

## Les terrils salés du bassin potassique alsacien : évolution et devenir d'ouvrages étanchés par géomembrane

En Alsace, si les mines de potasse ont cessé leur exploitation, la présence des terrils salés issus de l'accumulation des résidus de l'extraction du minerai témoigne de leur impact sur l'environnement. Même si des travaux d'étanchéité par géomembrane ont été entrepris pour éviter la contamination de la nappe phréatique, ces ouvrages nécessitent encore un suivi et des diagnostics réguliers, notamment pour tester les matériaux mis en place après plusieurs années d'utilisation. En effet, les terrils salés ne peuvent supporter la moindre infiltration sans perturber l'ensemble de leur fonctionnement. Aussi, une réflexion technico-économique est menée ici pour envisager différentes solutions de traitement à long terme et aider à une meilleure gestion de ces terrils.

### La création des terrils salés

Entre 1910 et 2002, les Mines de Potasse d'Alsace (MDPA) ont exploité un gisement de potasse d'une superficie de 222 km<sup>2</sup> pour une profondeur allant de 400 m à 1 100 m. Elles ont extrait du sous-sol alsacien 567 millions de tonnes de minerai. Ce minerai, la sylvinite, se compose d'environ 25 % de chlorure de potassium (KCl), 60 % de chlorure de sodium (NaCl) et 15 % d'« insolubles ». Ces « insolubles » sont eux-mêmes formés d'un mélange d'une fraction friable et peu dense constituée d'argiles et d'une fraction dure et dense constituée d'anhydrite (sulfate de calcium) et de dolomie (carbonates de calcium et de magnésium) (MDPA, 2007).

Le chlorure de potassium est pratiquement le seul constituant de valeur marchande ; les autres éléments, le chlorure de sodium et les insolubles, qui représentent donc plus de 70 % du minerai extrait, constituent des déchets, à l'exception d'une faible proportion de NaCl vendu pour le déneigement des routes.

Au début de l'exploitation de la potasse, une partie de ces déchets a été stockée à la surface du sol pour former les terrils. Les autres destinations ont été, selon les époques, le fond de la mine en remblayage, le réseau hydrographique alsacien et le Rhin.

À partir de 1933, la majeure partie des insolubles est mise aux terrils alors que le sel est acheminé au Rhin.

Au total, quinze terrils ont été érigés. Ces terrils, qui ont été déposés à même le sol, ont généré une pollution saline de la nappe phréatique. En effet, le lessivage des résidus salés par les eaux de pluie a produit des eaux fortement chargées en sel. Les terrils ayant été édifiés sans aucune protection du sol, ces eaux ont donc pu s'infiltrer dans la nappe phréatique.

Dans le but d'éviter la propagation de cette pollution, les MDPA ont mis en place un réseau de pompages de dépollution et se sont attaquées à sa source : les terrils.

Ils ont utilisé deux méthodes de traitement : la dissolution accélérée et l'étanchement-végétalisation.

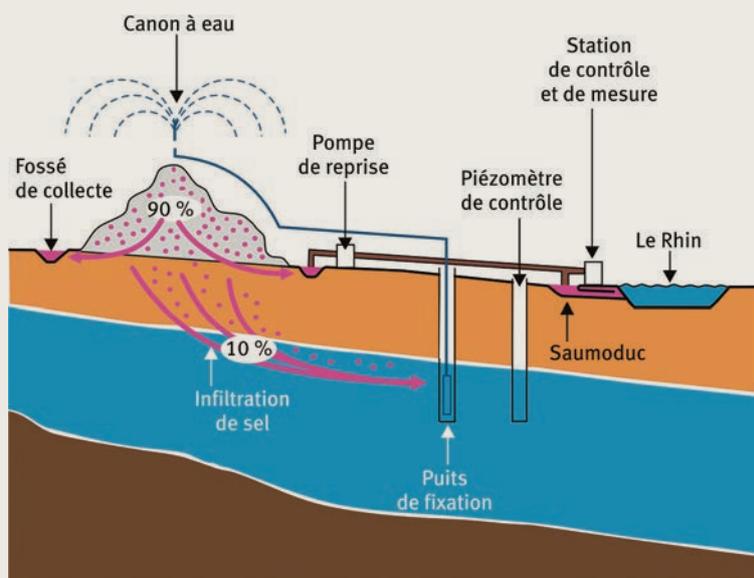
**La dissolution accélérée** (figure 1 et photo 1) consiste à accélérer le phénomène naturel de dissolution et d'infiltration dû aux pluies, moyennant un arrosage intensif du terril par des eaux prélevées dans la nappe à proximité de celui-ci, l'objectif final étant de supprimer définitivement la source de pollution (Zurbach, 1998).

Cette méthode a été appliquée à huit terrils qui, une fois le traitement terminé, ont été vendus.



① Traitement d'un terril salé des Mines de Potasse d'Alsace par dissolution accélérée (MDPA, 2007).

① Traitement type d'un terril salé des Mines de Potasse d'Alsace par dissolution accélérée (MDPA, 2013).



② Remodelage et pose de la geomembrane sur un terril salé (MDPA, 2007).



L'**étanchement-végétalisation** consiste à isoler le terril des précipitations, en le recouvrant d'un revêtement étanche (photos ② et ③). Elle a été appliquée sur cinq terrils qui ont été définis selon leur teneur en sel et leur situation géographique (à proximité d'habitations ou site touristique).

Deux types de couvertures étanches ont été utilisés par les MDPAs : les géomembranes bitumineuses et de l'argile. Les travaux ont été réalisés entre 1998 et 2004 (MDPA, 2007 – figure ②).

Dans le cadre de l'arrêt définitif des travaux miniers et comme le prévoit le code minier, notamment l'article L174-2, les cinq terrils étanchés ont été transférés à l'État au 1<sup>er</sup> septembre 2011. Depuis cette date, le Département de prévention et sécurité minière (DPSM) du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) en assure la gestion et la surveillance dans le cadre de sa mission « après-mine » confiée par l'État.

③ Vue aérienne d'un terril après étanchement-végétalisation (MDPA, 2007).





④ Poche de dissolution sur un terril.

© MDPA

### L'évolution des terrils étanchés dans le temps

Lors de la surveillance de ces ouvrages, des désordres (affaissements, effondrements, glissements) sont très vite apparus. Ce type de désordres apparaît régulièrement sur chaque terril depuis leur étanchement. Les travaux liés à ces désordres ont coûté, entre 2004 et 2012, 2,2 millions d'euros dont la moitié concerne les quatre terrils étanchés par géomembrane bitumineuse.

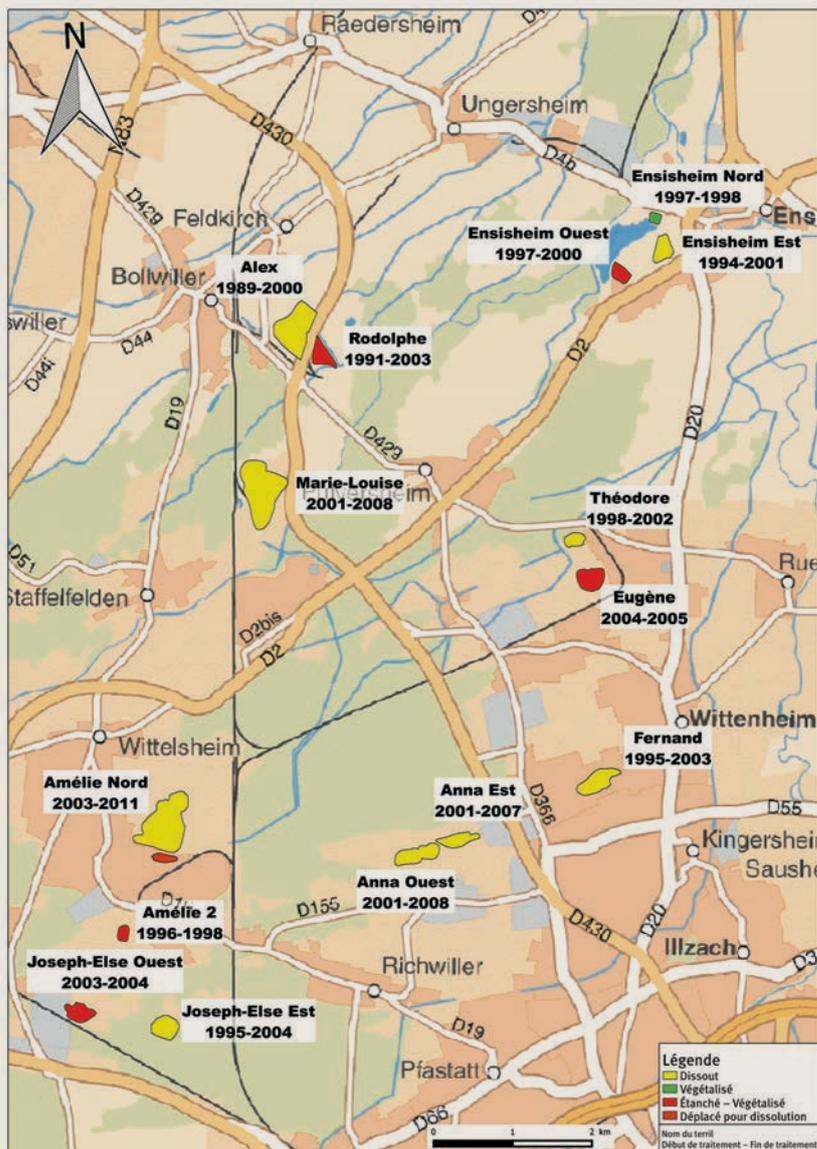
Afin de réduire ces coûts de réparation annuelle, une réflexion technico-économique est menée permettant de définir l'origine des désordres et de proposer des solutions de traitement à long terme (photo ④). Tout d'abord, un diagnostic des ouvrages a été réalisé avec l'assistance d'Antea Group, puis des solutions techniques chiffrées ont été proposées.

### Le diagnostic de l'étanchéité des terrils en géomembrane

Le diagnostic des terrils étanchés par géomembrane a été basé sur des expertises visuelles, des fouilles à la pelle, des prélèvements de la géomembrane bitumineuse et la réalisation d'essais au plateau de recherche technologique d'Isrtea.

Lors de l'ouverture du terril pendant des fouilles, le complexe en géosynthétique (géomembrane bitumineuse 4 mm) est apparu conservé et sans défaut apparent (photo ⑤). Ceci a été confirmé lors des essais en laboratoire (AFNOR, normes EN 1849-1, EN 12311-1 et EN 14150), où les géomembranes, posées depuis neuf à quinze ans, ont montré une épaisseur, une masse et une résistance conforme à leurs fiches techniques d'origine. Les résultats de la mesure du flux, et donc de leur caractère imperméable, étaient là aussi proches ou conformes à la norme.

② Bilan des Terrils du bassin potassique (MDPA, 2007).



⑤ Ouverture des terrils lors des fouilles (Antea Group, 2012).



© Antea Group

Les défauts des terrils ont plutôt été attribués :

- à des défauts ponctuels du drainage (drain écrasé, non jointif avec le reste du réseau de collecte);
- à la présence d'ouvrages non adaptés, notamment des fossés béton indéformables ne supportant pas les éventuels déformations et tassements du terril;
- à une pose non conventionnelle des géomembranes en talus : géomembranes posées en palier avec intercalation de matériaux salés issus du terril.

Ces défauts sont de faible importance, mais dans le cas d'un terril salé, la moindre infiltration d'eaux pluviales entraîne une dissolution et donc une déformation du terril perturbant l'ensemble du réseau de collecte (désordres en cascade).

### Les solutions envisagées pour la réhabilitation des terrils dans le temps

Suivant l'état propre à chaque terril et ses enjeux (présence d'habitations, projet municipal, désordres importants, etc.), différentes solutions sont envisagées. Ces solutions présentent différentes échelles de temps et des coûts très variables, dont l'évolution dans le temps est schématisée sur le graphique de la figure 3.

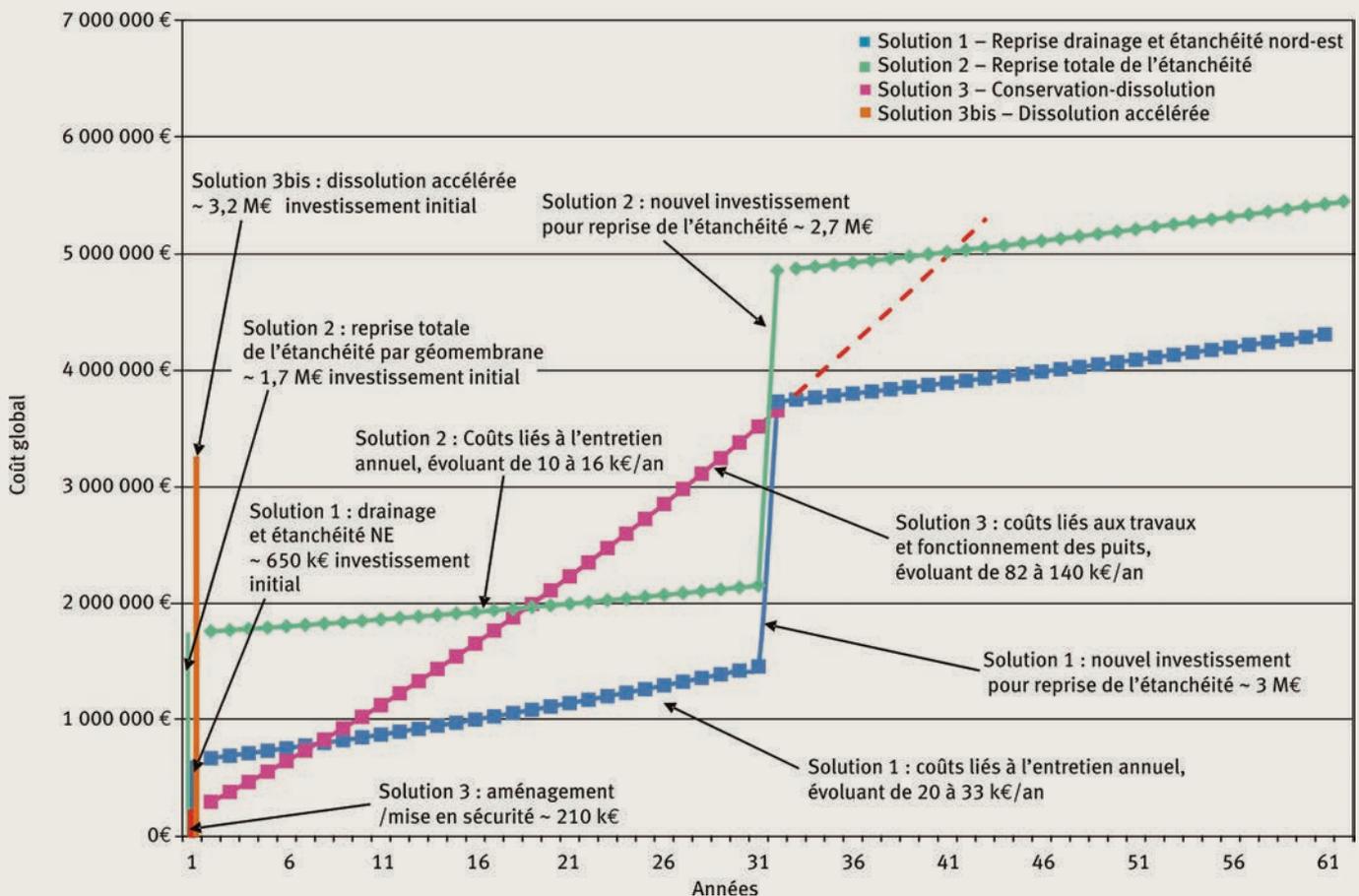
### Reprise partielle ou totale du drainage (solution 1)

Sur les terrils à faibles désordres, il peut être envisagé de reprendre le système de drainage par un remplacement des drains et/ou le remplacement des fossés béton par des fossés en géomembrane plus déformables. Ces travaux sont de faible coût mais ne suppriment pas le risque de présence de poches de dissolution non détectées jusqu'alors. Ces poches de dissolution induiront des travaux d'entretien annuel coûteux, puis à long terme à une reprise totale de l'étanchéité.

### Reprise totale ou partielle de l'étanchéité en géomembrane (solution 2)

Une reprise de l'étanchéité en talus peut être envisagée sur les terrils dont le défaut de pose en talus perturbe l'ensemble de la structure. Afin de poser une nouvelle étanchéité le long des rampants, l'étanchéité initiale doit être retirée et les talus doivent être remodelés pour créer des risbermes (pour ancrage et drainage intermédiaire). De même que pour la première solution, des poches de dissolution peuvent ne pas avoir été détectées et produiront des désordres ultérieurs.

3 Exemple de coûts pour un terril.



▶ La reprise totale de l'étanchéité n'est pour l'instant pas envisagée en raison du bon état conservé des géomembranes, la pose étant relativement récente (1998 à 2004). Néanmoins, à très long terme (plus de trente ans), les géomembranes bitumeuses perdront leurs propriétés étanches alors que les matériaux salés n'auront pas évolué (contrairement à des déchets type ordures ménagères, par exemple). Une reprise totale de l'étanchéité sera alors inéluctable.

### Dissolution naturelle par action des précipitations (solution 3)

Cette solution est envisagée pour un traitement définitif, qui peut notamment être justifié par le caractère non évolutif de ces déchets. Cette solution serait basée sur un retrait de l'étanchéité, une action naturelle des eaux de pluie accompagnée du fonctionnement de puits de pompage pour ne pas impacter la nappe, ainsi que de travaux de terrassement réguliers pour assurer la stabilité globale du terril.

La durée d'une telle dissolution est néanmoins difficilement quantifiable et les coûts de fonctionnement dans le temps (puits de pompage notamment) peuvent alourdir le budget.

### Dissolution accélérée (solution 3bis)

Cette dernière solution est envisagée pour un traitement immédiat et définitif, sur le modèle des opérations préalablement réalisées par les MDPa. De même que pour la solution précédente, l'étanchéité est retirée et l'impact de la dissolution sur la nappe est maîtrisé par des puits de pompage. La différence réside dans la gestion du temps : afin d'accélérer le processus, un arrosage est maintenu.

La figure ⑤ reprend ces différentes solutions appliquées sur l'un des terrils, ainsi que l'évolution de leurs budgets dans le temps, avec application de l'évolution des prix (prix TP01 des travaux généraux).

### Conclusion

Les désordres observés sur les terrils présentent plusieurs causes, dont notamment le choix du drainage et le choix de la technique de pose de la géomembrane en talus. Le stockage de matériaux salés implique en effet la présence d'une étanchéité totale puisque la moindre infiltration perturbe l'ensemble de l'intégrité du terril.

Plusieurs solutions de traitement sont envisagées. La réflexion est fonction des caractéristiques du terril (géométrie, nature et état de l'étanchéité en place...) et de ses enjeux mais se doit d'être également adapté au long terme, en raison notamment du caractère non évolutif des matériaux stockés (pas de perte dans le temps des caractéristiques « polluants » des matériaux). Cette approche technico-économique, basée sur des résultats scientifiques, vise à être un outil d'aide à la décision pour les autorités en charge du dossier. ■

### EN SAVOIR PLUS...

- 📖 **AFNOR**, norme EN 1849-1, Feuilles souples d'étanchéité – Détermination de l'épaisseur et de la masse surfacique.
- 📖 **AFNOR**, norme EN 12311-1, Feuilles souples d'étanchéité – Détermination des propriétés en traction et traction unidirectionnelle.
- 📖 **AFNOR**, norme EN 14150, Géomembranes – Détermination de la perméabilité aux liquides.
- 📖 **ZURBACH, R.**, 1998, Les mines de potasse d'Alsace et la nappe phréatique, *Chronique de la Recherche Minière*, n° 533, p. 43-49.
- 📖 **MINES DE POTASSE D'ALSACE, MDPa**, 2007, Mémoire d'arrêt des travaux miniers des concessions : Marie, Marie-Louise, Marie-Louise I, Alex Ouest, Rodolphe Ouest, Alex X, Rodolphe IX, Rodolphe X, Rodolphe XI.

### Les auteurs

#### Régis FISCHER

Bureau de recherches géologiques et minières  
Direction risques et prévention  
Département Prévention et Sécurité Minière  
Unité Territoriale Après-Mine (UTAM) Est  
2 avenue de la Moselle  
57800 Freyming-Merlebach – France

✉ [r.fischer@brgm.fr](mailto:r.fischer@brgm.fr)

#### Cécile CLÉMENT, Thierry PIRRION et Jean-Frédéric OUVRY

Antea Group  
Zac du Moulin – 803 bd Duhamel du Monceau  
CS 30602 – 45166 Olivet Cedex – France

✉ [cecile.clement@anteagroup.com](mailto:cecile.clement@anteagroup.com)

✉ [thierry.pirron@anteagroup.com](mailto:thierry.pirron@anteagroup.com)

✉ [jean-frederic.ouvry@anteagroup.com](mailto:jean-frederic.ouvry@anteagroup.com)

#### Nathalie TOUZE-FOLTZ

Irstea  
UR HBAN – Hydrosystèmes et bioprocédés  
1 rue Pierre-Gilles de Gennes  
CS 10030 – 92761 Antony Cedex – France

✉ [nathalie.touze@irstea.fr](mailto:nathalie.touze@irstea.fr)



*En Alsace, opération d'étanchéité par géomembrane bitumineuse sur un terril salé issu des travaux d'extraction de la potasse, afin d'éviter l'infiltration du sel dans la nappe phréatique.*