

PRÉFACE



est vraiment un plaisir d'être invité à écrire la préface à ce numéro spécial sur les géosynthétiques de la revue *Science Eaux & Territoires*. C'est un plaisir tant au niveau personnel, qu'au titre d'ancien Président de l'*International Geosynthetic Society* (IGS).

En effet, mes débuts dans le domaine des géosynthétiques datent exactement de la même année que celle de l'identification de la thématique au Cemagref (en 1979). J'ai assisté cette année-là au cours « Fondations et ouvrages de géotechnique » à l'École Polytechnique de Milan où il était question, précisément, de l'emploi de géotextiles en tranchées drainantes pour la stabilisation de pentes.

C'est en 1982 que je rencontre les experts du Cemagref, les membres du Comité français des géotextiles (CFG), pendant la deuxième Conférence internationale des géotextiles à Las Vegas, qui fut ma première expérience d'un congrès international. Là-bas, au Nevada, nous étions seulement cinq Italiens ; les Français étaient déjà bien représentés avec au moins quarante personnes, tous très organisés, grâce surtout à l'activité du Comité français des géotextiles (devenu depuis le comité français des géosynthétiques). C'est à cette occasion à Las Vegas que je fis la connaissance des deux « Daniel » du Cemagref (Fayoux et Loudière) avec qui j'ai entamé une longue collaboration sous la forme d'un groupe de travail appelé « les trois Daniel », dédié à la filtration et à la perméabilité.

Avant Las Vegas, à la vérité, j'avais cherché à contacter un autre membre du Comité français des géotextiles : Jean-Pierre Gourc de l'université de Grenoble, à qui j'avais envoyé une lettre de proposition de coopération scientifique. J'attends encore une réponse à cette lettre ! Malgré ce début peu prometteur, nous avons développé une collaboration scientifique qui a débouché finalement sur une amitié réciproque et sincère.

En février 1983, le Cemagref organisa à Paris le colloque sur l'étanchéité superficielle des bassins, barrages et canaux. J'y présentai deux articles, mais surtout, je fus invité à visiter pour la première fois les laboratoires du centre d'Antony dans le cadre d'une collaboration de recherche sur les thématiques de filtration et de drainage, qui se concrétisa par la visite, en juin 1983, de Daniel Fayoux aux laboratoires de l'Enel-Cris de Milano et aux barrages de l'Enel en Sicile.

Ce rappel de notre longue collaboration avec Irstea, qui continue aujourd'hui avec Nathalie Touze-Foltz et son équipe, me permet de faire le point sur la situation actuelle, de montrer tout l'intérêt de ce numéro de la revue SET, et enfin de terminer sur nos perspectives de développement scientifique et technique pour le futur.

Le domaine des géosynthétiques est en effet en pleine révolution. D'une part, la globalisation des échanges économiques des années récentes et la compétition très dure que se livrent les industriels du secteur ont fortement limité les ressources issues des producteurs de géosynthétiques. C'est donc avec regret que l'on constate au niveau mondial une diminution des budgets alloués aux contrats de recherche par les industriels, et par conséquent des contrats de recherche eux-mêmes.

D'autre part, on a assisté à plusieurs ruptures de structures dans lesquelles les géosynthétiques étaient impliqués, mais à bien y regarder, ces dramatiques accidents étaient plutôt la conséquence d'une mauvaise conception. Cependant, cet état de fait a provoqué une demande de la part des utilisateurs de plus en plus prégnante autour de la durabilité des différents types de matériaux.

On a donc besoin de réponses de plus en plus précises et très documentées : beaucoup d'articles contenus dans ce numéro spécial sont le reflet de cette tendance très marquée.

En effet, depuis longtemps, nous ne sommes plus dans cette phase préliminaire et généraliste de la recherche, mais dans une phase plus applicative. C'est ce que démontre ce numéro thématique.

Ainsi et à titre d'exemple, l'application des géomembranes dans les barrages est très intéressante et en remarquable croissance.

De plus, étudier les premières utilisations de géomembranes dans les barrages donne l'occasion de tirer des leçons des succès et échecs concernant leurs caractéristiques (sélection, épaisseur, durabilité, protection), de leur conception (générale et détaillée) et des modes de dysfonctionnement.

Dr. Ing. Daniele CAZZUFFI

AGI-IGS President

IGS Past President

CESI SpA

Via Rubattino, 54

I-20134 Milan, Italie

cazzuffi@cesi.it

► Dans presque trois cent vingt barrages au monde, des géomembranes constituent l'étanchéité principale. La géomembrane est généralement associée à d'autres géosynthétiques remplissant diverses fonctions. En particulier, l'utilisation des géomembranes est enregistrée dans les différents types de barrages : barrages en remblai (en terre et en enrochements), barrages en béton et maçonnerie, barrages en béton compacté au rouleau. Il est évident qu'une attention particulière doit être portée à la conception et à la construction de ces structures ainsi qu'à la sélection des géomembranes et à leur performance (notamment étanchéité et durabilité).

L'utilisation des géomembranes dans les barrages est une des applications majeures des géosynthétiques, du fait de leur importance dans les domaines économique, énergétique et environnemental.

Les géomembranes remplacent des matériaux traditionnels d'étanchéité comme le béton, le béton bitumineux et l'argile. Tandis que le concept de l'utilisation des géomembranes dans les barrages découle du succès des géomembranes dans les réservoirs, l'utilisation depuis longtemps de bandes synthétiques (*waterstop*) pour assurer l'étanchéité des joints de dilatation de nombreux barrages en béton a certainement contribué à faciliter l'acceptation de ces matériaux dans ce type spécifique d'ouvrages.

Concernant les barrages en remblais, de nombreuses applications existent car ils sont souvent très perméables et doivent bénéficier d'une étanchéité additionnelle pour plus de sûreté. De surcroît, dans de nombreux cas, une géomembrane est plus économique et plus facile à installer qu'un matériau d'étanchéité traditionnel.

Le barrage de Contrada Sabetta, construit en Italie en 1959, est le premier exemple d'utilisation de géomembrane dans un barrage. C'est un ouvrage remarquable parce qu'il est relativement haut et que la géomembrane est l'unique étanchéité du barrage. Il s'agit d'un barrage de 32,5 m de haut, en maçonnerie de pierres sèches, avec des pentes très raides : 1V:1H en amont et 1V:1,4H en aval. La géomembrane, de 2 mm d'épaisseur, est en polyisobutylène, un composé élastomérique qui n'est plus utilisé, non point à cause de sa performance, qui est satisfaisante (du moins lorsque la géomembrane est recouverte), mais parce que les géomembranes modernes sont plus faciles à souder.

En 1960, une géomembrane PVC de 0,9 mm d'épaisseur (à l'époque, le seuil d'un millimètre d'épaisseur n'existait pas pour définir une géomembrane) fut utilisée sur un petit barrage en Slovaquie. Ensuite, pendant sept ans, aucune utilisation de géomembrane dans des barrages n'a été rapportée. À partir de 1967, avec le barrage de Miel, de 15 m de haut, en France, étanché par une géomembrane en butyl, on assiste à nouveau à des utilisations de géomembranes dans des barrages. Il s'agit encore de plusieurs barrages en remblai. Dès lors, le rythme de construction de barrages avec géomembranes s'accélère.

Dans les années 1970, on commença à utiliser des géomembranes pour la réhabilitation de barrages en béton. En effet, le béton des barrages se détériore progressivement à cause notamment du gel-dégel et, dans certains cas, de réactions alcali-granulats. Ces deux phénomènes sont liés à la présence d'eau dans le béton, ce qui est le cas du béton des barrages. Dans certains barrages construits dans les années 1920 ou 1930, le degré de détérioration du béton était tel dans les années 1970 qu'une réhabilitation était nécessaire. Et, pour séparer le béton de l'eau de la retenue, l'utilisation d'une géomembrane s'imposait. De surcroît, la géomembrane offre l'avantage de diminuer le débit de fuites (qui peut être important dans le cas de béton très détérioré).

Les premières utilisations eurent lieu dans les Alpes italiennes, en commençant par le barrage du Lago Baitone, un barrage poids en béton construit en 1930 et réhabilité avec une géomembrane en 1971. La géomembrane (polyisobutylène 2 mm) fut laissée exposée sur la face quasi-verticale du barrage. Cette géomembrane fut endommagée par de la glace et des débris flottants. Elle fut remplacée en 1994 par une géomembrane PVC de 2 mm d'épaisseur laminée en usine avec un géotextile non tissé aiguilleté assurant protection et drainage. La première application entièrement couronnée de succès fut réalisée en 1976 au barrage du Lago Miller (11 m de haut), également dans les Alpes italiennes, avec une géomembrane PVC de 2 mm d'épaisseur et en 1980 au barrage du Lago Nero (45,5 m de haut), également dans les Alpes italiennes, où pour la première fois fut utilisée une géomembrane composite constituée d'une géomembrane PVC thermoliée en usine avec un géotextile non tissé aiguilleté assurant protection et drainage. Ce type de géomembrane sera ensuite utilisé avec succès dans de nombreux barrages de tous types.

Dans les années 1970 et 1980, huit grands barrages furent ainsi réhabilités dans les Alpes italiennes à plus de 2 000 m d'altitude. Dans tous ces barrages, la géomembrane PVC est exposée, ce qui, à cette altitude, impose des conditions sévères en termes de rayonnement ultraviolet, basses températures, gel-

dégel et contact avec de la glace flottant à la surface du réservoir (du moins dans le cas des barrages qui ne sont pas équipés de système par air comprimé qui empêche la présence de glace près de la face amont). Pour cette raison, des géomembranes PVC épaisses ont été utilisées (2 ou 2,5 mm), ce qui contrastait avec les épaisseurs faibles (0,75 ou 0,5 mm) des géomembranes (aujourd'hui, on dirait géofilm) alors utilisées dans de nombreux réservoirs. En effet, on était en droit de penser que, puisque l'un des mécanismes de vieillissement des géomembranes est la migration de constituants hors de la géomembrane, la durabilité pourrait être proportionnelle au carré de l'épaisseur, par analogie avec des phénomènes comme la consolidation des sols ou les transferts de chaleur.

Le fait que les géomembranes se trouvent sur la face amont quasi-verticale des barrages en béton rend nécessaire la fixation des géomembranes pour éviter leur déplacement par les vagues et le vent, ainsi que pour réduire leur affaissement dû à la gravité. Le système utilisé pour la première fois au barrage du Lago Nero est devenu le système le plus utilisé pour la fixation des géomembranes sur les faces verticales.

De manière plus générale, la qualité de la géomembrane utilisée pour la réhabilitation de barrages en béton et la qualité de son installation ont contribué de façon importante à établir la crédibilité des géomembranes dans les barrages de tous types.

La construction de barrages en béton compacté au rouleau a commencé au début des années 1980. Dès 1984, une géomembrane a été utilisée pour l'étanchéité d'un barrage en béton compacté au rouleau : ce fut au barrage de Winchester (aujourd'hui appelé barrage Carrol Ecton), un nouveau barrage, aux États-Unis. L'utilisation des géomembranes étant très bénéfique aux barrages en béton compacté au rouleau, un grand nombre de ces barrages ont été étanchés à l'aide de géomembranes et, depuis 2000, des barrages existants en béton compacté au rouleau ont eu leurs joints ou fissures réparés à l'aide de géomembranes. On peut dire que l'association des géomembranes et du béton compacté au rouleau a été la plus importante innovation dans l'art de construire les barrages depuis les années 1970.

Une autre date importante est celle de la première installation de géomembrane sous l'eau pour la réhabilitation d'un barrage. Ce fut en 1997, au barrage de Lost Creek, aux États-Unis.

Les géomembranes ont été adoptées dans le monde entier pour assurer l'étanchéité de tous les types de barrages, de même que l'étanchéité de tous les types d'ouvrages hydrauliques (réservoirs, bassins, lagunes, stations de pompage, canaux, tunnels), avec un total de plusieurs centaines de million de m² installés. On peut dire que les géomembranes ont été la plus importante innovation dans la construction des ouvrages hydrauliques depuis les années 1950.

En terme de perspective, je voudrais rappeler les trois points principaux de mon programme présenté à Atlanta en mars 1998, lors de mon élection à la vice-présidence de l'IGS.

1^{er} point : les universités et centres de recherche : la France doit continuer à être présente de manière importante dans le domaine des géosynthétiques. Les jeunes chercheurs des universités et des centres de recherche doivent s'intéresser aux aspects théoriques et accroître les connaissances en recherche fondamentale, mais ils ne doivent pas oublier les aspects applicatifs de leurs recherches, pour donner impulsion de nouvelles idées et accompagner l'innovation dans ce secteur industriel stratégique.

2^e point : les entreprises : l'exemple des « Rencontres Géosynthétiques » est très représentatif de l'effort de la communauté française à montrer très simplement aux entreprises l'intérêt de l'emploi des géosynthétiques dans les différents domaines du génie civil. De façon concomitante, il est nécessaire de chercher à profiter de l'expérience des entreprises pour continuer à développer de nouvelles applications et de nouvelles techniques de mise en œuvre des géosynthétiques.

3^e point : la diffusion des connaissances à un large public ou l'utilisation des médias : c'est le point le plus important et le numéro thématique de SET est un moyen efficace (parmi d'autres supports) de diffuser les connaissances auprès d'un public averti de professionnels, et cela pour au moins deux raisons :

- pour promouvoir les géosynthétiques au niveau national (donc en langue française) ;
- pour valoriser à un niveau international le savoir-faire français dans ce domaine, peut-être en suggérant une diffusion en langue anglaise de ce numéro.

Bonne lecture ■

Dr. Ing. Daniele CAZZUFFI

Ancien président de l'International Geosynthetic Society

AGI-IGS President