

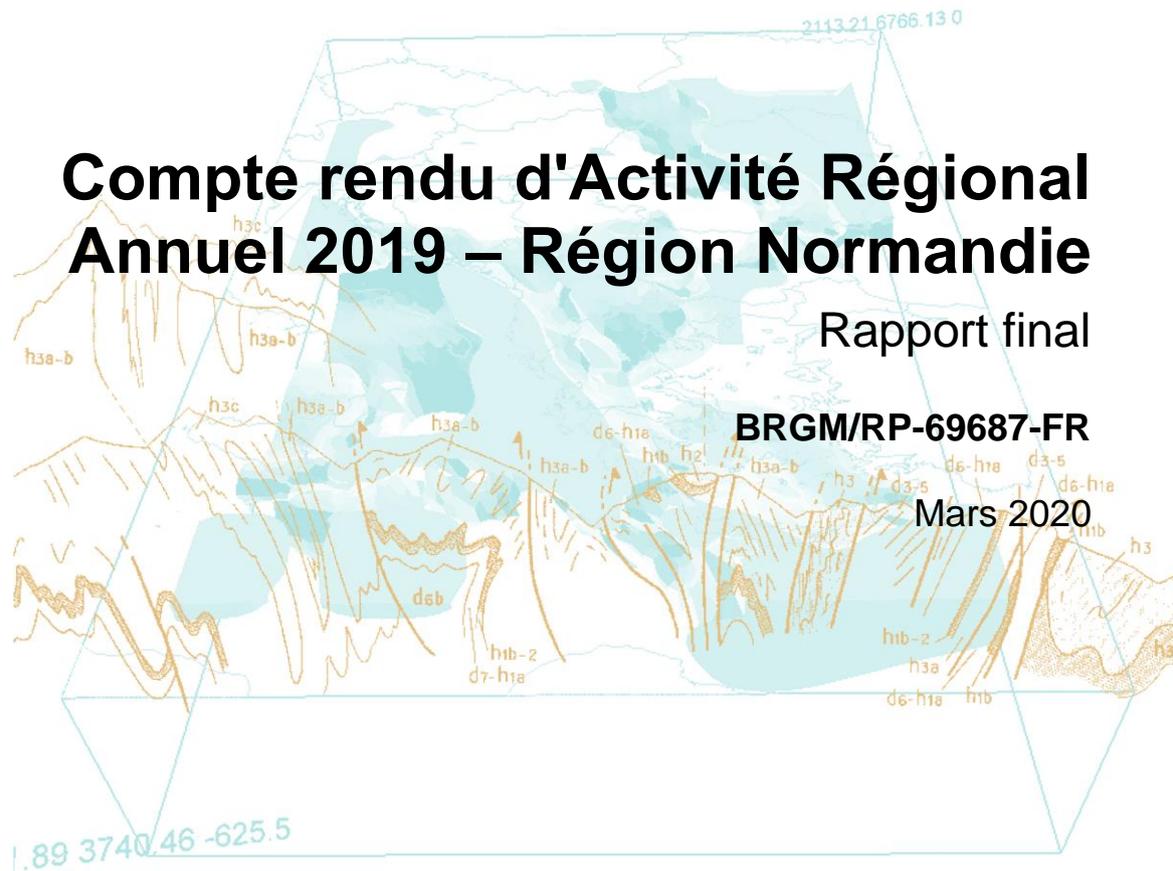
Document public

# Compte rendu d'Activité Régional Annuel 2019 – Région Normandie

Rapport final

BRGM/RP-69687-FR

Mars 2020



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**



# Compte rendu d'Activité Régional Annuel 2019 – Région Normandie

Rapport final

**BRGM/RP-69687-FR**  
Mars 2020

**Ph. Sabourault**  
Avec la collaboration de  
**J. Baillet et M. Dietz**

**Vérificateur :**

Nom : J.D. Barnichon

Fonction : Adjoint au chef du DPSM

Date : 25/03/2020

Signature :

**Approbateur :**

Nom : G. Vigneron

Fonction : Chef du DPSM

Date : 28/05/2020

Signature :

Le système de management de la qualité et de l'environnement  
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : [qualite@brgm.fr](mailto:qualite@brgm.fr)



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Mots-clés** : BRGM, DRP, DPSM, Département Prévention et Sécurité Minière, UTAM Centre-Ouest, Compte rendu activités, Année 2019, Gestion opérationnelle technique après-mine, Surveillances, Mise en sécurité, Travaux, Normandie.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**Sabourault Ph.** avec la collaboration de **Baillet J. et Dietz M.** (2020) – Compte rendu d'Activité Régional Annuel 2019 – Région Normandie. Rapport final. BRGM/RP-69687-FR, 33 p., 21 ill., 1 tabl., 2 ann.

## Synthèse

Le présent document constitue le rapport annuel d'activités en région Normandie relatives à la mission après-mine exercée par le DPSM pour le compte de l'État en 2019. Il dresse la synthèse de cette mission et reprend les principales conclusions des rapports spécifiques détaillés établis pour chacune des activités concernées.

### - **Travaux de mise en sécurité d'anciens sites miniers par le fond des zones 29b1 à 29b3 à May sur Orne (14)**

La DREAL Normandie a missionné l'UTAM Centre-Ouest pour faire réaliser des travaux de comblement d'une portion de la galerie des Morts-Terrains à May-sur-Orne, dans le département du Calvados. En effet, des enjeux de surface (aire de jeu, voies de circulation et un jardin public) pouvaient être potentiellement impactés par l'effondrement de cette galerie située à environ 10 m de profondeur. Au préalable, la quantité de radon présente dans la cavité à traiter a été estimée. Le diagnostic, qui avait été effectué en juin 2018, avait alors également permis de définir les mesures à mettre en place pour protéger les intervenants lors des travaux. Les travaux de mise en sécurité se sont déroulés du 1<sup>er</sup> avril au 22 mai 2019. La réception complète des travaux a été prononcée le 23 mai 2019.

### - **Surveillance d'anciens sites miniers**

En 2019, la liste des installations et équipements de surveillance et de prévention des risques miniers gérés par le BRGM a été fixée par l'arrêté ministériel n°TREP1915801A du 5 juin 2019 (art. L.174-1 et L.174-2 du Code minier).

Cette même année et à la demande de la DREAL Normandie, l'UTAM Centre-Ouest a inspecté 9 ouvrages sur les anciennes concessions minières du bassin ferrifère de May-sur-Orne et 12 ouvrages sur les anciennes concessions minières de Saint-Rémy, Soumont, Barbery, Urville, La Ferrière-aux-Étangs, Jurques et Mont-Pinçon.

La surveillance consiste à effectuer des visites d'inspection au fond et à réaliser des mesures laser-image des galeries et travaux miniers à partir de la surface lorsque les cavités ne sont pas accessibles ou trop dangereuses.

Cette surveillance a pour objectifs de :

- détecter des signes précurseurs d'une évolution défavorable des cavités ;
- maintenir ouvert le travers-banc<sup>1</sup> (TB) de l'Orne qui sert d'exutoire à l'eau drainée par la mine à Saint-Rémy ;
- s'assurer du bon écoulement des eaux d'exhaure des flancs nord et sud des anciennes mines de fer de May sur Orne et Soumont ;
- s'assurer du bon écoulement des eaux d'exhaure des anciennes mines de La Ferrière-aux-Étangs, Jurques et Mont-Pinçon ;
- spécifier, si nécessaire, des travaux de mise en sécurité.

Aucune évolution significative de dégradation n'a été relevée sur les différents ouvrages inspectés en 2019.

---

<sup>1</sup> Travers-banc : galerie de mine horizontale recoupant les différentes formations géologiques.

Sur le flanc nord de la mine de May-sur-Orne, la procédure d'expropriation concernant deux bâtiments situés en zone 10a, engagée en septembre 2016, a abouti en mai 2018. Les inspections vidéo-laser de la zone 10 ont été effectuées le 14 mai 2019. Les travaux de mise en sécurité des accès, de dépose des réseaux et de diagnostic amiante avant démolition ont été réalisés en 2018 et les diagnostics de pollution des sols, pyrotechnique et déchets ont eu lieu en 2019. La consultation d'entreprises a été lancée : les travaux devraient débuter au second trimestre 2020.

Enfin, sur le flanc sud de la mine de May-sur-Orne, une portion de la galerie des Morts-Terrains a été comblée en 2019 avec 1 943 m<sup>3</sup> de béton et 1 330 t de tout-venant au droit des zones 29b1 à 29b3.

# Sommaire

<b>1. Mission .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Budget .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Organisation.....</b>	<b>11</b>
<b>4. Activités.....</b>	<b>13</b>
4.1. BASSIN FERRIFÈRE DE MAY-SUR-ORNE.....	13
4.1.1. Historique .....	13
4.1.2. Maîtrise d’ouvrage déléguée des travaux de mise en sécurité.....	15
4.1.3. Installations et équipements de prévention et de surveillance des risques miniers ...	19
4.1.4. Surveillance du synclinal de May-sur-Orne en 2019 .....	21
4.2. CONCESSIONS DE GOUVIX, BARBERY, SOUMONT, JURQUES, MONT-PINÇON, SAINT-RÉMY-SUR-ORNE ET LA FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS.....	23
4.2.1. Historique .....	23
4.2.2. Description des installations de surveillance.....	23
4.2.3. Méthodes de surveillance .....	24
4.2.4. Surveillance des ouvrages de la mine de Soumont .....	25
4.2.5. Surveillance des ouvrages de la concession de Saint-Rémy-sur-Orne en 2019 .....	26
4.2.6. Surveillance des ouvrages des concessions de Jurques et Mont-Pinçon en 2019....	26
4.2.7. Surveillance des ouvrages des concessions de La Ferrière-aux-Étangs en 2019.....	26
<b>5. Gestion de l’information technique .....</b>	<b>27</b>
<b>6. Perspectives.....</b>	<b>29</b>

## Liste des figures

Illustration 1 - Périmètre d'intervention de l'UTAM Centre-Ouest. ....	11
Illustration 2 - Bureaux de l'UTAM Centre-Ouest (BRGM, Orléans). ....	11
Illustration 4 - Mine de May-sur-Orne - Plan de situation des concessions (rose) et travaux (rouge). ....	13
Illustration 5 - Coupe géologique du synclinal de May-sur-Orne. ....	14
Illustration 6 - Mine de May-sur-Orne, localisation des travaux en zones 29b1 à 29b3. ....	15
Illustration 7 - Mine de May-sur-Orne, plan d'implantation des ouvrages existants avant travaux. ....	16
Illustration 8 - Fonçage du puits F05. ....	17
Illustration 9 - Vue en coupe de l'implantation des forages d'injection. ....	17
Illustration 10 - Pose de bâches pour canaliser le flux d'air. ....	17
Illustration 11 - Obstruction de la trémie à la cote 1160. ....	18
Illustration 12 - Cloisons aux cotes 1140, 1145 et 1160. ....	18
Illustration 13 - Observation de la remonté du coulis dans les forages, la galerie et le puits. ....	19
Illustration 14 - Remise en état du site. ....	19
Illustration 15 - Inspection visuelle par le fond. ....	20
Illustration 16 - Inspection à partir de la surface avec la caméra vidéo-laser. ....	20
Illustration 17 - Flanc nord : circuits de surveillance. ....	22
Illustration 18 - Flanc sud : circuits de surveillance. ....	22
Illustration 19 - Plan de localisation des concessions. ....	24
Illustration 20 - Tableau récapitulatif des ouvrages surveillés en 2019. ....	24
Illustration 21 - TB de l'Orne, visite d'inspection. ....	25

## Liste des annexes

Annexe 1 : Index des acronymes ....	31
Annexe 2 : Indicateurs de performance. ....	33

# 1. Mission

Les dispositions du Code minier confèrent à l'État un large champ de responsabilités, notamment techniques, après la fin de l'exploitation. Le BRGM s'est vu confier, par modification de son décret d'organisation administrative et financière<sup>2</sup>, la mission de gestion technique des surveillances et travaux dans le cadre de l'arrêt définitif des travaux miniers et de préventions des risques miniers. Le BRGM a créé le Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM) spécifiquement pour cette mission.

Le BRGM opère, pour le compte de l'État, des installations hydrauliques de sécurité et met en œuvre des équipements de prévention et de surveillance d'anciens sites miniers appartenant à l'État ou ayant été transférés à ce dernier par les anciens exploitants. De plus, le BRGM fait exécuter les ouvrages et travaux de sécurité que l'État lui demande de réaliser en tant que maître d'ouvrage délégué.

Cette mission a pris effet au 1<sup>er</sup> mai 2006, avec une montée en charge progressive et géographique jusqu'en 2008. Celle-ci s'est encore accrue en 2011 avec la prise en charge des installations des MDPA puis, en 2017 et 2018, avec celles, notamment, des installations de stockage pétrolier souterrain de Gargenville (77) et des stations de traitement des eaux minières de Chessy (69) et de Largentière (07). La mission de maîtrise d'ouvrage déléguée a été renouvelée par décret pour une durée de six ans<sup>3</sup> le 7 juillet 2016.

Le BRGM assure, pour le compte de l'État, la gestion des activités opérationnelles après-mine issues de tout opérateur minier et de toute substance. Cette mission est régie par voie de convention pour les dépenses « d'intervention » et par décision attributive de subvention pour les dépenses de « fonctionnement » avec le Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES).

Ses activités techniques couvrent :

- la gestion d'installations hydrauliques de sécurité et de traitement des eaux mises en place par les exploitants miniers qui n'ont pas été reprises par les collectivités locales, après renonciation à concession, et qui ont été transférées à l'État ;
- la surveillance de zones à risques d'instabilité de surface et d'accumulation de gaz dangereux, ou plus généralement présentant des risques pour les biens et les personnes ;
- la gestion, la remise en état et la surveillance d'installations soumises au code de l'environnement se trouvant sur des sites miniers ;
- la maîtrise d'ouvrage déléguée pour des travaux de mise en sécurité (après sinistre ou non), d'implantation ou de démantèlement d'ouvrages de surveillance et de prévention ;
- la suppléance des exploitants miniers défaillants ou disparus, notamment en matière de constitution de dossier technique ;
- l'accompagnement technique consécutif à une procédure d'expropriation ;
- la gestion de l'information (renseignement minier, archives, plans et documentations minières, bases de données et SIG<sup>4</sup>) ;
- l'appui technique aux services de l'État, tant pour l'instruction des dossiers relatifs aux dégâts miniers que pour des études techniques ;

<sup>2</sup> Décret n° 59-1205 du 23 octobre 1959 relatif à l'organisation administrative et financière du BRGM modifié notamment par le décret n°2006-402 du 4 avril 2006.

<sup>3</sup> Décret n° 2016-933 du 7 juillet 2016 modifiant le décret n° 59-1205 du 23 octobre 1959 relatif à l'organisation administrative et financière du BRGM.

<sup>4</sup> Système d'Information Géographique.

- la gestion du patrimoine foncier mis en dotation ;
- la gestion des archives techniques intermédiaires minières nécessaires à l'exercice des missions.

Les listes des installations surveillées au titre des trois premiers items ci-dessus sont publiées annuellement par arrêté interministériel<sup>5</sup>.

Les activités de cette mission après-mine sont couvertes par un financement spécifique sur budget de l'État au sein de la mission « Écologie, développement et mobilité durables » du MTES, programme LOLF181 : « Prévention des risques ».

Cette mission fait l'objet d'une comptabilité séparée au sein des budgets et des comptes de l'établissement public BRGM.

---

<sup>5</sup> Arrêté du 5 juin 2019 modifiant l'arrêté du 5 octobre 2016 fixant la liste des installations gérées par le BRGM au titre des 9 et 10 de l'article 1er du décret n° 59-1205 du 23 octobre 1959 relatif à l'organisation administrative et financière du Bureau de recherches géologiques et minières.

## 2. Budget

L'activité du Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du BRGM est financée par l'État. Les dépenses, dans le cadre des dispositions de la LOLF, s'inscrivent au sein de la mission « Écologie, développement et mobilité durables » du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES).

Le programme 181 : « prévention des risques » comporte quatre actions. L'action n° 11 : « Gestion de l'après-mine et travaux de mise en sécurité, indemnisations et expropriations sur les sites » assure le financement des activités confiées au DPSM.

Ces dépenses relèvent des « dépenses de fonctionnement » et de deux catégories : « subventions pour charges de Service public » pour un montant de 21,510 M€ et « dépenses de fonctionnement autres que celles de personnel » pour les travaux de mise en sécurité pour un montant de 9,0 M€.

Ces budgets font l'objet :

- d'une décision attributive de subvention pour charges de Service public n° 2102616911 des 26 février et 21 novembre 2019, pour les dépenses de « fonctionnement » de 21,5 M€ ;
- d'une convention financière n° 181 SU 2201187155 relative à la gestion de l'après-mine – missions et travaux prescrits par la DGPR et les DREAL, du 19 avril 2019, convention pluriannuelle dite « de travaux » pour les dépenses « d'intervention » de 7,5 M€ ;
- d'une convention financière complémentaire n° 181 SU 2201206279 relative à la gestion de l'après-mine – missions et travaux prescrits par la DGPR et les DREAL, du 24 octobre 2019, convention pluriannuelle complémentaire dite « de travaux » pour les dépenses « d'intervention » de 1,5 M€.

En région Normandie, l'État a consacré en 2019 à l'après-mine, par l'intermédiaire du DPSM, un montant de 648 k€ dont 448 k€ de charges de sous-traitance pour les travaux de mise en sécurité et de remédiation (Tableau 1).

Région	Dépenses 2019 (en k€)		
	Dépenses totales <sup>(1)</sup>	dont charges externes opérationnelles	
		Fonctionnement <sup>(2)</sup>	Travaux <sup>(3)</sup>
<b>Normandie</b>	648	68	437

Tableau 1 - Répartition des dépenses liées à l'après-mine en Normandie en 2019.

(1) Dépenses totales 2019 : dépenses comptabilisées comprenant les charges opérationnelles de travaux et de fonctionnement de chaque région ainsi que les charges de fonctionnement (personnel et structure) des Unités Territoriales Après-Mine proratisées sur chaque région en fonction du nombre de journées de l'UTAM consacrées à ces régions.

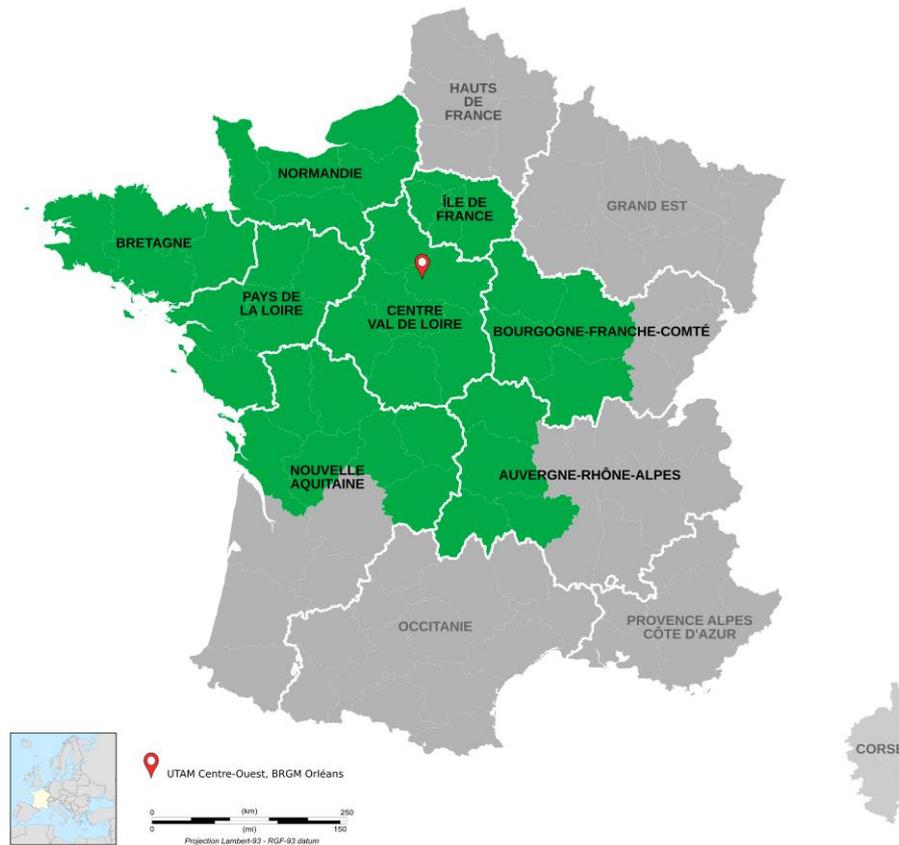
(2) Charges opérationnelles externes de surveillance comptabilisées en 2019 dans chaque région (hors charges interrégions).

(3) Charges opérationnelles externes de travaux TTC comptabilisées en 2019 dans chaque région.



### 3. Organisation

L'UTAM Centre-Ouest du DPSM est constituée d'une douzaine d'agents (techniciens et ingénieurs de surveillance, de travaux et d'étude). Son périmètre d'intervention s'étend sur huit régions métropolitaines : Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté, Bretagne, Centre-Val de Loire, Île-de-France, Pays de la Loire, Normandie et Nouvelle-Aquitaine (Illustration 1, en vert).



*Illustration 1 - Périmètre d'intervention de l'UTAM Centre-Ouest.*

L'UTAM Centre-Ouest est implantée à Orléans, au centre scientifique et technique du BRGM (Illustrations 1 et 2).



*Illustration 2 - Bureaux de l'UTAM Centre-Ouest (BRGM, Orléans).*



## 4. Activités

### 4.1. BASSIN FERRIFÈRE DE MAY-SUR-ORNE

#### 4.1.1. Historique

Le bassin ferrifère de May-sur-Orne est situé à environ 10 km au sud de Caen (Calvados) et s'inscrit dans un synclinal orienté sensiblement nord-ouest/sud-est. La zone exploitée concerne cinq communes et se situe sur quatre concessions : Saint-André-sur-Orne, May-sur-Orne, Bully et Maltot (Illustration 4).

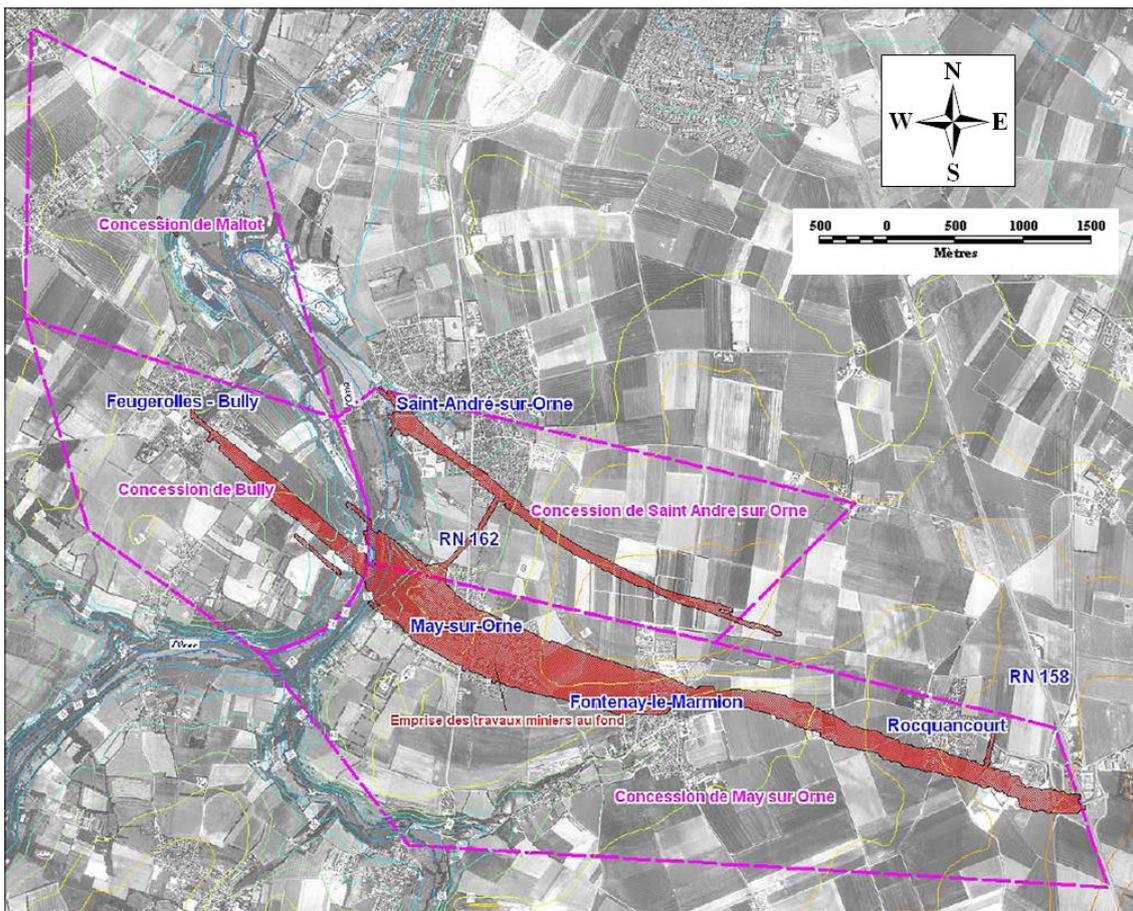


Illustration 3 - Mine de May-sur-Orne - Plan de situation des concessions (rose) et travaux (rouge).

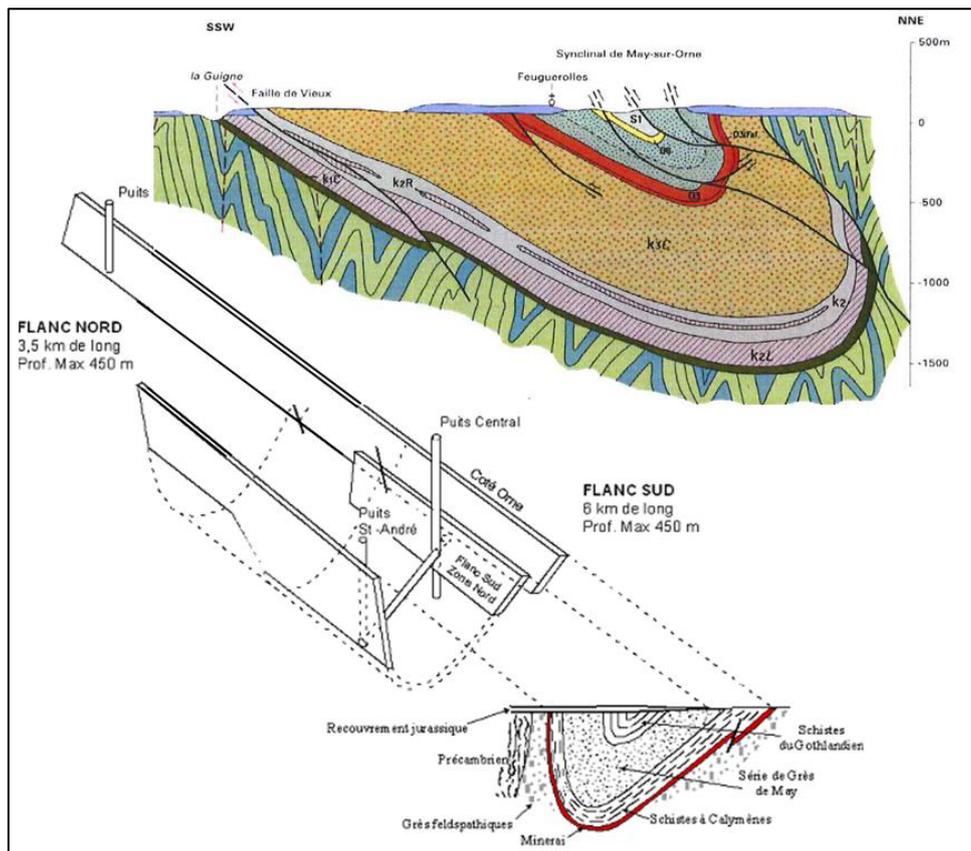


Illustration 4 - Coupe géologique du synclinal de May-sur-Orne.

Les zones d'affleurement du minerai de fer du bassin normand semblent avoir été exploitées dès l'époque romaine et sûrement au Moyen Âge. Ce n'est cependant qu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle que l'exploitation souterraine industrielle a véritablement débuté.

L'essentiel des travaux d'exploitation s'est déroulé de 1896 à 1968 sur les flancs nord et sud du synclinal de May-sur-Orne (Illustration 5), sous les communes de Saint-André-sur-Orne, Saint-Martin-de-Fontenay, May-sur-Orne, Fontenay-le-Marmion et Rocquancourt. Quatre concessions ont été instituées et ont fait l'objet de travaux d'exploitation : May-sur-Orne et Bully (instituées le 5 mars 1896), Saint-André-sur-Orne (instituée le 1<sup>er</sup> septembre 1893) et Maltot (instituée le 3 juin 1903). Cette dernière n'a fait l'objet que de petits travaux. Ces quatre concessions ont été mutées au nom de la Société des Mines et Produits Chimiques (SMPC) par décret le 9 août 1926.

La production annuelle était en moyenne de 650 000 à 700 000 tonnes de minerai. Celui-ci était vendu à des usines françaises, anglaises, belges, allemandes et hollandaises. La SMPC cessa l'exploitation de la mine en avril 1968. La renonciation aux quatre concessions fut acceptée le 4 décembre 1975.

Cependant, deux activités ont permis de prolonger l'activité de la mine :

- **stockage souterrain d'hydrocarbures** : les cavités d'exploitation de la mine ont été utilisées pour stocker des hydrocarbures liquides jusqu'en 1982. De 1984 à 1988, les cavités furent vidangées et le stockage a finalement été renoncé en 1994 par arrêté du ministre chargé des mines. Les vides laissés par l'exploitation se sont remplis d'eau jusqu'au niveau de la galerie B au flanc nord, cote + 15 NGF, et jusqu'au niveau de la galerie 1 au flanc sud, cote + 10 NGF ;
- **exploitation des eaux d'exhaure** : en 1925, des venues d'eau très importantes, en provenance des calcaires jurassiques, furent canalisées. En 1955, cette eau fut pompée par le puits Taraud dont la gestion fut confiée en 1962 au syndicat d'exploitation des eaux de la mine de May-sur-Orne pour une durée de 99 ans (convention du 2 février 1961). En 1965, une autre installation de pompage fut mise en place au puits de Rocquancourt et utilisée par une exploitation fruitière pour une durée de 99 ans (convention du 2 juin 1965).

#### 4.1.2. Maîtrise d'ouvrage déléguée des travaux de mise en sécurité

- **Travaux de comblement de cavités minières au droit des zones 29b1 à 29b3 à May-sur-Orne (14)**

Depuis 2007, l'UTAM Centre-Ouest fait exécuter des travaux de mise en sécurité et effectue des visites de surveillance d'anciennes cavités à partir du fond ou à partir du jour, à l'aide d'une caméra lorsque les cavités ne sont pas humainement accessibles.

Les présents travaux font suite aux dégradations révélées par les inspections visuelles de la galerie des Morts-Terrains, située à 10 m de profondeur, au droit des zones 29b1 à 29b3.

Les parcelles concernées par les travaux longent la rue Jules Ferry et la rue des Tourmalines (aire de jeu), traversent la rue Paul Samson puis se poursuivent vers un jardin public (Illustrations 6 et 7).

Un trou d'homme dénommé D10 se situe à proximité du secteur des travaux et permet d'atteindre directement la portion de galerie à traiter. D'autre part, trois forages de reconnaissance dénommés D11, D12 et D13 ont été réalisés en 2005 et débouchent dans la galerie à combler.

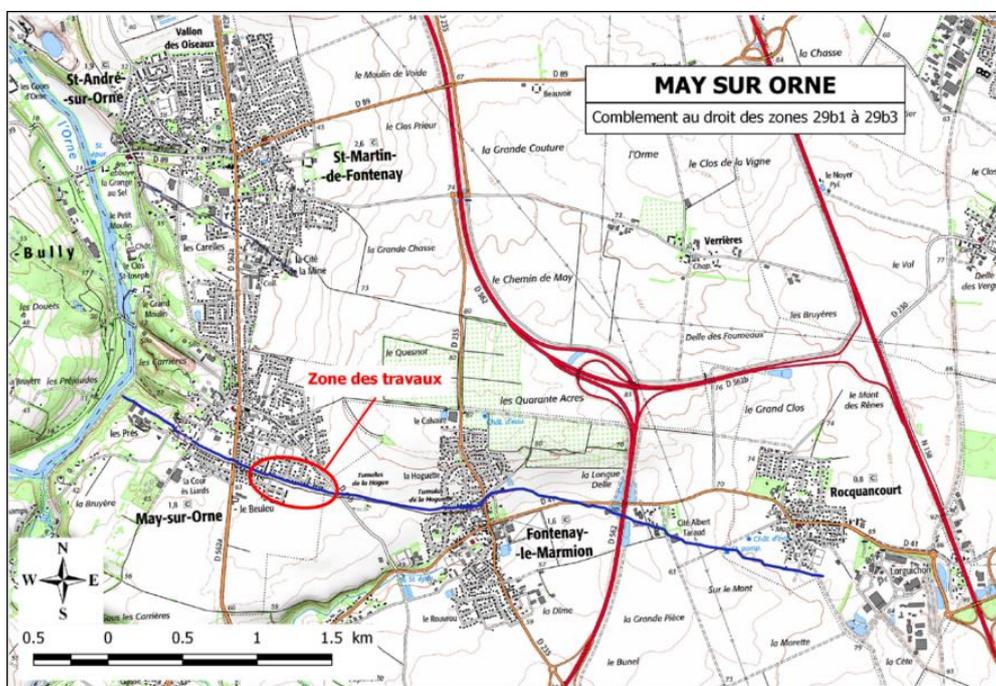


Illustration 5 - Mine de May-sur-Orne, localisation des travaux en zones 29b1 à 29b3.



Illustration 6 - Mine de May-sur-Orne, plan d'implantation des ouvrages existants avant travaux.

#### ○ Préparation des travaux

La réalisation de ces travaux a nécessité une période de préparation qui consistait à :

- informer la mairie de May-sur-Orne du projet de travaux de mise en sécurité des parcelles situées sur la commune ;
- obtenir l'autorisation du propriétaire des parcelles (mairie) pour effectuer les travaux ;
- mesurer l'activité volumique du  $^{222}\text{Rn}$  (diagnostic « Radon 222 ») afin de dimensionner la ventilation nécessaire à la gestion du risque radon ;
- effectuer les DT et DICT ;
- établir la cartographie de la cavité (relevé topographique) pour implanter les forages ;
- permettre à l'entrepreneur d'effectuer toutes les démarches administratives.

La réunion d'inspection commune a eu lieu le 5 mars 2019.

#### ○ Exécution des travaux d'ordre minier

Les travaux se sont déroulés du 1<sup>er</sup> avril au 22 mai 2019 et ont consisté à :

- réaléser les 3 forages existants et réaliser 4 nouveaux forages ;
- foncer un puits d'un diamètre de 1 400 mm ;
- mettre en œuvre la ventilation mécanique ;
- obturer 3 trémies ;
- réaliser 3 cloisons étanches et un barrage avec 50 m<sup>3</sup> de béton ;
- combler une chambre d'exploitation avec 1 315 tonnes de tout-venant ;
- combler intégralement 200 ml de galerie avec 1893 m<sup>3</sup> de coulis de béton ;
- reboucher le puits avec du coulis de béton et 15 tonnes de tout-venant.

Un point d'arrêt de 24 heures a été observé du jeudi 11 au vendredi 12 avril 2019 afin de vérifier l'efficacité de la ventilation.

Afin de pouvoir déverser près de 700 m<sup>3</sup> de tout-venant dans une chambre d'exploitation sous-jacente à la galerie des Morts-Terrains, l'entreprise titulaire du marché de travaux a foncé le puits F05 (diamètre 1 400 mm), en bordure sud de la rue des Tourmalines (Illustration 8). Le puits a également permis d'acheminer tout le matériel nécessaire à l'obstruction des trémies et à la réalisation des cloisons.



Illustration 7 - Fonçage du puits F05.

Pour combler intégralement la portion de galerie des Morts-Terrains située au droit des zones à enjeu, il a été nécessaire de réaliser quatre forages d'injection de 300 mm de diamètre (F01, F02, F02bis et F03). Les trois forages existants (D11, D12 et D13) ont été réalisés à un diamètre de 300 mm pour assurer le bon écoulement du coulis de comblement (Illustration 9).

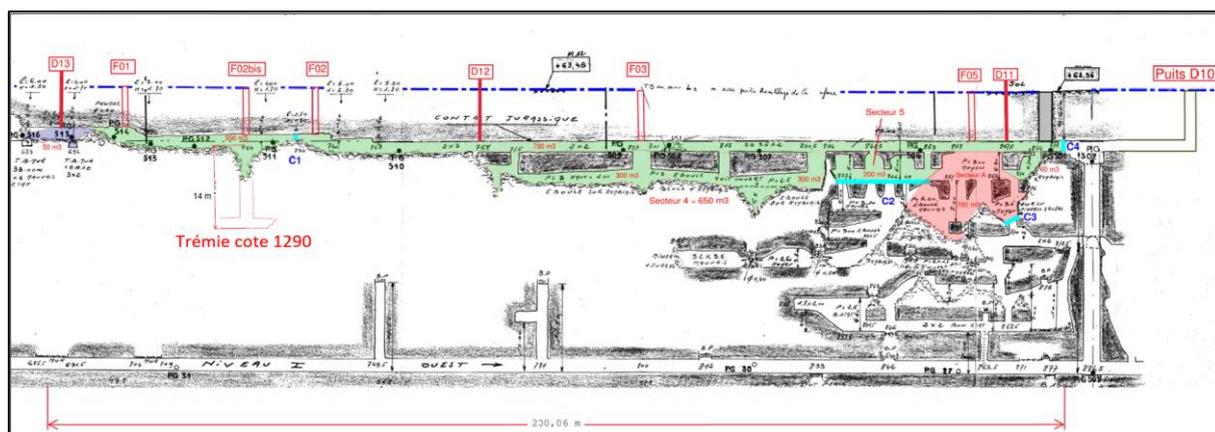


Illustration 8 - Vue en coupe de l'implantation des forages d'injection.

Une ventilation mécanique débitant 2 800 m<sup>3</sup>/h a été installée sur le forage D12. Des bâches étanches ont été installées à la cote 1130 et 1240 pour canaliser le flux d'air dans la galerie des Morts-Terrains de D12 vers le puits D10. L'objectif était de diluer efficacement le <sup>222</sup>Rn dans les secteurs occupés par les opérateurs (Illustration 10).



Illustration 9 - Pose de bâches pour canaliser le flux d'air.

Afin de mieux contrôler les volumes de coulis injectés, il a été nécessaire d'obturer les trémies situées aux cotes 1160, 1170 et 1290 avec des bastinges de section  $48 \times 150$  mm, recouverts de géotextile étanche (Illustration 11). Il a également été nécessaire de réaliser une cloison étanche au béton dans la galerie des Morts-Terrains, à la cote 1140 ainsi que dans les anciens travaux, aux cotes 1145 et 1160 (Illustration 12).



Illustration 10 - Obstruction de la trémie à la cote 1160.



Illustration 11 - Cloisons aux cotes 1140, 1145 et 1160.

Le comblement intégral de la galerie des Morts-Terrains (secteurs 1 à 5) et de la chambre d'exploitation (secteur A) a été effectué en trois étapes :

- comblement du secteur 1 par le forage D13 avec  $50 \text{ m}^3$  de béton ;
- comblement du secteur A par le puits F05 avec 1 200 t de tout venant et 115 t de graves ;
- comblement des secteurs 2, 3, 4 et 5 par les forages F01, F02, F02bis, F03, F05, D11 et D12 avec  $1 893 \text{ m}^3$  de coulis de comblement.

Le comblement du puits F05 a nécessité 15 tonnes de tout venant.

Au final, ce sont  $1 943 \text{ m}^3$  de coulis, dont  $50 \text{ m}^3$  de béton qui ont été nécessaires au comblement de la cavité et 1 330 t de tout-venant pour le comblement de la chambre d'exploitation et du puits.

Durant la phase de comblement de la galerie des Morts-Terrains, la remontée du coulis a été observée jusqu'au clavage dans la galerie ainsi que dans tous les forages jusqu'à refus (). Aucune fuite de coulis n'a été observée vers les travaux sous-jacents et dans la galerie de niveau 1.



Illustration 12 - Observation de la remonté du coulis dans les forages, la galerie et le puits.

Les installations de chantier (bungalow, ventilateur, barrières de chantier, ...) ont été évacuées et l'ensemble des sites remis en état du 20 au 22 mai, avec remise en place du panneau d'indication du nom de la rue, plantation d'un nouvel arbre et nettoyage de la voirie (Illustration 14).



Illustration 13 - Remise en état du site.

#### 4.1.3. Installations et équipements de prévention et de surveillance des risques miniers

En 2019, la liste des installations et équipements de surveillance et de prévention des risques miniers gérés par le BRGM a été fixée par l'arrêté ministériel n° TREP1915801A du 5 juin 2019 (art. L.174-1 et L.174-2 du Code minier).

En région Normandie, cet arrêté mentionne la surveillance de l'ancienne mine de fer de May-sur-Orne.

- **Méthodes de surveillance**

Quarante-quatre zones à enjeu ont été définies sur les flancs nord et sud et impactent les communes suivantes :

- flanc nord : communes de Saint-André-sur-Orne et de Saint-Martin-de-Fontenay ;
- flanc sud : communes de May-sur-Orne et de Fontenay-le-Marmion.

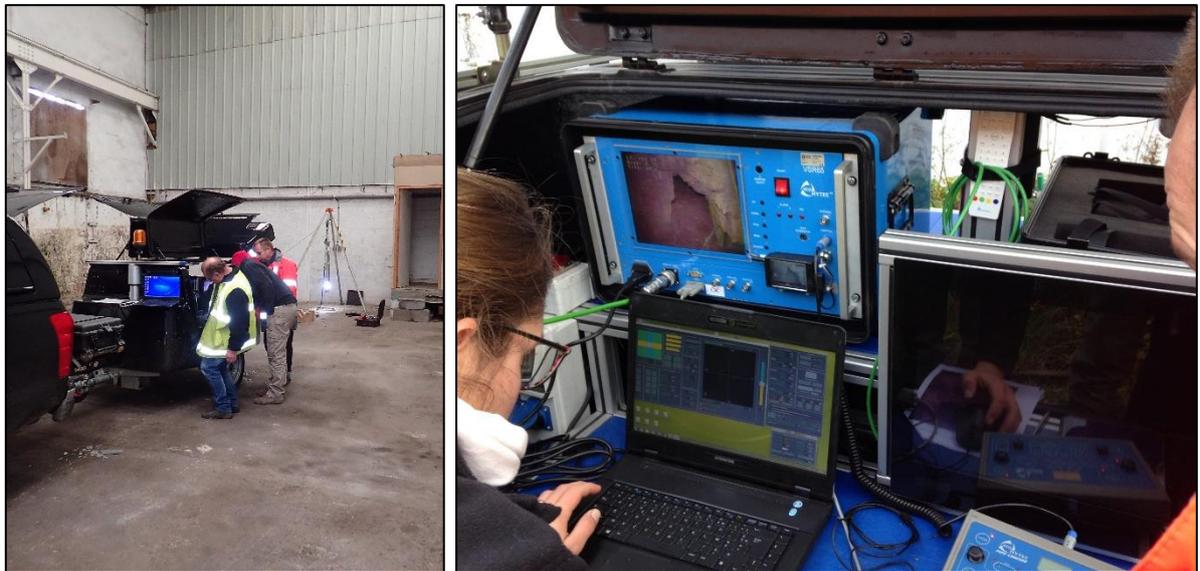
La surveillance des zones à enjeu est effectuée par des visites « fond » des cavités lorsqu'elles sont humainement accessibles (Illustration 15) ou indirectement, depuis la surface (inspections « jour »), pour les cavités non accessibles ou trop dangereuses pour le personnel.

Les visites « fond » sont effectuées par une équipe de quatre agents de l'UTAM Centre-Ouest. Elles consistent à inspecter visuellement les galeries et travaux des flancs nord et sud du synclinal, à prendre des photos, à relever des mesures au télémètre et, le cas échéant, à s'assurer du bon écoulement des eaux de la mine.

Depuis 2019, les inspections « jour » sont effectuées par la société EXPLOR-e à l'aide d'une caméra vidéo-laser (Illustration 16). Cet outil permet d'obtenir des vidéos des cavités inspectées ainsi qu'une modélisation en 3D précise des cavités. Les images et calculs de volumes ainsi obtenus sont ensuite comparés aux résultats des campagnes précédentes.



*Illustration 14 - Inspection visuelle par le fond.*



*Illustration 15 - Inspection à partir de la surface avec la caméra vidéo-laser.*

- **Liste des surveillances**

L'arrêté ministériel n° TREP1915801A du 5 juin 2019 mentionne, pour les concessions de Saint-André-sur-Orne et May-sur-Orne :

- nature de l'installation : cavités, surveillance par inspection fond et surveillance à partir du jour ;
- concessions : Saint-André-sur-Orne, May-sur-Orne ;
- communes : Saint-André-sur-Orne, Saint-Martin-de-Fontenay, May-sur-Orne et Fontenay-le-Marmion ;
- nom des installations « fond » : circuit flanc nord Orne, circuit flanc nord D27, circuit flanc sud Orne et circuit flanc sud D15 ;
- nom des installations « jour » : C06bis - D03bis - D20bis - D41bis - D43 ;
- 6 réseaux de nivellement : Cité Taraud, Fontenay-le-Marmion, May-sur-Orne Est, May-sur-Orne Ouest, Rocquancourt Centre et Rocquancourt Est.

- **Calendrier des interventions effectuées en 2019**

Les visites fond des flancs nord et sud ont eu lieu les 18 et 19 mars 2019.

Les inspections vidéo-laser des sondages ont eu lieu aux dates suivantes :

- 14 mai pour C06bis et D41bis ;
- 15 mai pour D20bis et D43 ;
- 16 mai pour D03bis.

#### 4.1.4. Surveillance du synclinal de May-sur-Orne en 2019

- **Réseaux de nivellement**

À la demande de la DREAL, deux réseaux de nivellement ont été relevés en 2019 :

- le premier, à May-sur-Orne, suite à un désordre apparu en mars 2019, sur le stade de football. GEODERIS indique que « l'examen des levés des points de nivellement du réseau de May-sur-Orne permet de conclure à l'absence d'affaissement dû à la rupture des travaux miniers dans le secteur étudié. Par conséquent, GEODERIS écarte l'hypothèse d'une origine minière du désordre apparu sur le terrain de football à May-sur-Orne » ;
- le second à Feuguerolles-Bully, suite à l'apparition de fissures dans deux habitations (rue de la Fontaine et rue de la Bruyère). GEODERIS indique que « l'examen des levés des points de nivellement du réseau de Feuguerolles-Bully ne montre aucun mouvement de sol dans le secteur. Par conséquent, GEODERIS écarte l'hypothèse d'une origine minière des désordres apparus sur les bâtiments concernés à Feuguerolles-Bully ».

- **Surveillance par le fond**

- **Flanc nord**

Lors de l'inspection du circuit dénommé « *flanc nord Orne* » (Illustration 17), qui concerne les zones 1 à 9 de la cote 0 à la cote 960, la poursuite du ravinement occasionné par l'infiltration d'eau à la trémie de la cote 180 en couche nord a été observée. Ce secteur de la mine se situe en zone d'aléa effondrement fort sous la commune de Saint-André-sur-Orne, au droit d'un bassin de rétention qui collecte des eaux pluviales.

La seconde portion du circuit du flanc nord dénommé « *flanc nord D27* » permet d'accéder à la partie est de la galerie de niveau B (zones 11 à 15), de la cote 1050 à la cote 1200. La ruine du pilier de la cote 1055 se poursuit lentement. À la cote 1045, la ruine du pilier et le fontis au mur n'ont pas évolué. Aucune dégradation de la couverture calcaire n'a été observée.

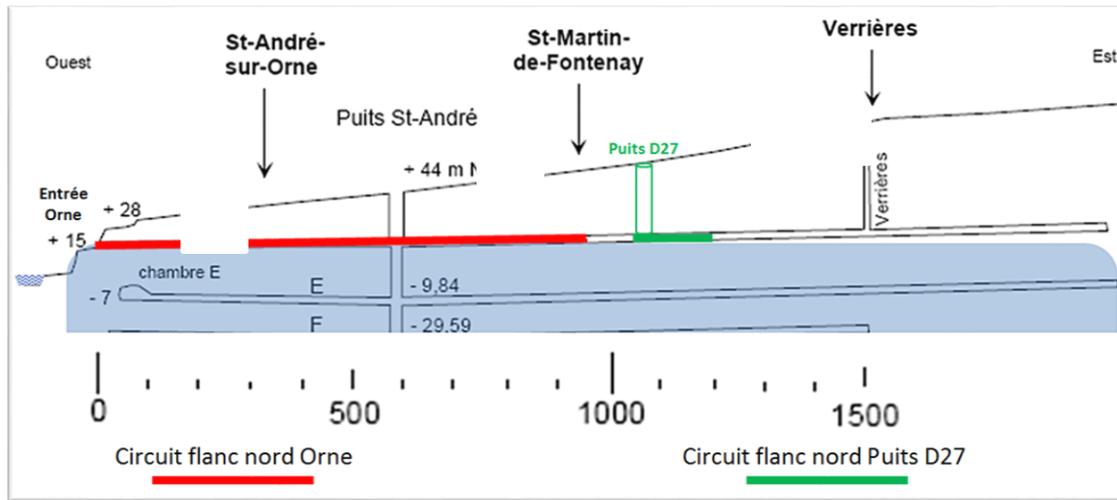


Illustration 16 - Flanc nord : circuits de surveillance.

- **Flanc sud**

Lors des inspections fond (Illustration 18), aucune évolution notable n'a été relevée.

Les consultations pour réaliser les travaux de comblement de la zone 20a et pour un diagnostic radon de la galerie de niveau 1 auront lieu courant 2020.

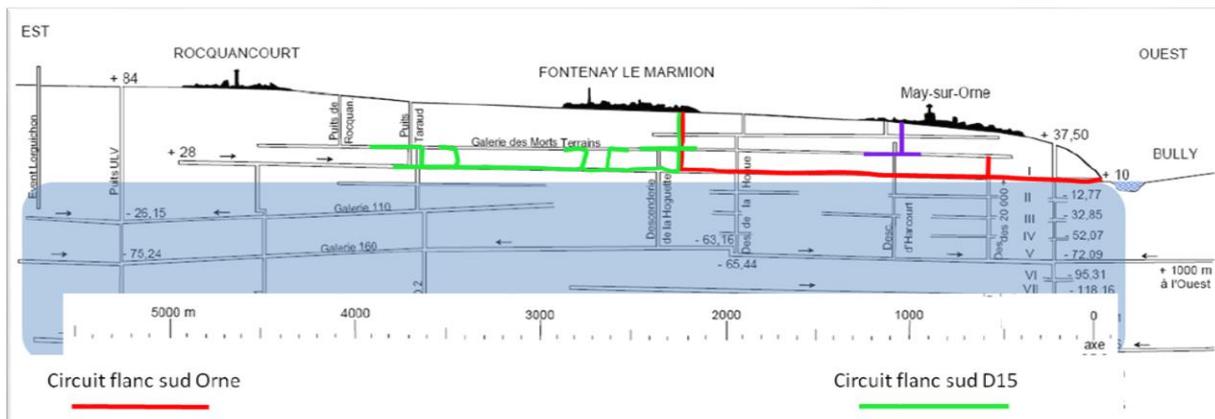


Illustration 17 - Flanc sud : circuits de surveillance.

- **Surveillance à partir de la surface**

- Flanc nord

Suite à une évolution notable avec dégradations constatées sur le flanc nord en 2008, l'accès aux zones 10a et 10b a été condamné. Pour pallier la surveillance par le fond des zones concernées devenues inaccessibles, une inspection par vidéo-laser a été effectuée en mai 2019 au travers des sondages C06bis et D41bis. La comparaison des images et des vidéos acquises en 2018 et 2019 n'a pas mis en évidence d'évolution notable des dégradations dans la cavité.

- Flanc sud

Concernant le flanc sud, une campagne d'inspection vidéo-laser annuelle a été réalisée en 2019 au travers des sondages D03bis, D20bis et D43 sur les zones dont une partie des travaux à faible profondeur n'est pas accessible par le fond. Il s'agit respectivement des zones 20a, 43 et 44. Ces inspections n'ont pas révélé d'évolution notable par rapport à 2018.

## **4.2. CONCESSIONS DE GOUVIX, BARBERY, SOUMONT, JURQUES, MONT-PINÇON, SAINT-RÉMY-SUR-ORNE ET LA FERRIÈRE-AUX-ÉTANGS**

### **4.2.1. Historique**

L'essentiel des travaux d'exploitation s'est déroulé de 1907 à 1989 sur les flancs nord et sud du synclinal de Soumont-Urville pour une production totale de 52 millions de tonnes de minerai de fer. Sept concessions furent instituées, dont celle d'Estrées-la-Campagne qui n'a fait l'objet d'aucune exploitation. Celles de Cinglais et Perrières ont été exploitées en profondeur à partir de la mine voisine de Soumont mais n'ont pas fait l'objet de travaux en surface. Enfin, les concessions de Gouvix et Urville, d'une part, et Soumont et Barbary, d'autre part, ont fait l'objet d'exploitations minières respectivement arrêtées en 1968 et 1989.

La concession de Jurques, instituée par décret le 26 novembre 1895, s'étend sur les communes de Brémoy et de Jurques dans le Calvados. Les travaux de fermeture ont été réalisés en 1971. Sur cette concession, les travaux ont permis de produire 300 000 tonnes de minerai de fer sur cinq périodes discontinues : 1895-1906, 1909-1912, 1921-1922, 1926-1927 et 1939-1940.

La concession du Mont-Pinçon a été instituée par décret du 28 mars 1902 et s'étend sur les communes de Campandré-Valcongrain, Le Plessis-Grimoult, Roucamps et Saint-Jean-le-Blanc. À la fermeture du gisement de Saint-Rémy en 1966, le contexte économique et la pauvreté du gisement de Mont-Pinçon ont amené la société à annuler ses projets d'exploitation et à déposer une demande de renonciation le 20 septembre 1966, acceptée par arrêté le 24 novembre 1966. Aucune exploitation n'a été réalisée mais des travaux de recherche par puits, descenderie et travers-bancs ont été effectués à plusieurs reprises de 1903 à 1904, de 1918 à 1920, en 1938 et de 1959 à 1961.

La concession de Saint-Rémy-sur-Orne, instituée par décret du 28 septembre 1875, est la plus ancienne des mines de fer normandes. L'exploitation s'est poursuivie jusqu'en 1968. La renonciation de cette concession a été prononcée le 10 novembre 1981.

À La Ferrière-aux-Étangs, la Société Denain-Anzin réalisa des sondages à partir de 1897 afin d'alimenter en minerai de fer ses hauts-fourneaux du nord de la France. Elle le fit à partir des anciennes minières de la Fieffe. Les résultats furent positifs et une demande de concession fut déposée le 21 décembre 1898. Accordée le 14 avril 1901, la concession de La Ferrière couvrait alors 1 605 hectares, puis 2 470 hectares en 1947. L'essentiel des travaux d'exploitation de la concession de La Ferrière-aux-Étangs s'est déroulé de 1901 à 1970. L'exploitation cessa le 1<sup>er</sup> avril 1970 et la concession fut renoncée en 1988.

### **4.2.2. Description des installations de surveillance**

Les huit concessions faisant l'objet d'une surveillance sont localisées sur l'illustration 19. Les ouvrages permettant cette surveillance sont listés dans l'illustration 20.

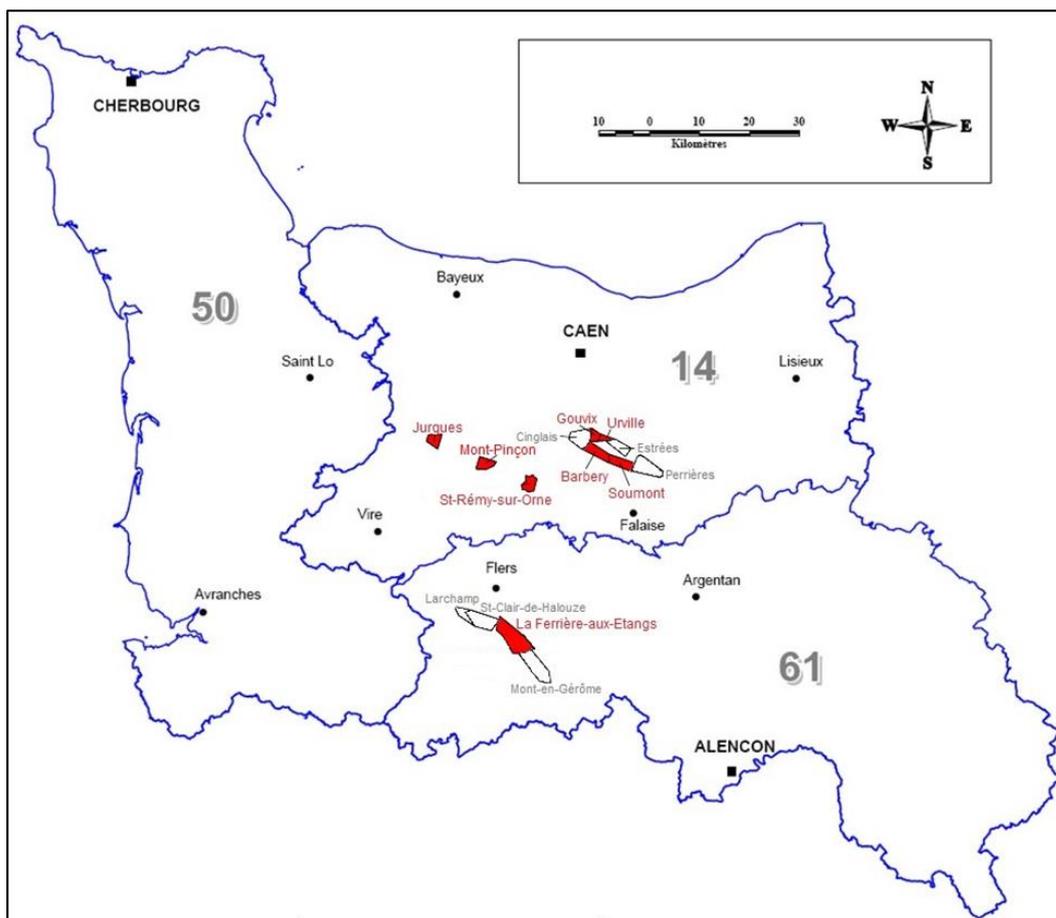


Illustration 18 - Plan de localisation des concessions.

CONCESSIONS	COMMUNES	OUVRAGES	SUBSTANCE
Barbery	Saint-Germain-le-Vasson	GER-6 et GER-7 Descenderie du Livet	Fer
Soumont	Soumont-Saint-Quentin	SOU-3 et Galerie Saint Quentin	
Gouvix	Urville	Galerie Gouvix	
Urville	Urville	URV-9 (remplace URV-2 et URV-8)	
Saint-Rémy-sur-Orne	Saint-Rémy	SR12, TB de l'Orne	
Jurques	Jurques	TB 256	
Mont-Pinçon	Le Plessis-Grimoult	TB Anguet	

Illustration 19 - Tableau récapitulatif des ouvrages surveillés en 2019.

#### 4.2.3. Méthodes de surveillance

- **Surveillances des cavités**

- Par le fond

Cette surveillance par le fond concerne le TB de l'Orne (Illustration 21), sur la concession de Saint-Rémy-sur-Orne.



*Illustration 20 - TB de l'Orne, visite d'inspection.*

- À partir de la surface

En 2019, ces inspections ont été réalisées à l'aide d'une caméra vidéo-laser sur 5 sondages débouchant dans des cavités inaccessibles, sur les communes de Saint-Rémy, Urville, Saint-Germain-le-Vasson et Soumont. Les images et calculs de volumes obtenus ont été comparés aux résultats des campagnes précédentes.

Aucune demande de la DREAL Normandie n'a été reçue cette année par le DPSM concernant des réseaux de nivellement.

- **Surveillance des points d'émergence**

Cette surveillance annuelle consiste à effectuer une inspection visuelle ainsi qu'un reportage photographique des points d'émergence pour vérifier le bon écoulement de l'eau d'exhaure et s'assurer qu'aucun objet ne colmate les exutoires. Les points d'émergence observés en 2019 sont : la galerie Saint-Quentin à Soumont-Saint-Quentin, la descenderie du Livet à Saint-Germain-le-Vasson, la galerie Gouvix à Urville, le TB 220 à La Ferrière-aux-Étangs, le TB 256 à Jurques et le TB Anguet au Plessis-Grimoult.

#### **4.2.4. Surveillance des ouvrages de la mine de Soumont**

- **Calendrier des inspections effectuées en 2019**

- 18 juin : URV-9<sup>1</sup> sur la concession d'Urville ;
- 19 juin : GER-6 et GER-7 sur la concession de Barbey ;
- 10 juillet : SOU-3 sur la concession de Soumont.

Les émergences sont surveillées une fois par an :

- 19 septembre : inspection visuelle de l'émergence de la galerie Gouvix ;
- 20 septembre : inspection visuelle des émergences de la descenderie du Livet et de la galerie Saint-Quentin ;
- 23 décembre : réception des résultats d'analyses de l'eau captée en 2019 par le syndicat Eaux Sud Calvados (ESC) de Falaise, à la sortie de la galerie Gouvix.

---

<sup>1</sup> URV-9 remplace dorénavant les inspections par les anciens forages URV-2 et URV-8.

- **Sondage URV-9**

La réalisation, en 2019, du nouveau forage URV-9, en remplacement de URV-2 et URV-8, a permis d'inspecter la galerie et de la surveiller simultanément sous les deux enjeux de surface, RD 167 à l'est et RD 132 à l'ouest, ainsi que le carrefour au sud. Cette opération, menée sous maîtrise d'ouvrage déléguée du DPSM (annexe 2), permet, à moyen terme, de réduire les charges opérationnelles de cette surveillance tout en améliorant significativement la visibilité. Aucune évolution notable n'a été relevée en 2019.

- **Sondage SOU-3**

Aucune évolution notable de la couronne ni de la géométrie globale de la cavité n'a été relevée lors de l'inspection par le sondage SOU-3.

- **Sondages GER-6 et GER-7**

Aucune évolution notable de la couronne ni de la géométrie globale des cavités n'a été relevée lors de l'inspection par les sondages GER-6 et GER-7.

- **Surveillance des points d'émergence**

L'écoulement de l'eau de la mine a été observé en 2019 sur le flanc sud par la descenderie du Livet et, sur le flanc nord, par la galerie Gouvix. Aucun écoulement n'est observé à l'exutoire de la galerie Saint-Quentin qui est le second exutoire du flanc sud.

#### **4.2.5. Surveillance des ouvrages de la concession de Saint-Rémy-sur-Orne en 2019**

- **Calendrier des inspections annuelles effectuées en 2019**

- 11 juillet : inspection vidéo-laser de la cavité située au droit du sondage SR-12 ;
- 19 septembre : inspection visuelle par le fond du TB de l'Orne.

- **TB de l'Orne**

Il n'a pas été observé de dégradation notable du TB de l'Orne en 2019. Les travaux d'entretien de la parcelle, traversée par le fossé drainant l'eau d'exhaure à la sortie du travers-banc vers l'Orne, ont été effectués par les services municipaux de la commune.

- **Sondage SR-12**

Aucune évolution notable de la couronne ni de la géométrie globale de la cavité n'a été relevée lors de l'inspection par le sondage SR12 en 2019.

#### **4.2.6. Surveillance des ouvrages des concessions de Jurques et Mont-Pinçon en 2019**

La visite d'inspection des deux émergences a eu lieu le 20 septembre 2019.

Lors de cette visite au Plessis-Grimoult (Mont-Pinçon), un petit filet d'eau s'écoulait du TB Anguet, au niveau de la couronne de la galerie. La mare chargée en oxydes de fer qui précipitent en aval du TB était partiellement asséchée.

À Jurques, de l'eau s'écoulait au niveau de la sortie du TB 256 qui se poursuit par un fossé et alimente deux petits étangs privés. La surverse forme un petit ruisseau dénommé le « Pissot de la Mine ».

#### **4.2.7. Surveillance des ouvrages des concessions de La Ferrière-aux-Étangs en 2019**

En accord avec la DREAL Normandie, aucune inspection vidéo-laser ni sonar n'a été effectuée sur les concessions de La Ferrière-aux-Étangs en 2019 (surveillance biennale les années paires).

## 5. Gestion de l'information technique

Le DPSM a pour mission l'acquisition, la gestion, l'organisation et la diffusion des données de surveillance acquises en application de sa mission après-mine. Les données acquises sont organisées en utilisant les banques de données existantes (BSS, BDES/ADES, BDSurv).

À cette fin, le DPSM a mis en place un site web aux fonctions Internet, Extranet et Intranet : <https://dpsm.brgm.fr>. Ses fonctionnalités permettent une accessibilité rapide aux données de base, notamment pour les interventions en cas de désordre d'origine minier.

La DREAL Normandie dispose d'un compte d'accès privilégié au site web du DPSM et peut ainsi consulter la majorité des rapports (mémoires de fin de travaux, etc.) et leurs annexes numériques.

De même, les bases de données suivantes sont accessibles par le site web du DPSM :

- base Auressia : les archives techniques intermédiaires provenant de CDF ont été saisies et stockées dans la base Auressia. La base a été modifiée fin 2011 pour permettre la saisie des archives anciennes relatives aux renseignements miniers et aux dégâts de surface ;
- base BDSurv : recense les ouvrages surveillés au titre des articles L.163-11 et L.174-1 à 4 du Code minier, ou au titre du Code de l'environnement conformément à des arrêtés ministériels annuels. Les ouvrages surveillés en Normandie sont tous saisis dans la base de données ;
- base Plans (BDPlans) : l'ensemble des plans réglementaires des concessions de CDF en Normandie a déjà été numérisé par le passé. Les plans sont disponibles au format natif et sous forme d'aperçu en PDF ;
- base de textes de procédures d'arrêt des travaux miniers : la numérisation des derniers dossiers d'arrêt des travaux miniers et des dossiers d'arrêt de renonciation de CDF a déjà été réalisée en 2010. Les documents sont disponibles ;
- Renseignement Minier En Ligne (RMEL) : cette interface de réponse automatique a permis le traitement par le DPSM de 30 128 demandes concernant le territoire national en 2019. Toutefois, aucune d'entre elles ne concernait la région Normandie.



## 6. Perspectives

La surveillance 2019 depuis la surface des flancs nord et sud du synclinal de May-sur-Orne n'a pas mis en évidence d'évolution notable des dégradations en lien avec les cavités minières.

La surveillance 2019 par le fond du flanc nord a permis d'observer la poursuite du ravinement occasionné par l'infiltration d'eau à la trémie de la cote 180 au droit d'un bassin de rétention qui collecte des eaux pluviales (zone d'aléa effondrement fort sous la commune de Saint André-sur-Orne). La ruine du pilier de la cote 1055 se poursuit lentement. À la cote 1045, la ruine du pilier et le fontis au mur n'ont pas évolué. Aucune dégradation de la couverture calcaire n'a été observée. La surveillance 2019 par le fond du flanc sud n'a pas mis en évidence d'évolution notable des dégradations dans la cavité.

Aucune évolution notable n'a été relevée en 2019 lors de la surveillance des ouvrages de la mine de Soumont, de la concession de Saint-Rémy-sur-Orne ni de la concession de Jurques. Lors de la visite au Plessis-Grimoult (Mont-Pinçon), un petit filet d'eau s'écoulait du TB Anguet, au niveau de la couronne de la galerie. La mare chargée en oxydes de fer qui précipitent en aval du TB était partiellement asséchée.

L'UTAM Centre-Ouest a conduit en 2019 des travaux de comblement d'une portion de la galerie des Morts-Terrains (à environ 10 m de profondeur) à May-sur-Orne du fait d'enjeux de surface pouvant être potentiellement impactés par son effondrement.

- **Programme des surveillances en 2020**

Les visites par le fond et des campagnes d'inspection vidéo-laser sont programmées en 2020 dans la continuité de celles de 2019. Cependant, la fréquence des inspections (fond et jour) sera annuelle pour tous les ouvrages de la mine de May-sur-Orne et de Saint-Rémy ainsi que pour les émergences en Normandie. Les ouvrages de La Ferrière-aux-Étangs sont inspectés les années paires, en alternance avec ceux de la mine de Soumont.

- **Travaux de mise en sécurité à envisager**

Sur le flanc nord, à Saint-Martin-de-Fontenay, une consultation pour les travaux de mise en sécurité en zone 10a a été lancée. Les travaux auront lieu courant 2020.

Sur le flanc sud, à May sur-Orne, des travaux de comblement de la galerie des Morts-Terrains en zone 20a et un diagnostic radon de la galerie de niveau 1 sont planifiés.

Dans le Calvados, la réalisation des travaux de comblement de la descenderie située au droit de la bretelle d'accès à la route nationale 158 à Soumont-Saint-Quentin (SOU-3) ainsi que la mise en sécurité de la route départementale 133 à Saint-Rémy (SR-12) sont planifiées pour 2020.

Dans l'Orne, suite à l'apparition d'un désordre survenu en mars 2019 sur le chemin forestier d'accès au carreau du puits 1bis à St Clair-de-Halouze, des travaux d'investigation sont envisagés (forages carottés) afin de définir la méthode de mise en sécurité à réaliser (remise en état du chemin ou contournement).

Enfin, à La Ferrière-aux-Étangs, des travaux de curage du fossé d'écoulement des eaux d'exhaure sont envisagés à la sortie du TB 220.



## Annexe 1

### Index des acronymes

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

DGPR : Direction Générale de la Prévention des Risques du ministère en charge de l'environnement

DICT : Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux

DPSM : Département Prévention et Sécurité Minière du BRGM

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

DT : Déclaration de projet de Travaux

GEODERIS : Il s'agit d'un Groupement d'Intérêt Public (GIP) constitué entre le BRGM et l'INERIS. Il apporte à l'État (administrations centrales et services déconcentrés, en particulier les DREAL) une assistance et expertise en matière d'après-mine.

LOLF : Loi Organique relative aux Lois de Finances

MOD : Maître d'Ouvrage Délégué

RMEL : Renseignement minier en ligne

SIG : Système d'Information Géographique

TB : Travers-banc

UTAM : Unité Territoriale Après-Mine du DPSM



## Annexe 2

### Indicateurs de performance

L'indicateur de performance du DPSM s'appuie sur l'analyse de la maîtrise des coûts relatifs aux projets de travaux. Cette analyse est fondée sur l'écart moyen entre les coûts prévisionnels (devis) et les coûts réels des travaux (factures) pour les chantiers achevés et les factures reçues dans l'année.

**À l'échelle nationale** : aucun écart significatif n'a été constaté sur les travaux achevés en 2019.

Année	Écart devis / montant final travaux
2007	- 0,3 %
2008	+ 0,3 %
2009	- 3,2 %
2010	- 1,4 %
2011	- 5,0 %
2012	- 2,3 %
2013	+ 10,3 %
2014	- 3,8 %
2015	- 0,7 %
2016	- 4,1 %
2017	- 6,9 %
2018	- 7,8 %
2019	- 6,7 %

**Pour la région Normandie** : deux opérations de travaux ont été réceptionnées en 2019.

Lieu - objet des travaux	Coût (€ TTC)	Devis (€ TTC)	Écart devis / montant final travaux	Convention	Date réception
Urville (14) - Réalisation d'un forage pour la surveillance instrumentée	7 193	7 193	- 0,0 %	2019	25/04/2019
May sur Orne (14) - Comblement des zones 29b1 à 29b3	430 180	446 488	- 3,7 %	2018	23/05/2019
<b>Total</b>	<b>437 373</b>	<b>453 681</b>	<b>- 3,6 %</b>		



**Centre scientifique et technique**  
**Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM)**  
**Unité Territoriale Après-Mine Centre Ouest**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34  
[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)