

REHABILITATION DE L'ÉTANCHEITE 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, Yves GERARD², Khalid BAGHRI³.

1 ANTEA, ORLEANS, FRANCE

2 APAVE, TASSIN, FRANCE

3 SOMAS, MOHAMMEDIA, MAROC

RÉSUMÉ – 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. Des travaux de rénovation de cette cuvette ont été effectués fin 2001 par des entreprises non spécialisées, et un contentieux pour non étanchéité a été mis en route par l'exploitant après le constat d'une perte importante de saumure. Une expertise a été demandée en 2003 à l'APAVE et à ANTEA pour déterminer les causes des désordres et proposer les solutions de réhabilitation en terme d'étanchéité. Les solutions de réhabilitation ont été mises en œuvre par un groupement d'entreprises spécialisées, à partir d'un cahier de prescriptions particulières et sous un contrôle strict.

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

ABSTRACT – The retention basin C1 SIDI LARBI was constructed in 1976. It is used to store the brine necessary for the exploitation of the gas storage underground cavity. Renovation works on the basin were performed at the end of 2001 by companies not specialised in this particular field. After establishing a heavy loss of brine, litigation was engaged by the operator. An expertise from APAVE and ANTEA was demanded in 2003 in order to determine the causes of the defect and to offer rehabilitation solutions relative to the tightness of the basin. The rehabilitation solutions were undertaken by a group of specialised companies based on proper specifications and under strict control.

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

1. Introduction

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 (cf. Figure 1).

Le terminal gazier du port de Mohammedia peut recevoir des navires butaniers réfrigérés de 20 000 à 48 000 tonnes de Butane (t) (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 pipes connectent 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 une profondeur de 500 m par rapport au niveau du sol) localisées sur le site de stockage à Sidi Larbi (Province de Ben Slimane). Ces pipes 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.

2. 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 130 000 m³.
- Surface totale de 20 760 m².
- Hauteur de 10 m environ (du fond de la cuvette à la crête de la digue périphérique).
- Pente interne des digues périphériques à 30°.

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

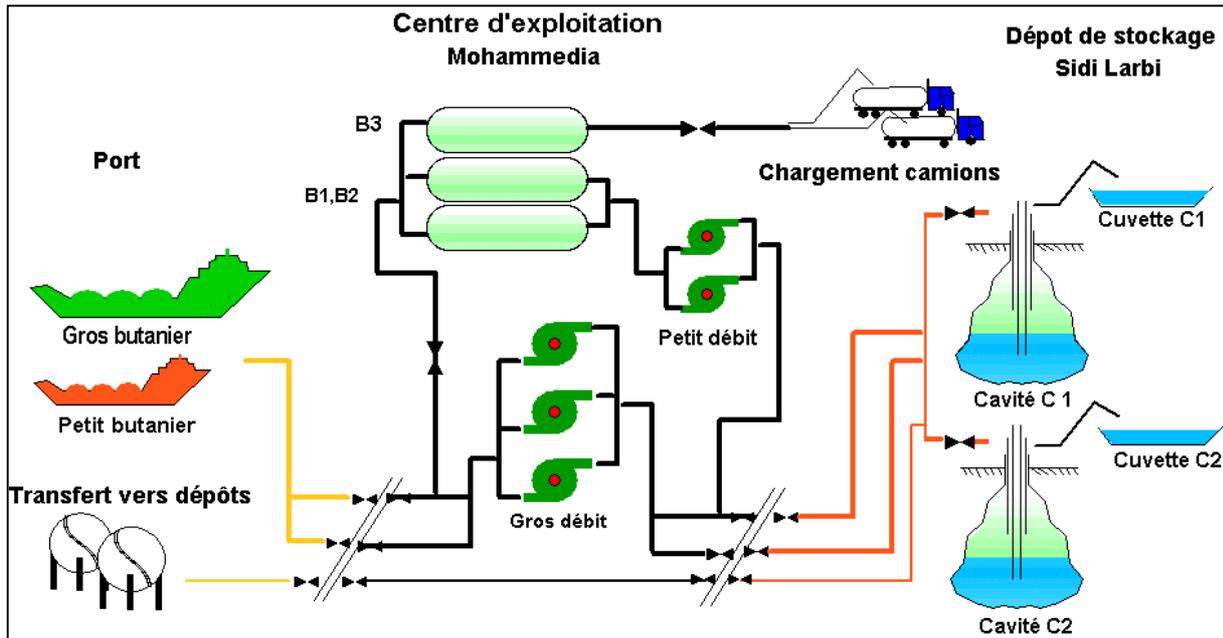


Figure 1. Schéma du dispositif de stockage de gaz.

3. Constat des désordres

Des travaux de rénovation de cette cuvette ont été effectués fin 2001. Ils comprenaient entre autres :

- la reprise des talus internes des digues,
- la réalisation d'un réseau de drainage de contrôle sous l'emprise en fond du bassin,
- la pose d'une nouvelle géomembrane bitumineuse (étanchéité initiale en EPDM).

Les travaux ont été réalisés par des entreprises non spécialisées, et un contentieux pour non étanchéité a été mis en route par l'exploitant après le constat d'une perte importante de saumure.

Une expertise a été demandée en 2003 à l'APAVE et à ANTEA pour déterminer les causes des désordres et pour proposer les solutions de réhabilitation en terme d'étanchéité.

Il a été constaté:

- que l'étanchéité est réalisée avec une membrane bitumineuse destinée à l'étanchéité de terrasse posée en lés de 2 m de large environ sur toute la surface du bassin (fond et talus périphériques),
- des décollements généralisés des soudures entre lés en partie basse de talus, (photo n°1)
- des soudures horizontales (jonctions entre lés) en milieu de talus,
- des recouvrements entre lés de géomembrane insuffisants en fond de bassin.



Photo 1. Détails des soudures sur membrane bitumineuse lors de l'expertise.

4. Rédaction d'un Cahier de Prescriptions Spéciales

Un Cahier de Prescriptions Spéciales (CPS) a été rédigé par ANTEA pour les travaux de rénovation de cette cuvette de rétention de saumure.

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 bitumineuse et du sel sédimenté sur le fond,
- 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 1,5 mm d'épaisseur,
- un géotextile antipoinçonnant 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.

5. Marché de travaux et suivi de l'exécution des 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 générale Marocaine, VALMONT, 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 1,5 mm GSE avec un certificat ASQUAL,
- un géotextile antipoinçonnant, non tissé aiguilleté de filaments continus, en polypropylène P50 avec certificat ASQUAL,
- un géocomposite de drainage Spacer DC 501 E et un géotextile de filtration S 42.

Ces deux derniers produits ont été fournis par la société BIDIM.

Les particularités de ce chantier ont été :

- la mise à disposition par l'entreprise Marocaine d'une main d'œuvre importante pour les travaux de préparation du support de pose de la géomembrane et les travaux de manutention (photos 2 et 3),
- la mise en place de réunions tous les quinze jours en présence d'un ingénieur Assistant 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 (photo 4).

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.



Photo 2. Préparation du fond de forme.



Photo 3. Pose de l'étanchéité par géomembrane PEHD 1,5 mm sur le géotextile anti-poinçonnant.



Photo 4. Traitement du point singulier de raccordement de l'étanchéité sur la tuyauterie 14" d'amenée de la saumure.



Photo 5. Ouvrage terminé après la pose de l'étanchéité.

Le chantier a duré 5 mois de juillet 2005 à novembre 2005. La photo n°5 présente l'ouvrage terminé.

6. 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.

6.1. 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.

6.2. 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.

6.3. Contrôle de l'état du support

Une première inspection du support a eu lieu après la dépose de la précédente membrane bitumineuse. 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 pied de talus et dans un angle, ont nécessité un « nettoyage » afin d'enlever les quelques éléments les plus grossiers. D'une manière générale, ce support est de bonne qualité. Une attention particulière a été portée à la tranchée d'ancrage.

6.4. 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. L'entreprise chargée du terrassement n'ayant pas voulu aménager une rampe d'accès à l'intérieur du bassin se posait le problème de l'approvisionnement des rouleaux de PEHD pour une partie des talus et le fond de bassin. Dans le cadre de la mission de contrôle, nous avons refusé la découpe des lés en dehors de l'emprise de l'ouvrage et leur transport. Cette disposition présentait en effet un risque d'endommagement du PEHD par pliures et celui de perte de traçabilité des rouleaux.

Un camion grue a donc été dépêché sur site, après de longues négociations, ...

Trois visites de contrôle extérieur ont été effectuées sur cet ouvrage permettant la réalisation d'environ 80 % des essais en pression des doubles soudures. Les pressions de contrôle étaient de l'ordre de 2,5 bars. Aucune non-conformité n'a été relevée lors de ces tests, à l'exception d'une soudure en talus dont le recouvrement insuffisant en pied de talus n'a pas permis de tester la totalité de la

longueur (environ 2 m sans canal de contrôle). En accord avec le Maître d'Ouvrage, cette soudure a été supprimée et remplacée par une bande de 3 m de large sur toute la hauteur du talus.

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 (photo n°6).



Photo 6. Contrôle à la cloche à vide.

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) (cf. tableau n°1). Le facteur de soudage est le rapport entre la résistance mesurée sur la soudure et la résistance mesurée sur la géomembrane sans soudure.

Tableau 1 : Exemple de résultats d'essais mécaniques réalisés sur site

Soudure F6 Côté Ouest	Pelage côté extérieur	Mode de rupture	Conformité	Pelage côté intérieur	Mode de rupture	Conformité
Essai 1	20 kN/m	Déchirure	Conforme	23,5 kN/m	Déchirure	Conforme
Essai 2	23 kN/m	Déchirure	Conforme	25 kN/m	Déchirure	Conforme
Essai 3	23 kN/m	Déchirure	Conforme	24,5 kN/m	Déchirure	Conforme
Moyenne	22 (Fs=0,78)		Conforme	24 (Fs=0,87)		Conforme
Pour une résistance de la géomembrane mesurée de 28.2 kN/m						

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) (cf. figure n°2)

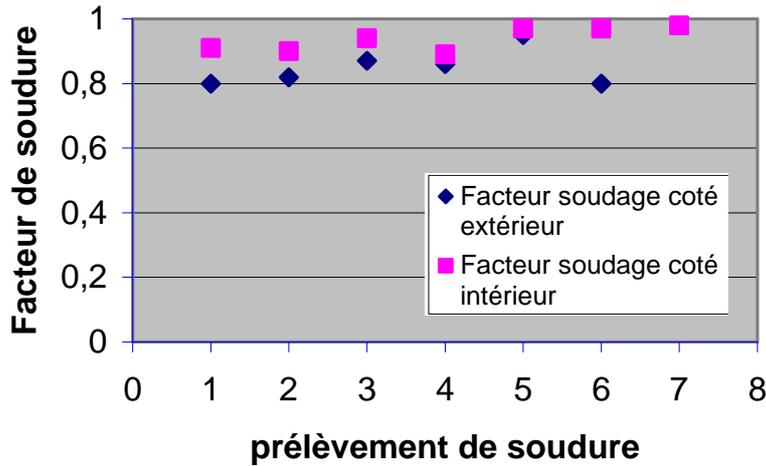


Figure 2. Graphique des facteurs de soudure mesurés en contrôle.

6.5. 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.

7. Conclusions

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 stricte 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)