

ESSORAGE DE BOUES EN TUBES GÉOSYNTHÉTIQUES ET CRÉATION DE DEUX ALVÉOLES POUR LEUR ENTREPOSAGE RÉVERSIBLE

DEWATERING OF SLUDGES THROUGH GEOSYNTHETIC TUBES AND CONSTRUCTION OF TWO CELLS FOR THEIR REVERSIBLE STORAGE

François CAZEAUX¹, Thierry GISBERT², Michael MINET³, Pierre FROISSARD⁴ et Jérôme MENTION⁴

1 ARCADIS ESG, Ramonville Saint-Agne, France

2 ARCADIS ESG, Paris, France

3 ORANO CHIMIE-ENRICHISSEMENT, Narbonne, France

4 ARKOGEOS, Castanet-Tolosan, France

RÉSUMÉ – Deux alvéoles d’entreposage de Résidus de Traitement de Conversion de l’Uranium (RTCU) ont été construites entre 2019 et 2020 sur l’usine de Narbonne d’ORANO. Une couverture de 6 ha de géomembrane bitumineuse permettra de confiner les résidus historiques. Les aspects suivants sont détaillés :

- sûreté, radioprotection et contexte de travail spécifique à une Installation Nucléaire de Base (INB),
- conception des alvéoles, dimensionnement des tubes géosynthétiques pour l’essorage des boues, premiers retours d’expérience sur la réalisation des alvéoles,
- spécificités liées au mode de remplissage des alvéoles et dimensionnement des ancrages,
- inter comparaison de méthodes de contrôle de l’étanchéité.

Mots-clés : Tubes géosynthétiques, géomembrane bitumineuse, contrôles, INB, entreposage de matières et déchets radioactifs

ABSTRACT – Two cells for uranium conversion treatment residues (RTCU) have been built between 2019 and 2020 at the Narbonne plant of ORANO. 6 ha of capping system made of bituminous geomembrane will allow the confinement of these ancient waste. The following aspects are presented:

- safety, radioprotection, and specific working context linked to “Nuclear Basis Installation” (INB),
- cells design, sizing of geosynthetic tubes for sludges dewatering, first lessons learned from the cells’ construction,
- specificities related to the filling of the cells and anchorage sizing,
- inter-comparison of control methods and devices for watertightness survey.

Keywords: Geosynthetic tubes, bituminous geomembrane, control, INB, radioactive waste storage

1. Introduction et contexte du projet

ORANO opère, sur son usine de Narbonne (Aude), la 1^{ère} étape de traitement du cycle du combustible nucléaire, permettant de produire du tétrafluorure d’uranium (UF₄) à partir du minerai d’uranium. Le procédé industriel génère des effluents acides qui sont, dans un premier temps, neutralisés à la chaux.

L’implantation historique de l’usine sur ce site, au climat particulièrement venteux, autorise la mise en œuvre efficace d’un procédé de traitement par évaporation. Les effluents neutralisés sont donc dirigés ensuite vers des bassins de décantation et d’évaporation où s’accumulent des boues faiblement radioactives et des liquides saturés en sels (figure 1).

L’objectif du projet « PERLE » (Projet d’Entreposage Réversible des Lagunes au sein du périmètre de l’INB ECRIN) / « CERS » (Casier d’Entreposage Réversible de Surface), situé pour partie sur l’INB « ECRIN » (Entreposage Confiné de Résidus Issus de la conversion) » est double :

- libérer de la place dans les bassins de décantation pour assurer la continuité d’entreposage des futurs résidus,
- regrouper et confiner des résidus « historiques », produits entre 1960 et aujourd’hui.

Cet objectif sera atteint par un programme de travaux réalisés entre 2019 et 2022, comportant 6 ha de couverture en géomembrane bitumineuse au droit des anciens bassins de boues, la création de deux alvéoles d’entreposage réversible, imperméables et équipées d’une couche de drainage destinée à la collecte et au pompage des filtrats. Ceux-ci sont issus de l’essorage par tubes géosynthétiques des boues, préalablement pompées dans les bassins de décantation.

ARCADIS accompagne le maître d'ouvrage sur le site depuis 13 ans et est maître d'œuvre sur ce projet.



Figure 1. Vue d'ensemble du site et de l'INB « ECRIN »

Au total, 72 000 m³ de boues accumulées dans les bassins de décantation vont être draguées et déshydratées dans ces alvéoles. L'une d'elles a dû être construite dans les anciens bassins qui constituent l'INB, afin d'optimiser l'utilisation de l'espace et de regrouper les RTCU historiques.

Les déblais provenant du creusement de cette alvéole ont été réemployés pour le remodelage des anciens bassins, afin de constituer un dôme sur l'INB et de favoriser le ruissellement et la gestion des eaux pluviales sur la couverture, étanchée par géomembrane bitumineuse.

Ces travaux de terrassement ont dû être effectués dans des matériaux de faible portance et présentant une radioactivité alpha. La radioprotection des travailleurs et de l'environnement du chantier a été l'un des enjeux majeurs de ces travaux. Les solutions spécifiques comprennent la surveillance du vent maximal autorisé, l'arrosage des pistes et la mise en œuvre de brumisateurs (figure 2), le recouvrement quotidien des matériaux radioactifs, des cabines pressurisées pour les engins, une aire de lavage dédiée, des vêtements de protection et des masques filtrants pour les travailleurs à pied.

Afin de contrôler la propreté radiologique du chantier, un dispositif de surveillance continue en radioprotection a été déployé, avec la définition de seuils d'alerte et la surveillance de l'empoussièrement au moyen de balises de mesures de la concentration des poussières dans l'air, et de l'ambiance radiologique atmosphérique en amont et en aval éolien du chantier.



Figure 2. Chantier de terrassement avec brumisateurs et de pose des géosynthétiques avec protection du personnel

2. Conception et dimensionnement des ouvrages géosynthétiques : alvéoles, tubes et couverture

2.1. Les raisons du choix d'une géomembrane bitumineuse : conception et dimensionnement

Le choix du matériau constitutif de la géomembrane dépend des conditions de mise en œuvre, du contexte environnemental, du mode de soudure, des contraintes et du mode de vieillissement attendus ainsi que de l'objectif de perméation fixé.

2.1.1. Éléments de conception ayant abouti au choix de la géomembrane bitumineuse

Les éléments de conception considérés afin de choisir la géomembrane sont présentés ci-après.

- ✓ **Résistance au vent** : Les risques d'endommagement de la géomembrane par soulèvement lié aux vents constituent un critère important pour le choix du matériau sur le site, pour lequel la vitesse des vents peut dépasser 100 km/h, 8 jours par an.

L'utilisation d'une géomembrane bitumineuse élastomère, en fond/flancs d'alvéole comme en couverture, se présente comme une solution avantageuse sur le site. En effet, ce produit présente une masse surfacique supérieure à 4 kg/m² permettant de limiter considérablement le risque d'envol. Pour autant, en phase de travaux, un lestage doit être mis en œuvre afin d'éviter que le vent ne soulève les lés de géomembrane non encore soudés.

- ✓ **Résistance chimique** : Les géomembranes en bitume modifié par élastomère de type Styène-Butadiène-Styrène (SBS), ne doivent pas être mises en contact avec des solvants non polaires, des solvants aromatiques, des composés aliphatiques ou halogénés pendant de longues périodes, pas plus qu'avec des solutions fortement acides ou alcalines : pH < 2 – pH > 9 (ISO, 2008).

Les filtrats issus de l'essorage des boues des projets PERLE et CERS ne contiennent pas les agents chimiques pouvant porter préjudice aux géomembranes en bitume élastomère.

- ✓ **Durabilité** : Le dispositif d'étanchéité devra assurer ses fonctions pour une durée de vie de l'ouvrage d'environ 30 ans, c'est-à-dire jusqu'à l'horizon 2050. Les géomembranes en bitume élastomère, tout comme d'autres familles de produit, permettent d'atteindre cet objectif (Benchet et al., 2011 ; Touze-Foltz et al., 2015). De même, leur résistance aux UV est satisfaisante et la durée d'exposition sur site variera, de 2 ans dans le cas de l'alvéole PERLE, à 30 ans pour la couverture de l'INB.

- ✓ **Comportement aux variations de température** : les températures extrêmes relevées à Narbonne (moyenne décennale) sont de -6 °C à +39,8 °C. On estime qu'en été, la température en surface de la géomembrane pourra avoisiner les 70°C. Les contraintes de température prises en compte sont des amplitudes thermiques annuelles comprises entre -10°C et 70°C.

Les géomembranes bitumineuses présentent un coefficient de dilatation thermique quasi-nul, ce qui leur permet de garantir un bon contact avec le sol support même en cas de variations importantes de température (pas ou peu de plis). Les géomembranes en bitume élastomère présentent des résultats aux essais de pliage à froid de l'ordre de -20 °C, ce qui est satisfaisant vis-à-vis des contraintes du site. De même, leur température de fusion (limite entre l'état viscoélastique et l'état fondu) est bien *supérieure* à 80°C. La température bille-anneau du produit retenu varie de 110 à 140°C en cours de fabrication (liant fillérisé), et est *supérieure* à 100°C après vieillissement de 6 mois à 70°C. Nous verrons au § 3.2.2 que ce point mérite toute notre attention.

- ✓ **Comportement mécanique** : Les calculs réalisés prévoient des tassements totaux au droit de l'alvéole de l'ordre de 30 cm pour la hauteur de remplissage maximale prévue, de 9 m. Les tassements maximaux sont attendus dans les zones combinant les charges maximales appliquées et l'épaisseur de sols compressibles la plus importante, soit en fond d'alvéole. Au droit des digues périphériques, les tassements prévus seront relativement faibles, avec un tassement différentiel potentiel de 15 cm.

La figure 3 présente de manière schématique le tassement en fond d'alvéole. Dans le cas où le tassement maximal se produit au centre de l'alvéole, l'élongation de la géomembrane ($\Delta L/L$) sera inférieure à 1% mais dans la configuration la plus critique, dans le cas où le tassement de 30 cm se produit au pied de la digue et mobilise seulement les 1,5 à 2 m inférieurs de la géomembrane, l'élongation de la géomembrane pourrait atteindre 7 à 9%.

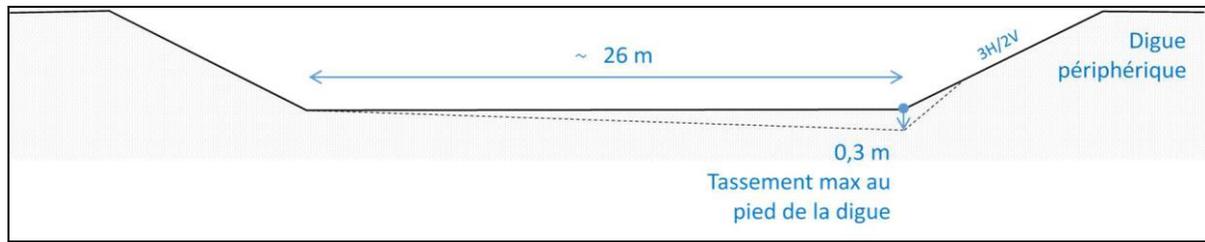


Figure 3. Tassements différentiels prévisionnels en fond d'alvéole

Les contrôles de tassement effectués en cours de chantier par mesures tassométriques en fond d'alvéole et sous les digues permettent de vérifier ces évaluations. Au stade de la présente publication, les mesures donnent une valeur maximale de 8 cm de tassement au droit de la digue périphérique depuis la mise en œuvre de l'étanchéité. L'alvéole étant à mi-hauteur de son remplissage en tubes géosynthétiques, les tassements principaux restent encore à observer.

- ✓ Afin de ne pas générer de résidus radioactifs supplémentaires à gérer lors des opérations futures de démantèlement, et pour faciliter la surveillance périodique, il a été choisi de ne pas recouvrir de sol la couverture de l'entreposage et d'assumer le choix d'une géomembrane exposée. Son vieillissement et son intégrité seront surveillés dans le temps au moyen d'inspections visuelles, de prélèvements et d'un programme d'essais réguliers en laboratoire (résistance en traction, perméabilité, température bille anneau, teneur en polymère, etc.).

2.1.2. Dimensionnement de la géomembrane bitumineuse

Conformément aux éléments de conception présentés ci-dessus, le dimensionnement de la géomembrane bitumineuse retenue pour les fonds, flancs et couvertures des alvéoles a abouti à la sélection du produit « Coletanche® ES2 », dont les caractéristiques certifiées sont présentées sur la figure 4.

FAMILLE DE PRODUITS : BITUME MODIFIE*		Valeur certifiée		Plage relative de variation à 95 %			
CARACTERISTIQUES CERTIFIEES				Mini	Maxi		
Largeur maximale de production : 5,2 m							
PHYSIQUES	Epaisseur fonctionnelle (mm) (EN 1849-1)	3,80		3,80	4,37		
	▪ Lisse (valeur moyenne)						
	▪ Non lisse						
ET	Valeur minimale individuelle	3,42					
	Masse surfacique (g/m ²) (EN 1849-1)	4486		4486	5159		
	Poinçonnement statique : (NF P 84-507)	450		405	-		
MECANIQUES	▪ Déplacement (mm)	14		11,9	-		
	Traction (kN/m) (EN 12311-1)	SP	ST	SP	ST	SP	ST
	▪ Résistance à 15 % déformation	14,8	12	11,1	9,0	-	-
	▪ Résistance à la rupture	24	20	18	15	-	-
	▪ Déformation à la rupture	55	55	44	44	-	-
HYDRAULIQUES	Perméabilité au liquide (NF EN 14150)	CONFORME					
*La conformité à la famille BITUME a été vérifiée à partir des caractéristiques décrites au verso.							
<small>SP : Sans Production ST : Sans Travers Les essais sont effectués suivant les normes citées complétées par le recueil des modes opératoires *La conformité à la famille a été vérifiée à partir des caractéristiques décrites au verso.</small>							
Approuvé par le Directeur, R. BIGUET 							
							

Figure 4. Extrait du certificat ASQUAL de la géomembrane bitumineuse posée

2.2. Conception de la vidange des bassins et dimensionnement des tubes géosynthétiques

Le projet consiste à libérer le contenu des bassins d'exploitation, initialement remplis par les boues de décantation, et à transférer les résidus dans des alvéoles à confiner pour une durée définie (notion d'entreposage).

2.2.1. Conception d'ensemble du procédé

Les boues des bassins à libérer, rendues liquides par un dispositif de pompage adapté (pompe à vortex, excavateurs et jets haute pression, permettant de remettre la matière solide en suspension), font l'objet d'un dragage piloté à distance et d'une floculation, avant essorage dans des tubes géosynthétiques. Les tubes géosynthétiques sont remplis par étage superposés à l'avancement, au sein de deux alvéoles. Le procédé de déshydratation mis en œuvre vise in fine une réduction de volume des boues entreposées d'un facteur 2.

Le volume total des deux alvéoles d'entreposage est supérieur à 40 000 m³.

Le procédé dans son ensemble est présenté sur la figure 5.

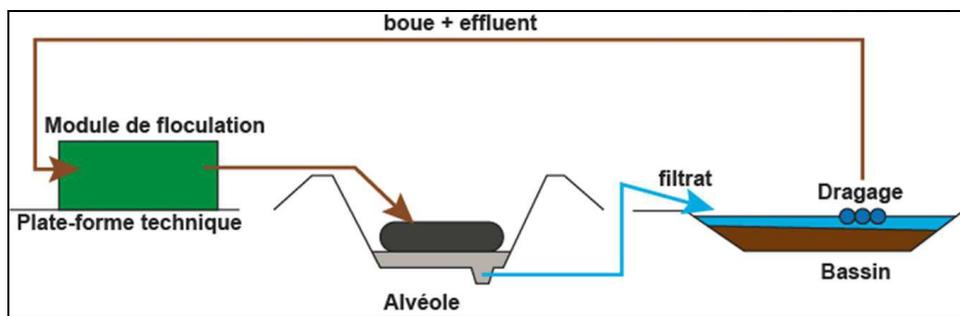


Figure 5. Synoptique d'ensemble du procédé de dragage et d'essorage des boues

2.2.2. Dimensionnement des tubes géosynthétiques

Le dimensionnement des tubes géosynthétiques requis pour l'essorage des boues a abouti, après discussion avec l'entreprise, à la sélection du produit « Enka®-Tube GTT OS425 B » dont la fiche technique est présentée sur la figure 6. Ce produit a été sélectionné en raison de son importante ouverture de filtration permettant d'optimiser le temps de ressuyage d'une couche à l'autre.

Description du produit			
Polymère	Densité	Point de fusion	Construction
100% Polypropylène	0,91 kg/dm ³	165 °C	Bandes
Caractéristiques			
Caractéristiques Mécaniques	Norme	Unité	Performance
Résistance opérationnelle - Sens circonférentiel	ASTM D 4595 - D4884 EN ISO 10319	kN/m	78
Résistance opérationnelle - Sens axiale	ASTM D 4595 - D4884 EN ISO 10319	kN/m	78
couture résistance d'usine	ASTM D4884	kN/m	78
Résistance à la traction (SP x ST)	ASTM D 4595 EN ISO 10319	kN/m	78 x 110
Déformation à l'effort max. (SP x ST)	ASTM D 4595 EN ISO 10319	%	20 x 20
Résistance au poinçonnement statique (CBR)	EN ISO 12236	kN	12,5
Masse surfacique	EN ISO 9864	g/m ²	600
Caractéristiques Hydrauliques	Norme	Unité	Performance
Taux de déshydratation	ASTM D 4491 EN ISO 11058	L/m ² min	1400
Perméabilité normale au plan (Vih50)	EN ISO 11058	l/m ² s	23
Ouverture de filtration apparent	ASTM D 4751	µm	420
Durabilité	Norme	Unité	Performance
résistance résiduelle après exposition aux UV (500h)	ASTM D4355	%	95

Figure 6. Fiche technique des tubes géosynthétiques

2.2.3. Spécificités liées au mode de remplissage des alvéoles et dimensionnement des ancrages

Dans les alvéoles destinées à accueillir les tubes géosynthétiques d'essorage des boues, le géotextile de protection supérieur n'est pas ancré avec la géomembrane mais est maintenu par un lestage glissant en crête afin d'éviter tout effort de traction sur la géomembrane.

De plus, les tubes géosynthétiques présents dans l'alvéole, ne sont pas disposés en contact direct avec le dispositif d'étanchéité. La figure 7 illustre le remplissage de l'alvéole : des matériaux granulaires drainants de type 20/40 sont disposés entre les tubes périphériques et les flancs, ce qui limite le risque d'éclatement des tubes géosynthétiques et diminue les efforts de traction appliqués sur le géotextile du talus, puisque les matériaux granulaires drainants subissent un cisaillement lors du tassement des tubes géosynthétiques.



Figure 7. Alvéole PERLE à différents stades de remplissage avec les tubes géosynthétiques

Un premier calcul permet de définir l'épaisseur minimale requise de matériaux drainants séparant les flancs et les tubes géosynthétiques ; la valeur à partir de laquelle le cisaillement est nul, est définie égale à 30 cm. Cette valeur est calculée en estimant que la forme de sol déplacé et impacté par les tassements des tubes géosynthétiques est tronconique avec un angle égal à 85 degrés par rapport à l'horizontale (selon EBGeo (2011)).

Un deuxième calcul est réalisé dans une approche sécuritaire, afin d'estimer les efforts de traction que pourraient subir la géomembrane, du fait des tassements des tubes géosynthétiques, en considérant que les tubes géosynthétiques, les matériaux granulaires et le géotextile de protection sont solidaires. Ce calcul ne prend pas en compte plusieurs facteurs favorables tels que la déformation de la géomembrane, l'augmentation de la butée de pied avec les tassements, le cisaillement des boues et des matériaux granulaires. Les résultats du calcul montrent que le système est auto-stable et que la géomembrane ne subit aucun effort inhérent aux tassements des tubes géosynthétiques.

Les détails de ces calculs sont disponibles auprès des auteurs.

Dans cette configuration, le géotextile de protection est exposé à l'action des UV pendant 1 an.

Lors de la rédaction de la présente publication, le géotextile de protection est en place depuis 7 mois et le remplissage de l'alvéole se poursuit (3^{ème} étage sur 4). Le géotextile posé sur les talus subit très peu d'effort en traction lors de ce remplissage, conformément aux calculs réalisés lors du

dimensionnement. Ces efforts mineurs se traduisent par un léger étirement du géotextile, à peine visible au droit des événements en crête d'alvéole. Le lestage glissant, dimensionné pour être mobilisé à partir d'un effort de traction d'environ 10% de la résistance en traction du géotextile, ne présente pas de mouvement visible.

3. Premiers retours d'expérience sur la réalisation des ouvrages

3.1. Des motifs de satisfaction ...

Concernant la surveillance environnementale et la radioprotection, nous avons pu constater que les mesures mises en œuvre, telles que l'arrosage et la brumisation mobile, les recouvrements quotidiens des matériaux radioactifs remobilisés, et les moyens de contrôles intégrés ont permis d'abattre efficacement les poussières atmosphériques, de prévenir le risque de dérive et de maîtriser le risque d'exposition radiologique des travailleurs durant les phases de terrassement.

Les balises de mesure de l'empoussièrément ainsi que les différents appareils de prélèvement atmosphériques n'ont, en effet, jamais dépassé les seuils d'alerte fixés sur plus de 12 mois de terrassement (seuil d'alerte empoussièrément de 0,22 mg/m³).

Depuis que la couverture est en place (figure 8), les infiltrations d'eaux pluviales sont limitées ce qui doit permettre le ressuyage de la nappe perchée, et donc la sécurisation de la stabilité des digues périphériques du massif d'entreposage des résidus historiques sur lequel sont situés les bassins.

L'absence de plis à la mise en œuvre, facilitée par la masse surfacique importante de la géomembrane bitumineuse, est appréciable, sur un site très venté. Au total, 60 000 m² de géomembrane bitumineuse ont ainsi été posés en 3 mois de travaux, soit des rendements d'environ 1000 m²/j, à comparer aux ratios couramment observés en contexte classique, sans contrainte particulière (environ 2000 m²/j).



Figure 8. Aspect final de la couverture de l'INB en géomembrane bitumineuse

3.2. Mais aussi des difficultés à surmonter

3.2.1. Difficultés liées aux vents forts

Malgré le lestage mis en œuvre sur le terrain (big bags), des soulèvements dus au vent sont tout de même à déplorer pour des vitesses des vents de l'ordre de 25 à 30 km/h de vent moyen (avec rafales) alors qu'il avait été défini un arrêt de chantier pour intempérie à partir de 35 km/h de vent moyen ou 40 km/h en rafales. Le monitoring de la vitesse de vent moyen ne semble pas adapté pour un chantier de pose de géosynthétique, le suivi de la vitesse de vent en rafale devant être privilégié.

Les soulèvements de la géomembrane bitumineuse sont difficiles à réajuster ultérieurement en raison de sa masse surfacique importante et les soudures correspondant à ces zones s'en trouvent compliquées, voire défectueuses et pouvant présenter des « bouches de poisson » (cf. § 4 et figure 9 photo de gauche).

3.2.2. Difficultés liées à la chaleur et à l'exposition au soleil de la géomembrane en place

La géomembrane installée, et exposée au soleil sur certains talus, a subi un fluage de certaines soudures (figure 9, photo de droite) lors d'une des journées d'été les plus chaudes. Ce jour-là, la température extérieure a atteint une valeur supérieure à 42°C sur le chantier. De plus, il s'agissait d'une journée de vent faible, ce qui est peu fréquent sur le site et augmente la température ressentie.

La température mesurée directement sur la géomembrane bitumineuse, le jour de l'observation des désordres, a atteint 65°C sur les talus exposés au Nord, qui n'ont pas présenté de désordre, et entre 72 et 82°C sur les talus exposés au Sud, sur lesquels les désordres ont été relevés. Les températures ont pu, en réalité, être encore supérieures, dès lors que leur mesure a eu lieu après l'observation des désordres, dans l'après-midi.



Figure 9. Désordres liés aux conditions climatique (vent et fortes températures)

Le diagnostic réalisé ensuite a conclu à un fluage des soudures dû à la température excessive, dont les effets ont été mobilisés par la circulation sur la rampe d'accès, visible à droite de la figure 9.

Le choix de garder une géomembrane exposée est évidemment la cause première du désordre puisque, recouverte d'un géotextile blanc, l'élévation de température de la géomembrane aurait été moindre. Ce choix, assumé, a été expliqué précédemment au § 2.1.1.

Initialement un positionnement de la géomembrane face sablée vers le bas avait été envisagé pour conforter le niveau de décollement souhaité au-dessus de la géomembrane, en augmentant le frottement de l'interface inférieure. Il a été finalement choisi de la mettre en œuvre dans l'autre sens, pour permettre une soudure facilitée, avec le film plastique placé en dessous. La face lisse de la géomembrane étant placée vers le bas, le frottement d'interface entre la géomembrane et le géotextile sous-jacent s'en est trouvé diminué, facilitant son glissement sous les sollicitations de circulation des engins sur la rampe. Par ailleurs, le frottement d'interface entre le géotextile de protection supérieur, placé sous les graviers de la rampe, et la géomembrane, est plus élevé au contact de la face sablée. Des efforts de traction plus importants ont, dès lors, été transmis à la géomembrane lors de la circulation des engins sur les graviers de la rampe.

Ces sollicitations ont mobilisé les joints surchauffés. C'est donc, comme toujours, un ensemble de causes qui a créé les circonstances du désordre observé.

3.2.3. Questionnements liés à la détection des fuites en contrôle de réception

De nombreuses fuites ont été détectées avec la méthode de l'arc électrique, mise en œuvre en contrôle de réception, après la pose de la géomembrane. Ces défauts, invisibles à l'œil nu (voir figure 10), ont dans un premier temps été repris. La question de leur existence réelle s'est posée, l'incertitude demeurant sur la réalité d'un « trou » ou d'un artéfact lié à une zone conductrice dans la géomembrane.

Un plan d'expérience, à des fins d'inter-comparaison de méthodes de contrôle, a donc été établi avec le concours d'Arkogéos, contrôle extérieur. Il est présenté au chapitre suivant.



Figure 10. Détection de défaut mineur par la méthode de l'arc électrique

4. Inter comparaison de méthodes de contrôle de l'étanchéité

Différentes méthodes de contrôle ont été comparées le même jour, sur une zone de 2500 m², afin de valider la méthodologie à suivre pour contrôler et réceptionner l'ensemble de la couverture (65 000m²).

Il s'agit des méthodes suivantes (cf. figure 11) :

- « l'Arc Tester » ou Arc électrique, (ASTM D7953), adapté au contrôle électrique de géomembrane sèche et propre,
- l'AquaTT® (ASTM D7002) ou Flaque d'eau, adapté aux géomembranes humides et sales,
- la cloche à vide.



Figure 11. Méthodes de l'arc électrique, de la flaque d'eau et de la cloche à vide, de gauche à droite

Il a été mis en évidence une très bonne corrélation entre la méthode de l'Arc électrique et la méthode de la cloche à vide. En effet, sur les 30 défauts identifiés par la méthode de l'Arc électrique, 29 ont pu être confirmés par la cloche à vide. Dans un premier temps, certains défauts n'avaient pas pu être identifiés à la cloche à vide mais, après un second passage à l'Arc électrique et une localisation plus précise, un nouveau contrôle a permis de mettre en évidence le défaut : la peinture avait sans doute refermé la perforation, décidément de très petite taille.

Aucun des 30 défauts mineurs n'a pu être identifié par la méthode de la flaque d'eau, les limites inhérentes à la méthode ayant été atteintes : l'eau ne peut pas s'infiltrer dans des défauts de très petite

taille et dans une configuration en pente et sans charge. De plus, dans la configuration de l'essai, l'eau s'écoulait directement dans les fossés, générant un passage de courant qui a nui à la détection. Cette méthode, testée sur des défauts de perforation majeurs (dents du chariot élévateur), est évidemment validée par ailleurs.

On constate que la majorité des défauts mis en évidence est située au niveau de soudures, seulement 4 d'entre eux étant présents en partie courante, ce qui confirme les difficultés liées à la soudure de la géomembrane bitumineuse par grand vent et forte température.

Dès lors, il a été retenu de ne réparer que les défauts visibles à l'œil nu, car majoritairement responsables des fuites, sauf dans les points bas des fossés où ils ont tous été réparés. Les défauts invisibles à l'œil nu ne sont pas réparés car, sur un dôme, la charge hydraulique appliquée en période pluvieuse est négligeable et le débit de fuite correspondant, quasiment nul.

L'ensemble des défauts détectés par la méthode de l'arc électrique sera porté au plan de récolement pour permettre leur contrôle ultérieur, dans le cadre du programme de suivi à long terme de la géomembrane exposée en couverture.

Enfin, seule la méthode de contrôle à l'arc électrique est retenue pour la suite du contrôle de la couverture.

5. Conclusions

Le chantier en cours sur l'INB a pour objectif de :

- libérer de la place dans les bassins de décantation pour assurer la continuité d'entreposage des futurs résidus générés par l'activité de l'usine,
- regrouper et confiner des résidus « historiques ».

Ainsi, 6 ha de couverture en géomembrane bitumineuse ont été mis en œuvre au droit des anciens bassins de boues et deux alvéoles d'entreposage ont été créées pour recevoir les tubes géosynthétiques destinés à l'essorage des boues de décantation pompées dans les bassins.

Le dragage et l'essorage des boues sont en cours. Les tubes d'essorage (plus de 2 m de hauteur après remplissage et ressuyage), sont empilés sur 4 niveaux, soit environ 9 m de hauteur cumulée dans une alvéole étanche qui sera ensuite également couverte en géomembrane bitumineuse. Ce chantier de déshydratation en contexte radioactif et sur ces hauteurs d'empilement constitue une réussite (bonne mise en œuvre des couches de drainage, tassements maîtrisés, absence de déchirures, bon rendement de déshydratation).

Pour la couverture de l'INB, le choix d'une géomembrane bitumineuse élastomère exposée s'avère pertinent, malgré les difficultés opérationnelles rencontrées, liées notamment aux ancrages et aux conditions climatiques.

Enfin, le chantier a fait l'objet d'une campagne d'inter-comparaison des méthodes de détection de fuites, à la réception de la géomembrane, et a permis de définir le protocole de contrôle adapté, basé sur la méthode de l'Arc électrique.

6. Références bibliographiques

- ASTM D7002. (2016). Standard Practice for Electrical Leak Location on Exposed Geomembranes Using the Water Puddle Method.
- ASTM D7953. (2016). Standard Practice for Electrical Leak Location on Exposed Geomembranes Using the Arc Testing Method
- Benchet R., Herisson C., Gerbaud F., Croissant D., Grivaud S. (2011). Étude sur la durabilité des géomembranes en bitume élastomère exposées sur site depuis 6 à 30 ans. *Actes, Rencontres Géosynthétiques 2011*, pp. 395-404.
- EBGEO. (2011). Recommendations for design and analysis of earth structures using geosynthetic reinforcements—EBGEO. Digital in English.
- ISO. (2008). Géosynthétiques – Lignes directrices concernant la durabilité. Spécifications techniques, référence ISO/TS 13434:2008(F).
- Touze-Foltz N., Farcas F., Benchet R. (2015). Évaluation du vieillissement de deux géomembranes bitumineuses de différentes natures après 15 ans en service. *Actes, Rencontres Géosynthétiques 2015*, pp. 417-426.