

INTEGRATION DE LA TECHNIQUE DU BETON COMPACTE AU ROULEAU DANS LA CONSTRUCTION DES BARRAGES TYPE POIDS

Par
Mustapha Kamel MIHOUBI
Maître Assistant, ENSH (*) - Blida

Résumé

La dernière décennie a vu se développer à un rythme croissant l'utilisation de la technique du béton compacté au rouleau (BCR) dans la réalisation de barrages. Cette nouvelle technique présente des avantages incontestables : économie de ciment, réduction du délai de réalisation et faible besoin en main-d'œuvre spécialisée notamment. Mais on est encore loin de connaître l'ensemble des possibilités et des perspectives qu'elle offre.

Mots clés : cendres volantes - pouzzolanes - perméabilité - degré d'homogénéité.

1 INTRODUCTION

Le développement de la technique du béton de masse au cours de ces dernières années résulte dans des réductions successives du dosage en ciment attribuées à l'utilisation :

- ✓ d'une classe granulométrique propre,
- ✓ des pouzzolanes et des cendres volantes,
- ✓ d'agent entraîneur d'air et de plastifiant.

Ces mesures ont entraîné la mise au point d'une technique de béton maigre de densité, innovante tant pour le matériau que pour sa mise en œuvre, essentiellement à l'aide d'engins classiques de trébuchement, que ce soit pour son transport (camions), sa mise en place en couches minces (bulldozers) ou son compactage (rouleaux vibrants) : c'est la technique du BCR (Béton Compacté au Rouleau) (Figure 1).

(*) Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique.

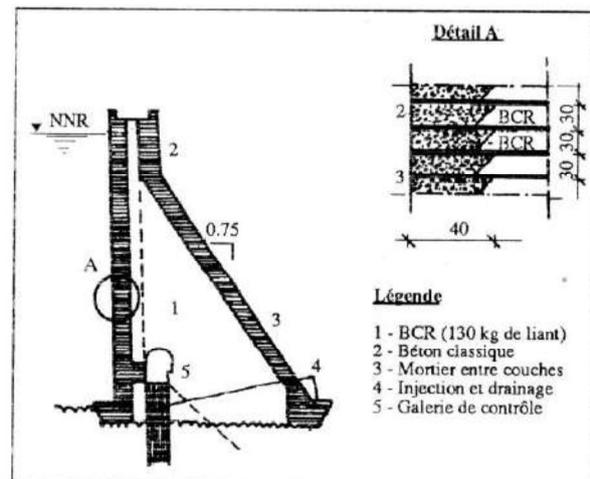


Figure 1 : Barrage en BCR. Section type.

La technique du BCR, connue sous la dénomination américaine "Rolled Compacted Concrete" (RCC), et sous la variante Japonaise "Rolled Concrete in Dam" (RCD), combine les effets désirables d'un remblai et écarte les inconvénients. Les contours de cette technique ont été présentés lors du 10ème Congrès du CIGB à Montréal en 1970 [1], [3]. Elle connaîtra sa mise en œuvre avec succès au début des années 80 avec la construction de grands barrages, principalement au Japon et aux États-Unis.

Barrages	Année	Hauteur (en m)	Pays
Tamagwa	1981	103	Japon
Galesville Dam	1986	51	Etats-Unis
Olivette	1986	36	France
Aoulouze	1990	35	Maroc

2 COMPOSITION DU BCR

2.1 Spécificités du BCR

On peut définir le BCR comme étant un matériau comportant les mêmes constituants que le béton conventionnel, mais avec les caractéristiques spécifiques suivantes :

a) Les agrégats

Les granulats proviennent soit d'un tout-venant d'oued avec un minimum de traitement (criblage), soit de roches carrières ou de matériaux extraits des fouilles des fondations du barrage en respectant un fuseau granulométrique précis. La taille des agrégats varie entre 40 et 150 mm. Ils doivent être assez durs pour supporter l'écrasement d'engins de compactage.

b) L'eau

Le passage des engins de compactage exige une confection d'un produit sec, tel que l'affaissement au cône d'Abrams soit nul. La pâte du BCR contient de 90 à 120 l/m³ d'eau avec un rapport eau-ciment égal à 0.68, rapport qui pourrait être plus élevé pour tenir compte de l'évaporation durant le transport et lors de la mise en œuvre du BCR.

c) Liants

On utilise généralement du Ciment Portland CPA de 40 à 120 kg/m³, des pouzzolanes ou des cendres volantes, matériaux qui peuvent atteindre les 150 kg/m³. Ils jouent un rôle important dans le mécanisme de prise du béton.

2.2 Qualités du BCR

Comme pour tous les matériaux, les qualités d'un BCR peuvent se définir par la nature du comportement qu'il a sous l'action des sollicitations imposées. Compte tenu des fonctions d'un barrage, les qualités déterminantes de son matériau de construction sont :

- La densité $d = (1.80 \text{ à } 2.30)$.
- La perméabilité $K = 0 \text{ à } 10^{-7} \text{ m/s}$.
- Les caractéristiques mécaniques à la rupture à savoir :
 - l'angle de frottement = 40°,
 - la résistance à la compression $R_c > 10 \text{ MPa}$.

2.3 Degré d'homogénéité

Comme tous les matériaux de construction, le BCR n'est pas parfaitement homogène dans la masse de l'ouvrage qu'il constitue. On peut illustrer ce fait par l'introduction d'un degré d'homogénéité s'évaluant en fonction de l'importance des plages de dispersion dans lesquelles se situent les valeurs mesurant les différentes caractéristiques du matériau. Ce degré d'homogénéité est alors directement lié à la qualité du fonctionnement de l'ensemble du processus concourant à la mise en œuvre du matériau depuis ses origines jusqu'à son emplacement final : exploitation aux carrières et emprunts, fabrication des agrégats et des liants, dispositifs de transports, dispositifs de dosage, de malaxage, de réglage et compactage [5], [6].

3 AVANTAGES DU BCR

Le béton compacté au rouleau présente des avantages indéniables qui se résument en trois points :

1/ Du point de vue des matériaux utilisés

On gagne environ 30% de ciment et 40% d'eau ; on considère généralement que le coût du mètre cube de BCR, mis en œuvre dans un barrage type-poids, est en moyenne deux fois inférieur à celui d'un béton classique (Figures 2 et 3).

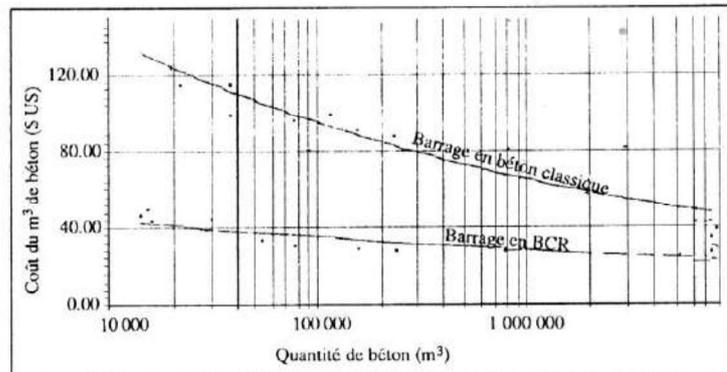


Figure 2 : Evolution du coût du m³ de béton.

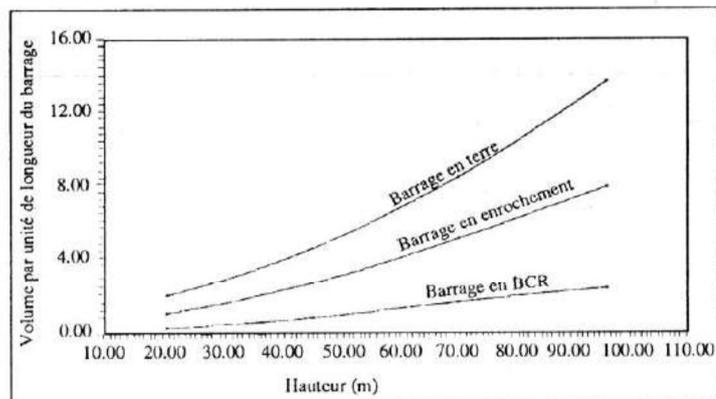


Figure 3 : Evolution des besoins en matériau.

2/ Du point de vue du matériel utilisé

La mise en œuvre du BCR, permet d'utiliser des engins et matériels classiques (bulldozers, rouleaux, dumpers, pelles hydrauliques, etc.). Ceci permet, d'une part, une diminution assez sensible du nombre d'ouvriers qualifiés (ferrailleurs, coffreurs) et, d'autre part, l'augmentation de la cadence de transport et de mise en place.

3/ Du point de vue du délai de réalisation

La facilité de la mise en œuvre du BCR permet une exécution rapide. Le BCR permet aussi de travailler avec des cadences élevées. Pour la réalisation d'un barrage de ce type, le seul facteur limitant est en général la centrale à béton. Des exemples sont donnés dans le tableau ci-après.

Désignation des barrages	Cadence (m ³ /J)
Tamagawa (Japon)	5 800
Elle Creek Dam (Etats-Unis)	7 650
Willow creek Dam (Etats-Unis)	4 460

4 SUR LES PERSPECTIVES DE LA TECHNIQUE DU BCR

Certains spécialistes n'hésitent pas à avancer que 60% des futurs barrages seront réalisés en BCR, alors qu'ils ne représentent que 3% actuellement.

La technique du BCR apparaît aussi comme une variante favorable et économique pour des évacuateurs fondés sur remblais. Dans ce contexte, on envisagera un déversoir en gradins ou à marches d'escaliers, qui dissipera la totalité de l'énergie de l'eau sur le coursier, permettant ainsi une diminution du bassin de restitution aval.

Des réflexions portent aussi sur la technique d'étanchéité pour palier les problèmes majeurs du

BCR, qui résident dans la perméabilité entre les couches avec possibilité d'incliner le parement amont pour rechercher un meilleur profil.

5 CONCLUSION

Le processus actuel de construction en BCR est résolument pragmatique. Il est perçu comme une technique non figée, qui exige une grande adaptation aux conditions du site et du projet. A cette fin, seule une collaboration étroite entre maître d'ouvrage, concepteurs et entreprises permet l'optimisation technico-économique du projet.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB), dixième congrès des grands barrages (Montréal 1970). Quatorzième congrès des grands barrages (Rio de Janeiro 1982).
- [2] A. Gaubet : "Fissuration des barrages en béton compacté au rouleau". Bulletin n°162,89/Réf 3387.
- [3] CIGB - Bulletin n°75-1989 : "Béton compacté au rouleau pour barrages type-poids".
- [4] La houille blanche n°2/3 - 1992 : "Evacuateurs fondés sur remblais".
- [5] J. Steremberg : "The RCC technique : a perfect integration in the field of gravity dams". Water Power and Dam construction, February 1992.
- [6] J. Steremberg : "Reflexions on the use of RCC for gravity dams". International symposium RCC dams, Beijing, November 1991.
- [7] M.K. Mihoubi : "Utilisation du béton compacté au rouleau (BCR) dans la construction d'un barrage en béton". Premier congrès des grands barrages, Alger 24-25 Mai 1993.

Dans
un prochain
numéro

**"Problèmes hydrauliques de
l'interaction houle-courant
dans les ouvrages de rejet et
de prise d'eau en mer"**

Par M.K. MIHOUBI et M. HASSANE