

# RÉHABILITATION D'UN DÉPÔT DE RÉSIDUS POLLUÉS PAR CONFINEMENT GÉOSYNTHÉTIQUE ET RÉDUCTION DES GAZ À EFFET DE SERRE

## REHABILITATION OF A DEPOSIT OF INDUSTRIAL WASTE BY GEOSYNTHETICS CONTAINMENT SYSTEM AND REDUCTION OF GREENHOUSE GAS EMISSION

François CARTAUD, Catherine JATTEAU  
EGIS Waste Management, Guyancourt, France

**RÉSUMÉ** – Le site industriel considéré contenait un important dépôt de résidus polluants, dont l'impact sur les eaux souterraines a été mis en évidence. Plusieurs scénarii ont été envisagés pour supprimer la source de pollution, en premier lieu l'évacuation des résidus vers une filière agréée (ISDND). Cependant, cette opération de déplacement nécessite un important transport par voie routière, source d'émissions de gaz à effet de serre. Un scénario alternatif a été retenu, plus respectueux de l'environnement : le confinement in-situ de la source, par création d'un casier préalablement étanché selon les techniques issues des installations de stockage de déchets.

Mots-clés : Résidus pollués, réhabilitation, stockage, confinement, géosynthétiques

**ABSTRACT** – The industrial site in question featured a large deposit of hazardous residues, with a proven impact on the underlying groundwater. A number of remediation scenarios were envisaged to treat the pollution source, the first of which was the excavation and removal of the residues to a controlled landfill. However, such an operation would have required significant road transport, with the associated greenhouse gas emissions. Hence, an alternative scenario, more respectful of the environment, was chosen: the in-situ containment of the source by the construction of a lined confinement cell, using techniques adapted from landfill engineering.

Keywords: hazardous residues, rehabilitation, containment, lining, geosynthetics.

### 1. Introduction

Ce site industriel de 10 hectares, situé dans la région Pays-de-la-Loire, existe depuis plusieurs décennies et a connu plusieurs propriétaires successifs, jusqu'à l'exploitant actuel. Il a produit, au fil du temps, d'importantes quantités de résidus et coproduits issus du process industriel, lequel ne sera pas détaillé ici. Ces résidus, de granulométrie variable, ont été mis en stock sommairement sur une parcelle voisine (d'une surface d'environ 4 hectares) sans dispositions particulières, après un simple décapage de terre végétale et de la frange d'altération surmontant l'horizon schisteux.

### 2. Les différents scénarii de dépollution envisagés – considérations environnementales

Lorsque la présomption d'impact produit par le lessivage des résidus sur les eaux souterraines a été avancée par des riverains, les services de la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) ont exigé le déclenchement de plusieurs démarches : la caractérisation immédiate des résidus et polluants et leur impact sur les eaux, la mise en place de campagnes de suivi de qualité des eaux souterraines, l'élaboration d'un plan de gestion.

Par l'application de la méthodologie désignée dans la Circulaire Ministérielle du 8 février 2007, intitulée « Sites et sols pollués – Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués », le premier schéma conceptuel élaboré en 2011 prévoyait le déblaiement de tous les résidus de la parcelle, leur chargement et leur évacuation vers l'ISDND la plus proche, distante d'une dizaine de kilomètres environ. Le volume conséquent de matériaux (de l'ordre de 30 000 mètres cubes), leur masse volumique importante (densité proche de 3) induisaient de facto un nombre de rotations important de poids-lourds. L'impact environnemental du transport routier est bien connu et les concepteurs sont maintenant très sensibles dans leurs approches au développement durable et à la lutte contre le réchauffement climatique par émission des gaz à effet de serre. Sans que l'impact Carbone n'ait été quantifié dans ce cas précis, le bilan des émissions engendrées par le transport routier par comparaison avec celui lié à une solution technique n'impliquant pas d'évacuation de matériaux ne laissait que peu de doutes sur le bien-fondé environnemental.

Il a ainsi été proposé à l'Industriel (Egis, 2012), comme à l'Inspection des Installations Classées, un scénario alternatif pour lequel les matériaux ne seraient pas évacués, mais gérés de manière à ce que le vecteur de diffusion des polluants vers l'environnement soit supprimé, par isolement de la source, solution jugée recevable et suffisante par la DREAL au regard des enjeux environnementaux.

Plusieurs possibilités techniques s'offrent pour réduire une source de pollution : stabiliser les polluants présents pour empêcher leurs voies de migration (lixiviation, poussières) vers les milieux récepteurs, capter ou piéger les polluants lors de leur migration (mécaniquement, chimiquement), confiner les polluants. Ces techniques n'étant bien entendu pas toutes applicables à chaque cas d'étude.

Le site industriel considéré disposait de plusieurs facteurs qui ont incité le concepteur à retenir la solution technique du confinement :

- une surface assez importante ;
- peu de contraintes interdisant des travaux qui impliquent l'ensemble des emprises de la parcelle ;
- une topographie favorable ;
- des ressources en matériaux géologiques sains, pouvant être réemployés.

Par ailleurs, d'autres avantages étaient présentés par cette alternative technique :

- la relativement faible maintenance requise ;
- un bon degré de prédictibilité des coûts d'opération.

Enfin, le concepteur a choisi d'adopter un niveau de sécurité important sur l'efficacité du confinement par transposition des techniques employées en ISDND, argument jugé tout à fait recevable par l'Inspection des Installations Classées en charge de l'instruction du dossier. Rappelons par ailleurs que l'utilisation de géosynthétiques dans la gestion et la dépollution des sites a déjà été employée (Gisbert, 2009) tout comme dans les applications minières à enjeux environnementaux (Touze-Foltz et Lupo, 2009).

### **3. Application des techniques de confinement d'ISDND à la création du casier de réception des résidus industriels**

La phase de conception, menée en 2012, a retenu les dispositions techniques de confinement – et de drainage des lixiviats - directement issues de l'application de l'Arrêté Ministériel du 9 septembre 1997 relatif aux installations de stockage de déchets ménagers et assimilés, modifié le 19 janvier 2006.

Le confinement en fond et flancs du casier est ainsi assuré par la mise en œuvre des dispositifs suivants :

- barrière d'étanchéité passive reconstituée par traitement à la bentonite des matériaux géologiques en place (limons d'altération du socle schisteux classés A2-h) sur une épaisseur de 0,5 m, pour obtention d'un coefficient de conductivité hydraulique  $K \leq 10^{-9}$  m/s ;
- renforcement par géosynthétique bentonitique dosé à 5kg/m<sup>2</sup> (masse surfacique de bentonite sèche) de coefficient de conductivité hydraulique  $K \leq 10^{-11}$  m/s<sup>1</sup> (sur fond et flancs) ;
- remontées latérales sur flancs de casier (h=2,0m au-dessus du niveau de la barrière passive de fond), épaisseur de 0,5m, au moyen des mêmes matériaux traités ;
- barrière d'étanchéité active composée (de bas en haut) d'une géomembrane PEHD 2,0mm certifiée ASQUAL, d'un géotextile de protection non-tissé aiguilleté de masse surfacique 600 g/m<sup>2</sup> certifié ASQUAL puis d'un massif drainant (matériaux granulaires 20/40 mm) sur 0,5m d'épaisseur parcouru de drains en polyéthylène haute densité (PEHD) de diamètre nominal (DN) 0,11m.

On notera qu'une solution d'équivalence a été retenue, en appliquant les dispositions du « Guide de recommandation pour l'évaluation de l'équivalence en étanchéité passive d'ISD – version 2 – Février 2009 » édité par le MEEDDAT, ainsi que les dernières prescriptions du BRGM (Guyonnet et al., 2009). Toutefois, l'industriel n'a pas souhaité appliquer le principe d'équivalence hydraulique en drainage du niveau perméable, qui aurait pu encore améliorer le bilan carbone de l'opération, comme l'ont mis en évidence Fourmont et Durkeim (2011).

La structure de couverture finale recouvrant les résidus mis en place dans le casier a été conçue de manière à isoler la source d'une part (fonction de confinement) et à évacuer les eaux météoriques d'autre part (fonction drainage), de manière à empêcher la lixiviation des polluants. Par ailleurs, cette structure devait permettre le développement ultérieur d'une végétation couvrante permettant l'intégration visuelle du site réhabilité dans son environnement (prairies et pâturages).

La conception a retenu, toujours en raison de la disponibilité de matériaux sains dans les emprises du site, une structure de couverture composée des éléments suivants :

- couche de confinement par limons argileux compactés sur une épaisseur de 0,4m, pour obtention d'un coefficient de conductivité hydraulique  $K \leq 10^{-6}$  m/s ;

- niveau de terre végétale permettant le développement rapide d'espèces herbacées, après ensemencement mécanisé. L'horizon de terre végétale appliqué est d'une épaisseur de 0,3m.

Ces dispositions techniques, transposées des aménagements mis en œuvre en ISDND, ont été validées par l'Inspection des Installations Classées, qui a jugé qu'elles apportaient un degré de sécurité suffisant pour la réhabilitation de ce site industriel. L'Arrêté a donc repris ces préconisations techniques.

#### 4. Les travaux de réhabilitation

Les travaux ont été conduits par le concepteur, dans son rôle de conception-réalisation, sous la forme d'opération « clé en main » auprès de l'industriel. Deux contrats de sous-traitance ont été passés avec les entreprises, l'une de terrassement disposant d'un savoir-faire en construction d'alvéoles en ISDND, l'autre d'application d'étanchéité. Le chantier débuta mi-avril 2014, pour une durée six mois.

##### 4.1. Travaux de construction du casier

Les emprises du casier de confinement à construire étaient partiellement occupées par des stocks de résidus industriels, nécessitant un déplacement préalable des matériaux. Ces stocks ont donc été mis en dépôt provisoire sur la zone Sud-Ouest du site, en surépaisseur des résidus en place dans ce qui était dénommé l'« alvéole Ouest » (Figure 1).



Figure 1. Terrassement du casier (cliché de gauche) après déplacement des stocks de résidus sur l'alvéole « Ouest » (cliché de droite)

Une fois l'arase de terrassement et la digue périmétrique du casier réalisés, la barrière passive a été mise en place (Figure 2), en appliquant un traitement à la bentonite de l'ordre de 1,5 %. La perméabilité mesurée en barrière de fond et sur remontées latérales par le bureau de contrôle extérieur est située dans une gamme de valeur de  $9.10^{-11}$  m/s à  $4.10^{-10}$  m/s, respectant ainsi le critère défini par l'Arrêté Préfectoral.

Une fois la réception prononcée au vu des résultats du contrôle extérieur (coefficient de perméabilité et épaisseur), le sous-traitant en charge de l'application des géosynthétiques est intervenu pour procéder à leur pose. La protection du D.E.G. a ensuite été appliquée, puis la mise en œuvre du niveau drainant en fond de casier, comme illustré sur la figure 3.



Figure 2. Mise en œuvre de la barrière passive reconstituée



Figure 3. Application de l'étanchéité par géosynthétique et du niveau drainant

#### **4.2. Déplacement des résidus pollués vers le casier**

Les résidus ont été repris de leur lieu de dépôt pour être stockés dans le casier préalablement aménagé. Durant l'opération de remplissage du casier, les lixiviats produits par l'essorage des résidus humides ont été collectés gravitairement vers une cuve étanche, via le réseau de drains-collecteurs PEHD DN 0,11m. La gestion ultérieure des lixiviats est réalisée par l'Industriel, par vidange régulière de cette cuve et envoi des effluents vers une filière de traitement agréée.

Lors de la mise en place des résidus dans le casier, un soin particulier a été apporté pour sélectionner les fractions les plus fines et les placer contre les flancs du casier, afin d'interdire tout contact du Dispositif d'Etanchéité par Géosynthétiques avec des blocs anguleux de forte granulométrie de nature à endommager mécaniquement les géosynthétiques. La figure 4 illustre le remplissage du casier lors du mouvement de matériaux.

Les talus et le dôme formés par les résidus (cubature d'environ 30 000 mètres cubes) ont été soigneusement lissés et modelés aux cotes et pentes de réaménagement, soit 3% transversalement pour garantir une évacuation des futures eaux météoriques (Figure 5).

#### **4.3. Application de la structure de couverture finale**

La dernière phase des travaux de réhabilitation a consisté à mettre en place le dispositif de couverture décrit au § 3. Les limons argileux classés A2-h disponibles sur site ont été mis en œuvre sur 0,4m en dôme comme en flancs (Figure 6), afin de constituer le niveau de confinement supérieur limitant le contact entre les résidus pollués et le milieu extérieur, les eaux pluviales, etc.



Figure 4. Déplacement des résidus vers le casier de confinement



Figure 5. Modelage et lissage des résidus selon le profil de réaménagement final

Le critère de perméabilité exigé par l'Arrêté Préfectoral a fait l'objet de mesures par le bureau de contrôle extérieur mandaté, tout comme l'épaisseur en tout point de la couverture a été vérifiée par des levés topographiques successifs. Après validation du respect des prescriptions réglementaires, le dispositif de couverture finale a reçu un niveau de terre végétale permettant le reverdissement du site réhabilité et son intégration paysagère dans l'environnement.

Pour finir, les eaux météoriques sont gérées par un réseau de fossés de collecte, en périphérie de la couverture, dirigeant les eaux vers un bassin étanche (par géomembrane PEHD 1,5 mm) d'un volume de 650 mètres cubes, dimensionné pour contenir un épisode pluvieux de fréquence de retour décennal.

La surveillance et l'entretien du site seront régulièrement assurés par l'industriel, selon le programme de suivi environnemental et la fréquence d'analyses définis par l'Arrêté Préfectoral. A cet effet, une piste périphérique en matériaux stabilisés a été installée en périphérie du casier de confinement, et autour du bassin des eaux pluviales.



Figure 6. Mise en œuvre de la couche de limons pour constitution de couverture finale

## 5. Conclusions

Les résidus pollués de ce site industriel ont été gérés par mise en confinement sur place. L'opération de réhabilitation des dépôts contaminés est originale du fait de la technique employée pour confiner la source, sans évacuation de matériaux du site. La particularité du projet réside dans la transposition quasi-littérale des méthodes – et de la réglementation - usuellement appliquées pour le stockage des déchets ménagers et assimilés. Cette approche a permis de s'affranchir des incertitudes inhérentes au traitement de la source de pollution, tout en apportant un bénéfice certain en termes d'émission de gaz à effet de serre, avec un déplacement des résidus réduit au minimum. Les bénéfices environnementaux sont nombreux et l'emploi des géosynthétiques apporte une garantie de performance et de durabilité des aménagements réalisés grâce au retour d'expérience dont l'ingénierie dispose après plusieurs décennies de pratique.

## 6. Références bibliographiques

- CFG, fascicule n°10, Recommandations générales pour la réalisation d'étanchéité par géomembrane, *fascicule téléchargeable sur le site internet [www.cfg.asso.fr](http://www.cfg.asso.fr)*
- CFG, fascicule n°11, Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques dans les centres de stockage de déchets, *fascicule téléchargeable sur le site internet [www.cfg.asso.fr](http://www.cfg.asso.fr)*
- CFG, fascicule n°12, Recommandations générales pour la réalisation d'étanchéité par géosynthétiques bentonitiques, *fascicule téléchargeable sur le site internet [www.cfg.asso.fr](http://www.cfg.asso.fr)*
- Egis (2012). Avant-Projet de confinement des résidus de (confidentiel), rapport Indice A1 du 19 avril 2012
- Fourmont S., Durkheim Y. (2011) Les géocomposites de drainage : un formidable potentiel d'économies d'émissions de gaz à effet de serre, *Rencontres Géosynthétiques 2011*, Tours, CFG, du 22 au 24 mars 2011
- Gisbert T. (2009). Utilisation des matériaux géosynthétiques dans la gestion et la dépollution des sites et sols pollués. *Rencontres Géosynthétiques 2009*, Nantes, CFG, du 1<sup>er</sup> au 3 avril 2009
- Guyonnet D., Bour O., Couradin A., Didier G., Eisenlohr L., Hebe I., Norotte V., Touze-Foltz N. (2009). Réactualisation du Guide sur l'équivalence en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets, *Rencontres Géosynthétiques 2009*. Nantes, CFG, 1<sup>er</sup> au 3 avril 2009
- Touze-Foltz N., Lupo J. (2009). Utilisation des géosynthétiques dans les applications minières, *Rencontres Géosynthétiques 2009*. Nantes, CFG, 1<sup>er</sup> au 3 avril 2009