

UTILISATION DES GÉOSYNTHÉTIQUES DANS LE CADRE DE LA RÉHABILITATION DU SITE DE LA COMBE DU SAUT (SALSIGNE)

USE OF GEOSYNTHETICS FOR THE REHABILITATION OF THE SITE "THE COMBE DU SAUT (SALSIGNE)"

Renaud BENCHET¹, Luc CHALOT², Benoît STEINER¹, Patrick JACQUEMIN³

¹ SIPLAST, Antony, France

² Entreprise Bec Frères, Saint-Georges-d'Orques, France

³ ADEME, Labège, France

RÉSUMÉ - Les « mines d'or de SALSIGNE » ont été exploitées pour l'extraction de ce précieux minerai depuis 1892. En 1999, la réhabilitation d'une partie du site commence. Elle se déroulera en plusieurs étapes successives jusqu'à fin 2006. L'étape de confinement des déchets et des sols pollués a été réalisée en deux phases. La première phase a consisté à confiner les déchets les plus pollués dans une alvéole dont l'étanchéité est assurée par une géomembrane en PEHD. La deuxième phase a permis d'isoler et de stabiliser les terres moins polluées en les recouvrant par une étanchéité en géomembrane bitumineuse élastomère SBS, cette dernière assurant également la couverture de l'alvéole.

Mots-clés : Confinement, Réhabilitation, Géomembrane, Bitume, Polyéthylène

ABSTRACT – The « goldmines of SALSIGNE » had been exploited for the extraction of this precious ore since 1892. The rehabilitation of part of the site started in 1999. It took several successive stages till the end of 2006. The stage of confinement of waste and polluted soil was accomplished in two stages. The first step consisted in confining the most polluted waste in an watertight alveolus with an HDPE geomembrane. The second step allowed to confine and to stabilize the less polluted lands by a SBS bituminous geomembrane. Such a geomembrane also ensures the coverage of the alveolus.

Keywords : Confinement, Rehabilitation, Geomembrane, Bitumen, Polyethylene

1. Introduction

Située au nord de Carcassonne et au sud de la Montagne Noire, l'usine d'exploitation de la Société des Mines et Produits Chimiques de Salsigne (S.M.P.C.S) fut installée au bord de la rivière Orbiel. L'exploitation minière du site remonte cependant à l'antiquité ; l'extraction de fer, de cuivre, de plomb et d'argent faisait de la région l'un des centres miniers les plus importants de la « Narbonnaise ».

Mais depuis la découverte de la présence d'or en 1892, 120 tonnes d'or ont été extraites ainsi qu'une quantité de 200 000 tonnes d'anhydride arsénieux issue du traitement de ce minerai.

En 1936, l'exploitation générait environ 1 600 kg d'or par an et l'effectif de la mine était de 1200 personnes. Entre 1940 et 1945, la « mine de Salsigne » devient le premier producteur mondial d'arsenic, seul remède à l'époque pour lutter contre le doryphore qui dévastait les plantations de pommes de terre.

La rentabilité financière de la mine est durant toute son histoire en dents de scie et nécessite de nombreuses restructurations. En 1992, le tribunal de commerce décide de scinder la société en 3 entités (figure 1) parmi lesquelles :

- la société des Mines d'Or de Salsigne (MOS) qui poursuit avec succès l'exploitation de la mine d'or jusqu'en 2004 ;
- la société S.N.C Lastours, dont l'objet fut le retraitement d'anciens tailings ;
- la société d'Exploitation Pyrométallurgique de Salsigne (S.E.P.S) qui reprend l'usine pyrométallurgique et dont l'objet est le retraitement des déchets industriels dont ceux accumulés sur le site. Malgré des subventions, la société déposera le bilan en 1996.

C'est en grande partie le site laissé par la S.M.P.C.S et la S.E.P.S qui a fait l'objet d'une réhabilitation par l'ADEME. La M.O.S a réalisé en parallèle le confinement des déchets stockés sur ses terrains et issus de sa production. En effet, les différents procédés d'affinage, de l'hydrométallurgie à la pyrométallurgie, qui se sont succédés pendant près d'un siècle, ont conduit à la production d'environ 15 millions de tonnes de déchets (tailings, scories, anhydride arsénieux,...).

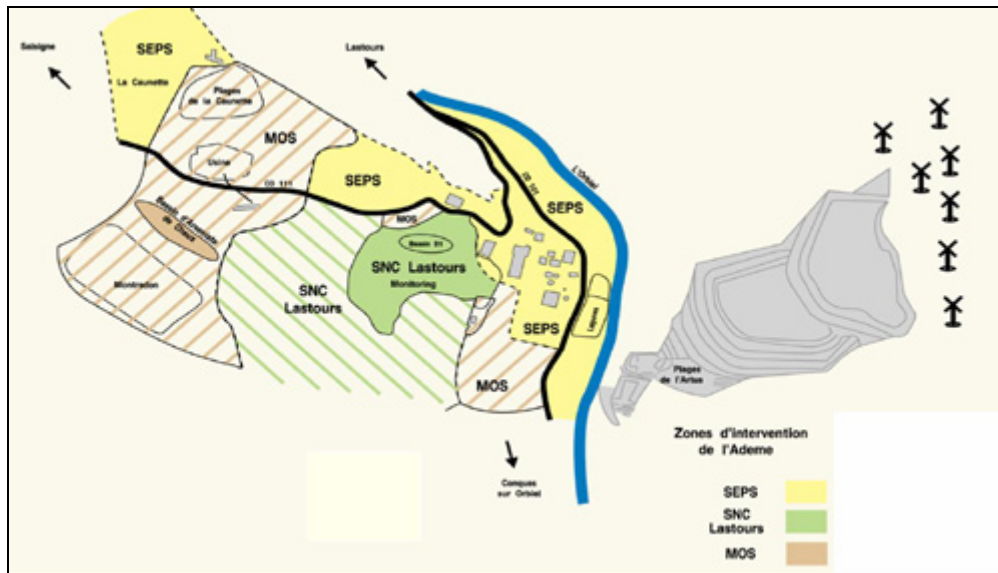


Figure 1. Découpage du site de La Combe du Saut en 1992

2. Problématique environnementale et sanitaire

Compte tenu de la présence d'arsenic, le site et la vallée ont fait l'objet de nombreux suivis. Le préfet a assez rapidement interdit la mise sur le marché d'une partie des légumes produits dans la zone alluviale. Des enquêtes épidémiologiques ont été réalisées à l'automne 1997 sur la population riveraine et le site fait l'objet encore aujourd'hui d'études à caractère sanitaire afin de préciser les risques résiduels pour la population. Apporter une réponse à cette question reste en effet difficile compte tenu du « bruit de fond » en arsenic assez élevé dans une grande partie des sols de la vallée.

3. Le projet de réhabilitation

En mars 1998, une mission d'inspection préconise un programme de réhabilitation sur 5 ans. A la suite d'une décision interministérielle, la maîtrise d'ouvrage des opérations de réhabilitation est confiée à l'ADEME (Figure 2). Le projet de réhabilitation vise à répondre à un double impératif environnemental et sanitaire.

L'intégration dans l'environnement du site de La Combe du Saut par végétalisation passe par la limitation des transferts d'arsenic présent dans les sols (100 g As/ kg de sol) par l'eau et par les poussières, sachant qu'un préalable a été le démantèlement et le confinement des bâtiments et installations industrielles, dont le taux de pollution ne permettait pas d'envisager la réutilisation.

La réhabilitation du site s'est effectuée dans un souci constant d'assurer la sécurité et la santé du personnel travaillant dans des conditions très difficiles (gants, masques, combinaisons, arrosage afin de limiter la dispersion des poussières polluées, etc.).

Depuis 2000, la réhabilitation s'est déroulée selon les étapes présentées dans les paragraphes suivants.

3.1 L'évacuation des déchets présents dans les infrastructures

Cette phase, préalable à la démolition des infrastructures industrielles du site, s'est déroulée de septembre 2000 à mars 2001. Elle visait à conditionner les déchets éparpillés dans l'ensemble des bâtiments en vue de leur traitement dans des centres autorisés ou de leur stockage provisoire sur place en attendant leur stabilisation et leur confinement. 6 300 tonnes de ces déchets seront ainsi confinées « in situ » dans une alvéole étanche.

3.2 La démolition des bâtiments et installations industrielles

De décembre 2001 à mars 2003, s'est déroulée la phase de démantèlement des infrastructures industrielles du site comprenant 50 bâtiments de structures diverses. Cette phase a donc nécessité

des méthodes d'abattage multiples : pelle à bras long, explosif (ponctuellement), affaiblissement et élinguage.

3.3 Le confinement des matériaux pollués

Les déchets les plus fortement pollués issus notamment de la démolition des infrastructures (béton, parpaings, briques, structures d'acier) sont confinés dans une alvéole entièrement étanche entre 2002 et 2004. Les 6 300 tonnes de déchets stockées sur place (des hydroxydes de cuivre mélangés à de l'anhydride arsénieux, des déchets provenant de l'électrofiltre de l'usine contenant de très fortes proportions d'arsenic, de bismuth, de zinc, et de cadmium) sont stabilisés au ciment et à la chaux avant d'être également confinés dans cette alvéole.

La configuration géologique du site (perméabilité du socle d'environ 1.10^{-8} m/s) a permis en 2006 de limiter le confinement des terres et déchets moins pollués (scories principalement) à une unique couverture. L'objectif étant d'atteindre une concentration en arsenic de 3 g/kg de sol après excavation et confinement des sols pollués sur l'ensemble du site.

Cette couverture recouvre également l'alvéole contenant les déchets les plus pollués. Cette couverture étanche est recouverte par un dispositif de drainage, lui-même recouvert par un mètre de terre végétalisable.

3.4 La gestion des eaux de ruissellement (hors confinement) et des lixiviats

Avant réhabilitation, les eaux s'écoulant sur le site de la S.E.P.S. avaient des teneurs en arsenic total d'environ 50 mg/l. Les eaux provenant des autres secteurs avaient une moyenne un peu plus basse de l'ordre de 10 mg/l. Une station de traitement physico-chimique permettait d'abattre la pollution à environ 1 à 2 mg/l.

Pendant les travaux, un réseau séparatif a été mis en place pour canaliser les écoulements et les orienter. Les eaux les plus propres sont rejetées directement à l'Orbiel. Les eaux résiduelles polluées, en volume réduit, sont drainées et continuent à être traitées par la station de traitement gérée depuis 2007 par le BRGM qui s'occupe du passif de M.O.S. Un dispositif de tranchée drainante permet d'isoler des circulations souterraines les déchets protégés par la couverture étanche.



Figure 2. Évolution du site de La Combe du Saut entre 1999 et 2008

4. La réalisation de l'alvéole étanche au cœur de la réhabilitation des friches

Cette alvéole de confinement contenant les résidus les plus pollués a été étanchée par l'entreprise SUBLET. L'alvéole a été construite sur le site même de l'usine pyrométallurgique de la S.E.P.S.

Après nivellement du fond de l'alvéole afin d'obtenir une pente de 1% sur les fondations de l'usine et réalisation des talus, une étanchéité passive est mise en place. Cette dernière est constituée en fond d'alvéole par une couche d'argile d'un mètre d'épaisseur et sur les talus par un géosynthétique bentonitique de masse surfacique 4,8 kg/m².

Un géotextile de propreté est ensuite mis en œuvre en fond d'alvéole sur la barrière argileuse. Ce géotextile certifié ASQUAL est un non tissé aiguilleté en polypropylène, sa fonction est de faciliter la mise en place des lés de géomembranes et leur soudure (tableau I).

Tableau I. Caractéristiques physiques et mécaniques du géotextile de propreté

Caractéristiques	Norme	unité	Valeur nominale
Masse surfacique	DIN EN ISO 9864	g/m ²	300
Résistance à la traction (SP/ST)	NF EN ISO 10319	kN/m	10/20
Déformation à l'effort de traction maximale	NF EN ISO 10319	%	125/80
Résistance au poinçonnement	NFG 38019	kN	1,7

Une étanchéité active par géomembrane PEHD (GEONAP SIPLAST 2 mm) vient compléter le dispositif d'étanchéité (figure 3). La géomembrane en PEHD certifiée ASQUAL (tableau II) a été retenue principalement pour sa grande inertie chimique.

Tableau II. Caractéristiques physiques et mécaniques de la géomembrane PEHD

Caractéristiques	Norme	unité	Valeur nominale
Epaisseur	EN 1849-2	mm	2
Contrainte à la limite élastique (SP/ST) Contrainte à la rupture (SP/ST)	EN ISO 527-3	MPa	17 35
Allongement à la limite élastique (SP/ST) Allongement à la rupture (SP/ST)	EN ISO 527-3	%	11 800
Résistance au poinçonnement	ASTM D 4833	N	690
Résistance à la déchirure	ISO 34-1/B	N	300
Résistance à la fissuration sous contraintes environnementales	ASTM D 5397	h	≥ 400

La géomembrane PEHD a, par la suite, été recouverte en fond d'alvéole et sur les talus par un géotextile antipoinçonnant également certifié ASQUAL.

Ce géotextile est constitué de fibres de polypropylène non tissé et aiguilleté. Sa capacité à assurer la protection de la géomembrane sous les sollicitations exercées par le massif drainant surchargé par les matériaux stockés a été déterminée par un essai de convenance. Ses caractéristiques sont indiquées dans le tableau III.

Tableau III. Caractéristiques physiques et mécaniques du géotextile de protection

Caractéristiques	Norme	unité	Valeur nominale
Masse surfacique	DIN EN ISO 9864	g/m ²	700
Résistance à la traction (SP/ST)	NF EN ISO 10319	kN/m	25/50
Déformation à l'effort de traction maximale	NF EN ISO 10319	%	80/50
Résistance au poinçonnement	NFG 38019	kN	3,5

En fond d'alvéole, le drainage est assuré par des drains collecteurs de 0,2 m de diamètre recouverts par 0,5 m de matériaux drainants (scories recouvertes par une couche de granulats). En talus, le drainage est également assuré par une couche de scories maintenues par des pneus usagés.



Figure 3. Pose de la géomembrane en PEHD GEONAP dans l'alvéole étanche

5. Une couverture étanche de 10 hectares pour parachever le confinement des matériaux pollués

La couverture recouvre sur une surface de 10 hectares, non seulement les déchets fortement pollués stockés dans l'alvéole étanche, mais également les 470 000 m³ de résidus faiblement pollués éparpillés sur le site qui ont été rassemblés dans deux bassins jouxtant l'alvéole étanche (figure 4).

L'entreprise BEC FRERES a été chargée (sous maîtrise d'œuvre EGIS SCETAURROUTE) de réaliser la couverture étanche dont le complexe est constitué de bas en haut :

- d'une géomembrane TERANAP 431 TP en bitume élastomère en 4 mètres de large ;
- d'un géotextile drainant ;
- d'une couche de schiste de granulométrie 0/200 végétalisable prélevé dans une carrière d'une vallée avoisinante.

La géomembrane en bitume élastomère est armée d'un non tissé polyester, manufacturée en grande largeur (4 mètres) de manière à limiter la réalisation des joints sur chantier (Tableau IV).

Tableau IV. Caractéristiques de la géomembrane bitumineuse

Caractéristiques	Norme	unité	Valeur nominale
Épaisseur	EN 1849-1	mm	4
Masse surfacique	EN 1849-1	g/m ²	4,850
Résistance à la traction Sens production Sens travers	NF EN 12311-1	N/50 mm	1300 1100
Allongement à la rupture	NF EN 12311-1	%	≥ 42
Poinçonnement statique	NF P 84-507	N	350
Déchirure au clou	UEAtc	N	≥350
Éclatométrie	ASTM Draft Standard D 35 88 01 GRI/GM4	%	≥ 25

Cette géomembrane certifiée ASQUAL a pour avantage son adaptabilité, sa mise en œuvre aisée (chalumeau), et sa faible sensibilité au vent. Rappelons que le site est exposé à des vents violents qui auraient rendu la mise en œuvre d'une géomembrane synthétique plus légère extrêmement difficile.



Figure 4. Pose de la géomembrane bitumineuse en couverture

6. Conclusion

Le confinement de déchets pollués par géomembrane est particulièrement bien adapté aux friches industrielles polluées de grande superficie.

L'utilisation des géosynthétiques et plus particulièrement des géomembranes permet de confiner « *in situ* » les déchets pollués, limitant ainsi l'envoi de ces résidus dans les CSD de classe 1. En particulier à La Combe du Saut, la quantité de résidus pollués (de l'ordre de 500 000 m³) rendait impossible le stockage dans ces CSD peu nombreux et dont les capacités restaient limitées en volume.

Le suivi post réhabilitation réalisé en 2007 et 2008 permet de montrer que les objectifs de réhabilitation sont en passe d'être atteints. L'O.N.F. constate que sur une grande partie du site de La Combe du Saut, la reprise et le développement de la végétation sont de bonne qualité et qu'on peut espérer une cicatrisation rapide du site.

Ce suivi a également permis de montrer que les concentrations en arsenic dans les eaux de ruissellement ont été pratiquement divisées par 10 (valeur très proche de 1 mg/l). La concentration mesurée dans les eaux drainées provenant du confinement des terres les moins polluées et des scories est d'environ 2,5 mg/l pour un débit inférieur à 1 m³/h (surface concernée : 10 hectares).

Le confinement de la pollution par géomembranes a donc permis une très forte baisse des concentrations en arsenic dans les eaux de ruissellement et ainsi d'arrêter leur traitement, sans effet négatif sur la qualité des eaux de la rivière. Le suivi à long terme du confinement permettra de mieux préciser la longévité de tels travaux.

7. Références bibliographiques

Document ADEME : *Réhabilitation de la Combe du Saut*. (consulté le 02/09/2008). Disponible sur : <http://www.difpolmine.org>

- AFNOR (Décembre 1999). Norme NF EN 12311-1. Feuilles souples d'étanchéité - Partie 1 : feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses - Détermination des propriétés en traction.
- AFNOR (Décembre 1988). Norme NF G38-019. Textiles - Articles à usages industriels - Essais des géotextiles - Détermination de la résistance au poinçonnement.
- AFNOR (Octobre 1995). Norme NF EN ISO 527-3. Plastiques - Détermination des propriétés en traction - Partie 3 : conditions d'essai pour films et feuilles.
- AFNOR (Août 2001). Norme NF EN 1849-2. Feuilles souples d'étanchéité - Détermination de l'épaisseur et de la masse surfacique - Partie 2 : feuilles d'étanchéité de toiture plastiques et élastomères.
- AFNOR (2007). Norme ASTM D 4833. Standard Test Method for Index Puncture Resistance of Geomembranes and Related Products.
- AFNOR (Juin 2005). Norme NF ISO 34-1. Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique - Détermination de la résistance au déchirement - Partie 1 : éprouvettes pantalon, angulaire et croissant.
- AFNOR (2007). Norme ASTM D 5397. Standard Test Method for Evaluation of Stress Crack Resistance of Polyolefin Geomembranes Using Notched Constant Tensile Load Test.
- AFNOR (Décembre 1999). Norme NF EN 1849-1. Feuilles souples d'étanchéité - Détermination de l'épaisseur et de la masse surfacique - Partie 1 : feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses
- AFNOR (Septembre 1992). Norme NF P84-501. Géomembranes - Dispositif d'étanchéité par géomembranes (DEG) - Détermination des caractéristiques en traction
- AFNOR (Mai 2005). Norme DIN EN ISO 9864. Geosynthetics - Test method for the determination of mass per unit area of geotextiles and geotextile-related products.
- AFNOR (Septembre 1996). Norme NF P 84-507. Essais des géomembranes - Détermination de la résistance au poinçonnement statique des géomembranes et des dispositifs d'étanchéité par géomembranes - Cas du poinçon cylindrique sans support.
- AFNOR (Août 2008). Norme NF EN ISO 10319. Géosynthétiques - Essai de traction des bandes larges.