

DIAGNOSTIC DE L'ÉTANCHÉITÉ PAR GÉOMEMBRANE BITUMINEUSE DES TERRILS SALES DU BASSIN POTASSIQUE ALSACIEN

DIAGNOSIS OF THE WATERPROOFNESS BY BITUMINOUS GEOSYNTHETIC BARRIER OF THE WASTE HEAPS IN THE ALSATIAN POTASH FIELD.

Régis FISCHER¹, Cécile CLÉMENT², Thierry PIRRION², Jean-Frédéric OUVRY², Nathalie TOUZE-FOLTZ³

¹ BRGM-DRP-DPSM-UTAM Est, Freyming-Merlebach, France

² Antea Group, France

³ Irstea, Antony, France

RÉSUMÉ – Quatre terrils issus des travaux d'extraction de la potasse en Alsace ont été étanchés par géomembrane bitumineuse dans le but d'éviter l'infiltration du sel qu'ils contiennent dans la nappe phréatique. Cependant des affaissements, liés à la dissolution du sel par infiltration d'eau, apparaissent régulièrement en surface. D'importants travaux sont menés annuellement pour garantir leur étanchéité. Un diagnostic des quatre ouvrages a été réalisé permettant ainsi d'analyser les systèmes de drainage, les techniques de pose des géomembranes et de tester leurs caractéristiques après plusieurs années d'utilisation. Les essais en laboratoire ont mis en évidence des caractéristiques mécaniques et hydrauliques conservées, avec néanmoins un phénomène de durcissement du matériau dans le temps. Mots-clés : Terril, géomembrane bitumineuse, diagnostic, durabilité.

ABSTRACT – Four waste heaps stemming from the potash extraction in Alsace, were sealed with the aim of avoiding the infiltration of the salt, which they contain, in the groundwater. However, due to salt dissolution caused by water infiltration, collapses appears regularly at their surface. Important works are annually performed to guarantee their waterproofness. So, a diagnosis has been made to analyze the drainage systems, the geosynthetic installation and characteristics after a few years of use. This diagnosis highlights the conservation of hydraulic and mechanic characteristics of the bituminous geosynthetic with an age hardening phenomenon.

Keywords: Waste heap, bituminous geosynthetic, diagnosis, durability.

1. Introduction

Entre 1910 et 2002, les Mines de Potasse d'Alsace (MDPA) ont exploité un gisement de potasse d'une superficie de 222 km² pour une profondeur allant de 400 m à 1100 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).

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 15 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 pompes de dépollution et se sont attaquées à sa source : les terrils. Ils ont utilisés deux méthodes de traitement : la dissolution accélérée et l'étanchement-végétalisation.

La dissolution accélérée (Figure 1 et Figure 2) 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 du terril, le but final étant de supprimer définitivement la source de pollution. Cette méthode a été appliquée à dix terrils qui, une fois le traitement terminé, ont été vendus.

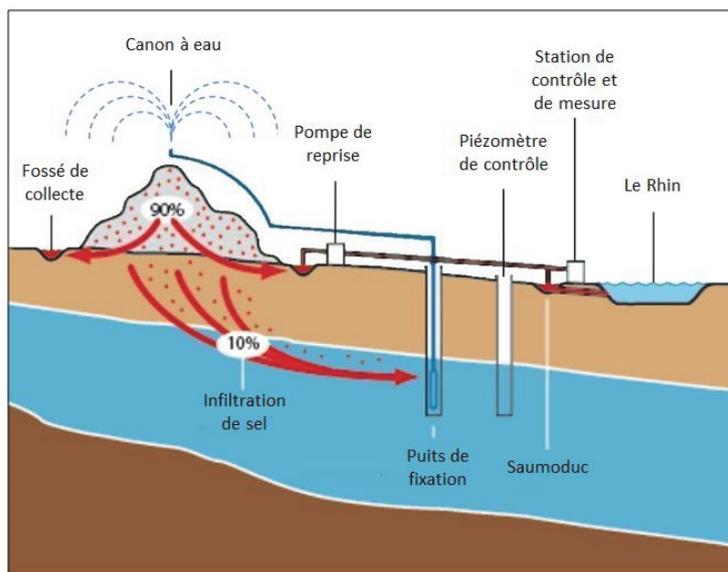


Figure 1. Traitement type d'un terril salé des Mines de Potasse d'Alsace par dissolution accélérée (MDPA, 2013)



Figure 2. Traitement d'un terril salé des Mines de Potasse d'Alsace par dissolution accélérée

L'étanchement-végétalisation (Figures 3 à 5) consiste à isoler le terril des précipitations, en le recouvrant d'un revêtement étanche. 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, 2010).



Figure 3. Remodelage et pose de la géomembrane sur un terriil salé (MDPA, 2010)

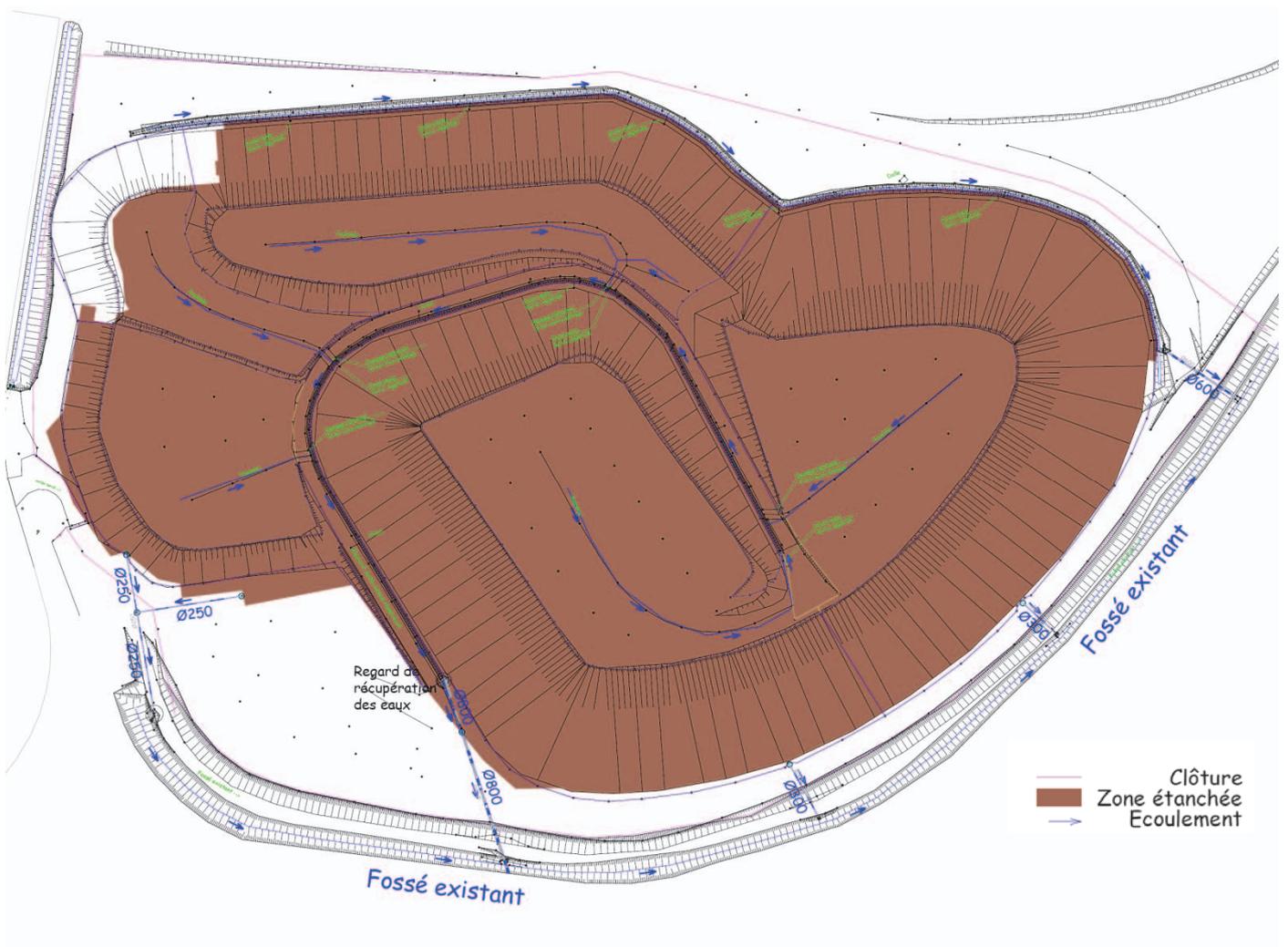


Figure 4. Plan général d'un terriil étanché par géomembrane



Figure 5. Vue aérienne d'un terril après étanchement-végétalisation

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^{er} 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'Etat.

Lors de la surveillance de ces ouvrages, des désordres (affaissement, effondrements, glissements) sont très vite apparus (Figures 6 et 7). En effet, ce type de désordres apparaissait régulièrement sur chaque terril depuis leur étanchement. Les travaux liés à ces désordres ont coûté, entre 2004 et 2012, 2,2 M €, dont la moitié concerne les quatre terrils étanchés par géomembrane bitumineuse, objets du présent article.



Figure 6. Glissement en talus



Figure 7. Poche de dissolution à l'interface avec le fossé béton

Afin de réduire ces coûts de réparation annuelle, le DPSM a missionné Antea Group pour réaliser une étude technico-économique permettant de définir l'origine des désordres et de proposer des solutions de traitement à long terme. Tout d'abord, un diagnostic des ouvrages a été réalisé (observation de terrain, sondages et essais de sol, prélèvements et essais sur géomembrane) puis des solutions techniques chiffrées ont été proposées.

2. Diagnostic des terrils étanchés par géomembrane

Le diagnostic des terrils étanchés par géomembrane a été basé sur :

- une expertise visuelle ;
- la réalisation de fouilles à la pelle et le prélèvement de la géomembrane bitumineuse ;
- la réalisation d'essais au plateau de recherche technologique de l'Irstea : essais de caractérisation et essais de perméabilité.

2.1. Caractéristiques générales de l'étanchéité des terrils

Les quatre terrils MDPA étanchés par géosynthétiques présentent les caractéristiques générales suivantes, notamment déduites des fouilles à la pelle :

- *Au niveau des dômes*, la couverture est constituée de (de haut en bas – Figure 8) :
 - un recouvrement en terre végétale à graviers compris entre 25 cm et 80 cm ;
 - un géotextile non-tissé de type anti-poinçonnant ou un géocomposite de drainage ;
 - une géomembrane bitumineuse 4 mm (bitume élastomère ou bitume oxydé) ;
 - un géotextile non-tissé de type anti-poinçonnant.

2 terrils sur 4 ne présentent pas de géotextile de part et d'autre de la géomembrane.

Les dômes présentent des pentes vers des drains placés dans la terre végétale au niveau des fils d'eau centraux des plateformes (Figure 4). Ces drains se rejettent dans des fossés béton placés le long des pistes.

- *Au niveau des talus*, l'étanchéité est assurée par des lés de géomembrane, disposés en palier, et séparés par 1,3 à 2 m de remblais (Figures 3 et 9).
Sur l'un des terrils, des drains sont placés à l'extrémité des géomembranes des talus, puis raccordés en T par des drains placés dans le sens de la pente.



Figure 8. Vue sur les fouilles réalisées sur les dômes.

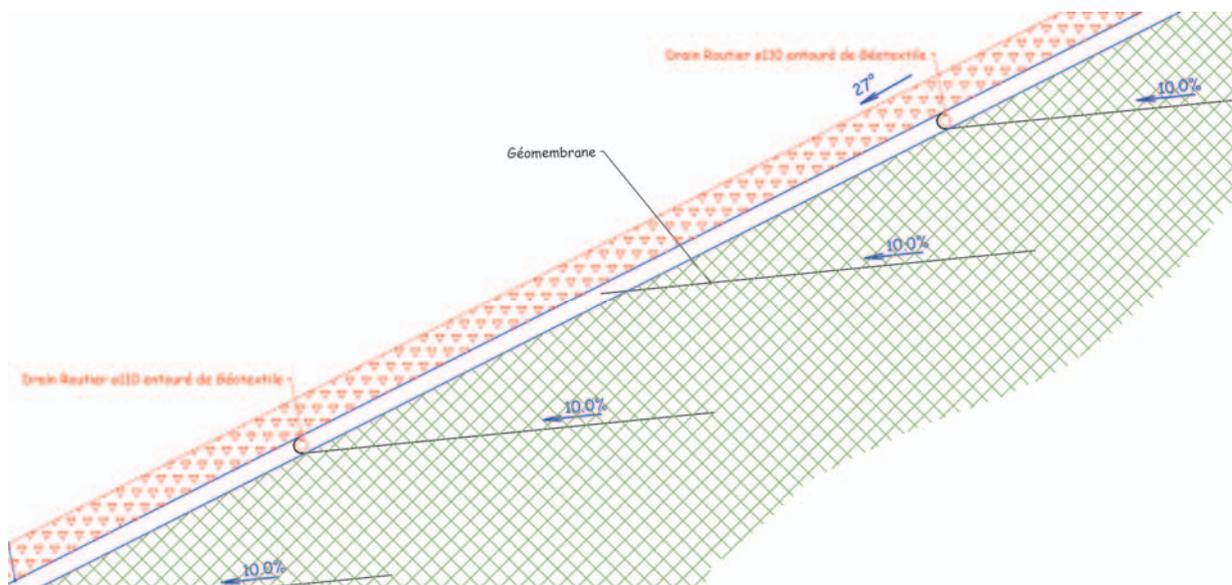


Figure 9. Coupe schématique au niveau des talus

Les fouilles n'ont pas mis en évidence de défauts propres à la géomembrane : pas de perforation, pas de déchirures, pas de soudures défectueuses.

2.2. Essais en laboratoire

Les essais suivants ont été réalisés sur les échantillons prélevés de géomembranes bitumineuses 4 mm au plateau de recherches géosynthétiques de l'Irstea :

- essais de caractérisation : mesure d'épaisseur (EN 1849-1), masse surfacique (EN 1849-1), et traction unidirectionnelle (EN 12311-1) ;
- essais de perméabilité (EN 14150).

Les résultats sur les géomembranes sont synthétisés sur le tableau 1.

Tableau 1. Résultats des essais au laboratoire / comparaison avec la fiche technique du produit

	Géomembrane en bitume élastomère Posé en 2004	Géomembrane en bitume élastomère Posé en 2003	Géomembrane en bitume élastomère Coletanche ES2 Posé en 2002	Géomembrane en bitume élastomère Posé en 1998
Épaisseur moyenne	4,2 à 4,4 > 3,9 mm	4,0 à 4,2 > 3,8 mm	3,5 à 3,7 > 3,5 mm	3,8 = 3,8 mm
Masse surfacique moyenne	5 000 à 5 140 > 4 490 g/m ²	4 600 > 4 400 g/m ²	3 900 à 4 020 > 3 900 g/m ²	4 360 à 4 380 > 4 070 g/m ²
Résistance à la force maximum	26-29 > 21 kN/m	28-33 > 24 kN/m ;	24-28 > 24 kN/m	25-32 > 18 kN/m
Déformation	50 – 54 > 32 %	44 – 55 ~ 55 %	25 – 41 < 55 %	45 – 55 < 50 %
Flux moyen /norme	2,2.10 ⁻⁵ > 1.10 ⁻⁵ m ³ /m ² /j	1,8.10 ⁻⁷ à 1,7. 10 ⁻⁶ < 1.10 ⁻⁵ m ³ /m ² /j.	10 ⁻⁵ à 10 ⁻⁴ > 1. 10 ⁻⁵ m ³ /m ² /j	-

De manière générale, ces essais, réalisés en 2013 sur des géomembranes posées depuis 9 à 15 ans, révèlent un phénomène de durcissement du matériau dans le temps :

- les épaisseurs et masses surfaciques sont supérieures aux fiches techniques des produits (fiches d'origine) ;
- les résistances et déformations à la traction sont supérieures à celles annoncées par les fournisseurs, en lien avec le phénomène de durcissement du matériau dans le temps ;
- les flux moyens mesurés sont supérieurs ou conformes à la norme.

2.1. Hypothèses sur les causes des désordres

Les fouilles à la pelle et les essais en laboratoire n'ont pas révélé de défaillances propres aux géomembrane. Les désordres pourraient être dus aux anomalies suivantes, entraînant l'infiltration d'eau dans les terrils :

- l'inefficacité du drainage en lien avec la topographie et/ou le tassement des terrils :
 - les fils d'eau au niveau des plateformes ne sont pas toujours respectés. Des points bas sont régulièrement observés (Figure 9), ce qui modifie l'écoulement des eaux de ruissellement et soulèvent des doutes quant à l'efficacité des drains placés dans les fils d'eau centraux des plateformes ;
 - les drains agricoles PVC sont peu protégés en sortie, ou sont parfois présent à l'affleurement de la terre végétale. Ces derniers peuvent donc être endommagés par les UV ou écrasés (Figure 10) ;
 - la présence de fossé en béton le long des pistes (Figure 10) : en raison des mouvements des terrils, ces fossés sont régulièrement fissurés-déjointoyés, ce qui favorise l'infiltration directe dans les terrils ;
- la technique de pose des géomembranes en talus (pose en palier/tuiles sans soudures) :
 - les remblais intercalés entre deux lés de géomembranes proviennent des terrils eux-mêmes (Figure 3). Ces remblais salés, exposés à la pluie, se dissolvent et provoquent des glissements de terrain. Ces glissements sont d'autant plus favorisés que les matériaux sont saturés d'eau en raison d'un drainage peu efficient et de l'impossibilité d'infiltrer (présence des géomembranes) ;
 - les pentes sont raides (27 degrés) et la présence de géomembranes ne favorise pas la tenue à la pente.

Ces défauts entraînent l'infiltration locale d'eaux pluviales qui, par dissolution des matériaux salés, perturbent l'ensemble de la topographie et donc l'ensemble du réseau de collecte des eaux (désordres en cascade).



Figure 10. Point bas en plateforme



Figure 11. Déficience de la collecte des eaux



Figure 12. Reprise d'un glissement en talus

3. Solutions envisagées pour la réhabilitation des terrils

Suivant l'état propre à chaque terril, les solutions suivantes sont envisagées :

- *Reprise partielle de l'étanchéité et du drainage* : sur les terrils à faibles désordres, il peut être envisagé de reprendre le système de drainage par un remplacement des drains PVC et/ou le remplacement des fossés en béton par des fossés en géomembrane. Cette solution implique néanmoins de rechercher, par méthode géophysique ou autre, les zones d'infiltration et de dissolution puis de réaliser le comblement de ces zones ;
- *Reprise totale de l'étanchéité en talus* : une telle reprise peut être envisagée sur les terrils dont les défauts d'étanchéité en talus perturbent 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 (ancrage et drainage intermédiaire). De même que pour la première solution, les poches de dissolution doivent être traitées après détection et le drainage doit être repris pour aboutir à une étanchéité continue ;
- *Dissolution naturelle accélérée* : Cette dernière 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 le principe suivant :
 - l'étanchéité est retirée et évacuée ;
 - le terril se dissout naturellement par action des précipitations. Des tuyaux d'arrosage peuvent être placés en différents points pour accélérer le processus. La plateforme supérieure du terril est modelée en entonnoir afin de favoriser l'infiltration dans le terril ;
 - des travaux de terrassement sont programmés régulièrement afin de modeler le terril dans les zones d'affaissement et assurer la stabilité globale du terril ;
 - suivant l'impact sur la nappe, un ou plusieurs puits de fixation sont implantés à l'aval hydraulique.

4. Conclusion

Le diagnostic de l'étanchéité, par géomembrane bitumineuse, des terrils salés du bassin potassique alsacien a mis en évidence une conservation correcte des géomembranes bitumineuses, 9 à 15 ans après leur pose. Un phénomène de durcissement a été quantifié au laboratoire.

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

Plusieurs solutions de traitement sont actuellement envisagées. La réflexion est fonction du terril et de ses enjeux mais se doit d'être également à long terme, en raison notamment du caractère non-évolutif des matériaux stockés (pas de perte dans le temps des caractéristiques « polluants » des matériaux).

5. Références bibliographiques

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.

Mines de Potasse d'Alsace (2010), Dossier de Transfert du Terril Eugène *ref. 101203*.

Mines de Potasse d'Alsace (2010), Dossier de Transfert du Terril Joseph-Else Ouest *ref. 101206*.

Mines de Potasse d'Alsace (2010), Dossier de Transfert du Terril Rodolphe *ref. 101206*.

Mines de Potasse d'Alsace (2010), Dossier de Transfert du Terril Amélie 2 *ref. 101216*.

