

## CONSTRUCTION DU BASSIN DE SAUMURE C3 – CONTRÔLE DE L'ÉTANCHÉITÉ (SITE DE STOCKAGE DE GAZ DE SIDI-LARBI – MAROC)

### CONSTRUCTION OF BRINE BASIN C3 - CHECKING THE SEALING (GAS STORAGE SITE SIDI-LARBI - MOROCCO)

Jean-Frédéric OUVRY <sup>1</sup>, Issam ILYASSA <sup>2</sup>, Yves GÉRARD <sup>3</sup>,

<sup>1</sup> Antea Group, Olivet, France

<sup>2</sup> SOMAS, Mohamedia, Maroc

<sup>3</sup> YGD CONSEIL, Nantes, France

**RÉSUMÉ** – Une société marocaine exploite un stockage de gaz en cavités souterraines salines sur le site de Sidi-Larbi au Maroc. Elle confie la pose de l'étanchéité par géomembrane d'un bassin de stockage de saumure à un groupement. Lors de la mise en service du bassin, il est constaté des fuites. Ces fuites ont fait l'objet d'une détection par la méthode géophysique dite « du balai électrique ». Mots-clés : étanchéité, géomembrane, contrôle, géophysique.

**ABSTRACT** – A Moroccan company operates a gas storage in salt caverns in the Sidi Larbi site in Morocco. The company entrusted the installation of the sealing geomembrane a brine storage tank to a group. When turning basin of the service, it is found leaks, the leaks have been detected by a geophysical method called "electric broom."

Keywords: sealing, geomembrane, control, geophysics

#### 1. Introduction

L'opération de contrôle de l'étanchéité de la cuvette de rétention C3 a été réalisée dans un contexte industriel dans le cadre d'un marché de travaux de construction.

Le présent article décrit le contexte et les modalités de réalisation de ces travaux et de contrôle de l'étanchéité.

#### 2. Contexte de l'opération

La SOMAS a été créée par l'État Marocain en 1973, en vue de disposer d'un outil de stockage souterrain, pour des raisons d'économie et de sécurité, appuyé sur une technique très avancée qui est celle du stockage en cavité lessivée dans les couches souterraines de sel (Figure 1).

Cette société exploite un stockage de gaz en cavités souterraines salines sur le site de Sidi-Larbi au Maroc.

Les opérations de réception de gaz se font à partir du port de Mohammedia.

La capacité des navires reçus peut varier entre 2 000 à 50 000 TM en utilisant les terminaux actuels du port.

L'acheminement final vers les cavités est réalisé par 3 pipes 12" et un pipe 10" reliant le site de Mohammedia au site de stockage de Sidi-Larbi (15 km).

Cette société dispose de 3 cavités salines pour le stockage du gaz butane, d'une capacité totale de 200 000 TM (C1 : 60 KTM – C2 : 60 KTM – C3 : 80 KTM).

Ces cavités sont situées à environ –500 m par rapport au niveau du sol) et sont localisées sur le site de stockage à Sidi-Larbi (Province de Ben Slimane).

Cette société dispose de deux centres de chargement camions, complètement automatisés, un à Mohammedia avec une capacité de 200 camions/jour (4 postes de chargement), et l'autre à Sidi-Larbi pour une capacité de 500 camions/jour (10 postes de chargement).

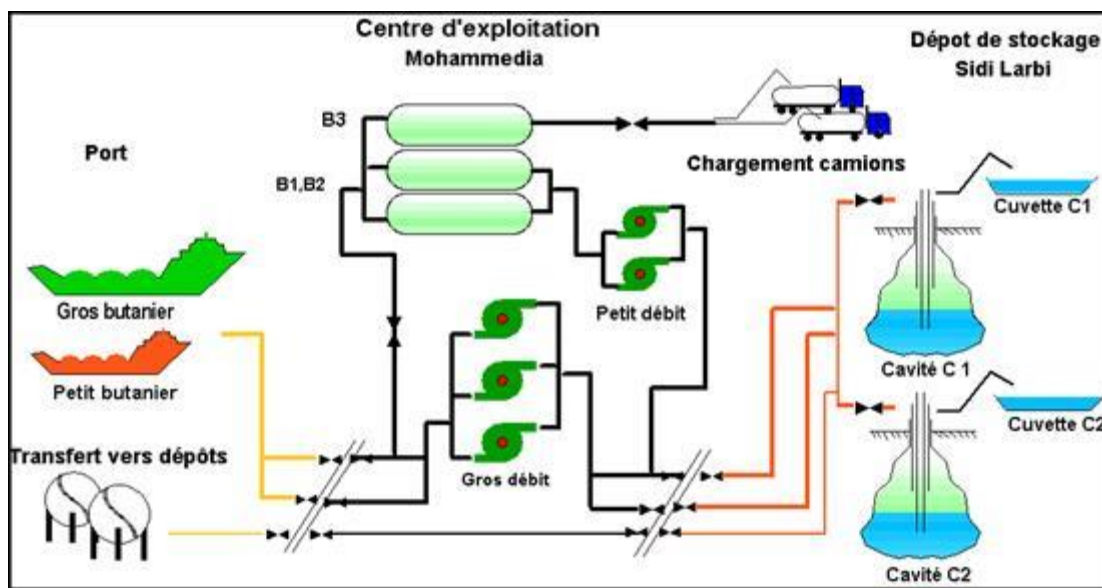


Figure 1. Schéma du dispositif de stockage de gaz

Chaque cavité est associée à un bassin de saumure d'une même capacité. L'exploitation de ces cavités est assurée par un mode de compensation butane/saumure : lors du stockage, le butane pousse la saumure pour être récupérée en surface dans la rétention ; pour le déstockage, on procède à l'opération inverse, la saumure est injectée à l'intérieur de la cavité pour occuper le volume butane à déstocker.

La 3<sup>ème</sup> cavité (C3) a été forée et lessivée en 2012, un bassin de stockage d'environ 150 000 m<sup>3</sup> a été construit en remblais-déblais pour accueillir la saumure nécessaire à l'exploitation de cette cavité.

Un dispositif d'étanchéité par géomembrane a été posé dans le cadre d'un marché de travaux avec fourniture et pose d'une géomembrane PEHD de 2 mm d'épaisseur sur un dispositif de contrôle de fuite composé d'un géocomposite de drainage.

La pose de l'étanchéité a été effectuée par un groupement d'entreprises française et marocaine avec un chef de chantier et des soudeurs certifiés ASQUAL.

Antea Group avait une mission d'assistance à maître d'ouvrage et dans ce cadre avait rédigé les prescriptions concernant la construction et la pose de l'étanchéité du bassin (B3).

YGD CONSEIL avait une mission de contrôleur extérieur.

### 3. Le bassin B3

Le bassin de rétention B3 sert au stockage de saumure nécessaire à l'exploitation de la cavité souterraine de stockage de gaz. Les dimensions de la cuvette sont les suivantes :

- Volume total de stockage : 150 000 m<sup>3</sup>.
- Surface totale de plan d'eau en crête de talus : 24 000 m<sup>2</sup>.
- Largeur en crête : 136 m ; Longueur en crête : 175 m.
- Largeur en fond : entre 99,60 et 99,90 m ; Longueur en fond : entre 139,60 m et 140 m.
- Hauteur : environ 9,9 m maxi (du fond de la cuvette à la crête de la digue périphérique).
- Pente interne des digues périphériques comprise entre 21° et 30°.

Le produit stocké est de la saumure avec présence d'hydrocarbures.

### 4. Marché de travaux et contrôle extérieur

Une liste d'étancheurs ayant les certifications ASQUAL requises et des capacités reconnues par les acteurs (assistant à maître d'ouvrage et contrôleur) a été soumise au maître d'ouvrage.

Celle-ci a consulté ces entreprises et le choix s'est porté sur un groupement d'entreprises alliant un étancheur français, RAZEL-BEC étanchéité, et un étancheur marocain, RIEGONOR, présentant aussi

déjà des expériences pour des travaux similaires de pose d'étanchéité par géomembrane et des certifications de soudeur ASQUAL.

Les matériaux proposés, fournis et posés, ont été de bas en haut :

- un géocomposite anti-poinçonnant et de drainage type Drain-tube 800r FT1 D16 AFITEX certifié de masse surfacique 800 g/m<sup>2</sup>,
- une géomembrane lisse PEHD 2 mm ATARFIL certifié,
- un géotextile anti-poinçonnant non tissé aiguilleté P100 certifié fourni par la même société que le géocomposite, de masse surfacique 700 g/m<sup>2</sup>.

Un ouvrage particulier pour le remplissage et la vidange du bassin était prévu, il s'agit d'un diffuseur constitué par un tube en acier de 16 pouces, d'une dalle en béton surmontée d'une tulipe horizontale en acier (Figures 2 et 3).



Figure 2. Vue générale du bassin étanché et du diffuseur



Figure 3. Photo du diffuseur

La pose de la géomembrane et des produits associés s'est effectuée selon les règles de l'art dans le cadre d'un PAD visé par l'Assistant à maître d'ouvrage et le contrôleur extérieur.

Le contrôleur extérieur a réalisé sa mission, avec inspection des travaux, contrôle des produits et des soudures en laboratoire sur prélèvement, examen du dossier d'autocontrôles de l'entreprise de pose, contrôle des doubles soudures et donne un avis favorable en octobre 2011 et en décembre 2011.

## 5. Mise en eau et constats de fuite

La procédure de mise en eau pour la réception de l'ouvrage prévoyait une mise en eau claire, avec suivi d'éventuelles fuites au niveau d'un regard de collecte du réseau de drainage sous membrane.

Lors de cette mise en eau, un débit de fuite s'est établi à environ 40 litres/heure, rendant une réception de l'étanchéité non réalisable (cf. Fig4).

Le CCTP prévoyait une réception définitive après un an de mise en saumure du bassin et l'observation d'un débit de fuite inférieur à 0.5 litre/jour/m<sup>2</sup>.

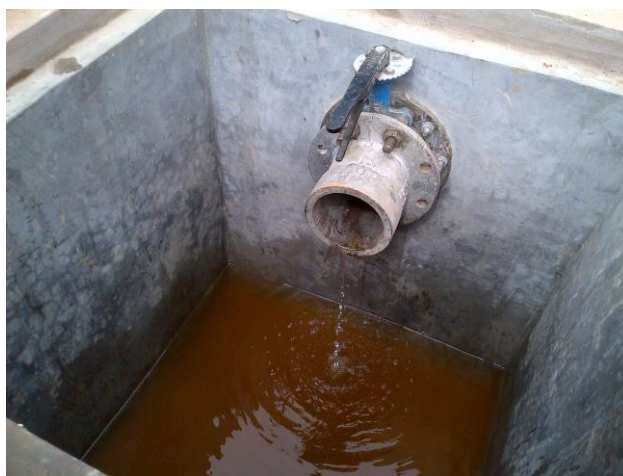


Figure 4. Observation du débit de fuite en sortie de collecteur de drainage sous géomembrane

## 6. 6. Contrôle par méthode dite « du balai électrique »

Il a été alors demandé à l'entreprise de pose d'étanchéité de procéder à un contrôle de l'intégrité de la géomembrane par méthode géophysique électrique.

La société IDUNA environnement a procédé en mars 2012 à un contrôle par *méthode électrique dite « du balai électrique et de la flaque d'eau »*. La méthode consiste à appliquer un courant continu entre le sol du bassin (terre) et le balai, et de parcourir la géomembrane isolante en l'arrosant devant le balai. Toute fuite va fermer le circuit entre le balai et le sol, en créant une étincelle. La géomembrane PEHD est un isolant parfait, les variations de résistivité correspondent donc à des défauts (Fig. 5).

L'intégralité du fond de la cuvette de rétention (14 000 m<sup>2</sup>) a été contrôlée au balai, ainsi qu'une bande de 1 m environ en remontant sur les flancs. Le contrôle représente ainsi un linéaire de 28 km sur 0.5 m de large (Fig. 6).

Une attention particulière a été portée aux soudures et extrusions.

Les fuites détectées ont été localisées au GPS pour leur positionnement ultérieur sur le plan de récolement.

Sur l'ensemble de la surface contrôlée, trois fuites ainsi que plusieurs griffures et poinçonnements ont été observés (Fig. 7).

Ces défauts avaient échappé à la vigilance conjointe effectuée lors du contrôle interne de l'entreprise, de celui du contrôleur extérieur et de celui de l'assistant du maître d'ouvrage réalisé avant mise en eau.

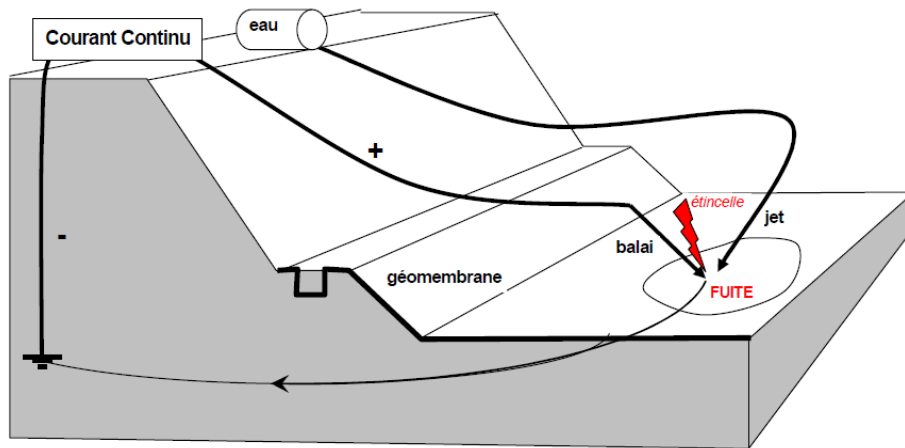


Figure 5. Schéma de principe de la méthode de contrôle électrique

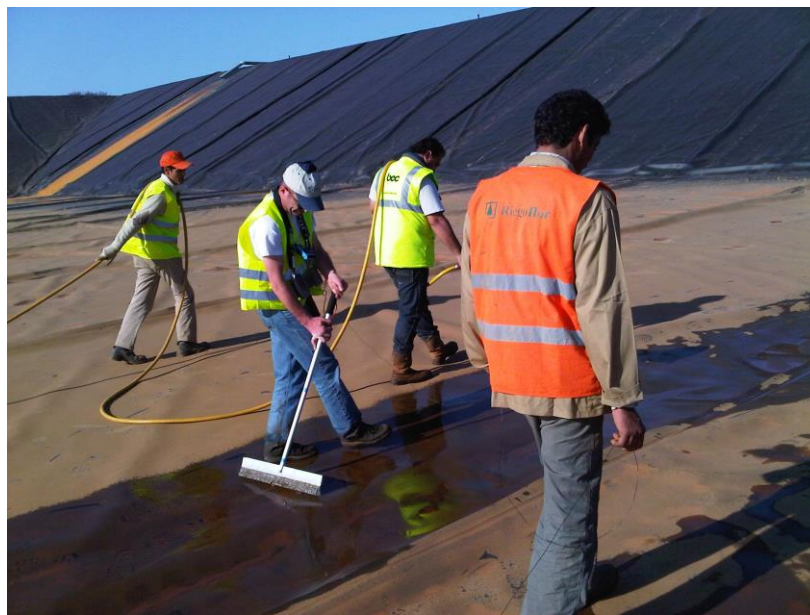


Figure 6. Mise en œuvre du contrôle électrique sur le fond du bassin



Figure 7. Localisation d'une fuite sur point triple

Lors de cette campagne, une fuite électrique avait été localisée proche du diffuseur et a été écartée par l'assistant au maître d'ouvrage, considérant qu'il s'agissait d'un artefact de mesure lié à la présence du tuyau métallique en contact avec une dalle béton support ferrillée.

Les deux défauts d'étanchéité ont été réparés par l'étancheur et contrôlés par le contrôleur extérieur (Figure 8).

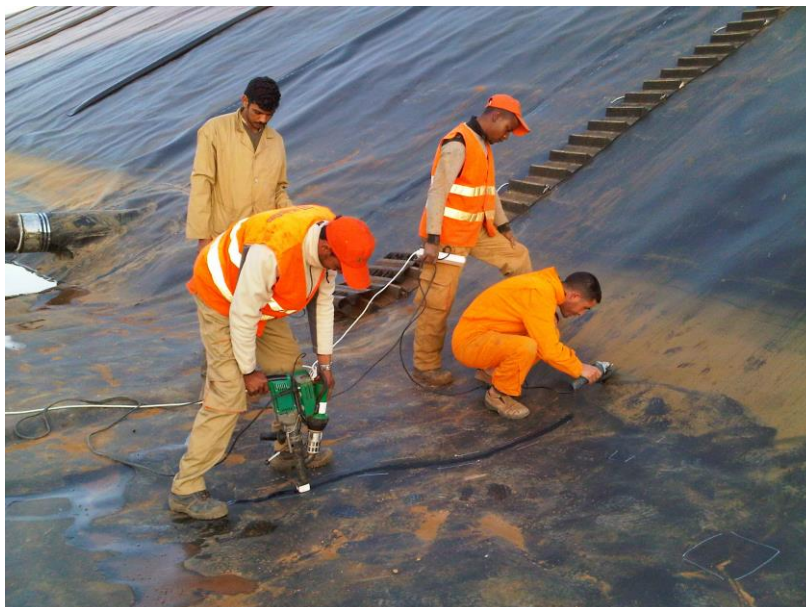


Figure 8. Reprise des défauts d'étanchéité

Une nouvelle mise en eau a été réalisée durant laquelle un débit de fuite plus faible restait constaté.

Une seconde campagne de contrôle électrique a été réalisée sur les flancs du bassin en avril 2014, sans qu'aucune fuite ne soit détectée (Fig. 9).

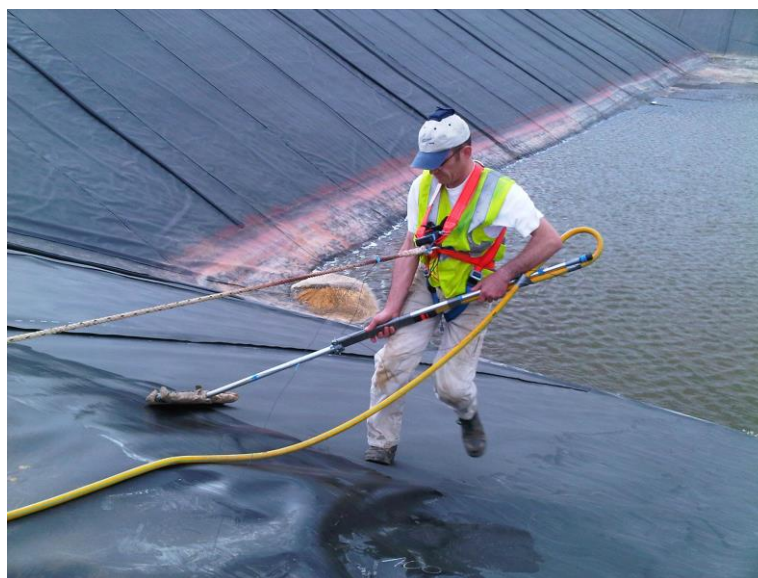


Figure 9. Mise en œuvre du contrôle électrique sur le fond du bassin

En novembre 2012, lors d'une vidange du bassin, il est fait constat d'un début de basculement de la dalle du diffuseur. Force est de constater que l'anomalie électrique détectée au droit du diffuseur n'était pas un artefact de mesure mais correspondait bien à un défaut d'étanchéité avéré sous la dalle béton.

Et le contrôleur extérieur indique : « Si une fuite importante a été générée sous la dalle, c'est bien lors de la mise en œuvre de cette dalle et non lors de l'installation et du soudage de la géomembrane. Cette zone a en effet été inspectée avant mise en place du béton et du ferrailage en décembre et une « fuite importante » aurait été vue ».

## 7. Constat de désordres et travaux de reprise sur le diffuseur

Le diffuseur a été démonté, la dalle support démantelée. Il est procédé aux constats suivants :

- Un trou est relevé dans la géomembrane au droit de la dalle du diffuseur (Figures 10 et 11).
- Après ouverture de la géomembrane et du géocomposite de drainage, le géocomposite de drainage est humide à l'ouverture, le sol forme une dépression et les fines ont disparu.



Figure 10. Opérations de constat des désordres



Figure 11. Défaut lié à un poinçonnement de la géomembrane constaté après démantèlement de la dalle béton

Le support de pose a été repris, ainsi que la continuité du géocomposite de drainage et de la géomembrane, en novembre 2012 (Fig. 12).

Les travaux de reprise ont fait l'objet d'un contrôle supplémentaire par le contrôleur extérieur.



Figure 12. Reprise de l'étanchéité sous le diffuseur

Le bassin a été remis en exploitation avec une réception prononcée en avril 2013.

## 8. 8. Conclusions

L'analyse de ce chantier a permis aussi de montrer que l'étancheur, n'ayant pas suivi une des prescriptions du CCTP qui lui imposait d'être présent sur chantier lors de la construction et la pose du diffuseur (réalisée fin décembre 2011), a eu des conséquences importantes en termes de délais et de coût pour celui-ci.

Le défaut principal générateur de la fuite a été fait lors de la mise en place de la dalle en béton c'est à dire après les 3 niveaux de contrôle : le contrôle interne à l'entreprise, le contrôle extérieur, et le contrôle de l'assistant à maître d'ouvrage.

Le contrôle électrique par la méthode dite « du balai électrique » est particulièrement efficace pour fournir une image à un instant donné et reste complémentaire des contrôles cités ci-dessus qui eux prennent en compte la qualité des matériaux, le respect des dispositions constructives, la résistance mécanique des soudures, la durabilité du dispositif, etc.

## 9. Référence bibliographique

Document technique du CFG (Juin 2003) Présentation de méthodes de détection et de localisation de défauts dans les dispositifs d'étanchéité par géomembranes.