélisation numérique (cf. [1]) montre que les panneaux menacés par le processus d'affaissement sont ceux qui présentent les caractéristiques suivantes :

- largeur du panneau supérieure à la profondeur moyenne de celui-ci (milieu de panneau) pour que l'affaissement se donne en totalité. En dessous ($L < H$), les affaissements sont d'autant plus limités et considérés comme non perceptibles si le panneau présente une largeur $L < 0,4 H$;
- profondeur du panneau inférieure à 300 mètres⁽⁵⁾ ;
- pendage compris entre 30° et 55°, avec un taux d'exploitation supérieur à 80 % et une ouverture des chantiers supérieure à 5 m.

Si le flanc nord n'est pas menacé grâce à son pendage élevé (80° à 90°), ce n'est pas le cas du flanc sud (45° à 60°) qui répond presque partout aux critères de faisabilité ou s'en approche (ouverture exploitée comprise entre 3 à 5 m et le taux de défrètement compris entre 85 % à 90 %). D'une manière synthétique, la faible différence qui sépare ces caractéristiques des critères théoriques d'exclusion du processus d'affaissement donnés par les calculs de modélisation, et l'inexistence d'affaissements recensés à ce jour dans le bassin, laissent penser que la probabilité de réalisation du phénomène d'affaissement est possible mais à un niveau *peu sensible*.

Intensité

Les caractéristiques d'affaissement qui matérialisent les dégâts les plus dommageables pour les biens situés en surface sont les déformations différentielles horizontales et, en particulier, les mouvements de mise en pente du sol plutôt que l'affaissement maximal en lui-même. C'est pourquoi c'est ce dernier paramètre qui est choisi pour évaluer l'intensité de l'aléa affaissement. Le tableau suivant donne des valeurs indicatives des pentes qui permettent d'évaluer l'intensité du phénomène.

⁵ En ce qui concerne les chantiers plus profonds, il est considéré que les zones en rupture n'ont pas de chance d'atteindre la surface et que la prédisposition au phénomène d'affaissement (comme son intensité) est nulle.

Classe d'intensité	Mise en pente (en %)
Très limitée	0 < P < 1
Limitée	1 < P < 3
Modérée	3 < P < 6
Elevée	P > 6

Tableau 8 : Classes d'intensité de l'aléa « affaissement »

Les effets de mise en pente (et des déformations) apparaissent sur les bords de la cuvette d'affaissement. Ils sont proportionnels à l'amplitude de l'affaissement maximum, mais d'autant plus faibles que l'exploitation est profonde (H). Ainsi, les valeurs maximum de la pente (Pm), exprimées en %, sont atteintes à l'aplomb des bords de l'exploitation selon :

$$P_m = \beta A_m / H$$

où :

- Am est l'amplitude d'affaissement maximum exprimée en mètres ;
- H est la profondeur de la zone exprimée en mètres ;
- β est un coefficient qui dépend de la nature de recouvrement. La valeur de ce coefficient est retenue à 5, déduite des études en retour d'expérience effectuées sur le Bassin Ferrifère de Lorraine et adoptée pour son caractère très sécuritaire.

L'amplitude d'un affaissement maximum au centre de la cuvette est proportionnelle, directement liée au volume de vides exploités. Elle s'exprime selon :

$$A_m = K \tau W$$

où

- W est l'ouverture exploitée ; amplitude d'affaissement maximum exprimée en mètres ;
- τ est le taux d'exploitation (ou taux de défruitement) ;
- K est un coefficient de réduction de l'affaissement dépendant de la nature du recouvrement, en particulier sa raideur, et de son épaisseur. A partir de la retroanalyse des affaissements de Soumont, le coefficient K est pris égal à 0,3.

Le tableau suivant donne les résultats obtenus sur le site de May-sur-Orne, en considérant un taux de défruitement moyen de 85 %, la profondeur moyenne des exploitations (170 m) et deux valeurs de l'ouverture exploitée (3 et 5 m).

Ouverture exploitée (W)	3 m	5 m
Affaissement maximal (Am)	0,76 m	1,28 m
Profondeur (H)	170 m	170 m
Mise en pente (Pm)	2,0 %	3,8 %
Niveau d'intensité	Limité	Modéré

Tableau 9 : Valeurs des pentes calculées et niveaux d'intensité retenus pour l'aléa affaissement du Bassin de May-sur-Orne

Comme on le constate sur ce tableau, l'intensité du phénomène d'affaissement est retenue à un niveau limité ou modéré en fonction des évolutions de l'ouverture exploitée.

Evaluation de l'aléa

Par croisement des niveaux de prédisposition et d'intensité retenus, l'aléa affaissement sur le site de May-sur-Orne est évalué à un niveau faible sur les quartiers du flanc sud exploités situés à moins de 300 m de profondeur.

13 CARTOGRAPHIE DES ALEAS

Le fond utilisé pour le report cartographique est la BDORTHO® de l'IGN, correspondant à la photographie aérienne informatisée (ici prise de vue de 2009), orthorectifiée et géoréférencée de la zone d'étude. On considère généralement une incertitude de 3 m pour l'utilisation de la BDORTHO® de l'IGN comme fond topographique.

Les marges d'influence et d'incertitude liées à l'extension de l'aléa, et à la précision des levés et des reports cartographiques telles que définies dans les paragraphes respectifs de chaque aléa sont intégrées aux zonages des aléas figurés sur la carte.

Il est important de noter que la marge d'incertitude peut-être tronquée ou variable selon la direction cardinale impactant de fait la cartographie des aléas. En effet, la présence d'un repère topographique précis permet parfois d'estimer sans ambiguïté la position de l'ouvrage (par exemple, certitude que l'ouvrage se situe en rive droite d'une rivière ou de tel côté d'une route, d'après les documents d'archives, mais position incertaine par ailleurs). Par ailleurs, certains ouvrages repérés sur plans ou mentionnés dans les archives peuvent présenter une cote « z » ou altimétrique. Cette donnée confère à ces ouvrages, lorsqu'ils ne sont pas retrouvés sur le terrain, une incertitude de localisation plus faible dans la direction de la ligne de plus grande pente et une incertitude plus élevée dans la direction de la ligne de niveau correspondant à la cote connue de l'ouvrage.

13.1 Cartographie de l'aléa effondrement localisé

Pour les puits et les descenderies (considérées comme des puits compte tenu de leur forte inclinaison, cf. § 7.1), la zone d'aléa est circulaire. Le rayon de la zone d'aléa est défini à partir du centre du puits de la façon suivante (cf. figure 20) :

$$R = R_{\text{puits}} + R_{\text{influence}} + R_{\text{incertitude globale de localisation}}$$

Avec :

- R_{puits} (pris égal à 2 m) ;
- $R_{\text{influence}}$, relatif à l'extension latérale du cône d'effondrement, pris égal à 10 m, correspondant à l'épaisseur en surface des terrains primaires ou jurassiques altérés et/ou fracturés potentiellement mobilisables (moyennant un angle de talus de 45°) dans le cas d'une rupture de tête d'un puits ou d'une descenderie ;
- $R_{\text{incertitude globale de localisation}}$ est estimée selon :
 - Ouvrage matérialisé et levé par dGPS : la valeur d'incertitude inframétrique est négligée au regard du rayon d'influence adopté de manière sécuritaire ;
 - Ouvrages localisés sur plan d'exploitation : 10 m dus à l'incertitude estimée de géoréférencement des plans miniers (cf. § 9.1) .

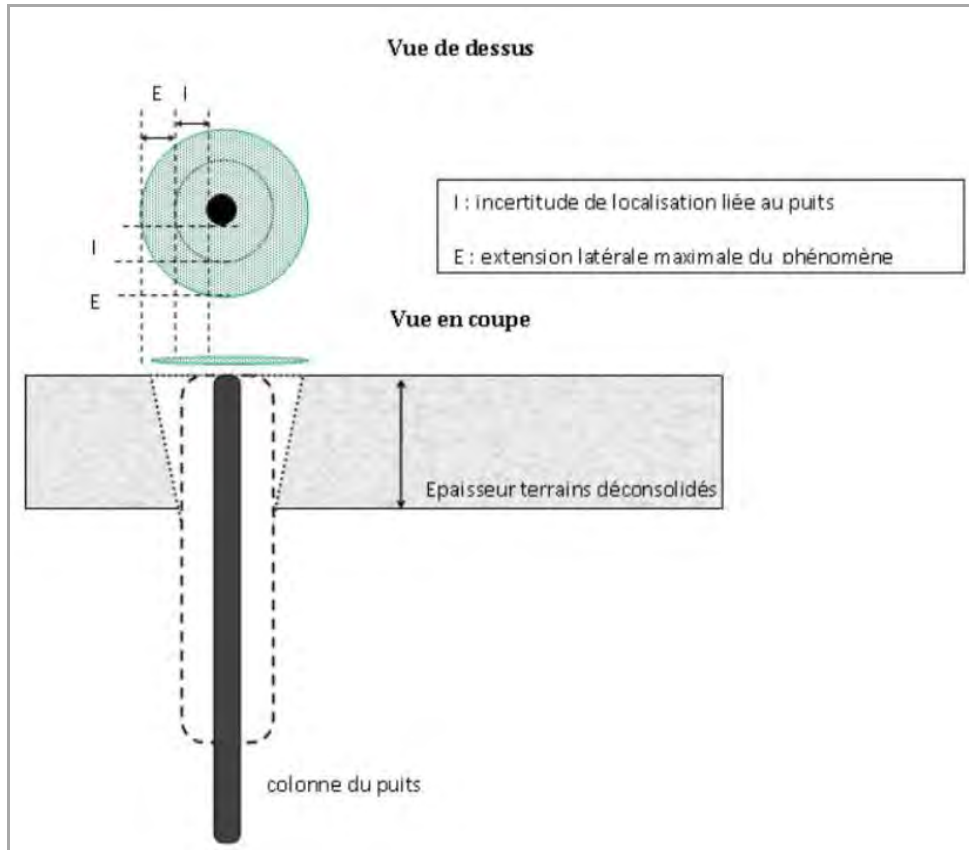


Figure 20 : Zonage de l'aléa effondrement localisé lié aux puits et aux descenderies

Pour les galeries isolées, l'extension de la zone d'aléa est définie à partir de la localisation et de l'extension de ces ouvrages. La marge retenue pour cartographier l'aléa se décompose comme suit (cf. figure 21) :

- une marge de sécurité ou d'incertitude globale de localisation des galeries qui est issue soit de celle des levés fond/jour de 2006 soit de celle du géoréférencement du plan. La valeur de cette marge est comprise entre 5 m et 10 m pour les galeries non levées (valeur dépendant de la distance entre l'entrée et la portion concernée par l'aléa c'est à dire située à moins de 30 m de profondeur). Pour les galeries levées, elle est réduite de 2 m sur toute la longueur concernée par l'aléa ;
- une marge d'influence correspondant à l'extension latérale maximale d'un fontis en surface (en tenant compte d'un angle de talus de 45°) maintenue à 10 m lorsque l'épaisseur maximale des terrains superficiels non cohésifs n'a pas été reconnue par sondages (secteurs hors enjeux) et réduit à 5 m dans les zones reconnues.

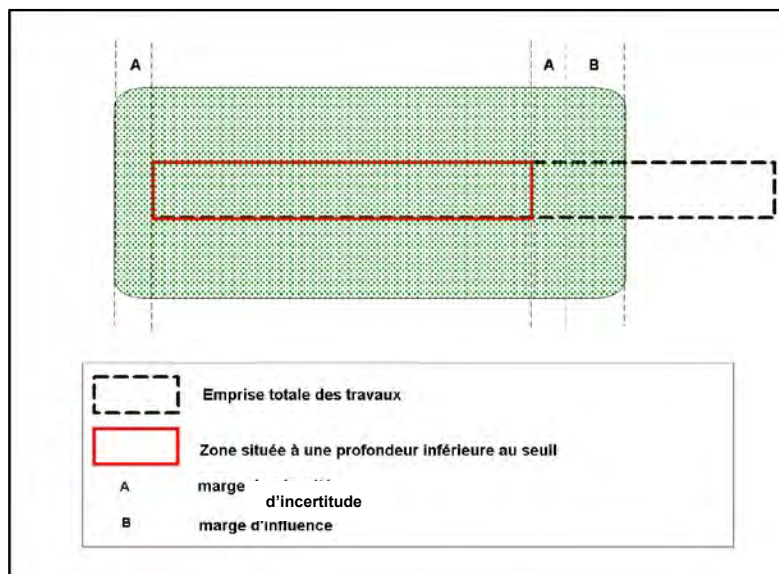


Figure 21 : Zonage de l'aléa effondrement localisé lié à la présence d'une galerie ou d'une descenderie souterraine (vue en plan)

Pour les travaux d'exploitations, il est considéré d'une manière générale que l'éboulement produit par la rupture des ouvrages souterrains, se propage d'abord dans le plan de la couche (pour des pendages élevés, supérieurs à 50°). Deux types d'évolution du processus de remontée de la cloche d'éboulement sont à distinguer :

- sur le flanc nord (subvertical), l'éboulement ne peut remonter que verticalement (ou presque) jusqu'au niveau des terrains non cohésifs de surface (cf. figure 22) ;
- sur le flanc sud (45° à 60°), on peut penser qu'une rupture des terrains encaissants peut se produire par cisaillement ou altération du toit de la couche. La hauteur des terrains affectés par cette rupture est estimée à une dizaine de mètres sous le recouvrement calcaire (cf. figure 23).

Au niveau du recouvrement calcaire, l'éboulement, dans les deux cas, aura tendance à remonter verticalement dans les bancs calcaires. Dans la zone des terrains non cohésifs de surface (pris sécuritairement à 5 m selon les sondages), l'effondrement qui affecte la surface forme un cratère selon un angle d'influence (angle de talus qui dépend de la nature des terrains superficiels). Globalement cet angle est estimé égal à 45° , en se forment à une profondeur de 5 m.

La marge d'influence, sur le flanc nord, est donc de 5 m à partir des bords de la couche. Elle est, sur le flanc sud, à partir des bords de la couche, de 5 m du côté du mur et de 15 m du côté du toit.

La marge de sécurité ou d'incertitude globale de localisation des galeries qui est issue soit de celle des levés fond/jour de 2006 soit de celle du géoréférencement du plan. La valeur de cette marge est comprise entre 5 m et 10 m pour les galeries non levées (valeur dépendant de la distance entre l'entrée et la portion concernée par l'aléa c'est à dire située à moins de 30 m de profondeur). Pour les galeries levées, elle est réduite de 2 m sur toute la longueur concernée par l'aléa.

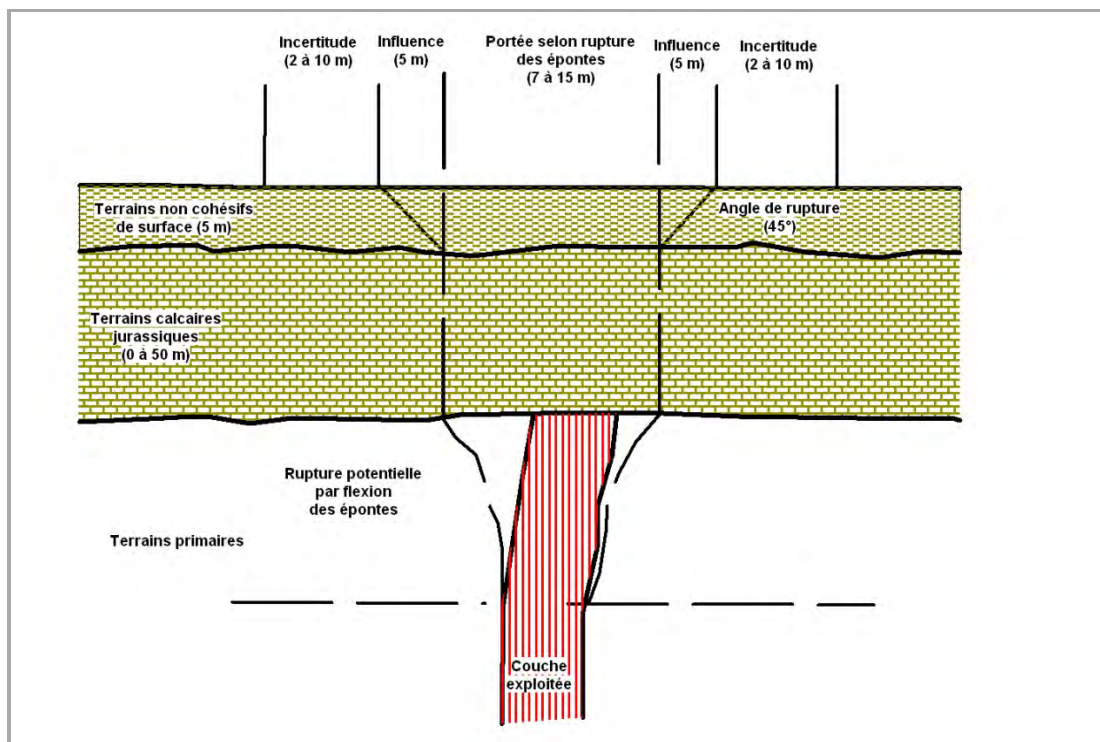


Figure 22 : Définition des marges d'influence et d'incertitude concernant les travaux miniers d'exploitations proches de la surface du flanc nord

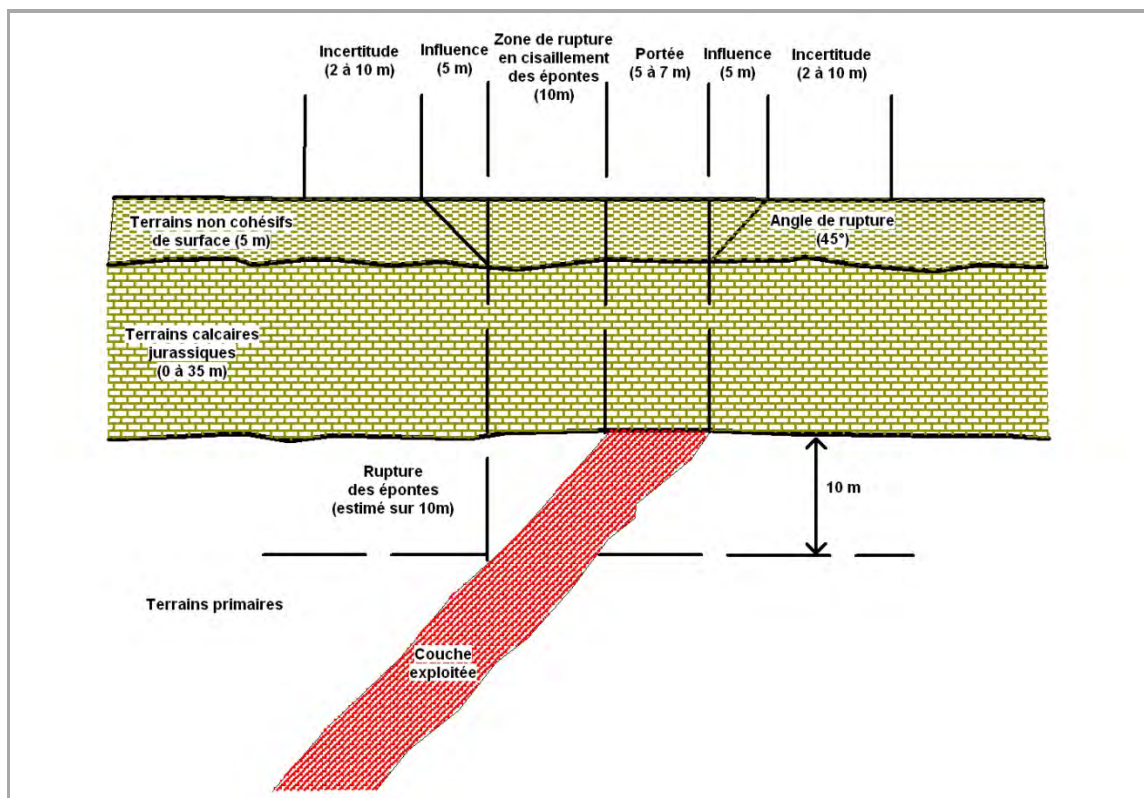


Figure 23 : Définition des marges d'influence et d'incertitude concernant les travaux miniers d'exploitations proches de la surface du flanc sud

13.2 Cartographie de l'aléa affaissement

L'extension de la zone d'aléa affaissement est définie selon l'emprise des travaux d'exploitations jugés instables. Les emprises tiennent compte de la marge d'incertitude de localisation des travaux d'exploitation concernés.

A ceci s'ajoute une marge d'influence qui varie selon le pendage de la couche exploitée. Cette marge d'influence, qui permet de cartographier les limites en surface de la zone possiblement influencée par un affaissement, est déterminée à partir d'un angle dit « angle d'influence », pris sur la verticale, qui relie l'extrémité du panneau, au fond, aux points de surface où les affaissements, déformations ou pentes sont considérés comme imperceptibles ou nuls.

Les exploitations en couche pentée (pendage supérieur à 20°) se caractérisent par une dissymétrie de la cuvette d'affaissement plus ou moins importante 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. Considérant, dans une couche située en plateure (pendage subhorizontal) un angle d'influence (γ) constant, en gisement penté, on est conduit à distinguer les angles limites qui varient en fonction du pendage (cf. figure 24) :

- l'angle limite « amont », plus petit que l'angle γ ;
- l'angle limite « aval », toujours plus grand que γ .

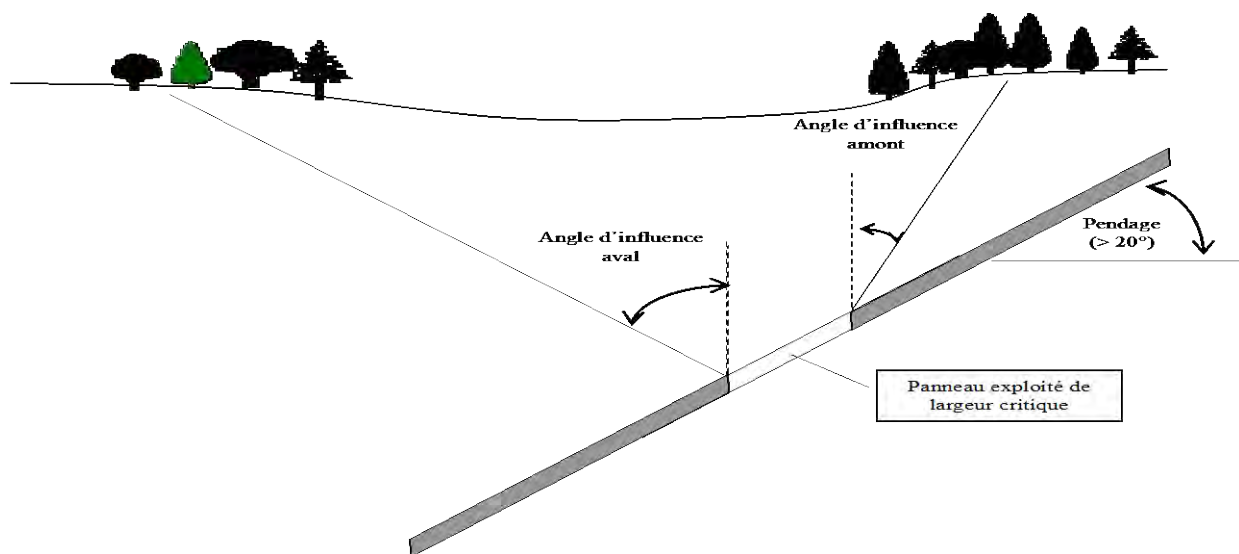


Figure 24 : Schéma montrant la dissymétrie des angles d'influence amont et aval en gisement penté

Au vu des données obtenues sur les affaissements de Soumont (cf. tableau 3 § 11.2), on remarque que les valeurs des angles de rupture amont et aval mesurées (pour un pendage compris entre 30° et 40°) en moyenne de l'ordre de 7° et 30° sont très proches les valeurs correspondantes des abaques des bassins de Lorraine ou du Nord Pas-de-Calais. On peut en déduire que les angles d'influence doivent être également très proches et prendre raisonnablement pour le gisement de May-sur-Orne des valeurs d'angle d'influence égales à 28° (coté amont) et 47° (coté aval).

Dates de l'éboulement	Profondeur moyenne du panneau	Angle de rupture amont	Angle de rupture aval
1961	170 m	+ 5°	+ 20°
1965	185 m	+ 10°	+ 20°
1966	150 m	+ 5°	+ 40°

Tableau 10 : Principales caractéristiques des affaissements de Soumont (pour un pendage mesuré de 30 à 40°)

L'angle d'influence amont est pris au sommet des panneaux exploités jugés instables. L'angle d'influence aval est pris à la base des panneaux exploités jugés instables retenus ici à 300 m de profondeur (cf. § 12.2.2).

Compte tenu de la démarche somme toute assez sécuritaire de la détermination des angles d'influence d'affaissement, aucune marge d'incertitude sur le zonage de l'aléa d'affaissement n'a été ajoutée.

13.3 Synthèse de la cartographie des aléas

Les cartes relatives aux aléas retenus sont présentées en annexe 2. Pour les mêmes raisons que pour les cartes informatives (cf. § 9), l'impression des cartes d'aléas par commune a été réalisée à l'échelle du 1/5 000. Néanmoins, compte tenu de la précision des échelles des supports cartographiques utilisés, il est estimé que l'échelle maximale de validité des cartes d'aléas est celle du 1/2 500.

Communes	Type d'aléa	Configuration	Niveau d'aléa		
Feugerolles-Bully	Effondrement localisé	Galerie isolée de Bully	Sans objet	Moyen	Sans objet
		Cheminée aérage de Bully			
	Affaissement	Travaux en chambres et piliers du flanc sud	Faible	Sans objet	Sans objet
Fontenay-le-Marmion	Effondrement localisé	Travaux peu profonds (Flanc sud)	Faible	Moyen	Fort
		Têtes de puits et descenderies	Sans objet	Moyen	Sans objet
	Affaissement	Travaux en chambres et piliers du flanc sud	Faible	Sans objet	Sans objet
Maltot	Effondrement localisé	Galerie isolée de Maltot	Sans objet	Moyen	Sans objet
May-sur-Orne	Effondrement localisé	Galerie isolée de niveau + 13 et galerie de niveau I (sans exploitations)	Sans objet	Moyen	Sans objet
		Travaux peu profonds (Flanc sud)	Sans objet	Moyen	Fort
		Têtes de puits et descenderies	Sans objet	Moyen	Sans objet
	Affaissement	Travaux en chambres et piliers du flanc sud	Faible	Sans objet	Sans objet
Rocquancourt	Effondrement localisé	Puits Taraud et ULV	Sans objet	Moyen	Sans objet
	Affaissement	Travaux en chambres et piliers du flanc sud	Faible	Sans objet	Sans objet
Saint-Aignan-de-Cramesnil	Affaissement	Travaux en chambres et piliers du flanc sud (extrémité est)	Faible	Sans objet	Sans objet
Saint-André-sur-Orne	Effondrement localisé	Galerie isolée de niveau B (sans exploitations)	Sans objet	Moyen	Sans objet
		Travaux peu profonds (Flanc nord)	Sans objet	Sans objet	Fort
Saint-Martin-de-Fontenay	Effondrement localisé	Travaux peu profonds (Flanc nord)	Faible	Moyen	Fort
		Têtes de puits	Faible	Moyen	Sans objet

Tableau 11 : Répartition des aléas « mouvements de terrain » par commune

**MISES A JOUR LOCALES DE LA CARTOGRAPHIE DES
ALEAS SUITE AUX TRAITEMENTS MENES PAR L'ETAT**

14 EVALUATION ET HIERARCHISATION DES RISQUES ET MESURES DE TRAITEMENTS RECOMMANDEES

L'étude des aléas menée sur le Bassin de May-sur-Orne a retenu deux types de phénomènes « mouvements de terrain » :

- L'effondrement localisé, dont le niveau est évalué de faible à fort ;
- L'affaissement dont le niveau est évalué à faible.

Les effets potentiels du phénomène d'affaissement, dont le niveau d'intensité a été retenu de limité à modéré (mise en pente < 4%), pourront produire des dommages légers aux bâtiments, mais ne constituent pas une source de risque pour les personnes. Il a été recommandé la mise en place d'un réseau de nivellement et un état altimétrique zéro sur les habitations concernées par le phénomène d'affaissement réparties sur les communes de May-sur-Orne, Feugerolles-Bully, Fontenay-le-Marmion et Rocquancourt. A la demande de la DRIRE de Basse-Normandie, Geoderis, par l'intermédiaire du cabinet du géomètre expert LALLOUET, a mis en place ce réseau en 2006. A noter qu'entre 2009 et 2011, Geoderis a été sollicité par la DRIRE de Basse-Normandie, pour l'expertise de désordres (fissures) apparus sur des habitations concernées par l'aléa affaissement sur la commune de May-sur-Orne. Des nouveaux levés des points de nivellement de ces secteurs ont été réalisés. Aucune variation n'a été enregistrée. L'analyse a montré que ces désordres n'étaient pas d'origine minière (cf. [16], [17] et [18]).

En revanche, l'effondrement localisé peut constituer un risque pour la sécurité des personnes, dans la mesure où, si l'aléa a été évalué à un niveau moyen ou fort, il peut présenter une intensité dommageable pour le bâti et qu'il peut se produire à court ou long terme, sans qu'il soit possible d'en évaluer la probabilité d'occurrence. Les investigations menées dans le cadre de l'étude de risques de 2006 ont permis de réévaluer cet aléa à proximité des enjeux, dans le sens d'une réduction de son extension. Néanmoins, les niveaux ont été confirmés.

Pour les enjeux (habitations, infrastructures) restant dans les zones d'aléa « effondrement localisé » de niveau moyen à fort, cette étude a permis de conclure qu'il n'existe pas de danger imminent (en raison de l'évolution lente des instabilités et des mécanismes de rupture à l'origine des phénomènes d'effondrements localisés), mais que le risque pour les biens et personnes subsiste, pour les raisons évoquées aux paragraphes précédents (travaux souterrains à faible profondeur, localement dégradés, instabilités localement évolutives, recouvrement d'état mécanique jugé moyen).

L'étude de risque du bassin de May-sur-Orne a conduit à recommander d'une manière générale des mesures de surveillance des travaux miniers sous les enjeux. Pour les zones dont les instabilités observées étaient évolutives, des traitements localisés ont été recommandés. La DRIRE de Basse-Normandie, par l'intermédiaire du Département de Prévention et de Sécurité Minière (DPSM) du BRGM a engagé en 2007, d'une part des travaux de surveillance par des visites souterraines à périodicité semestrielle ce qui réduit le risque à un niveau négligeable à nul et, d'autre part, des traitements par comblement des cavités au droit des enjeux sous minés par des cavités montrant des instabilités évolutives.

14.1 Zones d'enjeux en aléa effondrement localisé de niveau moyen à fort

Globalement, les travaux miniers sont globalement moins dégradés sur le flanc sud que sur le flanc nord. Les quatre communes présentant des enjeux en zone d'aléa effondrement localisé de niveau moyen à fort sont Saint-André-sur-Orne et Saint-Martin-de-Fontenay (travaux miniers du Flanc Nord) puis May-sur-Orne et Fontenay-le-Marmion (travaux miniers du Flanc Sud). Les zones d'enjeux définies en 2006 pour la surveillance et les traitements sont les suivantes (cf. [2] et figures 25 et 26) :

- Flanc nord :
 - Commune de Saint-André-sur-Orne Z01 à Z1(a et b) ;
 - Commune de Saint-Martin-de-Fontenay Z2 à Z15(a et b) ;
- Flanc sud :
 - Commune de May-sur-Orne Z16 à Z29 ;
 - Commune de Fontenay-le-Marmion Z30 à Z44.

Certaines de ces zones sont subdivisées en raison de la diversité des enjeux ou de la variation de configuration des travaux souterrains.

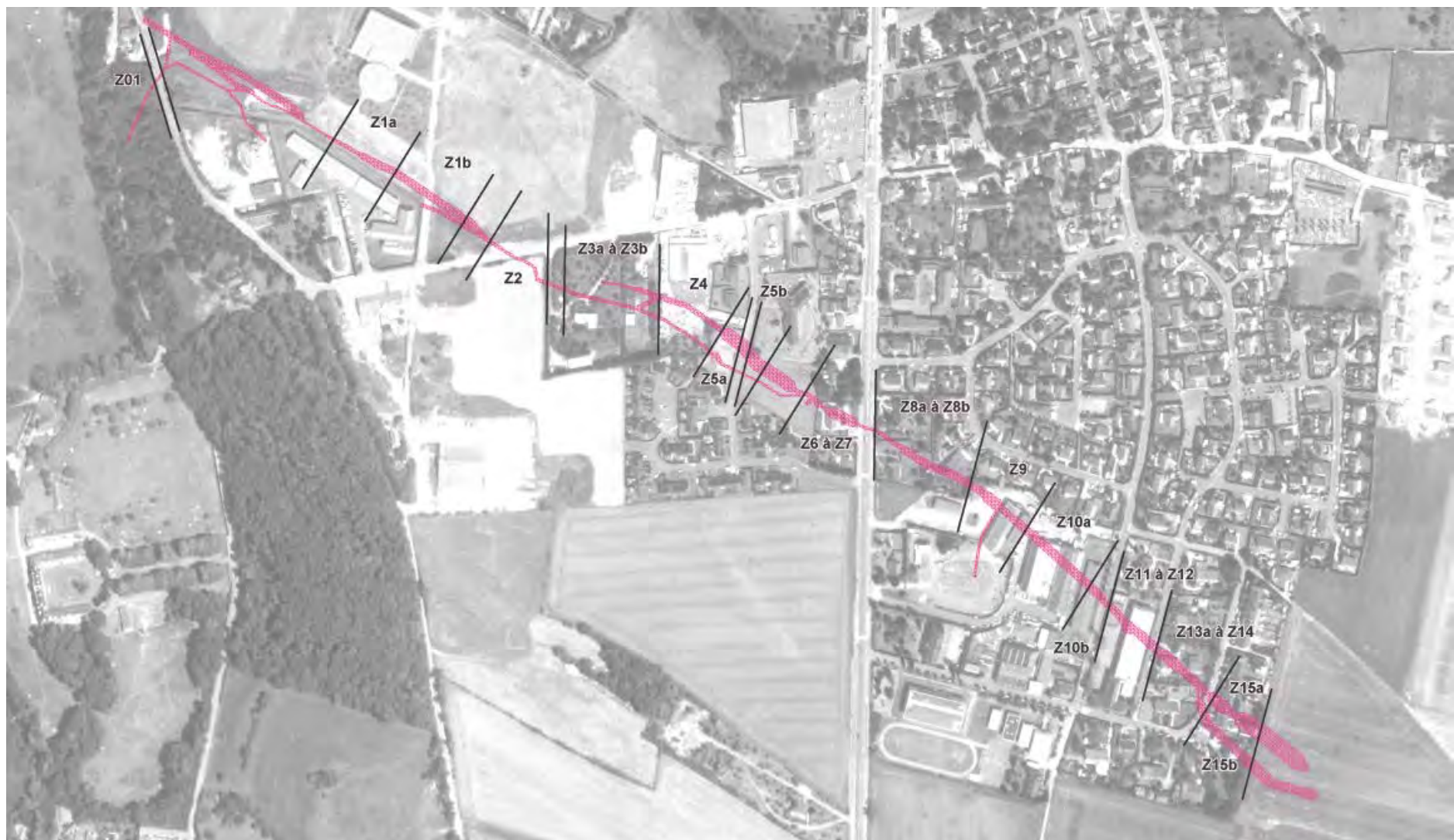


Figure 25 : Zones d'enjeu définies en 2006 pour le flanc nord sur les communes de Saint-André-sur-Orne et Saint-Martin-de-Fontenay (cf. [2])

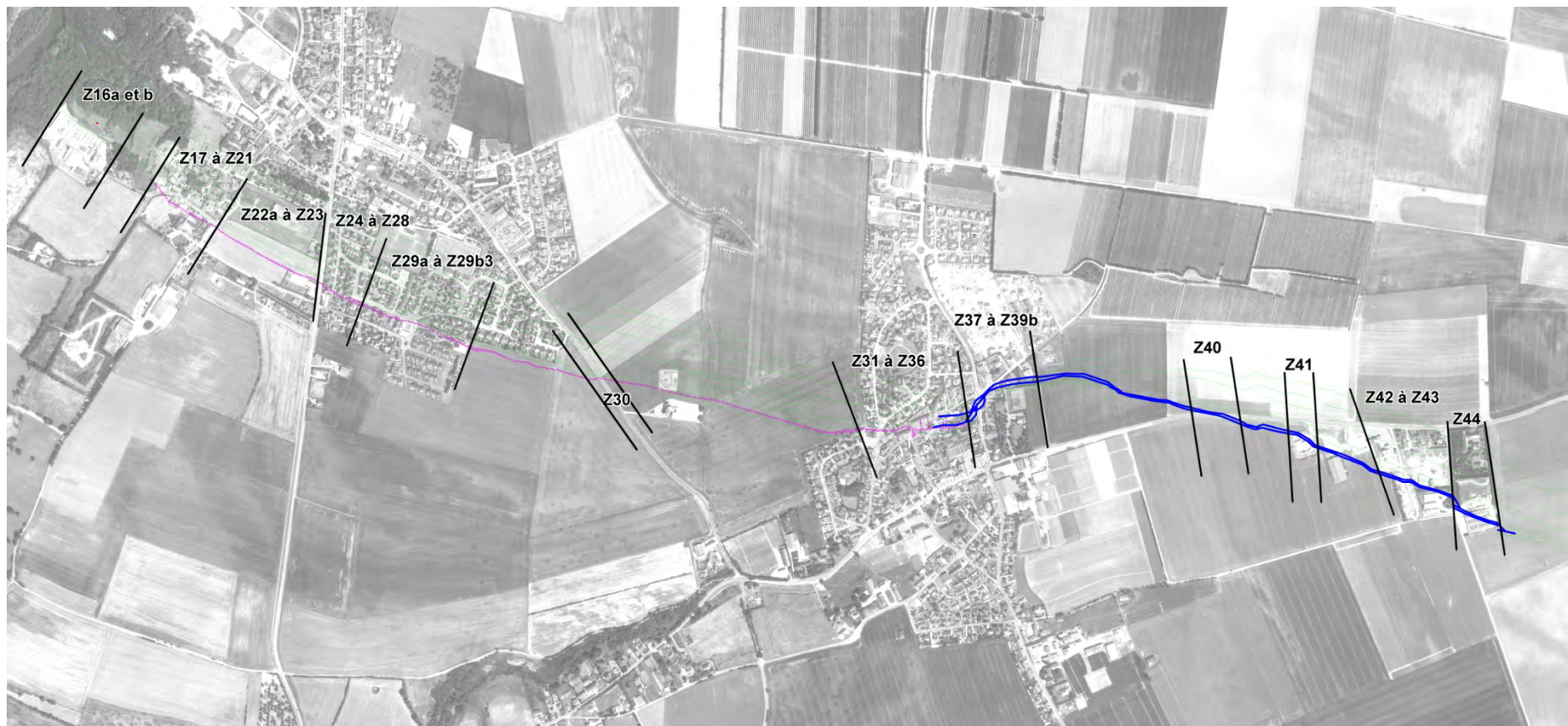


Figure 26 : Zones d'enjeu définies en 2006 pour le flanc sud sur les communes de May-sur-Orne et Fontenay-le-Marmion (cf. [2])

14.1.1 Commune de Saint-André-sur-Orne (Flanc Nord)

La commune de Saint-André-sur-Orne n'est concernée que par trois secteurs d'enjeux :

- le passage de la rue du Minerai au-dessus du niveau B (plan de mine probablement erroné car aucun passage trouvé au fond) et de l'accès depuis le jour jusqu'à celui-ci (Z01) ;
- le parking de l'espace Coisel (Z1a, Z1b) ;
- la voie d'accès à l'espace Coisel (Z1b).

14.1.2 Commune de Saint-Martin de Fontenay (Flanc Nord)

La commune de Saint-Martin-de-Fontenay est concernée par plusieurs secteurs d'enjeux. En particulier, il a été retenu :

- l'habitation au 53, route d'Harcourt (Z6). Celle-ci se situe au droit de chantiers verticaux d'assez fort volume et dont la couronne est à la profondeur de 8,50 m ;
- le passage sous la rue du clos Saint-Joseph (Z2) d'une galerie très peu profonde (5,50 m) (voirie interdite aux poids lourds de plus de 3,5 tonnes dès la détection de ce vide et avant son traitement en 2007, cf. ci-après).
- les habitations accolées de la rue des Jardins (Z15a) sous minés par une cavité très importante (de plusieurs milliers de mètres cubes) mais dont la voûte calcaire ne montre pas de signes d'instabilités.
- rue de la Mine, rue des Jardins et les pavillons attenants (zones Z10b, Z13b, Z14), sous minés par des exploitations relativement dégradées.
- l'habitation du 16 avenue Léonard Gilles (Z15b) est située sur la couche sud du minerai qui se dédouble à cet endroit.
- tous enjeux sous la galerie du niveau B, et en particulier, la zone de travaux peu profonds sus-jacente et située sous le jardin d'une propriété privée (5, rue du Clos Saint Joseph, Z3).

14.1.3 Commune de May-sur-Orne (Flanc Sud)

La commune de May-sur-Orne est concernée par plusieurs secteurs d'enjeux. En particulier, il a été retenu :

- les habitations de la rue de la Mine et la rue Eugène Figeac (Z19 : M. Philippine, Z20b : M. Cancian) et un pavillon route d'Harcourt (Z25 : M. Boeuf, près de la RD 562), sous-minées par des vides résiduels, plus ou moins remblayés, situés à très faible profondeur (moins de 10 m, localement 5 m).
- jardins de pavillons entre la rue Pasteur et la rue Jules Ferry (zone Z27) ;
- la RD 562 sous laquelle les plans de mine indiquent « une zone de remblais suspendus » à faible profondeur, en deçà des morts-terrains.
- les secteurs rue Pasteur et Jules Ferry (Z25 à Z29), sous minés par la galerie des morts terrains ou la descenderie d'Harcourt et le puits d'Harcourt (Z29a) ;
- la rue de la Mine (Z17 à Z20a), un entrepôt (Z16b), une jardinerie (Z23) et un jardin public (Z29) sous minés par des vides de plus ou moins grandes ampleurs ;

14.1.4 Commune de Fontenay-le-Marmion (Flanc Sud)

La commune de Fontenay-le-Marlion est concernée par plusieurs secteurs d'enjeux. En particulier, il a été retenu :

- le bourg de Fontenay-le-Marmion sous miné par les travaux des morts terrains peu profonds (5 à 15 m) et en particulier la rue du Parc, rue Léonard Gilles, rue de l'Espérance et rue de la Libération (Z31 à Z36) ;
- la supérette rue du Parc (Z31) dont le pignon nord-est est situé sur une ancienne cheminée d'aéragé ;
- les portions sous minées de la RD 41 et RD 41b (Z30, Z40) ;
- un garage (Z41) à des hangars (Z44) sous minés par la galerie de niveau supérieur.

15 SYNTHÈSE DES TRAITEMENTS RÉALISÉS ET DES MISES À JOUR DE L'ALÉA EFFONDREMENT LOCALISÉ

Suite à l'étude l'identification des enjeux en zone d'aléa effondrement localisé de niveaux moyen et fort, rappelés ci-avant, l'Etat, par l'intermédiaire du Département de Prévention et de Sécurité Minière (DPSM) du BRGM a engagé dès 2007 les premiers travaux de traitement.

15.1 Travaux de traitements et mises à jour de l'aléa (période 2007 - 2008) – (cf. [3] et [4])

15.1.1 Commune de Saint-Martin-de-Fontenay (Flanc Nord)

Comblement sous la rue du Clos Saint Joseph (Z2)

Un vide sous la surface du sol de quelques mètres cubes générant une dépression sur l'enrobé de la voirie avait conduit à interdire la circulation des poids lourds de plus de 3,5 tonnes sur cette voie. Sous ce vide, la galerie était comblée de matériau tout venant (possible ancien effondrement remblayé datant des années 1940 d'après le témoignage d'un riverain). Le traitement mis en œuvre a été un comblement gravitaire du vide à l'aide de matériaux granulaires secs.

Ces travaux ont permis de rouvrir la circulation à tous les véhicules sur cette voie mais l'aléa est toujours maintenu au niveau fort, en raison des exploitations sous-jacentes non traitées et de l'absence d'injection des remblais (anciens et actuels). Le maintien de la surveillance des travaux sous-jacents est toujours actif.

Précision de l'aléa sur la galerie de contournement de l'éboulement de 1918 située sous une habitation rue Léonard Gilles (Z15b)

Une galerie de contournement de l'éboulement de 1918 avait été creusée dans les morts terrains (schistes et grès du toit de la couche exploitée). L'examen des travaux de reconnaissances complémentaires ont laissé à penser que la galerie de contournement de l'éboulement de 1918 est quasiment comblée par des remblais (1 m de vide au maximum) et que, d'autre part, il y a une très faible probabilité de présence de vide sous cette galerie.

Aussi, le niveau d'aléa lié à cette galerie a été réévalué à un niveau faible. L'habitation située rue Léonard Gilles se situe ainsi en aléa faible.

15.1.2 Commune de Fontenay-le-Marmion (Flanc Sud)

Comblement de la Cheminée d'aérage de la Supérette (Z32)

L'ancienne cheminée d'aérage observée en mauvais état débouchait près du pignon nord-est de la supérette de la rue du Parc (Z32). Cette cheminée a été comblée à l'aide d'un coulis béton.

Ces travaux ont supprimé l'aléa lié à l'effondrement de la tête de la cheminée mais la zone demeure en aléa effondrement localisé de niveau fort lié aux exploitations souterraines desservies par cette cheminée. Le maintien de la surveillance de ces exploitations est toujours actif.

15.1.3 Commune de May sur Orne (Flanc Sud)

Comblement du puits d'Harcourt (Z29a)

Ce puits est situé au 32 rue Jules Ferry à May-sur-Orne. Ce puits desservait la galerie des morts terrains (en tête de la descenderie interne d'Harcourt) et a été comblé sur toute sa hauteur à l'aide d'un coulis béton.

Ces travaux ont supprimé l'aléa lié à l'effondrement de la tête du puits mais la zone demeure en aléa effondrement localisé de niveau fort lié aux exploitations souterraines desservies par ce puits. Le maintien de la surveillance de ces exploitations est toujours actif.

Comblement de la galerie des morts terrains au droit des habitations rue de la Mine (Z19) et rue Eugène Figeac (Z20b)

Dans ces zones, les travaux ont consisté en un remplissage des vides résiduels par comblement gravitaire à l'aide de matériaux granulaires secs et une injection pour le clavage.

Ces travaux ont permis de diminuer le niveau d'intensité de l'effondrement localisé et donc de passer l'aléa d'un niveau fort à moyen dans les 2 zones traitées. Le maintien de la surveillance des exploitations sous-jacentes est toujours actif.

Comblement de la galerie des morts terrains au droit d'une habitation route d'Harcourt (Z25)

Les travaux ont consisté en la réalisation d'un coffrage dans la galerie des morts terrains au-dessus des chambres exploitées remblayées (remblayage maintenu par les trémies obturées et débouchant la galerie de niveau I) puis en une injection de béton jusqu'à fleur de terrain.

En l'absence d'injection des remblais des chambres exploitées, le niveau de prédisposition est maintenu à un niveau sensible à très sensible. Néanmoins, ces travaux ont permis de diminuer le niveau d'intensité du phénomène redouté et donc de passer l'aléa d'un niveau fort à moyen dans toute la zone traitée, ici limitée à l'habitation. Le maintien de la surveillance des exploitations sous-jacentes est toujours actif.

Précision de l'aléa lié aux travaux d'exploitations sous le garage Citroën

Lors des reconnaissances réalisées dans le cadre d'étude de 2006, les conditions au fond n'avaient pas permis d'accéder jusqu'au droit du garage Citroën. Une nouvelle expédition a été organisée avec un dispositif de localisation fond – jour de type UGPS en 2007. Celle-ci a permis un recalage précis des travaux miniers souterrains.

Ce positionnement a permis de diminuer la marge d'incertitude en la faisant passer de 5 à 2 m au droit de la zone reconnue. Par contre, l'interprétation de la coupe du sondage D19, repositionné sur le plan des travaux miniers, conduit à faire passer la probabilité d'occurrence à un niveau élevé car l'épaisseur de recouvrement initialement évaluée supérieure à 30 m, n'est en réalité que de 20 m environ et, par conséquence, à augmenter le niveau d'aléa de moyen à fort. Le maintien de la surveillance des travaux sous-jacents au garage Citroën est toujours actif.

Comblement de l'effondrement localisé du garage Citroën (cheminée d'aérage)

Le désordre qui s'est produit en 2007 en limite du parking arrière du garage Citroën à Fontenay-le-Marmion a été attribué au tassement des remblais d'une cheminée d'aérage (cf. § 7.3.1). Après décapage, du désordre jusqu'à 6 m de profondeur, l'effondrement a été comblé par enrochement et coulis béton jusqu'en surface. La zone traitée a été délimitée par des blocs rocheux de manière à y éviter tout futur stationnement de véhicule.

Ces travaux ont supprimé l'aléa lié à l'effondrement de la tête de la cheminée mais la zone du garage Citroën demeure en aléa effondrement localisé de niveau fort lié aux exploitations souterraines desservies par cette cheminée (cf. paragraphe précédent). Le maintien de la surveillance de ces exploitations est toujours actif.

15.2 Travaux de traitements et mises à jour de l'aléa (période 2008 - 2011) - (cf. [5] et [15])

15.2.1 Commune de Saint-Martin-de-Fontenay (Flanc Nord)

Comblement sous une habitation 53 route d'Harcourt (Z6) et la RD 562 (Z7)

Les travaux ont consisté au comblement des 9 chambres d'exploitations sus-jacentes à la galerie de niveau B du flanc nord vertical. Il a été réalisé :

- un confinement de la zone à combler par le coffrage des 8 trémies (madriers bois) desservant le niveau B et des 2 galeries latérales à la zone (murs en coulis armé et ancrés dans les parements) ;
- le coulage d'une dalle (0,65 m d'épaisseur) ancrée dans les parements (tirants de longueur 1 m) en béton vibré (pré-dalle de nivellement) et armé (dalle armée de treillis anti-fissuration et anti-cisaillement) à la sole des chambres pour renforcer la tenue du stot du niveau B ;
- le comblement intégral (jusqu'au refus) des 9 chambres par l'injection à partir de forages (un par chambre) de 1 709 m³ de coulis (mortier sable/ciment) ;
- un contrôle de clavage (< 0,2 m).

Les calculs de résistance fournis dans le rapport de récolement des travaux (cf. [14]) ont permis de conclure à la stabilité de l'édifice dalle ancrée + coulis. La rupture des chantiers des niveaux inférieurs au niveau B, non ou peu remblayés, n'aurait pas de conséquence sur l'édifice, les vides étant profonds et aux volumes relativement réduits. Ceci conduit à supprimer l'aléa « effondrement localisé » au droit des zones Z6 et Z7.

15.2.2 Commune de Saint-Martin-de-Fontenay (Flanc Nord)

Faisabilité du comblement sous quatre habitations mitoyennes rue des Jardins (Z15a)

La zone d'enjeux Z15A comprend quatre habitations mitoyennes rue des Jardins et se localise au droit d'une cavité minière située entre 15 m et 35 m de profondeur qui présente un volume plusieurs milliers de mètres cubes (cf. figure 16 § 7.4.2). Elle correspond à une chambre d'exploitation dont le mur, formé d'une épaisse formation d'argiles vertes, s'est éboulé augmentant ainsi la portée de la « couronne ». Cette « couronne » formée des calcaires jurassiques discordants sur les formations minéralisées présente des caractéristiques mécaniques et un niveau de résistance médiocres. Les travaux de comblement proposés (réalisation d'une dalle béton armé en pied de la cavité puis comblement à l'aide d'un coulis béton), outre la difficulté de mise en œuvre (réalisation d'une dalle sous eau, ancrage dans des terrains de mauvaise tenue mécanique (argiles)) ne garantissait pas la suppression voir la réduction significative de l'aléa et du risque (cf. [15]).

En l'absence de faisabilité d'un traitement de la cavité, les services de l'Etat ont entamé avec le propriétaire (bailleur social) des quatre habitations une démarche d'expropriation à l'amiable. Les quatre habitations ont été évacuées et les locataires ont été relogés par le bailleur social. A ce jour, la surveillance de l'évolution de la cavité est maintenue.

15.3 Travaux de reconnaissances complémentaires et mises à jour de l'aléa (période 2011 - 2013) - (cf. [6] et [7])

15.3.1 Commune de Saint-André-sur-Orne (Flanc Nord)

Depuis 2009, les travaux miniers montrent des signes de fortes dégradations (éboulement en cours) entre les zones Z10 et Z12, à savoir entre le site de l'entreprise ICF et l'ancien collège désaffecté⁶ de Saint-André-sur-Orne. Le phénomène observé, identique de celui caractérisé au niveau de la zone Z15a, correspond à une rupture progressive des planchers du niveau supérieur et du niveau B, par cisaillement et flambage des argiles vertes du côté du mur géologique (cf. § 7.4.2).

Pour optimiser la surveillance de l'évolution de cet éboulement, il a été proposé, en sus de la surveillance visuelle par le fond, la réalisation depuis la surface et, si possible, depuis le fond des sondages instrumentés dans le mur géologique de manière à connaître :

- l'épaisseur des argiles vertes dans toutes les directions à partir de la galerie de niveau B et en particulier dans la direction horizontale (perpendiculaire au pendage) jusqu'au grès du mur résistants ;
- les évolutions et leur cinétique des cisaillements de ces argiles.

De manière à implanter très précisément les sondages, un levé fond/jour par la méthode UGPS3 a été réalisé. Cette technique, couplant la triangulation par réponse magnétique de deux à trois bornes (une en surface et deux en souterrain) et la géolocalisation au GPS différentiel (précision décimétrique) de la borne de surface, a permis d'affiner le positionnement des travaux miniers par rapport à la surface et réduire ici l'incertitude de 2 à 1 m. Ceci a permis de réduire l'emprise de la zone d'aléa effondrement localisé de niveau fort entre les zones Z10 et Z12.

⁶ A la demande de la DRIRE de Basse-Normandie et en accord avec la mairie de Saint-André-sur-Orne, la partie de l'ancien collège désaffecté soumise à l'aléa effondrement localisé de niveau fort (les 2/3 nord du bâtiment) a été démolie par le Département de Prévention et de Sécurité Minière du BRGM.

15.4 Travaux de traitements et mises à jour de l'aléa (période 2013 - 2014) – (cf. [8])

15.4.1 Commune de Saint-Martin-de-Fontenay (Flanc Nord)

Comblement d'une cavité peu profonde (5 m) sous la rue Juno (Z5b)

Les travaux ont consisté en la réalisation au comblement jusqu'au refus de la cavité (correspondant à une cheminée non débouchant au jour de 92 m³) avec du béton dont la base au toit de la galerie de niveau B avait été préalablement coffré et barrée par le coulage d'une dalle en béton armé.

Ces travaux ont permis de supprimer l'aléa au droit de cette cavité. Néanmoins, la zone est maintenue en aléa de niveau fort, en raison de l'influence des exploitations adjacentes (et au-dessus de la galerie de niveau B) non traitées. Le maintien de la surveillance des travaux sous-jacents est toujours actif.

15.4.2 Commune de May-sur-Orne (Flanc Sud)

Comblement des premiers mètres de la descente interne d'Harcourt sous deux habitations et un jardin entre la rue Jules Ferry et la rue Pasteur (Z27).

La descente interne d'Harcourt assurait la liaison entre le niveau I et la galerie des « morts terrains ». Les premiers mètres situés au droit de deux habitations et d'un jardin entre la rue Jules Ferry et la rue Pasteur à May-sur-Orne étaient en mauvais état géotechnique. Les travaux ont consisté à acheminer du béton à l'aide d'une canalisation passant par un sondage et la galerie des morts terrains, pour combler les premiers mètres de la descenderie (120 m³).

Ces travaux ont permis diminuer le niveau de prédisposition aléa de très sensible à sensible mais l'aléa a été maintenu au niveau fort, en raison des exploitations non traitées, desservies par cette descente d'Harcourt et situées entre la galerie des morts terrains et de la galerie de niveau I. Le maintien de la surveillance de ces travaux est toujours actif.

15.4.3 Commune de Fontenay-le-Marmion (Flanc Sud)

Complément d'anciens comblements sous deux habitations mitoyennes et jardins rue de l'Espérance (Z35)

Les travaux ont consisté à un appoint de comblement dans deux cavités contiguës creusées dans les morts terrains se trouvant au droit de deux habitations mitoyennes et de jardins rue de l'Espérance. Le volume remblayé depuis la surface avec du béton a été est de 281 m³.

Ces travaux ont permis diminuer le niveau de prédisposition aléa très sensible à sensible mais l'aléa a été maintenu au niveau fort, en raison de l'influence des exploitations sous-jacentes (au-dessus de la galerie de niveau I) non traitées et anciennement éboulées. Le maintien de la surveillance des travaux sous-jacents est toujours actif.

Comblement d'une cavité peu profonde (8 m) sous la RD 41 (Z40)

La cavité, située à 8 m sous la RD 41, correspondait à une portion de la voie de tête (volume de 200 m³ sous la route) non remblayée des travaux d'exploitations menés depuis la galerie de niveau I. Les travaux ont consisté en la réalisation au comblement de la cavité avec du béton.

Les travaux présentent la même configuration que ceux de la zone Z25. A l'image du traitement de cette zone (cf. § 15.1.3) le niveau d'aléa a été réévalué d'un niveau fort à moyen sous la portion de la RD 41 concernée. Le maintien de la surveillance des travaux depuis le niveau I est toujours actif.

15.5 Travaux de traitements et mises à jour de l'aléa (période 2014 - 2015)

15.5.1 Commune de Fontenay-le-Marmion (Flanc Sud)

Comblement d'une cavité peu profonde (16 m) sous la RD 41b (Z30)

La cavité, située à 16 m sous la RD 41b, correspondait à une portion de la voie de tête (volume de 362 m³ sous la route) non remblayée des travaux d'exploitations menés depuis la galerie de niveau I. Les travaux ont consisté en la réalisation au comblement de la cavité avec du béton (cf. [9]).

Les travaux présentent la même configuration que ceux des zones Z25 et Z40. A l'image du traitement de ces zones (cf. § 15.1.3 et 15.4.3), le niveau d'aléa a été réévalué d'un niveau fort à moyen sous la portion de la RD 41b concernée. Le maintien de la surveillance des travaux depuis le niveau I est toujours actif.

16 CONCLUSIONS

La DREAL de Basse-Normandie, a demandé à Geoderis, dans le cadre de son programme de travail de 2016, une édition des cartes d'aléas « mouvements de terrain » par commune du Bassin Ferrifère de May-sur-Orne, base de travail à l'établissement du PPRM. Il est également demandé que ces cartes s'appuient sur un document autoporteur qui synthétise l'ensemble des travaux menés par l'Etat depuis l'édition de l'étude préliminaire des aléas en 2004.

Les premières expertises avaient conduit à retenir en 2004, puis à préciser en 2006, deux phénomènes de mouvements de terrain :

- L'effondrement localisé ou fontis au droit des cavités peu profondes et certains puits. Le niveau d'aléa varie selon les critères de faible à fort ;
- L'affaissement au droit des exploitations profondes du flanc sud. Le niveau d'aléa retenu y est faible.

Les effets potentiels du phénomène d'affaissement, dont le niveau d'intensité a été retenu de limité à modéré (mise en pente < 4%), pourront produire des dommages légers aux bâtiments, mais ne constituent pas une source de risque pour les personnes. Il a été recommandé puis mis en place un réseau de nivellement et un état altimétrique zéro sur les habitations concernées par le phénomène d'affaissement réparties sur les communes de May-sur-Orne, Feugerolles-Bully, Fontenay-le-Marmion et Rocquancourt.

En revanche, l'effondrement localisé peut constituer un risque pour la sécurité des personnes, dans la mesure où, si l'aléa a été évalué à un niveau moyen ou fort, il peut présenter une intensité dommageable pour le bâti et qu'il peut se produire à court ou long terme, sans qu'il soit possible d'en évaluer la probabilité d'occurrence. Pour les enjeux (habitations, infrastructures) soumis aux zones d'aléa « effondrement localisé » de niveau moyen à fort, les expertises ont permis de conclure qu'il n'existe pas de danger imminent (en raison de l'évolution lente des instabilités et des mécanismes de rupture à l'origine des phénomènes d'effondrements localisés), mais que le risque pour les biens et personnes subsiste, pour les raisons évoquées aux paragraphes précédents (travaux souterrains à faible profondeur, localement dégradés, instabilités localement évolutives, recouvrement d'état mécanique jugé moyen).

L'étude de risque du bassin de May-sur-Orne a conduit à recommander d'une manière générale des mesures de surveillance des travaux miniers sous les enjeux. Pour les zones dont les instabilités observées étaient évolutives, des traitements localisés ont été recommandés. La DRIRE de Basse-Normandie, par l'intermédiaire du Département de Prévention et de Sécurité Minière (DPSM) du BRGM a engagé en 2007, d'une part des travaux de surveillance par des visites souterraines à périodicité semestrielle ce qui réduit le risque à un niveau négligeable à nul et, d'autre part, des traitements par comblement des cavités au droit des enjeux sous minés par des cavités montrant des instabilités évolutives.

Des traitements sont prévus en 2016 et 2017.

Au fur et à mesure de la réception des dossiers de récolement des travaux de traitement, l'aléa et le risque lié à l'effondrement localisé ont été réévalués sur chaque secteur concerné. Cela a conduit à plusieurs mises à jour locales de la cartographie des aléas.

Les cartes annexées à ce document présentent par commune, d'une part, l'état des connaissances du bassin minier de May-sur-Orne connues à fin 2015 et, d'autre part, les aléas « mouvements de terrain » établis sur la base de celles-ci. L'impression des cartes d'aléas par commune a été réalisée à l'échelle du 1/5 000. Néanmoins, compte tenu de la précision des échelles des supports cartographiques utilisés, il est estimé que l'échelle maximale de validité des cartes d'aléas est celle du 1/2 500.

Remarque : Les futurs traitements dont certains sont déjà prévus en 2016 occasionneront potentiellement de nouvelles mises à jour locales de la cartographie de l'aléa des communes concernées.

Bibliographie

- [1] Bassin minier de May-sur-Orne - Concessions de Bully, Maltot, May-sur-Orne, et Saint-André-sur-Orne (Calvados) - Etude préliminaire à la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques Miniers (PPRM). Cartographie de l'aléa « mouvement de terrain ». Rapport GEODERIS 4BNO2600-R02-CF, juin 2004.
- [2] Convention n° 04 2 77 5778 - Bassin minier de May-sur-Orne - Etude des risques liés à la présence de travaux miniers souterrains peu profonds - Synthèse des investigations - Avis sur les risques et propositions de mesures de prévention ou de mise en sécurité. Rapport GEODERIS W2006/037-5BNO3100, juin 2006.
- [3] Bassin Ferrifère de May-sur-Orne - Commune de Fontenay-le-Marmion - Note de mise en sécurité du tassement au garage Citroën « Cité Taraud ». Rapport GEODERIS W2007/065DE-7BNO2330, octobre 2007.
- [4] Bassin minier de May-sur-Orne (14) - Mise à jour de la cartographie de l'aléa mouvement de terrain. Rapport GEODERIS W2008/075DE-08BNO3520, septembre 2008
- [5] Bassin ferrifère de May-sur-Orne (14) - Concession de Saint-André-sur-Orne - Mise à jour de la cartographie de l'aléa « mouvements de terrain ». Rapport GEODERIS W2011/026DE-11BNO3610, septembre 2011
- [6] Proposition de reconnaissances géologiques et géotechniques préalables aux travaux de mise en sécurité de la Z10 à Saint-Martin-de-Fontenay (14). Rapport GEODERIS W2013/001DE-13OUE3110, janvier 2013
- [7] Révision de la cartographie de l'aléa mouvement de terrain dans la zone 11-12 de la mine de fer de May-sur-Orne (14), à la suite de mesures fond – jour. Rapport GEODERIS W2013/021DE – 13OUE3101, novembre 2013
- [8] Bassin minier de May-sur-Orne (14) - Mise à jour de la cartographie de l'aléa mouvement de terrain. Rapport GEODERIS W2014/016DE – 14OUE3602, novembre 2014
- [9] Bassin ferrifère de May-sur-Orne - Mise en sécurité d'une cavité minière - à Fontenay-le-Marmion (Calvados) - Mémoire de fin de travaux. Rapport BRGM RP-64994-FR, Août 2015.
- [10] L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers - Guide Méthodologique - Volet technique relatif à l'évaluation de l'aléa - Les risques de mouvements de terrain, d'inondations et d'émissions de gaz de mine. Rapport INERIS DRS-06-51198/R01, mai 2006.
- [11] Contribution au développement d'outils d'aide à l'évaluation des aléas dans le cadre des PPRM Aléas « mouvements de terrain » pour les gisements pentés et filoniens – Partie 2 : Typologie des événements redoutés au droit d'exploitations pentées et/ou filoniennes. Rapport INERIS DRS-05-55102/R02, 2005.

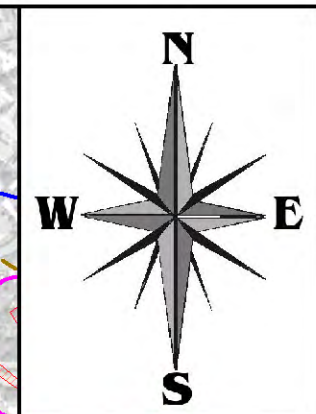
- [12]** Annexe technique au guide d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Miniers - Evaluation de l'aléa « effondrement localisé ». Rapport INERIS DRS-09-103953-12226A, décembre 2009.
- [13]** Histoire d'un pays minier - Autour de May-sur-Orne. Collège Paul Verlaine Evrecy et Amicale des anciens mineurs. Editeur local. 2e édition, 175 pages, avril 2002.
- [14]** Bassin minier de May-sur-Orne – Travaux de mises en sécurité d'un pavillon et de la RD 562 à Saint-Martin-de-Fontenay (14320) – Mémoire de fin de travaux. Rapport BRGM/RP-58791-FR, septembre 2010.
- [15]** Mine de fer de May-sur-Orne – Flanc Nord (14) - Avis sur l'étude BRGM de faisabilité du comblement de la zone de risque Z15A. Rapport GEODERIS W2010/038DE – 10BNO3110, juillet 2010.
- [16]** Analyse des désordres apparus sur l'habitation de M. et Mme MELOT 10 rue Guillaume le Conquérant à May-sur-Orne (14). Rapport GEODERIS W2010/016DE – 10BNO3510, février 2010.
- [17]** Analyse des désordres apparus sur l'habitation de M. et Mme IWANICKI, 14 rue Saint-André à May-sur-Orne (14). Rapport GEODERIS W2011/001DE – 10BNO3520, janvier 2011.
- [18]** Analyse de désordres apparus dans la propriété de M. et Mme Lebas, 8 rue de Figeac à May-sur-Orne (14). Rapport GEODERIS W2011/027DE – 11BNO3530, octobre 2011.
- [19]** 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-03-50864/RN01, 2003.

ANNEXE 1

Cartes informatives *(hors texte)*

ANNEXE 2

Cartes d'aléas *(hors texte)*



DREAL BASSE-NORMANDIE
Bassin minier de May-sur-Orne (14)

Annexe 1 : Carte informative

COMMUNE DE FEUGUEROLLES-BULLY

OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| Puits matérialisé | Puits localisé |
| Galerie matérialisée | Galerie localisée |
| | Descenderie localisée |

DÉSORDRES

- Désordres

GÉOLOGIE

- Isopaques du Jurassique (équidistance 10 m)

TRAVAUX SOUTERRAINS

- | | |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Anciennes fouilles | Emprise des travaux souterrains |
| Travaux comblés par Géomines | Zone de traçage non exploitée |
| Zones traitées par l'Etat | Enveloppe des travaux souterrains |

Galeries levées

- | | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Galerie Morts terrains "Flanc Sud" | Galerie Niveau Supérieur "Flanc Sud" | Galerie Niveau B "Flanc Nord" |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|

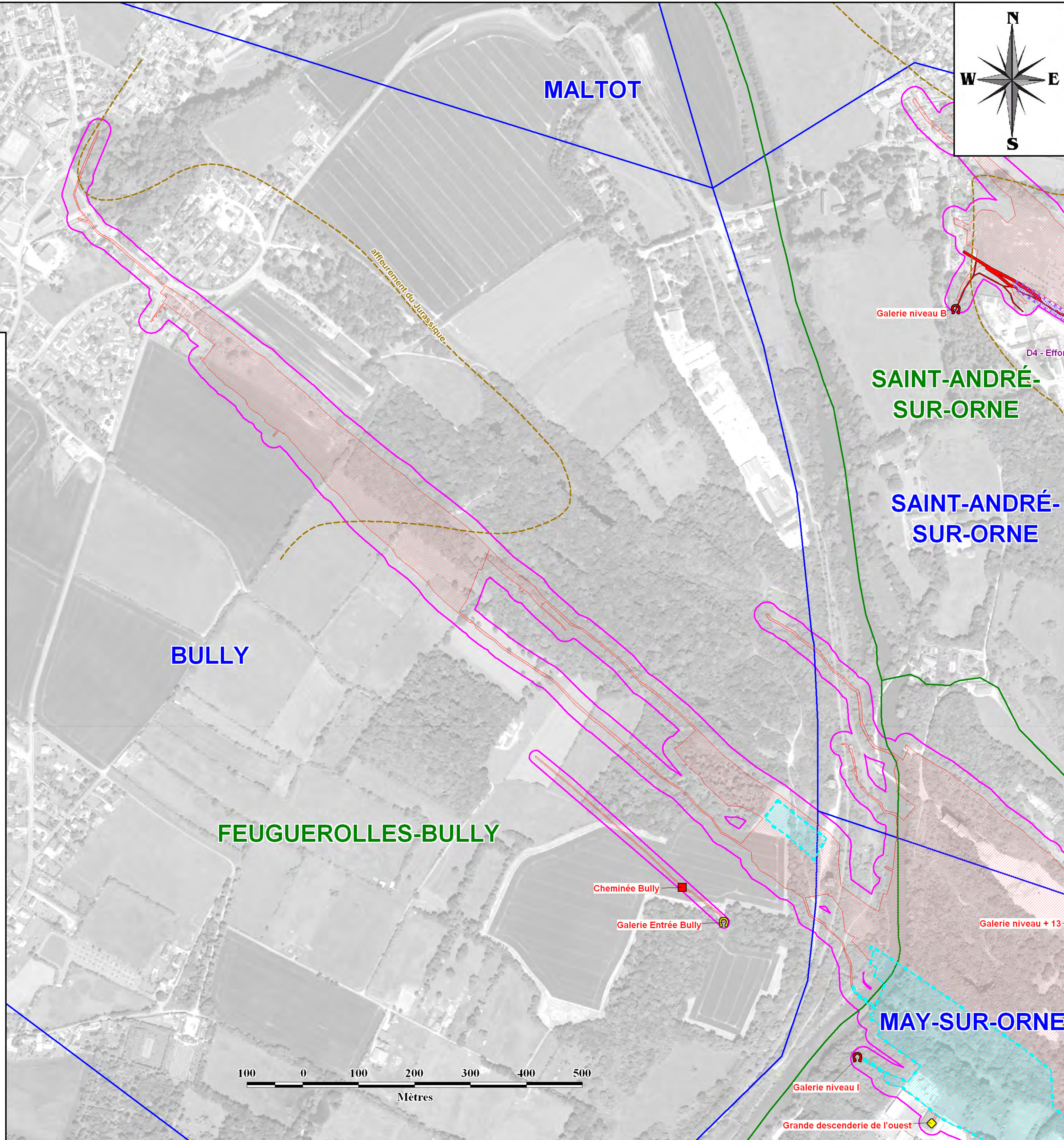
LIMITES ADMINISTRATIVES

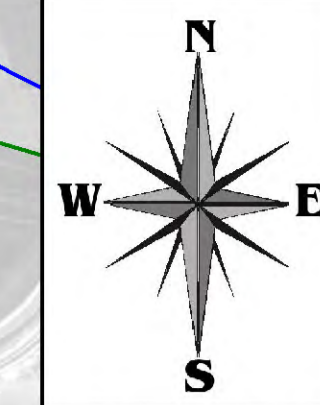
- | | |
|-------------------|----------------------|
| Limite de commune | Limite de concession |
|-------------------|----------------------|

ECHELLE : 1 / 5 000

Rapport W2016/003DE-16BNO22020 - Mai 2016

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2009 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007





SAINT-ANDRE-SUR-ORNE

SAINT-MARTIN-DE-FONTENAY

GARCELLES

MAY-SUR-ORNE

ROCQUANCOURT

MAY-SUR-ORNE

FONTENAY-LE-MARMION

DREAL BASSE-NORMANDIE
Bassin minier de May-sur-Orne (14)

Annexe 1 : Carte informative

COMMUNE DE FONTENAY-LE-MARMION

OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR

- Puits matérialisé
- Puits localisé
- ⌂ Galerie matérialisée
- ⌂ Galerie localisée
- ◆ Descenderie localisée

DÉSORDRES

- Désordres

GÉOLOGIE

- Isopaques du Jurassique (équidistance 10 m)

TRAVAUX SOUTERRAINS

- Anciennes fouilles
- Emprise des travaux souterrains
- Travaux comblés par Géomines
- Zone de traçage non exploitée
- ▼ Zones traitées par l'Etat
- Enveloppe des travaux souterrains

Galeries levées

- Galerie Morts terrains "Flanc Sud"
- Galerie Niveau Supérieur "Flanc Sud"
- Galerie Niveau B "Flanc Nord"

LIMITES ADMINISTRATIVES

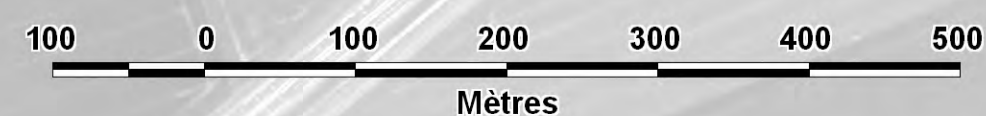
- Limite de commune
- Limite de concession

ECHELLE : 1 / 5 000

Rapport W2016/003DE-16BNO22020 - Mai 2016

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2009 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007

GEODERIS



DREAL BASSE-NORMANDIE
Bassin minier de May-sur-Orne (14)

Annexe 1 : Carte informative

COMMUNE DE MALTOT

OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR

- | | |
|--|---|
|  Puits matérialisé |  Puits localisé |
|  Galerie matérialisée |  Galerie localisée |
| |  Descenderie localisée |







DÉSORDRES

-  Désordres

GÉOLOGIE

-  Isopaques du Jurassique (équidistance 10 m)

TRAVAUX SOUTERRAINS

- | | |
|--|---|
|  Anciennes fouilles |  Emprise des travaux souterrains |
|  Travaux comblés par Géomines |  Zone de traçage non exploitée |
|  Zones traitées par l'Etat |  Enveloppe des travaux souterrains |

Galeries levées

- | | | |
|--|--|---|
|  Galerie Morts terrains "Flanc Sud" |  Galerie Niveau Supérieur "Flanc Sud" |  Galerie Niveau B "Flanc Nord" |
|--|--|---|

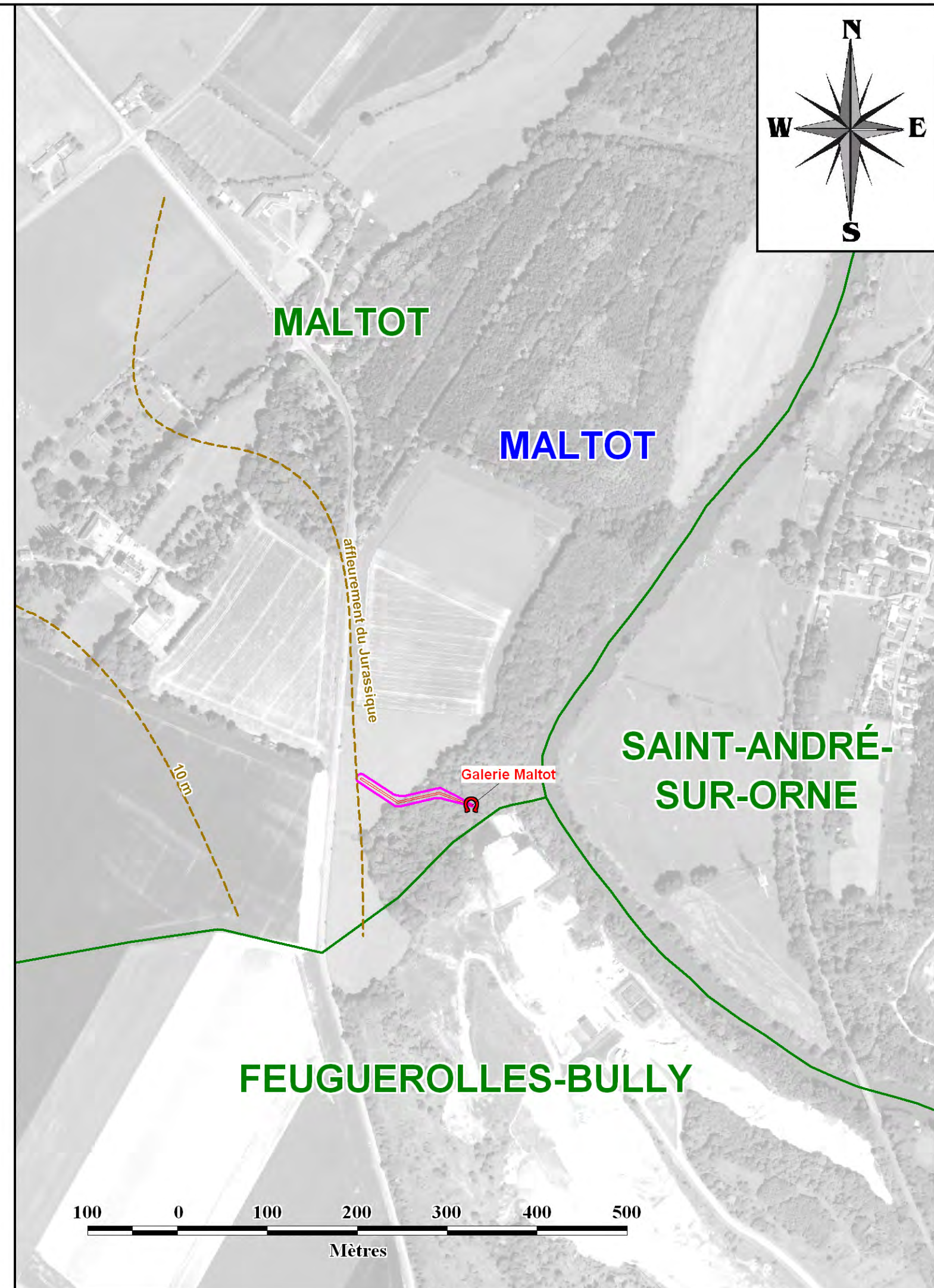
LIMITES ADMINISTRATIVES

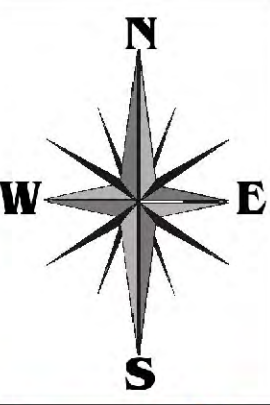
- | | |
|---|--|
|  Limite de commune |  Limite de concession |
|---|--|

ECHELLE : 1 / 5 000

Rapport W2016/003DE-16BNO22020 - Mai 2016

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2009 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007





FEUGUEROLLES-BULLY

BULLY

SAINT-MARTIN-DE-FONTENAY

SAINT-ANDRE-SUR-ORNE

DREAL BASSE-NORMANDIE
Bassin minier de May-sur-Orne (14)

Annexe 1 : Carte informative

COMMUNE DE MAY-SUR-ORNE

OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| Puits matérialisé | Puits localisé |
| Galerie matérialisée | Galerie localisée |
| | Descenderie localisée |

DÉSORDRES

- Désordres

GÉOLOGIE

- Isopaques du Jurassique (équidistance 10 m)

TRAVAUX SOUTERRAINS

- | | |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Anciennes fouilles | Emprise des travaux souterrains |
| Travaux comblés par Géomines | Zone de traçage non exploitée |
| Zones traitées par l'Etat | Enveloppe des travaux souterrains |

Galeries levées

- | | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Galerie Morts terrains "Flanc Sud" | Galerie Niveau Supérieur "Flanc Sud" | Galerie Niveau B "Flanc Nord" |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|

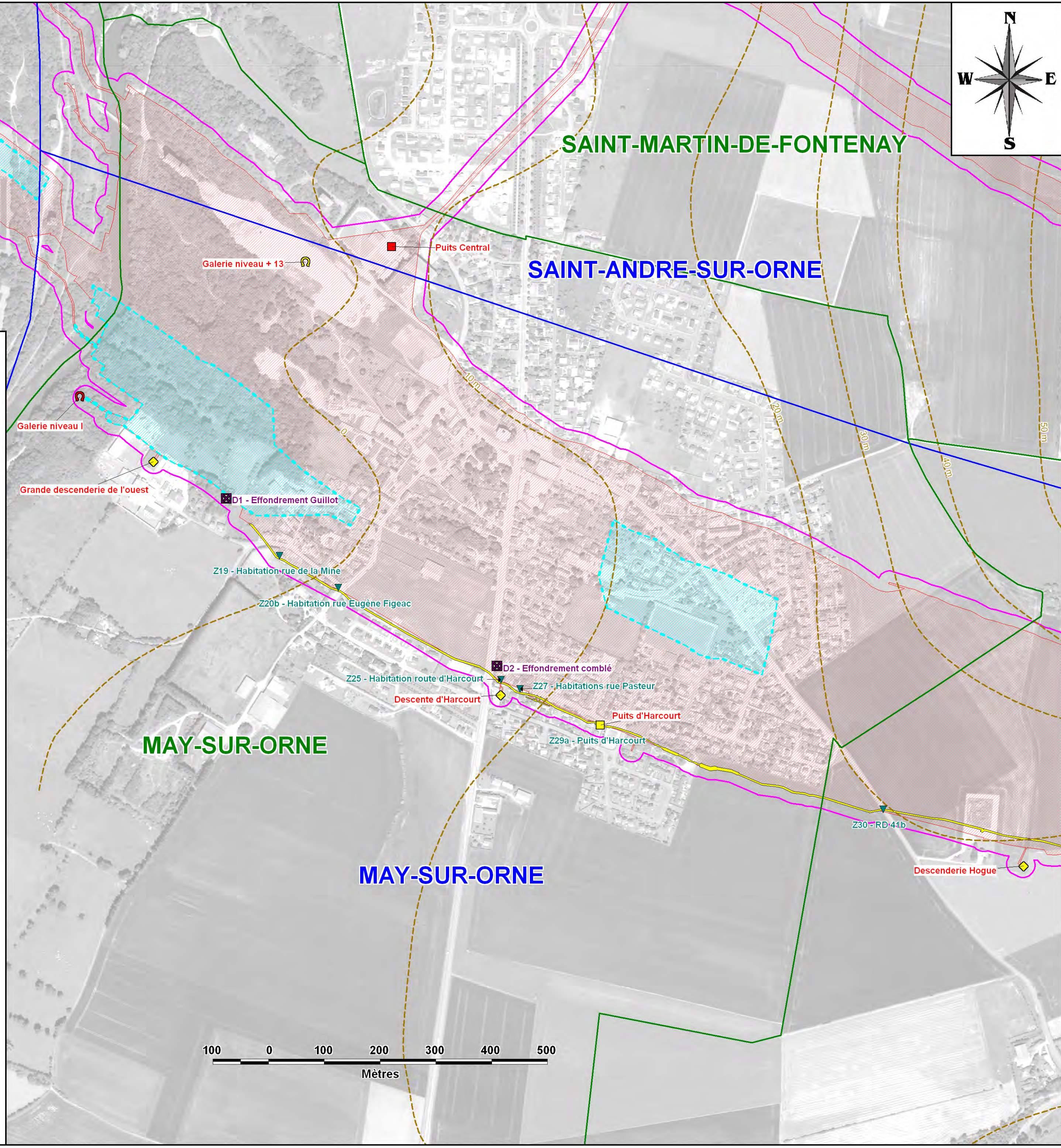
LIMITES ADMINISTRATIVES

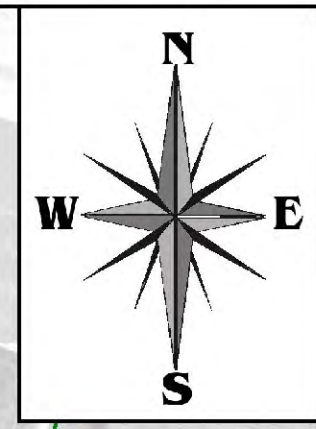
- | | |
|-------------------|----------------------|
| Limite de commune | Limite de concession |
|-------------------|----------------------|

ECHELLE : 1 / 5 000

Rapport W2016/003DE-16BNO22020 - Mai 2016

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2009 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007





GARCELLES

ROCQUANCOURT

FONTENAY-LE-MARMION

MAY-SUR-ORNE

DREAL BASSE-NORMANDIE
Bassin minier de May-sur-Orne (14)

Annexe 1 : Carte informative

COMMUNE DE ROCQUANCOURT

OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR

- Puits matérialisé
- Puits localisé
- Galerie matérialisée
- Galerie localisée
- Descenderie localisée

DÉSORDRES

- Désordres

GÉOLOGIE

- Isopaques du Jurassique (équidistance 10 m)

TRAVAUX SOUTERRAINS

- Anciennes fouilles
- Emprise des travaux souterrains
- Travaux comblés par Géomines
- Zone de traçage non exploitée
- Zones traitées par l'Etat
- Enveloppe des travaux souterrains

Galeries levées

- Galerie Morts terrains "Flanc Sud"
- Galerie Niveau Supérieur "Flanc Sud"
- Galerie Niveau B "Flanc Nord"

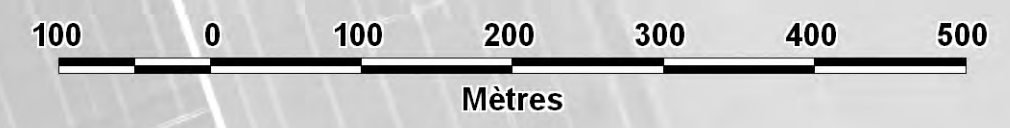
LIMITES ADMINISTRATIVES

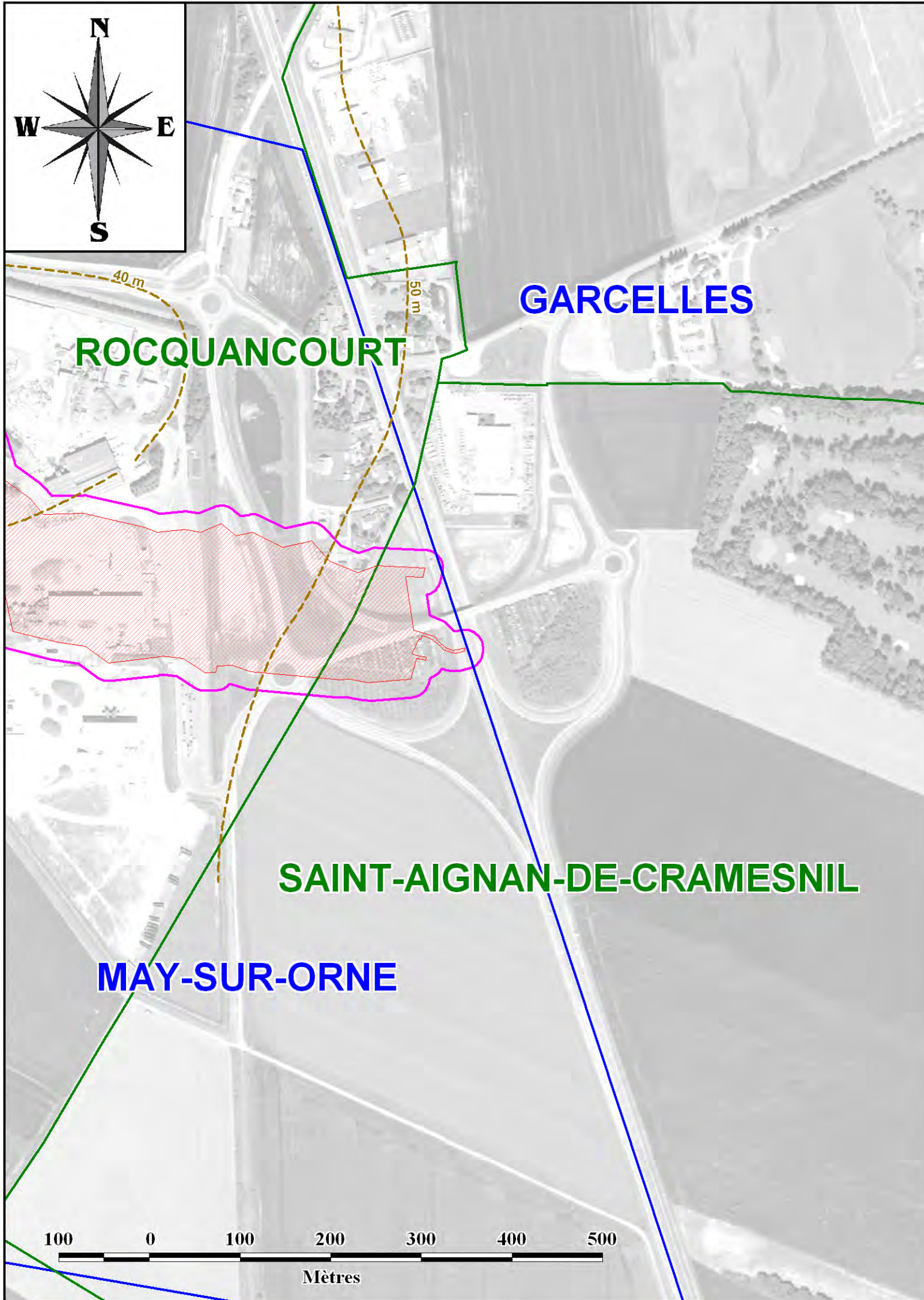
- Limite de commune
- Limite de concession

ECHELLE : 1 / 5 000

Rapport W2016/003DE-16BNO22020 - Mai 2016

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2009 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007





DREAL BASSE-NORMANDIE
Bassin minier de May-sur-Orne (14)

Annexe 1 : Carte informative

COMMUNE DE SAINT-AIGNAN-DE-CRAMESNIL

OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR

- Puits matérialisé
- Puits localisé
- ⌚ Galerie matérialisée
- ⌚ Galerie localisée
- ◆ Descenderie localisée

DÉSORDRES

- ⊠ Désordres

GÉOLOGIE

- - - Isopaques du Jurassique (équidistance 10 m)

TRAVAUX SOUTERRAINS

- Anciennes fouilles
- Emprise des travaux souterrains
- Travaux comblés par Géomines
- Zone de traçage non exploitée
- ▼ Zones traitées par l'Etat
- Enveloppe des travaux souterrains

Galeries levées

- Galerie Morts terrains "Flanc Sud"
- Galerie Niveau Supérieur "Flanc Sud"
- Galerie Niveau B "Flanc Nord"

LIMITES ADMINISTRATIVES

- ⬡ Limite de commune
- ⬡ Limite de concession

ECHELLE : 1 / 5 000

Rapport W2016/003DE-16BNO22020 - Mai 2016

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2009 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007



DREAL BASSE-NORMANDIE
Bassin minier de May-sur-Orne (14)

Annexe 1 : Carte informative

COMMUNE DE SAINT-ANDRÉ-SUR-ORNE

OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR

- | | |
|--|---|
|  Puits matérialisé |  Puits localisé |
|  Galerie matérialisée |  Galerie localisée |
| |  Descenderie localisée |







DÉSORDRES

-  Désordres

GÉOLOGIE

-  Isopaques du Jurassique (équidistance 10 m)

TRAVAUX SOUTERRAINS

- | | |
|--|---|
|  Anciennes fouilles |  Emprise des travaux souterrains |
|  Travaux comblés par Géomines |  Zone de traçage non exploitée |
|  Zones traitées par l'Etat |  Enveloppe des travaux souterrains |

Galeries levées

- | | | |
|--|--|---|
|  Galerie Morts terrains "Flanc Sud" |  Galerie Niveau Supérieur "Flanc Sud" |  Galerie Niveau B "Flanc Nord" |
|--|--|---|

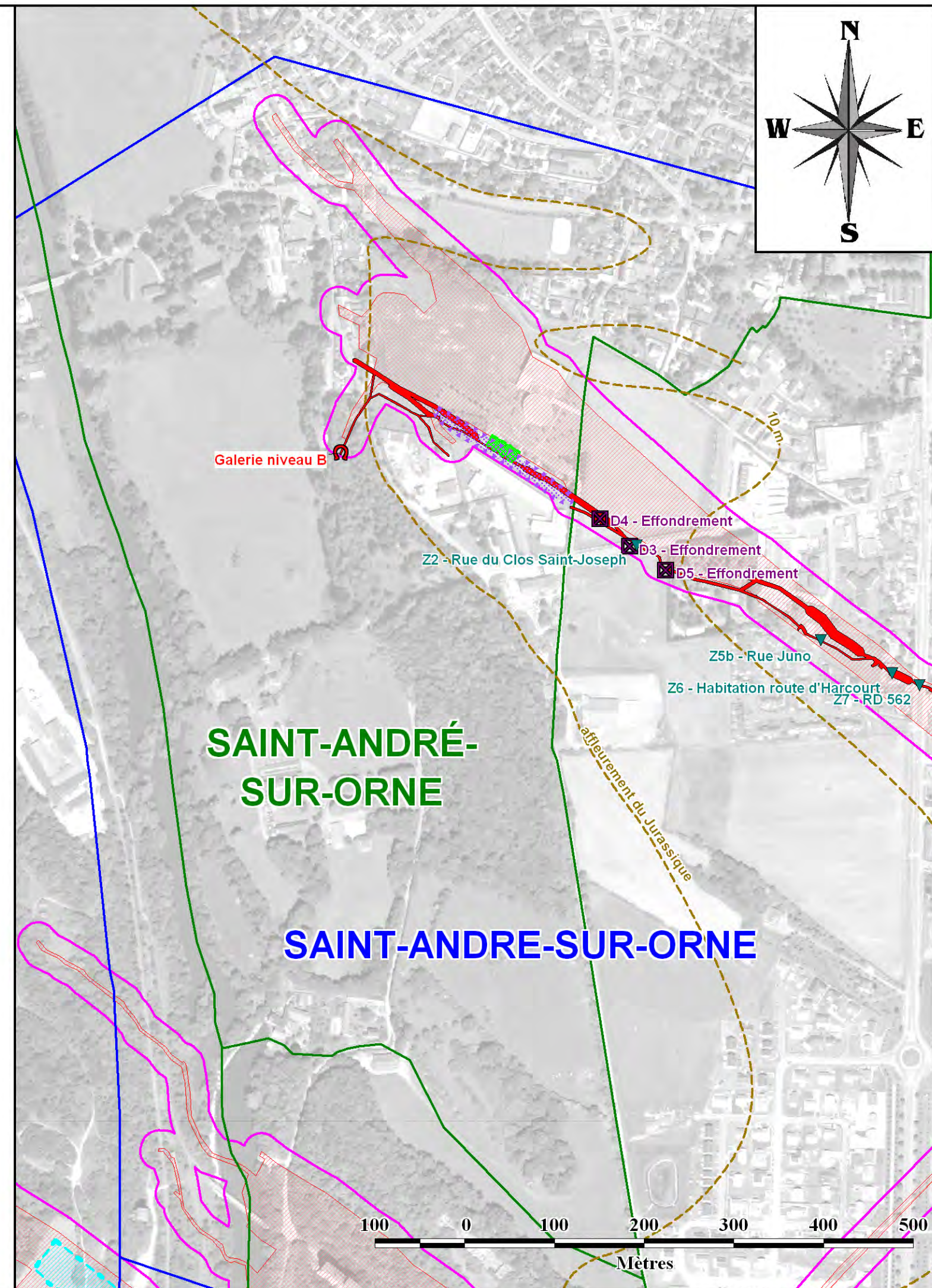
LIMITES ADMINISTRATIVES

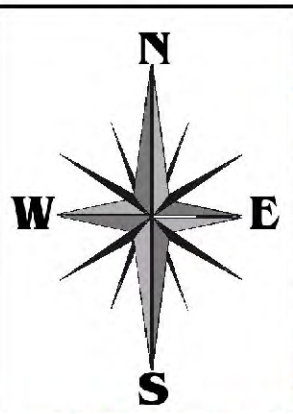
- | | |
|---|--|
|  Limite de commune |  Limite de concession |
|---|--|

ECHELLE : 1 / 5 000

Rapport W2016/003DE-16BNO22020 - Mai 2016

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2009 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007





COMMUNE DE SAINT-MARTIN-DE-FONTENAY

OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR

- Puits matérialisé
- Puits localisé
- ⌚ Galerie matérialisée
- ⌚ Galerie localisée
- ◆ Descenderie localisée

DÉSORDRES

- Désordres

GÉOLOGIE

- Isopaques du Jurassique (équidistance 10 m)

TRAVAUX SOUTERRAINS

- Anciennes fouilles
- Travaux comblés par Géomines
- ▼ Zones traitées par l'Etat
- Emprise des travaux souterrains
- Zone de traçage non exploitée
- Enveloppe des travaux souterrains

Galeries levées

- Galerie Morts terrains "Flanc Sud"
- Galerie Niveau Supérieur "Flanc Sud"
- Galerie Niveau B "Flanc Nord"

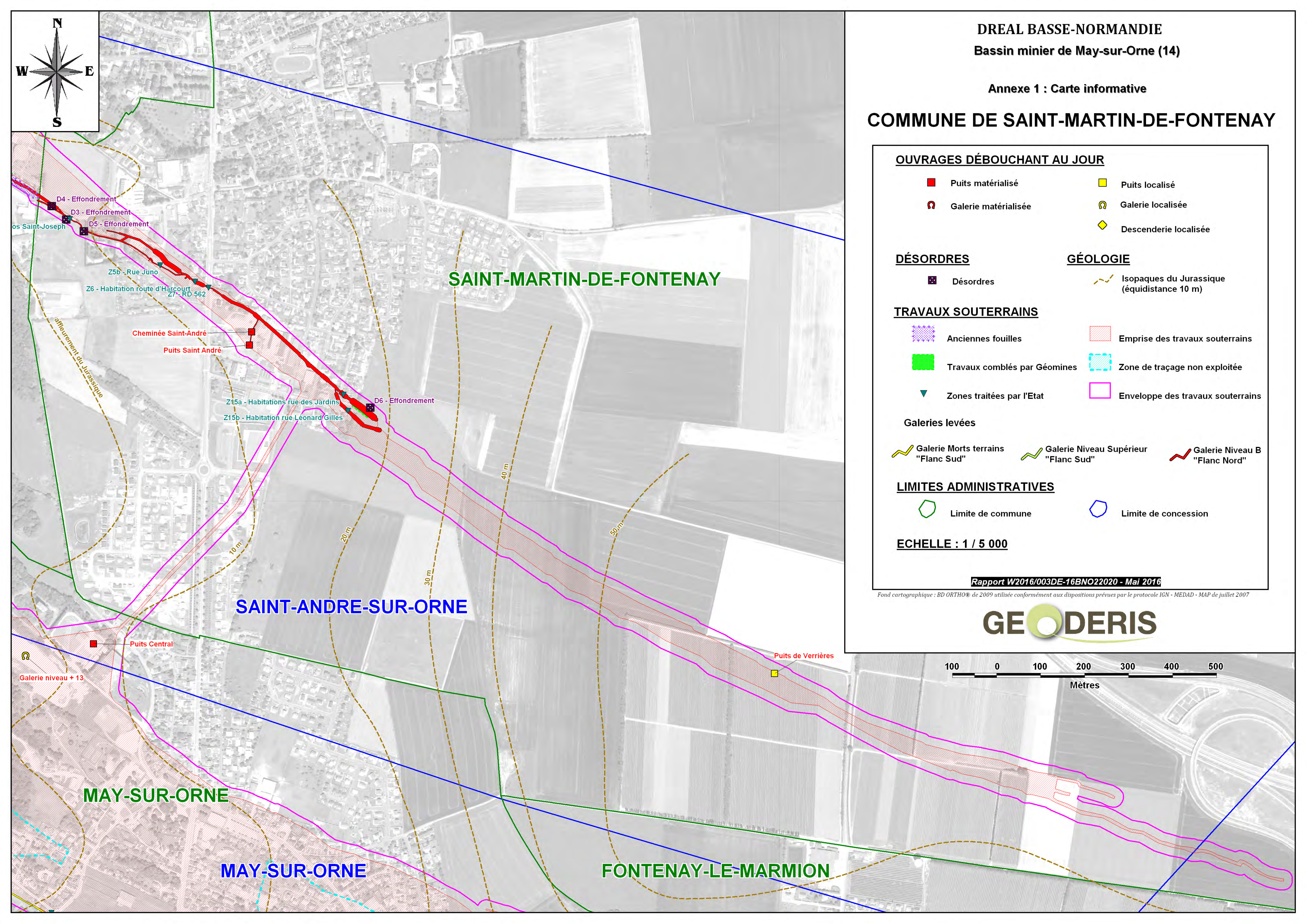
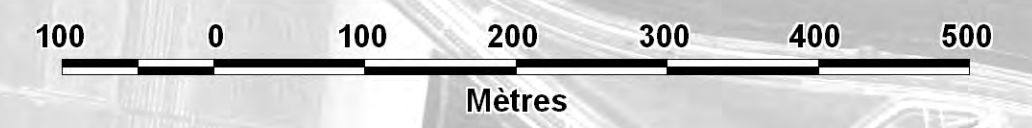
LIMITES ADMINISTRATIVES

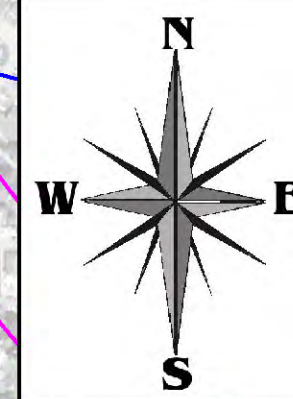
- Limite de commune
- Limite de concession

ECHELLE : 1 / 5 000

Rapport W2016/003DE-16BNO22020 - Mai 2016

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2009 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007





MALTOT

SAINT-ANDRÉ-SUR-ORNE

SAINT-ANDRÉ-SUR-ORNE

BULLY

FEUGUEROLLES-BULLY

MAY-SUR-ORNE

DREAL BASSE-NORMANDIE
Bassin minier de May-sur-Orne (14)
Annexe 2 : Cartes aléas "mouvements de terrain"

COMMUNE DE FEUGUEROLLES-BULLY

ALÉAS

Phénomènes

- Effondrement localisé sur galeries et travaux
- Effondrement localisé sur puits et descenderies
- Affaissement

Niveaux

- Fort
- Moyen
- Faible

OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR

- Puits matérialisé
- Puits localisé
- Galerie matérialisée
- Galerie localisée
- Descenderie localisée

TRAVAUX SOUTERRAINS

- Enveloppe des travaux souterrains

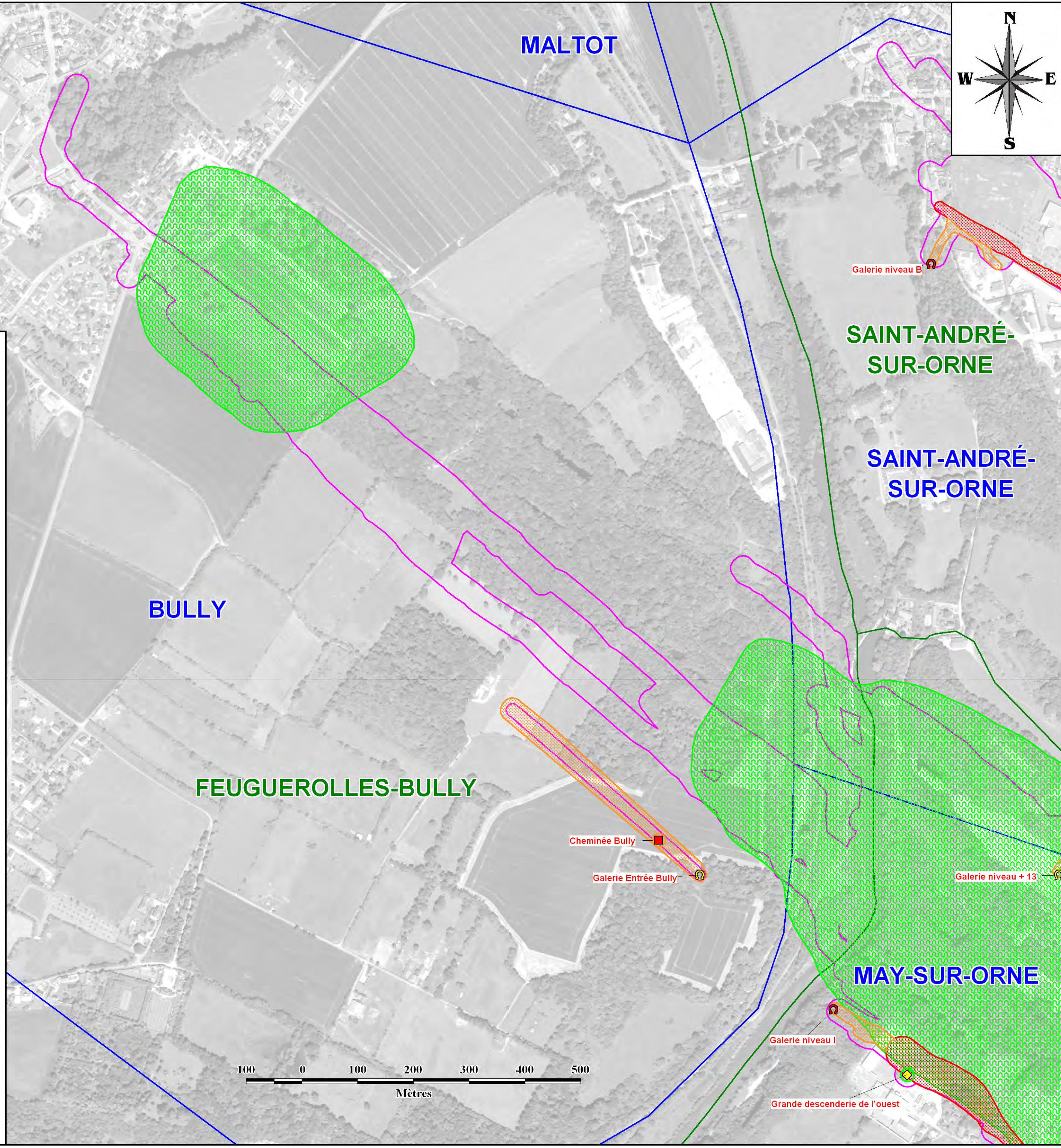
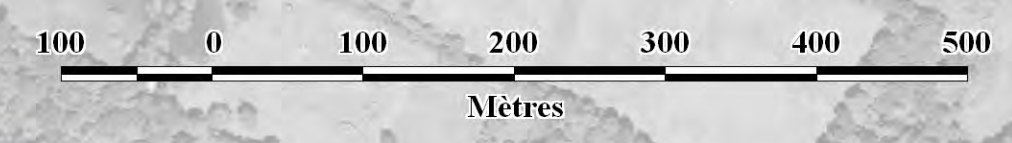
LIMITES ADMINISTRATIVES

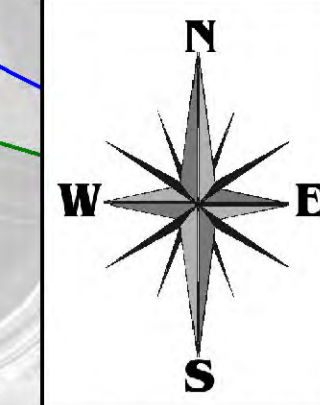
- Limite de commune
- Limite de concession

ECHELLE : 1 / 5 000

Rapport W2016/003DE-16BNO22020 - Mai 2016

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2009 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007





SAINT-ANDRE-SUR-ORNE

SAINT-MARTIN-DE-FONTENAY

GARCELLES

MAY-SUR-ORNE

ROCQUANCOURT

MAY-SUR-ORNE

FONTENAY-LE-MARMION

DREAL BASSE-NORMANDIE

Bassin minier de May-sur-Orne (14)

Annexe 2 : Cartes aléas "mouvements de terrain"

COMMUNE DE FONTENAY-LE-MARMION

ALÉAS

Phénomènes

Effondrement localisé sur galeries et travaux

Effondrement localisé sur puits et descenderies

Affaissement

Niveaux

Fort

Moyen

Faible

OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR

Puits matérialisé

Puits localisé

Galerie matérialisée

Galerie localisée

Descenderie localisée

TRAVAUX SOUTERRAINS

Enveloppe des travaux souterrains

LIMITES ADMINISTRATIVES

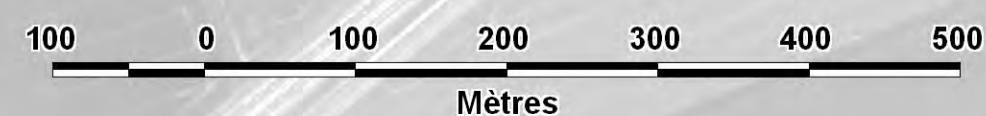
Limite de commune

Limite de concession

ECHELLE : 1 / 5 000

Rapport W2016/003DE-16BNO22020 - Mai 2016

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2009 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007






GEODERIS




COMMUNE DE MALTOT

ALÉAS






Phénomènes

-  Effondrement localisé sur galeries et travaux
-  Effondrement localisé sur puits et descenderies
-  Affaissement


Niveaux

-  Fort
-  Moyen
-  Faible

OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR

-  Puits matérialisé
-  Puits localisé
-  Galerie matérialisée
-  Galerie localisée
-  Descenderie localisée

TRAVAUX SOUTERRAINS

-  Enveloppe des travaux souterrains

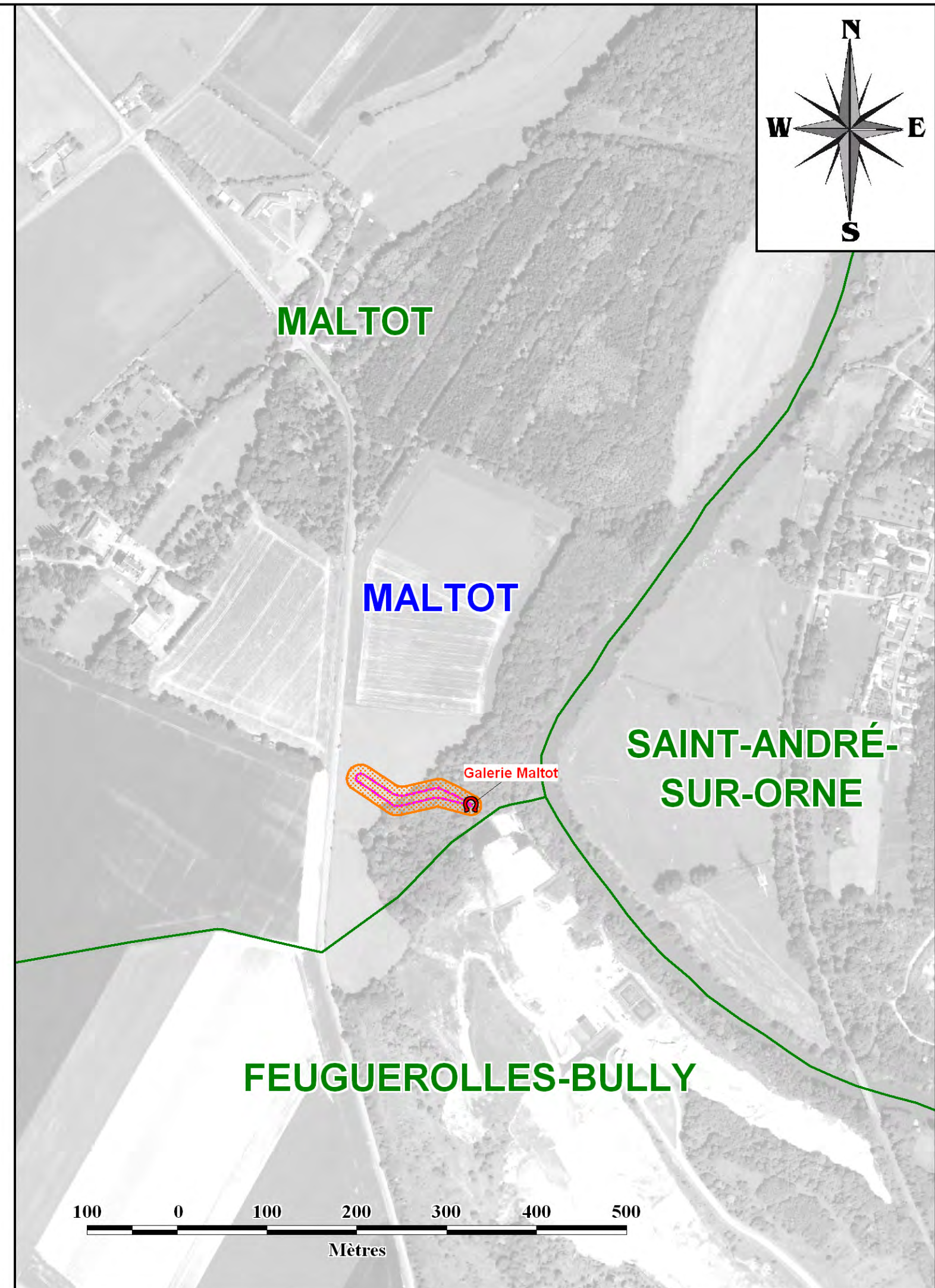
LIMITES ADMINISTRATIVES

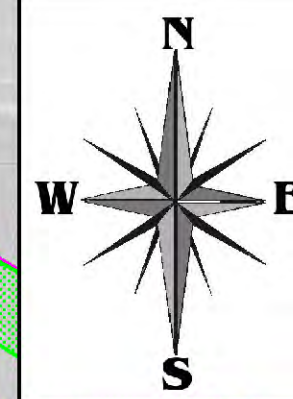
-  Limite de commune
-  Limite de concession

ECHELLE : 1 / 5 000

Rapport W2016/003DE-16BNO22020 - Mai 2016

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2009 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007





FEUGUEROLLES-BULLY

BULLY

SAINT-MARTIN-DE-FONTENAY

SAINT-ANDRE-SUR-ORNE

DREAL BASSE-NORMANDIE

Bassin minier de May-sur-Orne (14)

Annexe 2 : Cartes aléas "mouvements de terrain"

COMMUNE DE MAY-SUR-ORNE

ALÉAS

Phénomènes

- Effondrement localisé sur galeries et travaux
- Effondrement localisé sur puits et descenderies
- Affaissement

Niveaux

- Fort
- Moyen
- Faible

OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR

- Puits matérialisé
- Puits localisé
- Galerie matérialisée
- Galerie localisée
- Descenderie localisée

TRAVAUX SOUTERRAINS

- Enveloppe des travaux souterrains

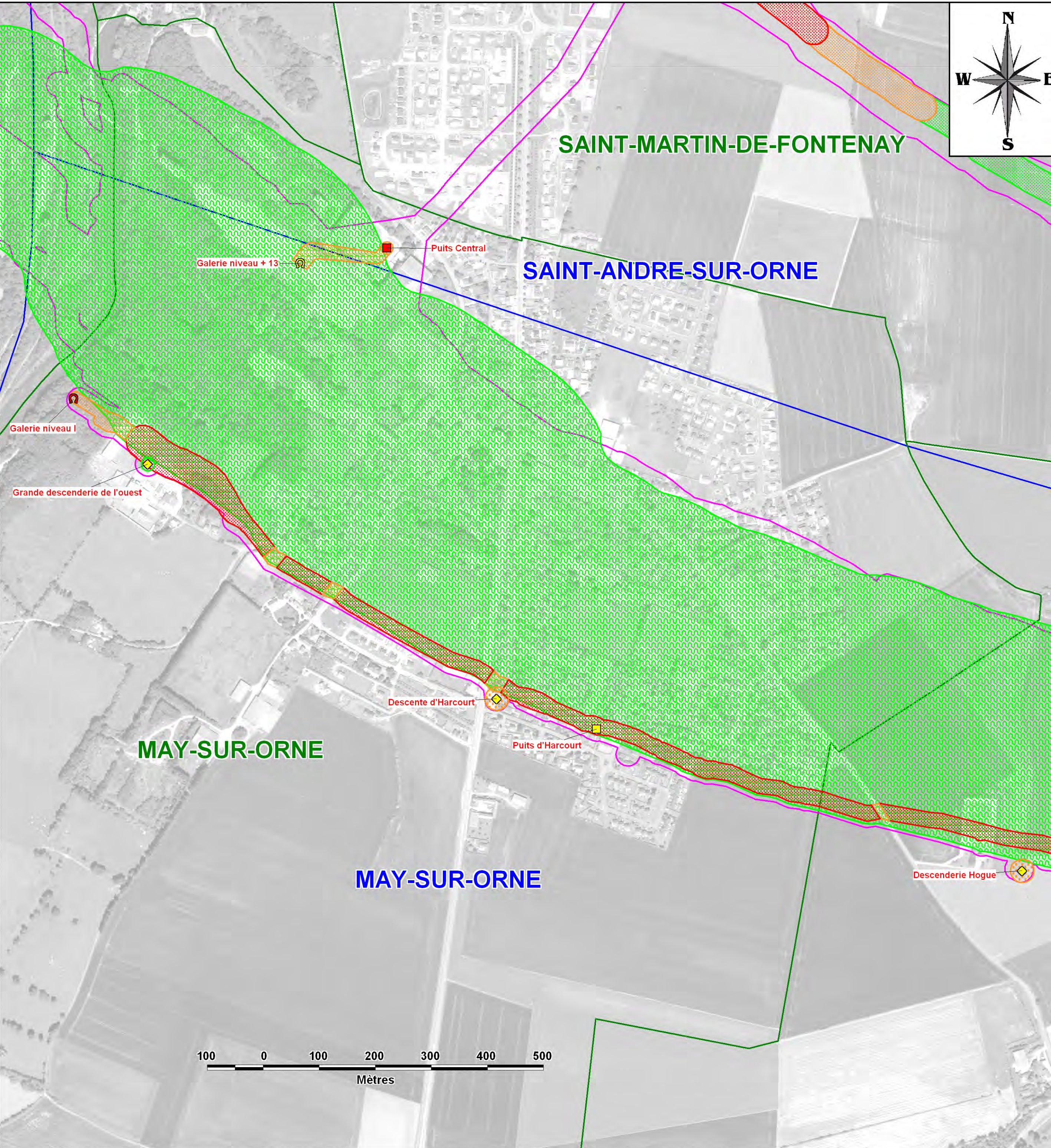
LIMITES ADMINISTRATIVES

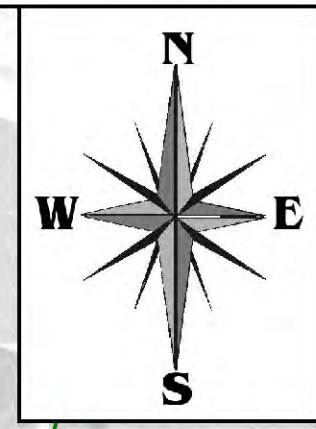
- Limite de commune
- Limite de concession

ECHELLE : 1 / 5 000

Rapport W2016/003DE-16BNO22020 - Mai 2016

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2009 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007





GARCELLES

ROCQUANCOURT

FONTENAY-LE-MARMION

MAY-SUR-ORNE

DREAL BASSE-NORMANDIE
Bassin minier de May-sur-Orne (14)
Annexe 2 : Cartes aléas "mouvements de terrain"

COMMUNE DE ROCQUANCOURT

ALÉAS

Phénomènes		Niveaux	
	Effondrement localisé sur galeries et travaux		Fort
	Effondrement localisé sur puits et descenderies		Moyen
	Affaissement		Faible

OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR

	Puits matérialisé		Puits localisé
	Galerie matérialisée		Galerie localisée
			Descenderie localisée

TRAVAUX SOUTERRAINS

	Enveloppe des travaux souterrains
--	-----------------------------------

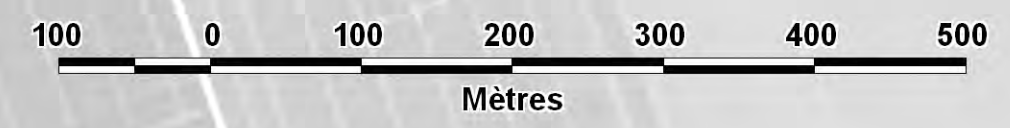
LIMITES ADMINISTRATIVES

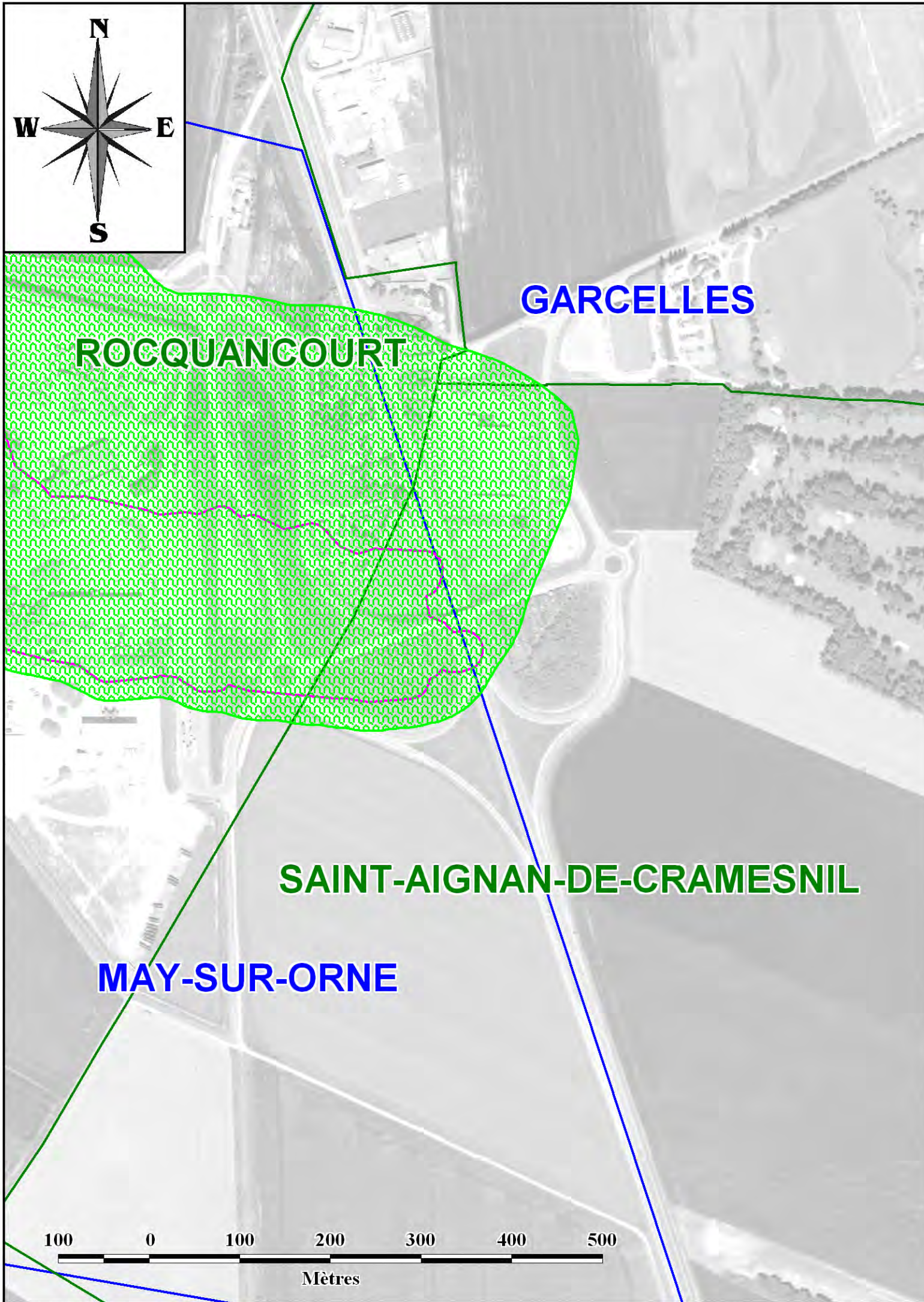
	Limite de commune		Limite de concession
--	-------------------	--	----------------------

ECHELLE : 1 / 5 000

Rapport W2016/003DE-16BNO22020 - Mai 2016

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2009 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007





DREAL BASSE-NORMANDIE




Bassin minier de May-sur-Orne (14)

Annexe 2 : Cartes aléas "mouvements de terrain"




COMMUNE DE SAINT-AIGNAN-DE-CRAMESNIL

ALÉAS






Phénomènes

-  Effondrement localisé sur galeries et travaux
-  Effondrement localisé sur puits et descenderies
-  Affaissement

Niveaux

-  Fort
-  Moyen
-  Faible

OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR

-  Puits matérialisé
-  Puits localisé
-  Galerie matérialisée
-  Galerie localisée
-  Descenderie localisée

TRAVAUX SOUTERRAINS

-  Enveloppe des travaux souterrains

LIMITES ADMINISTRATIVES

-  Limite de commune
-  Limite de concession

ECHELLE : 1 / 5 000

Rapport W2016/003DE-16BNO22020 - Mai 2016




Fond cartographique : BD ORTHO® de 2009 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007






COMMUNE DE SAINT-ANDRÉ-SUR-ORNE

ALÉAS






Phénomènes

-  Effondrement localisé sur galeries et travaux
-  Effondrement localisé sur puits et descenderies
-  Affaissement

Niveaux

-  Fort
-  Moyen
-  Faible

OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR

-  Puits matérialisé
-  Puits localisé
-  Galerie matérialisée
-  Galerie localisée
-  Descenderie localisée

TRAVAUX SOUTERRAINS

-  Enveloppe des travaux souterrains

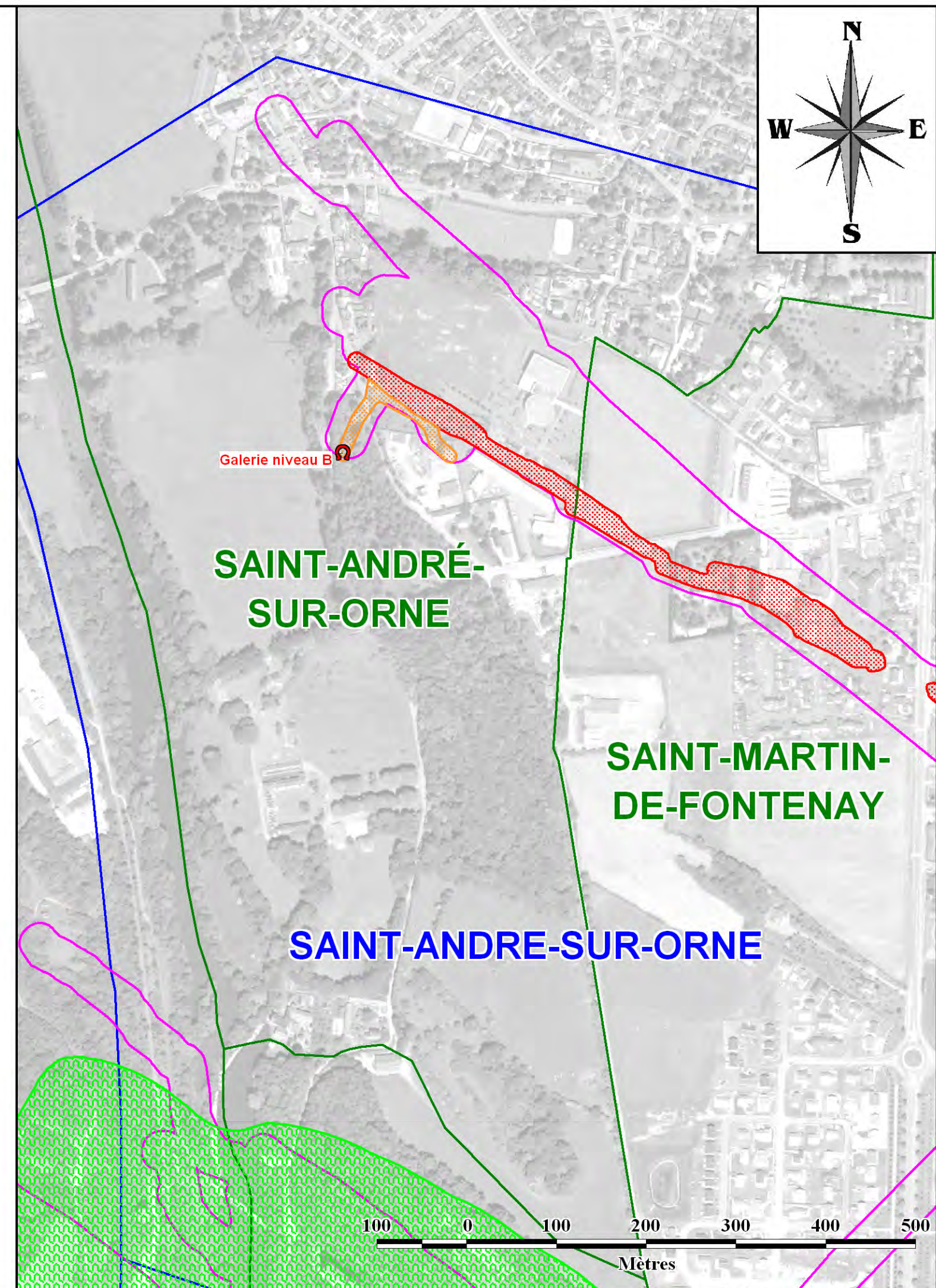
LIMITES ADMINISTRATIVES

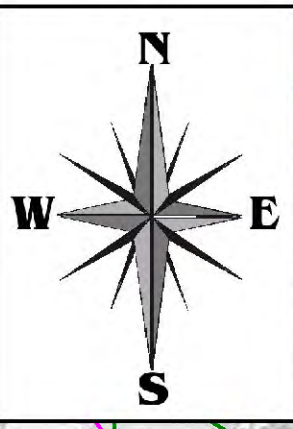
-  Limite de commune
-  Limite de concession

ECHELLE : 1 / 5 000

Rapport W2016/003DE-16BNO22020 - Mai 2016

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2009 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007





COMMUNE DE SAINT-MARTIN-DE-FONTENAY

ALÉAS

Phénomènes

- Effondrement localisé sur galeries et travaux
- Effondrement localisé sur puits et descenderies
- Affaissement

Niveaux

- Fort
- Moyen
- Faible

OUVRAGES DÉBOUCHANT AU JOUR

- Puits matérialisé
- Puits localisé
- Galerie matérialisée
- Galerie localisée
- Descenderie localisée

TRAVAUX SOUTERRAINS

- Enveloppe des travaux souterrains

LIMITES ADMINISTRATIVES

- Limite de commune
- Limite de concession

ECHELLE : 1 / 5 000

Rapport W2016/003DE-16BNO22020 - Mai 2016

Fond cartographique : BD ORTHO® de 2009 utilisée conformément aux dispositions prévues par le protocole IGN - MEDAD - MAP de juillet 2007

