

Stockages d'eau potable de grande capacité par couverture flottante et géomembrane en PVC¹ : l'expérience corse

Paul-Félix Benedetti ^a, Daniel Fayoux ^b, Sébastien Verbrugge ^c et Gaétan Potié ^d

Comme de nombreuses régions touristiques, et même si la construction immobilière des côtes a été relativement contrôlée, la Corse est confrontée chaque année à l'explosion de la population sur des sites qui n'étaient autrefois que des petits villages. La Corse culminant à 2 700 m d'altitude, les précipitations sont assez importantes en hiver, assurant une ressource en eau bien plus abondante que les besoins. Par contre, en été, le débit des cours d'eau et des sources est très réduit, voire nul, alors que les besoins sont multipliés par dix ou plus. Il est donc indispensable de stocker des volumes d'eau importants l'hiver pour en disposer pendant la saison touristique, en particulier en juillet et août où la fréquentation est maximale et la ressource en eau au plus bas.

Ceci nécessite des volumes de stockage très importants. La dernière réalisation dans ce domaine, à Cargèse, en 2008, est l'un des plus importants stockages d'eau potable d'Europe. De plus, ces stockages doivent être couverts, pour maintenir la qualité de l'eau pendant la longue période de stockage et éviter des traitements coûteux au moment de l'utilisation.

La capacité financière des communes concernées étant réduite, il a donc été nécessaire de développer des techniques originales et économiques, grâce à l'emploi des géosynthétiques. La démarche a été conduite de façon progressive, en profitant des expériences acquises, pour arriver maintenant à une technique pleinement opérationnelle.

Retour d'expérience : le réservoir de Salvi

Le réservoir de Salvi est la première réalisation de ce type entreprise en Corse. Sa construction débute en 1980 et dure trois ans. Il est destiné à l'alimentation de la haute corniche en Balagne entre Calvi et Ile Rousse.

Description

Le réservoir est terrassé en remblai/déblai, et son étanchéité est assurée par une membrane PVC Tarlon 1,5 mm. La protection du stockage est assurée par une couverture en béton, reposant sur 88 piliers sur semelles fondées sur le sol. Le coût de cette couverture et ses délais d'exécution sont considérables. De plus, la multitude de poteaux est génératrice de difficultés à la mise en œuvre et de fuites.

Suite à des défauts probables de la formulation et bien que la géomembrane soit protégée des ultraviolets par le toit en béton, la géomembrane doit être remplacée. La présence des piliers est une occasion de fuites et aggrave l'effet du vieillissement de la géomembrane. En outre, les murs très proches des ancrages, ainsi que l'emploi de boulonnerie et de plats d'ancrages non inoxydables (et qui sont maintenant totalementement corrodés) compliquent et accroissent le coût du remplacement de la géomembrane.

Caractéristiques de l'ouvrage

- Dimensions extérieures du bâtiment : 91 x 91 m (surface au sol des bâtiments : 8 281 m²).

1. Polychlorure de vinyle.

Les contacts

a. OEHC, Office d'équipement hydraulique de la Corse, avenue François Giacobbi, 20600 Bastia.
b. APPLIGEO, 122 Route Nationale 10, 86220 Les Ormes.
c. SOTRAP-ATG, 27 rue Édouard Blomme, 59393 Wattrelos Cedex.
d. RENOLIT France, Roissy Pôle Le Dôme, 5 rue de La Haye, BP 10943, 95733 Roissy en France Cedex.

► Figure 1 – Vue d'ensemble du réservoir de Salvi : couverture en béton sur stockage en géomembrane. Le réservoir est carré (91 x 91 m) ; la toiture comprend trois niveaux pour améliorer l'intégration au paysage.



► Figure 2 – Intérieur du réservoir de Salvi : forêt de poteaux supportant les 8 300 m² de couverture en béton.



- Dimensions du bassin en crête : 90 x 90.
- Dimensions en pied : 62 x 62.
- Pente talus : 2/1.
- Hauteur talus : 7 m.
- Hauteur d'eau maximum : 6,60 m.
- Capacité théorique : 40 000 m³.
- Capacité pratique : 37 000 m³.
- 88 piliers sur semelles. Une ligne de piliers en milieu de talus.
- Toiture terrasse en trois niveaux, pour une meilleure intégration au site.

Enseignements tirés de l'ouvrage de Salvi

Les conclusions tirées de ce premier ouvrage sont de deux types.

- À court terme :
 - l'emploi d'un stockage terrassé avec étanchéité par géomembrane a permis de réduire considérablement le coût par rapport à un ouvrage de même capacité intégralement réalisé en béton ;

– mais le prix de la couverture en béton (20 MF valeur 1994) est prohibitif pour les communes de Corse dans le contexte actuel.

- À long terme :

– on constate que l'emploi de boulonnerie et plats d'ancrage en acier galvanisé au lieu de l'inox est une mauvaise économie, rendant plus difficiles et plus coûteuses les opérations de maintenance et qui se traduira par un surcoût très supérieur à l'économie initiale lors des opérations de renouvellement de l'étanchéité (la fixation est indémontable, elle devra être arrachée et le béton en crête devra être refait et raccordé à la structure existante) ;

– pour l'entretien et le renouvellement éventuel, il est nécessaire de prévoir une largeur suffisante en crête pour travailler.

L'OEHC (alors SOMIVAC²) a donc recherché un dispositif de stockage et de protection entièrement constitué par géomembranes. L'une des difficultés à résoudre était de trouver une géomembrane qui permette un stockage de six mois sans donner aucun goût à l'eau stockée. L'autre problème était de trouver un dispositif économique et assurant la protection de l'eau, quel que soit le remplissage de la réserve, ce qui a conduit l'OEHC vers la solution utilisant une géomembrane et une couverture flottante.

Structure des stockages par géomembrane avec couverture flottante

Après de longues discussions avec des producteurs, installateurs et bureaux d'études, l'OEHC a élaboré, avec Geosyntec Consultants, la solution de réservoirs étanchés par géomembrane avec

couverture flottante. Cette solution a été testée pour la première fois à Rogliano.

Principe de fonctionnement – La gorge de mise en tension

Le réservoir est un bassin terrassé semi-enterré, étanché par une géomembrane PVC homogène, agréée pour le contact avec l'eau potable. La couverture est une géomembrane PVC armée qui est installée sur la première. Les deux géomembranes sont ancrées en tête sur une longrine béton, par une platine et de la boulonnerie inox (figure 10).

L'eau est stockée entre la géomembrane inférieure et la couverture. Lorsque le niveau d'eau s'élève, la surface apparente de la couverture diminue.

Pour éviter des plis aléatoires, un dispositif assure une légère mise sous tension de la couverture quel que soit le niveau de remplissage. Ce dispositif, dit « gorge de mise en tension », est constitué par une ligne de lest continue (« tube » de géomembrane armée remplie de sable) et par deux lignes de flotteurs, disposés de part et d'autre du lest. La ligne de lest est légèrement en retrait du pied de talus. La distance lest/flotteur correspond à la profondeur du pli quand la couverture est à

sa cote maximale. Les figures 3 et 4 montrent la position de la couverture et l'évolution de la gorge de mise en tension, bassin vide et bassin plein.

Les flotteurs sont simplement une sécurité pour que la surface de la couverture reste tendue, même en cas de forte submersion par des eaux de pluies, accompagnée d'un fonctionnement défectueux du drainage de la couverture.

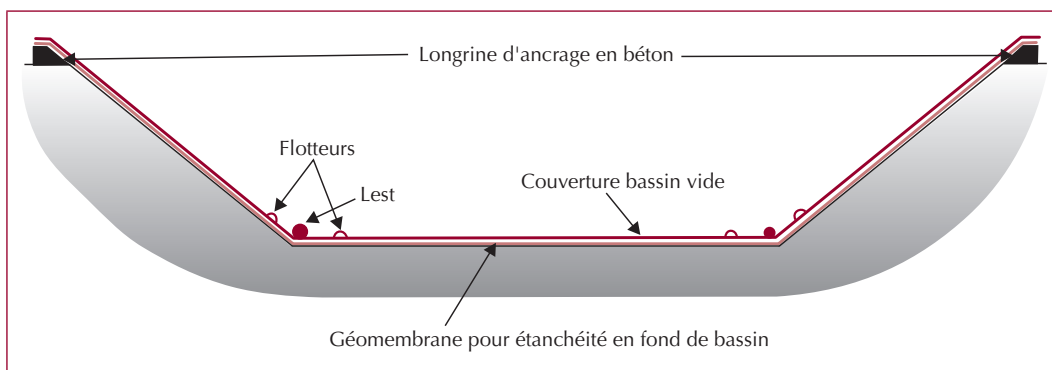
D'autres dispositifs sont indispensables pour assurer le bon fonctionnement et la maintenance de ce type d'ouvrage. Ils sont illustrés sur la figure 5.

Le drainage de la couverture

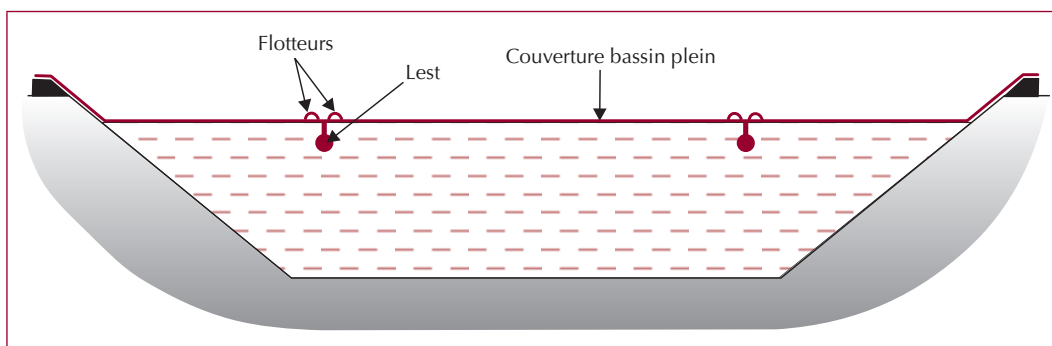
Les eaux de pluie sont récupérées par les gorges de mise en tension et évacuées, soit par pompage, soit gravitairement. Les ouvrages réalisés par l'OEHC ont tous une évacuation gravitaire, réalisée à l'aide d'un tuyau souple connecté au bas de la gorge de mise en tension et relié à un exutoire passant sous une digue.

Ancrage en tête

La géomembrane assurant l'étanchéité du bassin et la couverture flottante sont ancrées par fixation mécanique sur une longrine en béton, à l'aide

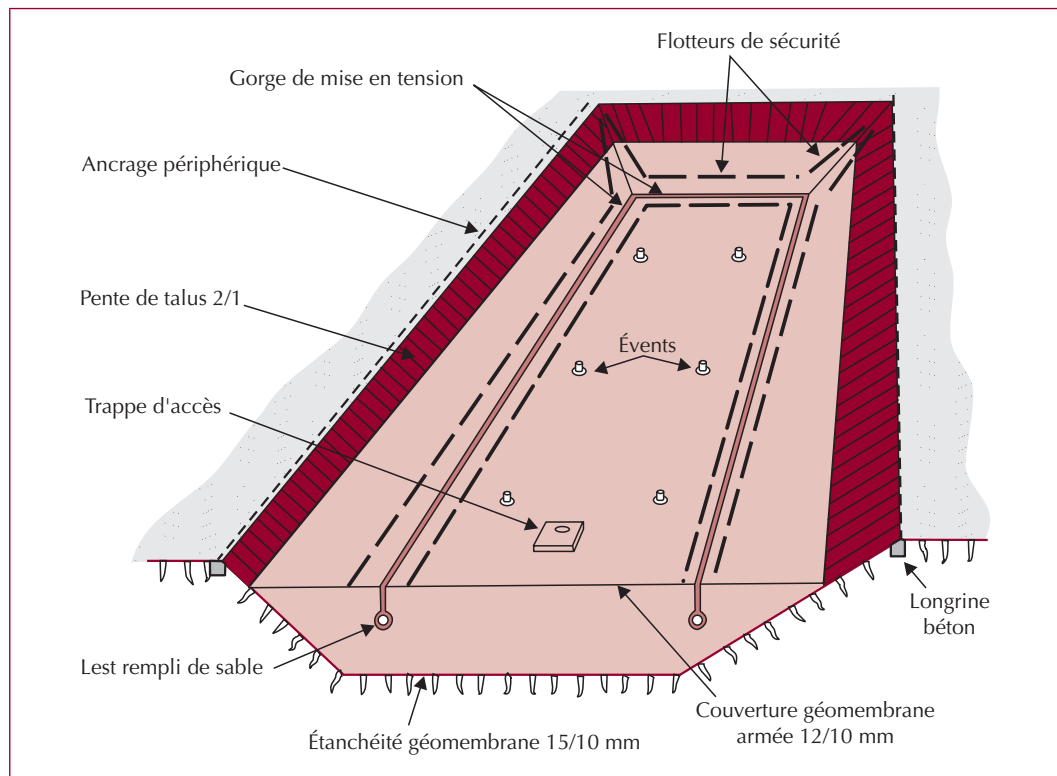


◀ Figure 3 – Position de la couverture, bassin vide.



◀ Figure 4 – Position de la couverture flottante et forme de la gorge de mise en tension, bassin plein.

► Figure 5 – Schéma montrant les principaux dispositifs des couvertures flottantes réalisées par l'OEHC.



d'une platine et d'une boulonnerie inox, ce qui permet un démontage, si nécessaire. Des espaces sont laissés dans les ancrages pour permettre l'évacuation de l'air entre la géomembrane et la couverture lors du remplissage

Évents

ÉVENTS EN ZONE CENTRALE DE LA COUVERTURE

Des évents sont répartis sur la surface de la couverture pour permettre l'échappement de l'air provenant du dégazage de l'eau stockée. Ces évents sont constitués d'un petit flotteur en inox rempli de polyuréthane (PU), et porteur d'une petite « cheminée » et sur lequel sera boulonnée la membrane de couverture (figure 6).



▲ Figure 6 – Évent en fond de couverture (Cargèse).

ÉVENTS À TRAVERS LES LIGNES D'ANCRAGES PÉRIPHÉRIQUES

Ces évents doivent permettre l'évacuation de l'air en haut des talus, à travers les ancrages. Ils sont simplement réalisés en écartant de place en place les plats de fixation et en plaçant des tubes dans cet intervalle pour assurer le passage de l'air (figures 7 et 8).

Trappes d'accès

Afin de permettre un accès à l'intérieur du réservoir, vide ou plein, deux trappes d'accès de 0,80 x 0,80 seront disposées l'une au droit de la crépine, l'autre à proximité de la conduite de trop plein. Chaque trappe sera aménagée sur un flotteur en caisson inox de 2,4 x 2,4 m, épaisseur

0,3 m, qui sera évidemment rempli de mousse PU (figure 9). Ces trappes d'accès sont complétées par des orifices de gonflage permettant d'assurer le gonflage de la couverture à l'aide d'un ventilateur basse pression. Ce dispositif est réservé à des interventions exceptionnelles et n'a encore jamais été mis en œuvre.

Matériaux géomembrane et couverture

Les produits de base sont identiques pour les trois ouvrages, mais avec quelques variantes dans l'épaisseur, la couleur, ou l'association à un géotextile.

GÉOMEMBRANE INFÉRIEURE

Il s'agit d'une géomembrane PVC homogène Alkorplan 35052, agréée pour le contact avec l'eau potable et disposant d'une attestation de conformité sanitaire (ACS). L'épaisseur utilisée a été de 1,5 mm à 2 mm.

COUVERTURE FLOTTANTE

Elle est constituée par une géomembrane PVC de même formulation, mais armée par une grille polyester de 1,2 mm pour la couverture flottante. Sur les deux ouvrages les plus anciens, la couche inférieure au contact de l'eau stockée était une couche qualité eau potable identique à la géomembrane inférieure, et la couche supérieure une couche traitée pour la résistance aux ultra-violets. Sur le dernier ouvrage de Cargèse, les deux couches sont de qualité « eau potable », sensiblement identique à la membrane du fond, mais avec une résistance aux ultra-violets renforcée.

Le retour d'expérience du réservoir terrassé de Rogliano (45 000 m³)

Destination de l'ouvrage

Le réservoir de Rogliano (Cap Corse) assure ainsi l'approvisionnement en eau potable de la commune de Rogliano (village et port de plaisance de Macinaggio).

Il est destiné à stocker en période hivernale les eaux des captages environnants pour la redistribution en été durant la période touristique, ce qui assure une compensation inter-saisonnière.

Caractéristiques de l'ouvrage

- Réservoir de type terrassé avec membrane d'étanchéité en fond et une protection par une couverture flottante. La géomembrane utilisée



▲ Figure 7 – Bassins de Cargèse. Détail de l'ancrage en tête sur longrine béton, et évent dans l'ancrage. En pied de talus, on voit les lignes de flotteurs et la ligne de lest qui forment le dispositif de mise en tension.



▲ Figure 8 – Détail de l'évent dans l'ancrage en tête sur longrine béton (bassin de Rogliano).

pour l'étanchéité du réservoir est une géomembrane PVC homogène de 1,5 mm d'épaisseur associée en usine à un géotextile non tissé en fond. La couverture est réalisée avec une géomembrane PVC armée par une grille polyester de 1,2 mm d'épaisseur et de couleur gris clair.

- Capacité utile : 45 000 m³.
- Dimension en crête : 120 m x 80 m.



▲ Figure 9 – Trappe de visite (bassin de Cargèse).

- Hauteur d'eau utile : 7 m.
- Surface de membrane : 10 500 m².
- Surface de couverture flottante : 10 500 m².

Déroulement de l'opération

- 1993 : étude et mise au point du procédé.
- Janvier 1994 : début des travaux.
- Février 1995 : remplissage.
- Réalisation de l'ouvrage en treize mois.

▼ Figure 10 – Vue du réservoir de Rogliano, presque plein. Implantation des prélèvements effectués en 2007.

Suivi du vieillissement de la couverture flottante

Des prélèvements ont été faits par le producteur de géomembrane (Alkor Draka en 2000, devenu Renolit en 2007) en 2000 et en 2007, pour contrô-

ler le processus de vieillissement de la couverture flottante sous le climat corse. La figure 10 montre la vue d'ensemble du réservoir, la localisation des prélèvements effectués en 2007, après treize ans de fonctionnement, et les teneurs en plastifiant mesurées sur chaque prélèvement. Ceux-ci ont été pris en tête de talus (ce sont les zones les plus sollicitées). Pour ce type de climat, la teneur résiduelle en plastifiant admissible est de l'ordre de 20 %. La teneur initiale était de 33 %. L'expérience montre que la perte de plastifiant varie linéairement avec le temps au début, puis se ralentit. La durée de vie de la couverture est donc de l'ordre de vingt ans. Il faut noter que le remplacement de la couverture est une opération rapide et que la membrane inférieure vieillit beaucoup moins vite et n'aura pas à être remplacée. De plus, si l'on augmente l'épaisseur de la couverture, sa durée de vie augmente théoriquement comme le carré de l'épaisseur, et en pratique au moins, comme l'épaisseur. Il est donc de toute façon rentable, à long terme, d'utiliser des épaisseurs fortes, même si l'investissement initial est un peu plus élevé (ce qui a été fait à Cargèse, où la couverture fait 1,5 mm).

Action du vent

Il faut souligner l'importance du vent dans le Cap Corse, fréquent et pouvant souffler à plus de 150 km/h. Malgré ces vents, la couverture a parfaitement résisté sans dommage à toutes les tempêtes.

Le fonctionnement de ce bassin étant conforme aux attentes, un deuxième ouvrage a été réalisé en 2000, sur les mêmes principes, pour la commune d'Ersa, également dans le Cap Corse



Le cas du réservoir terrassé d'Ersa 15 000 m³

Destination de l'ouvrage

Comme pour le réservoir de Rogliano, le réservoir d'Ersa sert à stocker en période hivernale l'eau potable produite à partir de l'eau brute de l'Acqua Tignese (cours d'eau à étiage sec). Cette eau est ensuite redistribuée en été durant la saison de pointe touristique.

Caractéristiques de l'ouvrage

C'est un réservoir en remblai-déblai (figure 11) de 15 000 m³ de capacité utile de stockage, avec étanchéité par membrane PVC 1,5 mm et couverture flottante par membrane armée 1,2 mm.

La couverture flottante comprend les mêmes dispositifs que celle de Rogliano.

Les différences par rapport au réservoir de Rogliano sont :

- l'emploi d'une géomembrane PVC homogène, non associée à un géotextile en fond (l'emploi d'une géomembrane associée à un géotextile augmente le prix, complique la pose à cause du frottement élevé sur le support et n'apporte pas d'avantage notable sur une pente de talus relativement modérée) ;
- la couverture flottante est identique (formulation, épaisseur 1,2 mm, fabricant) à celle de Rogliano, mais est de couleur verte pour permettre une meilleure intégration dans le paysage ;
- la suppression de la couche drainante autour de la ligne de lest en fond des plis de la couverture, cette couche stockant des déchets organiques et favorisant le développement des micro-organismes ;
- dimension en crête : 65 m x 65 m ;
- hauteur d'eau : 7,20 m ;
- surface de membrane : 2 x 5 000 m² ;
- terrassement : 17 000 m³.

Déroulement de l'opération

- Étude et mise au point : 1999-2000.
- Début des travaux : juin 2000.
- Première mise en eau : février 2001.

Le réservoir de Cargèse

Définition du projet

La ville de Cargèse a des besoins très importants en été, estimé à 2 500 m³/jour en 2016. Elle est actuellement alimentée par pompage dans la nappe du Chiuni, située au nord de Cargèse. Le débit de cette petite rivière est très faible en été et le débit des pompages ne doit pas excéder 1 250 m³/jour, ce qui est insuffisant pour la consommation estivale actuelle. Le projet prévoit une production mixte forage-réserve d'eau.

En période hivernale, les forages du Chiuni alimenteront un réservoir avec géomembrane couvert de 80 000 m³.



À la fin du mois d'avril, cette réserve doit être pleine. Le remplissage débute à l'automne au débit de 800 m³/jour.

Pour la période estivale, la nappe alluviale sera sollicitée jusqu'au débit maximum de 1 250 m³/jour.

Au-delà, pour satisfaire la demande, la réserve assurera un complément de ressource. Les forages alimenteront en permanence la réserve d'eau. Le débit disponible excédentaire par rapport à la consommation instantanée servira à la reconstitution de la réserve.

Caractéristiques de l'ouvrage

L'ouvrage est constitué par deux bassins jumelés de 40 000 m³ de capacité théorique chacun (figure 12) Compte tenu des terrassements réalisés, avec une partie dans du rocher très dur, et après une légère modification du niveau maximum, les capacités réalisées sont 41 000 m³ pour le bassin 1 et 40 000 m³ pour le bassin 2. L'emploi de deux bassins permet une plus grande souplesse dans la gestion et la maintenance du système.

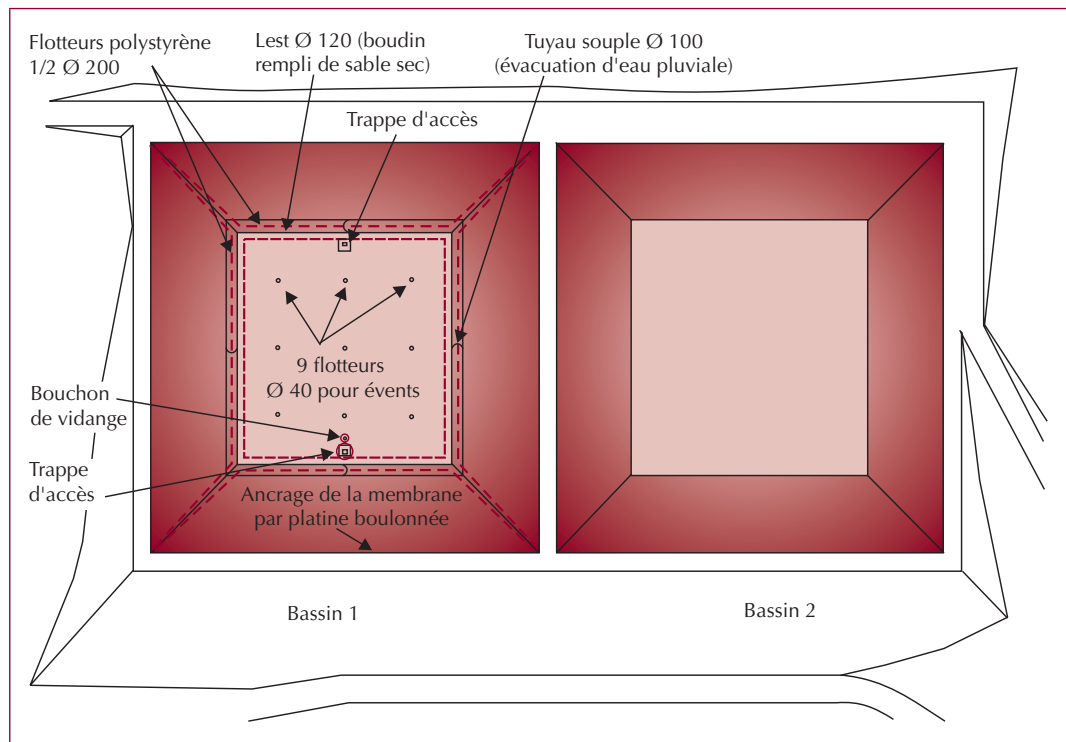
Sur la base des résultats satisfaisants obtenus à Ersa et Rogliano, la conception est la même que celle utilisée à Ersa : utilisation des mêmes géomembranes, avec toutefois une augmentation de leur épaisseur avec 2 mm pour le fond et 1,5 mm pour la couverture.

Les caractéristiques de chaque bassin sont :

- dimension en crête : 90 x 87 m.
- hauteur intérieure : 8,5 m,

▲ Figure 11 – Réservoir souple d'Ersa 15 000 m³, plein. On observe les gorges de mise en tension (remplies d'eau), les deux trappes de visite et les six évents.

► Figure 12 – Vue en plan des bassins de Cargèse, montrant les dispositifs mis en œuvre : gorge de mise en tension, ancrage en tête sur longrine béton, deux trappes d'accès, neuf événements et deux évacuations d'eau pluviale.



- hauteur d'eau utile : 8,1 m,
- pentes intérieures : 2/1,
- surface de membrane : 8 500 m²,
- surface de couverture flottante : 8 500 m²,
- drainage de fond et périphérique : 3 000 m²,
- dispositif vidange et trop plein : 1,
- conduite de distribution : 1,

- conduites d'évacuation eaux pluviales : 4,
- trappes de visite : 2,
- événements : 9.

Le volume de terrassement global est de 70 000 m³.

Déroulement de l'opération

Comme pour les autres ouvrages, la mise en œuvre de la géomembrane et de la couverture a été faite par la société ATG Sotrap (ou Griltex à l'époque de Rogliano).

Les terrassements, ouvrages béton et canalisation ont été réalisés par l'entreprise SNT.Petroni.

- 2007 : étude et mise au point du procédé.
- Janvier 2008 : début des travaux.
- Juin 2008 : remplissage du premier bassin.
- Décembre 2008 : fin des travaux.

Conclusions

Le stockage d'eau potable dans des réservoirs terrassés semi-enterrés, étanchés par géomembrane PVC et avec couverture flottante en PVC

▼ Figure 13 – Cargèse – Vue d'ensemble du bassin 1, couverture en cours de finition.



s'est avéré une solution rapide à mettre en œuvre, fiable, efficace, et bien adaptée à des sites touristiques qui ont besoin de grande capacité de stockage, mais ont des moyens financiers limités.

Cette solution permet un stockage sur une période de plusieurs mois sans altération importante de la qualité de l'eau, tant sur le plan gustatif qu'analytique. Les eaux sont analysées avant traitement dans le cadre du contrôle réglementaire, l'eau étant traitée en sortie de réservoir comme une eau brute, par mesure préventive. Une campagne de suivi avec fréquence mensuelle, va être lancée pour quantifier l'évolution de l'eau pendant le stockage, avec analyse bactériologique et physico-chimique de l'eau. En ce qui concerne le

goût, il n'y a jamais eu la moindre réclamation sur un quelconque goût de « plastique », comme cela était arrivé parfois dans le passé dans plusieurs ouvrages sur le continent, rendant l'eau imbuvable et entraînant des sinistres retentissants. Le système résiste parfaitement aux vents forts et aux tempêtes.

La durabilité est satisfaisante, compte tenu du prix et de la facilité de remplacement de la couverture. En effet, le prix de cette solution est au moins dix fois inférieur à celui d'un ouvrage avec couverture béton comme Salvi. Par ses avantages et son coût, une telle solution devrait donc intéresser de nombreuses collectivités locales. □

Résumé

Pour faire face à l'affluence touristique estivale en Corse, il est nécessaire de stocker l'eau potable en grande quantité pendant plus de six mois et ceci au niveau de communes dont les capacités financières sont réduites. Des techniques originales et économiques présentées ici ont été développées par l'Office d'équipement hydraulique de la Corse. L'article présente l'évolution de la technique et la réduction des coûts, grâce à l'emploi de géomembranes et de couvertures flottantes capables de stocker et protéger l'eau pendant plus de six mois sans donner de goût à l'eau. Les résultats sur l'évolution à long terme des couvertures flottantes en PVC sont donnés. Ce type de solution revient dix fois moins chère qu'un réservoir de même capacité avec fond en géomembrane et couverture en béton.

Abstract

To face the estival tourist multitude in Corsica, it is necessary to store drinking water in great quantity during more than 6 months and this on the level of communes whose financial capacities are reduced. Original and economic techniques presented here were developed by the OEHC. The communication presents the technological developments and the reduction of the costs, thanks to the use of géomembranes and floating covers able to store and protect water during more than 6 months without giving taste to water. The results on the long-term evolution of the floating PVC covers are given. This type of solution returns ten times less expensive than a of the same tank capacity with bottom in géomembrane and concrete cover.

Bibliographie

- TISSERAND, D., MATICHARD, Y., LAINÉ, D., 1995, Couverture flottante d'un réservoir d'eau potable, *Proc. Rencontres 95*, Tome 2, p. 79-84.
- FAYOUX, D., FERRAND, F., 2002, Couvertures flottantes. Applications en réservoirs d'eau potable et bassins industriels, *Travaux n° 786*, mai 2002, p. 69-71.