

DISPOSITIFS D'ÉTANCHÉITE PAR GÉOMEMBRANES POUR LES BARRAGES - BULLETIN DE LA CIGB

GEOMEMBRANES SEALING SYSTEMS FOR DAMS - ICOLD BULLETIN

Marc LEFRANC¹, Hugues GIRARD², Gabriella VASCHETTI³, Albert SCUERO³

¹ EDF Centre d'Ingénierie Hydraulique, Le Bourget du Lac, France

² CEMAGREF, Bordeaux, France

³ CARPI, Chiasso, Suisse

RÉSUMÉ – Cette communication présente le contenu d'un nouveau bulletin prochainement édité par la Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB), relatif à l'usage des géomembranes pour assurer l'étanchéité des barrages, constituant ainsi la mise à jour du bulletin 78 de 1991 de la CIGB. Il décrit brièvement les thèmes traités, présente la constitution du groupe de travail international ayant participé à sa rédaction et les dates prévues de sa publication (versions anglaise et française) par la CIGB.

Mots-clés : géomembranes, barrages, réparations, système d'étanchéité, CIGB

ABSTRACT – This lecture explains the contents of a new bulletin published soon by the International Commission on Large Dams (ICOLD) about geomembranes as sealing systems for dams, thus updating ICOLD bulletin 78 (1991). It outlines the topics covered, the constitution of the international working group that participated in its drafting and the expected dates of publication (English and French) by ICOLD.

Keywords: geomembranes, dams, repairs, sealing system, ICOLD

1. Préambule

L'avant-propos de ce bulletin, rédigé par M. Marulanda, Président du Comité des matériaux pour barrages en remblais de la CIGB (Commission Internationale des Grands Barrages), en situe bien le cadre, dans le contexte de l'histoire des géomembranes en organes d'étanchéité de barrages.

La première édition de ce bulletin a été publiée en 1981 (bulletin 38). Il s'agissait d'un guide technique détaillé, accompagné de références exhaustives : les différents types de membranes et leurs caractéristiques y étaient passés en revue, ainsi que les contraintes théoriques et réelles rencontrées ; des procédures à développer y étaient détaillées, accompagnées d'exemples.

En 1991, un nouveau Bulletin 78, « Étanchéité des barrages par géomembranes. Technique actuelle » présentait 70 barrages utilisant des géomembranes et mettait l'accent sur les matériaux nouveaux ou améliorés désormais disponibles, sur l'expérience collectée qui permettait une meilleure compréhension de leur utilisation et sur les concepts techniques pointus dans ce domaine, à l'origine d'une mise en oeuvre dans des barrages plus élevés qu'auparavant. Le Bulletin 78 traitait de nouveaux domaines, comme l'amélioration des caractéristiques d'étanchéité d'autres parements, la réparation de barrages poids anciens et des parements béton amont des barrages en remblai. Et pour finir, le Bulletin 78 présentait de nouvelles idées concernant le drainage, les couches de support et les couches de protection, ainsi que les géomembranes que l'on étudiait à l'époque (1990) pour le parement amont des barrages béton compacté rouleau.

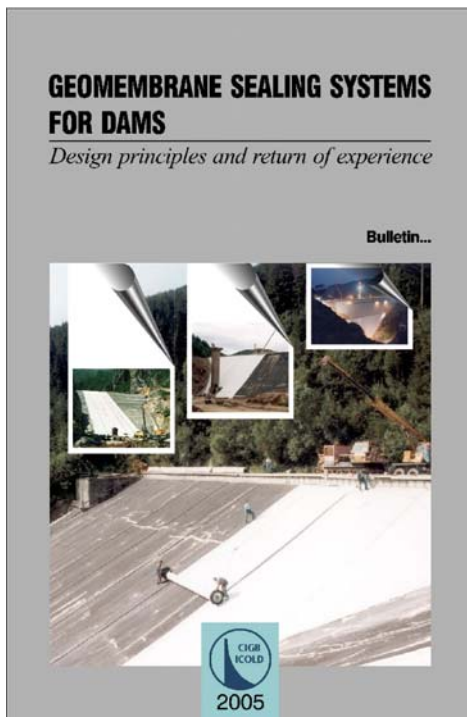
Cette nouvelle édition de 2008 cite 280 barrages et met à jour les données et recommandations des deux premiers bulletins 38 et 78. Elle passe en revue les nouvelles informations et pratiques apparues entre-temps, notamment des applications pour lesquelles les géomembranes sont le seul élément étanche de barrages en remblai (Bovilla, Albanie, 91 m, 1996), de barrages BCR (Miel 1, Colombie, 188 m, 2002), pour lesquelles elles jouent le rôle de joints externes sur des barrages BCR (Porce II, Colombie, 118 m, 2000), ou de réparation sous l'eau de barrage poids (Lost Creek, USA, 36 m, 1997) et de barrages BCR (Platanovyssi, Grèce, 95 m, 2002).

Ce nouveau Bulletin traite également de l'utilisation de géomembranes pour des barrages affectés par Réaction Alcalis Granulats (RAG) (Pracana, Portugal, 65 m, 1992). Le Bulletin présente l'étanchement de joints défectueux et de fissures sur le parement béton amont de barrages en enrochement grâce à des bandes de géomembranes fixées mécaniquement (Strawberry, USA, 101 m, 2002).

Les 280 barrages mettant en oeuvre des géomembranes et cités dans ce bulletin sont en remblai (188) ou en béton + BCR (91 + 1 de type inconnu). Parmi ceux-ci, 48 se trouvent aux Etats-Unis, 47 en Chine, 42 en France, 35 en Italie, 10 en Espagne et 10 en Allemagne, 9 en Autriche, 6 en République Tchèque, 5 au Portugal, 4 en Bulgarie et 4 au Royaume Uni, 2 en Suisse, ainsi qu'en Belgique, Chypre, Roumanie et Slovaquie, et 5 répartis dans d'autres pays européens. L'Europe et les Etats-Unis possèdent plus de 67 % du total (188 barrages). En raison de la grande expérience accumulée en Europe, cette mise à jour a été préparée par le Groupe de travail européen sur les géomembranes appliquées au revêtement des barrages, nommé par la Commission internationale des grands barrages, avec l'assistance de certains experts des États-Unis. Ce Bulletin offre au lecteur l'expérience effective mondiale de l'utilisation des géomembranes, la plus ancienne ayant été posée il y a plus de 45 ans, et toujours en service. Nous remercions chaleureusement tous les auteurs, notamment Alberto Scuero, coordinateur du groupe, Gabriella Vaschetti, secrétaire, et d'autres membres du groupe, dans l'ordre alphabétique, Blanco, Cazzuffi, Girard, Koerner, Lefranc, Millmore, Schewe, Sembenelli, Vale.

A. MARULANDA

Président du Comité des matériaux pour barrages en remblais



Nota : Ce bulletin se limite aux usages des géomembranes sur les « barrages », en sont donc exclus les autres ouvrages hydrauliques tels que les canaux, les galeries, les petits bassins, etc., hors du champ de la CIGB.

Figure 1. Fac similé de la page de garde du bulletin

2. Le contenu du bulletin

Ce paragraphe précise, de façon plus formelle, le contenu du guide, en explicitant les points forts de chacun des 9 chapitres et des 3 annexes qui le composent.

Les chapitres 1 et 2 présentent de manière succincte les géosynthétiques et leur classification en familles distinctes, leurs caractéristiques et leur domaine d'application général. Il résume le contexte et le domaine d'application de ce Bulletin.

La classification et les caractéristiques des géomembranes évoquées dans ce bulletin sont explicitées, à savoir les géomembranes polymères (tableau I) et les géomembranes bitumineuses (bitume et bitume polymère).

Tableau I. Différentes familles de géomembranes polymères évoquées dans le bulletin

Type	Matériau de base	Abréviation
Thermoplastique	Polyéthylène chloré Copolymère d'éthylène vinyle acétate Polyéthylène ¹ Polypropylène ¹ Polychlorure de vinyle	CM EVM PE (PEHD ou PEBD) PP PVC
Caoutchoucs thermoplastiques	Polyéthylène chlorosulfoné Copolymère d'éthylène-propylène	CSM EPM
Thermodurcissable	Polyisobutylène Polychloroprène Monomère d'éthylène-propylène-diène Caoutchouc isobutène-isoprène Caoutchouc butadiène-nitrile acrylique	PIB CR EPDM IIR NBR

¹ Le Polyéthylène et le Polypropylène peuvent être désignés par le terme générique Polyoléfines.

Le chapitre 2 s'intéresse particulièrement aux spécifications et aux tests des matériaux les plus représentatifs pour leur utilisation comme organe d'étanchéité de barrages, à leurs modes de vieillissement et à leurs différentes techniques d'assemblage. La base de données permet de montrer les différents types de géomembranes utilisées sur les barrages, comme le montrent les graphiques de la figure 2.

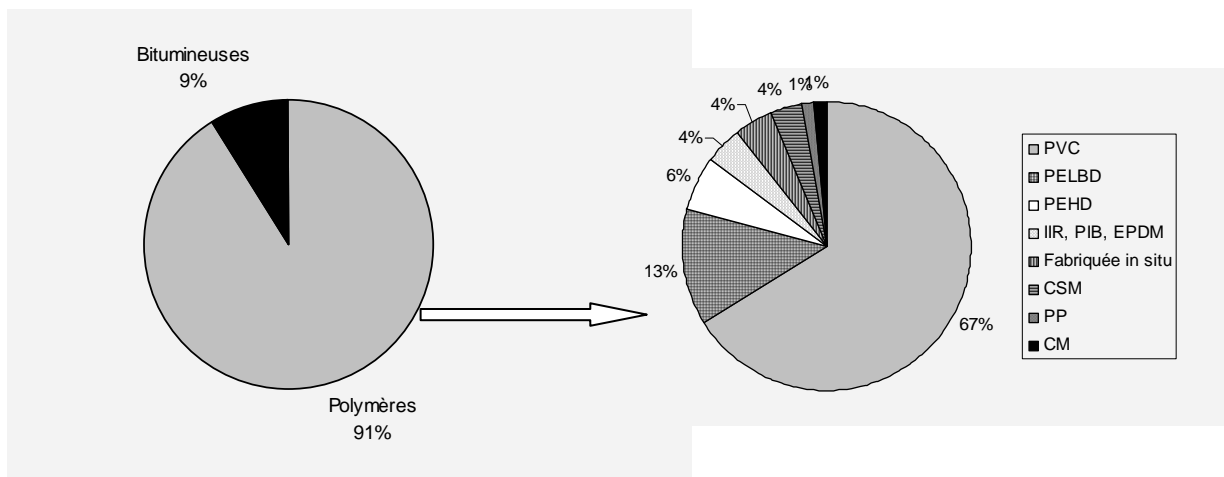


Figure 2. Différents types de géomembrane utilisés

On constate que les géomembranes PVC sont très majoritairement utilisées. La figure 3 permet de cibler l'usage de ces géomembranes PVC selon les différents types de barrages, en précisant si elles sont couvertes ou exposées.

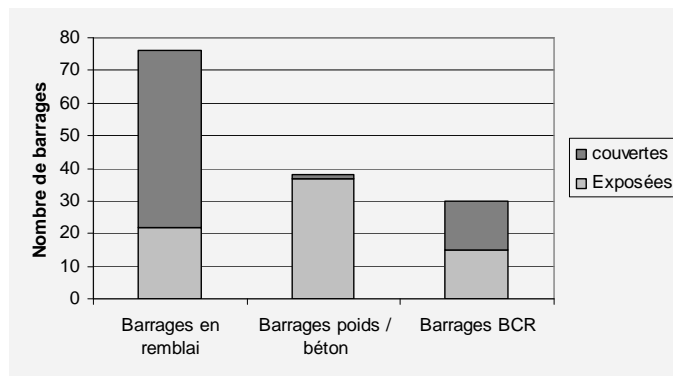


Figure 3. Protection des géomembranes en PVC selon les types de barrages

On constate ainsi que les géomembranes, sur les barrages poids en béton, sont rarement protégées ; à la fois de par la difficulté à mettre en place une protection sur des parements sub-verticaux, mais aussi de par la moindre nécessité d'une protection sur ces ouvrages, compte tenu de la qualité du support et de la fixation mécanique de la géomembrane.

Les géomembranes autres que le PVC sont principalement utilisés dans les barrages en remblai, où elles sont souvent (presque toujours pour les géomembranes PE) couvertes.

Pour les barrages en BCR, la répartition est plus partagée du fait de la position de l'étanchéité dans la structure de ces barrages (soit externe soit interne), car souvent cette position est déterminée dès la conception de l'ouvrage.

On explicite également dans ce chapitre la norme CEN EN 13361 publiée en 2004 "*Barrières géosynthétiques - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans la construction des réservoirs et des barrages*"

Le chapitre 3 décrit les sollicitations et contraintes auxquelles sont exposées les géomembranes comme organe d'étanchéité des barrages : mécaniques, physiques, chimiques, biologiques et attaques diverses. Il propose des critères et des recommandations pour prendre en compte celles-ci dans la conception, la construction et l'exploitation de barrages comportant une étanchéité par géomembrane. Une identification et une caractérisation pertinente et exhaustive de toutes les sollicitations auxquelles sera soumis le DEG est indispensable pour assurer la réussite du projet.

Le chapitre 4 traite des applications des géomembranes comme dispositif d'étanchéité pour la construction de nouveaux barrages en remblai. Pour ces ouvrages, on constate un plus large éventail des types de géomembranes utilisées (figure 4).

Ce chapitre aborde, de façon détaillée, les dispositions constructives en s'appuyant sur différents exemples, soit des ouvrages réalisés, soit des principes potentiels de conception pour de nouveaux ouvrages, en particulier dans le cas d'utilisation des géomembranes, en position interne, au cœur des ouvrages. Si la géomembrane est placée sur le parement amont elle est très souvent protégée, car la protection assure à la fois les fonctions de protection et de fixation de la géomembrane sur la pente.

Il présente également les applications des géomembranes pour la réparation de masques d'étanchéité en béton bitumineux et des masques en béton hydraulique sur les barrages en enrochements.

Les méthodes de calcul de stabilité des différents éléments du DEG sur les pentes sont explicitées.

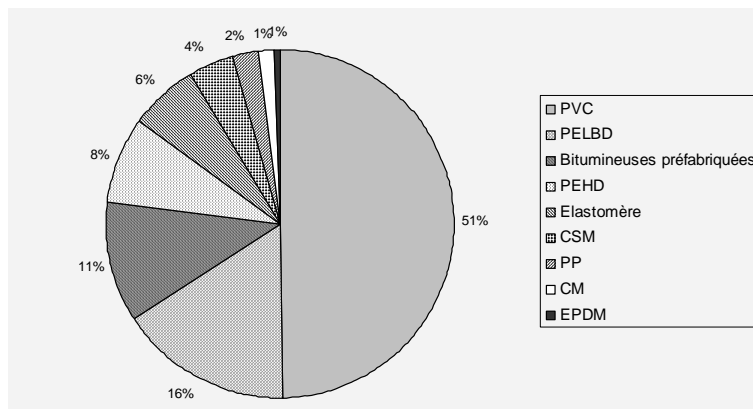


Figure 4. Usages sur les barrages en remblai

Le chapitre 5 s'intéresse aux applications des géomembranes sur les barrages en béton ou maçonneries et en réparation des barrages poids ou voûtes. Il traite également des réparations réalisées en immersion ou à l'air libre.

Des exemples de mise en œuvre sont présentés et des concepts généraux sont explicités pour aider à définir la technologie la mieux adaptée, car toujours différente dans les détails, compte tenu des spécificités de chaque barrage.

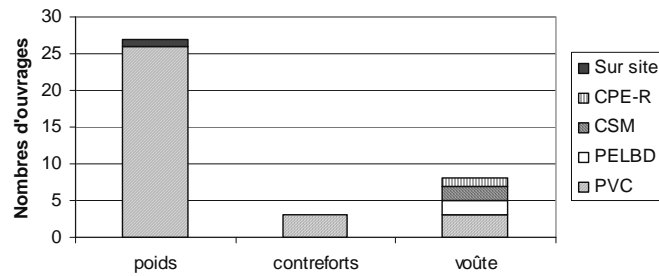


Figure 5. Types de géomembrane selon les différents barrages en béton

En termes de type de géomembranes, l'usage du PVC est largement majoritaire pour les barrages poids et les barrages à contreforts ; le type de géomembrane est plus varié sur les voûtes (figure 5).

Le chapitre 6 traite les applications des géomembranes aux cas très spécifiques des barrages en Béton Compactés au Rouleau (BCR) dans les nouvelles constructions, mais aussi pour la réparation des barrages existants. Les particularités et l'intérêt de ce type d'ouvrages sont explicités.

Le chapitre 7 aborde les applications spécifiques des géomembranes utilisées comme élément d'étanchéité sur les joints ou les fissures des ouvrages, et pour les réparations immergées. Des exemples d'application sont décrits avec les schémas associés.

Le chapitre 8 traite de l'assurance qualité, à la fois en termes de procédure, des qualifications, et surtout de précautions matérielles à respecter, depuis la fabrication de la géomembrane, jusqu'à sa mise en œuvre. Les différents tests de contrôle, adaptés aux spécificités de ces ouvrages sont décrits. Les méthodes de détection des fuites en exploitation sont également présentées.

Le chapitre 9 donne enfin des recommandations de spécifications pour la conception, l'acquisition et la construction de dispositifs d'étanchéité par géomembranes. Les points évoqués sont d'autant plus importants que les fournisseurs sont rarement les applicateurs, et comme tente de le présenter le guide l'usage des géomembranes sur les barrages requière des études spécifiques et une technicité certaine tant du côté du maître d'œuvre que de celui de l'entreprise d'étanchéité.

L'annexe 1 est constituée par une base de données de barrages sur lesquels des géomembranes ont été mises en œuvre. Le contenu de cette base est explicité ci-après à la section 3.

L'annexe 2 contient une liste de termes et définitions techniques concernant les géomembranes.

L'annexe 3 contient les principales références sur les normes d'essais, sur l'utilisation des géomembranes et sur leur mise en œuvre sur différents barrages.

3. La base de donnée associée

Cette base est présentée en annexe 1 du bulletin. La version transmise pour publication à la CIGB est arrêtée au 31 décembre 2006 et recense 264 barrages ; depuis la transmission à la CIGB, la base s'est enrichie et compte 280 ouvrages fin 2008 dont les ouvrages figurant dans les bulletins précédents.

Dans la dernière version de cette base (12/2008), quarante six pays sont représentés. Parmi ceux-ci, douze pays représentent plus de 80% des cas détaillés (figure 6).

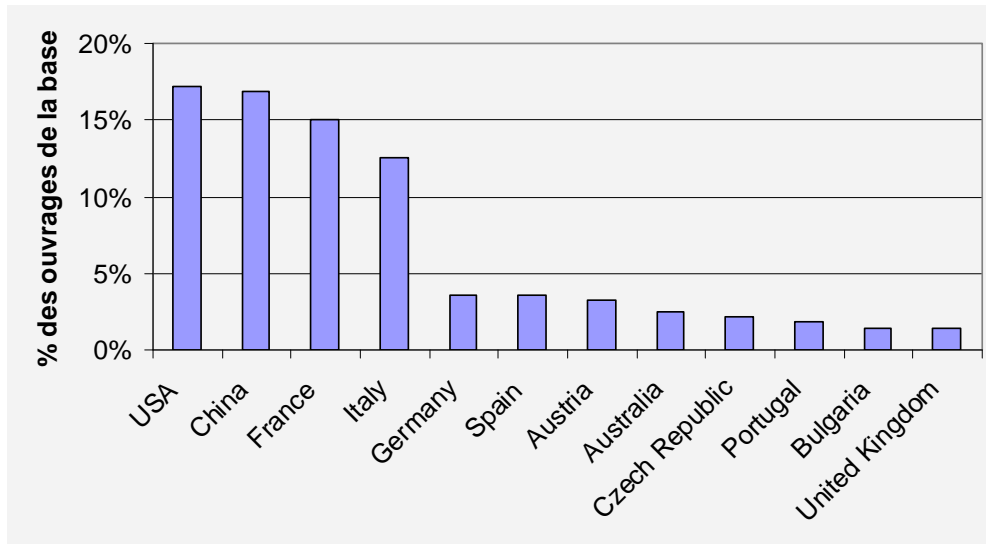


Figure 6. Répartition des ouvrages par pays (pour les 12 premiers pays en nombre d'ouvrages)

Il est intéressant de constater les fortes disparités entre ces différents pays, vis à vis des types de géomembranes utilisés majoritairement (figure 7).

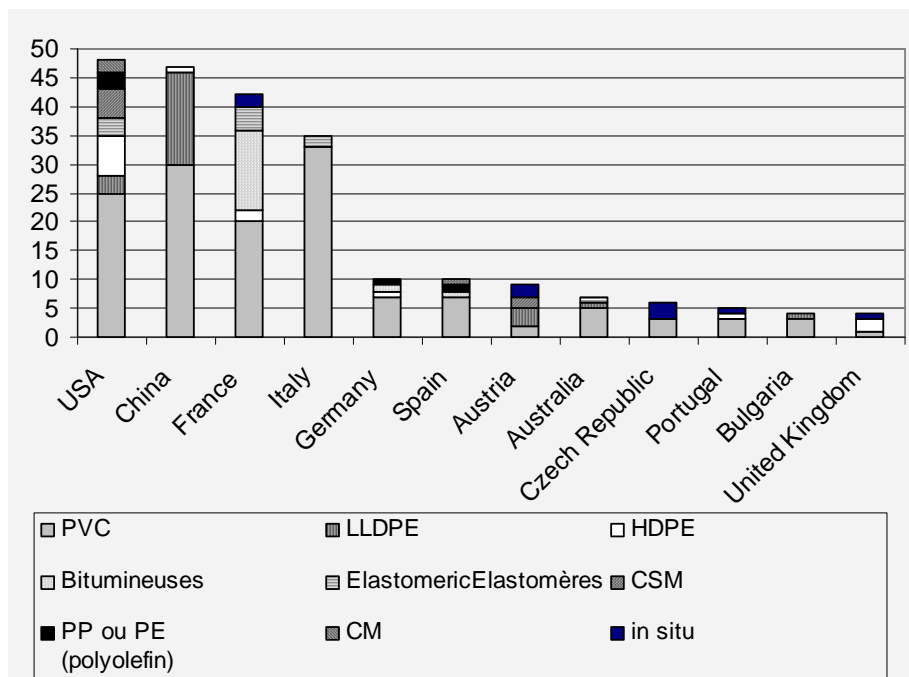


Figure 7. Types de géomembranes utilisés par les 12 pays principaux

Ainsi on constate que :

- seule la France utilise des géomembranes bitumineuses de façon non marginale (1 seul cas en Espagne, aucun dans les autres pays),
- en Chine l'usage du PVC est majoritaire et dans les autres cas c'est le PEBD qui est le plus utilisé,
- aux États-Unis, en dehors du PVC, aucun autre produit ne se dégage majoritairement.

Le graphique de la figure 8 est établi à partir de la base (12/2008), pour les lignes renseignées dans celle-ci. Il souligne la forte augmentation de l'usage d'une géomembrane sur les barrages à partir de 1980, ouvrages neufs et réparations / réhabilitation confondus.

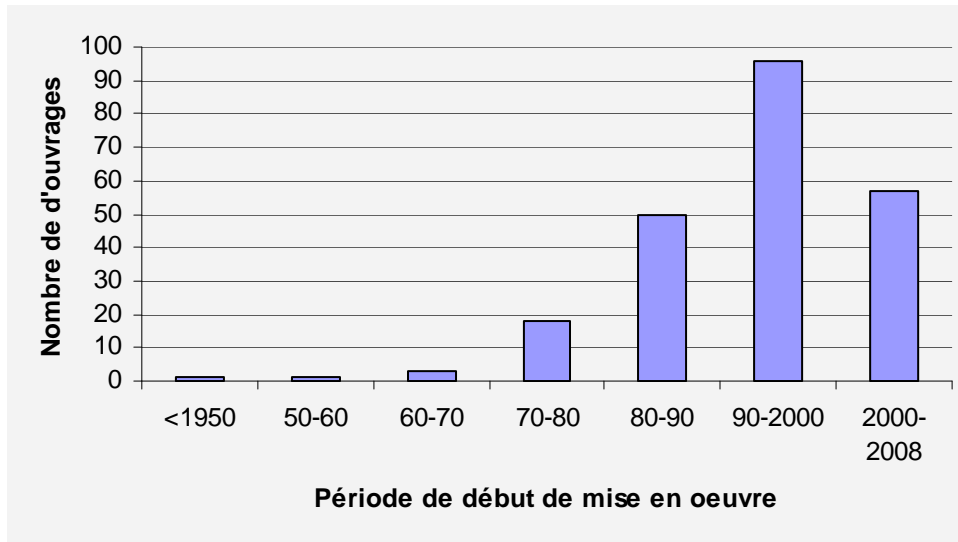


Figure 8. Période de réalisation ou réparation de barrages étanchés par géomembrane

4. La parution de ce bulletin CIGB

Le texte anglais du projet de bulletin, transmis à la CIGB début 2006, est en attente de publication. Les délais sont actuellement longs compte tenu du nombre important de bulletins produits au sein de cette organisation. Il devrait néanmoins paraître très prochainement, au moins dans sa version anglaise. Une version française, prête à 98%, a déjà été transmise à la CIGB et sera publiée ultérieurement.