

RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LES DISPOSITIFS D'ÉTANCHÉITÉ PAR GÉOMEMBRANE (DEG) UTILISÉS SUR DES BASSINS D'IRRIGATION

FEEDBACK ON THE GEOMEMBRANE LINING SYSTEMS (GLS) ON IRRIGATION BASINS

Daniel POULAIN¹, Serge FISCHER¹ et Clément RAVAIL²

¹ Irstea, Bordeaux, France

² Polytech Clermont-Ferrand, France

RÉSUMÉ – Les Dispositifs d'Étanchéité par Géomembranes sont largement utilisés pour étancher des bassins de stockage d'eau pour l'irrigation, aussi appelés bassins de substitution. Dans le but d'améliorer la conception et la réalisation de ce type d'ouvrage dont les projets restent nombreux, Irstea a mené une enquête et analysé les retours d'expériences de plus de 20 ouvrages répartis dans 5 départements du Sud-Ouest de la France. Ces ouvrages sont des bassins réalisés en déblais/remblais, d'une hauteur de 5 à 15 mètres de hauteur et étanchés sur toute leur surface (talus et fond du bassin) par une géomembrane ; les volumes stockés sont en moyenne de 180 000 m³.

Mots-clés : géomembrane, bassins d'irrigation, couche support, géotextile anti-poinçonnant, DEG

ABSTRACT – Geomembrane lining systems are widely used for sealing storage basins for irrigation, also called substitution ponds. In order to improve the design and implementation of this type of work for which there are numerous projects, Irstea investigated and analyzed feedback from more than 20 works in 5 departments of the Southwest of France. These works are carried out in cut / fill embankment, 5 to 15 meters high and sealed over their entire surface (slope and bottom of the pool) with a geomembrane; volumes are stored on average 180 000 m³.

Keywords: geomembrane, irrigation basins, support layer, anti-punching geotextile, GLS

1. Introduction

Dans un contexte où la ressource en eau et l'environnement revêtent une place primordiale, les besoins en eau de l'agriculture doivent être assurés par des bassins de stockage d'eau, afin de pouvoir conserver un débit d'étiage suffisant, garant de la faune et de la flore des zones de prélèvement. Les bassins de stockage permettent de prélever de l'eau en hiver dans le but de conserver un débit d'étiage lors des périodes sèches en été, tout en permettant aux agriculteurs une ressource en eau pour l'irrigation. Les Dispositifs d'Étanchéité par Géomembrane (CFG, 1991) sont largement utilisés pour étancher ces bassins de stockage d'eau pour l'irrigation aussi appelés « bassins de substitution », souvent situés dans des zones calcaires perméables. Les premières de ces retenues ont maintenant plus de 20 ans et de nombreux projets sont prévus dans les prochaines années ; dans ces conditions une analyse de retours d'expériences a été menée afin d'en tirer les enseignements pour les prochaines réalisations.

1.1. Contexte et objectifs de l'enquête

Une analyse du comportement de 27 bassins de substitutions dédiés à l'irrigation et étanchés par géomembrane a été menée dans 5 départements du nord Aquitaine et Poitou-Charentes. Ce travail a consisté en une étude des documents de conception disponibles et une visite détaillée d'une quinzaine d'ouvrages.

La documentation analysée pour chacun de ces ouvrages est issue des dossiers des ouvrages disponibles dans les services de la Direction Départementale des Territoires (DDT) des départements visités et, pour certains, du dossier de l'ouvrage détenu par le propriétaire ou la chambre d'agriculture. Les principales informations disponibles sont essentiellement les études de projets car malheureusement les dossiers de chantier et récolement (plans, comptes rendus de chantier, PV réception) n'existent que pour une minorité d'ouvrages. Les visites de terrain ont été effectuées le plus souvent après analyse de la documentation technique disponible sur l'ouvrage et ont consisté en une inspection visuelle et un échange avec le propriétaire/gestionnaire, aucun prélèvement ni essai n'a été effectué.



Figure 1. Exemple d'un bassin de substitution étanché par géomembrane

1.2. Conception générale des bassins de substitution

Les bassins de substitution étudiés sont des barrages, au sens réglementaire du terme, construits dans des zones perméables, généralement calcaires, ce qui nécessite que l'ensemble de la retenue (barrage et cuvette) soit étanché par une géomembrane. Leur conception en déblai-remblai consiste, à partir du volume d'eau souhaité pour la retenue, à dessiner l'ouvrage de manière à équilibrer les déblais prélevés dans la cuvette et les remblais édifiés à partir de ces matériaux extraits (Figure 2).

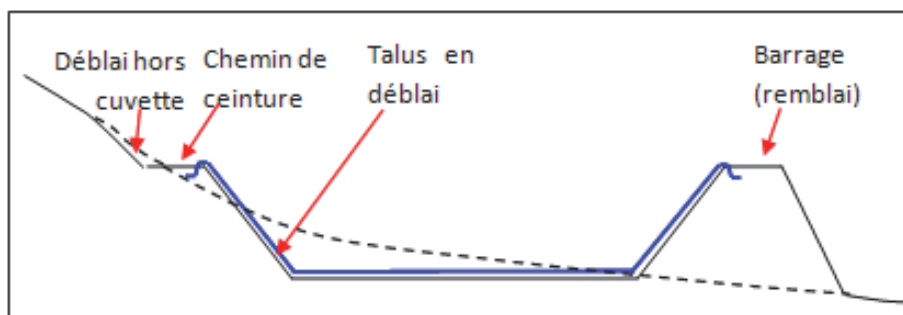


Figure 2. Coupe type d'un bassin de substitution

1.3 Rappel des principes généraux de conception des DEG

L'étanchéité des bassins de stockage d'eau est assurée par un Dispositif d'Étanchéité par Géomembrane (DEG) qui est dimensionné pour répondre aux objectifs d'étanchéité de l'ouvrage et résister aux différentes sollicitations mécaniques, météorologiques... propre au site. La figure 3 présente les différents éléments du complexe qui constitue un DEG ; dans le cas particulier des bassins de substitution ce complexe est généralement simplifié et, en particulier, ne comporte aucune structure de protection ce qui constitue un élément important dans la conception qui doit prendre en compte les contraintes qui en découlent pour la géomembrane, par exemple la résistance aux rayons UV.

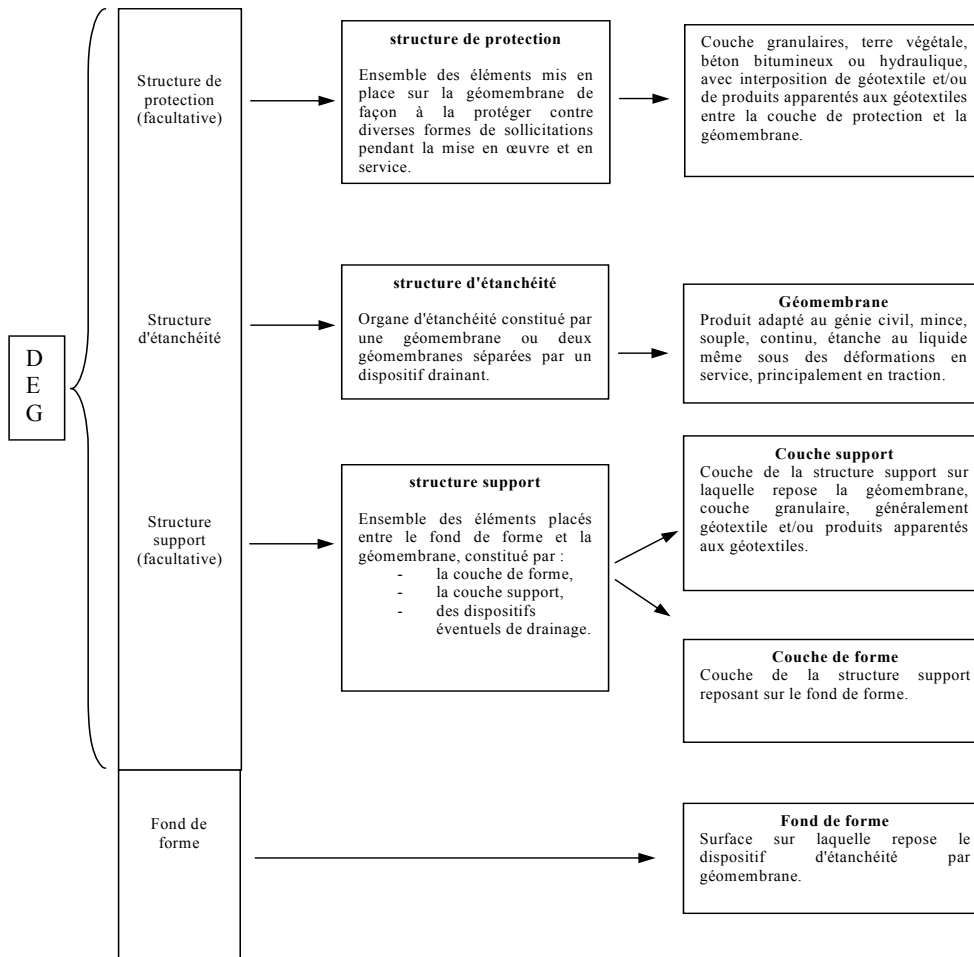


Figure 3 : Définition d'un Dispositif d'Étanchéité par Géomembrane (Norme NFP 84-500)

2. Synthèse de l'analyse des ouvrages et de la conception des DEG

2.1. Description du parc d'ouvrages

La moitié des bassins étudiés a plus de 10 ans (constructions entre 1997 et 2002) ; la plupart des autres sont très récents. La principale catégorie d'âge du parc des bassins étudiés est comprise entre 10 et 15 ans (figure 4) ce qui permet un bon recul sur leur comportement (Bassins construits entre 1997 et 2002). La Figure 5 représente la répartition des hauteurs de bassins, la majorité des remblais a une hauteur comprise entre 7 et 10 m par rapport au terrain naturel et 10 à 12 m par rapport au fond du bassin ; les volumes stockés sont très variables (30 000 à 380 000 m³) avec en moyenne d'environ 180 000m³.

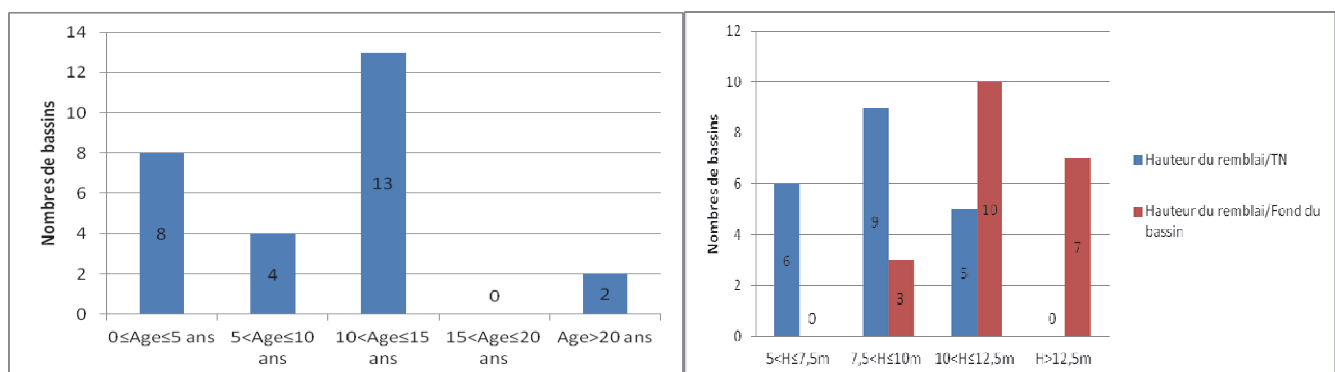


Figure 4. Âge du parc des bassins et hauteur des remblais

La pente (P) des parements amont sur lesquels sont mis en place les DEG est très variable, on peut distinguer 3 classes : douce ($P \leq 1/2,5$), moyenne ($1/2,5 < P \leq 1/2$) et forte ($1/2 < P \leq 1/1,5$) ; les trois-quarts

des ouvrages présentent une pente moyenne, les autres ont une pente douce (4) ou forte (2) ; ces caractéristiques influencent la stabilité du remblai mais aussi la stabilité du support de l'étanchéité.

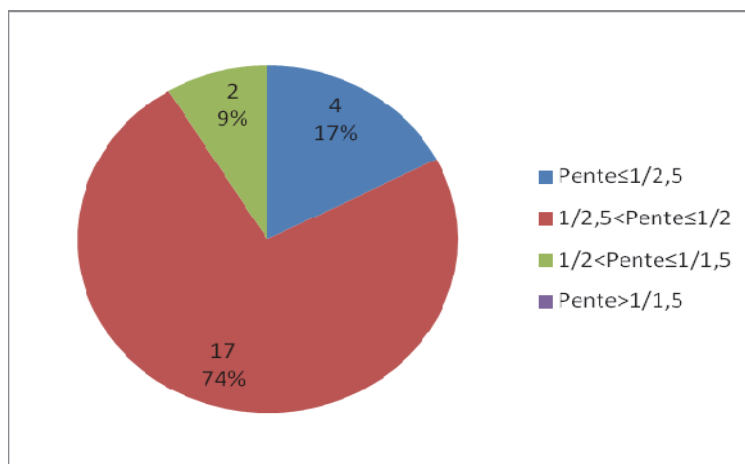


Figure 5. Pente des parements amont des remblais.

2.2. Les structures supports

2.2.1. Matériaux supports

La quasi-totalité des DEG (26 des 27 bassins) est de conception simplifiée avec une structure support constituée des matériaux du remblai surmontés d'un géotextile mis en place sous la géomembrane ; Seul l'un des bassins a un DEG plus complexe avec une sous-couche qui est composée d'un matériau concassé très fins en 0/10 mm, permettant ainsi de gommer les dernières imperfections des éléments grossiers pouvant se trouver sur les talus.

Ce qui différencie les structures support de ces 26 DEG sur les parements amont des remblais est donc, d'une part, la granulométrie de la couche superficielle du remblai constituée du matériau compacté « brut » ou remanié (concassage sur place, enlèvement des éléments grossiers...) selon les ouvrages et, d'autre part, la masse surfacique du géotextile intercalé entre le matériau de remblai et la géomembrane. L'ensemble des fonds de bassin est constitué du substratum calcaire plus ou moins fracturé suivant les sites.

Les géotextiles utilisés en anti-poinçonnement des géomembranes ne sont pas systématiquement caractérisés avec suffisamment de détail dans le dossier des ouvrages mais l'examen des projets et les visites montrent, lorsque l'information est disponible, qu'il s'agit de géotextiles non tissés de masse surfacique 300 g/m² à deux exceptions près : un bassin doté d'un géotextile de 500 g/m² et un autre où le géotextile 300g/m² mis en place sur l'ensemble de la surface a été doublé aux niveaux des arêtes de l'ancrage par un géotextile supplémentaire de 500 g/m², soit 800 g/m² au total.

2.2.2. Drainage

Seuls 5 bassins, dans la majorité construits récemment, sont équipés d'un drainage de gaz, pour trois d'entre eux le système de drainage est commun pour les gaz et l'eau ; les deux autres sont conçus avec uniquement le drainage des gaz. Tous ces systèmes de drainage sont constitués d'éléments géosynthétiques de type géocomposite avec géogrilles ou nappes alvéolaire en PEHD. Les drainages de gaz débouchent sur des événements protégés en crête. On note que, sur les deux ouvrages où l'information est disponible, la pente du fond de cuvette sur laquelle repose le drainage est de 0,5%, valeur inférieure à la pente de 1% minimum recommandée pour un bon fonctionnement, qui évite notamment des contre-pentes localisées.

Les trois bassins équipés d'un drainage gaz et eau sont dotés de bandes géosynthétiques allant du fond du bassin au talus. Les eaux sont récupérées à l'aide d'un collecteur central (drains PEHD situés dans une tranchée drainante) en fond de bassin. Ces eaux collectées sont acheminées vers un exutoire à l'extérieur du bassin ; cette sortie constitue un point de mesure potentiel des débits de fuite mais généralement peu ou pas exploité par le gestionnaire.

Dans l'un des ouvrages, le drainage en fond de cuvette est assuré par une nappe drainante (en géocomposite PEHD), qui assure le drainage des nappes aquifères du substratum (partie en déblais) en plus des débits éventuels de fuite de la géomembrane.

Cette enquête nous montre donc que la majorité des ouvrages ne disposent d'aucun système de drainage sous le DEG, contrairement aux règles communément admises ; cette situation ne semble pas avoir eu à ce jour de conséquence sur le comportement des DEG, probablement du fait de la perméabilité suffisante du substratum calcaire et des remblais, mais ce point aurait mérité d'être vérifié et explicité sur les études de projet. À noter également que, pour ces retenues en terrains karstiques, les fuites peuvent avoir à moyen terme un effet amplificateur sur la dissolution du substratum calcaire.

2.3 Les géomembranes utilisées

À l'exception des géomembranes bitumineuses, les principaux types de géomembrane ont été rencontrés sur ces ouvrages et notamment, par nombre décroissant, l'EPDM, le PEHD, le PP-F et dans une moindre mesure le PVC. Les maîtres d'ouvrages rencontrés lors des visites de ces ouvrages n'ont pas pu nous donner les raisons de ces choix au-delà des coûts de la fourniture et pose des produits retenus ; il semble que le PEHD est plus largement utilisé dans les ouvrages anciens, alors que les DEG les plus récents sont majoritairement en EPDM ou PP-F.

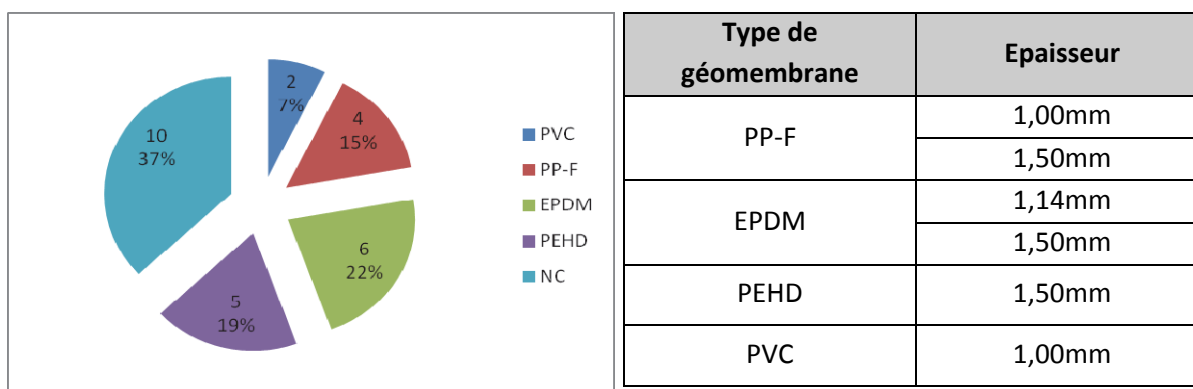


Figure 6 . Type et épaisseur des géomembranes utilisées

2.4. Les éléments de protection et de sécurité

Plus des trois-quarts des ouvrages sont équipés de systèmes de remontées des personnes suite à une chute accidentelle dans le bassin ; seuls quatre bassins n'en disposent pas ou sont en cours d'acquisition. Les systèmes de remontées des personnes mis en place sur les DEG sont de deux types : i) les échelles et ii) les cordes à nœuds. Leur nombre est le plus généralement de 4 (une sur chaque face ou dans chaque coin), cependant certains bassins en possèdent une seule, ce qui est notoirement insuffisant. L'un des bassins est doté d'une bouée, cet élément doit être considéré comme complémentaire mais ne dispense pas de la mise en place d'échelles ou cordes.

Les grilles de rongeurs sont là pour permettre la remontée des rongeurs évitant ainsi des dégâts sur la géomembrane. Tous les ouvrages en disposent, seul le nombre varie de 1 à plus d'une vingtaine. Il s'avère que, pour les bassins où un risque de rongeurs est présent, une ou deux grilles sont insuffisantes ; cela s'est traduit par une géomembrane déchirée par les morsures de ragondin.

La protection contre le vent de ces géomembranes sans structure de protection est particulièrement importante mais semble traitée de manière empirique, sur les ouvrages pour lesquels nous avons l'information, seulement la moitié des ouvrages est dotée d'un lestage mis en place sur la géomembrane. On peut distinguer trois catégories de lestage :

- sur toute la périphérie de l'ouvrage : 3 bassins lestés par boudins,
- sur chaque côté avec un seul dispositif : 3 bassins,
- un seul ou deux côtés : 2 bassins.



Figure 7. Répartition des bassins selon le système de lestage

On a aussi un minimum d'eau restant en fond de bassin venant suppléer les dispositifs de lestage. Ce minimum d'eau d'environ 50 cm en fond de bassin est cependant insuffisant à lui seul pour empêcher efficacement les effets du vent. En effet, sur plusieurs retenues les propriétaires nous ont fait part de problème de soulèvement lors de vents forts. Ces vents provoquent une dépression sur la géomembrane, décollant celle-ci du support et venant l'abimer par «claquement» sur le sol support. De plus le vent crée des efforts supplémentaires dans les ancrages.

Pour appuyer ces constatations, on peut signaler que l'une des retenues a connu des problèmes dus au vent suite à une vidange totale. Effectivement, la géomembrane pourtant en bon état, s'est déchirée et a été retrouvée « flottante » dans les airs et risquant de s'envoler jusqu'à une route à grande circulation située quelques dizaines de mètres plus loin. Une équipe de la DDT a dû d'urgence venir découper et enlever la géomembrane pour éviter des conséquences désastreuses. De même, les bassins lestés avec seulement deux séries de pneus assemblés avec une corde ont eu des problèmes de «claquement» au vent.

3. Comportement des géomembranes

3.1. Caractérisation du support et des endommagements

Pour faire une première analyse basée principalement sur des constatations visuelles nous avons défini deux critères : i) l'agressivité du support et ii) l'endommagement de la géomembrane.

En l'absence de données suffisamment précises dans les dossiers des ouvrages, l'agressivité des supports est établie sur la base des irrégularités observables sur site ; ainsi on peut établir 3 classes dénommées « lisse », « régulier » et « irrégulier » illustrées sur la figure 8 et répartir les ouvrages sur ces classes en fonction de l'état de la géomembrane en crête là où les forces de traction sont les plus fortes ; cette classification, qui s'appuie également sur les informations données par les propriétaires, est subjective mais donne une image assez réaliste de la situation.



Figure 8. Illustration de l'échelle de l'agressivité du support

On s'aperçoit que les supports ne présentant aucune ou vraiment très peu d'éléments poinçonnants sont largement minoritaires : 2 ouvrages soit 13% du panel des ouvrages visités. Au contraire, les bassins contenant des éléments très grossiers représentent 1/3 des bassins, ce qui est important quand on sait que l'état du support est un élément prépondérant de la durabilité de la géomembrane.

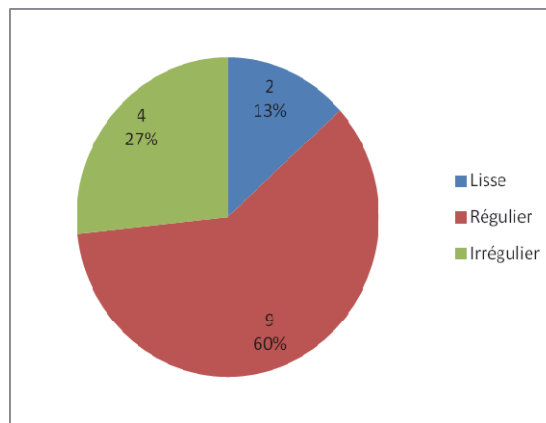


Figure 9. Répartition des bassins selon l'agressivité du support

Pour caractériser l'état de la géomembrane, on a compté, lors de la visite des ouvrages, le nombre de déchirures et le nombre de réparations ayant été effectuées sur la géomembrane. Il faut noter que les défauts visibles répertoriés sont essentiellement ceux présents au niveau de la partie haute du DEG (les visites ont été effectuées au printemps, barrages quasiment pleins) ; il a également été tenu compte du témoignage des exploitants concernant les réparations. On peut ainsi classer l'état de la géomembrane suivant une gradation des déchirures et/ou réparations qu'elle a subie ; quatre classes ont ainsi été considérées en fonction du nombre de trous, déchirure ou leur réparation : i) aucune, ii) une seule, iii) une dizaine et iv) une trentaine.

3.2. Influence du complexe support sur l'endommagement des géomembranes

Nous ne retenons ici que les 12 bassins (B1 à B12) qui ont fait l'objet d'une visite et dont le géotextile anti-poinçonnant mis en place sous la géomembrane est un non-tissé de 300 g/m². Le nombre de défauts (trous, déchirures réparées ou non) constatés dans chacune des géomembranes est indiqué dans le tableau 1 en fonction de la régularité du support. On constate que les DEG mis en place sur des supports lisses ne présentent aucun défaut ; par contre, lorsque le support est irrégulier, le nombre de déchirures et/ou trous est important ou très important. Dans le cas intermédiaire d'un support que nous avons qualifié de régulier, le nombre de défauts est très faible sauf dans deux cas dont l'un correspond à une géomembrane ancienne (plus de 20 ans).

Tableau 1. Nombre de défauts en fonction de l'état du support

Qualité du support	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
Lisse	0	0										
Régulier			0	1	0	1	1	≥30	env.10	1		
Irrégulier											env.10	≥30

Les éléments précédents mettent en lumière l'intérêt de la qualité de la couche de matériaux support sur l'endommagement de la géomembrane, d'autant plus lorsque le géotextile interposé est de faible masse surfacique. Les exemples de géotextiles plus épais sont trop limités dans l'échantillon de bassins étudiés, mais les deux ouvrages munis respectivement d'un géotextile de 500 g/m² et de 300 g/m² + 500 g/m² dans les zones de « tension », ne présentent aucun défaut sur un support intermédiaire qualifié de régulier.

4 Conclusion

Le présent retour d'expérience a été réalisé sur 27 bassins de substitution répartis sur 5 départements du Sud-Ouest. Les ouvrages sont âgés de 1 an à 23 ans, avec un large panel de types de géomembranes, mises en place sans couche de protection sur la géomembrane. Cette étude a permis de mettre en évidence un comportement globalement satisfaisant de ces ouvrages et particulièrement

des DEG, les pathologies majeures rencontrées concernent des éléments autres que ceux liés au dispositif d'étanchéité et ne sont pas exposées ici.

L'endommagement des géomembranes a été analysé essentiellement au travers de la qualité de la structure support qui se révèle être le paramètre majeur du bon état de la géomembrane quel que soit son type. Pour les ouvrages étudiés, les matériaux supports sont généralement constitués de calcaire broyé et selon la granulométrie du matériau obtenu l'agressivité sur la géomembrane est variable. On constate que l'utilisation d'un géotextile de 300 g/m² de masse surfacique sur un tel support calcaire n'évite pas le risque de perforation de la géomembrane s'il est broyé trop grossièrement (D_{max} supérieur à 20 mm). Ceci confirme que le géotextile anti-poinçonnant permet d'améliorer la résistance à l'endommagement de la géomembrane mais ne peut constituer à lui seul un palliatif à une couche de granulométrie trop élevée. La granulométrie et la régularité du support reste donc un élément essentiel du bon comportement du DEG ; le dimensionnement du support doit prendre en compte l'ensemble sol+géotextile.

Cette étude a aussi montré que le drainage sous la géomembrane n'est que très rarement mis en place sur les ouvrages étudiés ; toutefois, cette absence n'a pas eu, dans les cas étudiés, d'impact sur la pérennité des ouvrages, fait que l'on peut attribuer au contexte particulier de la nature calcaire et plus ou moins perméable des remblais et de la fondation, qui permet une évacuation des eaux de fuite sans conséquence sur les ouvrages. Il convient cependant de rappeler que le drainage est nécessaire dès l'instant que la perméabilité des couches support n'est pas vérifiée.

En ce qui concerne le choix économique de ne pas mettre en place de structure de protection, on peut noter que ce retour d'expérience montre que les géomembranes utilisées ont dans l'ensemble un vieillissement qui paraît visuellement satisfaisant et assurent correctement leur fonction d'étanchéité malgré cette absence de protection ; toutefois, au-delà de la nécessaire résistance aux UV, des précautions minimales doivent être prises pour faire face aux risques de soulèvement par des vents forts, pour ce faire la mise en place d'un lestage sur l'ensemble du pourtour de la retenue est indispensable même si les bassins ne sont jamais complètement vidés ; les battements au vent constituent un risque d'endommagement prématuré.

Les éléments relevés par cette analyse contribueront à continuer d'améliorer la conception et la réalisation des DEG des bassins d'irrigation qui donnent globalement satisfaction à leurs utilisateurs maintenant depuis plus de 20 ans ; les recommandations pour la réalisation des petits barrages en terre à vocation principalement agricole (Girard et al., 2010) pourront être complétées avec un volet plus spécifique sur les DEG de la même manière que pour les retenues d'altitude (Peyras et al, 2009 – Poulain et al, 2011) en prenant en compte le contexte spécifique de ces bassins de substitution réalisés en plaine sur des substrats généralement calcaires avec les contraintes géotechniques correspondantes qui n'ont pas été développées dans la présente communication.

4. Références bibliographiques

- AFNOR, norme NF P 84-500. (1998). Géomembranes – Terminologie
Comité français des géotextiles et géomembranes. (1991). Fascicule N°10 Recommandation générales pour la réalisation d'étanchéités par géomembranes.CFG, 45 pages.
Girard H., Mériaux P. (2010). Petits barrages en terre et bassins [CD-ROM]. Cemagref/Groupama, 113 pages.
Peyras L., Mériaux P. (2009). Retenues d'altitude. Savoir-faire. Quae Versailles, 330 pages. ISBN : 978-2-7592-0353-6.
Poulain D., Touze-Foltz N., Peyras L., Duquennoy C. (2011). Containment ponds, reservoirs and canals. In Handbook of Geosynthetic Engineering. ICE, 32 pages. ISBN: 978-0-7277-4175-2.
Poulain D., Peyras L., Mériaux P. (2011) Feedback and guidelines for geomembrane lining systems of mountain reservoirs in France. Geotextiles and geomembranes, vol. 29, n° 4, pp. 415-424.