

COMPORTEMENT DU MASQUE D'ÉTANCHEITE DU BARRAGE GHTRIB (ALGERIE) EN ABSENCE DE LA PROTECTION THERMIQUE

LAKHDAR DJEMILI*, MOURAD BEHIM*, MOHAMED MANSOUR CHIBLAK**

*Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie

**Université de Damas, Damas, Syrie

RESUME

Le masque d'étanchéité en béton bitumineux du barrage Ghrib "Algérie" est appliqué sur le talus amont par l'intermédiaire d'une couche drainante de béton de ciment poreux. La stabilité du masque pouvant devenir précaire aux températures atteintes par insolation directe (70°C), il était indispensable de le recouvrir d'une protection thermique. Cette protection devait être obtenue avec une couche en béton appuyée sur le masque. Cette solution, sans doute parfaite, avait l'inconvénient d'être fort coûteuse. Pour s'assurer que le béton bitumineux adopté (masque) ne risque pas de se déformer et de couler sous l'influence d'une température très élevée qui peut atteindre 70 °C, nous avons placé un échantillon confectionné sur un parement incliné 1/1 (pente du barrage Ghrib) et maintenu pendant plus de 48 heures dans une étuve à la même température. Cette expérience a permis de déterminer que l'échantillon a gardé sa forme initiale. Les résultats obtenus ont confirmé que le masque du barrage Ghrib peut résister à l'action de la température sans la nécessité de la protection thermique.

MOTS CLES: Barrage, Comportement, Protection, Masque.

ABSTRACT

The bituminous concrete face of the dam Ghrib "Algeria" is applied to the upstream slope through a drainage layer of porous cement concrete. The stability of the mask can become precarious at temperatures reached by direct sunlight (70 ° C), it was necessary to cover with thermal protection. This protection would be obtained with a layer of concrete resting on the mask. This solution without doubt perfect had the disadvantage of being costly. To ensure that the asphalt concrete adopted (mask) is not likely to deform and flow under the influence of a very high temperature which can reach 70 ° C, we placed a sample constructed on a slope facing 1 / 1 (slope of the dam Ghraib) and maintained for more than 48 hours in an oven at the same temperature. The results confirmed that the mask dam Ghrib can seal without the need for thermal protection. The results confirmed that the mask dam Ghrib can seal without the need for thermal protection.

KEY WORDS: Dam, Protection, Thermal, Mask.

1 INTRODUCTION

Les masques en béton bitumineux sont utilisés depuis longtemps pour assurer l'étanchéité des barrages en remblai [4].

Dans les soixante dernières années plus de 300 barrages de hauteur de 30 m et des réservoirs de hauteur supérieur à 15 m, leur étanchéité était assurée par ce type de masque [1].

L'expérience de l'utilisation des masques d'étanchéité amont en béton bitumineux est peu répandue en Algérie [2] et [3] : Barrage Ghrib (1926-1938), Bouhnifia (1930-1941) et Sarno (1947-1954).

Le barrage Ghrib a été implanté dans un terrain d'appui médiocre. Afin d'éviter les risques de tassement, une digue souple capable de s'adapter aux mouvements du sol a été réalisée.

Le problème de l'étanchéité de ce barrage a été résolu par un masque amont souple et étanche en béton bitumineux de 12 cm d'épaisseur placé sur le talus amont.

Le problème posé au barrage Ghrib est particulièrement délicat en raison de l'instabilité du masque qui pouvait devenir précaire aux températures atteintes par insolation directe (+70°C) [6], il était donc indispensable de le recouvrir d'une protection thermique. Cette dernière est constituée par une couche de béton de ciment de 10 cm d'épaisseur, armée d'un grillage d'acier Martin galvanisé [7].

Dans le présent travail, pour éviter la mise en place de deux couches (couche d'étanchéité et couche de protection thermique) et minimiser le coût de réalisation, nous avons

étudié le comportement mécanique et physique du masque en béton bitumineux sous une température (+70 °C) sans protection thermique.

2 MATERIAUX

2.1 Caractéristiques des matériaux utilisés

Granulats (calcaire)

Filler (calcaire)

Les valeurs prises sont la moyenne de trois résultats qui sont données au tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques physiques des granulats "mélange".

Nombre d'échantillon	Poids spécifique (t/m ³)	Equivalent de sable (%)
03	2.65	76.28 %

2.1.1 Bitume

Les bitumes sont obtenus par raffinage des pétroles. Ils doivent être de composition homogène, exempts d'eau, et être conformes à certaines spécifications [4].

Le bitume utilisé est caractérisé par :

L'indice de pénétration : permet de classer les bitumes selon leur performance lors d'essais standard de pénétration, il existe cinq indices de référence de pénétration du bitume sur le marché : 40-50, 60-70, 80-100, 120-150 et 200-300. Les trois premiers sont utilisés dans la construction des masques amont des barrages et des revêtements des réservoirs [4].

Point de ramollissement "bille et anneau" : quand nous élevons la température, le bitume passe progressivement de l'état solide à l'état liquide et il n'existe pas pour ces produits le point de fusion franc. Pour obtenir des résultats comparables, nous avons ainsi été amenés à déterminer un point de ramollissement dans les conditions définies par une méthode normalisée [4]. Les résultats sont donnés au tableau 2.

Tableau 2: Caractéristiques physiques du bitume

Nombre d'échantillon	Indice de pénétration	Point de ramollissement
03	84	51°

3 MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

3.1 Formulation du béton bitumineux

L'étude de la composition d'un masque en béton bitumineux consiste à choisir parmi les matériaux économiquement disponibles : des granulats à gros éléments, éléments fins et

un filler, ainsi qu'une quantité de bitume pour constituer après compactage un matériau stable et imperméable [4]. Pour ce faire, il faut déterminer une composition granulométrique correcte de façon à réduire au minimum le pourcentage des vides dans le mélange compacté à sec.

Les vides doivent être remplis de bitume pour réaliser dans les limites imposées par des considérations pratiques, un poids spécifiques aussi élevé que possible [1].

Gravier de 25 mm à 12 mm	30 %
Gravier de 12 mm à 5 mm	15 %
Sable de concassage de 0 à 5 mm	25 %
Sable de dune	20 %
Filler	10 %
Bitume 40/50	08 % du poids de matériaux secs

3.1.1 Granulométrie

La courbe granulométrique du mélange est inscrite dans le fuseau recommandé [1], (figure 1).

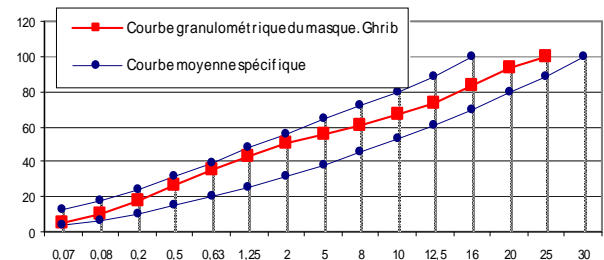


Figure 1: Courbe granulométrique du mélange composé de gravier + sable + filler

3.2 Préparation du mélange et confection des éprouvettes

Dans un récipient métallique placé sur le plateau d'une balance, nous pesons successivement les quantités fixées de différents granulats composants, en commençant par les plus gros et à l'exclusion du filler ajouté. Ces quantités doivent être calculées pour une gâchée de 1000 à 1200 g, (liant non compris).

Nous portons le récipient et son contenu dans une étuve réglée à 140° C pendant une heure. Dans un autre récipient, nous posons la quantité prévue de liant, nous chauffons celui-ci à une température entre 140 °C et 160 °C pendant 30 à 45 minutes de manière à lui conférer la fluidité nécessaire à l'enrobage sans qu'il atteigne la température où la vaporisation des huiles deviendrait excessive.

Aussitôt retirés de l'étuve, les agrégats sont versés dans le récipient du liant. Nous ajoutons ensuite le filler, qui n'a pas besoin d'être chauffé, mais qui doit être sec.

Le mélange est introduit dans un malaxeur normalisé et homogénéisé pendant 30 minutes.

Nous prélèverons les matériaux destinés au remplissage des moules de Marshall, de manière à remplir ceux-ci de la quantité nécessaire pour éviter les déperditions de chaleur.

Nous remplissons les moules, l'intérieur du cylindre creux et la plaque de base sont enduits d'une légère couche d'oléate de soude glycérique, en tassant chaque fois avec la cuillère; nous versons ainsi la totalité de la gâchée. Nous ajustons le cylindre plein et nous portons le tout entre les plateaux de presse. Les éprouvettes sont compactées par 50 coups

Dans le but de laisser les éprouvettes refroidir, elles sont conservées pendant 24 heures à la température ambiante.

Nous mesurons au pied à coulisse, au 1/10 de mm près les diamètres et les hauteurs des éprouvettes et nous les pesons à 0.5 g près. nous déduisons de ces mesures une valeur de la densité apparente des éprouvettes ne tenant pas compte de l'effet de paroi.

4 CARACTÉRISATION DES ÉPROUVETTES

Les paramètres de caractérisation du mélange sont :

- La stabilité
- Le fluage
- La densité apparente
- Le pourcentage des vides occupé par l'air
- Le pourcentage des vides des granulats

Ces essais sont effectués en vue de l'étude préalable de recherche de la meilleure composition à adopter pour la confection des éprouvettes avec des caractéristiques recommandées [8].

Les éprouvettes sont cylindriques de diamètre 8 cm et de hauteur 12 cm.

Les résultats sont donnés au tableau 3.

Tableau 3:Caractéristiques du béton bitumineux.

	Stabilité (KN)	Fluage (mm)	Densité (d_m) (g/cm^3)	% des vides occupé par l'air (V_a)	% des vides des agrégats (V_{ma})
Valeurs recommandées	≥ 6.0	≤ 8.0	Maximale	(1.5 -2.3) %	> (16 -19) %
Résultats obtenus	6.7	7.0	2.4	1.66	21.0

Après vérification des caractéristiques du béton bitumineux formulé, nous avons entrepris les essais suivants :

- La résistance à la compression
- Le pourcentage d'imbibition
- Le pourcentage de gonflement
- La stabilité suivant Marshall après immersion pendant 14 jours
- La perméabilité
- La stabilité sur le talus.

4.1.1 Résistance à la compression

L'essai de compression a été conduit sur des éprouvettes cylindriques de diamètre 8 cm et de hauteur 12 cm (Figure 2 et 3) avec une presse de capacité 1500 KN.



Figure 2: Face supérieure coupe transversale.



Figure 3: Face latérale et coupe transversale.

Après confection des éprouvettes, celles-ci sont immergées dans des bains à des températures 20°C, 50°C et 0°C pendant 3 heures. Les éprouvettes sont retirées des bains et immédiatement placées entre les plateaux de la presse. Les résultats obtenus sont donnés au tableau 4.

4.1.2 Pourcentage d'imbibition

Deux éprouvettes sont conservées sous l'eau à une température de 18°C pendant 14 jours et puis pesées en vue de calcul de l'imbibition.

Le pourcentage d'imbibition se calcule à partir de la formule suivante :

$$\left(\frac{P_h - P_o}{P_o} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

où :

P_h : Poids de l'éprouvette imbibée après 14 jours,

P_o : Poids de l'éprouvette avant l'immersion.

Les résultats obtenus sont donnés au tableau 4.

4.1.3 Pourcentage de gonflement

Les mêmes éprouvettes immergées sous l'eau pendant 14 jours à la même température sont mesurées pour déterminer le gonflement.

Le pourcentage de gonflement ou pourcentage volumétrique est calculé d'après la formule suivante :

$$\left(\frac{V_h - V_o}{V_o} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

où :

V_o et V_h : sont respectivement les volumes de l'éprouvette avant et après l'immersion pendant 28 jours. Les résultats obtenus sont donnés au tableau 4.

4.1.4 Stabilité suivant Marshall après immersion pendant 14 jours

La stabilité des éprouvettes est déterminée après 14 jours de conservation sous l'eau à la température ambiante. Les résultats obtenus sont donnés au tableau 4.

Tableau 4: Caractéristiques du béton bitumineux (valeurs recommandées et valeurs obtenues.

Caractéristiques étudiées	Valeurs recommandées [1] et [8]	Résultats obtenus
Résistance à la compression R_{20} (kgf/cm ²) à 20°	$R_{20} > 30$	60.25
Résistance à la compression R_{50} (kgf/cm ²) à 50°	$R_{50} > 15$	22.5
Coefficient de la stabilité calorifique (K_t)	$K_t > 2.5$	2.69
Coefficient de souplesse (K_e)	$K_e < 2.8$	2.295
Pourcentage d'imbibition	< 1.5 %	0.478 %
Pourcentage de gonflement	< 0.5 %	0.32 %
Stabilité de Marshall après immersion pendant 14 jours (KN)	> 5.4	6.0

4.1.5 Perméabilité

Le coefficient de perméabilité est calculé à l'aide de la relation suivante :

$$K \text{ (cm/s)} = (q * l) / (h * f)$$

Dans laquelle

q : débit de fuite en (cm³/s),

l : épaisseur de la plaque en (cm)

h : pression en (cm) d'eau, mesurée depuis la face inférieure de la plaque

f : surface de l'éprouvette en (cm²).

Les résultats obtenus sont donnés au tableau 5.

Tableau 4: Résultat de la perméabilité

Echantillon	Perméabilité (cm/s)
1	$7.2 \cdot 10^{-8}$
2	$6.9 \cdot 10^{-8}$

4.1.6 Vérification de la stabilité sur le talus

Des éprouvettes ont été colées sur un support incliné 1/1 (pente du barrage), (Figure4) après 48 heures de conservation dans une chambre chaude à une température de 70°C (température sur la surface du masque), les éprouvettes ont gardé leur forme initiale.

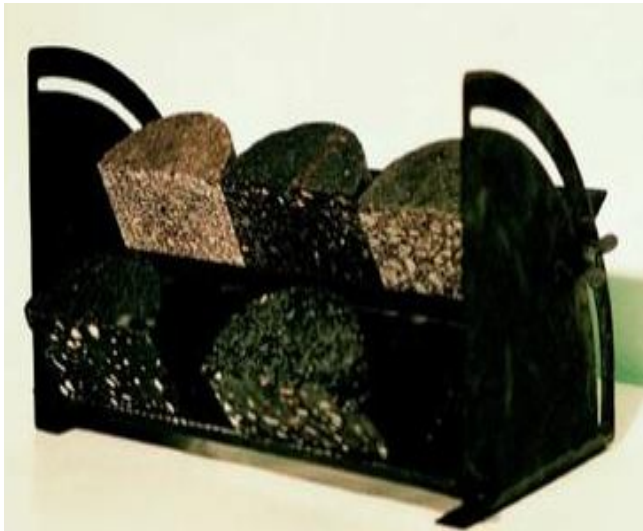


Figure 4: Eprouvettes collées sur le support de pente 1/1 "pente du barrage" pour la vérification de la stabilité

5 CONCLUSION

Le masque en béton bitumineux est certainement la solution la plus facile à réaliser et la plus économique qui puisse être conçue pour l'étanchement parfait des barrages en remblai.

Le revêtement complet tel qu'il a été exécuté au barrage Ghrib ne présente pas plus de la centième partie du coût de l'ouvrage, même si l'on tient compte des dépenses importantes de mise au point de la méthode et des frais élevés de construction d'un matériel spécial.

Le problème majeur de tel type de masque est la température sur la surface due au rayonnement solaire, d'après les essais que nous avons menés et les résultats obtenus, nous pouvons dire que le masque en béton bitumineux du barrage Ghrib résiste à une température de 70°C malgré l'absence de la protection thermique.

REFERENCES

- [1] Asbeck WFV., "Le bitume dans les travaux hydrauliques", Vol II, Dunod, Paris, 1969.
- [2] Belbachir K., Montel B., Chervier L., "Comportement des masques d'étanchéité en béton bitumineux des barrages du Secrétariat d'Etat à l'Hydraulique Algérien", XI^{ème} ICOLD, Madrid, Q. 42, R. 51, 1973, pp 1053 -1073.
- [3] CFGB, "L'expérience française des masques amont en béton bitumineux", XI^{ème} ICOLD, Madrid, Q. 42, R. 7, 1973, pp 101 - 124.
- [4] CIGB., "Barrages en remblai avec masque en béton bitumineux", Bulletin n° 114, ICOLD, Paris, 1999 pp 13 - 91.
- [5] Djemili L., "Critères de choix de projet des barrages en terre : étanchéité par le masque en béton bitumineux", Thèse de Doctorat, Université de Batna, Algérie, 2006.
- [6] Lakhdar D., Aberrahmane B., Mohamed C., Hynda A., "Simulation de la température des masques en béton bitumineux .Barrage Ghrib. Algérie". "Annales du bâtiment et des travaux publics". Août 2005, revue n°4, pp 23 – 29.
- [7] Thévenin J., "Le masque en béton bitumineux du barrage Ghrib". Extrait de Terre et Eau, n° 2, Mars – Avril 1978 pp 1 – 16.
- [8] Wapro 40, Plat 2, Werkstandard. "Bitumen in Talsperren bau, Bitumenoese Oberflaechen dichtung", 36 Seite, Halle, Germany 1973.