

RÉHABILITATION DE L'ÉTANCHÉITÉ D'UN BASSIN DE STOCKAGE DE SAUMURE SUR LE SITE DE SIDI-LARBI AU MAROC

REHABILITATION OF THE TIGHTNESS OF A BRINE STORAGE BASIN ON THE SIDI-LARBI SITE IN MOROCCO

Jean-Frédéric OUVRY¹, Khalid BAGHRI².

¹ ANTEA, Orléans, France

² SOMAS, Mohammedia, Maroc

RÉSUMÉ – La cuvette (ou bassin) de rétention C1 Sidi Larbi au Maroc a été réalisée en 1976. Elle sert au stockage de saumure nécessaire à l'exploitation par la Société SOMAS de la cavité souterraine de stockage de gaz C1. Ses dimensions approximatives sont les suivantes : Largeur en crête 142 m - Longueur en crête 182 m - Largeur en fond entre 105,50 et 111,30 m - Longueur en fond entre 149 m et 155 m. Les travaux de rénovation de cette cuvette faisaient suite à ceux réalisés en 2005 sur la cuvette C2. Des enseignements en ont été tirés pour la rédaction du nouveau cahier de prescriptions spéciales. Les travaux de rénovation de la deuxième cuvette comprenaient l'enlèvement d'un encroûtement de sel d'environ 1 m à 1,50 m d'épaisseur en fond de bassin sur la géomembrane, la réalisation d'une aire de stockage pour ce sel avec pose d'étanchéité par géomembrane, l'enlèvement de la géomembrane EPDM existante, le reprofilage du fond et des talus de la cuvette, la pose d'un horizon de drainage de contrôle de fuite comprenant un géocomposite de drainage, la pose d'une géomembrane d'étanchéité PEHD 2 mm. Les travaux ont été réalisés par un groupement d'entreprises comprenant: un terrassier marocain, un étancheur français avec une certification de chef de chantier et soudeur. L'assistance au Maître d'Ouvrage était assurée par ANTEA. Le contrôle des travaux de pose d'étanchéité était effectué par un BE de contrôle extérieur (APAVE).

Mots-clés : Bassin, Stockage, Etanchéité, Géomembrane, Contrôle.

ABSTRACT – The retention basin C1 Sidi Larbi in Morocco was constructed in 1976. It is used to store the brine necessary for the operation of the C1 gas storage underground cavity by the SOMAS Company. The size of the basin will be approximately: top width 142 m – top length 182 m - bottom width between 105.50 and 111.30 m – bottom length between 149 m and 155 m. The renovation works on the second basin included the removal of a salt crust, the thickness of which was between 1 to 1.5 m at the bottom of the basin on top of the geomembrane, the construction of a storage area lined with a geomembrane for salt storage, the removal of the existing EPDM geomembrane, the reshaping of the bottom and slopes of the basin, the laying of a drainage horizon for leak control including a drainage geocomposite, the laying of a watertight PEHD 2 mm geomembrane. Renovation works on the C1 retention basin occurred after renovation works on the C2 retention basin in 2005, the teachings of which resulted in the drafting of a new special instructions book. Renovation works were performed by a partnership including a Moroccan earthwork contractor, a French geomembrane installation contractor with a construction superintendent certification and a welder certification. ANTEA provided assistance to the project owner in the conception and supervision of the renovation works. Geomembrane laying operations were controlled by a consulting engineer from APAVE.

Keywords: Basin, Storage, Tightness, Geomembrane, Control.

1. Introduction

L'opération de réhabilitation de la cuvette de rétention C1 a été réalisée dans un contexte industriel dans un objectif de protection de l'environnement. Les travaux effectués sont une reprise de l'étanchéité par géomembrane existante avec une nouvelle étanchéité. Le présent article décrit le contexte et les modalités de réalisation de ces travaux.

2. Contexte de l'opération

La SOMAS a été créée par l'Etat Marocain en 1973, en vue de disposer d'un outil de stockage souterrain, pour des raisons d'économies 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).

Le terminal gazier du port de Mohammedia peut recevoir des navires butaniers réfrigérés de 20 000 à 48 000 tonnes de butane (avec un déchargement de 500 t/heure) et, dans le port intérieur, des butaniers sous pression de 2 000 à 6 000 t (déchargement de 100 à 300 t/heure).

Des canalisations relient le port à la station de pompage et aux citernes tampons sur le site d'exploitation de Mohammedia, puis à deux cavités de stockage (cavernes de sel gemme situées à - 500 m par rapport au niveau du sol) localisées sur le site de stockage de Sidi Larbi (Province de Ben Slimane). Ces pipelines sont également directement reliés au Centre remplisseur de Butagaz et au dépôt de Maghreb Gaz (Mohammedia) permettant des livraisons directes.

La SOMAS dispose à Mohammedia de 3 bras de chargement qui permettent le remplissage de 4 camions-citernes par heure.

La société dispose actuellement de deux cavités à Sidi Larbi, dotant le pays d'une capacité de stockage de 110 000 tonnes, soit une autonomie nationale d'un mois.

Depuis sa privatisation en 1996, la société n'a cessé de se développer. Elle occupe actuellement une place importante dans la chaîne d'approvisionnement du GPL au Maroc puisqu'elle assure près de 60 % (700 000 t/an) de l'approvisionnement et du stockage primaire de butane.

3. La cuvette C1

La cuvette (ou bassin) de rétention C1 SIDI LARBI a été réalisée en 1976. Elle sert au stockage de saumure nécessaire à l'exploitation de la cavité souterraine de stockage de gaz. Les dimensions approximatives de la cuvette sont les suivantes :

- Volume total de stockage 120 000 m³.
- Surface totale de plan d'eau en crête de talus : 25 830 m².
- Largeur en crête : 142 m ; Longueur en crête : 182 m.
- Largeur en fond : entre 105.50 et 111.30 m ; Longueur en fond : entre 149 m et 155 m.
- Hauteur de 6.5 m environ (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. État de la cuvette avant travaux

La cuvette C1 est réalisée en remblai/déblai. L'étanchéité initiale posée en 1976 est en EPDM avec un horizon de contrôle drainant sous l'étanchéité. L'étanchéité par géomembrane, après 30 ans, commençait à présenter des signes de vieillissement obligeant le maître d'ouvrage à intervenir. De plus, le système de contrôle de fuite par drainage sous-jacent commençait à laisser apparaître de légères fuites (Figures 2 et 3).

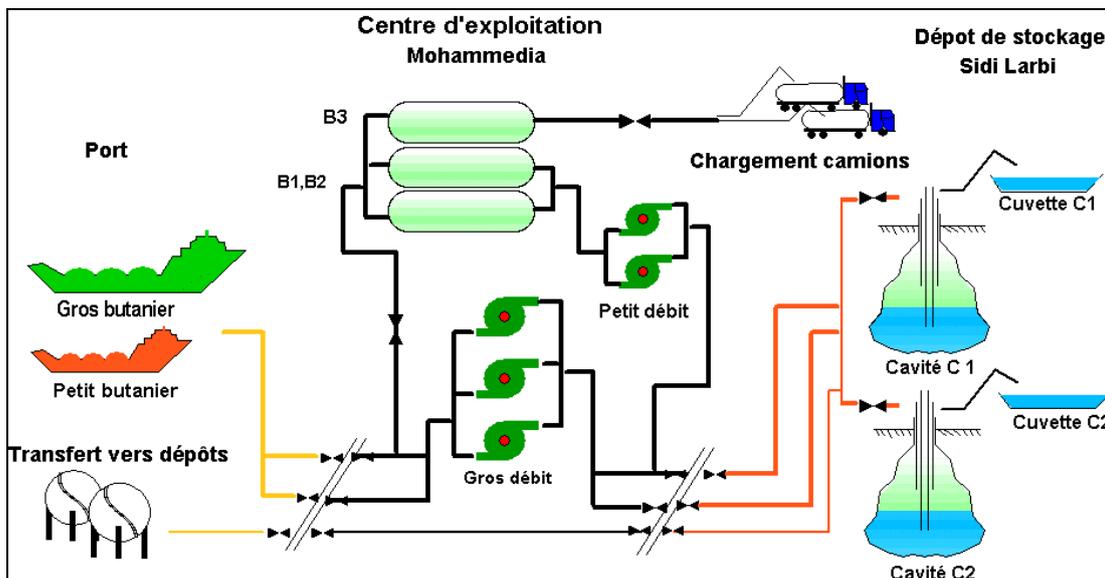


Figure 1. Schéma du dispositif de stockage de gaz



Figure 2. Vue générale de la cuvette C1



Figure 3. Exutoire du drainage de contrôle sous géomembrane

5. Enseignements tirés du chantier de reprise d'étanchéité de la Cuvette C2 et d'un Cahier de Prescriptions Spéciales

La réalisation du chantier de rénovation de l'étanchéité de la cuvette C2 en 2005 avait permis à l'Assistant du Maître d'ouvrage et au Contrôleur de tirer des enseignements concernant les prescriptions de géosynthétiques et l'organisation du chantier.

Le Cahier de Prescriptions Spéciales (CPS) qui a été rédigé par ANTEA pour les travaux de rénovation de cette cuvette de rétention de saumure a pris en compte ces enseignements.

Les travaux ont pour objectif de rétablir l'étanchéité de la cuvette.

Les travaux décrits comprenaient :

- des travaux de dépose des équipements existants, enlèvement et évacuation de la géomembrane EPDM et du sel sédimenté sur le fond sur environ 1,50 m d'épaisseur ;
- la création d'une aire de stockage étanchée par géomembrane pour le stockage d'environ 4 200 m³ de sel ;
- des travaux de terrassement pour reprendre les parements des digues internes ;
- des points d'arrêt pour l'observation de l'état des supports ;
- des éventuels travaux de reprise et de réfection des talus périphériques de la cuvette ;
- des travaux liés à la pose d'un système de drainage sous géomembrane ;
- des travaux de pose d'étanchéité par géomembrane PEHD.

Le système de drainage sous géomembrane a pour objectif de permettre de récupérer la saumure en cas de défaillance de l'étanchéité par géomembrane.

Les prescriptions sur les matériaux d'étanchéité à fournir concernaient :

- une géomembrane PEHD de 2 mm d'épaisseur, plus épaisse que celle utilisée pour la rénovation de la cuvette C2 (1,5 mm),
- un géotextile anti-poinçonnant avec des valeurs seuils de résistance au poinçonnement et de résistance à la traction.

Les prescriptions sur les matériaux constituant l'horizon de drainage sous géomembrane à fournir concernaient :

- les drains et collecteurs à poser en tranchée,
- les cailloux de drainage,
- le géocomposite de drainage plan avec des valeurs seuils sur la capacité de drainage sous un gradient et une charge donnée, la résistance en traction, l'épaisseur, l'ouverture de filtration du géotextile associé,
- le géotextile de filtration avec des valeurs seuils sur l'ouverture de filtration, la perméabilité et la résistance à la traction.

Une particularité de ce CPS, préparé pour un chantier au Maroc, était d'imposer :

- une certification ASQUAL* sur la géomembrane et les géotextiles de filtration et de protection,
- la présence d'un chef de chantier et de soudeurs certifiés ASQUAL* pour les phases de chantier de pose de l'étanchéité par géomembrane,
- la rédaction, dès la remise de l'offre, d'un Schéma Organisationnel Pour l'Assurance de la Qualité (SOPAQ),
- la déclaration, dès la remise de l'offre, des produits manufacturés proposés (géomembrane, géotextile, géocomposite de drainage).

Le CPS comprenait aussi des prescriptions concernant :

- le traitement des points particuliers (passage d'une tuyauterie d'alimentation en saumure, ancrage, ...),
- les contrôles et essais,
- les procédures de réception des travaux d'étanchéité.
- le nombre de personnes autorisées simultanément sur le site (15 individus) pour des raisons de sécurité.

6. Marché de travaux

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 à la SOMAS.

Celle-ci a consulté ces entreprises et le choix s'est porté sur un groupement d'entreprises alliant un étancheur français, SOTRAP, et une entreprise de terrassement marocaine, JALOUAJA, présentant aussi déjà des expériences pour des travaux similaires de pose d'étanchéité par géomembrane.

Les matériaux proposés, fournis et posés ont été :

- une géomembrane PEHD 2 mm GSE HD 20 avec un certificat ASQUAL,
- un géotextile anti-poinçonnant, non tissé aiguilleté de filaments continus, en polypropylène BIDIM P50 avec certificat ASQUAL,
- un géocomposite de drainage INTERMAS GM512 et un géotextile de filtration BIDIM S 42.

7. Stockage du sel

Une aire de stockage du sel s'apparentant plutôt à un casier de stockage a été réalisée (Figure 4) avec une étanchéité par géomembrane PEHD 2 mm.



Figure 4. Aire de stockage pour le sel

Le sel a été extrait de la cuvette C2 (Figure 5) et mis en place directement sur la géomembrane.



Figure 5. Extraction du sel dans la cuvette C1

Après mise en place du sel, celui-ci a été couvert provisoirement par un film PE armé de 280 μm d'épaisseur traité anti-UV de type COVERTEX 315 (Figure 6). La couverture a été lestée par des boudins constitués par de la géomembrane PEHD remplie de sable.



Figure 6. Aire de stockage du sel avec couverture en film PE

8. Rénovation de la cuvette C1

Les particularités de ce chantier ont été :

- la mise à disposition par l'entreprise marocaine d'engins pour les travaux de préparation du support de pose de la géomembrane et les travaux de manutention (Figures 7 et 8),
- la mise en place de réunions tous les quinze jours en présence d'un ingénieur assistant du Maître d'Ouvrage et du contrôleur extérieur,
- des réunions de chantier hebdomadaires entre l'Entreprise et le Maître d'Ouvrage,
- un suivi du chantier journalier par le personnel du Maître d'Ouvrage en respect des consignes données par l'assistant du Maître d'Ouvrage.

Un soin particulier a été demandé à l'entreprise dans le traitement des points particuliers comme celui concernant la tuyauterie d'arrivée et de reprise de la saumure (Figure 9).

Il est à remarquer que le groupement d'entreprises a produit les documents d'exécution (plans, demande d'agrément, notes de calcul) et les documents de contrôle conformément au CPS dans des délais raisonnables.

Le chantier a duré 3 mois de mai 2007 à juillet 2007. La figure 10 présente l'ouvrage terminé.



Figure 7. Préparation du fond de forme avec réalisation des tranchées drainantes



Figure 8. Pose de l'étanchéité par géomembrane PEHD 2 mm sur le géotextile anti-poinçonnant



Figure 9. Traitement du point singulier de raccordement de l'étanchéité sur la tuyauterie 14" d'amenée de la saumure



Figure 10. Ouvrage terminé après la pose de l'étanchéité

9. Contrôle des travaux

Compte tenu du contexte de la réhabilitation de cette cuvette, la SOMAS a souhaité mettre en place différents niveaux de contrôle afin de valider les choix techniques et la mise en œuvre du DEG.

Dans cette optique, les contrôles ont été les suivants :

- validation du CPS (Cahier des Prescriptions Spéciales) de la société ANTEA par le bureau de contrôle APAVE,
- avis techniques concernant les propositions des entreprises par ANTEA et APAVE,
- validation du PAQ de l'entreprise retenue,
- réception du support de l'étanchéité,
- contrôles sur site et en laboratoire des matériaux livrés,
- contrôles sur site de l'exécution des travaux,
- réception du DEG avant mise en eau,
- vérification de l'étanchéité de la cuvette par mise en eau,
- vérification et validation du dossier de récolement de l'entreprise.

9.1. Validation du CPS et vérification des dossiers techniques des entreprises

L'objectif est de vérifier que les matériaux choisis ainsi que les moyens de mise en œuvre et de contrôle sont de nature à garantir l'étanchéité à long terme du dispositif.

Il a notamment été demandé dans le CPS, puis vérifié dans les offres, que tous les géosynthétiques soient certifiés ASQUAL et que l'entreprise dispose, outre une expérience notoire dans la mise en œuvre des géomembranes PEHD, des certificats ASQUAL en soudage et en responsabilité de chantier en nombre suffisant, pour garantir la continuité et la qualité des travaux.

9.2. Validation du PAQ de l'entreprise

Cette phase du contrôle est primordiale car elle conditionne la suite des travaux. En effet, toute disposition figurant dans le PAQ doit être appliquée en cours de travaux. Il est donc indispensable de faire préciser les moyens, les procédures et les critères qu'adoptera l'entreprise. Seuls les personnels certifiés ASQUAL ont été habilités non seulement à souder mais à gérer l'installation des géosynthétiques.

9.3. Contrôle de l'état du support

Une première inspection du support a eu lieu après la dépose de la précédente membrane EPDM. Le support est essentiellement constitué de sable et a subi très peu de dégradations lors de la dépose de la géomembrane. Quelques zones, notamment en talus, ont nécessité une reprise afin donner une pente unique au talus. D'une manière générale, ce support est de bonne qualité. Une attention particulière a été portée à la tranchée d'ancrage.

9.4. Contrôles effectués sur site

Les contrôles sur site ont été opérés par l'entreprise (100 %), par le bureau de contrôle (environ 80 %), par l'assistant au Maître d'Ouvrage et par le personnel du Maître d'Ouvrage présents sur site en permanence (opérateurs du site et responsables).

L'installation et la manutention ont donné lieu à des dispositions particulières.

Lors de la construction de l'ouvrage de dissipation, l'entreprise de terrassement a roulé avec un engin sur la géomembrane, endommageant celle-ci. L'assistant au Maître d'Ouvrage et le contrôleur ont donc demandé le remplacement de la zone de géomembrane marquée par l'engin (Figure 11).



Figure 11. Endommagement de la géomembrane dû à la circulation d'un engin

L'étanchéité présente quelques rustines, notamment en bas des angles ainsi que dans la fosse située au point bas. Les soudures par extrusion ont été systématiquement testées à la pointe sèche afin de détecter d'éventuelles amorces de décollement et à la cloche à vide afin de vérifier leur étanchéité.

Des essais mécaniques en traction-pelage ont également été réalisés sur les soudures conformément aux prescriptions du CPS. L'entreprise avait notamment à sa charge la réalisation d'un essai normalisé tous les 1 000 m de soudure et des essais sur site à chaque démarrage des opérations de soudage. Tous les facteurs de soudage (FS) calculés en traction-pelage ont été supérieurs à 0,76 (critère demandé : 0,70). Le facteur de soudage est le rapport entre la résistance mesurée sur la soudure et la résistance mesurée sur la géomembrane sans soudure.

Des prélèvements de soudure ont été effectués lors des visites de contrôle. Les échantillons ont été testés au sein du laboratoire du CETE APAVE SUDEUROPE, accrédité par le COFRAC pour le programme 146 relatif aux essais sur géomembrane. Les essais réalisés ont été principalement en traction-pelage selon la norme NFP 84-502 (2) et quelques essais ont été réalisés en traction-cisaillement selon la norme NFP 84-502 (1).

9.5. Vérification du dossier de récolement

Un dossier de fin de travaux a été remis par l'entreprise. Celui-ci comprend :

- le Plan d'Assurance Qualité,
- les fiches d'agrément des matériaux,
- les fiches de réception des matériaux (contrôles usine),
- les plans (topographie, profils, ouvrages particuliers, ...),
- les relevés d'essais mécaniques sur soudure (réglages machines et prélèvements sur site),
- les fiches de contrôle en pression des doubles soudures,
- une fiche de non-conformité,
- le plan de récolement.

Un rapport de contrôle reprenant l'historique du chantier et des avis formulés ainsi que tous les résultats d'essais (avec courbes) a été transmis au Maître d'Ouvrage en fin de mission.

10. Conclusions

Les conclusions sont les mêmes que celles déjà fournies lors des Rencontre 2006 lors de la présentation de la rénovation de la cuvette C2.

Le chantier de rénovation de l'étanchéité de la cuvette de rétention de saumure de Sidi Larbi au Maroc montre l'importance de chacun des acteurs dans la réussite d'un projet de pose d'étanchéité avec :

- une assistance à Maître d'Ouvrage avec la préparation d'un CPS, l'assistance à la passation du marché de travaux, la conduite de l'exécution des travaux et l'assistance à la réception des travaux,
- un groupement d'entreprises qui déclare les produits géosynthétiques dès la remise de son offre et met à disposition sur chantier un chef de chantier et un soudeur compétents et certifiés ASQUAL,
- un contrôle des travaux de pose d'étanchéité strict interne, et extérieur avec un contrôleur qui intervient dès la rédaction du CPS,
- un Maître d'Ouvrage qui s'implique dans le suivi des travaux, en faisant appliquer à la lettre les consignes données par son assistant et son contrôleur.

On peut aussi conclure que la certification ASQUAL* peut s'exporter sur des chantiers dont le risque industriel et environnemental permet d'en supporter le coût.

ASQUAL* : Association pour la promotion de l'Assurance Qualité, 14 rue des Reculettes, 75013 PARIS (organisme certificateur des géosynthétiques et applicateurs de géomembrane)