

## REALISATION D'UNE STATION DE TRAITEMENT PASSIF DES EAUX DE RESURGENCE MINIERE SUR LE SITE DU PUITS SIMON 5 A FORBACH (57)

### ***WATER PASSIVE TREATEMENT PLANT BUILD FOR MINE DRAINAGE OF SIMON 5 SITE (57600 FORBACH)***

Cécile CLEMENT<sup>1</sup>, Regis FISCHER<sup>2</sup>, Roger LEVICKI<sup>2</sup>, Jean-Frédéric OUVRY<sup>3</sup>, Baptiste PAGE<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Antea Group, Nancy, France

<sup>2</sup> BRGM-DRP-DPSM-UTAM Est, Freyming-Merlebach, France

<sup>3</sup> Antea Group, Olivet, France

<sup>4</sup> Antea Group, Arcueil, France

**RÉSUMÉ** — Dans le bassin houiller lorrain, afin de préserver la ressource en eau de la nappe des Grès du Trias inférieur (GTi) suite à l'arrêt des travaux miniers, la station de traitement passif des eaux minières du puits Simon 5 à Forbach (57) a été construite et mise en service en novembre 2012. Le système comprend une installation de pompage située dans le puits Simon 5 et une station de traitement, composée de cascades d'oxygénéation de l'eau, de bassins de décantation et de lagunes plantées de macrophytes, terrassés dans les sables et grès. Lors des travaux, des fissures ouvertes liées aux exploitations minières ont été mises en évidence dans le substratum gréseux. Ces aléas ont nécessité un traitement des fissures et le dimensionnement d'un renforcement pour reconstituer une surface favorable à la mise en place d'une étanchéité par géomembrane. Le risque et les conséquences de la rupture des ouvrages (digue des bassins) ont également été étudiés et ont entraîné la mise en œuvre d'un dispositif d'auscultation à base de piézomètres et inclinomètres.

**ABSTRACT** — In the coal mining French Lorraine area, a water passive treatment plant has been built and made operational in 2012-2013 in order to protect water resources of the lower Trias sandstone aquifer (GTi) after the end of mining works. The installation consists of a pumping station and a treatment plant, composed of basins and lagoons, dug in sands and sandstones. During the earthworks, cracks caused by the mining subsidences were revealed on the basins backgrounds. These areas were treated and a reinforcement structure was designed to enable the implementation of the geomembrane. Risks of dam's damage were also studied and a network of inclinometers and piezometers was implanted on the edge of slope.

#### **1. Introduction**

Jusqu'en 2004, Charbonnages de France a exploité le charbon en Lorraine. Les terrains renfermant les couches de charbon d'âge carbonifère, sont situés sous la

nappe phréatique des Grès du Trias inférieur (GTi) et en sont séparés par une couche imperméable, le Permien. Les fractures créées par l'exploitation minière dans ces couches géologiques ont entraîné une infiltration des eaux dans la mine.

Durant l'exploitation du charbon, cette eau devait sans cesse être pompée (exhaure minière), ce qui eut pour conséquence un abaissement du niveau de la nappe. L'arrêt de l'exhaure en 2006 a provoqué l'ennoyage de la mine, le niveau de l'eau est alors remonté progressivement dans les vides miniers, avant de permettre à la nappe de se recharger naturellement.

Au cours de son cheminement au travers du réservoir minier, l'eau se charge en minéraux (sulfates, fer et manganèse notamment). Les terrains de séparation (le Permien) entre les deux réservoirs sont imperméables, mais afin d'éviter que des panaches minéralisés ne remontent via les fractures, il est nécessaire de maintenir le niveau d'eau du réservoir minier en dessous du niveau d'eau de la nappe phréatique. C'est pour cela qu'un dispositif de pompage a été mis en place dans le réservoir minier afin que les échanges d'eau ne se fassent que dans un sens : de la nappe phréatique vers le réservoir minier.

Ce pompage permettra également de préserver le bâti situé dans les zones vulnérables au risque de remontée des eaux souterraines présentes principalement dans les zones d'affaissement liées à l'exploitation minière.

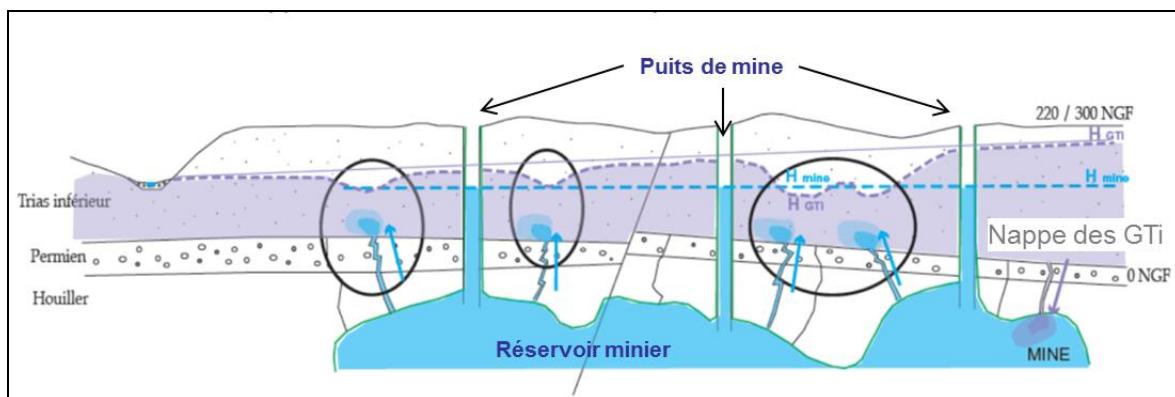


Figure 1 : Mode de fonctionnement des échanges nappe-mine sans mesure compensatoire

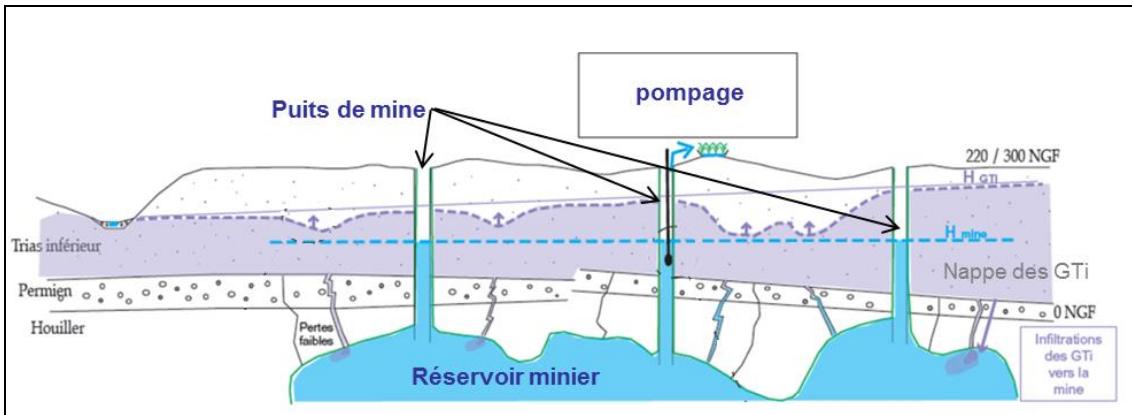


Figure 2 : Mode de fonctionnement des échanges nappe-mine avec pompage

## 2. Description des travaux

### 2.1. Généralités

La station est composée :

- d'un dispositif de pompage situé au niveau de l'ancien puits Simon 5. Le pompage permet dans un premier temps d'accompagner la remontée de la nappe jusqu'à une cote définie, et dans un second temps de stabiliser le niveau de l'eau du réservoir minier à une cote choisie ;
- d'une station de traitement passif de l'eau minière, composée de bassins et lagunes. La station de traitement vise à diminuer les teneurs en Fer, Manganèse et matières en suspension (MES) avant rejet dans le milieu naturel. Pour cela, le système de traitement est passif : les bassins disposent de cascades pour oxygénier l'eau et précipiter le Fer et Mn. Les lagunes sont plantées de roseaux (macrophytes) pour filtrer l'eau avant rejet.

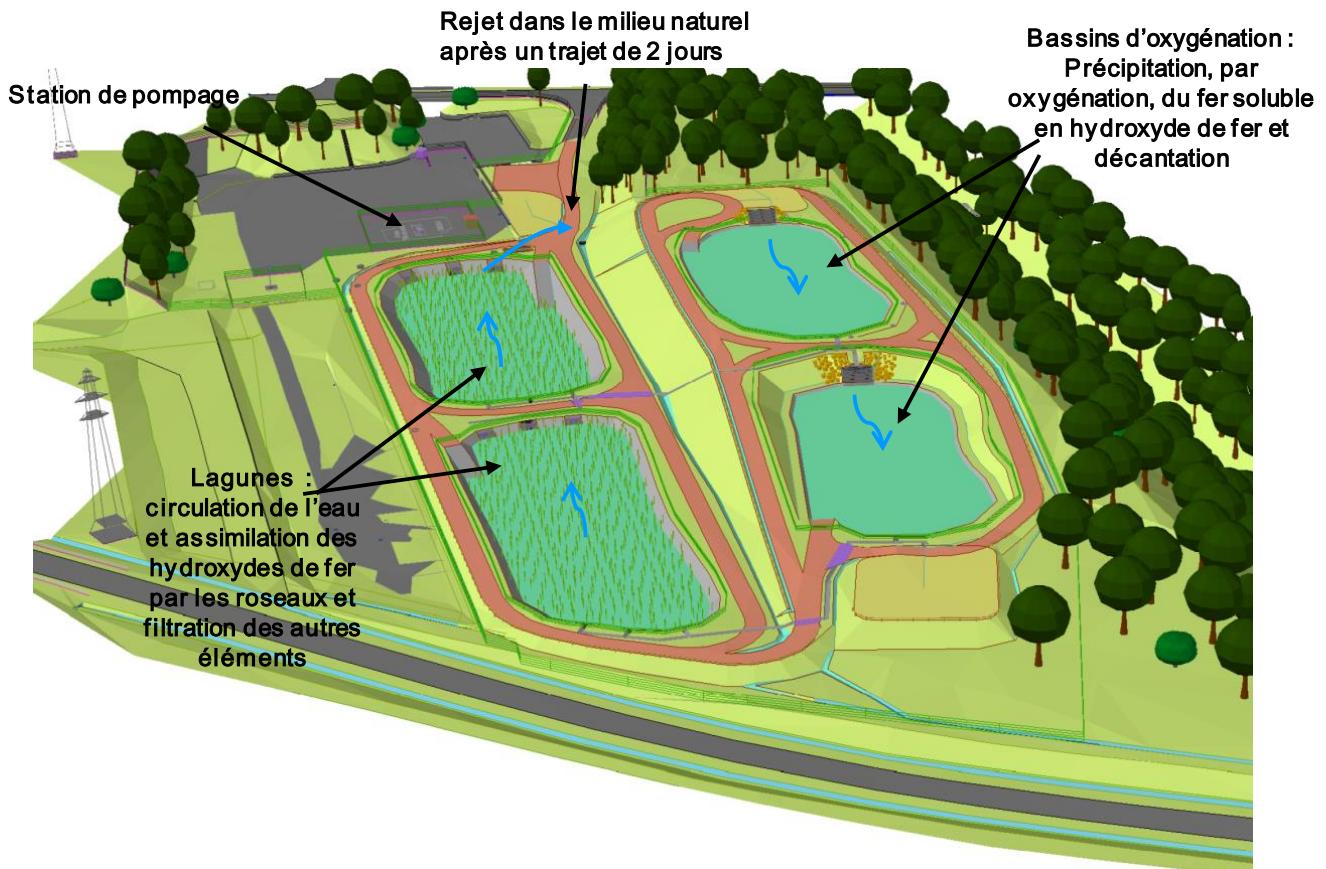


Figure 3 : Principe de la station

L'objectif de la station de traitement est d'abaisser la concentration en fer de l'eau de résurgence à une valeur inférieure à 2 mg/l et celle du manganèse à une valeur inférieure à 1 mg/l.

## 2.2. La station de pompage

Sur le site de Simon 5, la station de pompage a été dimensionnée pour débuter les pompages dès que le niveau d'eau dans la mine atteint 80 m NGF (soit -180 m/TN), de façon à entretenir en permanence une légère dépression piézométrique dans la mine par rapport à la nappe des GTi. Les débits de pompage sont ensuite adaptés en fonction des objectifs d'élimination du fer et du niveau de la nappe.

La station de pompage est composée :

- d'un groupe électropompe immergé avec une colonne de refoulement ;
- d'équipements de contrôle et de gestion de l'installation (débitmètres, capteurs, vannes, etc.).

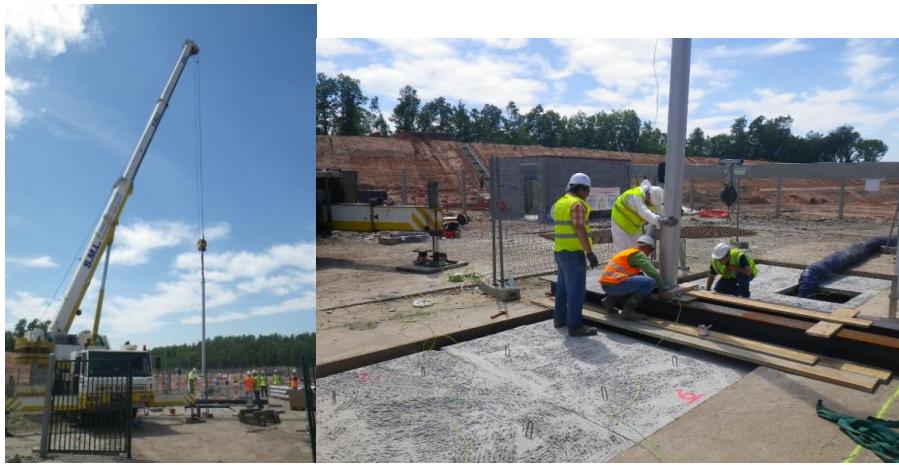


Figure 4 : Descente de la colonne dans le puits

### 2.3. Les bassins et lagunes

Les bassins et lagunes de la station de traitement ont été réalisés en déblai / remblai dans les sables et grès (35 000 m<sup>3</sup> de terrassement). Les bassins et lagunes sont étanchés par géomembrane PEHD 2 mm.

Les bassins permettent la précipitation du Fer et Mn par un système d'oxygénéation en cascade. Les bassins sont dimensionnés suivant le temps de résidence nécessaire. Les eaux déferrisées sont ensuite dirigées vers des lagunes plantées de roseaux. Les roseaux et leur substrat permettent de filtrer le Fer, Mn et les MES. Les ouvrages béton (déversoir / surverse) permettent d'homogénéiser la circulation de l'eau dans les ouvrages.



Figure 5 : Vue générale sur la station et vue sur la cascade d'oxygénéation

### 3. Aléa en cours de chantier : découverte de crevasses minières

#### 3.1. Découvertes des crevasses

Dans le cadre des travaux de terrassement, des zones de crevasses minières ont été mises en évidence au fond des bassins. Les crevasses minières sont issues de la fracturation de la couche de grès lors de l'exploitation des couches de charbon. Les crevasses observées étaient monodirectionnelles et présentaient une ouverture de 8 à 10 cm de large. Elles parcouraient l'arase des bassins dans le sens de la longueur.



Figure 6 : Vue sur les crevasses minières

Le fond et les flancs des bassins devaient donc être traités avec deux objectifs :

- Fournir une surface permettant la pose du complexe d'étanchéité par géomembrane. Pour cela, les crevasses visibles devaient être comblées ;
- Garantir l'intégrité de la géomembrane dans l'hypothèse où des crevasses non-traitables par comblement, et/ou non mises à jour lors des travaux viendraient à apparaître après la pose de la géomembrane.

#### 3.2. Solution choisie

La solution choisie fut la suivante :

- Traitement des crevasses par un remplissage béton superficiel après terrassement des lèvres des crevasses et pose d'un coffrage perdu. Ce comblement béton a été réalisé pour toutes les crevasses visibles en fond et pour les crevasses en flanc d'ouverture importante ;
- Pose d'une géogrille de renforcement. L'objectif est de pouvoir mobiliser la géogrille de renforcement, sans créer de traction de la géomembrane, en cas d'une éventuelle déformation du sol. En fond, la géogrille de renforcement est séparée de la géomembrane par une épaisseur de 20 cm de remblai sableux.

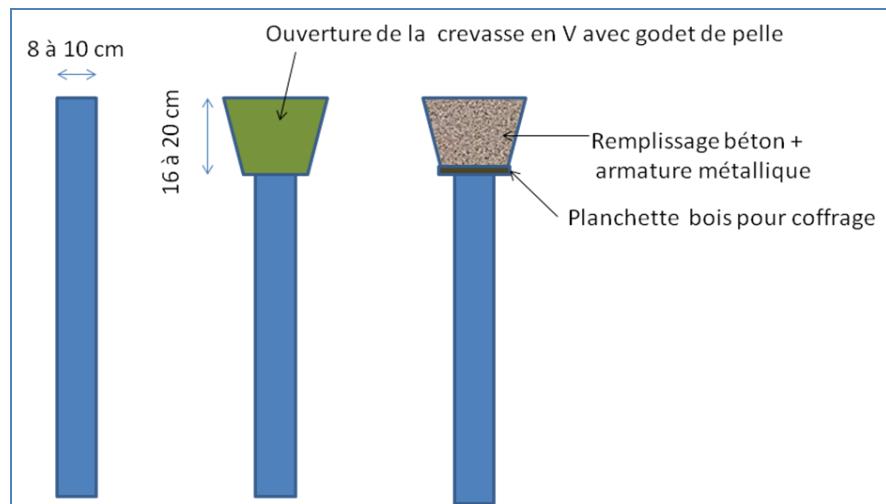


Figure 7 : Traitement des crevasses visibles

### 3.3. Dimensionnement de la géogrille

Le dimensionnement de la géogrille a été réalisé suivant la norme BS 8006. Ce dimensionnement est basé sur l'évaluation du tassement de la couche de matériau reconstituée sur la géogrille induit par l'apparition d'une crevasse.

Ce tassement est susceptible de solliciter en traction la géomembrane au-delà du seuil d'écoulement puis de conduire à une rupture et donc un risque de défaut d'étanchéité. Le calcul permet de définir les caractéristiques mécaniques d'un géosynthétique de renforcement permettant de limiter l'allongement de la géomembrane et donc les efforts dans celle-ci.

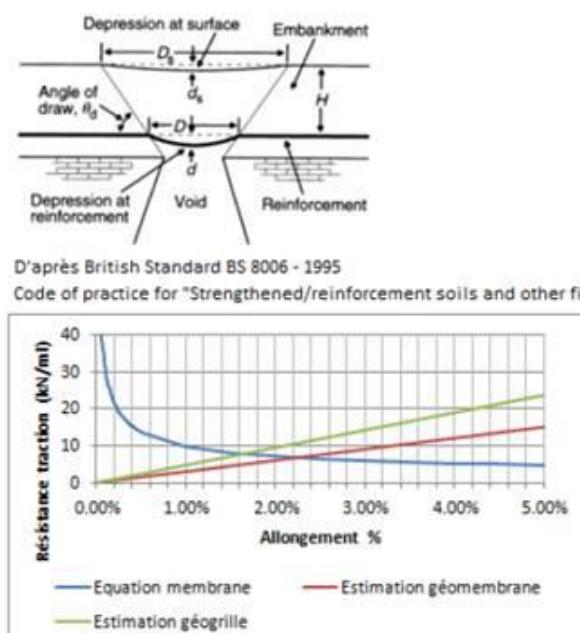


Figure 8 : Extrait note de calcul, schéma de principe du calcul et courbe de résultats effort – déformation

### 3.4. Exécution du renforcement

La géogrille a été posée selon un plan de calpinage qui orientait la longueur du lé perpendiculairement à la direction de la crevasse. La géogrille a été posée en trois semaines. Les figures suivantes illustrent les travaux.



Figure 9 : Terrassement des crevasses – Bassin 2 – 05/04/12



Figure 10 : Pose de la géogrille avec ancrage, mise en place des 0.20 m de sable et des bandes de dégazage

Avant mise en œuvre du renforcement, un extensomètre a été implanté au droit d'une crevasse afin d'étudier ses éventuelles déformations au cours de l'exploitation.

## 4. Prise en compte du risque de rupture de talus - surveillance mise en œuvre

### 4.1. Conséquences d'une rupture

La station a été implantée le long d'un talus bordant le ruisseau du Bruchgraben, point de rejet du dispositif (cf. Figure 10), de hauteur de 18 à 20 m.

En raison de la topographie particulière de l'ouvrage (retenue d'eau située 18 m au-dessus du fond du Bruchgraben), il a été décidé de réaliser une étude de rupture afin d'évaluer le risque pour les enjeux situés en aval. L'ouvrage a donc fait l'objet des études suivantes :

- étude de stabilité au grand glissement sous TALREN : en conditions normales, sous sollicitations sismiques et en conditions hydrogéologiques défavorables (perte d'étanchéité des bassins, mise en charge hydraulique et niveau exceptionnel dans la retenue). Ces calculs ont montré des conditions de stabilité satisfaisantes ;
- estimation des débits générés par la rupture de talus (déversement de la totalité d'un bassin) à l'aide du logiciel CASTOR (CAcul Simplifié pour le Traitement des Ondes de Rupture de barrages) développé par le Cemagref ;
- évaluation de la propagation du débit de rupture le long du linéaire de la vallée du Bruchgraben. Cette propagation a été étudiée sur la base des cartes topographiques et des observations réalisées sur le terrain. La hauteur de submersion et la vitesse d'écoulement en différents points de la vallée ont été évaluées à l'aide du logiciel FLOWMASTER, logiciel permettant notamment la résolution de la formule de Manning-Strickler au droit de section paramétrée ou irrégulière.

Ces calculs ont mis en évidence un risque de submersion de terrains urbanisés à l'aval, d'environ 1m, en raison notamment de la présence d'ouvrages hydrauliques de ralentissement le long de la vallée.

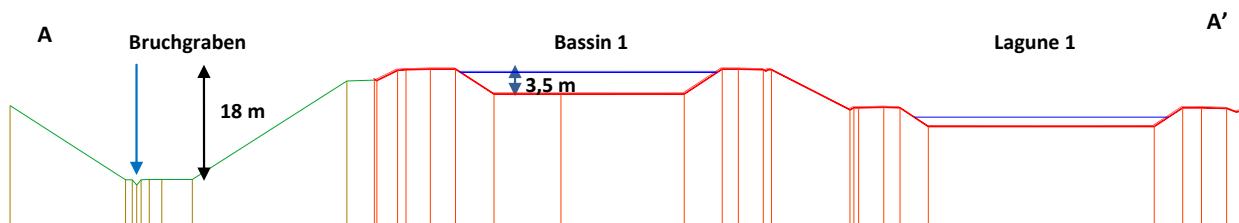


Figure 11 : Coupe de principe des bassins et lagunes

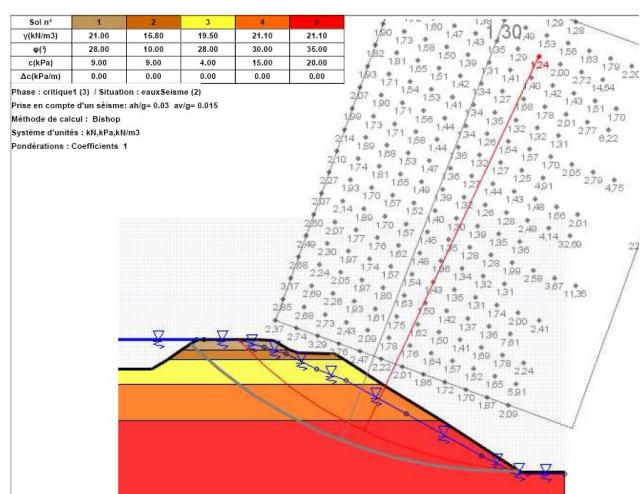


Figure 12 : Stabilité d'un bassin en sollicitations sismiques et conditions hydrologiques défavorables

#### 4.2. Surveillance mise en œuvre

En raison des risques identifiés, une surveillance de la station a été mise en œuvre avec :

- un système d'alerte en cas de débordement des bassins. Deux capteurs de surverse sont implantés dans les surverses des bassins, 25 cm au-dessus du niveau de surverse de chacun des bassins. En cas de détection d'un débordement, le système entraîne l'arrêt de la pompe ;
- deux piézomètres en crête des bassins (1 par bassin). Les piézomètres visent à évaluer la présence d'eau dans le talus, éventuellement en lien avec une perte d'étanchéité ;
- deux inclinomètres en crête des bassins (1 par bassin), afin de détecter les signes précurseurs d'une instabilité ;
- mesure de débits en entrée et en sortie de dispositif (débitmètre en sortie de pompe - Canal Venturi en sortie des lagunes) afin de détecter une éventuelle perte d'étanchéité des ouvrages. Ce suivi des débits est associé à un suivi météorologique afin d'exclure les apports (précipitations) et pertes (évaporation) liés aux conditions météorologiques;
- mesures extensométriques au niveau d'une crevasse identifiée en talus lors des terrassements.

#### 5. Conclusion

La station de traitement du puits Simon 5 est actuellement opérationnelle et permet de traiter les eaux minières avec un débit compris entre 60 et 450 m<sup>3</sup>/h, tout en rejetant les eaux vers le milieu naturel avec une qualité conforme à l'arrêté préfectoral de l'installation.

Les aléas rencontrés ont entraîné un retard de travaux de 1 mois uniquement permettant une mise en exploitation dans le délai imparti.

Sur ce même schéma, une nouvelle station de traitement est en cours de construction sur le site du puits Vouters à Freyming-Merlebach (57).

#### Références bibliographiques

CESAME pour Charbonnages de France (2004) Dossiers techniques des installations hydrauliques au sens de l'article 92 du code minier - Annexe 2 - Scénario de gestion de l'eau après l'arrêt de l'exhaure minière des secteurs CENTRE et EST (en cas de morcellement de l'aquifère minier) - Bassin minier de LORRAINE.

Préfecture de la Moselle (2009), Arrêté Préfectoral n° 2009 -DEDD 14-3 prescrivant des mesures de police des mines portant sur les modalités d'exploitation de la station de pompage et de traitement des eaux minières de LA HOUVE, sise à Creutzwald, relevant de l'article 92, 2ème alinéa du Code minier.

Guillermin A.L., Ouvry J.F. Maîtrise d'œuvre pour la réalisation d'une station de traitement passif des eaux de résurgence minière sur le site de Simon 5 (57600 Forbach) – Etudes de Projet Rapport Antea Group A 62878/C (2011).

Norme britannique BS8006 (1995)« Code of practice for "Strengthened/reinforcement soils and other fills" ».

Guide de recommandations Allemandes « Recommendations for Design and Analysis of Earth Structures using Geosynthetic Reinforcements – EBGEO ».

Méthode RAFAEL initialement développée pour dimensionner les renfortements des couches techniques des voies ferrées construites sur des vides potentiels.