

STOCKAGES D'EAU POTABLE DE GRANDE CAPACITÉ PAR COUVERTURE FLOTTANTE ET GÉOMEMBRANE EN PVC. L'EXPÉRIENCE CORSE

HIGH CAPACITY DRINKING WATER RESERVOIRS WITH FLOATING COVER AND PVC GEOMEMBRANE – CORSICAN EXPERIENCE

Paul Félix BENEDETTI¹, Daniel FAYOUX², Sébastien VERBRUGGHE³, Gaétan POTIÉ⁴

¹ OEHC (Office d'Équipement Hydraulique de la Corse), Bastia, France

² APPLIGEO, Les Ormes, France

³ SOTRAP-ATG, Wattrelos, France

⁴ RENOLIT France, Roissy en France, France

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 6 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'OEHC. La communication 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 6 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 cher qu'un réservoir de même capacité avec fond en géomembrane et couverture en béton.

Mots-clés : géomembrane, couverture flottante, eau potable, durabilité

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 limited. 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 geomembranes 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 is ten times less expensive than a of the same tank capacity with bottom in geomembrane and concrete cover.

Keywords: geomembrane, floating cover, drinking water, durability

1 Introduction

Comme de nombreuses régions touristiques, et même si le "bétonnage" des côtes a été relativement contrôlé, la Corse est confrontée chaque année à l'explosion de la population sur des sites qui n'étaient autrefois que de petits villages. La Corse culminant à 2700 m d'altitude, les précipitations sont 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, voir nul, alors que les besoins sont multipliés par 10 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 à Cargèse en 2008 est l'un des le plus important stockage 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.

Cependant, la capacité financière des communes concernées est réduite. Il a donc été nécessaire de développer des techniques originales et économiques, utilisant des géosynthétiques. La démarche a été conduite de façon progressive, en profitant des expériences acquises, pour arriver maintenant à une technique pleinement opérationnelle.

2 Réservoir de Salvi

La première réalisation, construite de 1980 à 1983 est le réservoir de Salvi, qui est destiné à l'alimentation de la haute corniche en Balagne entre Calvi et Ile Rousse.

2.1 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 fondée 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 et de surcoûts importants à la mise en œuvre et de fuites, malgré l'absence de tassements différentiel, grâce à un support rocheux.

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

2.2 Caractéristiques de l'ouvrage

Dimensions extérieures du bâtiment : 91 x 91 m (surface au sol des bâtiments 8281 m²)

Dimension du bassin en crête: 90 x 90 m

Dimensions en pied : 62 x 62 m

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 3 niveaux, pour une meilleure intégration au site



Figure 1. Vue d'ensemble du réservoir de Salvi : couverture en béton sur stockeage en géomembrane. Le réservoir est carré (91 x 91 m); la toiture comprend 3 niveaux pour améliorer l'intégration au paysage.



Figure 2. Intérieur du réservoir de Salvi: forêt de poteaux supportant les 8300 m² de couverture en béton

2.3 Enseignements tirés de l'ouvrage de Salvi

Les conclusions tirées de ce premier ouvrage sont les suivantes :

- 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 en béton ;
- mais le prix de la couverture en béton (20MF 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 (préconisé par le fascicule 10 du CFG, mais qui a été publié après la réalisation de cet ouvrage) est une mauvaise économie, rendant plus difficile et plus coûteux 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 existantes) ;
- pour l'entretien et le renouvellement éventuel, il est nécessaire de prévoir une largeur suffisante en crête pour pouvoir travailler.

L'OEHC (alors SOMIVAC) a donc recherché un dispositif de stockage et de protection entièrement par géomembranes. Le problème était de trouver un dispositif économique et assurant la protection de l'eau, quelque soit le remplissage de la réserve, ce qui a conduit l'OEHC vers la solution géomembranes et couverture flottante. La plus grande difficulté à résoudre était de trouver une géomembrane qui permette un stockage de six mois sans donner aucun goût à l'eau stocker. L'autre difficulté était d'adapter localement la technique des couvertures flottante, utilisée aux USA avec d'autres matériaux,

3 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.

3.1 Principe de fonctionnement – La gorge de mise en tension

Les réservoirs sont constitués par des bassins terrassés semi-enterrés, étanchés par une géomembrane PVC homogène, agréée pour le contact avec l'eau potable. La couverture est une géomembrane PVC de même formulation, armée par une grille de polyester, 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. (Figures 3, 5 et 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. La figure 3 montre 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, accompagné 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 4.

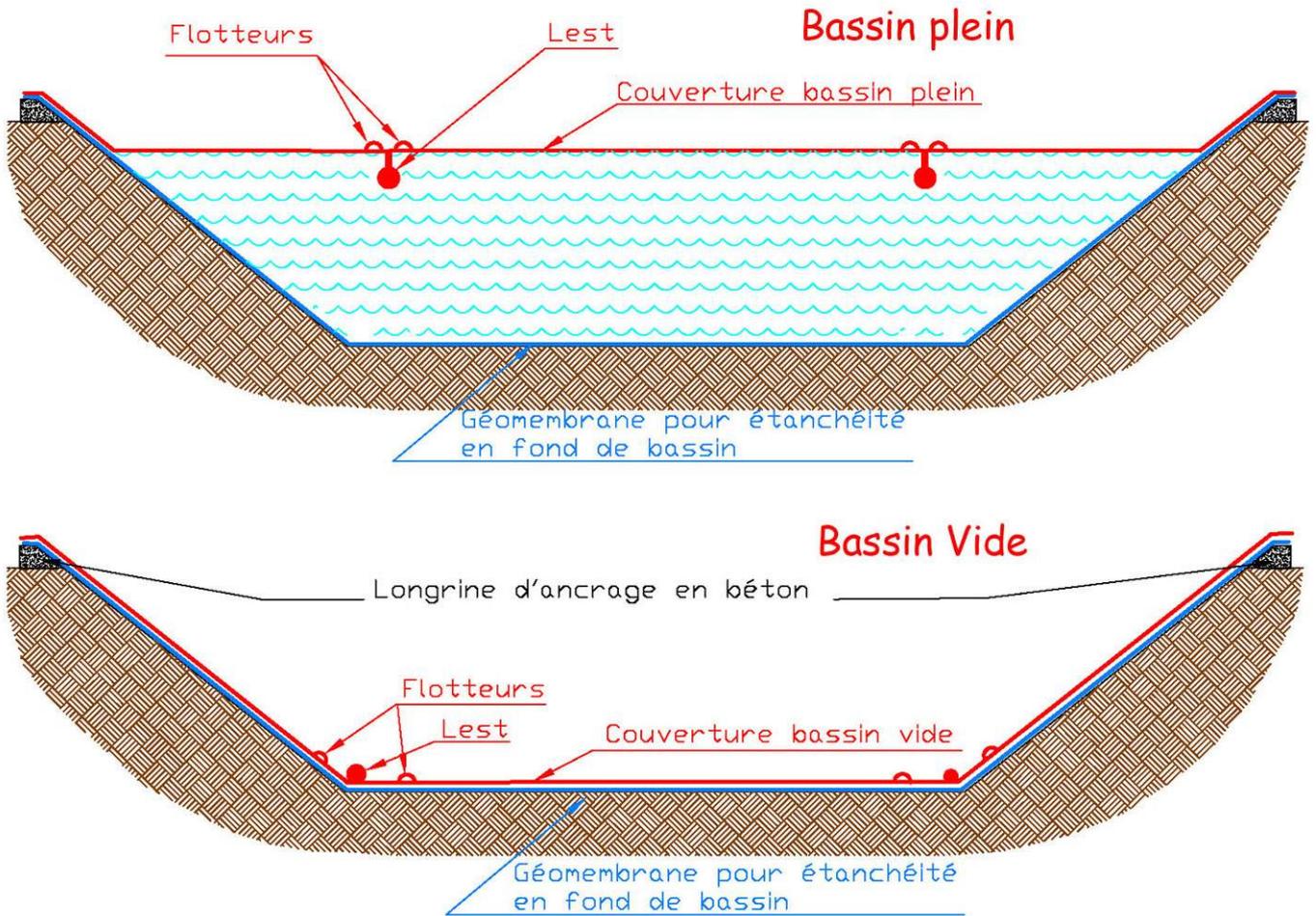


Figure 3. Position de la couverture flottante et forme de la gorge de mise en tension, en fonction du remplissage du bassin

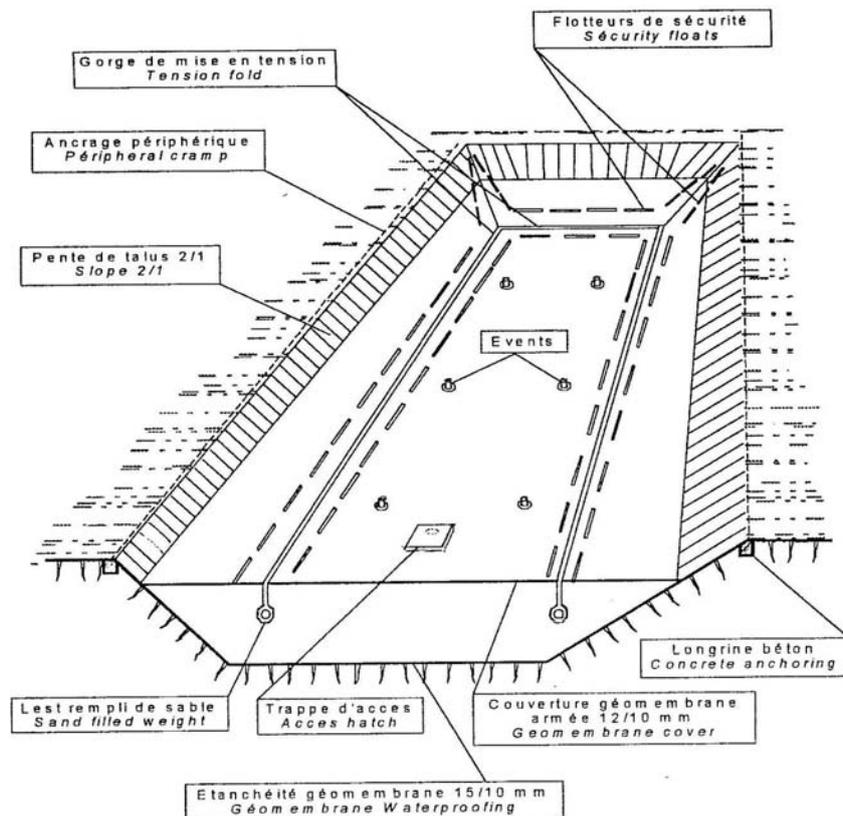


Figure 4. Principaux dispositifs des couvertures flottantes réalisées par l'OEHC

3.2 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 ou plusieurs tuyaux souples connectés au bas de la gorge de mise en tension et reliés à un exutoire passant sous une digue.

3.3 Ancrage en tête

La géomembrane assurant l'étanchéité du bassin et la couverture flottante sont ancrés par fixation mécanique sur une longrine en béton, à l'aide d'une platine et d'une boulonnerie inox, (conformément aux prescriptions du fascicule 10 du CFG) 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 (§ 3.4.2).

3.4 Événements

3.4.1 Événements en zone centrale de la couverture

Des événements sont répartis sur la surface de la couverture pour permettre l'échappement de l'air provenant du dégazage de l'eau stockée. Ces événements sont constitués par un petit flotteur en inox rempli de polyuréthane (PU) et porteur d'une petite « cheminée » et sur lequel est boulonnée la membrane de couverture (Figure 5).



Figure 5. Événement en fond de couverture (Cargèse)

3.4.2 Événements à travers les lignes d'ancrages périphériques

Ces événements doivent permettre l'évacuation de l'air dégazé entre la ligne de lest et le 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 6 et 7)



Figure 6. 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 7. Détail de l'évent dans l'ancrage en tête sur longrine en béton (bassin de Rogliano).

3.5 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 m sont disposées l'une au droit de la crépine, l'autre à proximité de la conduite de trop plein. Chaque trappe est aménagée sur un caisson en caisson en inox de 2,4 x 2,4 x 0,3 m qui est rempli de mousse PU pour garantir sa flottabilité (figure 8). 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.



Figure 8. Trappe de visite (Bassin de Cargèse)

3.6 *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. Ils sont basés sur la formulation de l'Alkorplan 35052 et ont été développés par Alkor Draka (devenu Renolit) pour répondre spécifiquement aux besoins de ces applications et pour répondre aux exigences définies par la maîtrise d'œuvre. Cette formulation est agréée pour le contact avec l'eau potable et dispose d'une attestation de conformité sanitaire (ACS).

3.6.1 *Géomembrane inférieure:*

Il s'agit d'une géomembrane PVC homogène du type ci dessus. L'épaisseur utilisée a été de 1,5 mm à 2 mm.

3.6.2 *Couverture flottante*

Elle est constituée par une géomembrane PVC de même formulation, mais armée par une grille polyester de 1,2 mm pour les deux premiers bassins et de 1,5 mm pour les réservoirs de Cargèse. Sur les deux ouvrages les plus anciens, seul 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 UV. Sur le dernier ouvrage de Cargèse, les 2 couches sont de qualité eau potable, sensiblement identique à la membrane du fond, mais avec une résistance aux UV renforcée.

4 *Réservoir terrassé de Rogliano (45 000 m³)*

4.1 *Destination de l'ouvrage*

Le réservoir de Rogliano (Cap Corse) assure 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.

4.2 *Caractéristiques de l'ouvrage*

Réservoir de type terrassé avec membrane d'étanchéité par géomembrane et une protection par une couverture flottante. La géomembrane utilisée pour l'étanchéité du réservoir est une géomembrane PVC homogène de 1,5 mm d'épaisseur associée en usine à un géotextile non tissé. 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

Hauteur d'eau utile : 7 m

Surface de membrane : 10 500 m²

Surface de couverture flottante : 10 500 m²

4.3 Déroutement de l'opération

1993: Étude et mise au point du procédé.

Janvier 1994 : Début des travaux

Février 1995 : Remplissage

(Réalisation de l'ouvrage en 13 mois)

4.4 Suivi du vieillissement de la couverture flottante

Des prélèvements ont été fait par le producteur de géomembrane en 2000 et en 2007, pour contrôler le processus de vieillissement de la couverture flottante sous le climat corse. La figure 9 montre la vue d'ensemble du réservoir, la localisation des prélèvements effectués en 2007, après 13 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 20 ans. Il faut noter que le remplacement de la couverture est une opération rapide et que la membrane inférieure vieilli 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.)

4.5 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.

5 Réservoir Terrassé d'ERSA 15 000 m³

5.1 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.

5.2 Caractéristiques de l'ouvrage

Réservoir en remblai-déblai (figure 10) 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, à peu de choses près, 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 à celle de Rogliano, (nature PVC, épaisseur 1,2 mm, fabricant), mais est de couleur verte pour permettre une meilleure intégration dans le paysage.

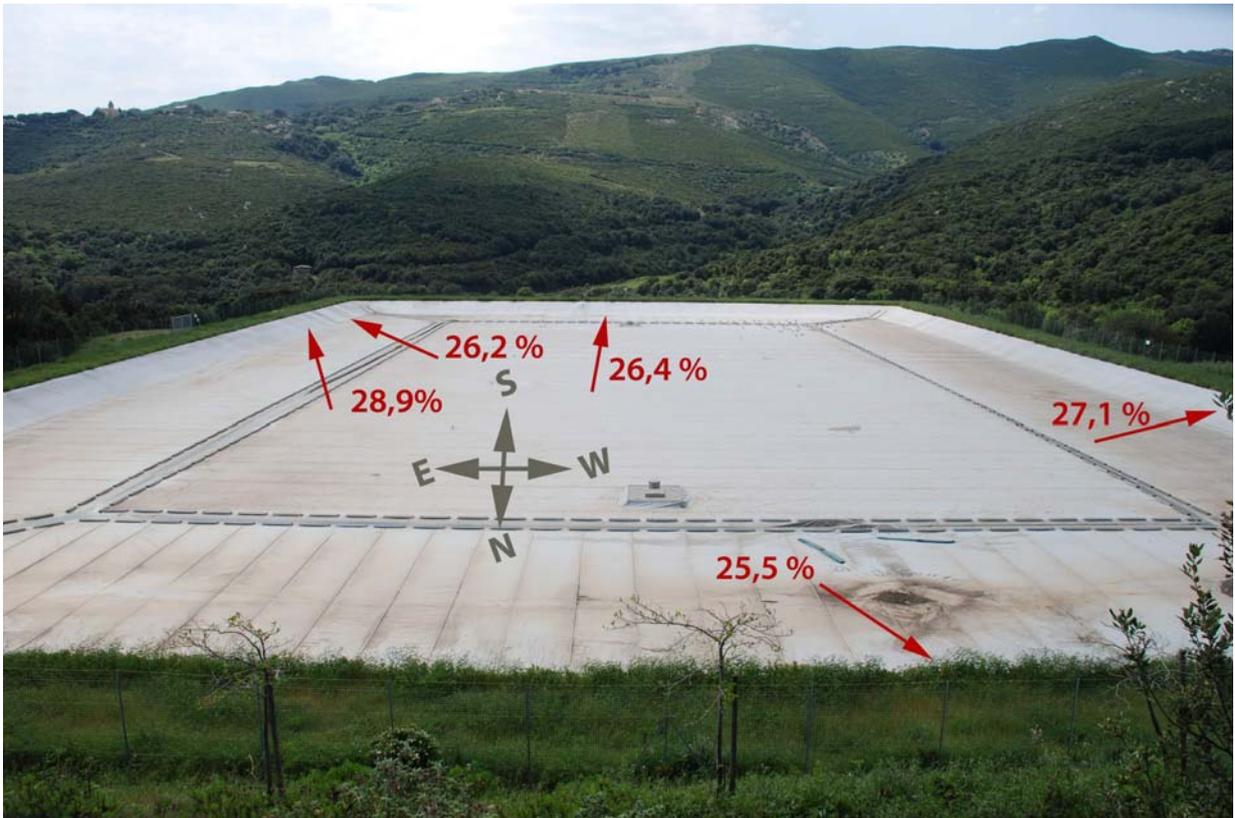


Figure 9. Vue du réservoir de Rogliano, presque plein.
Implantation des prélèvements effectués en 2007

- 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 microorganismes.

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

5.3 Déroulement de l'opération :

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



Figure 10. Réservoir souple d'Ersa 15000 m³, plein. On observe les gorges de mise en tension, (remplies d'eau), les 2 trappes de visite et les 6 événements

6 Réservoir de Cargèse

6.1 Définition du projet

La ville de Cargèse a des besoins très importants en été, estimé à 2500 m³/jour en 2016. Elle est actuellement alimentée par pompage dans la nappe du Chiuni, situé au Nord de Cargèse. Le débit de cette petite rivière est très faible en été et le débit des pompages ne doit pas excéder 1250 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.

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

Pendant la période estivale, la nappe alluviale sera sollicitée jusqu'au débit maximum de 1250 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.

6.2 Caractéristiques de l'ouvrage

L'ouvrage est constituée par 2 bassins jumelés de 40 000 m³ de capacité théorique chacun (figure 11). 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 2 bassins permet une plus grande souplesse dans la gestion et la maintenance du système.

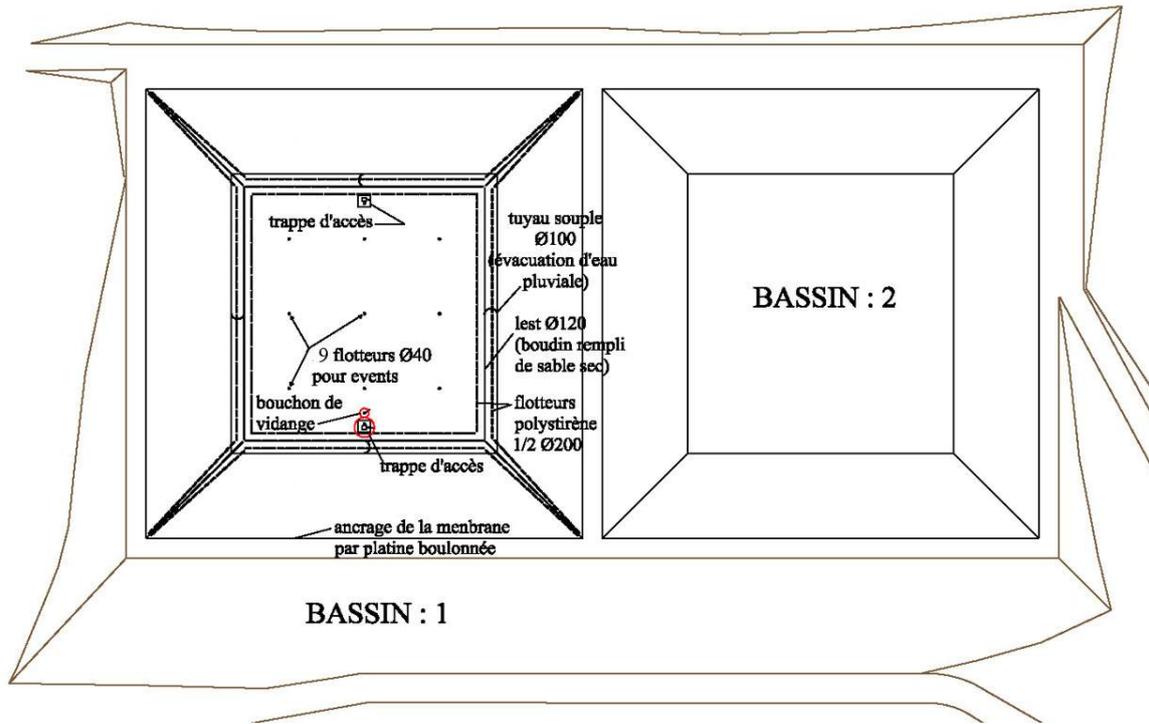


Figure 11. Vue en plan des bassins de Cargèse, montrant la localisation des dispositifs mis en œuvre sur les couvertures : gorge de mise en tension, ancrage en tête sur longrine béton, 2 trappes d'accès, 9 évents et 2 évacuations d'eau pluviale.

Sur la base des résultats satisfaisants obtenus à Ersa et Rogliano, la conception est la même que celle utilisée à Ersa, de mêmes que les géomembranes, avec toutefois une augmentation de leur épaisseur : 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
- 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. 00 m²
- Dispositif vidange et trop plein : 1
- Conduite distribution : 1
- Conduite évacuation eaux pluviales : 4
- trappes de visite : 2
- Events : 9

Le volume de terrassement global est de 70 000 m³



Figure 12. Cargèse : vue d'ensemble du bassin 1, couverture en cours de finition

6.3 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 canalisations ont été réalisés par l'entreprise S.N.T. Petroni.

2007 : étude et mise au point du procédé.

Janvier 2008 : début des travaux

Juin 2008 : remplissage du premier bassin

Février 2009 : fin des travaux (très retardée par suite d'intempéries persistantes)

7 Conclusions

Le stockage d'eau potable dans des réservoirs terrassés semi enterrés, étanchés par géomembrane PVC et avec couverture flottante en PVC 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 notable de la qualité de l'eau, tant sur le plan gustatif que de la propreté. 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.

8 Bibliographie

Tisserand D., Matichard Y., Lainé D. (1995). Couverture flottante d'un réservoir d'eau potable. *Actes des Rencontres 95, Tome 2, pp. 79-84*

Fayoux D., Ferrand F. (2002). Couvertures flottantes. Applications en réservoirs d'eau potable et bassins industriels. *Travaux n° 786, mai 2002, pp. 69-71.*